GOVP1200711578

강굴의 산업응용을 위한 생산성확대 기술개발

Technical development for higher productivity of Crassostrea rivularis

2007. 1

주관연구기관(여수해양수산청)
협동연구기관(전남대학교)

해 양 수 산 부

[별지 제8호서식]

최 종 보 고 서

2006 년도 수산특정연구개발사업에 의하여 완료한 강굴의 산업응용을 위한 생산성 확대기술 개발에 관한 연구의 최종보고를 붙·임과 같이 제출합니다.

첨부 : 1. 최종보고서 8부
2. 최종보고서 디스켓 1매
* 최종보고서 파일은 인터넷(http://kimst.re.kr)으로 제출

2007 년 1 월 2 일

총괄연구책임자 임 여 호 (인)

주관연구기관장 민 경 태 (직인)

해 양 수 산 부 장 관 귀 하

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “강굴의 산업응용을 위한 생산성확대 기술개발”에 관한

연구과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007 년 1 월 2 일

주관연구기관명 : 여 수 해 양 수 산 청

총괄연구책임자 : 임 여 호

연 구 원 : 서명배, 김기영, 조주현
박순호, 주우형, 차용백
김철중, 김용표, 이용한
김두용, 김호진, 윤연미
이월라, 서경란, 주용석
정준호, 정춘구, 김상철
김현국, 이성면

협동연구기관명 : 전 남 대 학 교

협동연구책임자 : 서 호 영
최상덕, 윤호섭, 안윤근
라성주, 김윤설

요 약 문

Ⅰ. 제 목

강굴의 산업응용을 위한 생산성확대 기술개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구의 목적은 강굴의 서식지 환경 및 서식생태에 대한 기초조사를 토대로 종묘생산(인공종묘, 자연채묘)을 성공시켜 자원을 보존하고 생산된 종묘를 효율적인 양성관리 및 시설방법 등을 구명하여 안정적인 생산 기술을 확보하는데 있다.

우리나라의 수산자원은 매립 간척에 의한 어장의 축소와 산업화에 따른 연안어장 오염의 심화, 무분별한 남획 등으로 수산자원은 날로 감소 추세에 있으며, 연안해역에서의 어업생산은 위축되고 상대적으로 고급 어패류의 집약양식에 의존하는 경향이 계속되고 있다. 또 경제수준의 향상에 따른 식품문화의 고급화로 고급 어패류종의 인위적인 양식의 필요성은 더욱 강조되고 있다.

유용 패류중 굴은 글리코겐, 비타민, 단백질 등 각종 영양소를 함유하고 있어 옛날부터 기호식품으로 많이 애용되어 왔으며, 패류양식 생산량 중 최고를 보이고 있으나 최근 생산성이 점차 감소하고 있다.

이러한 시점에 지속적인 어업인 소득증대와 굴 생산의 안정적인 공급을 위해서는 환경적응 능력이 강하고 고부가가치의 가능성이 높은 새로운 양식대상 종을 개발하는 등 굴의 자원을 효율적으로 관리하고 이용하기 위한 양식종의 다원화 노력이 필요하다 하겠다.

따라서 굴의 자원을 효율적으로 관리하고 이용하기 위해서는 자원동태의 파악과 기초생물학적인 연구가 뒤따라야 하며, 더 나아가서는 종묘생산 및 양성기술을 개발하여 굴의 생산증대 및 산업적 가치를 높일 필요성이 있다.

미국을 비롯한 세계의 수산 선진국들은 자원보전학적인 측면에서 강굴(*Crassostrea rivularis*)에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 우리나라에서는 일반 어업인들의 접근이 자주 시도되고 있는 반면 서식 분포지 조차도 파악되어 있지 않는 등 그에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 유용 무척추동물의 다양화를 위해서는 종묘의 안정적인 생산이 이루어져야 하며 이를 위하여 서식환경특성 연구 및 생리화학적인 기초 생물학적 연구가 반드시 수행되어

야 한다. 또한 수산생물의 수입개방에 능동적으로 대처하기 위해서는 생산성이 높은 품종과 아울러 환경친화적이며 경쟁력이 있는 새로운 양식품종의 다양화가 절실히 요구된다. 따라서 남획 등으로 자원이 고갈되고 있는 강굴의 지속적인 생산성을 확대를 위하여 서식지의 환경특성 구명과 대량 종묘생산을 위한 기초 생리·생태적 연구 및 양성기술 개발 수행으로 유용자원의 이용과 보전이 되어야 하겠다.

특히 우리나라의 굴 양식은 전적으로 참굴(*Crassostrea gigas*) 한 종에만 의존하고 있기 때문에 열성화가 초래되어 어장 노후에 대한 환경적응력이 악화되어 생산성이 저하하고 있는 추세에 있다. 이러한 시점에서 굴 생산의 안정적인 공급을 위해서는 환경적응 능력이 강하고 고부가가치의 가능성이 높은 새로운 양식대상 종을 개발하는 등 굴의 자원을 효율적으로 관리 이용하고 보전하기 위한 다양한 양식 굴의 개발 노력이 필요하다 하겠다.

강굴(*Crassostrea rivularis*)은 참굴에 비해 훨씬 대형종으로 큰 것은 각장이 30cm 이상이 되고 또 다른 특징은 생식소가 차오르는 산란기에도 식용이 가능하며 그 맛이 독특하다.

본종의 서식지가 강과 바다가 만나는 섬진강 하구 등의 기수역인 관계로 풍부한 먹이생물을 바탕으로 한 다양한 어·패류가 서식하여 어촌관광지로서 철따라 건강 기호식품으로서 별미를 맛보려는 수요자가 날로 늘어나고 있으나 자연산 도수채취에 의존하다보니 생산량이 일정치 않고 자원량이 날로 감소되고 있어 양식기술개발 필요성이 어업인들에게서 제기되고 있는 실정이다.

따라서 자원을 증강시킬 수 있는 채묘 및 양성방법 등에 대한 기술개발을 통하여 예측 가능한 생산으로 토종굴에 대한 산업적 가치를 높임으로서 특산품으로 브랜드화 시키고 어가소득 증대를 도모하기 위해서 연구해야하는 중요한 품종이라 하겠다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

구 분	목 표	내용 및 범위
1차 년도 (2003년)	○ 서식환경 및 양식기술개발	
	- 수질환경	- 영양염류를 상법에 따라 조사
	- 인공종묘생산기술	- 유생의 사육조건을 환경요인별 발달양상 조사
	- 패류독 조사	- 패류독 조사(주 발생시기)
	○ 서식생태 및 생산성 분석	
	- 강굴 서식분포 조사	- 환경 등에 따른 서식 양상
	- 서식지 수리·물리학적 조사	- 자연서식지의 염분, 유향·유속, 수온 등
	- 플랑크톤 조사	- 먹이생물의 종류 및 양(chlo-a)등 천이 분석
2차 년도 (2004년)	○ 서식환경 및 양식기술개발	- 부유유생의 출현양상 조사
	- 자연채묘	- 부착율 조사
	○ 서식생태 및 생산성 분석	
	- 생식기작 구명	- 조직학적방법에 의한 생식주기 및 생식소변화 조사
	- 체성분 분석	- 군성숙도 및 비만도 조사
		- glycogen 함량 등
3차 년도 (2005년)	○ 인공종묘생산기술	- 난발생 및 치패의 발달양상을 조사
		- 유생의 사육조건을 환경요인별로 조사
	○ 적정 양성기술개발	
		- 효율적인 양성 및 시설방법(뗏목수하식 등) (어장환경 및 수층별 치패의 발달양상)
	○ 형태 및 유전학적 특성조사	- 우리나라 강굴의 유전학적 특성 조사
	○ 생산성 분석	- 소득율 조사

Ⅳ. 연구개발결과

강굴은 섬진강, 가화천, 임진강에서 서식하는 것으로 조사되었고, 섬진강에서는 해면에서 2~12㎞지역까지 분포하였다. 서식지의 수온 3.3~32.3, 염분 0.9~33.3psu의 범위로 해수 영향이 하구에서부터 20㎞까지 미치는 것으로 조사되었고 영양염 농도는 여름철인 장마기를 제외하고 대체적으로 해수보다 높았다.

한국산 강굴의 cytochrome oxidase subuint I(CO Ⅰ), 16S ribosomal RNA gene의 염기서열과 NCBI Genbank의data를 비교 한 결과 한국산, 일본산, 중국산 강굴은 동일종 인 것으로 판단 된다. 강굴과 참굴, 대서양굴의 Mitochondrial cytochrome b 유전자의 염기서열간 유사

성을 분석한 결과 강굴과 참굴은 74.9%, 강굴과 대서양 굴은 83.1%, 참굴과 대서양 굴은 75.1%로 나타나 종간 구분을 하는 Marker로 활용이 가능성 것이다.

식물성플랑크톤은 4문 6강 12목 101종이 출현하였다.(추계 53종, 동계 47종, 춘계 50종, 하계 48종)

강굴의 비만도는 11월부터 급격히 증가하여 3월에 가장 높았고, 생식소 발달에 있어서 난소에 대한 난소소낭 면적의 비율은 4월부터 증가하여 7월에 가장 높았으며, 난소에 대한 난모세포 면적의 비율은 6월에 최대치를 보이고 점차 줄어들어 산란기에 접어드는 것으로 판단된다.

자연채묘는 7월 하순부터 가능하나 안정적인 채묘 시기는 8월 중순 전후가 좋았다. 자연채묘는 강우량에 의해 염분농도가 낮아지면 부착개체가 탈락함으로 하구역 가까운 배알도 지역으로 옮겨 관리하는 방법이 유리하였다.

인공종묘생산에서 어미는 6월경 인위적인 가온사육보다 자연에서 6월경 옮겨온 어미를 일시적으로 관리하는 것이 좋았다. 어미의 채란은 음지에서 1시간 노출 후 수조에 수용하여 수온을 자연수 보다 점차 3℃상승시키며, 담수를 첨가하는 방법이 좋았다. 수정란은 수온 25℃에서 18시간 경과 후 D형 유생으로 부화하였다. 유생의 사육조건은 수온 24~28℃, 염분 15~25psu가 좋았으며, 유생의 성장은 3일령에 각장, 각고가 78.9±5.5, 77.0±5.3㎛에서 수온조건에 따라 17~26일령에 각장, 각고가 296.7±18.3, 329.0±17.3㎛로 성장하여 부착기에 이르렀다. 유생사육 먹이는 규조류의 일종인 *Phaeodactylum tricornutum*, *Chaetoceros calcitrans*, 황갈편모조류인 *Isochrysis galbana*의 3종을 공급하였다.

인공채묘는 부착기 유생을 수조에 1개체/1㎖ 수용 후 채묘기를 투입하여 7일간 실내에서 관리하였고 먹이가 풍부한 인근 해상에서 1개월간(8월) 중간 양성하여 섬진강에 적응(9월)시킨 치패(각장, 각고 24.1±4.2, 33.4±5.4㎜, 10개체/가리비1패)를 10월부터 양성하였다.

강굴의 치패와 성패는 염분 5psu이하에서는 15일 이후 거의 폐사하였다. 강굴의 성장은 섬진대교 2004.10.15일 각장, 각고가 22.6±3.1, 27.7±3.9㎜에서 2006.7.14일에 96.1±10.2, 142.5±13.4㎜로 성장하여 2년이면 수확 가능한 크기에 이르렀다.

강굴의 생존율조사에서는 가장 상류지역인 돈탁에서는 양성지역으로 적합하지 못했고 섬진대교 아래 지역이 양호하였다. 강굴의 일반성분은 수분 79.23%, 탄수화물 14.52%, 단백질 3.0%, 함유하고 있어 참 굴에 비해 단백질은 적고 탄수화물은 많은 것으로 나타났다. 또한 강굴은 마비성패류독(PSP: Paralytic Shellfish Poison)이 검출되지 않아 식품으로 안전하였다.

강굴의 종묘와 양성에 소요되는 비용을 산출하여 생산성 분석하였다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

1. 서식지 분포 ⇒ 생태계 변화연구 자료
2. 수리물리학적 ⇒ 하구역의 염분 및 조류의 유동구조 변동 예측
3. 식물성플랑크톤 ⇒ 하구역 패류의 먹이생물파악 및 기초생산력 연구자료
4. 생식기작 구명 ⇒ 산란시기예측, 자연종묘패묘시기예측
5. 체성분 분석 ⇒ 영양적적인 기초자료, 강굴식품 이용자료
6. 형태유전학적 ⇒ 한국산 강굴NCBI에 등록된 강굴과 계통 확인
   종간구분을 위한 Marker로 활용
7. 패류독조사 ⇒ 식품안정성 확보
8. 환경조사 ⇒ 섬진강해역 자연환경변화의 다양한 연구
9. 어미관리,강제수정 ⇒ 조기종묘생산 및 기타패류종묘생산을 위한 기초자료
10. 인공종묘생산기술 ⇒ 어업인 표준도서 제공, 생산성 확대를 위한 기술자료
11. 자연채묘방법양성기술 ⇒ 어업인 표준도서 제공, 생산성 확대를 위한 기술자료
12. 생산성 분석 ⇒ 어업인 자금계획 및 경영분석 예측자료 활용

Ⅵ. 참고문헌

SUMMARY

Crassostrea rivularis was distributed in the Seomjin River, the Gahwa River and the Imjin River, and expecially in the Seomjin River the 2~12㎞ area from the mouth of the River was inhabited by *C. rivularis*. The temperature and salinity were 3.3~32.4℃ and 0.9~33.3 psu; sea water affected the water quality of about the 20㎞ area from the mouths of rivers; nutrient concentration of rivers was generally than that of sea water except the rainy spell in summer.

The data of cytochrome oxidase subunit I and 16S ribosomal RNA gene of the Korean *C. rivularis*, and the Japanses and the Chinese *C. ariakensis* showed that they were the same species. The data from mitochondrial cytochrome b sequence showed that the identity between Korean *C. rivularis* and *C. gigas*, Korean *C. rivularis* and *C. virginica*, and *C. gigas* and *C. virginica* was 74.9, 83.1 and 75.1%; this mitochondrial Cyt b is of use as a marker for species classification of the genus *Crassostrea*.

The number of phytoplankton species was 53 spp. in the autumn, 47 spp. in the winter, 50 spp. in the spring and 48 spp. in the summer; arranging the data, 4 phylums, 6 classes, 12 orders and 101 species were collected.

The condition index of *C. rivularis* abruptly increased from November and was the highest in March. The ratio of the follicle to the ovary area increased from April and was the highest in July. The ratio of the oocyte to the ovary area was the highest in June and after that the ratio gradually decreased and this time sould enter the spawning season.

Natural seed collection was possible from late July, but stable seed collection was good in about the time of the middle of August. In natural seed collection, low salinity by raining should give rise to falling off of attached individuals, so moving the collections into the Baealdo area near by the river-mouth, and managing the collections was good.

For artificial seed production, managing temporarily parent shellfishes moved from the nature in about June. The egg collection method that parents were allowed to exposure for one hour in the shade, they were put into water tanks, the water temperature in the tanks was allowed to increase gradually to 3℃ than the natural seawater temperature, and

freshwater was allowed to be added to the water in the tanks was good.

Fertilized eggs hatched out into D-shaped larvae after 18 hours from fertilization in 25℃ -water temperature Larva-rearing was good under 24~28℃-water temperture and 15~25 psu-salinity. Shell length and shell height of 3 daily aged larvae after hatch were 78.9±5.5 and 77.0±5.3㎛, and of 17~26 daily aged larvae were 296.7±18.3 and 329.0±17.3㎛, and after that the larvae became pediveligers. *Phaeodactylum tricornutum*, *Chaetoceros calcitrans* and *Isochrysis galbana* were fed as food organisms.

For artificial seed collections, seed collectors were put into the water tanks with one pediveliger per one millimeter and were managed for 7 days in the water tanks. Intermediate culture was done in Gamak Bay of rich food orgamisms for one month(August).

In September, the juveniles was adapted at the baealdo area in the Seomjin River, and they which their shell length and height were 24.1±4.2 and 33.4±5.4mm under 10 individuals per one bay scallop shell, were cultured at the Seomjin Bridge area and the Baealdo area from October, 2005.

Juveniles and adults of *C. rivularis* were mostly died after 15 days under 5 psu-salinity. In the Seomjin Bridge area, shell length and shell height were increased from 22.6±3.1 and 27.7±3.9mm in 15 Oct. 2004 to 96.1±10.2 and 142.5±13.4mm in 14 Jul. 2006, so 2-year-cultured *C. rivularis* became harvestable size.

The results of survival rate of *C. rivularis* showed that the Dontak area, the upper stream of the Seomjin River, was not suitable for culture of *C. rivularis*, and the Seomjin Bridge area was good. Content of moisture, carbohydrate and protein was 79.23, 14.52 and 3.0%; protein content and carbohydrate one of *C. rivularis* were lower and higher than those of *C. gigas*.

Paralytic shellfish poison from *C. rivularis* was not detected, so this shellfish was safe for eating.

Productivity of *C. rivularis* culture was analyzed by calculating the cost for seed production, intermediate culture and regular culture.

CONTENTS

SUMMARY 7

CONTENTS 9

Chapter 1. Overview 25

Section 1. Needs for the study 25

Section 2. Objective and research contents 28

Chapter 2. R&D status 29

Chapter 3. Contents and Results 31

Section 1. Materials and methods 31

Section 2. Results and Discussion 51

Chapter 4. Application plan of results 255

Chapter 5. References 262

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· 25

제 1절 연구개발의 필요성 ····· 25

제 2절 연구개발의 목표 및 내용 ····· 28

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 29

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 31

제 1절 재료 및 방법 ····· 31

제 2절 결과 및 고찰 ····· 51

제 4 장 연구개발결과의 활용 ····· 255

제 5 장 참고문헌 ····· 262

부 록 ····· 273

List of Tables

Table 1. Site of water quality and larvae investigation in the Seomjin River ····· 32

Table 2. List of PCR primers used in this study ····· 38

Table 3. Water quality by water depths at the Dontak area from Nov. 2004 to Jun. 2006 ····· 58

Table 4. Water quality by water depths at the Seomjin Bridge area from Nov. 2004 to Jun. 2006 ····· 69

Table 5. Water quality by water depths at the Baealdo area from Nov. 2004 to Jun. 2006 ····· 83

Table 6. Distribution of the *Crassostrea ariakensis* in the Seomjin River ····· 113

Table 7. Pairwise sequence divergence and percent identity for parial mt Cytochrome oxidase subunit I from *C. ariakensis* ····· 116

Table 8. Pairwise sequence divergence and percent identity for parial mt 16S ribosomal RNA gene from *C. ariakensis* ····· 116

Table 9. List of the mitochondrial 16S ribosome RNA in haplotypes ····· 123

Table 10. List of the mitochondrial CO I in haplotypes. ····· 132

Table 11. List of the mitochondrial Cyt b in haplotypes ····· 141

Table 12. Seasonal variations of phytoplankton species composition from Seomjn River estuary in Autumn ····· 147

Table 13. Seasonal variations of phytoplankton species composition from Seomjn River estuary in Winter ····· 147

Table 14. Seasonal variations of phytoplankton species composition from Seomjn River

estuary in Spring ····· 148

Table 15. Seasonal variations of phytoplankton species composition from Seomjn River estuary in Summer ····· 148

Table 16. Species composition and abundance of phytoplankton in the Seomjn River estuary in Autumn ····· 149

Table 17. Species composition and abundance of phytoplankton in the Seomjn River estuary in Winter ····· 150

Table 18. Species composition and abundance of phytoplankton in the Seomjn River estuary in Spring ····· 151

Table 19. Species composition and abundance of phytoplankton in the Seomjn River estuary in Summer ····· 152

Table 20. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Dontak area at the spring tide in 2004 ····· 168

Table 21. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Dontak area at the neap tide in 2004 ····· 168

Table 22. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Seomjin Bridge area at the spring tide in 2004 ····· 169

Table 23. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Seomjin Bridge area at the neap tide in 2004 ····· 169

Table 24. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Shindab area at the spring tide in 2004 ····· 170

Table 25. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Mangdeok area at the spring tide in 2004 ····· 170

Table 26. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Baealdo area at the spring tide in 2004 ····· 171

Table 27. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Baealdo area at the neap tide in 2004 ····· 171

Table 28. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) when the plankton nete was towed vertically from 5m to 0m at the Dontak area in 2005 by larval stages ····· 173

Table 29. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) when the plankton nete was towed vertically from 10m to 5m at the Dontak area in 2005 by larval stages ····· 174

Table 30. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) when the plankton nete was towed vertically from 10m to 0m at the Dontak area in 2005 by larval stages ····· 175

Table 31. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) by larval stages when the plankton net was towed vertically from 4m to 0m at the Seomjin Bridge area in 2005 ····· 177

Table 32. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) by larval stages when the plankton net was towed vertically from 8m to 4m at the Seomjin Bridge area in 2005 ····· 178

Table 33. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) by larval stages when the plankton net was towed vertically from 8m to 0m at the Seomjin Bridge area in 2005 ····· 179

Table 34. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) by larval stages when the plankton net was from 3m to 0m at the Baealdo area in 2005 ····· 180

Table 35. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) by areas in 2005 ····· 182

Table 36. The number(individual) and percentage of plantigrades of *Crassostrea rivularis* and *C. gigas* per one bay scallop shell in 2004 ····· 183

Table 37. Changes of the number of plantigrades of Crassostrea rivularis by seed collection areas(indiv./one bay scallop shell) ····· 184

Table 38. Changes of the mean number of plantigrades of *Crassostrea rivularis* per one bay scallop shell by seed collection areas and water depths ····· 185

Table 39. Shell length and height(mm) of *Crassostrea rivularis* at the Seomjin bridge area in 2005 ····· 185

Table 40. Results of response to stimulus for spawning inducement in 2004 ····· 188

Table 41. Egg development after fertilization of Crassostrea rivularis under 25℃-water temperature ····· 190

Table 42. Survival rate(%) and pedivaeliger appearance by water temperature ····· 191

Table 43. Survival rate of larvae by salinity concentrations in *Crassostrea rivularis* under 25℃-water temperature after hatch ····· 192

Table 44. Growth of larvae of *Crassostrea rivularis* by food organisms after hatch ····· 193

Table 45. Survival rate(%) of larvae of Crassostrea rivularis by food orgamisms after hatch ····· 193

Table 46. Amount of survival larvae(indiv./10ℓ) by salinity concent rations ····· 194

Table 47. Amount of survival larvae(indiv./10ℓ) by admitted densities ····· 195

Table 48. Larval develompmental stages by daily ages after hatch ····· 196

Table 49. Growth of larvae of *Crassostrea rivularis* in indoor tanks in 2005 ····· 198

Table 50. Growth of artificial seeds after seed collection in 2005 ····· 199

Table 51. Amount of artificial seeds in 2005 ····· 199

Table 52. Mortality of juveniles and adults of Crassostrea rivularis by salinity concentrations during 16 days under water temperature of 25~28℃ ····· 202

Table 53. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 3m water depth at the Dontak area in 2004 ····· 204

Table 54. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 6m-water depth at the Dontak area in 2004. ····· 206

Table 55. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2004 ····· 208

Table 56. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2004 ····· 210

Table 57. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* at the Baealdo area in 2004 ····· 212

Table 58. Growth of artificial seeds of *Crassostrea rivularis* in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005 ····· 215

Table 59. Growth of artificial seeds of *Crassostrea rivularis* in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005 ····· 217

Table 60. Growth of natural seeds of Crassostrea rivularis in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005 ····· 219

Table 61. Growth of natural seeds of Crassostrea rivularis in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005 ····· 221

Table 62. Growth of artificial seeds of *Crassostrea rivularis* at the Baealdo area in 2005 ····· 223

Table 63. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* at the Baealdo area in 2005 ·· ····· 225

Table 64. Growth of artificial seeds of *Crassostrea rivularis* in Gamak Bay in 2005 ···· 227

Table 65. ANOVA for the data in Fig. 92 ····· 231

Table 66. ANOVA for data in Fig. 93 ····· 233

Table 67. Number of mortality in naturally 2004-hatched seeds of *Crassostrea rivularis* ·· ····· 235

Table 68. Organisms attached to shells of *Crassostrea rivularis* and rearing baskets for the oyster during the rearing period at the Dontak area ····· 237

Table 69. Organisms attached to shells of *Crassostrea rivularis* and rearing baskets for the oyster during the rearing period at the Seomjin Bridge area ····· 237

Table 70. Organisms attached to shells of *Crassostrea rivularis* and rearing baskets for the oyster during the rearing period at the Baealdo area ····· 238

Table 71. Growth of natural *Crassostrea rivularis* ····· 240

Table 72. Operating conditions of automatic amino acid analyzer for identification and quantification of amino acids ····· 242

Table 73. Proximate compostion(%) of *Crassostrea ariakensis* from each stations in Seomjin River ····· 242

Table 74. Amino acid contents(mg/100g) in *Crassostrea ariakensis* from each stations in Seomjin River ····· 243

Table. 75. Results of analysis of paralytic shellfish poison of *Crassostrea rivularis* in 2005 ····· 244

Table 76. Cost for artificial seeds production of *Crassostrea rivularis* per 6,000 strings ····· 247

Table 77. Cost for natural seeds production of *Crassostrea rivularis*. ····· 248

Table 78. Cost for intermediate culture of *Crassostrea rivularis*. ····· 248

Table. 79. Cost culture of *Crassostrea rivularis* per one raft method equipment ····· 249

Table 80. Cost for culture of *Crassostrea rivularis* per one sinking method equipment ····· 250

Table 81. Productivity of *Crsssostrea rivularis* cultured by sinking method ····· 251

Table 82. Analysis of SWOT in *Crassostrea rivularis* culture ····· 254

List of Figures

Fig. 1. Map showing the area of water quality and larvae investigation in the Seomjin River. ····· 32

Fig. 2. Map showing the investigation area of salinity, current speed and current direction ····· 33

Fig. 3. Observation station in the Seomjin River.. ····· 34

Fig. 4. The images showing estuary geometry and salinity distribution with the following estuary types. ····· 34

Fig. 5. Map showing the sampling area for the genetical study. ····· 36

Fig. 6. Nucleotide sequence of *Crassostrea virginica* mitochondrial Cytochrome b(Accession number, AY905542) Showing the position of the primers used in this study. ····· 37

Fig. 7. Map showing the sampling area of phytoplankton. ····· 39

Fig. 8. Schematic diagram of raft method facilities. ····· 42

Fig. 9. Schematic diagram of a raft for seed collection and culture. ····· 47

Fig. 10. Schematic diagram of culture facilities. ····· 47

Fig. 11. Schematic diagram of sinking method facilities. ····· 48

Fig. 12. Changes of water quality at the Dontak area from Oct. 2003 to Sep. 2004. ····· 55

Fig. 13. Changes of water quality by water depths at the Dontak area from Nov. 2004 to Jun. 2006. ····· 62

Fig. 14. Changes of water quality at the Seomjin Bridge area from Oct. 2003 to Sep. 2004. ····· 66

Fig. 15. Changes of water quality by water depths at the Seomjin Bridge area from Nov.

2004 to Jun. 2006. ····· 73

Fig. 16. Changes of water quality at the Mangdeok area from Oct. 2003 to Sep. 2004. ····· 76

Fig. 17. Changes of water quality at the Baealdo area from Oct. 2003 to Sep. 2004. ····· 80

Fig. 18. Changes of water quality by water depths at the Baealdo area from Nov. 2004 to Jun. 2006. ····· 87

Fig. 19. Changes of water quality at the Geumdang area from Oct. 2003 to Sep. 2004. ····· 90

Fig. 20. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/13:00; ebb tide). Solid lines represent lines of equal salinity. ····· 94

Fig. 21. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/16:00; low tide). Solid lines represent lines of equal salinity. ····· 94

Fig. 22. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/19:00; flood tide). Solid lines represent lines of equal salinity. ····· 95

Fig. 23. Types of estuaries. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/22:30; high tide). Solid lines represent lines of equal salinity. ····· 95

Fig. 24. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/01:00; ebb tide). Solid lines represent lines of equal salinity. ····· 96

Fig. 25. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type

show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/04:30; low tide). Solid lines represent lines of equal salinity. ····· 96

Fig. 26. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/07:30; flood tide). Solid lines represent lines of equal salinity. ····· 97

Fig. 27. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/10:30; high tide). Solid lines represent lines of equal salinity. ····· 97

Fig. 28. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/13:00; ebb tide). Solid lines represent lines of equal water temperature ····· 98

Fig. 29. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/16:00; low tide). Solid lines represent lines of equal water temperature. ····· 98

Fig. 30. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/19:00; flood tide). Solid lines represent lines of equal water temperature. ····· 99

Fig. 31. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/22:30; high tide). Solid lines represent lines of equal water temperature. ····· 99

Fig. 32. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/01:00; ebb tide). Solid lines represent lines of equal water temperature.

..... 100

Fig. 33. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/04:30; low tide). Solid lines represent lines of equal water temperature. 100

Fig. 34. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/07:30; flood tide). Solid lines represent lines of equal water temperature. 101

Fig. 35. Types of estuaries. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/10:30; high tide). Solid lines represent lines of equal water temperature. 101

Fig. 36. Current direction for every 25 hours during the sampling interval in station 4. ···· 102

Fig. 37. Current speed for every 25 hours during the sampling interval in station 4. ··· 102

Fig. 38. Current direction for every 25 hours during the sampling interval in station 4. ···· 103

Fig. 39. Current speed for every 25 hours during the sampling interval in station 4. ··· 103

Fig. 40. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/13:00; ebb tide). Current speed is in cm/sec. 104

Fig. 41. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/16:00; low tide). Current speed is in cm/sec. 104

Fig. 42. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/19:00; flood tide). Current speed is in cm/sec. 105

Fig. 43. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh

water and sea water(2004/4/6/22:30; high tide). Current speed is in cm/sec. ····· 105

Fig. 44. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/01:00; ebb tide). Current speed is in cm/sec. ····· 106

Fig. 45. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/04:30; low tide). Current speed is in cm/sec. ····· 106

Fig. 46. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/07:30; flood tide). Current speed is in cm/sec. ····· 107

Fig. 47. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/10:30; high tide). Current speed is in cm/sec. ····· 107

Fig. 48. Current speed of high tide at the Seomjin Bridge area (St.3) at each depth. ··· 108

Fig. 49. Current direction and speed of high tide at the Mangdeok area(St.4) at each depth. ····· 109

Fig. 50. Current speed of high tide in at the Baealdo area(St.5) at each depth. ····· 110

Fig. 51. Distribution of *Crassostrea rivularis* in the Seomin River estuary. ····· 112

Fig. 52. DNA sequences(508 bases) for a region of the mitochondrial 16S ribosome RNA gene in 2 haplotypes isolated from *C. ariakensis* ····· 117

Fig. 53. DNA sequences(675 bases) for a region of the mitochondrial cytochrome oxidase subunit I gene in 7 haplotypes isolated from *C. ariakensis* ····· 124

Fig. 54. DNA sequences(675 bases) for a region of the mitochondrial cytochrome b gene in 5 haplotypes isolated from *C. ariakensis* ····· 133

Fig. 55. Sequence comparison of mitochondrial Cyt b between tree *Crassostrea* species. . ·· ····· 142

Fig. 56. Monthly changes of condition index of *Crassostrea ariakensis* in each station from

July 2004 to June 2005. ····· 155

Fig. 57. Histological identification of the ovarian developmental stage in female oyster, *Crassostrea ariakensis*. scale bars indicate 50㎛. ····· 158

Fig. 58. Histological identification of the testis developmental stage in male oyster, *Crassostrea ariakensis*. scale bars indicate 50㎛. ····· 159

Fig. 59. Percent of the follicles to the ovary area in female oyster, *Crassostrea ariakensis* in Seomjin River from July 2004 to June 2005. ····· 160

Fig. 60. Percent of the oocytes to the ovary area in female oyster, *Crassostrea ariakensis* in Seomjin River from July 2004 to June 2005. ····· 160

Fig. 61. Reproductive cycle of female oyster, *Crassostrea ariakensis* in Dontak from July 2004 to June 2005. ····· 162

Fig. 62. Reproductive cycle of male oyster, *Crassostrea ariakensis* in Dontak from July 2004 to June 2005. ····· 162

Fig. 63. Reproductive cycle of female oyster, *Crassostrea ariakensis* in Seomjin bridge from July 2004 to June 2005. ····· 163

Fig. 64. Reproductive cycle of male oyster, *Crassostrea ariakensis* in Seomjin bridge from July 2004 to June 2005. ····· 163

Fig. 65. Reproductive cycle of female oyster, *Crassostrea ariakensis* in Baealdo from July 2004 to June 2005. ····· 164

Fig. 66. Reproductive cycle of male oyster, *Crassostrea ariakensis* in Baealdo from July 2004 to June 2005. ····· 164

Fig. 67. Amount of apopeared larvae(indiv./㎥) when the plankton net was towed vertically from 5m to 0m at the Dontak area in 2005. ····· 173

Fig. 68. Amount of apopeared larvae(indiv./㎥) when the plankton net was towed vertically

from 10m to 5m at the Dontak area in 2005. ····· 174

Fig. 69. Ratio of larval types appeared at the Dontak area in 2005. ····· 175

Fig. 70. Amount of appeared larvae(indiv./m³) when the plankton net was towed vertically from 4m to 0m at the Seomjin Bridge area in 2005. ····· 177

Fig. 71. Amount of appeared larvae(indiv./m³) when the plankton net was towed vertically from 8m to 4m at the Seomjin Bridge area in 2005. ····· 178

Fig. 72. Ratio of larval types appeared at the Seomjin Bridge area in 2005. ····· 179

Fig. 73. Amount of appeared larvae(indiv./m³) when the plankton net was towed vertically from 3m to 0m at the Baealdo area in 2005. ····· 181

Fig. 74. Ratio of larval types appeared at the Baealdo area in 2005. ····· 181

Fig. 75. Comparison of the amount of appeared larvae(indiv./m³) by areas in 2005. ····· 182

Fig. 76. Egg developmental process of *Crassostrea rivularis*. ····· 190

Fig. 77. Microphotographs of larval stages after hatch. ····· 197

Fig. 78. Changes of Shell length of larvae of *Crassostrea rivularis* in indoor tanks in 2005. ····· 198

Fig. 79. Larva develomental perocess of *Crassostrea rivularis*. ····· 200

Fig. 80. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 3m-water depth at the Dontak area in 2004. ····· 205

Fig. 81. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 6m-water depth at the Dontak area in 2004. ····· 207

Fig. 82. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2004. ····· 209

Fig. 83. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 6m-water depth at

the Seomjin Bridge area in 2004. ····· 211

Fig. 84. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* at the Baealdo area in 2004 ····· 213

Fig. 85. Changes of growth of artificial seeds of Crassostrea rivularis in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005. ····· 216

Fig. 86. Changes of growth of artificial seeds of Crassostrea rivularis in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005. ····· 218

Fig. 87. Changes of growth of natural seeds of crassostrea rivularis in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005. ····· 220

Fig. 88. Changes of growth of natural seeds of crassostrea rivularis in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005. ····· 222

Fig. 89. Changes of growth of artificial seeds of Crassostrea rivularis at the Baealdo area in 2005 ····· 224

Fig. 90. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* at the Baealdo area in 2005. ····· 226

Fig. 91. Changes of growth of artificial seeds of *Crassostrea rivularis* in Gamak Bay in 2005. ····· 228

Fig. 92. Relationship between shell length and shell height of *Crassostrea rivularis* reared from October 2004 to July 2006. ····· 230

Fig. 93. Relationship between shell length and shell height of artificial and natural seeds of *Crassostrea rivularis* reared from October 2005 to July 2006. ····· 232

Fig. 94. Changes of the number of mortality in naturally 2004-hatched seeds of *Crassostrea rivularis*. ····· 235

Fig. 95. Changes of monthly yield rate of natural *Crassostrea rivularis*. ····· 239

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발의 필요성

우리 나라의 수산업은 70년대부터 80년대까지 비약적으로 성장하여 세계적인 선진수산국으로 발전하였으며, 식량 및 보건식품 산업으로서 국가경제에 크게 이바지하여 왔으나, 90년대에 들어와서 WTO체제의 출범과 수산물의 전면 수입개방과, UN해양협약의 발효 및 주변국과의 어업협정 발효에 따라 수산물 교역 및 조업여건 등이 악화가 불가피하게 되었다. 국내적으로는 매립 간척에 의한 연안어장의 축소와 산업화에 따른 연안어장 오염의 심화, 무분별한 남획 등으로 수산자원은 날로 감소 추세에 있으며, 어가소득은 도시근로자 가게소득의 70% 수준에 머물고 있고 정주환경 취약과 3D업종 기피현상 등으로 어촌인구는 계속 감소추세에 있는 실정이다.

그러나 우리 나라의 수산업은 수산식량의 안정적 공급과, 고용기회의 제공, 해양환경 보전, 어촌지역의 균형발전과 국가해양력 증대라는 국가적 역할을 지속적으로 담당해야 하며, 수산식품의 이용도는 역사적으로 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

과거에는 단순한 어획에 의해 수요를 공급해 왔으나 최근에는 연안환경오염으로 연안해역에서의 어업생산은 위축되고 상대적으로 고급 어패류의 집약양식에 의존하는 경향이 계속되고 있다. 또 경제수준의 향상에 따른 식품문화의 고급화로 고급 어패류종의 인위적인 양식의 필요성은 더욱 강조되고 있다.

유용 패류중 굴은 글리코겐, 비타민, 단백질 등 각종 영양소를 함유하고 있어 옛날부터 기호식품으로 많이 애용되어 왔으며, 패류양식 생산량중 최고를 보이고 있으나 최근 생산성이 점차 감소하고 있다.

이러한 시점에 지속적인 어업인 소득증대와 굴 생산의 안정적인 공급을 위해서는 환경적응 능력이 강하고 고부가가치의 가능성이 높은 새로운 양식대상 종을 개발하는 등 굴의 자원을 효율적으로 관리하고 이용하기 위한 양식종의 다원화 노력이 필요하다 하겠다

따라서 굴의 자원을 효율적으로 관리하고 이용하기 위해서는 자원동태의 파악 과 기초생물학적인 연구가 뒤따라야 하며, 더 나아가서는 종묘생산 및 양성기술을 개발하여 본종의 생산증대 및 산업적 가치를 높일 필요성이 제기된다.

1. 기술적 측면

미국을 비롯한 세계의 수산 선진국들은 자원보전학적인 측면에서 강굴(*Crassostrea rivularis*)에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 우리나라에서는 일반 어업인들의 접근이

자주 시도되고 있는 반면 서식 분포지 조차도 파악되어 있지 않는 등 그에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 유용 무척추동물의 다양화를 위해서는 종묘의 안정적인 생산이 이루어져야 하며 이를 위하여 서식환경특성 연구 및 생리화학적인 기초 생물학적 연구가 반드시 수행되어야 한다. 또한 수산생물의 수입개방에 능동적으로 대처하기 위해서는 생산성이 높은 품종과 아울러 환경친화적이며 경쟁력이 있는 새로운 양식품종의 다양화가 절실히 요구된다. 따라서 남획 등으로 인한 강굴의 자원이 고갈될 가능성이 매우 높기 때문에 지속적인 생산성을 확대를 위하여 강굴 서식지의 환경특성 구명과 대량 종묘생산을 위한 기초 생리·생태적 연구 및 양성기술 개발이 수행으로 유용자원의 이용과 보전이 되어야 한다.

2. 경제·산업적 측면

우리나라의 굴양식 생산량은 년간 총 양식 생산량의 25%를 차지하며, 그 생산액도 100억원에 이르고 있다. 굴 양식은 1970년대 초에 시작되어 2001년에는 17만 톤이 양식에 의해 생산할 정도로서 외국에 수출되고 있어 우리 나라의 양식 산업에 아주 중요한 위치를 차지하고 있다.

굴의 생산량은 1975년을 기점으로 점차 생산량이 증가하여 1987년에는 29만톤을 생산한 바가 있으나, 1990년도에 들어와 해에 따라 채묘의 불안정으로 생산량의 변동폭이 커지면서 그 생산량도 점차로 줄어 들어가게 되었고, 최근 연안 오염의 확산과 밀식 연작에 의한 자가오염 등에 의한 굴 양식장의 환경 악화와 양식 종패의 열성화로 단위 생산의 감소와 더불어 자연 채묘의 부진으로 굴 생산은 최악의 상태에 이르게 되었다. 이로 인하여 굴 양식 어업인들에게 타격을 가져오게 되었다. 이러한 현상은 우리 나라의 굴 양식은 전적으로 참굴(*Crassostrea gigas*) 한 종에만 의존하고 있기 때문에 열성화가 초래되어 어장 노후에 대한 환경적응 능력이 악화되었기 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 이러한 시점에서 굴 생산의 안정적인 공급을 위해서는 환경적응 능력이 강하고 고부가가치의 가능성이 높은 새로운 양식대상 종을 개발하는 등 굴의 자원을 효율적으로 관리 이용하고 보전하기 위한 다양한 양식 굴의 개발 노력이 필요하다 하겠다.

강굴(*Crassostrea rivularis*)은 참굴에 비해 훨씬 대형종으로 큰 것은 각장이 30cm 이상이 되고 또 다른 특징은 생식소가 차오르는 산란기에도 식용이 가능하며 그 맛이 독특하다. 섬진강 하구 기수역에서는 조간대에서 수심 15m내외까지 바위나 돌, 패류의 패각 등에 부착 및 니사질의 저면에서도 서식하는 것들이 있으며, 연간 300여톤 가량이 도수 채취되어 약20kg에 30천원선인 높은 가격으로 형성되어 현지에서 관광객 등을 대상으로 상회에서 굴구이 또는 half 굴로서 판매가 성행하고 도회지로도 상당량이 출하되고 있다. 또한 일부 동남아 지역에 고급 호텔등에 납품용으로 수출된 예가 있으나 최근에는 자원량이 현저히 감소하고 자연산 채취에 의존하다 보니 생

산량이 일정치 않아 최근에는 몇십 톤 생산에 머무를 것으로 예상되며 생산량 저조로 매년 건강 기호식품을 찾는 관광객이 줄어들어 어촌관광지인 동 지역 경기에 영향을 주고 있다.

따라서 본종에 대한 자원보전과 성장이 빠른 대형종으로서 효율적으로 관리하고 이용하여 생산량 증대를 통한 산업적 가치를 높여 고급화 및 브랜드화 품종으로서 개발 가능성이 있는 이 종에 대한 양성기술 개발이 요구된다.

3. 사회·문화적 측면

1995년을 기준으로 세계수산물의 1인당 평균 소비는 연간 13.5kg인 반면에 우리나라는 50.7kg으로 일본의 71.2kg에 이어 세계 2위 수산물 소비국가이다(FAO. 1998). 아울러 전세계적으로 배타적 경제수역(EEZ : Exclusive Economic Zone), 총허용 어획량 설정(TAC : Total Allaowable Catch)등의 해양 환경조건으로 인해 원양어업의 위축에서 오는 부족한 수산물의 양을 다른 나라에서처럼 우리나라도 더 많은 양식생산으로 충당해야하는 실정이다. 그러므로 양식산업이 고급 단백질원의 공급이라는 측면이 아닌 식량 안보 차원에서 보호 육성되어야 할 것이다.

본종의 서식지가 강과 바다가 만나는 섬진강 하구 등의 기수역인 관계로 풍부한 먹이생물을 바탕으로한 다양한 어·패류가 서식하여 어촌관광지로서 철따라 건강 기호식품으로서 별미를 맛보려는 수요자가 날로 늘어나고 있으나 자연산 도수채취에 의존하다보니 생산량이 일정치 않고 자원량 감소로 수급 불균형이 있어 양식기술개발 필요성이 어업인들에게서 제기되고 있는 실정이다.

따라서 자원을 증강시킬 수 있는 채묘 및 양성방법 등에 대한 기술개발을 통하여 예측 가능한 생산으로 토종굴에 대한 산업적 가치를 높임으로서 어가소득 증대를 도모할 수 있을 것으로 기대된다.

제 2절 연구개발의 목표 및 내용

1. 목표 및 내용

서식지 환경 및 서식생태에 대한 기초조사를 토대로 종묘생산(인공종묘, 자연채묘)을 통한 효율적인 양성관리 및 시설방법 등의 일련의 조사를 지속적으로 추진하여 안정적인 생산성 확대방안을 도모

2. 최종목표

○ 서식환경 및 서식생태 조사

○ 종묘생산(인공종묘생산 및 자연채묘)

○ 치패의 적정 양성 및 시설방법 조사

○ 생산성 분석

3. 연구개발의 내용 및 범위

구 분	목 표	내용 및 범위
1차 년도 (2003년)	○ 서식환경 및 양식기술개발	
	- 수질환경	- 영양염류를 상법에 따라 조사
	- 인공종묘생산기술	- 유생의 사육조건을 환경요인별 발달양상 조사
	- 패류독 조사	- 패류독 조사(주 발생시기)
	○ 서식생태 및 생산성 분석	
	- 강굴 서식분포 조사	- 환경 등에 따른 서식 양상
	- 서식지 수리·물리학적 조사	- 자연서식지의 염분, 유향·유속, 수온 등
	- 플랑크톤 조사	- 먹이생물의 종류 및 양(chlo-a)등 천이 분석
2차 년도 (2004년)	○ 서식환경 및 양식기술개발	- 부유유생의 출현양상 조사
	- 자연채묘	- 부착율 조사
	○ 서식생태 및 생산성 분석	
	- 생식기작 구명	- 조직학적방법에 의한 생식주기 및 생식소변화 조사
	- 체성분 분석	- 군성숙도 및 비만도 조사
		- glycogen 함량 등
3차 년도 (2005년)	○ 인공종묘생산기술	- 난발생 및 치패의 발달양상을 조사
		- 유생의 사육조건을 환경요인별로 조사
	○ 적정 양성기술개발	- 효율적인 양성 및 시설방법(뗏목수하식 등) (어장환경 및 수층별 치패의 발달양상)
	○ 형태 및 유전학적 특성조사	- 우리나라 강굴의 유전학적 특성 조사
	○ 생산성 분석	- 소득율 조사

제 2장 국내·외 기술개발 현황

1. 국내

참굴의 인공종묘 생산의 산업화(Min, 1998), 바윗굴 유생기의 사육조건과 성장(Yoo and pack, 1997), 벗굴의 종묘생산 위한 생물학적 연구(Yang, 1999) 등 타종에 대한 연구는 찾아볼 수 있으나, 강굴에 관한 기존의 연구 보고는 Yoo(1988)가 분류학적 특징에 관하여 간단하게 언급하였고, 난발생 및 유생사육에 미치는 수온과 염분의 영향(Yoo and kang, 1997)에 관한 연구만이 있을 뿐 생식·생리 및 생태학적 특성 연구나 양식에 관련된 보고서는 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 양식대상종으로서 기초생물학적인 연구, 종묘생산 및 양성기술 개발을 수행하여 양식종으로 생산량을 높일 수 있게 하고자 한다.

2. 국외

Allen 등 (1993)과 Allen 및 Gaffney (1993)가 유전학적인 교차수정의 가능성에 대해 또 Breese 및 Malouf (1977)가 유생의 최적염분 등에 관하여 언급하였고, James A. Perdue, J.A. and Erickson, G. (1984)가 워싱톤 주에 서식하는 참굴과 강굴의 생식주기를 비교한 연구에서 강굴을 여름에 식용할 수 있는 굴로서 상업적인 측면에서 양식개발 가능성을 언급하는 등 해양자원보전 및 영양원으로서 연구가 있다.

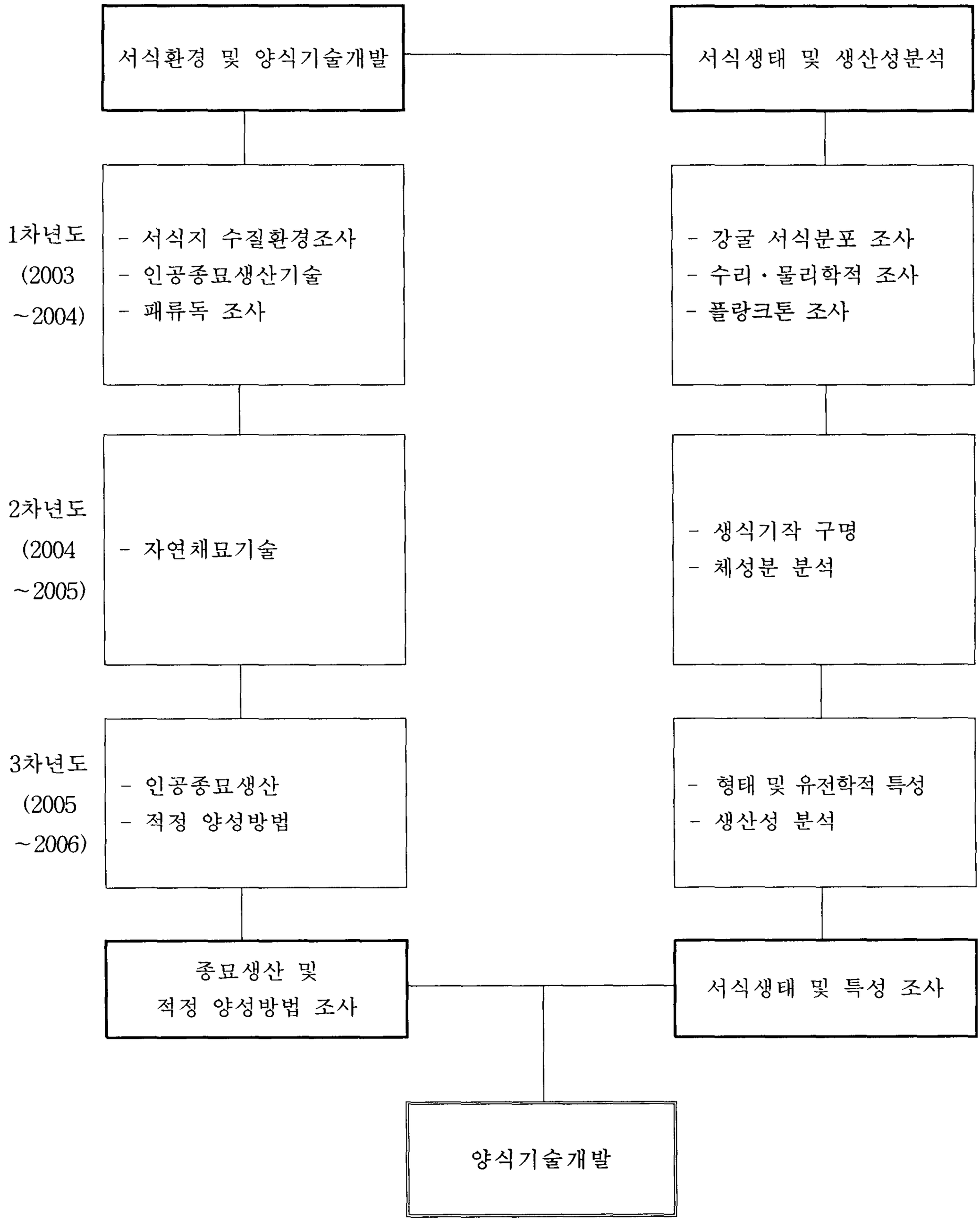
3. 앞으로 전망

공업화에 따른 연안오염의 확산과 양식생물의 밀식 및 연작에 의한 양식장 자가 오염의 누적 등 양식장의 부영양화로 인한 패류 생산량이 감소하고 있다.

매년 급격히 감소추세를 보이는 패류의 생산량 증대를 위해서는 양식장의 환경개선과 대체어장 개발과 더불어 고부가가치의 가능성이 높은 새로운 양식대상 종을 개발하고 자원을 효율적으로 관리 이용하고 보전하기 위해 다양한 노력이 필요하다 하겠다.

따라서 강굴 자원의 보전뿐만아니라 자원을 효율적으로 관리하고 이용하여 생산량 증대를 통한 산업적 가치를 높여 특산품으로써 개발하여 어업인의 소득향상에 기여하게 될 것이다.

4. 연구개발 추진체계


서식환경 및 양식기술개발
서식생태 및 생산성분석
1차년도 (2003 ~2004)
- 서식지 수질환경조사
- 인공종묘생산기술
- 패류독 조사
- 강굴 서식분포 조사
- 수리·물리학적 조사
- 플랑크톤 조사
2차년도 (2004 ~2005)
- 자연채묘기술
- 생식기작 구명
- 체성분 분석
3차년도 (2005 ~2006)
- 인공종묘생산
- 적정 양성방법
- 형태 및 유전학적 특성
- 생산성 분석
종묘생산 및 적정 양성방법 조사
서식생태 및 특성 조사
양식기술개발

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절 연구수행의 방법

1. 서식환경 및 생태조사

가. 서식환경

(1) 수질환경 조사

조사지점은 광양 진월면 망덕~돈탁지선에 이르는 강굴 양성시험 , 유생조사, 자연채묘 5개 지점에서 1차년에 조사하였으며, 2차년부터는 실제 시험시설을 설치한 3개지점(돈탁, 섬진대교, 배알도)에서 매월 1회 조사 하였다(Fig. 1.)

조사항목은 수온, COD(Chemical Oxygen Demand), DO(Dissolved Oxygen), pH, 염분, 영양염, 알칼리도, chlorophyll-a를 분석하였다.

조사 수질은 반돈형 중층 채수기를 사용하여 수층별(표·중·저층)로 채수하였고, 수온, 염분, pH는 YSI-85, 63 측정기를 사용하여 현장에서 측정하였다.

용존산소는 Winkler 변법에 의해 실시하였으며, 수질 COD는 알칼리성 과망간산 칼륨법으로 실시하였다.

영양염류는 Strickland & Parsons(1973)와 해양관측지침(일본해양학회, 1985)에 따라서 분석을 실시하였다.

(가) 암모니아성 질소(NH_4-N) : Indophenol법에 의해 비색 정량하였다.

(나) 아질산성 질소(NO_2-N) : NED법에 의해 비색 정량하였다.

(다) 질산성 질소(NO_3-N) : Cu-Cd 칼럼환원법에 의해 비색 정량하였다.

(라) 용존 무기질소(DIN) : 암모니아성 질소(NH4-N), 아질산성 질소(NO2-N), 질산성 질소(NO_3-N)의 합한 값을 용존 무기질소로 하였다.

(마) 인산성 인(PO_4-P) : Ascorbic acid 법에 의해 비색 정량하였다.

(바) 규산성 규소($Si(OH)_4$-Si) : Molybden blue 법에 의해 비색 정량하였다.

(사) 엽록소 량은 분광광도계(Genesis-5)를 이용하여 원심 분리된 시료를 SCOR-Unesco(1966)방법에 준하였다.

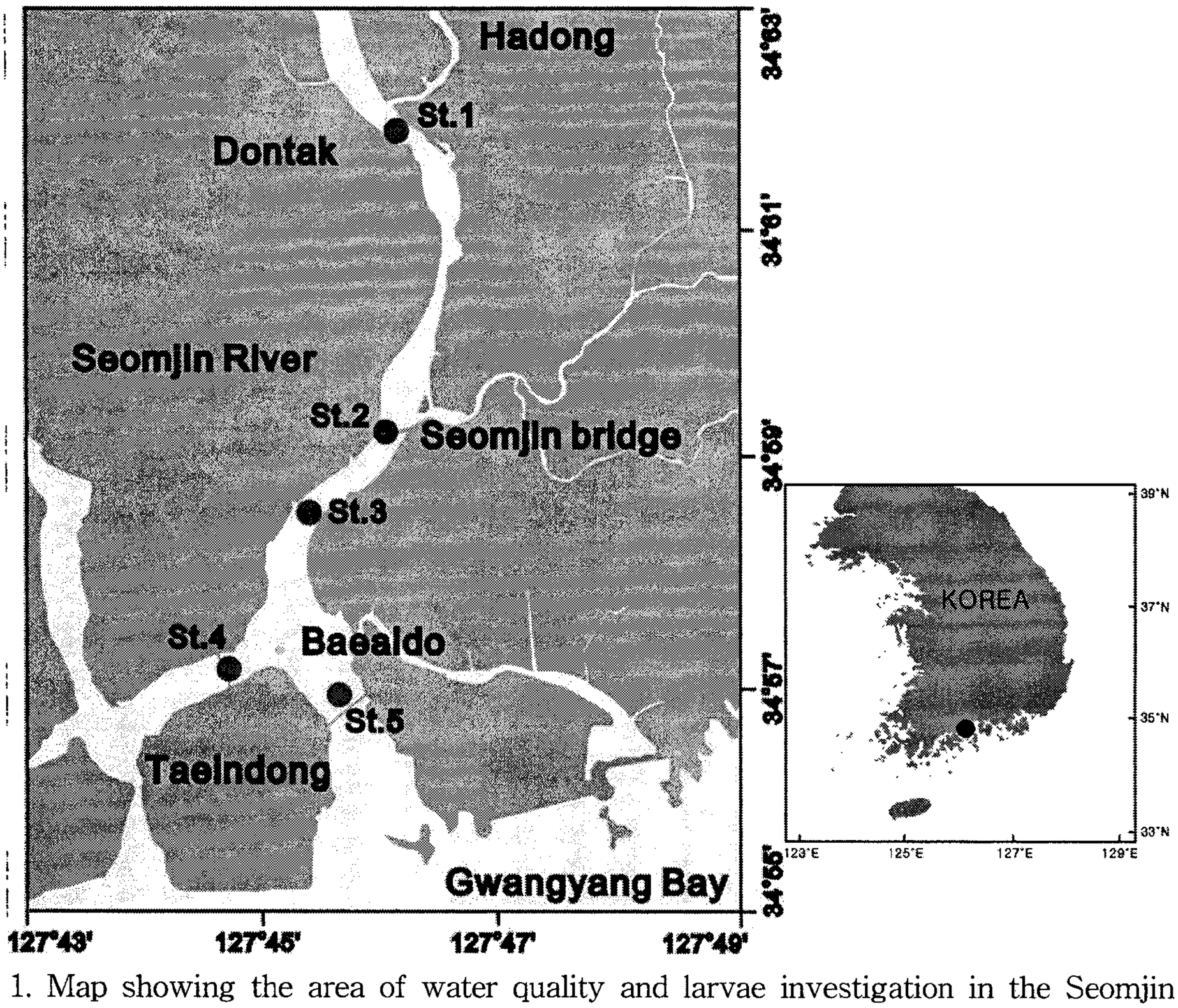


Fig. 1. Map showing the area of water quality and larvae investigation in the Seomjin River.

Table 1. Site of water quality and larvae investigation in the Seomjin River

NO	지점	Situation		Distance from the river-mouth (Km)
st. 1	Dontak	35° 01′ 337″N	127° 46′ 752″E	9.8
st. 2	Seomjin Bridge	34° 59′ 293″N	127° 46′ 546″E	5.8
st. 3	Mangdeok	34° 58′ 409″N	127° 45′ 560″E	2.8
st. 4	Baealdo	34° 57′ 617″N	127° 45′ 149″E	3.0
st. 5	Geumdang Bridge	34° 57′ 511″N	127° 45′ 961″E	1.5

(2) 수리물리학적 조사

대조기와 소조기에 CTD와 유속계를 활용하여 6개의 정점에서 매시간별 염분 및 유속·유향의 수직 구조를 25시간동안 관측하였으며, 각 관측시에 6척 이상의 선박을 투입하여, 각 선박에서 정점 관측 시행하였다(Fig. 2). 관측성과로부터 조시에 따른 염분 및 유속·유향 변화 양상을 파악하고, 수치 모델링의 보정 및 검증 자료로 활용하였다.

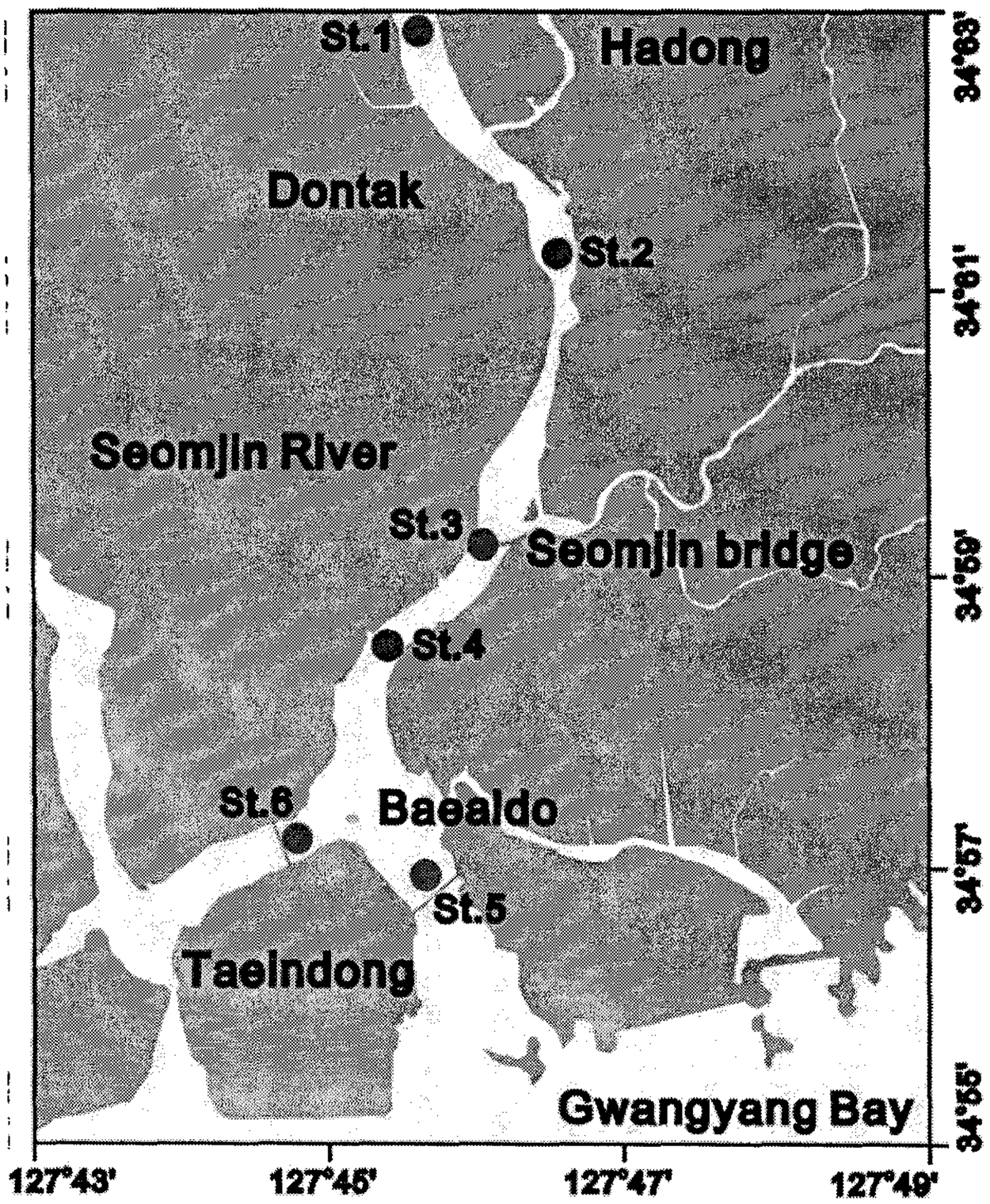


Fig. 2. Map showing the investigation area of salinity, current speed and current direction.

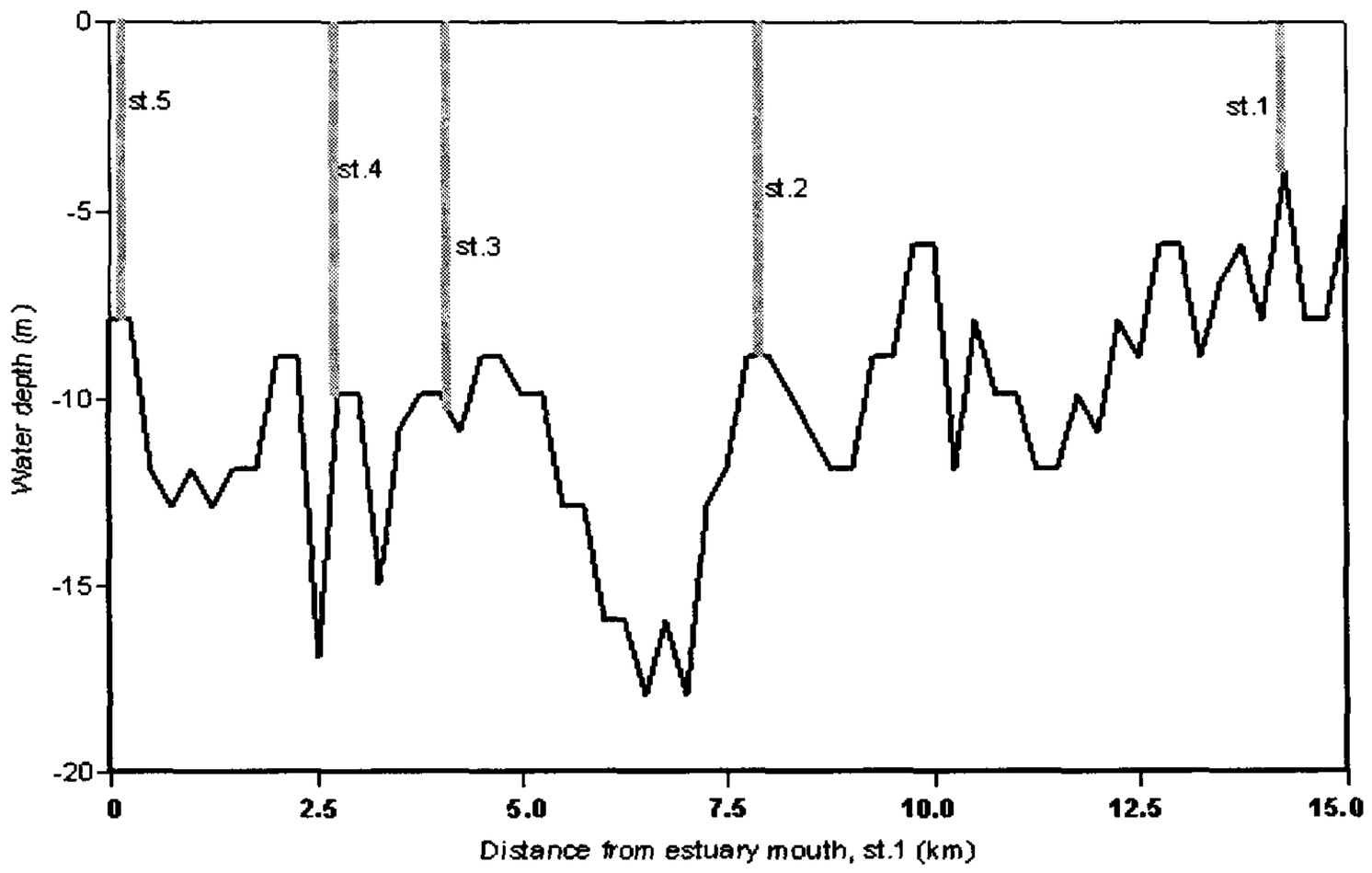


Fig. 3. Observation station in the Seomjin River..

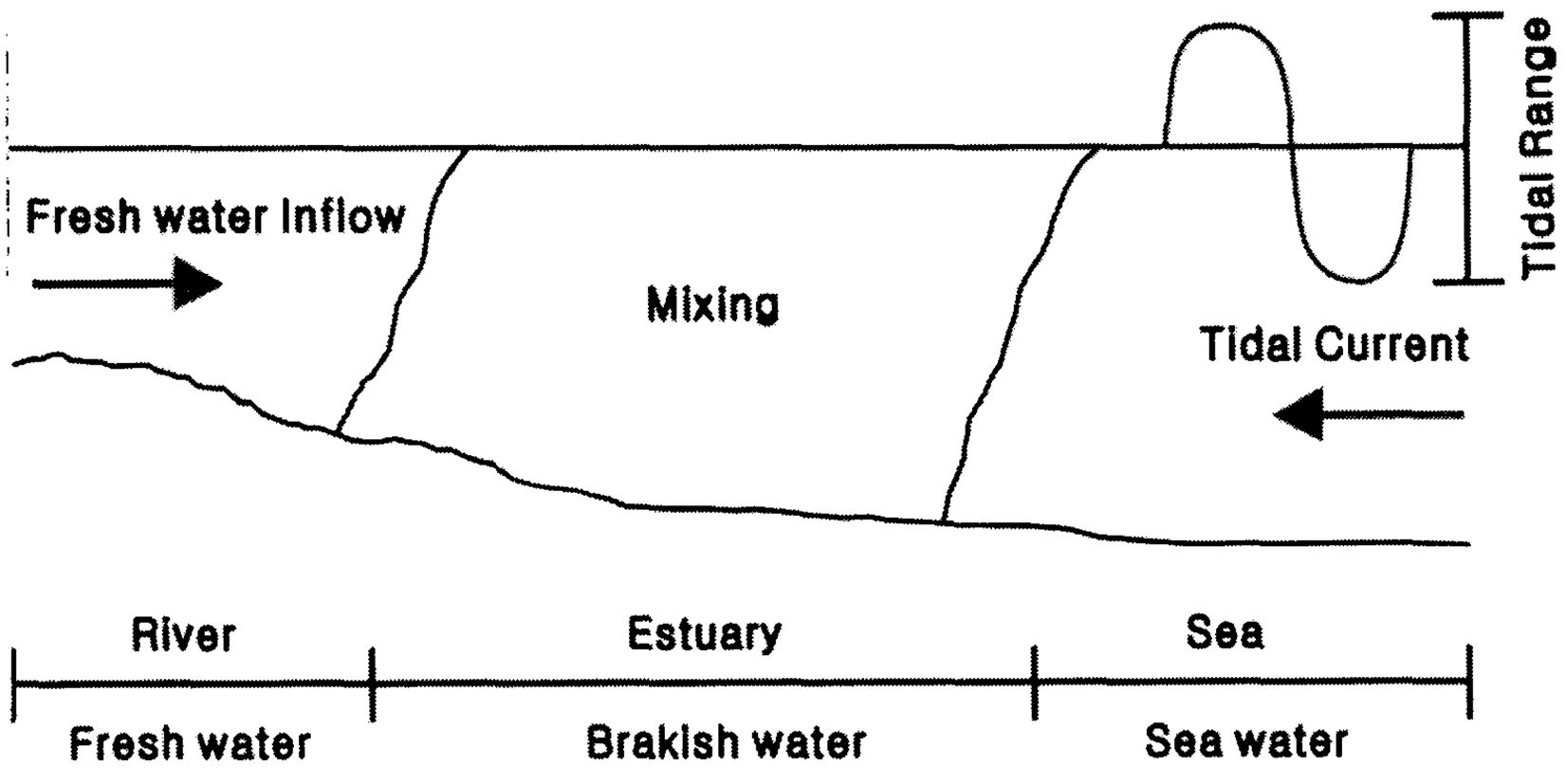


Fig. 4. The images showing estuary geometry and salinity distribution with the following estuary types.

나. 서식분포 조사

본 조사를 위하여 섬진강 하구역의 예비 시험어획조사를 실시하여 계절별 총 6개 정점에서 실시하였다(Fig. 2). 조사 해역내 서식하는 강굴의 서식밀도를 알아보기 위하여 Scuba diving을 통해 방형구($1\times1m^2$) 법을 이용하여 조사 하였다.

2. 유전학적 조사

가 . 재료 및 방법

(1) Sample Collection

시료는 섬진강, 강화도에서 직접 채집하였으며(Fig. 5), 99.9%에탄올에 고정시킨 후 실험실로 운반하여 섬진강, 강화도 각각 20개체씩 Asahida et al.(1996)의 방법에 따라 TNES-urea buffer(8M urea:10mM Tris-HCL, pH7.5: 125mM NaCl: 10mM EDTA: 1% SDS)를 사용하여 근육조직에서 DNA를 추출하였다.

(2) Primer Design

실험에 사용한 모든 mtDNA의 Primer는 NCBI에 mtDNA 등록 완료된 두종 *Crassostrea virginica* (AY905542) and *C. gigas* (AF177226)를 기초로 제작하였으며 16S ribosomal RNA gene 증폭을 위하여 16sar와 16sbr(Palumbi et al., 1991)을 사용하였고 cytochrome oxidase subunit Ⅰ (CO Ⅰ)을 증폭시키기 위하여 LCO1490과 HCO2198을 사용하였다(Folmer et al., 1994). Cytochrome b는 *C. virginica*의 mtDNA(총17243bp)중 3647bp-4859bp(Fig. 6)을 Seqman Ⅱ와 MegAlign(DNASTAR)에 적용하였으며 Primer3와 Oligo program을 이용하여 Primer를 제작하여 본 연구에서는 3쌍의 Primer를 실험에 사용하였다(Table 2).

(3) PCR Amplifications

mtDNA의 16S ribosomal RNA gene과 cytochrome oxidase subunit Ⅰ 및 cytochrome b 증폭을 위하여 분리된 DNA 2㎕에 25 mM MgCl2, 2.5mM dNTP, 0.2μM primer, Taq polymerase (Bioneer Corp., Seoul, Korea)를 30㎕조성하여 실시하였다. 16S ribosomal RNA gene과

cytochrome oxidase subunit Ⅰ은 denaturing(94℃, 45초), annealing(45℃, 1분) 및 extension(72℃, 1분 30초) cycle을 40회 반복하였으며, cytochrome b는 denaturing(94℃, 45초), annealing(50℃, 45초) 및 extension(72℃, 1분) cycle을 40회 반복 하였다.

(4) Sequence Editing

염기서열 결정은 Bioneer에 의뢰하였으며 염기서열이 결정된 모든 자료는 NCBI database에 비교 후 SeqMan Ⅱ와 MeAlign(DNASTAR) editing program을 이용하였다.

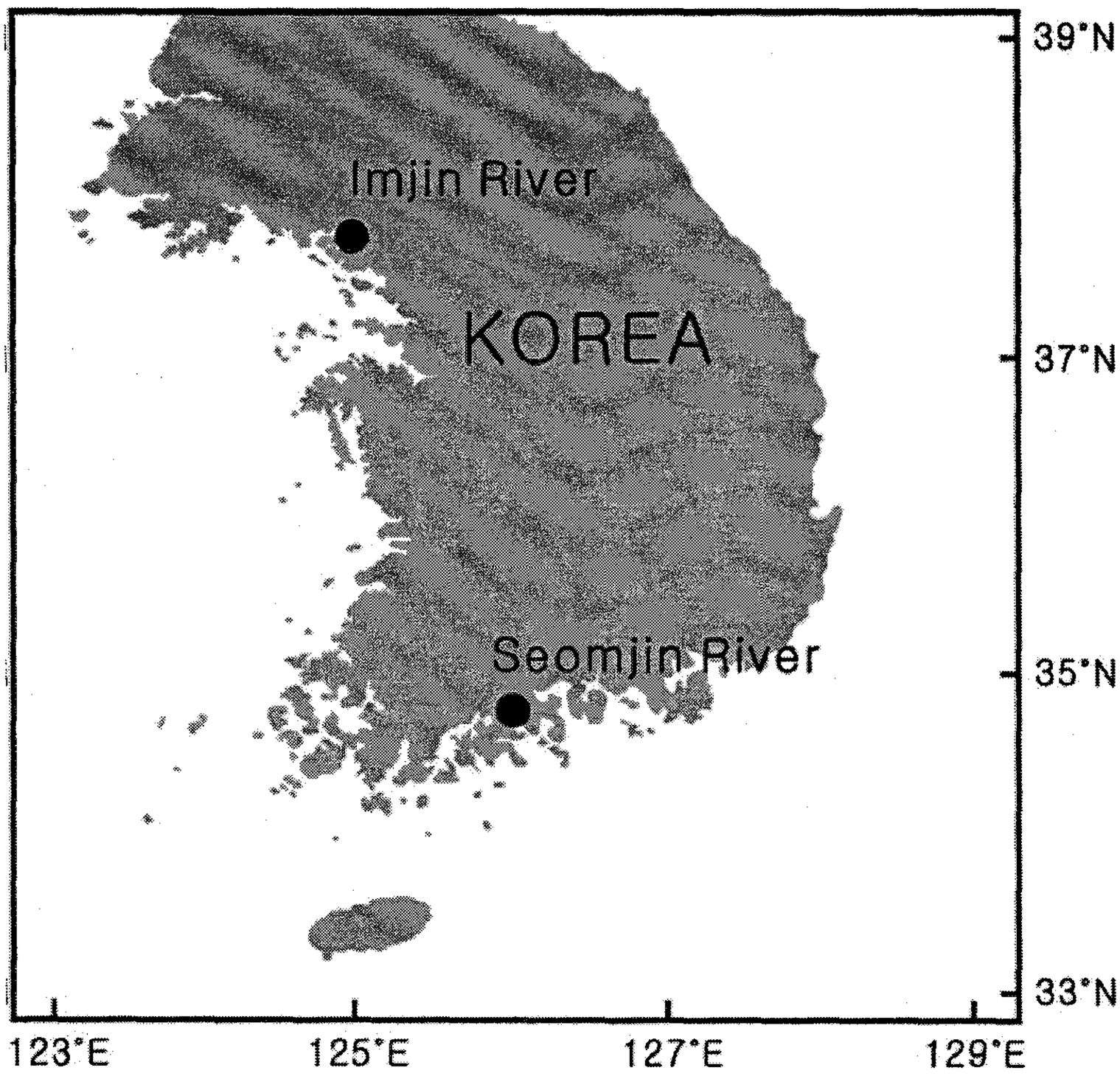


Fig. 5. Map showing the sampling area for the genetical study.

1 ttacttaggg tccttcttaa agcgagccct acagttaaaa gctactacag agaaatttta

61 aaatatccgt gtccacctag attaactaat tggtggaacc ttggatcaat gttattcttg

121 attctaggct cgcagatttt atccggtttg attttgacaa taaattatac tgctgatgag

181 agtctagcag tggtaagaat tgactatata atgcgggatg ccaattatgg atgg attatc

241 cgaaggcttc atatgg gagg agcgtcatta ttttttgctc ttacttacgc acatgtggcg

301 cgaggtgtgt tctatggggc ttacttaaaa aacccgcatg tgtggtacta ggggcctaag

361 actttatatt ctatctatgg gcgtaggttt tctggggtat gtacttcctt gggggggttat

421 gtcatattga ggcttgactg tgattacaaa catgataaca gtagtgcctg gaggagcacg

481 ggcattggac tggtttcaag gaggttttgt tatttcttct ttaaccctaa aacgcgtgtt

541 tgttctacac tttattcttc cttttgtaat cttaggattg gcacttgttc atgtgctaat

601 cctccaccaa aacgggtctt caaacccatt aggattggat caagaaggaa ttaatgtgcc

661 gtttcatcct tactattcga tcaaagattt agcaggattt gctgttttag tggcgatgct

721 tattggtata gcatttacct tcgccagcgt tactgcagac ccgttacagt gacagcctat

781 caacaaaata aaaacaccag ccgtaattaa gcctgagtga tacttttgt acgcttatgc

841 catt ttacgg tctattcccc ataaag cagg tggtgtagcg ataatatttt tggctattgt

901 tggagtagca attatgccgc tcttaagaaa gactgaacag taccagagta taaaagcaag

961 cccagtaggc cggtgaattt ttttcatttg agcagcaaac ttttgtttcc taacgattat

1021 tggagcccaa gaacctaggg gtggatgagt actagcaggg cagtttggga ctttatttca

1081 cctgggatgt atggctttca ttccacttgt caaattaaag tgagaggact gaattattaa

1141 agaagttaat gatgacgtca gcagactggt tgagtttatt ggtggtgggt attccgctag

1201 tggttcatcc tag

Fig. 6. Nucleotide sequence of *Crassostrea virginica* mitochondrial Cytochrome b(Accession number, AY905542) Showing the position of the primers used in this study.

Table 2. List of PCR primers used in this study

	Primer	Sequence
CO I	Forward LCO1490	GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G
	Reverse HCO2198	TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA
16 S	Forward 16SAR	CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT
	Reverse 16SBR	CCG GTC TGA ACT CAG ATC ACG T
Cyt b	Forward	ATT ATC CGA AGG CTT CAT ATG GG
	Reverse	GCT TTA TGG GGA ATA GAC CGT AA

3. 식물플랑크톤 조사

가. 조사 기간

식물플랑크톤 조사는 돈탁, 섬진대교, 배알도 지역의 총 3곳의 조사지점을 선정하여 2004년 7월부터 2005년 6월까지 각 3개 정점에 대하여 계절별로 조사를 실시하였다(Fig. 7).

나. 조사 방법

채집은 plankton net를 사용하여 시료를 채집하였다. 채집한 시료는 현장에서 3-5% 중성 formalin 용액으로 고정하였다. 현존량의 측정은 정량 채집한 시료를 48-72시간 침전시켜 30 ㎖로 농축하여 잘 혼합한 후 1 ㎖를 Sedqwich-Rafter chamber에 넣어 계수하였으며, 군체와 사상체 조류는 한 개체로 계산하였다. 종의 관찰은 광학현미경 100-1000 배하에서 실시하였으며, 종의 동정은 정(1968), 정(1993)등을 참고하였고, 분류는 Smith(1950)체계에 따라 정리하였다.

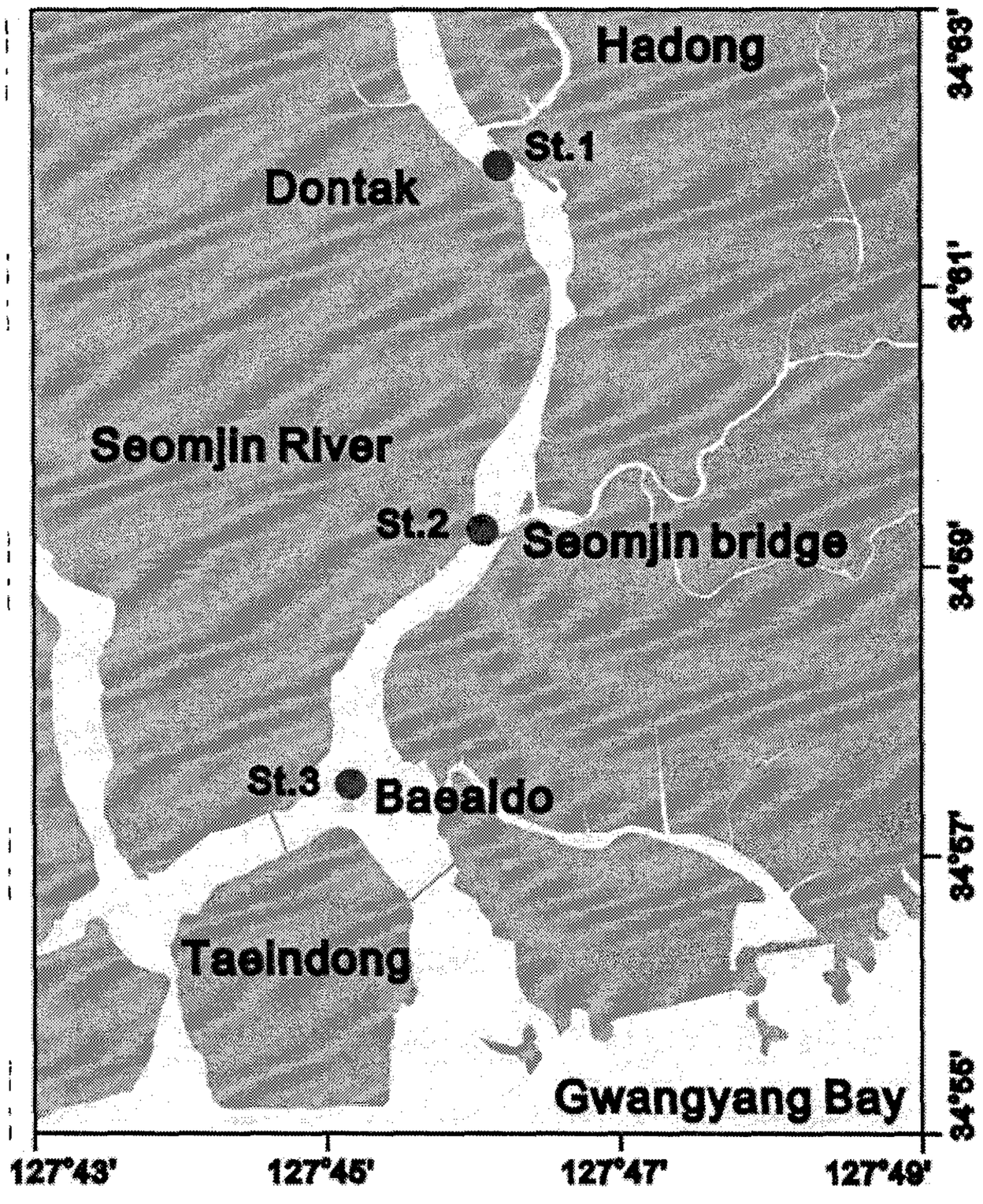


Fig. 7. Map showing the sampling area of phytoplankton.

4. 생식기작 구명

가. 재료 및 방법

(1) 시료채집 및 보관

2004년 7월부터 2005년 6월까지 1년간 매월 잠수를 통하여 시료를 채취하였으며, 채취 정점은 섬진강 하구역의 강굴이 서식하는 지역을 대상으로 염분분포가 상이한 돈탁, 섬진대교, 배알도 3군데 정점을 선정하여 각 지점별 매월 20개체씩, 매월 총 60개체를 측정에 이용하였다. 채집한 시료는 즉시 실험실로 운반하여 계측하였다.

(2) 비만도(Condition index)

실험실로 옮겨진 강굴은 각장(shell length : SL), 각고(shell height : SH) 및 각폭(shell width : SW)은 vernier caliper로 0.01mm까지 측정하였고, 전중(total weight : TW), 육중(meat weight : MW)은 전자저울로 0.01g까지 측정하였다. 개각하여 패각과 육질부를 분리하였고, 육중량을 0.01g까지 측정하였다. 산란기를 간접으로 추정하기 위해 조사하는 비만도(Condition index)조사는 Akashige and Fushimi(1992)의 방법에 따라, 아래와 같은 공식을 사용하여 측정하였다.

$$\text{Condition index} = (MW/MW+SW)\times 100$$

(3) 조직학적 조사

생식소의 발달을 조직학적 변화를 조사하기 위하여 생식소를 Bouin's solution에 24시간 고정시킨 후 paraffin법에 따라 5㎛ 두께로 연속 절편 하였으며, Delafield hematoxylin과 eosin으로 이중염색하여 광학현미경으로 검경하였다. 월별 난경조성은 난소 절편에서 동일 소낭 내에 존재하는 난모세포 중 핵과 인이 정상적으로 관찰되는 난모세포를 대상으로 측정을 하였다.

(4) 정량분석

난소의 발달 단계를 정량적으로 분석하기 위하여 Image analyzer system (M6200-T. J04)을 이용하여 영상 분석하였다. 현미경 ×40배율 하에서 시야 면적은 0.677㎟이었다. 난소 조직중 대표적인 세부분을 선택하여 난소 소낭의 면적(follicle area : FA)과 난모 세포의 면적 (oocyte area : OA)을 측정하고 아래의 식을 통해 난소 면적 (ovary area : OVA)에 대한 각각 비를 구하였다.

$$\text{Follicle of the ovary area(\%)} = \frac{FA}{0.677}\times 100$$

$$\text{Oocyte of the ovary area(\%)} = \frac{OA}{0.677}\times 100$$

5. 자연종묘 생산

가. 유생조사, 채묘시기

(1) 유생의 출현량의 변화

자연채묘를 위한 유생조사는 2004년 5월19일부터 10월2일까지 5개 지점에서 조사하였으며, 2005년에는 실제 채묘후보지로 선정된 3개 지점에서 7월 8일부터 9월22일까지 수행하였다. 조사주기는 주2~3회 유생조사를 실시하였다. 단 현지 폭우 및 강풍 등 기상여건 좋지 못할 경우 기상회복 후 실시하였다.

유생조사는 직경 30cm, 망목 30㎛의 플랑크톤 넷트를 사용하여 수직식으로 채집하였다.

유생 조사방법은 수심이 3m 내외인 배알도에서는 전 수층을 조사하였고 수심이 7m 이상되는 섬진대교와 돈탁지역에서는 중층에서 표층과 저층과 중층을 분리하여 수층별로 채집하였다.

조사시간은 1차년은 만조와 간조시간을 나누어 1일 2회 실시하였고 2차년부터는 유생 출현이 안정적인 만조시의 정조를 택하여 실시하였다.

채집된 유생을 4%포르말린에 고정하여 실내 실험실에서 현미경 100배 시야로 검경하여 유생 발달 단계별로 계수하였고 채집 수심을 적용하여 출현량을 m^3으로 환산하였다.

유생분포와 밀접한 관계를 가지는 염분농도와 출현량을 비교하였다.

(2) 자연채묘

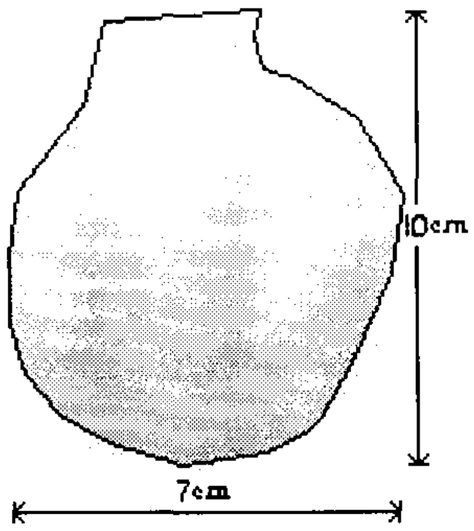
유생발달 단계별 조사 결과로부터 채묘기 투입은 1~2주 간격으로 강·폭우를 피하여 채묘시설을 하였으며, 자연채묘는 3개 지점에서 Fig. 8의 뗏목식 채묘 모식도 같이 시설하였다.

강굴과 참굴의 순수 부착율 조사는 2004년 6월16일, 7월1일, 7월22일, 8월12일 4회 투입된 채묘연에서 가리비 패각에 부착된 강굴과 참굴을 계수하여 10월에 조사하였다.

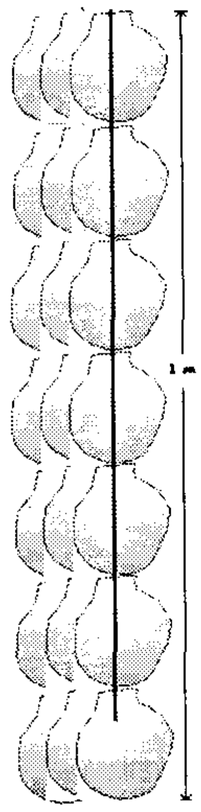
강굴의 지역별 부착량은 2004년 7월 22일 투입한 채묘연 3개 지점에서 수층별로 가리비 패각 20개를 조사하여 10개미만, 20개미만, 20개 이상의 부착 빈도수를 10월에 조사하였다.

강굴의 시기별 부착량 변화는 성숙기 유생이 늘어나는 2005년 7월22일 채묘 수하연을 투입하여 유생조사지역 3개 지점에서 9월4일까지 가리비 패각 3개체를 육안으로 확인하여 1개체당 평균 부착량을 조사하였다.

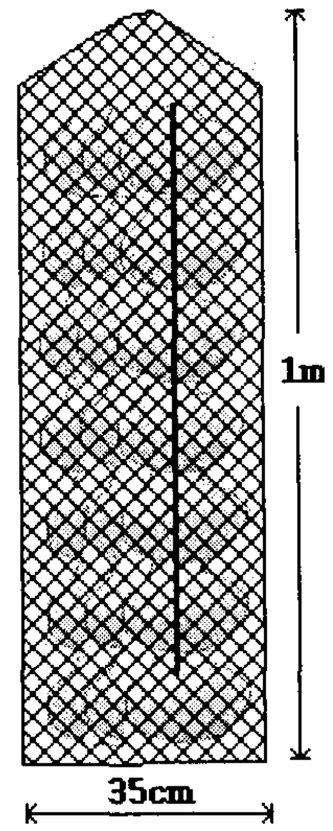
자연종묘의 성장은 2005년 7월22일 채묘연을 투입한 섬진대교 지역에서 10월 18일까지 3회 전자식 venier caliper(0.01㎜)로 각장과 각고를 측정하였다.



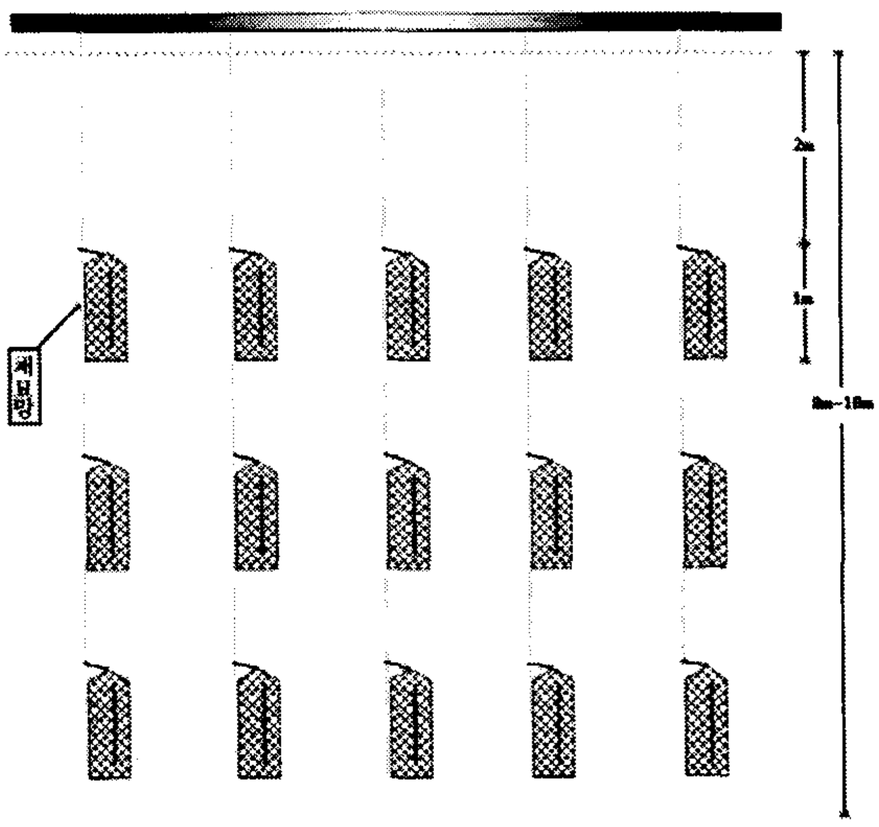
shell of bay scallop used as substratum(collector) for *Crassostrea rivularis*



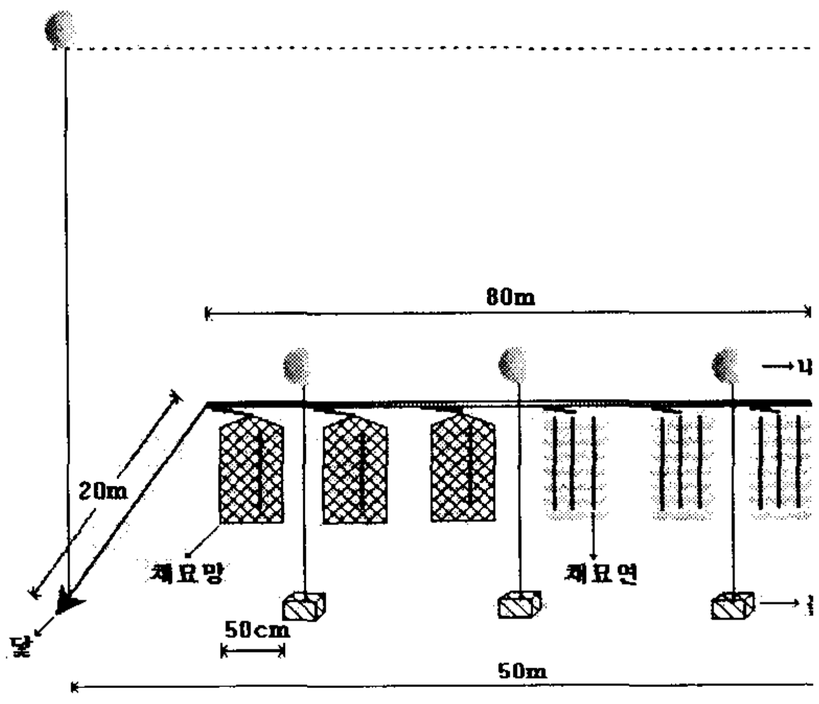
Hanging ropes(strings) with seed collectors



Seed collection net with seed collection strings



Facilities of natural seed collection of *Crassostrea rivularis*



Schematic diagram of hanging method facilities

Fig. 8. Schematic diagram of raft method facilities.

6. 인공종묘 생산

가. 어미의 인위성숙, 산란유발

본 시험 재료인 강굴(*Crassostrea rivularis*)은 섬진강 기수수역에서 잠수 채취한 것을 골라2004년 1월 중순 조기채란을 위해 4톤 크기의 콘크리트 수조를 이용하여 현지 수온보다 3.0℃ 높인 10~20℃, 염분농도 25~30‰로 조건에서 먹이는 규조류의 일종인 *Phaeodactylum tricornutum*, *Chaetoceros calcitrans*, 황갈편모조류인 *Isochrysis galbana*의 3종을 3만~5만 cells/㎖ 공급하여 4~5월까지 관리해온 어미, 4월 중순 이동해 온 어미를 동일한 방법으로 50여 일간 인위 성숙시켜 5월 하순까지 관리해 온 어미, 4월, 5, 6월에 이동해 온 자연산 어미를 산란유발 조사용으로 사용하였다.

산란유발 방법으로는 자외선 조사한 여과해수를 채운 산란조에 30~60분간 간출시킨 어미를 수용하여 전기히터를 이용하여 10분에 1℃씩 점차 수온을 상승시켜 자연수 보다 3~5℃ 높게 유지하면서 자연산란 여부를 확인하였다. 추가 자극으로 담수, NH_4OH, H_2O_2, sertonin, 정자현탁액에 의한 반응 여부를 조사하였으며, 자연 산란이 안 될 경우 적출법에 의해 수정유무를 확인하였다.

나. 수정과 부화

적출법과 자연산란에 의해 수거된 수정란을 20㎛ 뮬러가제를 사용하여 깨끗한 여과해수로 3~4회 세란 한 후 수온은 25±0.℃ 염분농도 25‰ 조절한 수조에 수용하였고 지속적으로 난을 수거하여 현미경으로 검경하며 난 발생 시간과 부화시간 부화율을 확인하였다.

다. 유생의 사육

(1) 1차년 조건별 유생사육 시험

2004년 6월 20일 적출법에 의해 수정란에서 부화된 유생을 이용하여 시험하였으며, 먹이생물은 일반적으로 조개류 종묘 생산시 먹이로 많이 이용되고 있는 황갈편모조류인 *Isochrysis galbana, Pavlova lutheri,* 녹조류 *Nannochloropsis oculata, Tetraselmis suecica* 의 4종을 먹이로 1만~2만 cells/㎖를 급이하였으며, 배지는 Conwy배지를 이용하여 배양하였다.

사육 조건은 0.3톤 FRP수조에 20ℓ 투명 플라스틱 원형수조에 수용하여 인위적으로 조절하였다.

수온은 20, 24, 28, 30℃의 4개 실험구에 염분은 25‰로 설정하였고, 염분은 5, 10, 15, 20, 25, 33‰의 6개 실험구에 수온은 25℃로 설정하였다.

사육수는 1㎛로 여과하여 차염소산나트륨(NaClO) 용액을 해수 10ℓ당 0.5㎖를 넣고 공기를

넣어주지 않은 상태에서 수 시간 방치한 다음, 티오황산나트륨 용액($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$를 증류수 1ℓ에 200g을 녹여서 사용)을 사육수 10ℓ당 0.75㎖씩 넣고 포기하여 수 시간이 경과한 후 사용하였다. 염분은 담수를 이용하여 염분계(YSI-63)로 조절하였다.

사육방법은 지수식으로 2일에 한번씩 사육수를 교환하였으며, 부화한 D상 유생을 3개체/㎖의 밀도로 수용하였다.

먹이에 따른 실험은 황갈편모조류인 *Isochrysis galbana, Pavlova lutheri,* 녹조류 *Nannochloropsis oculata, Tetraselmis suecica* 의 4종을 섞어서 공급 한 것과 규조류인 *Chaetoceros calcitrans*를 단독 공급한 것의 성장, 폐사율의 차이를 조사하였으며, 공급사육초기에는 10,000 cells/㎖에서 20,000 cells/㎖을 공급하였다.

실험 중 유생의 성장은 각 실험구에서 20마리의 유생을 추출하여 각장과 각고를 측정하여 평균값을 구하였다.

(2) 2차년 조건별 유생사육 시험

2005년 6월 25일 자연 채란하여 부화된 유생을 이용하여 염분농도 실험구는 0, 5, 10, 15, 25, 30‰구에서 3반복구를 두었으며, 염분농도가 조절된 사육수를 10ℓ용기에 채운 후 부화된 D유생은 1만(㎖/1개체) 개체를 수용하였으며, 수온 범위는 25~26℃이었다. 사육방법은 공기주입기로 에어레이션을 해주며 지수식으로 사육하였고 1일 1회 사육수를 교환하였으며, 먹이는 황갈편모조류인 *Isochrysis galbana,* 규조류인 *Chaetoceros calcitrans* 2종을 섞어서 1일 2회 공급하였고(20,000~50,000 cells/㎖) 점차 농도를 올려50,000 cells/㎖까지 먹이량을 늘려 공급하였다.

밀도에 따른 유생상태와 생존율 변화조사는 염분농도가 25‰ 조절된 사육수를 10ℓ용기에 채운 후 부화된 D유생을 1만, 5만, 10만(㎖/1, 5, 10개체)개체를 수용하여 3반복구를 두었으며, 수온 범위는 25~26℃이었다.

유생의 생존량은 조사는 성장에 따라 망목(20, 40, 60, 100, 130, 150, 190, 200, 230㎛)을 달리하여 채집된 유생을 2ℓ비커에 넣은 후 물을 1ℓ채워서 공기주입기를 유생을 고르게 분산시켜 마이크로피펫으로 1㎖ 채취하여 격자슬라이드글라스에 넣고 현미경 40배 시야로 계수한 후 현존량을 산출하였다. 유생의 발달상태는 생존율 조사와 병행하여 관찰하였다.

(3) 유생의 대량사육

부화된 D형유생은 10톤 수조에 ㎖/5개체를 수용하여 부화 4시간 경과 후부터 먹이 공급을 시작하였으며 먹이는 황갈편모조류인 *Isochrysis galbana,* 규조류인 *Chaetoceros calcitrans* 2종을 섞어서 1일 2회 공급하였고(20,000~50,000 cells/㎖) 점차 농도를 올려50,000 cells/㎖까지 먹이량을 늘려 공급하였다.

사육수는 2일 간격으로 환수를 해주었으며, 환수시 유생수집은 20~230㎛망목을 9단계로 나누어 넷팅하여 200ℓ통에 수용하였고 마이크로 피펫으로 0.1㎖채취하여 격자 슬라이드글라스에 넣어서 계수하였다.

유생사육기간 동안 염분 농도는 25‰를 유지하였으며, 수온은 24~29.5℃이었다. 유생의 사육밀도는 부화 후 6일 경과까지 5개체/㎖ 10일째 3개체 16일째는 1개체로 조절하여 사육하였다.

(가) 유생의 발달

대량 유생사육시 사육 경과 일에 따라 유생을 넷팅하여 격자슬라이드글라스 넣고 현미경으로 발달단계를 관찰하였다.

(나) 유생의 크기

사육 경과일에 따라 채집된 유생을 홀 슬라이드글라스에(hall slide glass) 올려두고 해부현미경상에 나타나는 유생을 컴퓨터에 내장된 크기측정 프로그램을 이용하여 20개체씩 각장, 각고를 측정하였다.

라. 인공채묘

2005년 6월 10일경 섬진강에서 옮겨온 자연산 어미를 이용하여 동월 25일 채란하여 부화된 D형유생으로 대량 사육하였으며, 부화 24~26일째에 7월 20일경 부착기 유생을 넷팅하여 20톤 수조에 1개체/㎖를 수용하여 가리비 패각에 채묘하였으며, 실내에서 7~9일간 관리하여 인근해상 여수시 화양면 안포리 어장으로 이동하여 자패를 성장시켰으며, 1개월 경과 후 9월1일 섬진강으로 이동하여 10월 18일까지 섬진강에 적응시켜 양성용 치패로 사용하였다.

채묘 후 자패 상태의 크기를 현미경 100배 시야에서 부착량과 크기를 측정하였으며, 인공종묘의 성장과 부착량을 월 1회 조사하였다.

2006년에는 7월 14일 섬진강하구 배알도 지역 뗏목식 양성장에 옮겨온 모패를 이용하여 7. 15일 채란(간출, 담수, 수온자극법)작업을 실시하였으며, 부화된 D형 유생으로 대량사육 하였으며, 부화 17일째 인공채묘하여 자패를 해상에서 성장 관리하였다.

7. 양성시험

가. 강굴의 염분내성 시험

염분내성시험은 섬진강 배알도 지역 뗏목식 양성장에서 강굴 성패 및 치패를 옮겨와 1톤 수조에 2004년산 성패 50마리씩, 0.5톤 수조에 2005년산 치패 50마리를 수용하여 2006년 7월10일에서부터 7월25일까지 16일 동안 염분구간 0, 5, 10, 15‰ 범위에서 매일 폐사개체를 확인하였다. 사육조건은 공기주입기로 에어레이션을 해주었고 사육수 교환은 폐사개체 발생에 따라

2~3일 간격으로 환수하였으며, 수온은 25~27℃이었다.

나. 2004년산 강굴의 성장

2004년 8월에 자연 채묘하여 10월까지 중간 양성한 강굴종패를 그물채롱에 100개체씩 수용하여 2004년 10월부터 2006년 7월까지 섬진강 하구의 돈탁, 섬진대교, 배알도의 3개 지점에 뗏목식 바지선에서 수직으로 수하식으로 양성하였으며, 수심이 깊은 돈탁과 섬진대교에서는 수층별(중층, 저층)로 양성하였고 수심이 얕은 배알도는 저층에서 양성하였다.

성장조사 주기는 매월 1회 버니어캘리퍼스로 각장과 각고를 측정하였다.

측정한 형질 각장, 각고의 형질상관관계를 구하였다.

다. 2005년산 강굴의 성장

인공산은 여수시 화양면 시험어장에서 7월 20일부터 채묘한 종패를 1개월간 인근 해상에서 중간 양성하여 2005년 8월31일에 섬진강으로 옮겨와 적응을 시킨 치패를 이용하였으며, 2005년 10월부터 2006년 7월까지 조사하였다. 자연산은 8월 중순경 섬진강 하구 섬진대교에서 채묘한 종패를 이용하였으며, 조사기간은 인공산과 동일하다.

라. 측정한 형질 각장, 각고의 형질상관관계를 구하였다.

마. 강굴의 생존율

2004년 8월에 자연 채묘된 강굴종패를 이용하여 2004년 10월부터 2006년 7월까지 3개 지점의 뗏목식 양성장에서 실시하였으며, 돈탁과 섬진대교는 중층과 저층, 배알도는 저층에서 각 시험구별로 그물채롱에 100개체씩 수용하여 3반복구를 두어 매월 폐사량을 조사하였다.

바. 부착생물

양성기간 동안 채롱 및 패각에 부착하는 생물을 조사하여 적합한 양성방법을 구명하고자 매월 부착생물의 빈도수를 조사하였다.

사. 수확 강굴의 전중량과 육중량 비교

섬진강에서 다이버로 수확되고 있는 강굴 성패를 실험실로 이동하여 매월 1회 크기(각장, 각고), 중량(전중량, 육중량)을 조사하였으며, 기상 여건이 좋지 못해 한 8, 9월에는 조사하지 못했다.

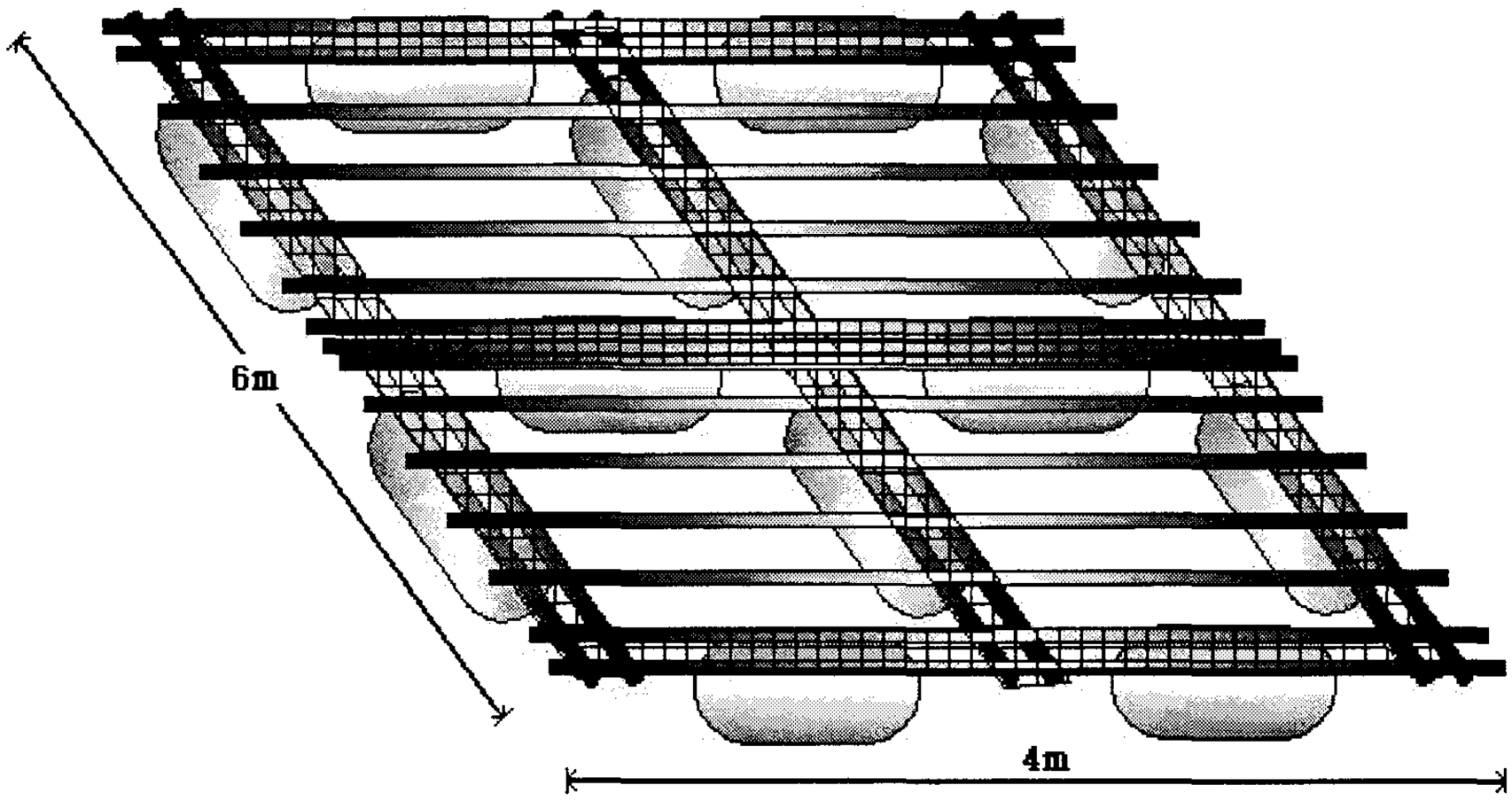


Fig. 9. Schematic diagram of a raft for seed collection and culture.

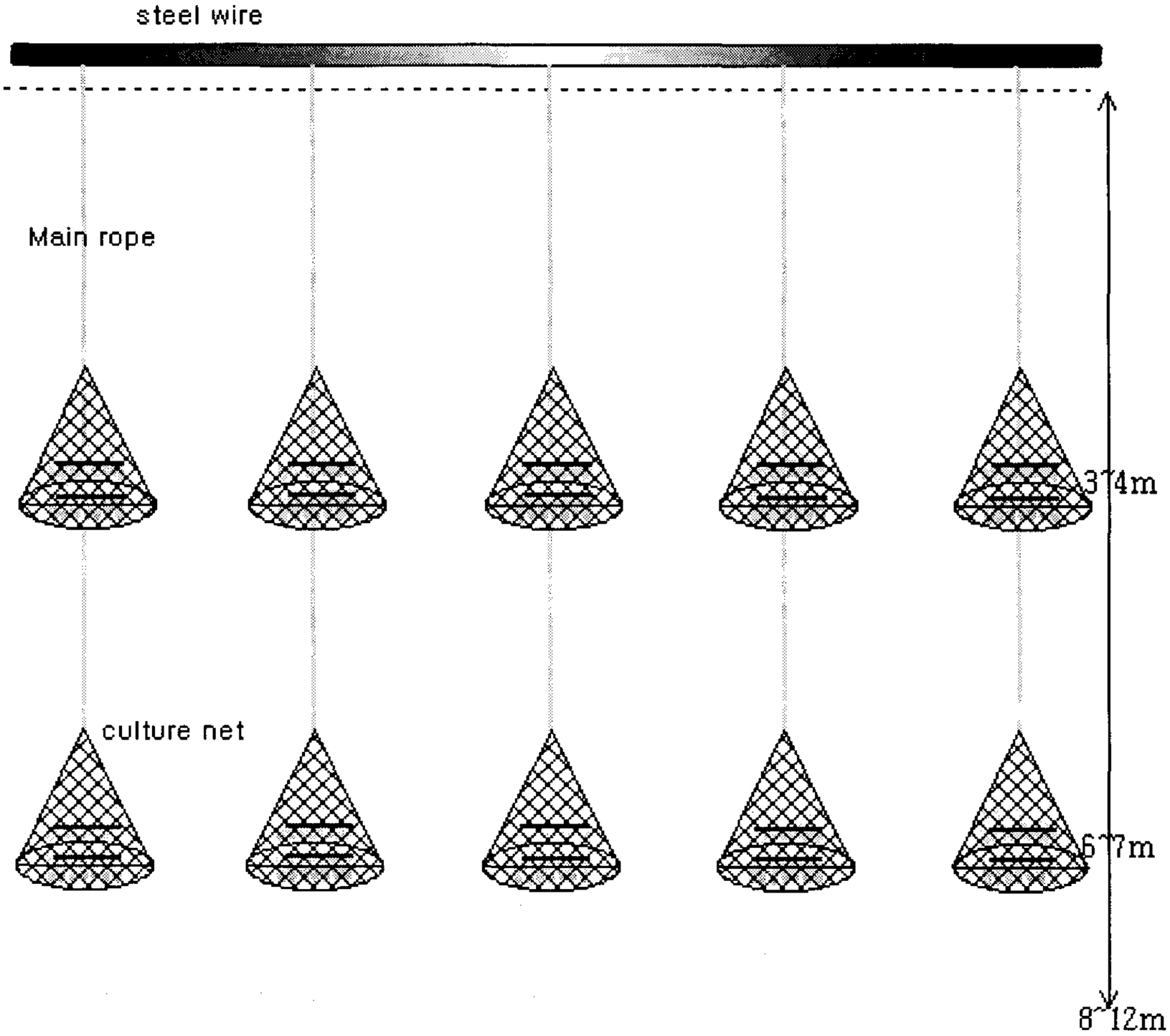


Fig. 10. Schematic diagram of culture facilities.

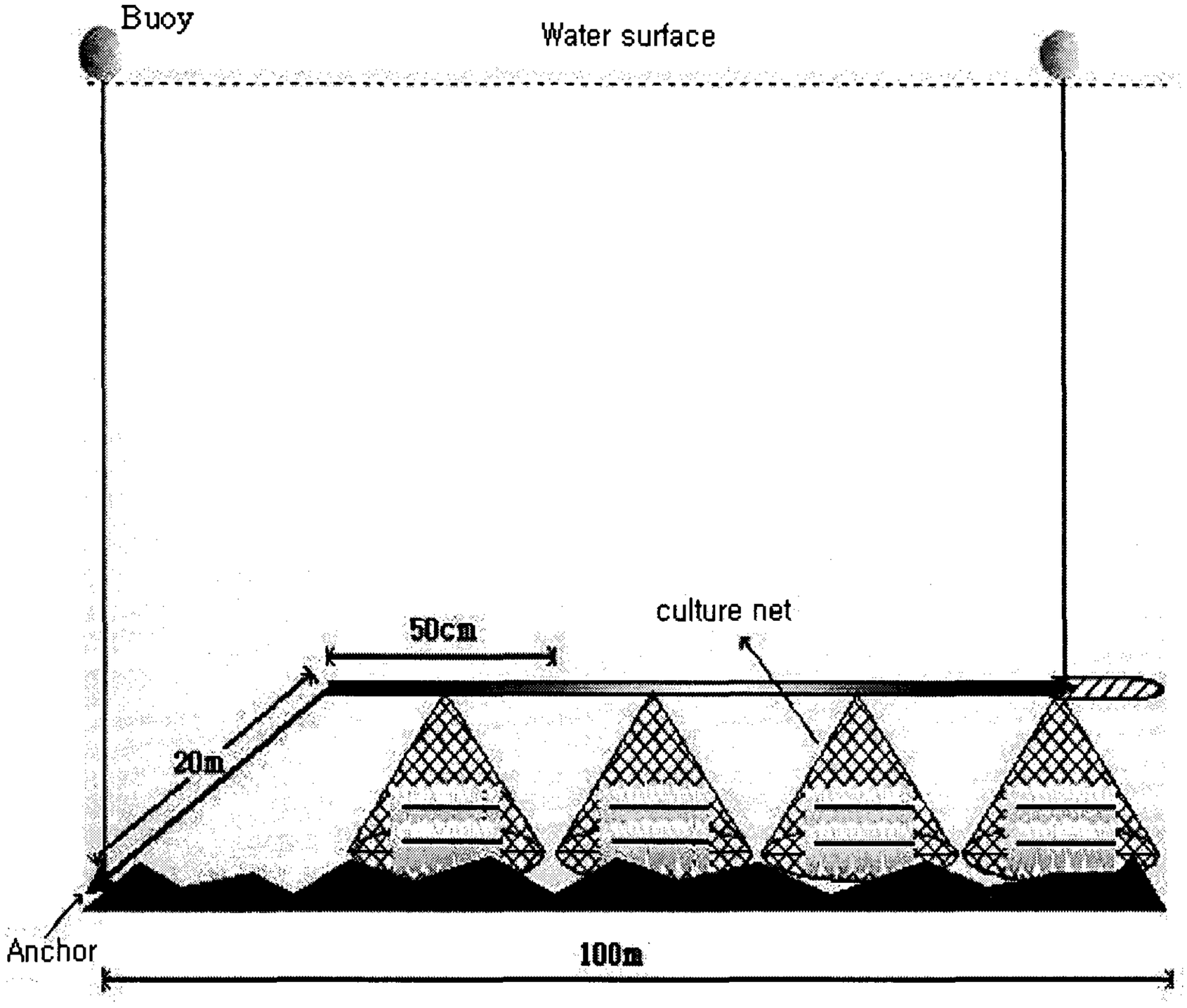


Fig. 11. Schematic diagram of sinking method facilities.

8. 강굴의 체성분 및 패류독 분석

가. 시료채집 및 보관

2004년 7월부터 2005년 6월까지 매월 Scuba diving을 통하여 시료를 채취하였으며, 채취 정점은 섬진강 하구역의 강굴이 서식하는 지역을 염분분포에 따라 상(돈탁)·중(섬진대교)·하(배알도)로 나눠 3군데 정점을 선정하였다. 채집한 시료는 Ice box를 이용하여 실험실로 운반하였으며, 육질부를 취하여 -80℃에 냉동 보관 후 실험에 사용하였다.

나. 일반성분 분석

육질부의 일반성분 AOAC method (1984) 에 따라, 수분은 105℃의 dry oven에서 4시간 동안 건조시킨 후 측정하였다. 조회분은 550℃의 회화로 에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다. 조단백질은 automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt, W-Germany) 를 사용하여 분석하였고, 조지방은 automatic analyzer (Soxtec, Tecator, Sweden) 를 사용하여 ether로 추출하였다. 그리고 탄수화물함량은 Choi et al(1984)의 방법에 따라 계산하였다.

다. 아미노산 분석

시료 0.5g을 18㎖ test tube에 정량하여 6N-HCl 3ml를 가한다음 진공펌프를 이용하여 test tube를 sealing한다. sealing한 test tube는 121℃로 setting된 heatting block에 24시간동안 가수분해시킨다. 가수분해가 끝난 시료는 50℃, 40 psi의 rotary evaporater로 산을 제거한 후 Sodium loading buffer로 14㎖ 정용한 다음, 이중 1㎖를 취하여 membrane filter 0.2ul로 여과하여 아미노산분석기 (Pharmacia Biochrom 20, Li+ type high performance ultra pack, U.K)로 정량 분석하였다.

라. 패류독 조사

우리나라에서 문제가 되고있는 마비성 패류독(PSP)에 대해 타 패류(참굴, 진주담치)의 주 발생시기인 2월~4월중에 채취 유통되는 강굴을 채집하여 분석 의뢰 하였다.

분석 방법은 "식품의약품안정청 2002 식품공정(별책)"에 따랐다.

9. 생산성 분석

가. 인공종묘의 생산비용

전남 여수시 화양면 안포리 소재 패류종묘생산장에서 실제로 인공종묘 생산에 이용하였던 수조와 먹이배양시설 소요되는 자재내역을 조사하여 비용을 산출하였다.

나. 자연종묘의 생산비용

전남 광양시 진월면 신답리 섬진대교에서 자연종묘를 생산하는데 소요되는 자재내역을 조사하여 비용을 산출하였다.

다. 뗏목식 양성비용

전남 광양시 진월면 망덕리 배알도 현장에 설치되어 있는 뗏목식 양성시설에 소요되는 자재내역을 조사하여 비용을 산출하였다.

라. 침하식 양성비용

2006년 6월 1년산 종패를 침하식으로 자원조성 하는데 소요되는 비용을 산출하였다.

마. 강굴의 소득분석

조사된 생산비용으로부터 뗏목식, 침하식 양성방법의 생산성 분석을 실시하였다.

제 2절 연구결과

1. 서식환경 및 생태조사

가. 서식환경

(1) 수질환경 조사

섬진강은 전라북도 장수군의 봉항산에서 발원한 물줄기가 진안군 마이산에서 발원한 물줄기가 합류한 후, 호남지방을 동남쪽으로 흘러 전남 광양군과 경남 하동군 경계지점에서 광양만으로 유입되는 비교적 급경사인 하천으로서, 동쪽으로 낙동강 유역, 서쪽으로 영산강과 동진강 유역, 북쪽으로 금강과 만경강 유역에 접하고 있다. 본 유역은 우리나라 4대강 권역의 하나로서 한반도 남해안에 위치하고 있으며, 유일하게 하구둑으로 막히지 않아 생태적으로 매우 가치가 높다. 섬진강 수계는 섬진강 본류, 보성강, 요천 등 3개의 하천과 지방하천 1개소, 준용 하천 280개소 등 총 284개소의 하천으로 구성되어 있으며, 유역면적은 4,896.5 ㎢, 본류의 유로연장은 212.3 ㎞, 총 유로연장은 508 ㎞ 이다(라 등, 1997). 하구역은 담수와 해수가 혼합되는 전이지대로 풍부한 영양염 및 높은 생물생산량을 지니고 있으며(Day et al., 1989; Wolff et al., 1983), 어류의 산란장, 성육장을 제공하는 매우 중요한 지역이다. 하지만 기존에 하구역 생물상에 관한 연구들은 일시적이며, 제한된 지역에서만 수행되었기 때문에 미흡한 실정이다. 연구지역은 강과 바다가 만나는 하구로서 염분은 일반적으로 기수역 특성을 보인다. 섬진강은 우리나라 4대강 중 하나로 집수역 면적과 유량을 고려하였을 때, 인근해역 광양만에 상당한 영향을 미칠 것이라 기대할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 하구역에 서식하는 강굴의 보다 정확한 서식처의 환경변화 양상을 파악하여, 기초자료를 제공하고자 강굴이 서식하는 환경에 대한 기본적이고 체계적인 물리환경 자료를 제공하기 위해 아래와 같이 현장관측을 실행하여 그 결과를 제시하였다.

2003. 10~2004. 9월까지의 수질환경조사 결과 수온(Water Temperature)은 3.3~32.3℃의 범위를 보였으며, 동절기에는 상류로 갈수록 저수온상을 보였고, 반대로 하절기에는 상류로 갈수록 고수온상을 나타내었다.

간만별로는 만조때는 해수의 영향이 섬진강에 접하는 해면으로부터 약 20km까지 미치고 있어 섬진대교(St. 2)까지는 중층에서 활발한 연직혼합이 일어나며 돈탁(St. 1)에서는 수심이 10m로 깊으므로 저층에서는 연중 낮은 수온 층이 형성되고 있다. 만조시에는 전 조사지점이

해수의 영향을 많이 받아 표층을 제외하고는 큰 차이를 보이지 않으나, 간조시에는 해수의 세력이 약해지면서 하천수의 영향을 더 많이 받게 되어 하절기에는 만조시보다 수온이 더 높아지고, 동절기에는 더욱 낮아지는 특징을 보였다.

수온의 연직분포를 보면 가장 상류에 위치한 돈탁(St. 1)에서 표층의 연중 수온차이가 가장 심하며, 반면 하구에 위치하며 수심이 5m로 비교적 깊은 금당대교(St. 5)에서 가장 차이가 적었다. 동절기에 표층과 저층의 수온차이가 가장 적었으며, 8월에 표층과 저층의 수온차이가 가장 크게 나타났다.

염분(Salinity)은 0.9~33.3psu의 범위로 상류로 갈수록 염분이 낮았고, 해수의 영향을 많이 받는 하류에 위치한 금당대교(St. 5)와 배알도(St. 4)에서 염분의 농도가 높게 나타났다. 계절별로는 9월에 가장 낮고 2월에 가장 높았는데 9월에 가장 낮은 이유는 태풍의 내습과 장마로 인해 지리산과 백운산의 계곡에서 대량 유입되는 유량의 증가가 염분의 저하에 가장 큰 영향을 미치고, 2월에 가장 염분량이 높은 것은 섬진강의 유량이 연중 가장 적어 상대적으로 해수의 영향력이 강해지면서 상류까지 미치기 때문으로 보여 진다.

염분의 연직분포는 전 조사지점에서 저층에서 높게 나타나고, 하구에서부터 섬진대교(St 2)까지는 중층까지도 염분의 영향이 강하게 나타난다.

간만별로는 만조에 염분의 영향을 크게 받으며, 간조에는 하천수의 영향이 상대적으로 강해지면서 염분이 낮게 형성된다. 염분은 만조때 광양만의 해수가 섬진강의 저층을 파고들면서 해면으로부터 약 17km까지 미치고 있으며, 간조 때는 다소 영향력이 줄어들어 12km 부근까지 영향을 미친다.

염분의 연직분포는 금당대교, 배알도, 망덕, 섬진대교에서는 저층에서는 해수보다 약간 낮은 염분 분포를 보이며, 중층에서는 만조때 하천수와 해수가 활발한 연직혼합이 이루어지고 있다.

지점별로는 상류쪽의 돈탁(St. 1)에서는 통상 표층으로부터 3m 이하부터 염분의 영향을 받으나 섬진대교(St. 2), 배알도(St. 4), 금당대교(St. 5)에서는 1m 아래에서도 염분의 영향이 강하게 나타난다.

pH(수소이온농도)는 7.29~8.65로서 담수의 영향을 많이 받는 상류에서 높게 나타나고, 하류에서 낮게 나타난다. pH가 가장 높은 시기는 9월로서 높은 수온과 풍부한 영양염의 영향으로 플랑크톤이 활발한 광합성을 하여 매우 높게 나타나며, 수온이 낮은 1월에도 광합성의 영향으로 9월에 이어 높게 나타난다. 반면 pH가 가장 낮은 시기도 9월로서 대량 강수에 의해 해

수의 영향이 적어지고 플랑크톤의 현존량이 줄기때문으로 보인다. 11월과 5월, 6월에도 pH가 비교적 낮게 나타나는데 이는 플랑크톤의 현존량이 매우 낮은 계절이기 때문인 것으로 보인다. 지점별로는 하류의 태인대교(St. 4)에서 가장 낮았고, 상류의 돈탁(St. 1)에서 가장 높았다.

DO(Dissolved Oxygen, 용존산소) DO의 범위는 4.66~16.02㎎/L로서 8월에 하류의 금당대교(St. 1)에서 가장 높았고 8월에 상류의 돈탁(St. 1) 저층에서 가장 낮았으며, 하절기 수심이 깊은 저층부에서 DO의 성층을 나타내었다. 전 지역에서 DO가 높게 나타나는 시기는 1월로서 이 시기는 연중 수온이 가장 낮아 산소 포화도가 매우 높기 때문인 것으로 보인다. DO의 연직 분포는 8월에 수심이 깊은 돈탁(St. 1)의 저층에서 가장 낮았고, 섬진대교(St. 2) 저층에서도 낮게 나타났다.

COD(Chemical Oxygen Demand, 화학적 산소 요구량) COD의 연간 범위는 0.06~3.90㎎/ℓ로써 상류보다 하류에서 다소 높게 나타나며, 계절적으로는 유량이 적은 4월에 가장 높고, 7월과 8월에도 높게 나타났다. 반면 10월과 5월에 매우 낮은 수치를 나타내었다. 수층별로는 표층보다는 저층이 높은 경향을 보이며 갈수기에 대체로 높아지는 경향을 보였다.

DIN(Dissolved Inorganic Nitrogen, 용존 무기질소) DIN의 연간 범위는 0.042~1.278㎎/ℓ로서 3, 6, 7, 9월에 높게 나타났으며, 갈수기에 농도가 높아지는 경향을 보였다. 상류의 돈탁 (St. 1)은 하류에 비해 농도가 높았고, 표층이 저층에 비해 높은 경향을 보였다. 강수량이 많은 8월은 지리산과 백운산의 많은 계곡으로부터 유입되는 계곡수의 희석효과로 가장 낮은 농도를 보였다.

암모니아성 질소(NH_4-N)은 0.000~0.504㎎/ℓ 로서 11, 12월에 높았고, 2, 3, 4월에 낮았다. 표층보다 저층에서 높게 나타났으며, 강의 하구 부근에서 높게 나타났다.

아질산성 질소(NO_2-N)의 연간 범위는 0.001~0.055㎎/ℓ로서 연중 아질산의 농도는 대체로 낮게 나타났다. 11월이 가장 높았으며, 10, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9월에 낮았고 표층과 저층의 차이는 그다지 크지 않았다.

질산성 질소(NH3-N)은 하류보다 상류로 갈수록 질산성 질소의 농도가 매우 높게 나타났고 범위는 0.006~1.244㎎/ℓ로서 11, 12, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9월에 높았으며 8월과 10월에만 낮았다. 질산성 질소의 변화는 강수량의 영향으로 인한 희석효과 때문으로 보이며 상류에서 질산성 질소의 농도는 연중 거의 변화가 없이 높은 농도가 일정하게 유지되는 특성을 나타냈다.

담수의 영향을 많이 받는 상류쪽의 돈탁(St. 1)에서 가장 높고, 하구부근에서는 대체로 낮은 경향을 보였다. 반면 갈수기인 5~6월에 최고의 농도를 보였다.

인산성 인(PO4-P)의 연중 범위는 0.000~0.072㎎/ℓ 로서 11월과 8월에 높았고, 1, 3, 4, 5, 6월에 낮았다. 광양만 해수의 영향을 많이 받는 하구에서 상류쪽의 돈탁(St. 1)에 비해 높았고, 표층에 비해 저층에서 높았다.

규산성 규소(Si(OH)4-Si)의 연중 범위는 0.060~2.368㎎/ℓ로서 11, 7, 8월에 높았고 2, 3, 4월에 낮았다. 특히 2, 3, 4월에 규산성 규소가 감소한 것은 식물성 플랑크톤의 번식에 의해 규산의 흡수가 증가한데 따른 감소로 보여 진다. 담수의 영향을 많이 받는 상류에서 높게 나타났고, 표층이 저층에 비해 농도가 높았다.

chlorophyll-a의 연중 범위는 1.02~48.87㎍/ℓ로서 1, 2, 3, 8월에 높았고, 10, 11, 7, 9월에 낮았다. 수온이 높은 8월에 가장 높은 농도를 나타냈다. 상류로 갈수록 chlorophyll-a의 농도가 높게 나타났고, 하류에서의 농도는 대체로 낮았다.

알칼리도(Alkalinity)의 범위는 40~140㎎/ℓ로서 12 ,1, 4, 8월에 높았고, 10, 3, 5, 6, 7, 9월에 낮았다. 알칼리도는 강수에 의해 낮아지고 해수의 영향에 따른 염분의 증가에 따라 높아지는 특징을 가진다. 상류로 갈수록 알칼리도의 농도는 낮아지고, 하류에서는 낮아지는 경향을 보였다.

(가) 돈탁 지역의 수질환경

돈탁지역의 환경조사 결과는 Table 3과 같다. 수온범위는 1~2월에 5℃이하로 떨어져 가장 낮았고 8월에 27℃내외로 가장 높았으며, 6월에 표층수와 저층수가 큰 차이를 보였다. 염분은 7월에 0‰까지 내려가 완전담수화가 되었고 12월에 24‰내외로 가장 높았다. 용존 산소는 8월에 대체적으로 낮았으며 저층에서 4.7(㎎/ℓ)의 낮은 값을 보였고 1월에 가장 높았다. COD는 3월에 가장 높은 값을 나타내었다. 총질소, 규산, 인산, Chlorophyll-a 은 Fig. 12, 13과 같다.

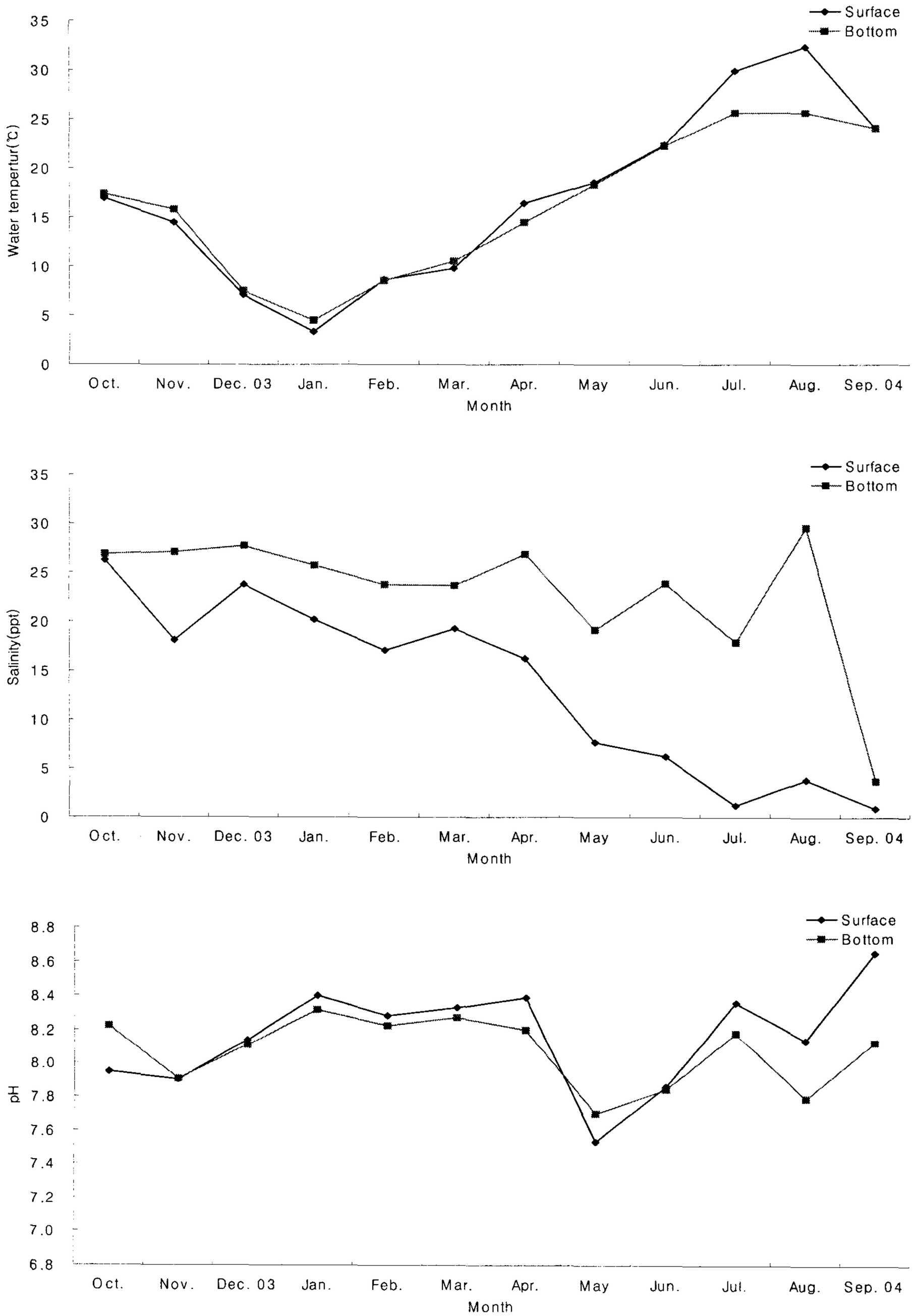
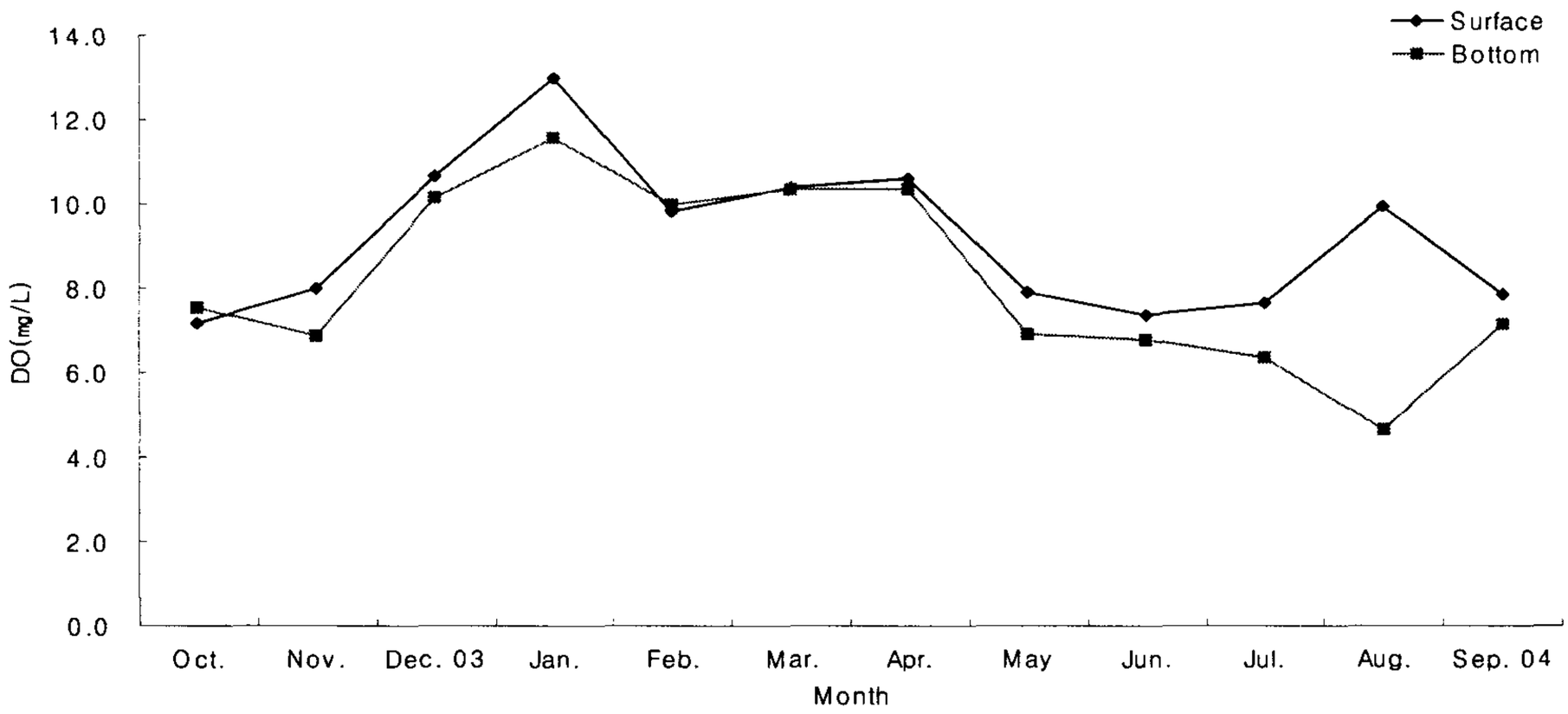
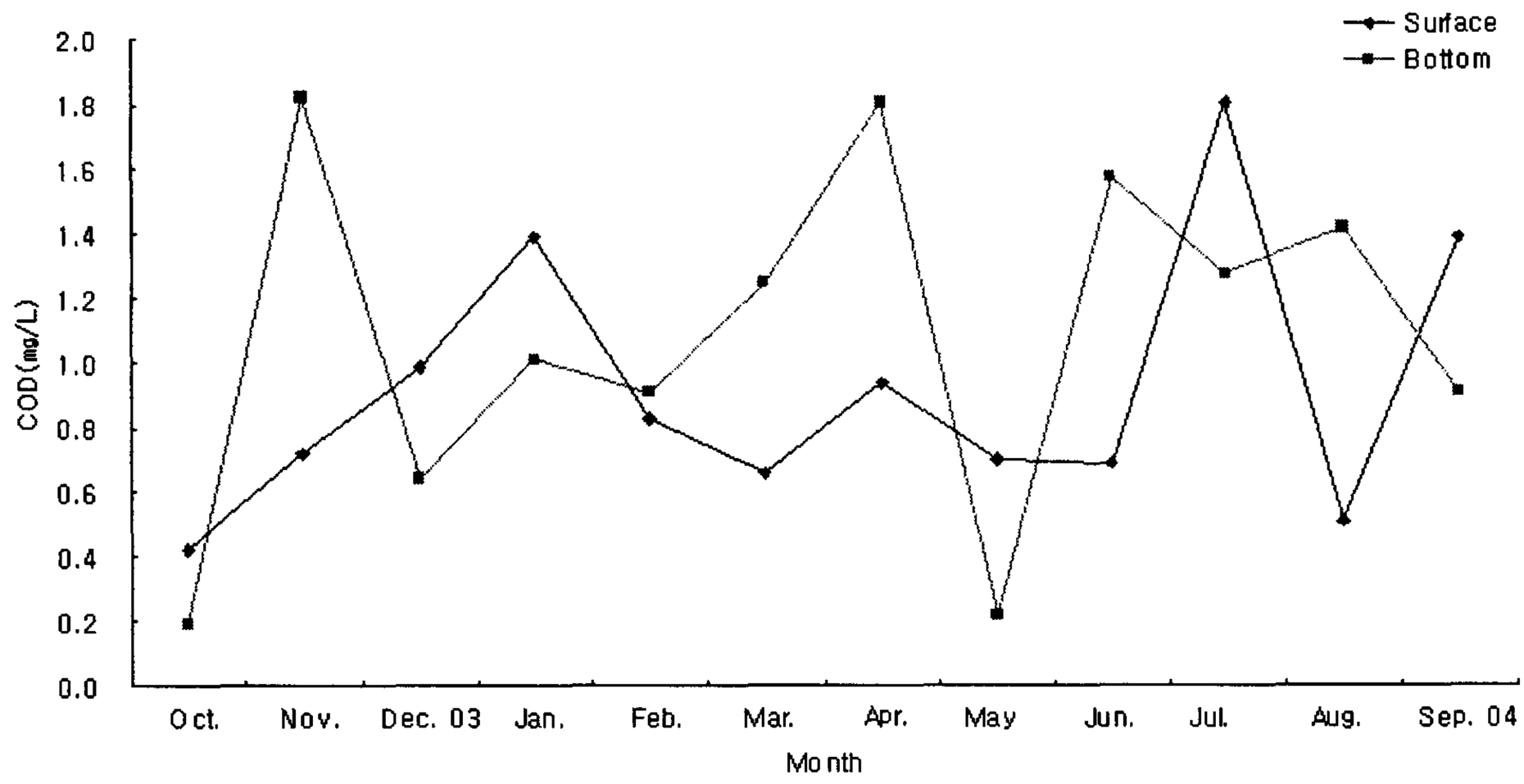


Fig. 12. Changes of water quality at the Dontak area from Oct. 2003 to Sep. 2004.





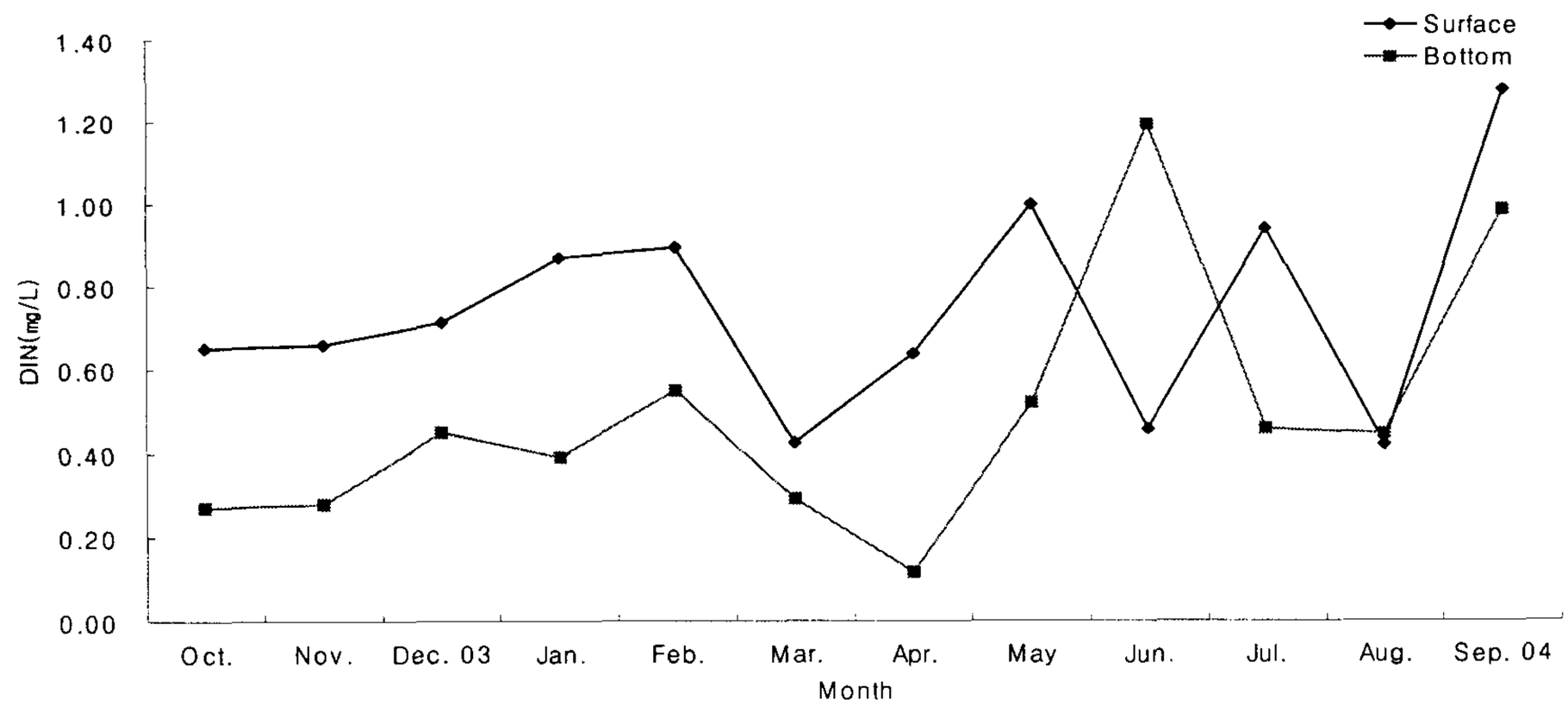
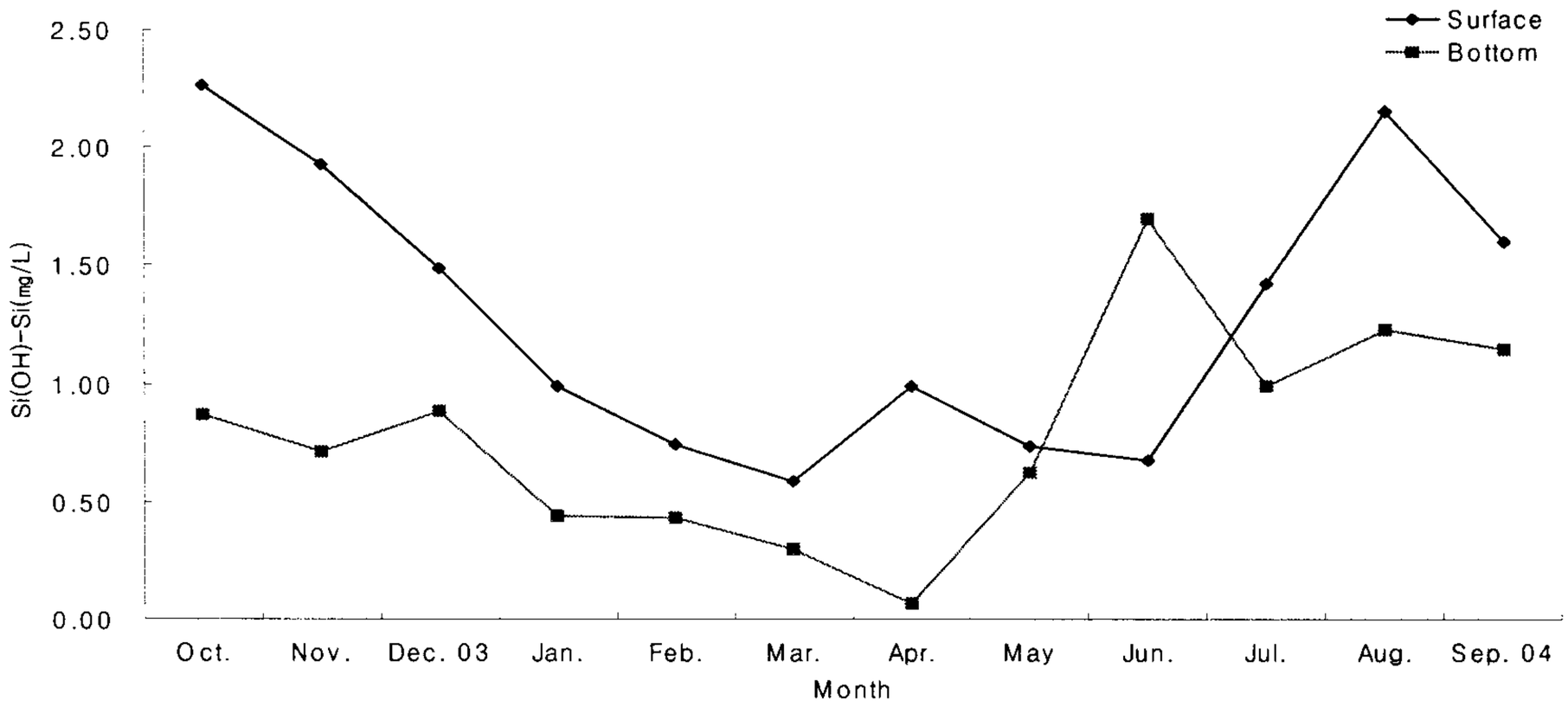
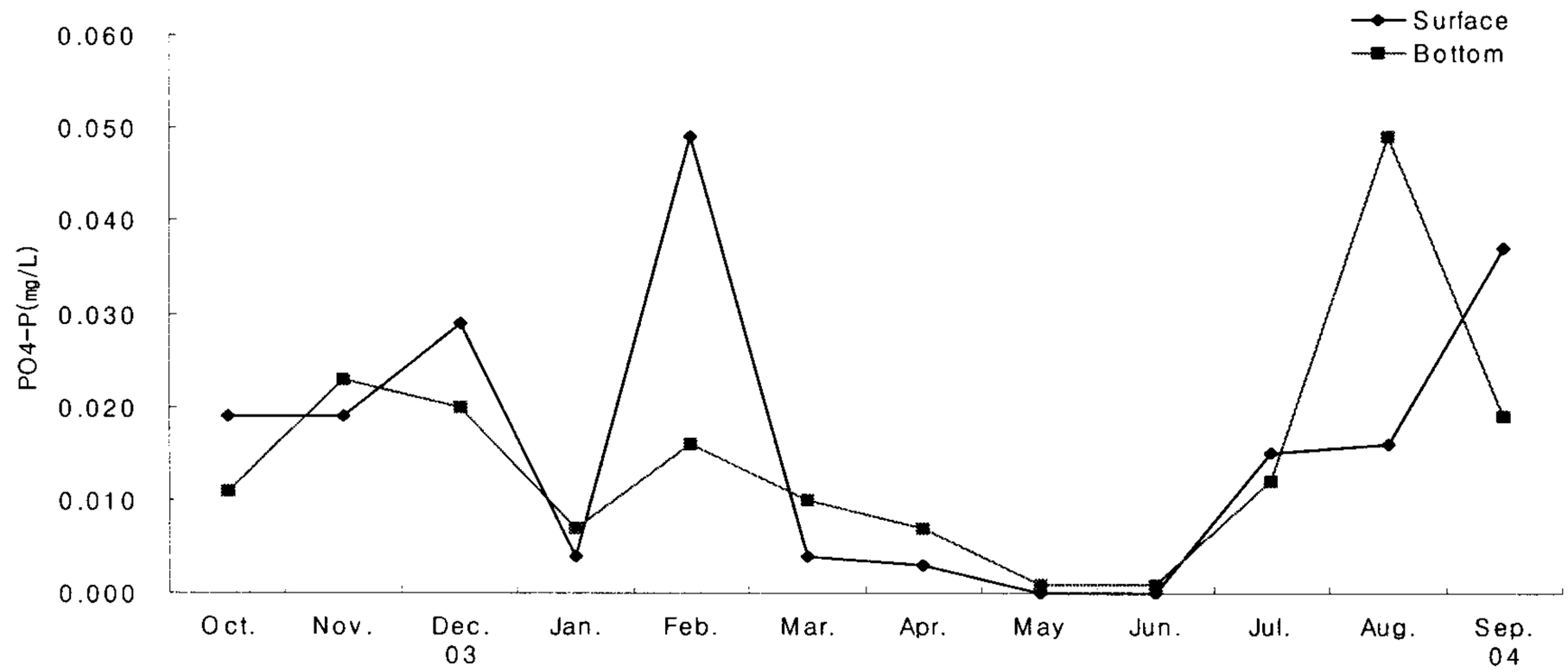


Fig. 12. (continued).





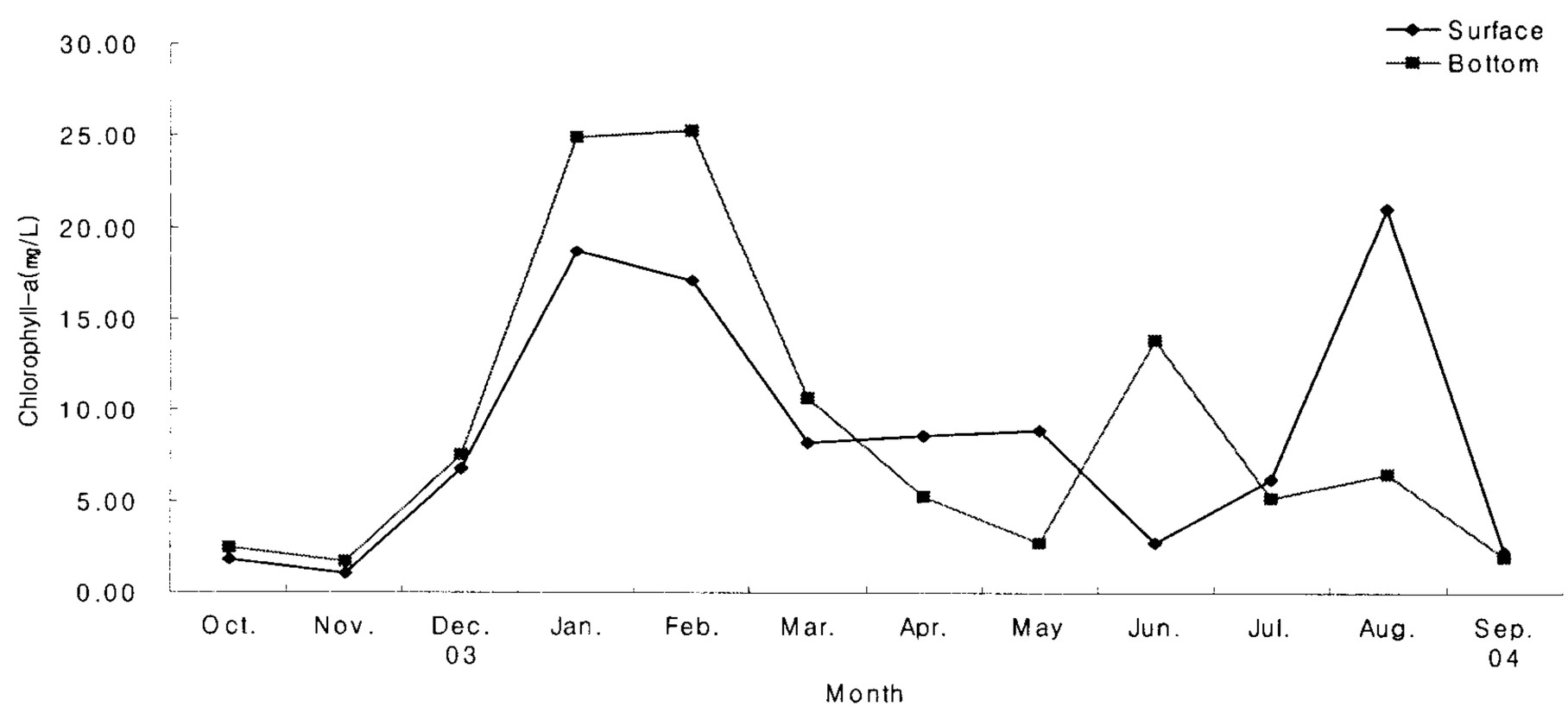


Fig. 12. (continued).

Table 3. Water quality by water depths at the Dontak area from Nov. 2004 to Jun. 2006

Date	Water temperatur(℃)			Salinity(psu)			pH		
	Surface	5 m	10m	Surface	5 m	10m	Surface	5 m	10m
04.11.29	12.4	12.7	12.8	22.1	23.2	23.3	7.64	7.70	7.78
04.12.16	9.8	10.6	10.7	15.1	21.2	21.6	7.93	7.78	7.82
05.01.14	3.8	4.3	4.4	20.6	24.1	24.2	7.90	7.94	8.02
05.02.15	4.4	5.2	5.3	15.3	26.3	26.1	7.77	8.03	8.11
05.03.16	7.5	7.4	7.6	16.7	26.6	27.1	7.70	7.54	7.45
05.04.16	15.0	13.3	13.4	2.6	28.7	29.2	8.10	7.48	7.39
05.05.16	20.9	18.2	18.2	11.5	29.2	29.6	7.73	7.47	7.50
05.06.14	25.4	22.1	22.0	6.7	27.4	27.8	8.12	7.81	7.80
05.07.13	24.0	23.5	23.4	0.1	2.8	6.4	7.70	7.40	7.33
05.08.17	27.8	26.0	25.7	8.2	21.7	32.8	7.87	7.08	7.52
05.09.17	26.0	26.0	25.8	14.8	17.3	18.4	7.64	7.76	7.74
05.10.18	20.5	20.5	20.7	22.1	23.2	25.9	7.69	7.78	7.83
05.11.08	16.2	18.0	18.0	17.6	26.8	27.3	7.98	7.92	7.97
05.12.14	6.3	6.3	6.4	24.5	26.1	26.9	7.92	8.00	8.00
06.01.13	5.3	5.3	5.3	22.3	22.4	22.7	8.53	8.48	8.47
06.02.14	6.3	6.3	6.4	24.5	26.1	26.9	7.92	8.00	8.00
06.03.14	8.0	8.0	8.3	23.4	23.6	26.3	8.26	8.37	8.34
06.04.20	14.6	13.9	13.8	7.9	15.9	16.3	7.90	7.94	7.94
06.05.20	17.7	17.7	17.6	0.4	0.5	6.8	7.93	7.53	7.24
06.06.20	20.6	21.1	22.7	0.2	0.2	0.2	7.08	7.02	7.01

(continued)

Table 3. (continued)

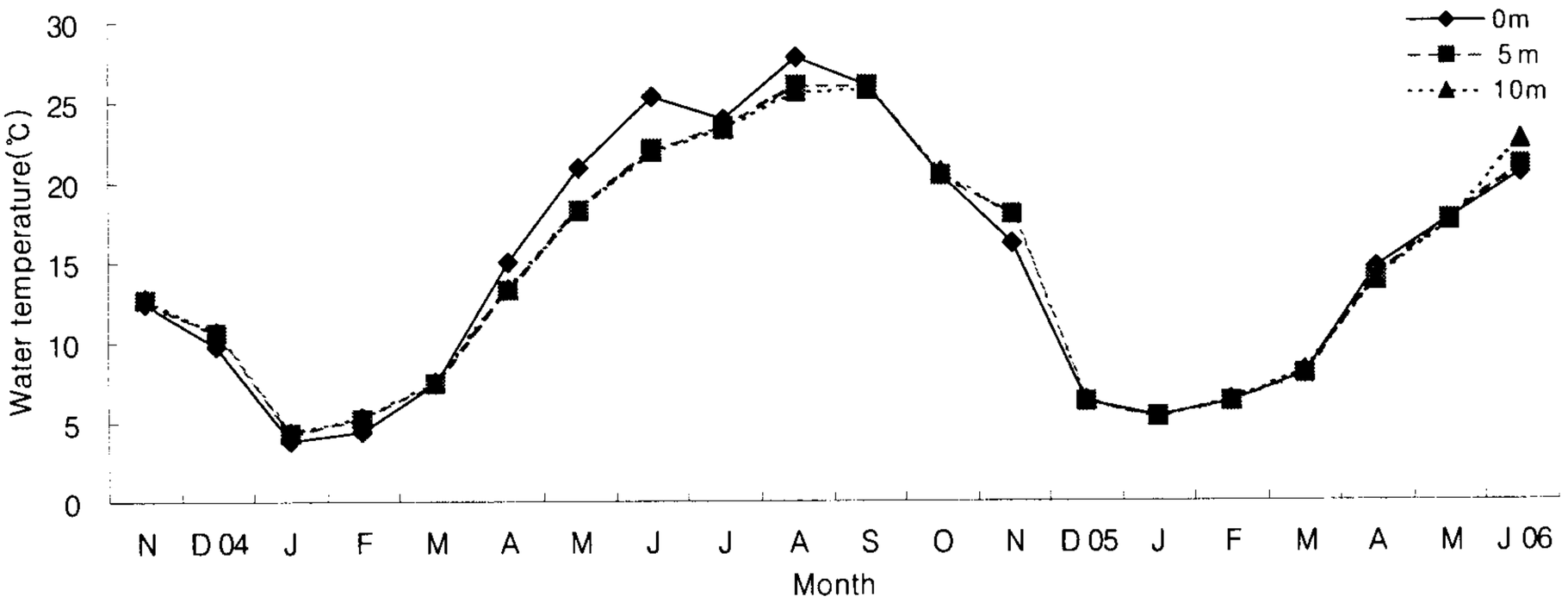
Date	DO(㎎/ℓ)			COD(㎎/ℓ)			알칼리도(㎎/ℓ)		
	Surface	5 m	10m	Surface	5 m	10m	Surface	5 m	10m
04.11.29	9.25	9.01	9.13	0.43	0.46	0.83	93	112	105
04.12.16	10.83	10.02	9.49	1.23	0.53	1.52	126	118	126
05.01.14	10.83	10.02	9.49	0.62	1.38	1.82	88	118	118
05.02.15	12.70	11.40	11.32	0.70	0.75	1.46	139	79	71
05.03.16	11.64	10.30	10.10	2.32	1.95	2.19	81	111	107
05.04.16	10.67	8.32	8.40	0.85	1.09	1.60	48	105	115
05.05.16	8.64	7.50	7.26	1.18	0.16	0.75	71	130	129
05.06.14	7.67	5.68	5.48	0.85	0.24	0.30	41	59	64
05.07.13	8.11	7.75	7.59	1.15	0.78	0.74	28	42	42
05.08.17	7.46	5.64	4.71	1.18	0.48	0.93	52	54	81
05.09.17	8.56	7.71	7.50	0.59	0.77	0.18	51	46	50
05.10.18	7.14	6.94	6.81	0.69	0.34	0.42	102	83	80
05.11.08	9.37	7.46	7.22	0.94	1.09	1.01	90	120	108
05.12.14	13.71	11.07	10.38	1.54	1.98	1.45	70	78	108
06.01.13	13.75	13.71	13.71	1.58	2.48	1.79	84	138	128
06.02.14	13.71	11.07	10.38	1.70	2.24	1.97	85	100	120
06.03.14	11.52	10.99	10.87	3.20	3.81	3.73	97	104	103
06.04.20	8.76	8.36	8.23	0.43	0.29	0.35	35	28	41
06.05.20	7.18	6.04	7.67	1.81	1.92	1.22	23	22	29
06.06.20	8.64	8.36	8.32	2.40	2.34	2.02	27	19	28

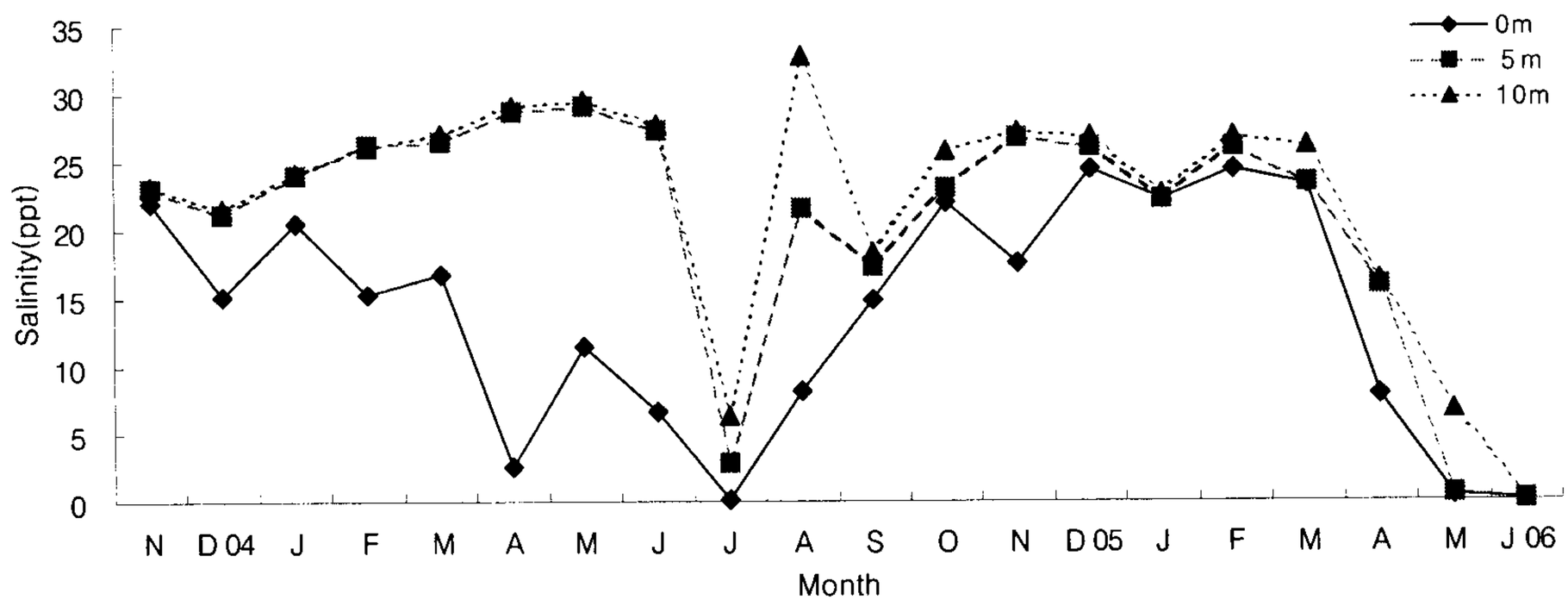
Table 3. (continued)

Date	DIN(㎎/ℓ)			NO2-N(㎎/ℓ)			NO3-N(㎎/ℓ)			NH4-N(㎎/ℓ)		
	Surface	5 m	10m	Surface	5 m	10m	Surface	5 m	10m	Surface	5 m	10m
04.11.29	0.629	0.713	0.691	0.022	0.014	0.016	0.560	0.603	0.496	0.047	0.096	0.179
04.12.16	1.142	0.721	0.847	0.023	0.016	0.033	0.934	0.568	0.695	0.185	0.137	0.119
05.01.14	1.089	0.617	0.595	0.028	0.029	0.015	0.702	0.462	0.483	0.359	0.126	0.097
05.02.15	0.030	0.263	0.278	0.006	0.006	0.009	0.000	0.237	0.203	0.024	0.020	0.066
05.03.16	0.395	0.347	0.271	0.007	0.004	0.005	0.353	0.288	0.209	0.035	0.055	0.057
05.04.16	0.710	0.390	0.537	0.004	0.001	0.000	0.681	0.236	0.299	0.025	0.153	0.238
05.05.16	0.619	0.287	0.283	0.001	0.002	0.003	0.615	0.199	0.201	0.003	0.086	0.079
05.06.14	1.159	0.509	0.532	0.018	0.004	0.003	1.072	0.253	0.294	0.069	0.252	0.235
05.07.13	1.249	1.306	1.297	0.006	0.007	0.007	1.196	1.186	1.157	0.047	0.113	0.133
05.08.17	0.173	0.159	0.180	0.015	0.019	0.026	0.063	0.030	0.005	0.095	0.110	0.149
05.09.17	0.401	0.357	0.331	0.007	0.007	0.006	0.380	0.332	0.304	0.014	0.018	0.021
05.10.18	0.463	0.485	0.355	0.033	0.034	0.040	0.357	0.391	0.255	0.073	0.060	0.060
05.11.08	0.957	0.399	0.345	0.010	0.013	0.022	0.923	0.332	0.269	0.024	0.054	0.054
05.12.14	0.615	0.504	0.448	0.018	0.033	0.019	0.586	0.457	0.424	0.011	0.014	0.005
06.01.13	0.385	0.503	0.362	0.012	0.014	0.010	0.368	0.473	0.335	0.005	0.016	0.017
06.02.14	0.477	0.460	0.469	0.006	0.007	0.011	0.464	0.446	0.451	0.007	0.007	0.007
06.03.14	0.456	0.414	0.411	0.017	0.019	0.018	0.428	0.385	0.381	0.011	0.010	0.012
06.04.20	1.103	0.533	0.524	0.007	0.004	0.004	1.069	0.505	0.513	0.027	0.024	0.007
06.05.20	2.542	2.577	2.573	0.015	0.015	0.011	2.501	2.542	2.538	0.026	0.020	0.024
06.06.20	2.441	2.502	2.522	0.015	0.017	0.019	2.403	2.463	2.444	0.023	0.022	0.059

Table 3. (continued)

Date	Si(OH)-Si(㎎/ℓ)			PO4-P(㎎/ℓ)			Chlorophyll-a(㎍/ℓ)		
	Surface	5 m	10m	Surface	5 m	10m	Surface	5 m	10m
04.11.29	0.212	0.309	0.206	0.326	0.022	0.039	1.37	1.02	1.07
04.12.16	0.368	0.287	0.336	0.048	0.022	0.152	1.73	1.73	3.41
05.01.14	0.118	0.045	0.055	0.011	0.030	0.005	40.49	41.88	38.42
05.02.15	0.143	0.049	0.062	0.008	0.011	0.004	8.59	10.27	8.40
05.03.16	0.110	0.098	0.121	0.008	0.016	0.056	25.41	15.85	13.01
05.04.16	0.644	0.253	0.280	0.011	0.020	0.029	7.43	2.04	4.12
05.05.16	0.706	0.412	0.353	0.004	0.012	0.010	15.76	2.04	2.39
05.06.14	0.295	0.196	0.233	0.003	0.010	0.010	13.73	1.68	1.37
05.07.13	0.324	0.370	0.276	0.048	0.031	0.018	4.08	1.68	2.39
05.08.17	0.033	0.013	0.023	0.023	0.014	0.004	6.51	4.12	5.84
05.09.17	2.306	2.087	2.517	0.008	0.003	0.086	14.43	14.43	14.74
05.10.18	2.266	2.325	1.923	0.126	0.086	0.101	3.05	2.39	2.03
05.11.08	2.131	0.816	0.988	0.035	0.022	0.033	4.07	5.49	4.47
05.12.14	0.948	0.749	0.702	0.390	0.027	0.018	4.47	3.41	10.98
06.01.13	0.138	0.167	0.074	0.273	0.050	0.010	29.27	45.43	40.25
06.02.14	0.339	0.211	0.209	0.145	0.014	0.010	11.59	14.59	12.87
06.03.14	0.155	0.126	0.088	0.341	0.014	0.003	6.18	5.00	6.09
06.04.20	2.113	0.869	0.930	0.004	0.004	0.008	2.04	2.70	3.01
06.05.20	2.107	1.593	2.600	0.018	0.026	0.019	4.05	5.40	9.45
06.06.20	2.880	2.904	2.947	0.053	0.063	0.001	12.23	9.10	10.75





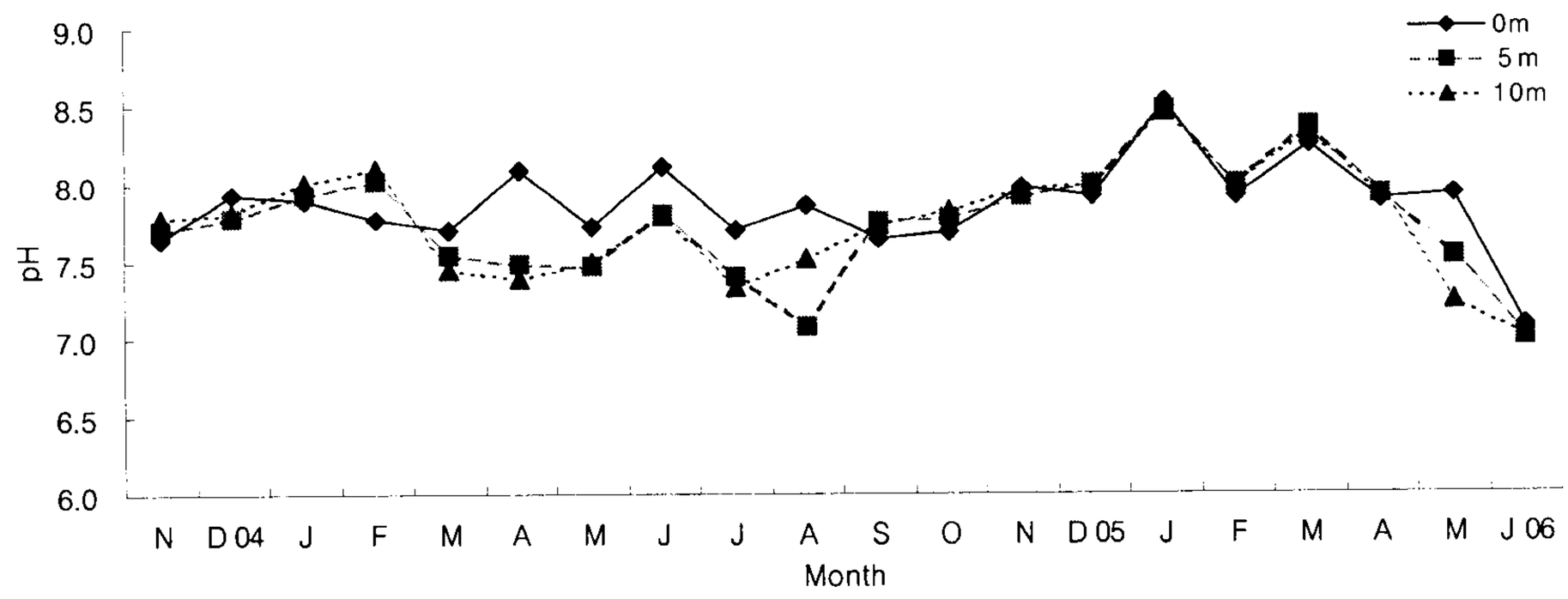


Fig. 13. Changes of water quality by water depths at the Dontak area from Nov. 2004 to Jun. 2006

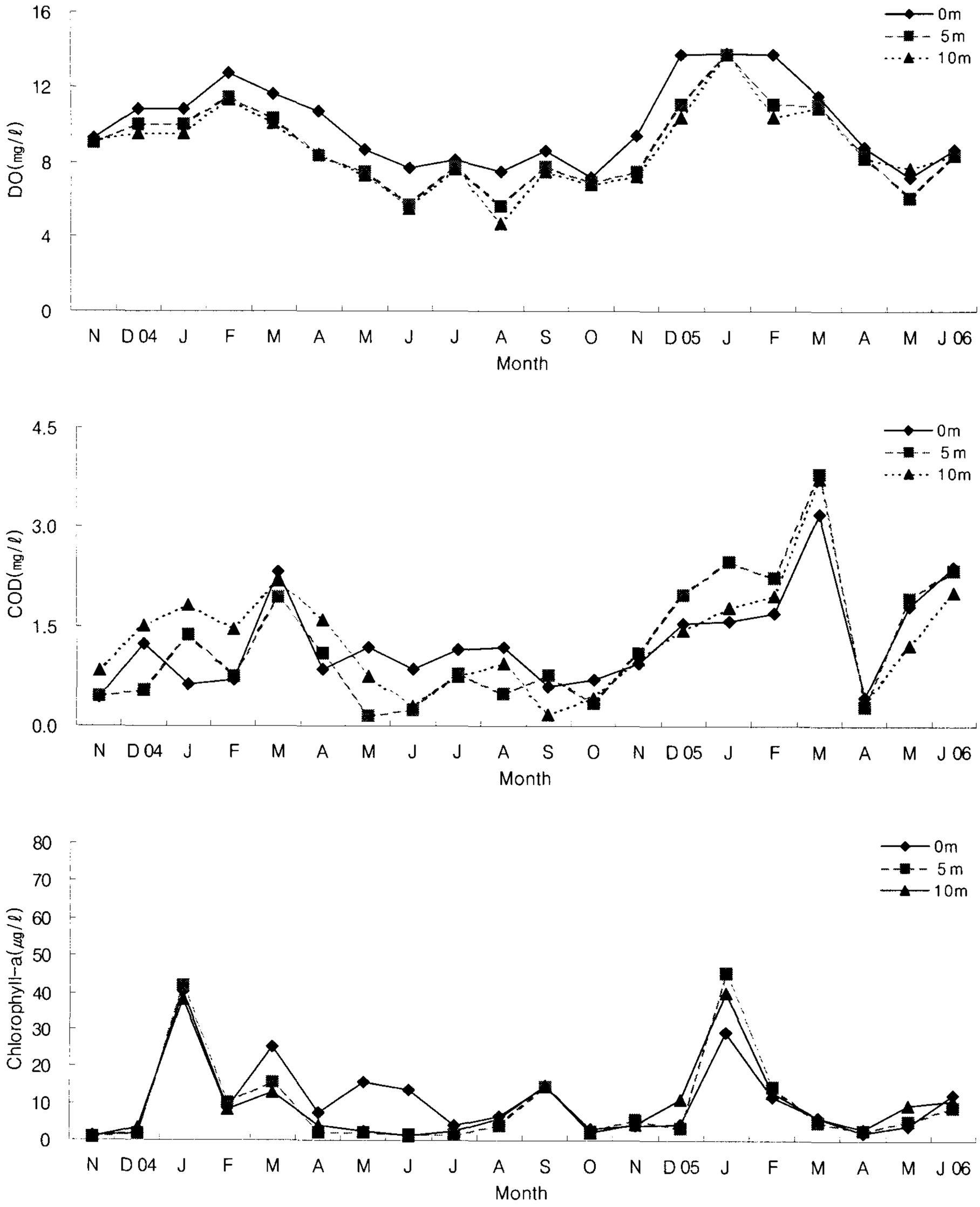
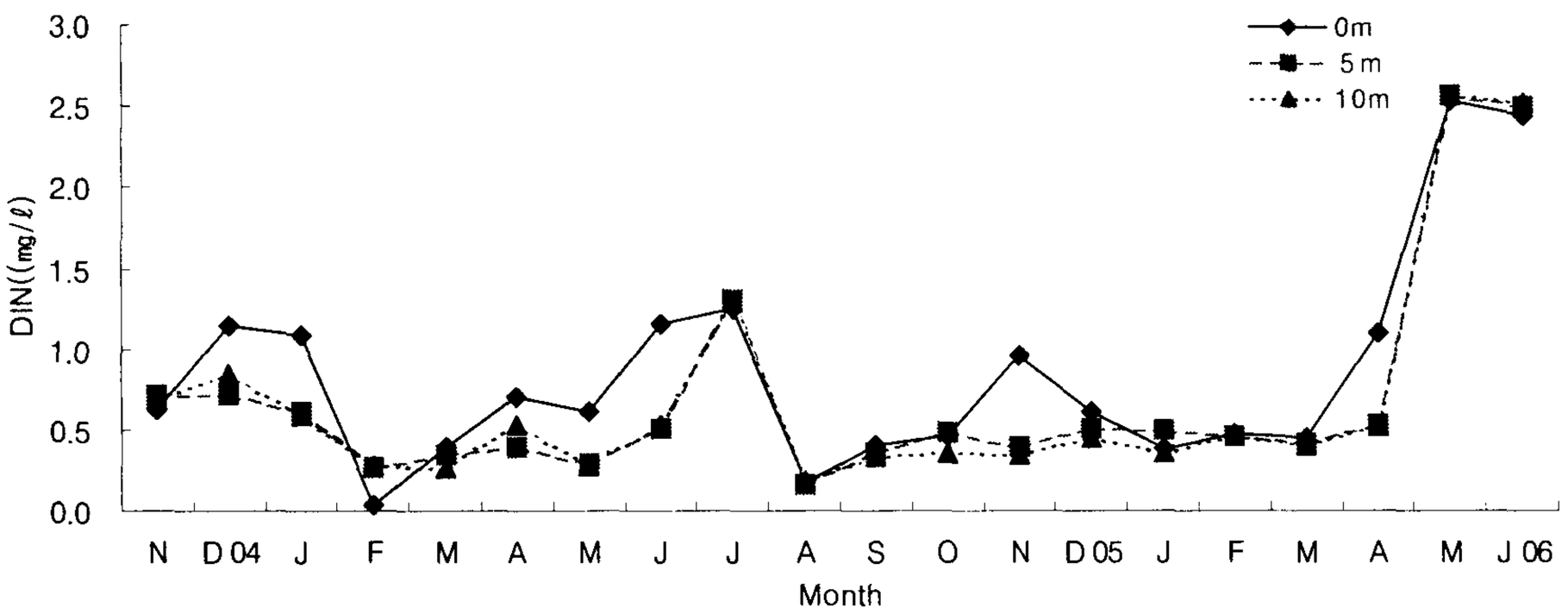
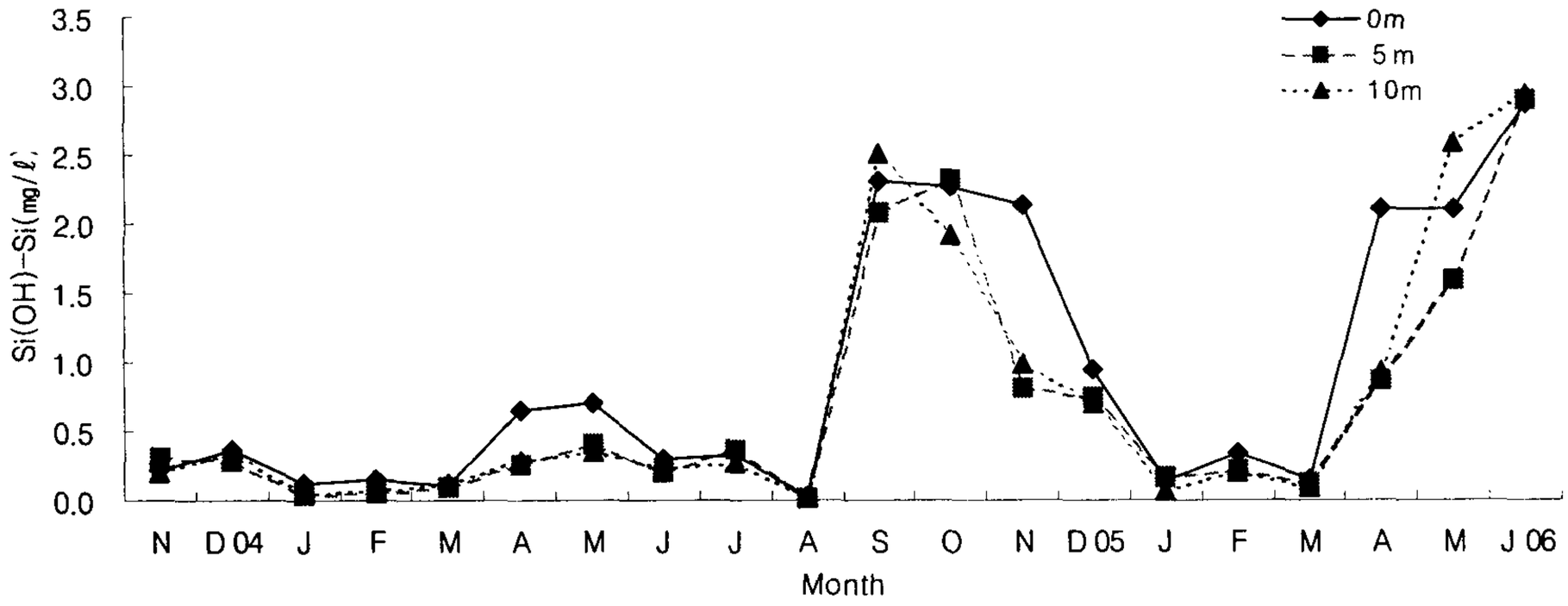


Fig. 13. (continued).





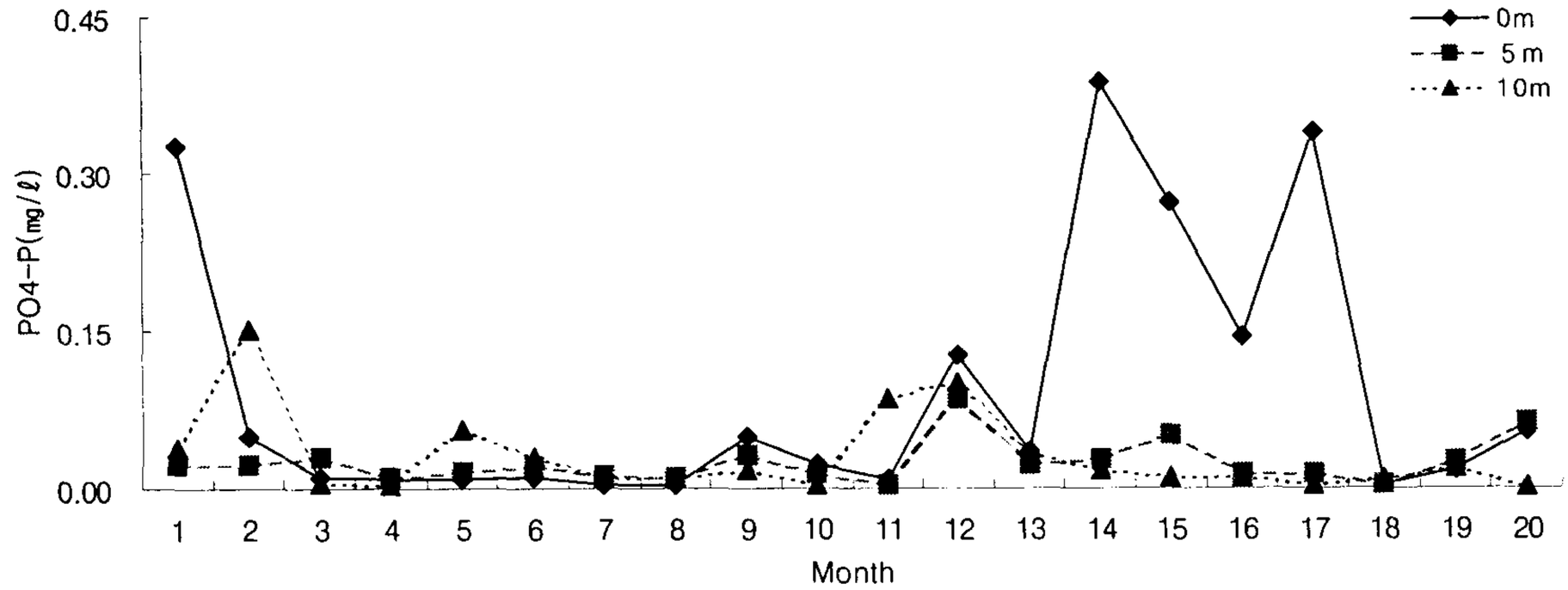
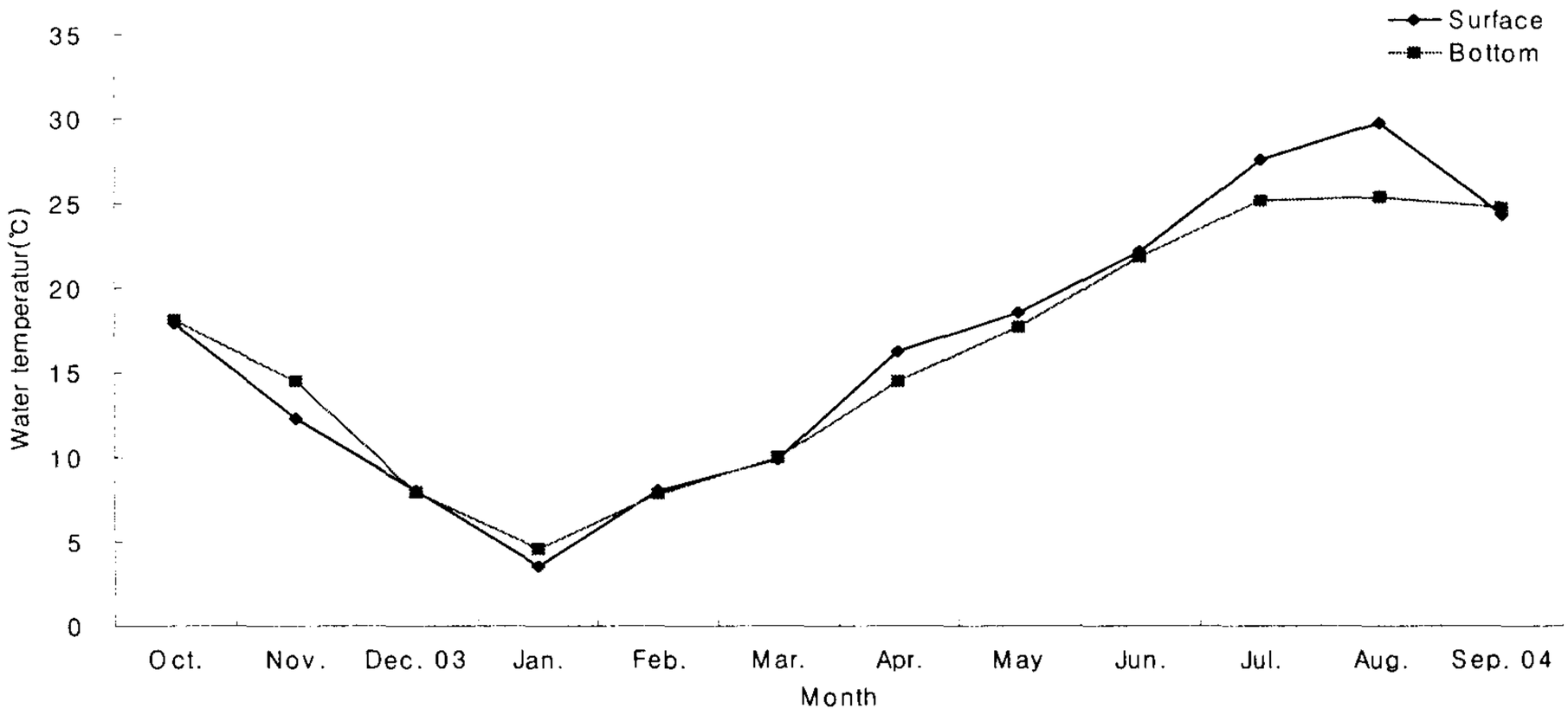


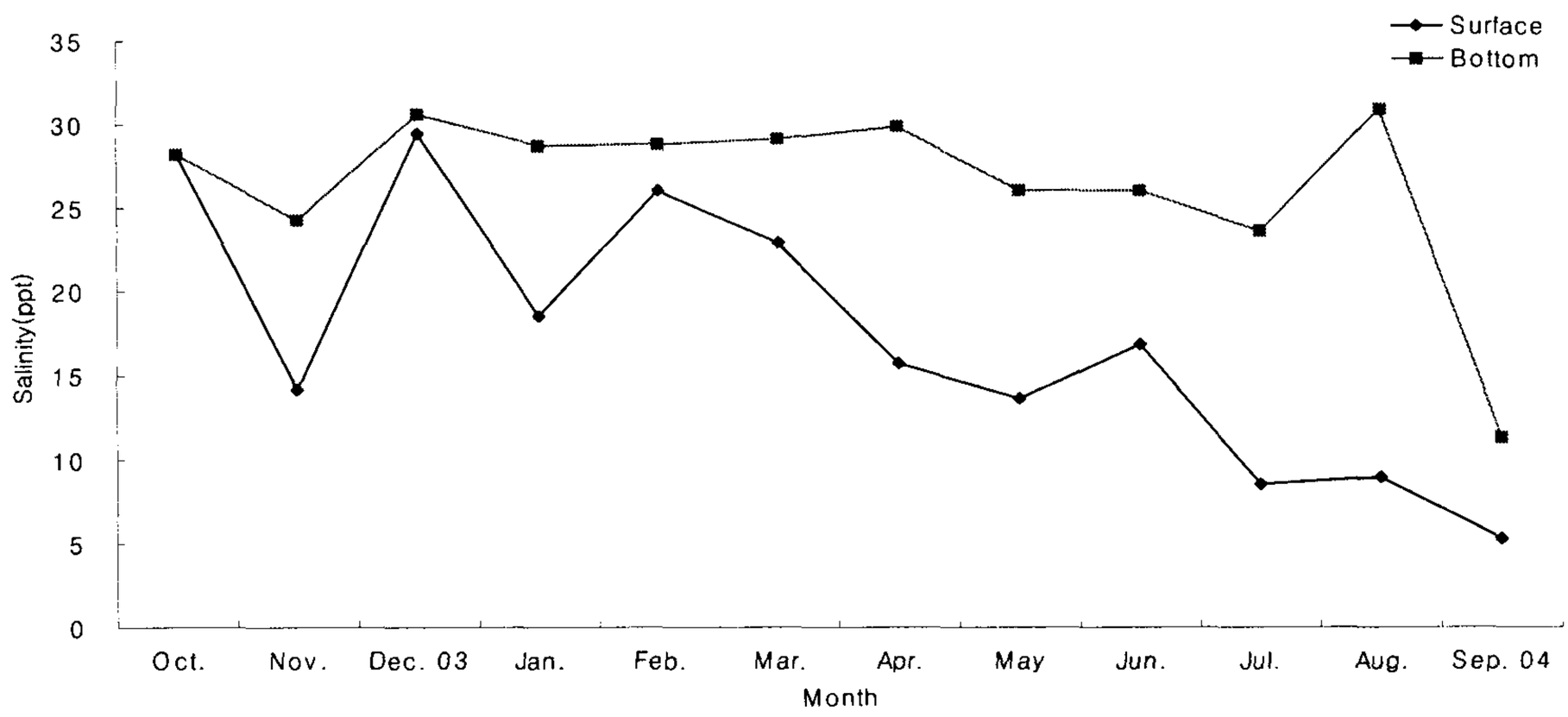
Fig. 13. (continued).

(나) 섬진대교 지역의 수질환경

섬진대교 지역의 환경조사 결과는 Table 4와 같다.

수온범위는 1~2월에 가장 낮았으나 돈탁 지역과 같이 5℃이하로 낮아지는 경향은 적었다. 8월에 27℃이상 상승하였으며, 5~6월에 표층수와 저층수가 큰 차이를 보였다. 염분은 7월에 표층수에서만 0‰까지 내려가 완전담수화가 되었고, 1월에 30‰내외로 가장 높았다. 용존 산소는 8월에 대체적으로 낮았고, 돈탁 지역과 같이 저층에서 5.0(㎎/ℓ)이하의 낮은 값은 보이지 않았으며, 1월에 가장 높았다. COD 는 1월에 높은 값을 나타내었고 돈탁 지역에 비해 비교적 낮은 경향을 보였다. 총질소, 규산, 인산, Chlorophyll-a 은 Fig. 14, 15와 같다.





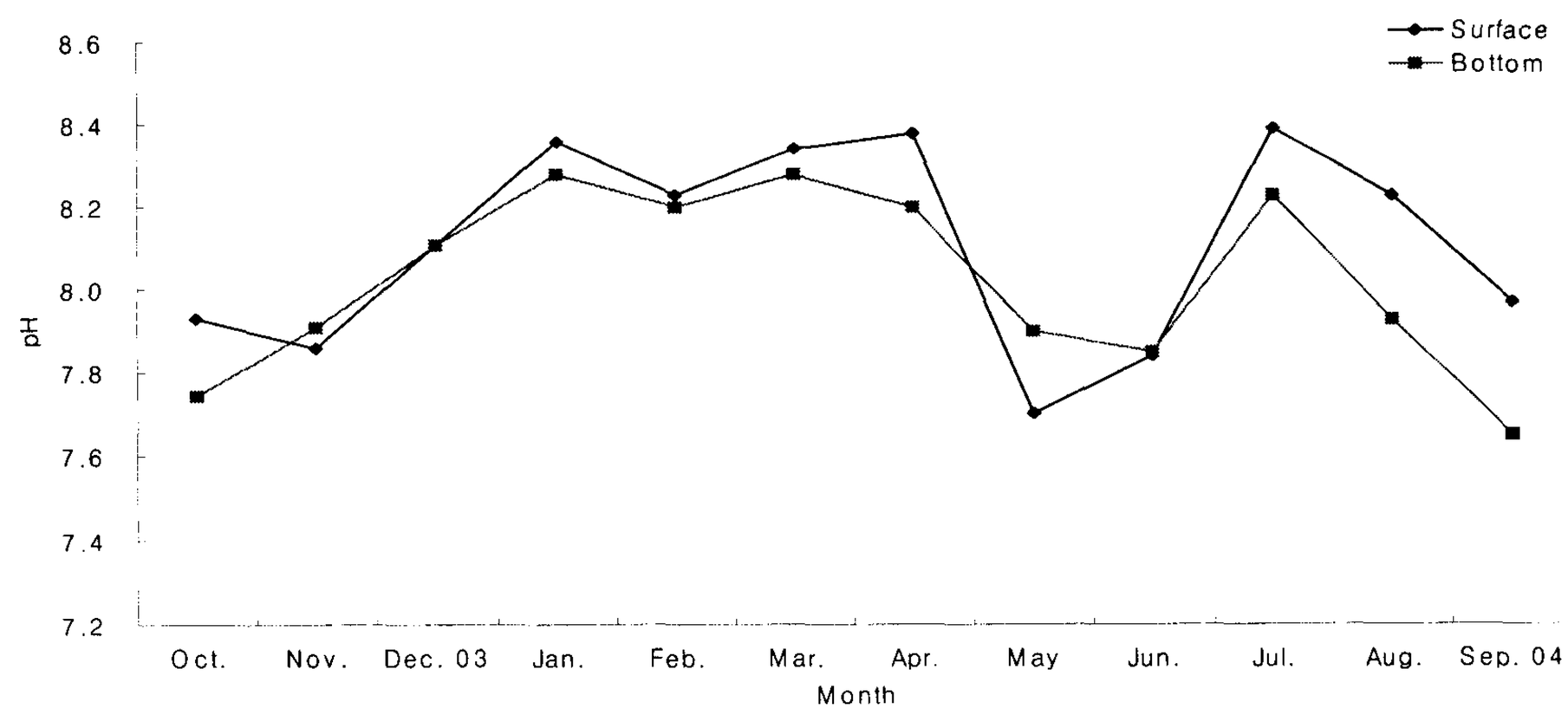
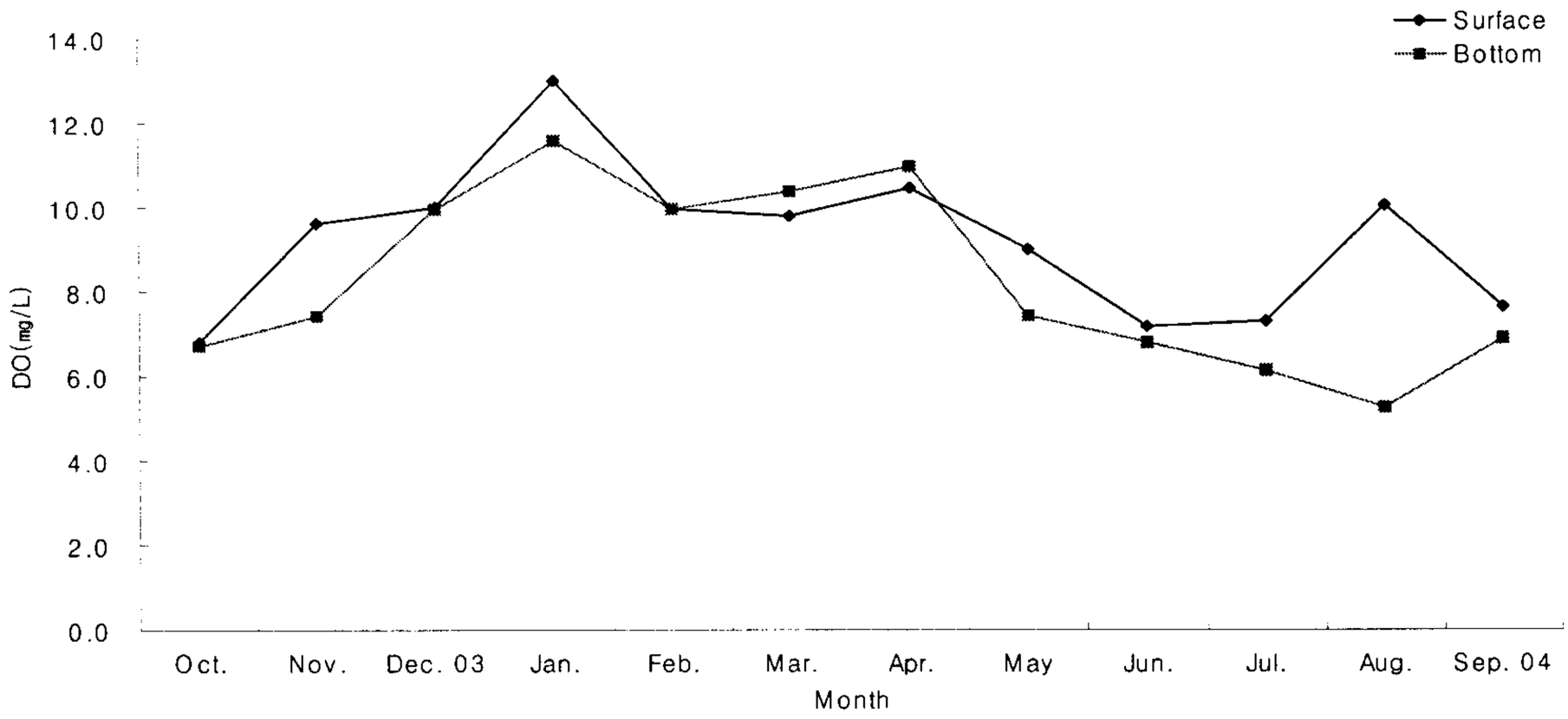
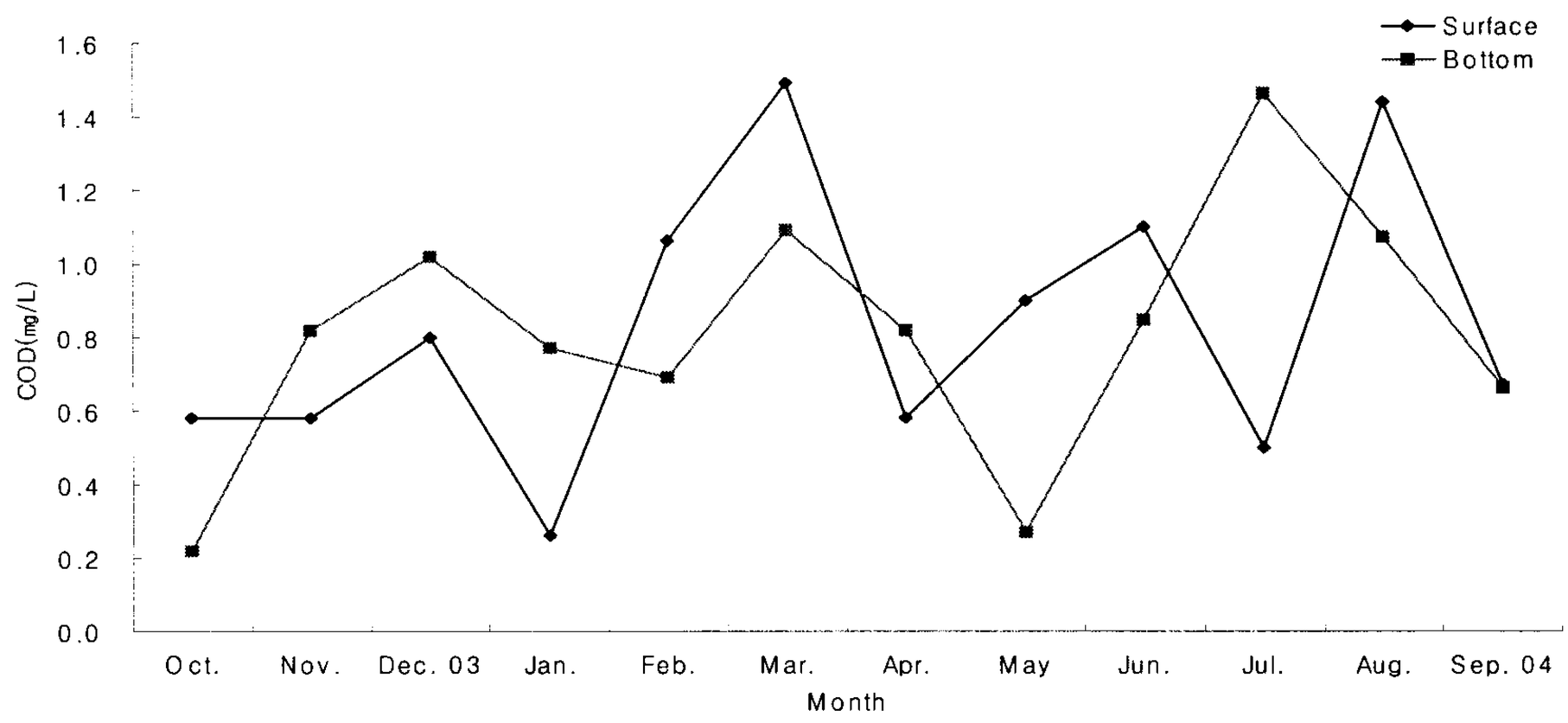


Fig. 14. Changes of water quality at the Seomjin Bridge area from Oct. 2003 to Sep. 2004





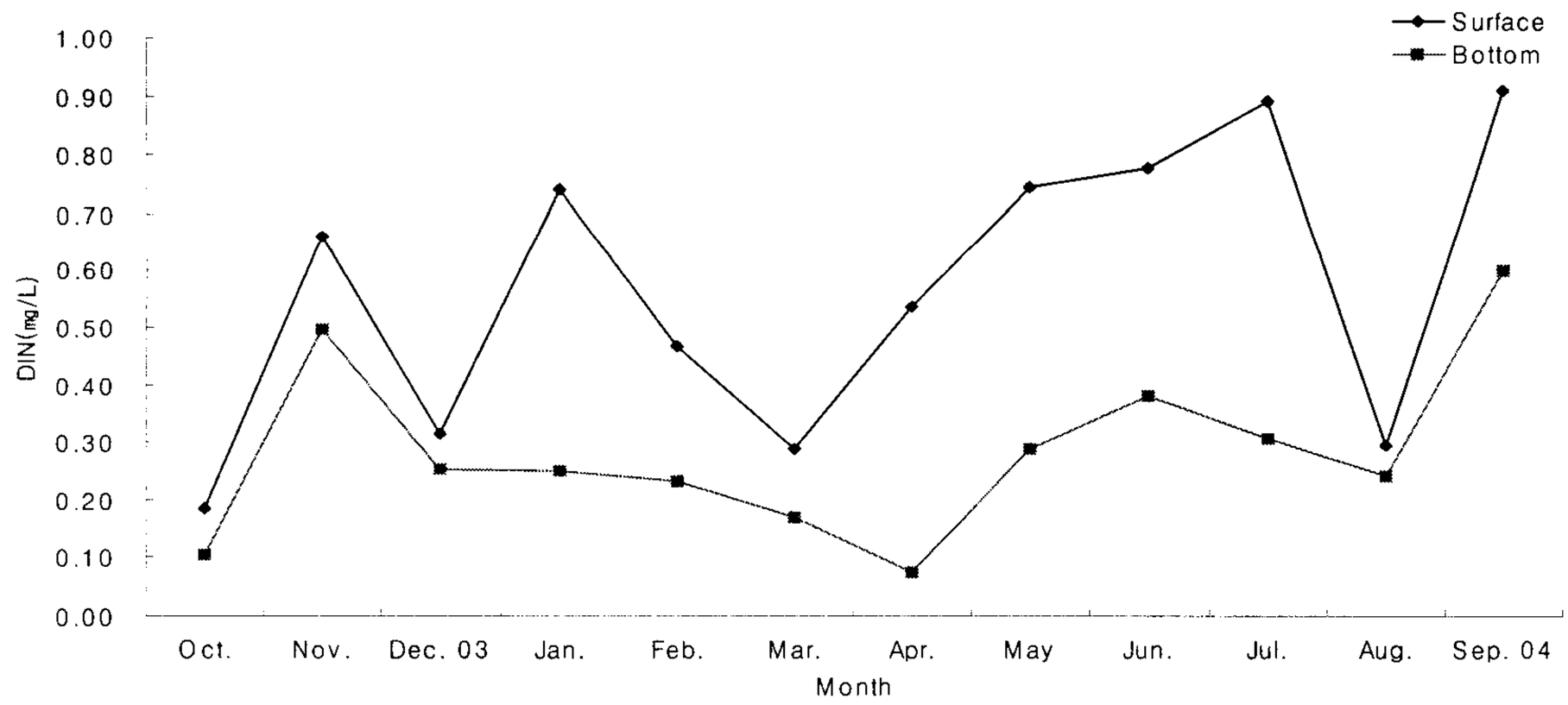
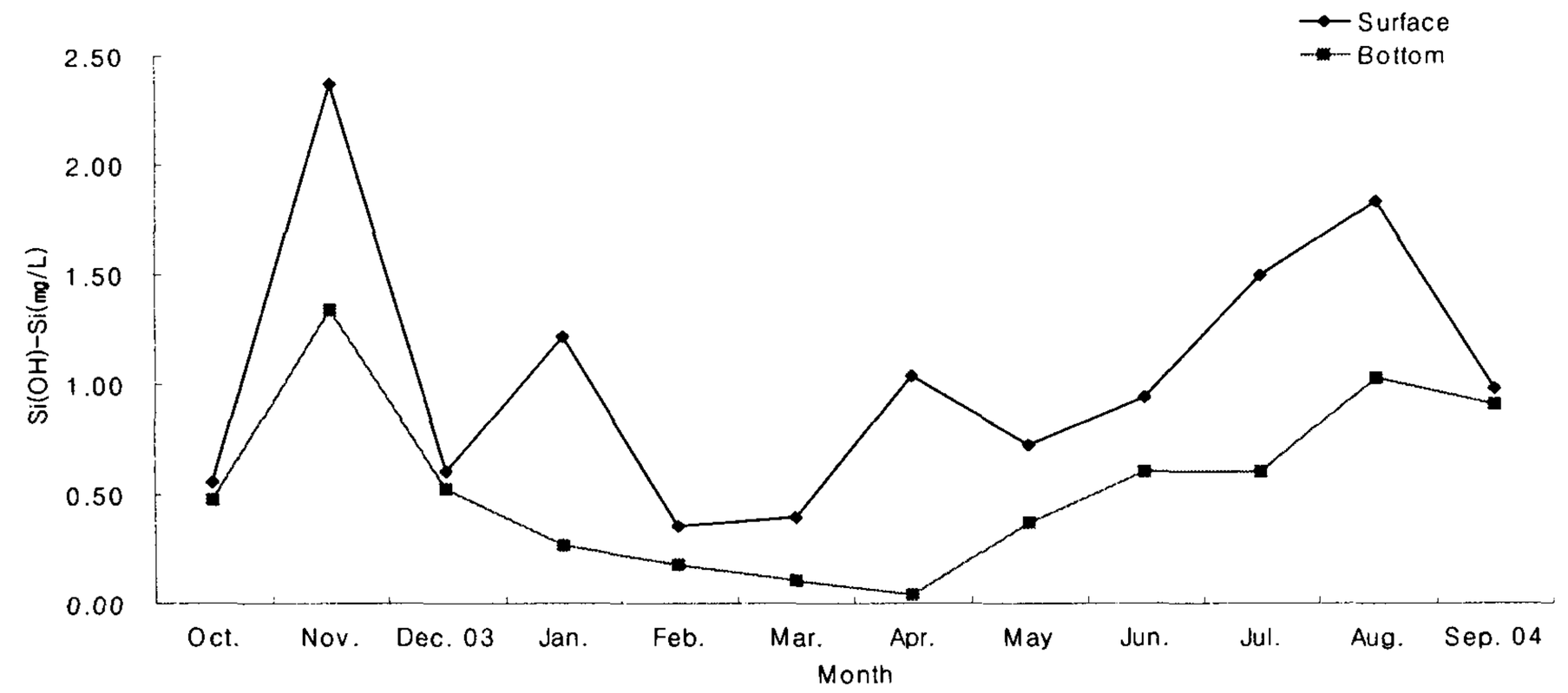
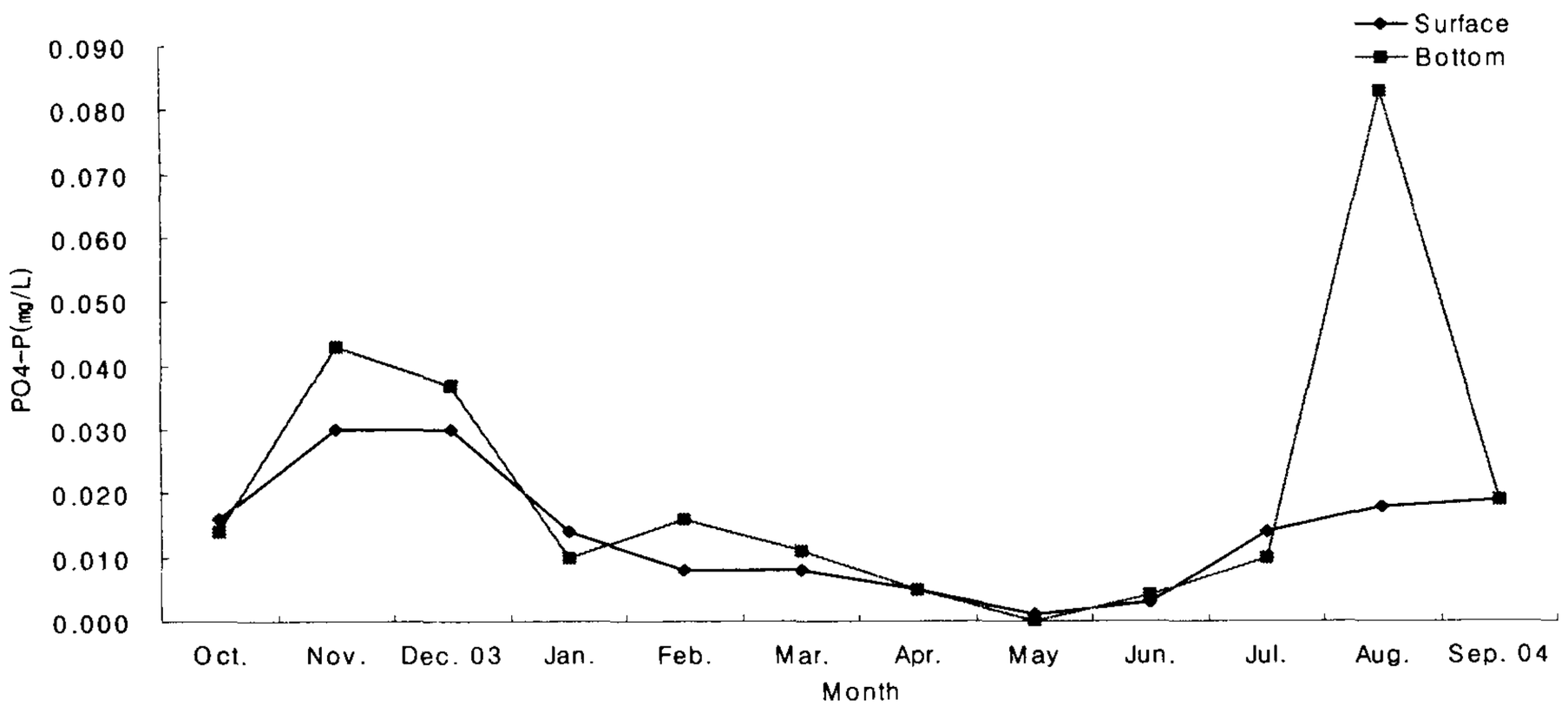


Fig. 14. (continued).





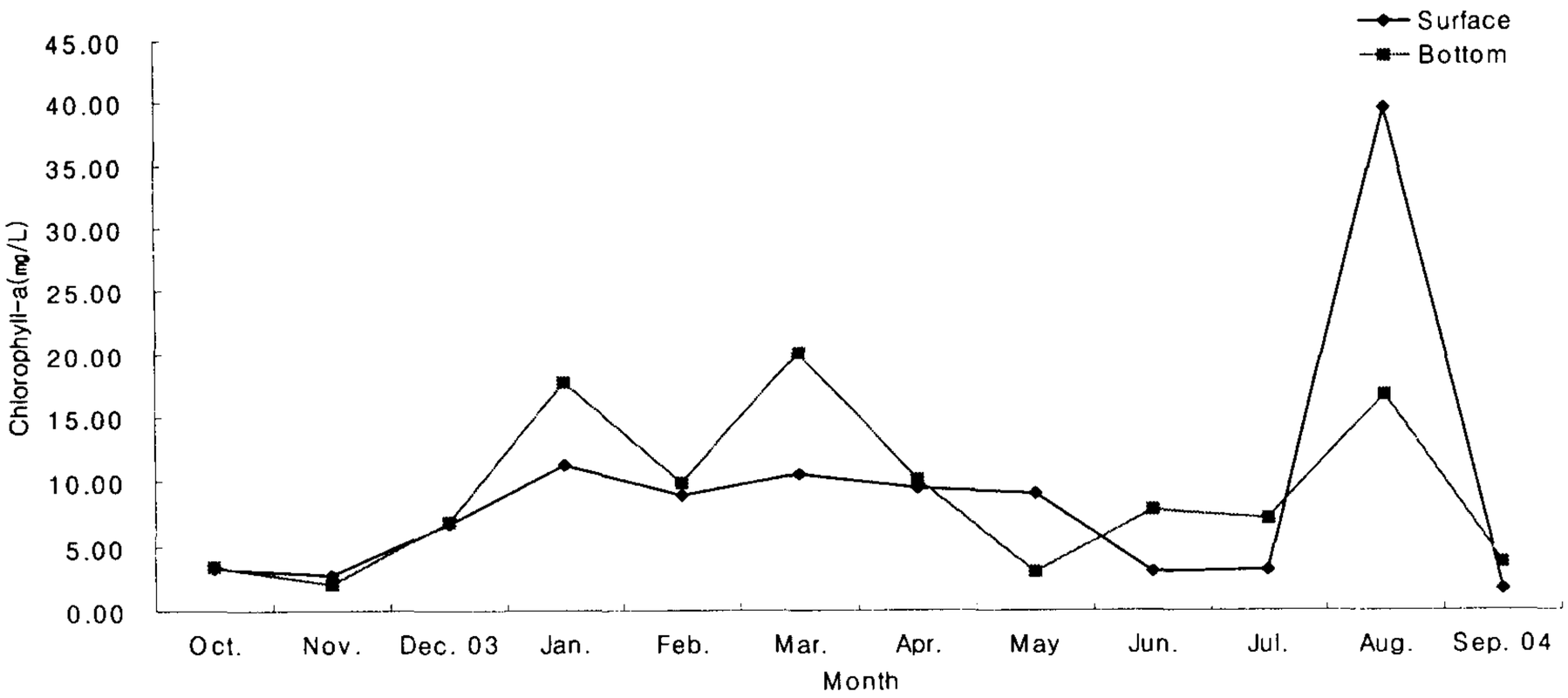


Fig. 14. (continued).

Table 4. Water quality by water depths at the Seomjin Bridge area from Nov. 2004 to Jun. 2006

Date	Water temperatur(℃)			Salinity(psu)			pH		
	Surface	4 m	8 m	Surface	4 m	8 m	Surface	4 m	8 m
04.11.29	12.4	13.3	13.7	23.2	28.4	29.1	7.81	7.84	7.81
04.12.16	11.1	11.7	11.9	23.8	28.2	28.5	8.04	7.93	7.87
05.01.14	5.6	5.7	5.8	30.1	30.4	31.2	7.96	8.00	8.03
05.02.15	4.8	5.4	5.5	22.8	28.3	28.8	8.15	7.96	8.08
05.03.16	7.3	7.5	7.6	22.5	28.1	29.2	8.01	7.90	7.87
05.04.16	14.3	13.4	13.4	7.5	28.8	30.7	8.11	7.67	7.61
05.05.16	22.0	18.4	18.4	16.3	30.4	31.1	7.93	7.75	7.73
05.06.14	25.4	22.5	22.1	8.6	27.8	29.6	8.10	7.86	7.83
05.07.13	24.5	23.4	23.5	0.8	15.2	22.2	7.73	7.52	7.62
05.08.17	27.7	27.3	26.9	12.1	15.4	24.0	7.85	7.77	7.70
05.09.17	25.7	25.8	25.8	18.1	21.6	23.4	7.80	7.84	7.85
05.10.18	20.4	20.4	20.4	27.2	28.2	28.8	7.92	7.96	7.98
05.11.08	16.0	18.2	18.4	18.6	28.6	29.8	8.02	7.89	7.95
05.12.14	6.7	6.7	7.1	27.9	27.9	30.0	8.01	8.07	8.06
06.01.13	5.6	5.6	5.9	25.6	25.7	27.7	8.45	8.42	8.37
06.02.14	6.7	6.7	7.1	27.9	27.9	30.0	8.01	8.07	8.06
06.03.14	8.2	8.3	8.3	28.0	28.2	30.7	8.30	8.27	8.21
06.04.20	14.1	13.8	13.2	13.8	16.5	19.9	7.96	7.99	8.03
06.05.20	17.8	17.3	16.9	3.8	7.8	19.0	7.50	7.61	7.93
06.06.20	21.0	21.3	21.8	2.5	4.0	15.7	7.22	7.26	7.45

(continued)

Table 4. (continued)

Date	DO(㎎/ℓ)			COD(㎎/ℓ)			알칼리도(㎎/ℓ)		
	Surface	4 m	8 m	Surface	4 m	8 m	Surface	4 m	8 m
04.11.29	9.53	7.99	7.95	0.29	0.56	0.66	76	99	137
04.12.16	9.78	9.49	9.45	0.59	0.42	0.37	108	106	96
05.01.14	9.78	9.49	9.45	0.62	0.99	1.09	130	128	136
05.02.15	11.97	11.20	10.91	1.49	1.76	1.04	91	110	90
05.03.16	11.60	10.42	10.18	1.36	1.87	1.57	103	88	100
05.04.16	10.06	8.68	8.60	0.67	0.56	0.29	48	122	164
05.05.16	9.65	7.91	7.54	1.12	0.64	0.46	65	127	157
05.06.14	8.07	6.00	6.13	0.85	0.02	0.18	58	64	47
05.07.13	8.15	6.94	6.41	0.93	0.10	0.05	35	76	58
05.08.17	7.42	5.92	5.68	0.64	0.35	0.27	46	45	68
05.09.17	7.71	7.30	7.14	0.50	0.10	0.43	44	42	44
05.10.18	6.94	6.57	6.94	0.75	1.20	1.01	102	120	154
05.11.08	8.80	7.26	7.50	0.46	0.85	0.54	79	97	114
05.12.14	10.38	9.98	9.69	1.65	0.82	1.33	78	98	123
06.01.13	13.18	12.90	12.49	2.27	3.09	2.02	104	106	116
06.02.14	10.38	9.98	9.69	1.54	0.98	0.86	99	118	118
06.03.14	10.71	10.38	9.37	2.10	1.44	1.25	105	96	142
06.04.20	8.60	8.15	8.36	0.48	0.40	0.61	34	40	39
06.05.20	9.01	8.60	7.71	0.46	0.21	0.08	33	42	35
06.06.20	7.54	7.67	6.53	1.41	1.46	1.41	38	41	80

Table 4. (continued)

Date	DIN(㎎/ℓ)			NO2-N(㎎/ℓ)			NO3-N(㎎/ℓ)			NH4-N(㎎/ℓ)		
	Surface	4 m	8 m	Surface	4 m	8 m	Surface	4 m	8 m	Surface	4 m	8 m
04.11.29	0.433	0.277	0.366	0.019	0.021	0.019	0.344	0.191	0.282	0.070	0.065	0.065
04.12.16	0.772	0.537	0.470	0.021	0.023	0.014	0.613	0.374	0.320	0.138	0.140	0.136
05.01.14	0.190	0.195	0.182	0.009	0.023	0.020	0.146	0.143	0.134	0.035	0.029	0.028
05.02.15	0.364	0.223	0.222	0.009	0.005	0.005	0.320	0.184	0.189	0.035	0.034	0.028
05.03.16	0.345	0.202	0.212	0.005	0.005	0.006	0.316	0.168	0.156	0.024	0.029	0.050
05.04.16	0.901	0.369	0.341	0.003	0.001	0.000	0.868	0.308	0.276	0.030	0.060	0.065
05.05.16	0.407	0.198	0.165	0.004	0.000	0.001	0.398	0.169	0.123	0.005	0.029	0.041
05.06.14	1.219	0.406	0.295	0.020	0.004	0.004	1.077	0.306	0.137	0.122	0.096	0.154
05.07.13	1.262	1.033	0.864	0.006	0.008	0.014	1.183	0.899	0.598	0.073	0.126	0.252
05.08.17	0.300	0.153	0.151	0.015	0.017	0.020	0.229	0.068	0.010	0.056	0.068	0.121
05.09.17	0.347	0.260	0.214	0.006	0.004	0.006	0.318	0.226	0.178	0.023	0.030	0.030
05.10.18	0.283	0.301	0.288	0.018	0.022	0.042	0.202	0.205	0.178	0.063	0.074	0.068
05.11.08	0.508	0.263	0.230	0.019	0.021	0.009	0.468	0.192	0.172	0.021	0.050	0.049
05.12.14	0.410	0.438	0.446	0.018	0.019	0.020	0.374	0.401	0.397	0.018	0.018	0.029
06.01.13	0.330	0.289	0.232	0.021	0.024	0.021	0.302	0.255	0.204	0.007	0.010	0.007
06.02.14	0.319	0.167	0.153	0.011	0.004	0.010	0.301	0.156	0.136	0.007	0.007	0.007
06.03.14	0.234	0.201	0.156	0.012	0.013	0.019	0.221	0.186	0.130	0.001	0.002	0.007
06.04.20	0.791	0.501	0.511	0.005	0.004	0.004	0.756	0.468	0.468	0.030	0.029	0.039
06.05.20	2.243	1.028	1.243	0.012	0.006	0.005	2.191	0.989	0.841	0.040	0.033	0.397
06.06.20	2.673	2.315	1.123	0.024	0.020	0.020	2.433	2.195	0.969	0.216	0.100	0.134

Table 4. (continued)

Date	Si(OH)-Si(㎎/ℓ)			PO4-P(㎎/ℓ)			Chlorophyll-a(㎍/ℓ)		
	Surface	4 m	8 m	Surface	4 m	8 m	Surface	4 m	8 m
04.11.29	0.148	0.118	0.221	0.033	0.031	0.026	1.68	2.03	1.02
04.12.16	0.303	0.243	0.201	0.037	0.054	0.023	2.39	2.03	2.34
05.01.14	0.036	0.023	0.037	0.063	0.050	0.069	10.27	25.36	10.93
05.02.15	0.164	0.654	0.349	0.008	0.022	0.008	8.28	6.86	6.20
05.03.16	0.080	0.059	0.270	0.010	0.010	0.030	10.98	5.49	4.83
05.04.16	0.634	0.293	0.242	0.015	0.005	0.011	5.45	10.18	6.72
05.05.16	0.510	0.248	0.223	0.010	0.005	0.004	10.18	5.45	5.14
05.06.14	0.321	0.236	0.132	0.004	0.007	0.004	13.77	2.74	3.27
05.07.13	0.334	0.327	0.279	0.024	0.008	0.004	1.82	10.96	1.68
05.08.17	0.031	0.037	0.019	0.001	0.004	0.003	5.85	7.93	8.59
05.09.17	2.432	1.587	1.585	0.004	0.010	0.010	5.80	10.27	6.91
05.10.18	1.043	0.956	1.379	0.026	0.257	0.057	2.39	5.40	4.78
05.11.08	3.085	0.832	0.499	0.060	0.254	0.020	3.10	2.60	2.08
05.12.14	0.666	0.853	0.860	0.022	0.019	0.024	4.16	4.17	3.45
06.01.13	0.065	0.059	0.049	0.011	0.022	0.019	31.61	27.19	29.93
06.02.14	0.256	0.239	0.066	0.007	0.008	0.010	7.83	8.90	6.81
06.03.14	0.062	0.059	0.109	0.005	0.004	0.005	4.39	4.27	1.65
06.04.20	1.367	0.877	0.861	0.005	0.004	0.005	1.65	3.57	2.35
06.05.20	1.791	1.239	0.959	0.012	0.010	0.007	3.05	2.04	2.39
06.06.20	2.889	2.786	1.936	0.054	0.052	0.083	6.75	4.40	2.08

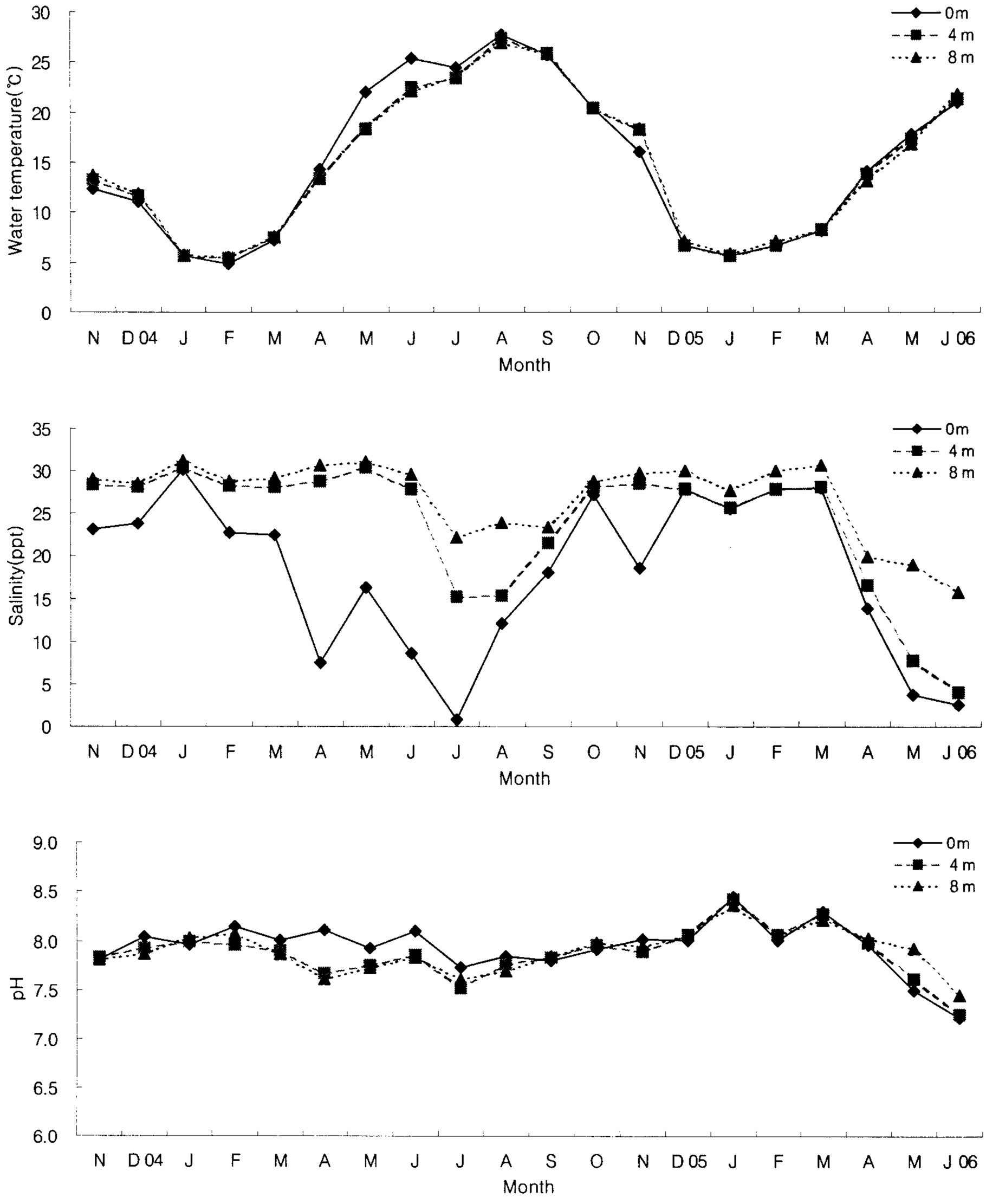


Fig. 15. Changes of water quality by water depths at the Seomjin Bridge area from Nov 2004 to Jun. 2006.

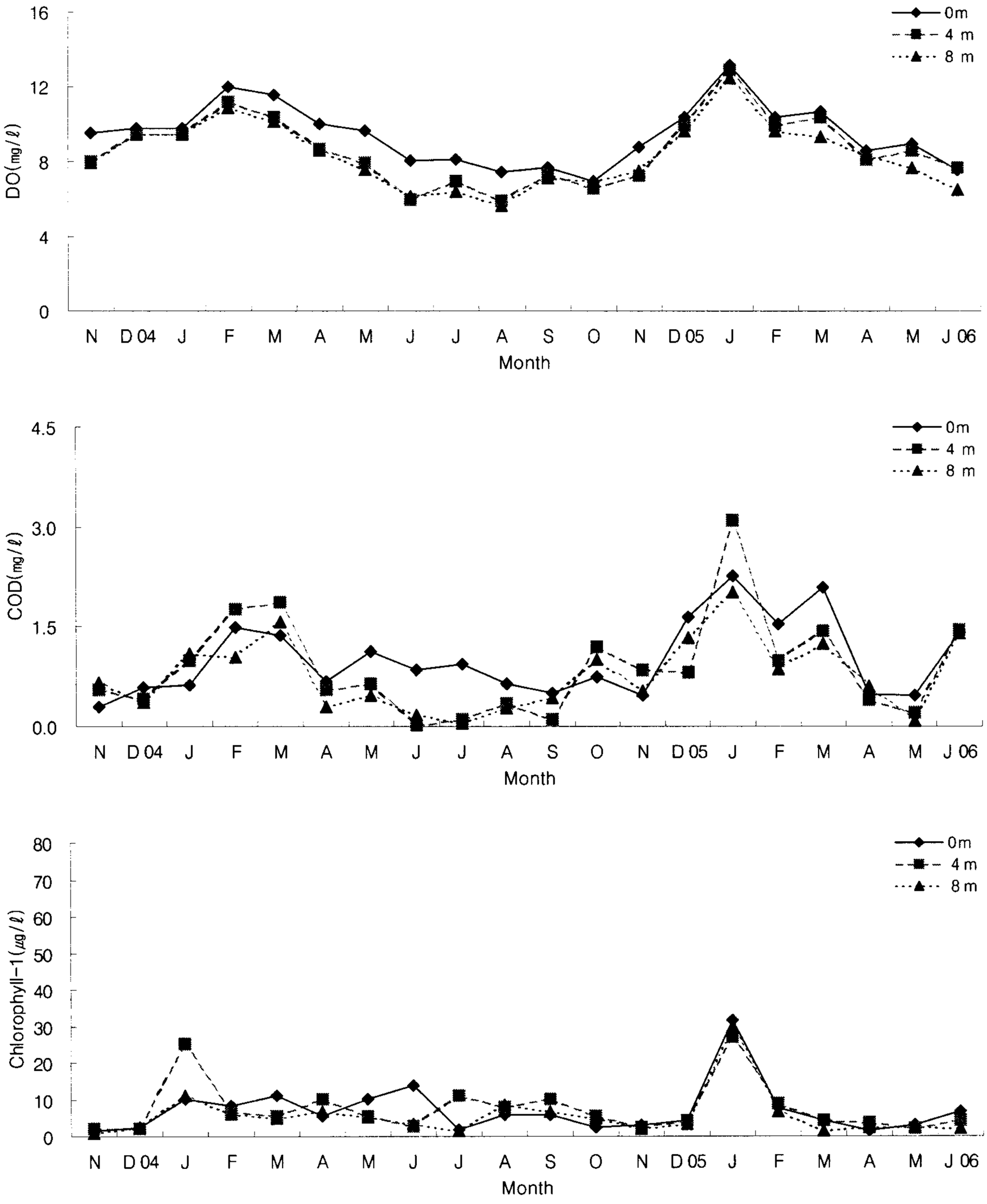
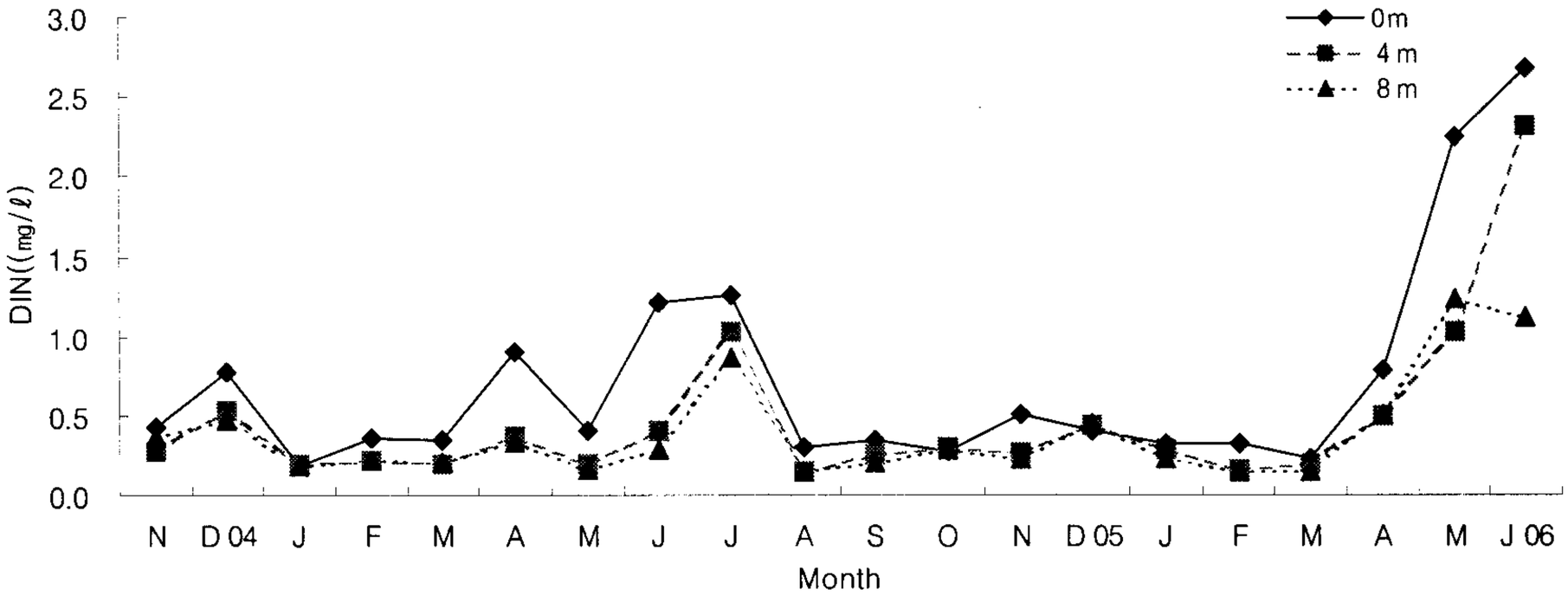
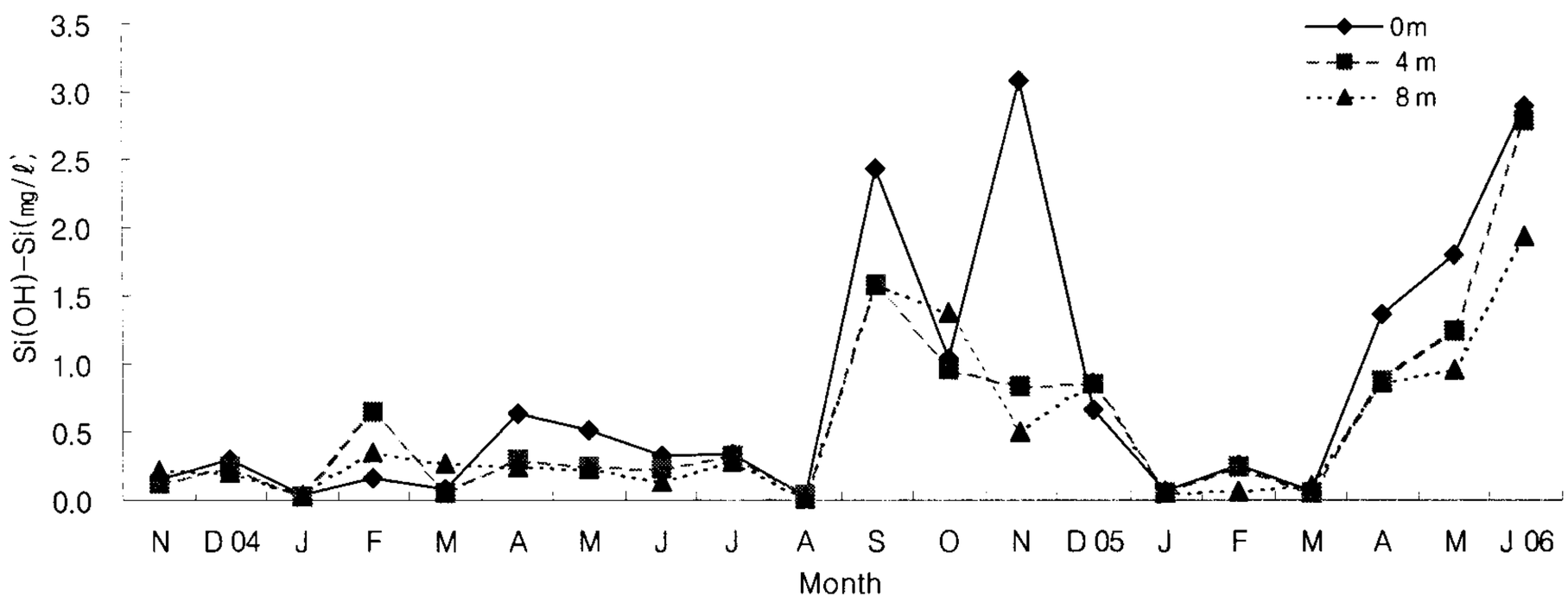


Fig. 15. (continued).





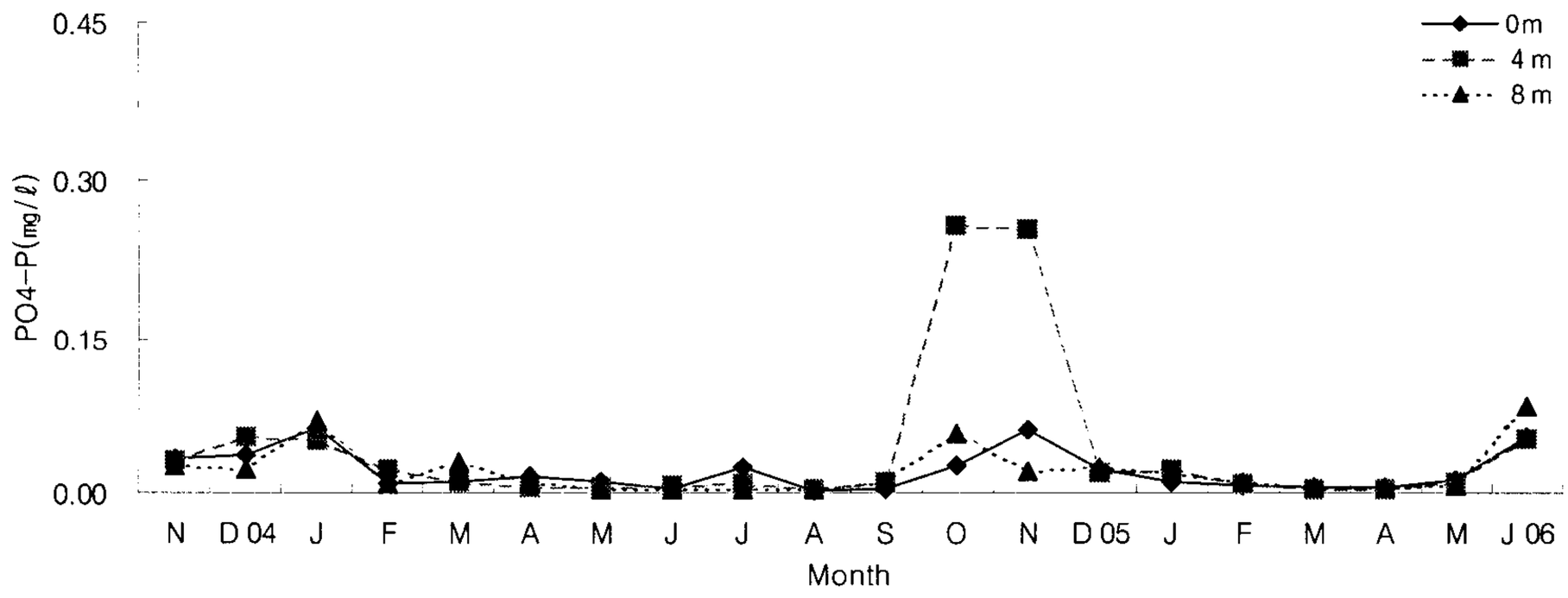
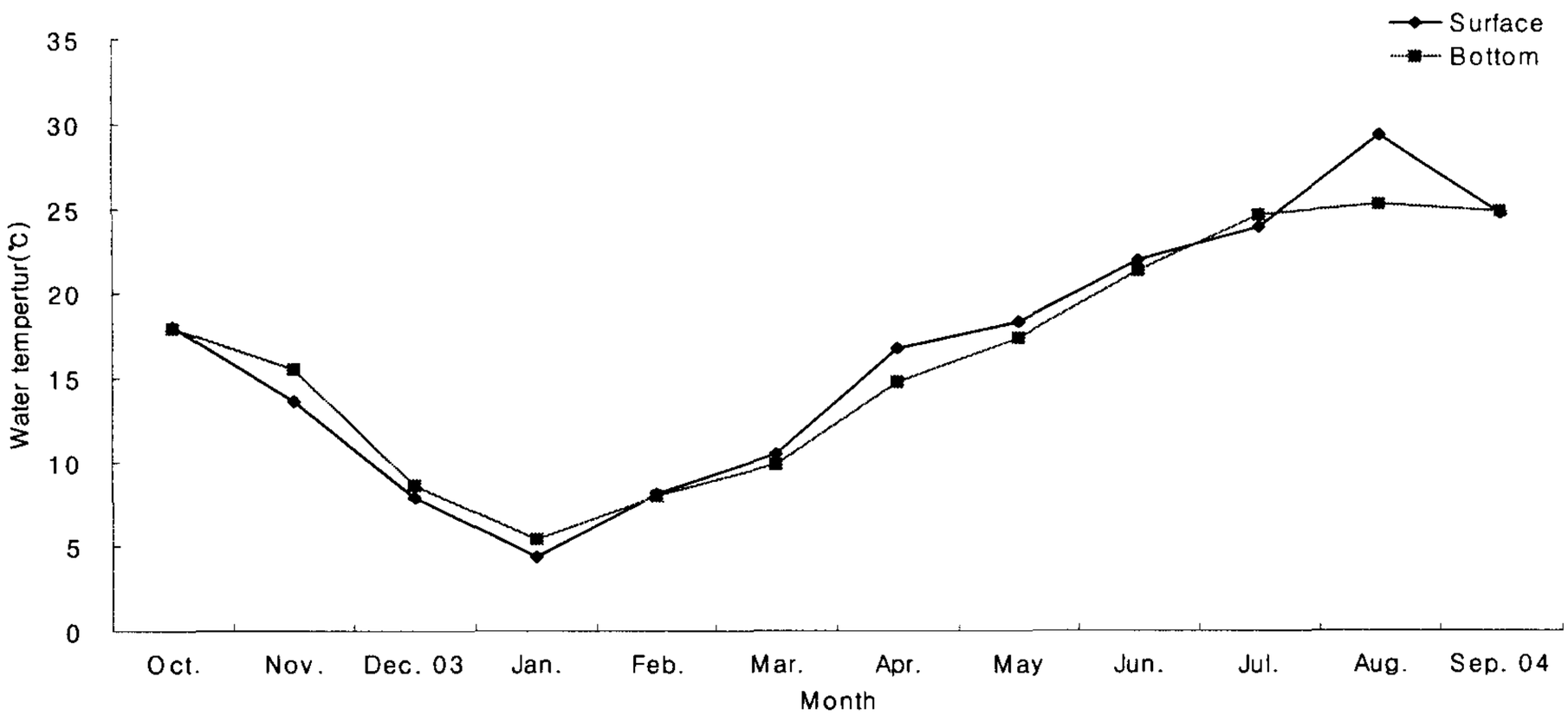
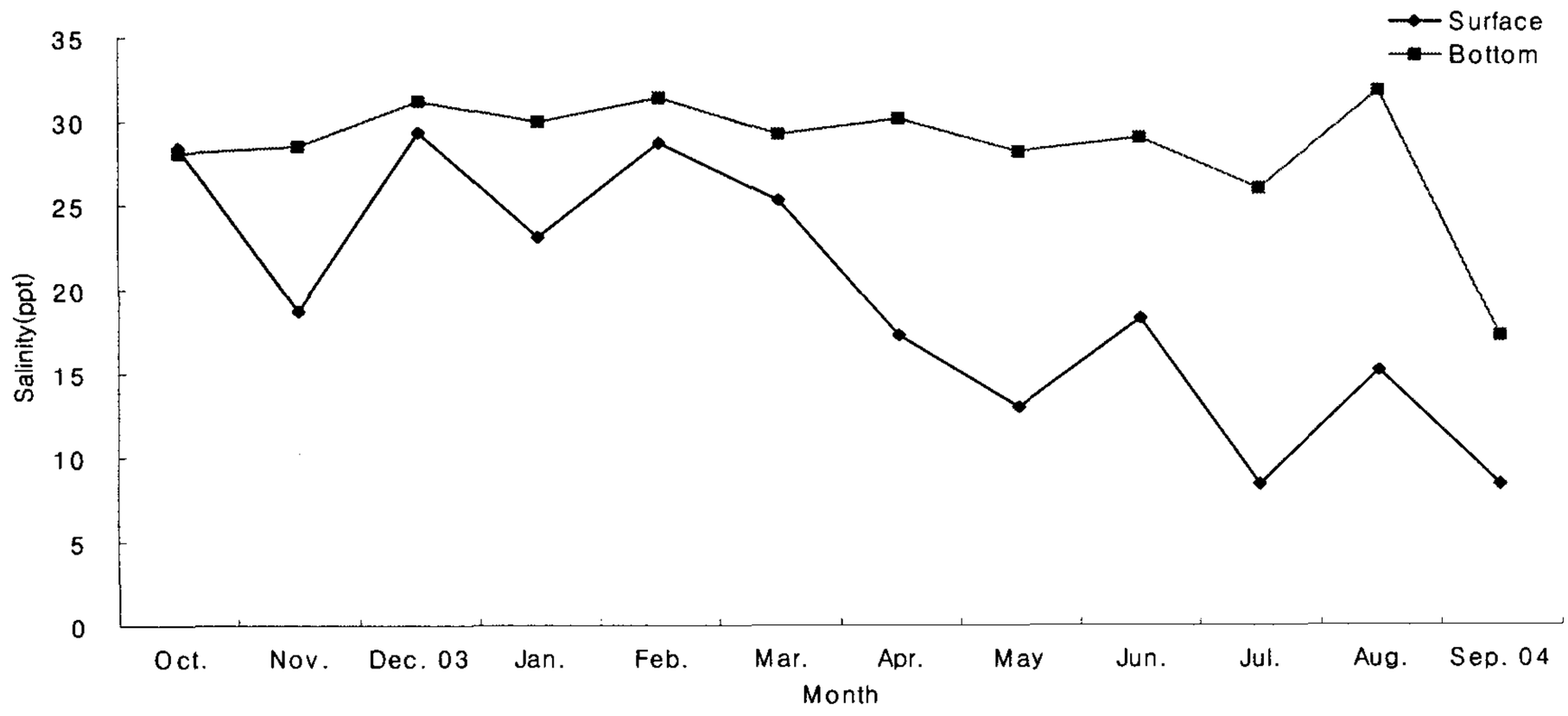


Fig. 15. (continued).

(다) 망덕 지역의 수질환경





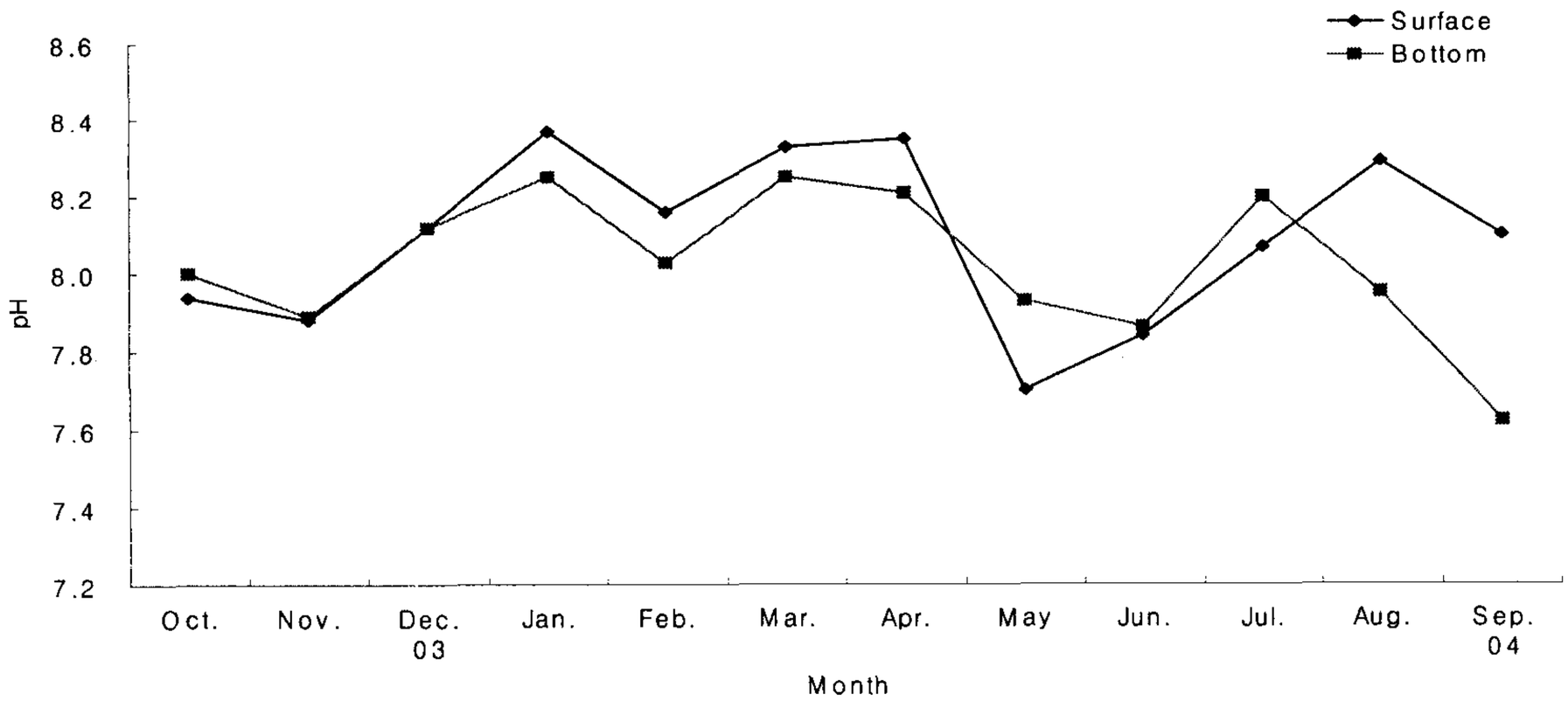
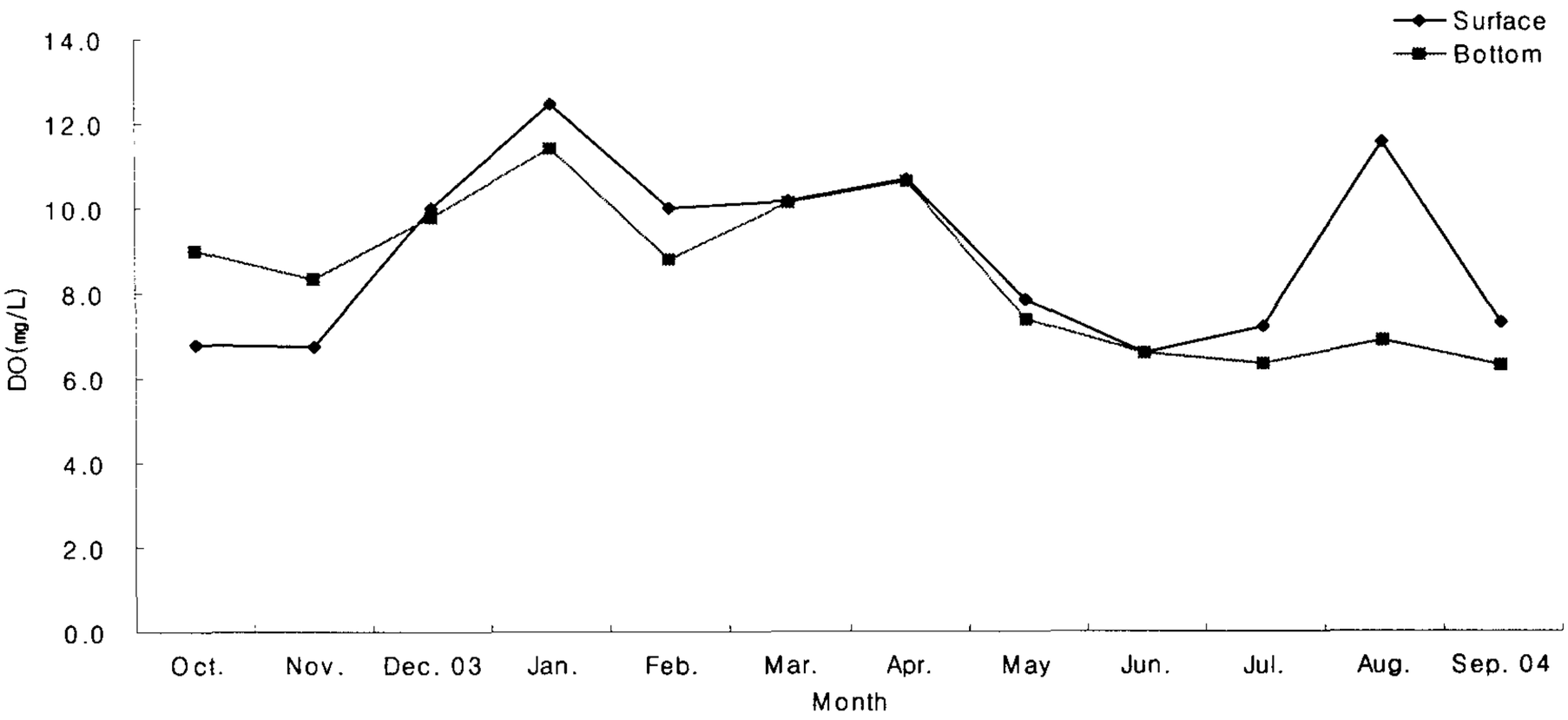
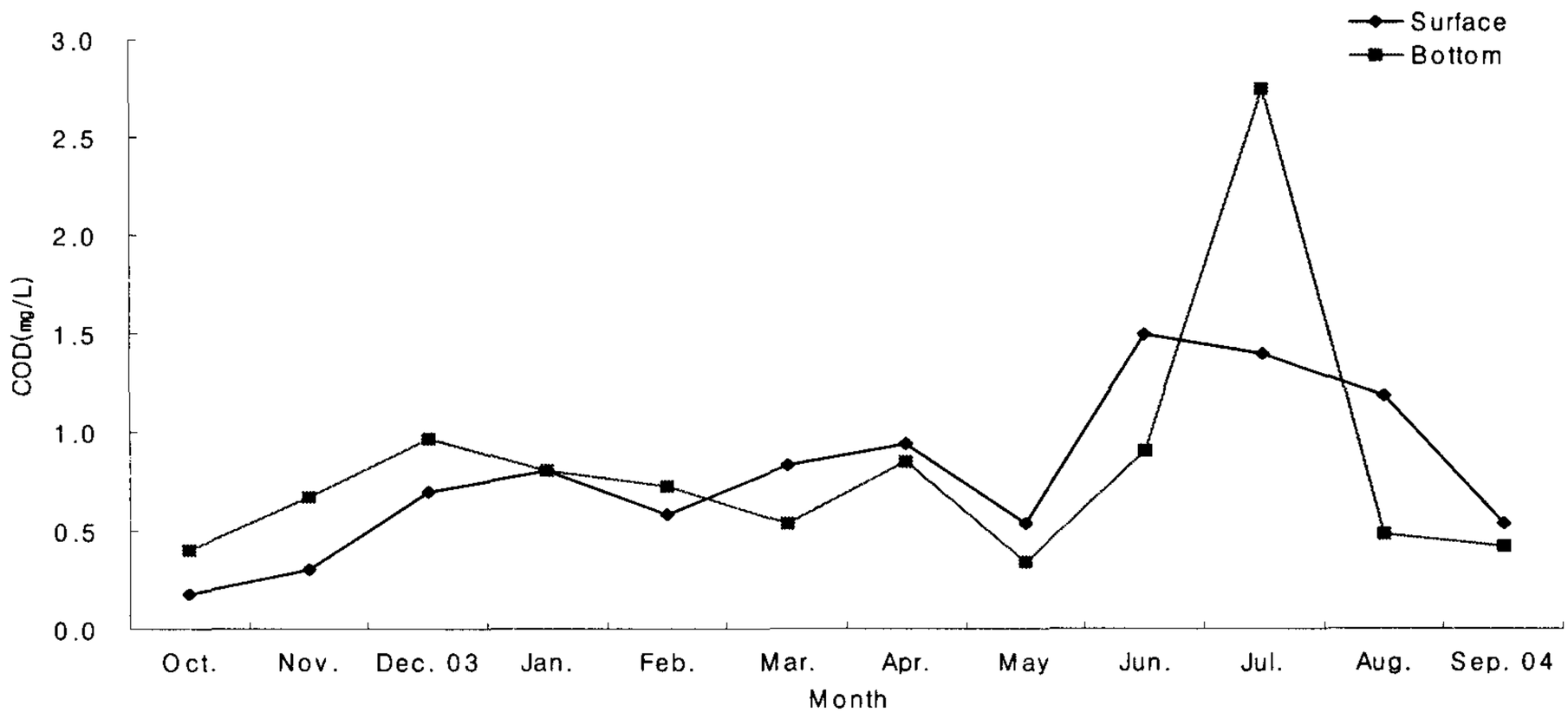


Fig. 16. Changes of water quality at the Mangdeok area from Oct. 2003 to Sep. 2004.





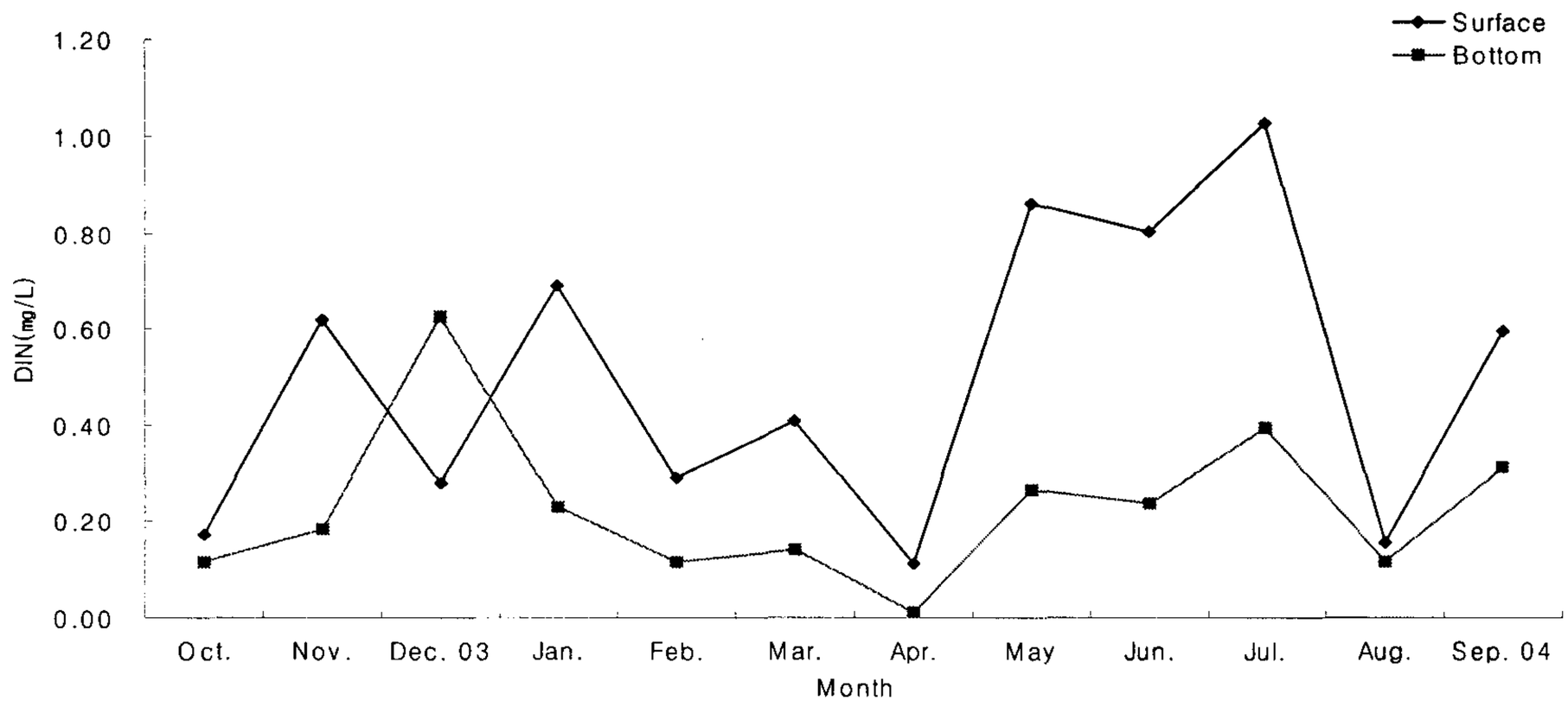
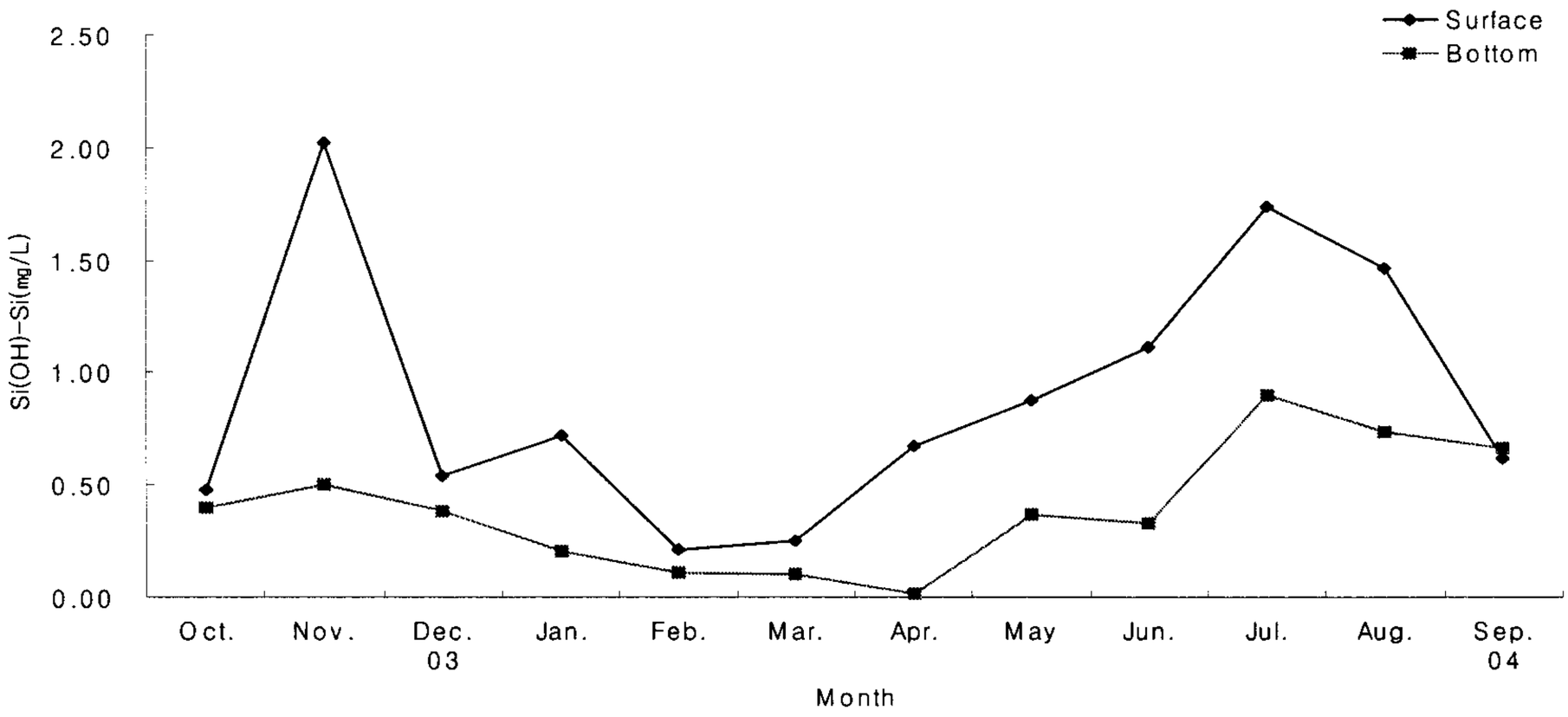
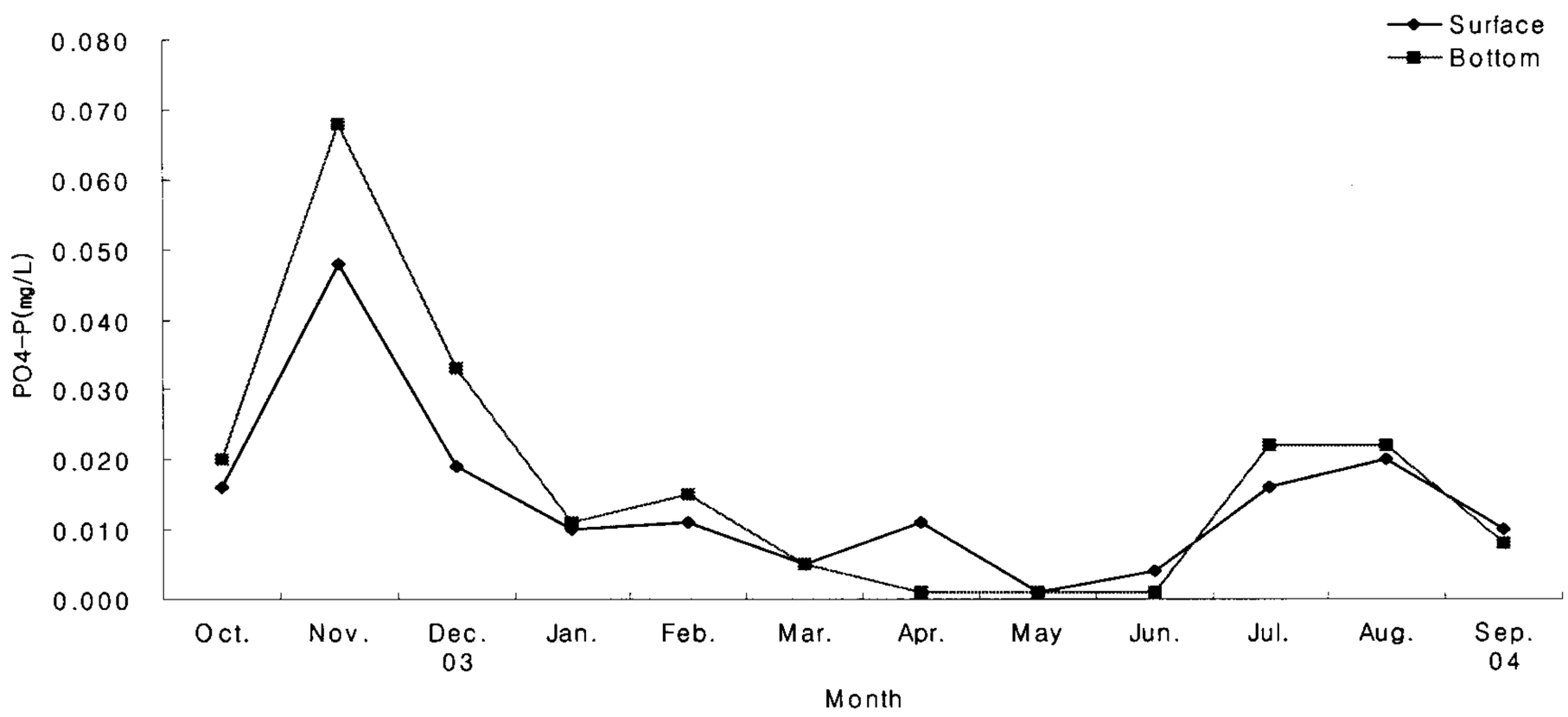


Fig. 16. (continued).





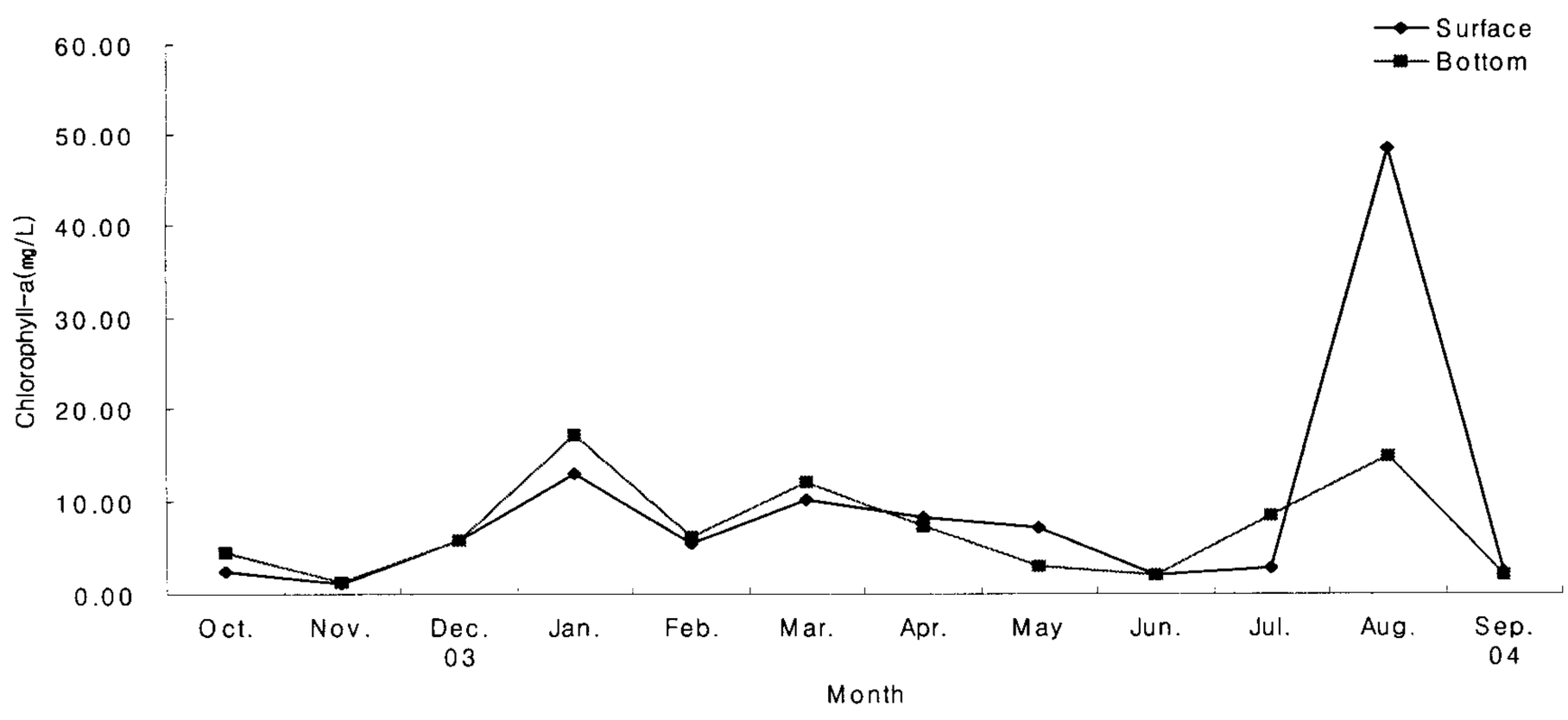


Fig. 16. (continued).

(라) 배알도 지역의 수질환경

수온범위는 1~2월에 가장 낮았고 섬진대교 지역과 유사하였으며 돈탁 지역과 같이 5℃이하로 낮아지는 경향은 적었다. 8월에 27℃이상 상승하였으며, 수심이 낮아 표층수와 저층수의 큰 차이는 보이지 않았다. 염분은 7월에 0‰까지 내려가 완전담수화가 되기는 하나 해수 영향으로 장기간 지속되는 경우가 적었으며, 동절기에 30‰내외로 가장 높았다. 용존 산소는 8월에 저층에서 낮았고 돈탁 지역과 같이 5.0(㎎/ℓ)이하의 낮은 값은 보이지 않았으며, 1월에 가장 높았다. COD는 봄철 갈수기 높은 값을 나타내었고 돈탁 지역에 비해 비교적 낮은 경향을 보였다. 총질소, 규산, 인산, Chlorophyll-a 은 Fig. 17, 18과 같다(Table 5).

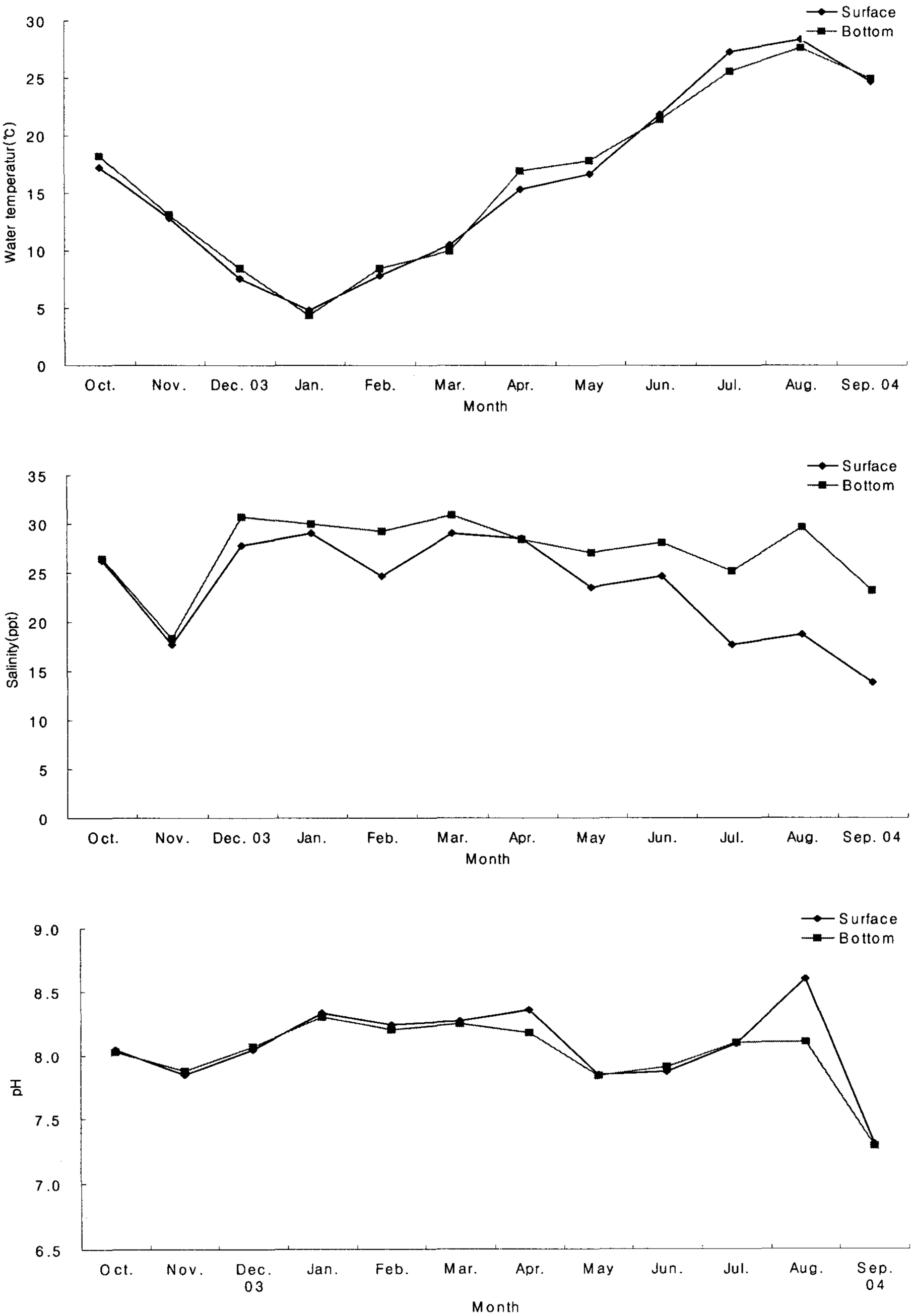
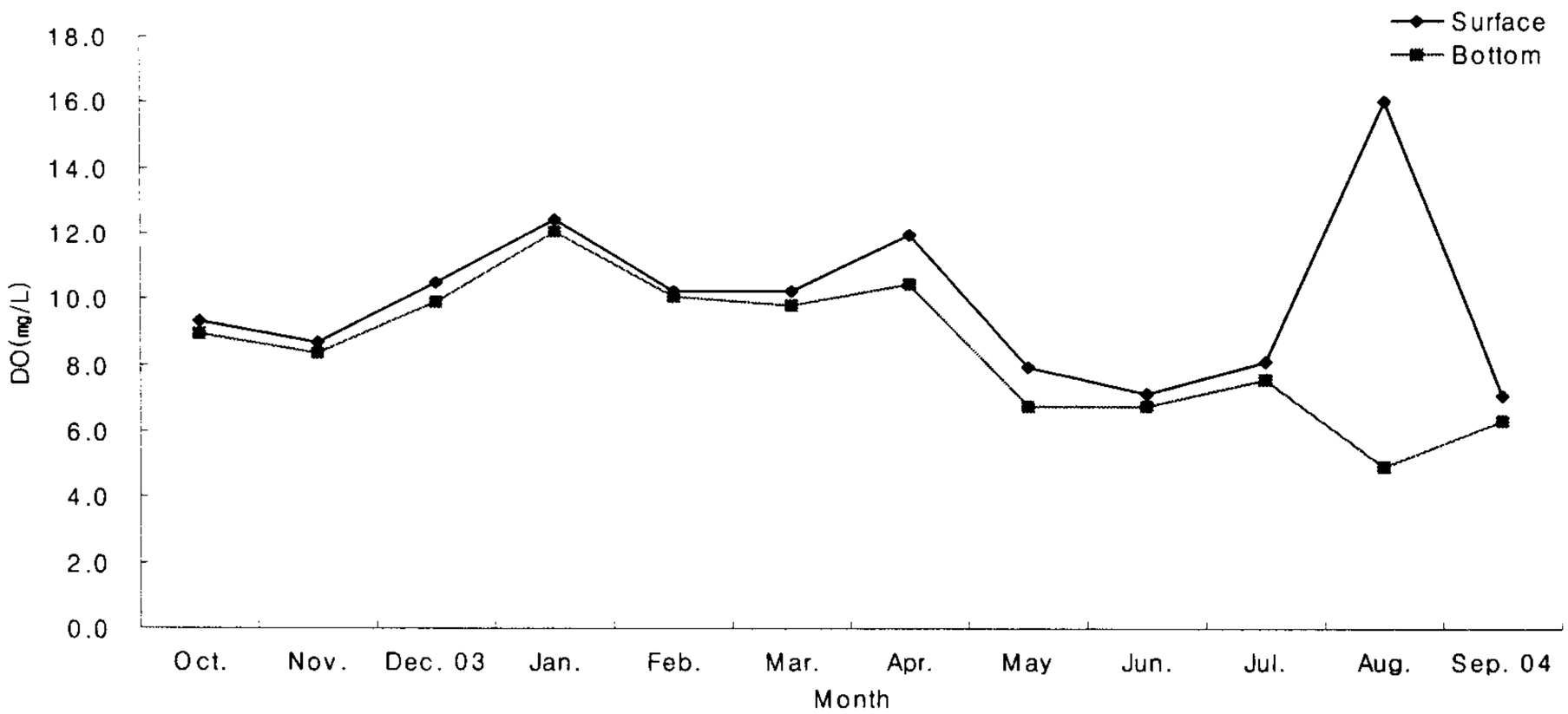
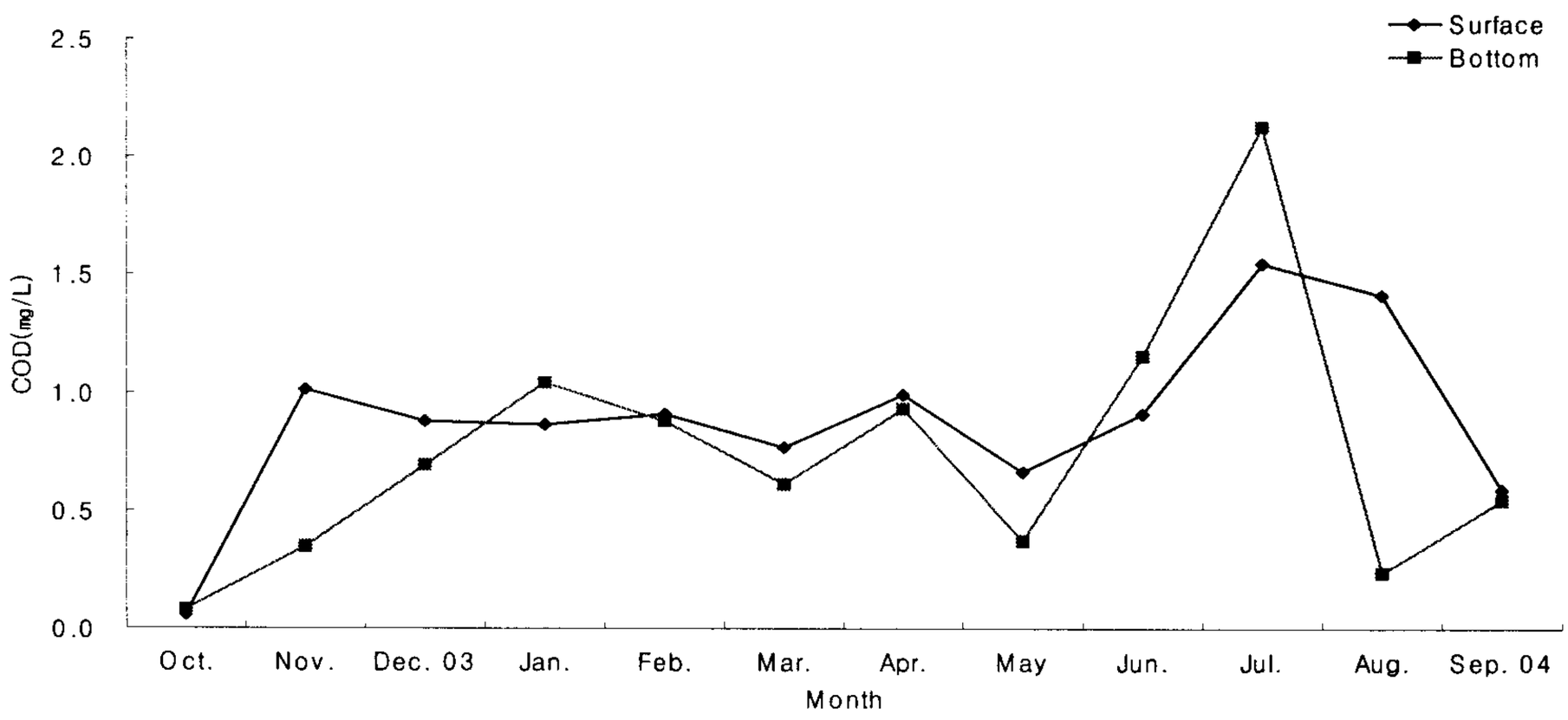


Fig. 17. Changes of water quality at the Baealdo area from Oct. 2003 to Sep. 2004.





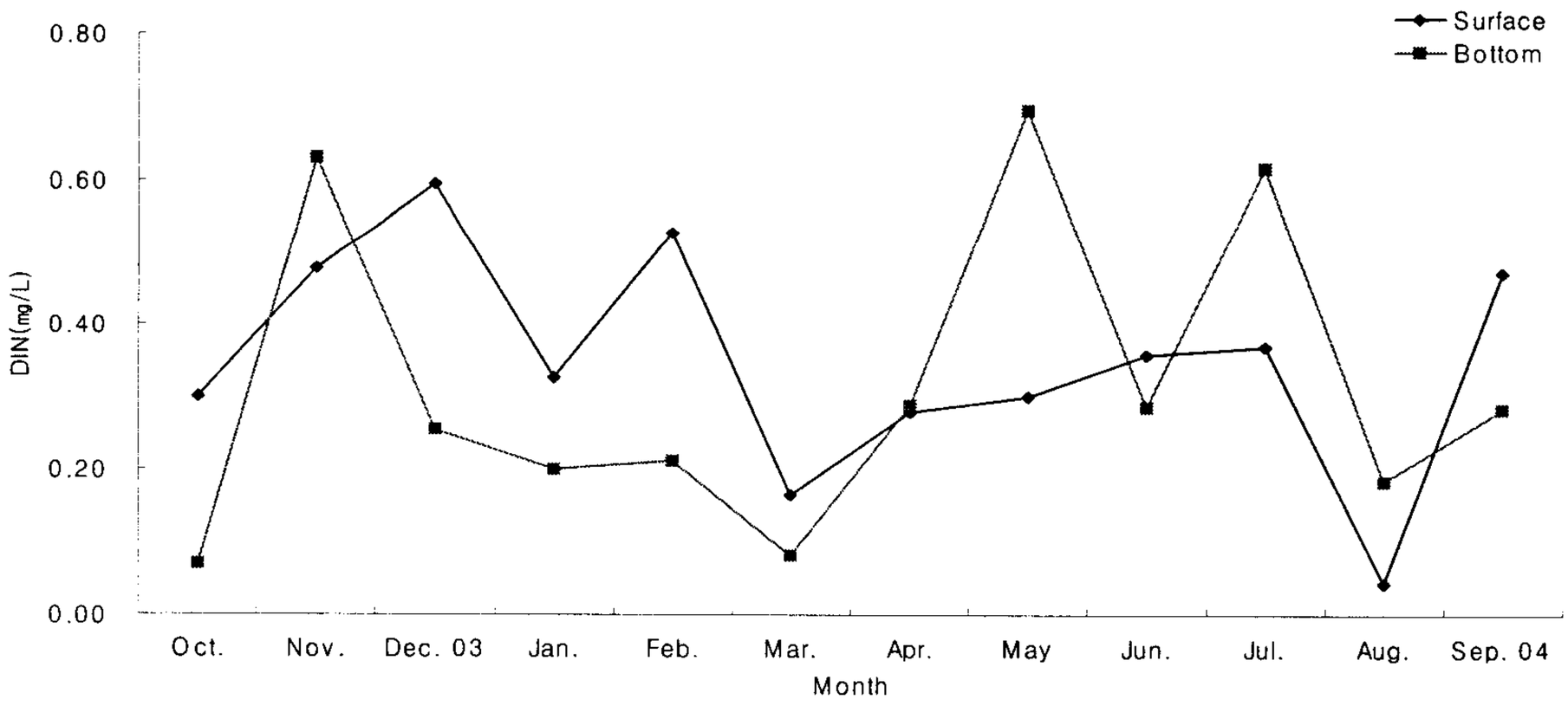
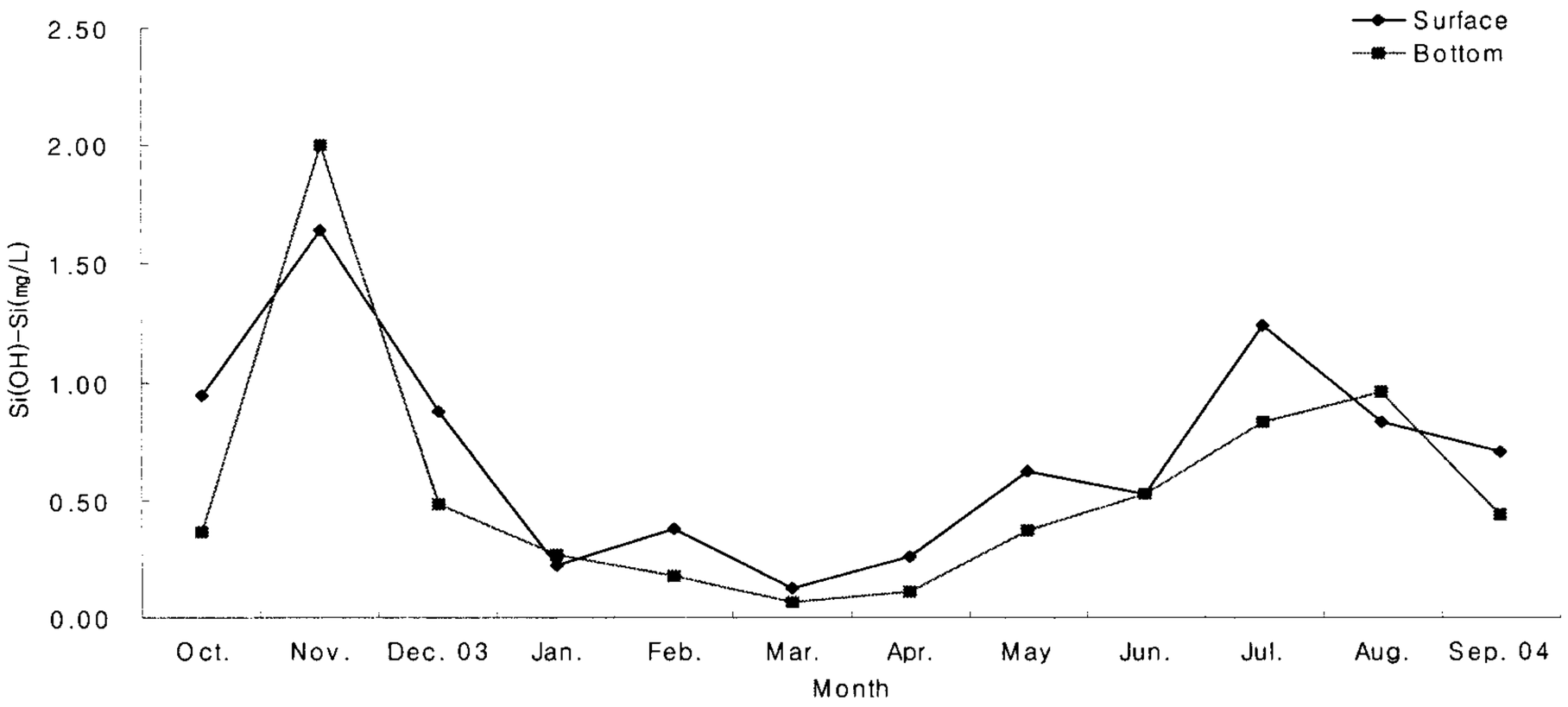
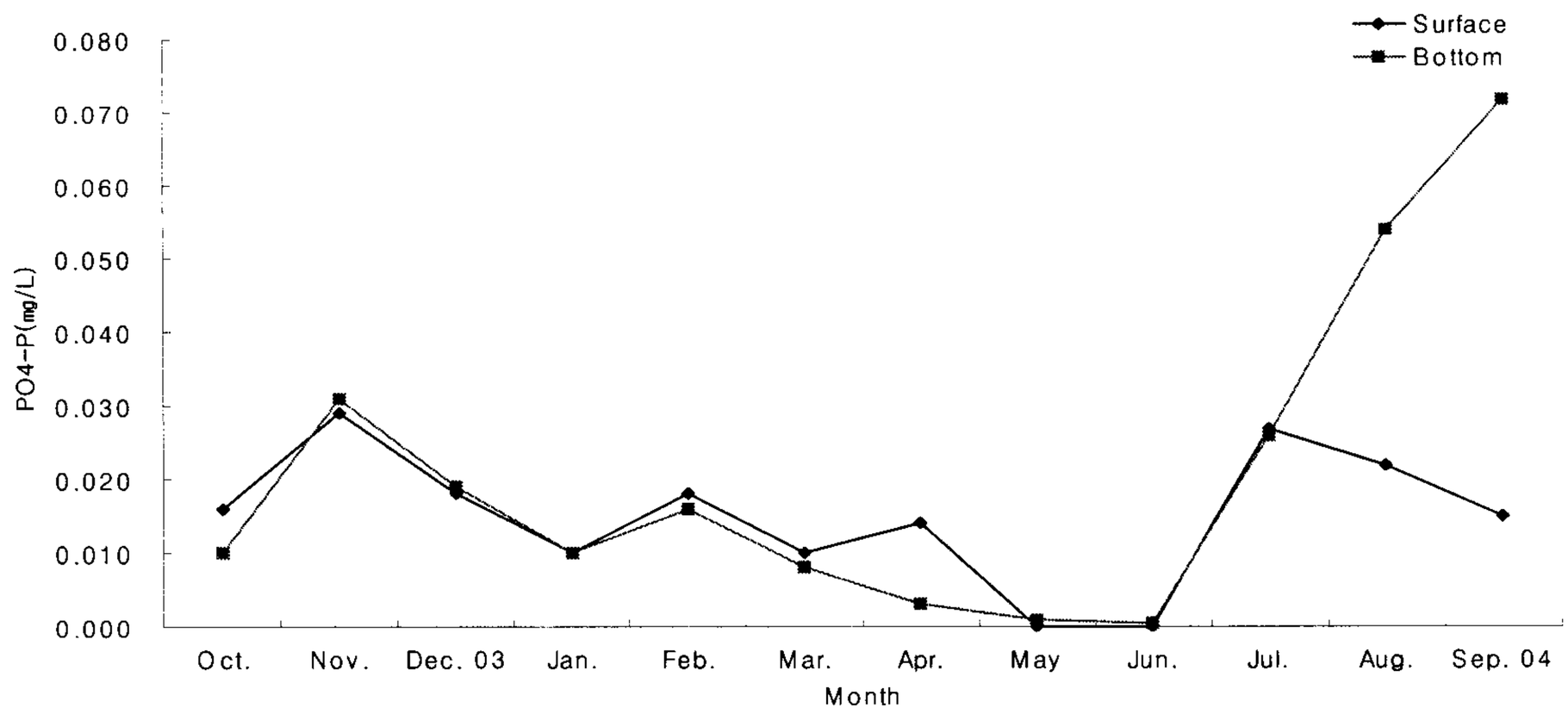


Fig. 17. (continued).





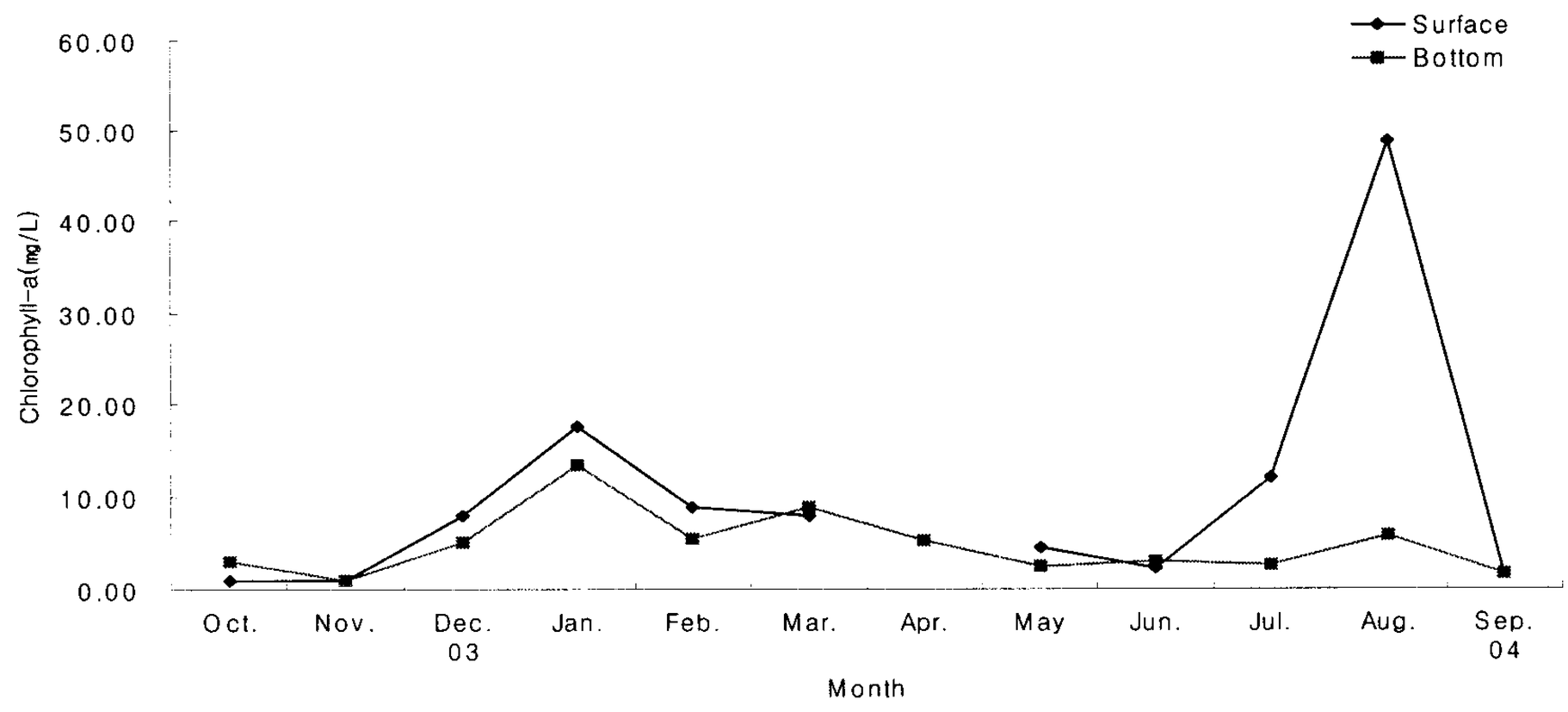


Fig. 17. (continued).

Table 5. Water quality by water depths at the Baealdo area from Nov. 2004 to Jun. 2006

Date	Water temperatur(℃)		Salinity(psu)		pH	
	Surface	3 m	Surface	3 m	Surface	3 m
04.11.29	13.3	13.1	25.6	28.7	7.86	7.81
04.12.16	12.0	12.3	27.6	29.7	7.97	7.92
05.01.14	5.7	5.6	29.3	31.6	8.04	8.08
05.02.15	5.6	5.8	28.9	32.0	8.12	8.09
05.03.16	8.9	8.1	27.7	32.4	7.89	7.82
05.04.16	15.1	14.0	11.0	29.5	8.10	7.77
05.05.16	21.0	19.5	21.6	30.2	7.94	7.82
05.06.14	25.3	23.3	13.3	28.3	8.10	7.83
05.07.13	25.4	24.0	2.5	16.2	7.75	7.64
05.08.17	27.7	27.0	16.6	32.4	7.92	7.82
05.09.17	25.6	25.4	23.0	27.1	7.89	7.96
05.10.18	21.0	20.5	28.0	30.2	7.98	7.99
05.11.08	17.3	17.3	27.9	29.0	8.01	7.93
05.12.14	6.0	6.3	29.2	31.6	8.22	8.05
06.01.13	5.6	5.5	30.6	31.4	8.44	8.30
06.02.14	6.0	6.3	29.2	31.6	8.22	8.05
06.03.14	7.4	7.3	31.2	32.3	8.13	8.11
06.04.20	14.1	13.2	25.7	29.5	7.96	8.02
06.05.20	17.6	17.1	7.4	25.6	7.83	8.02
06.06.20	23.3	22.6	7.7	20.6	7.72	7.68

(continued)

Table 5. (continued)

Date	DO(㎎/ℓ)		COD(㎎/ℓ)		알칼리도(㎎/ℓ)	
	Surface	5 m	Surface	5 m	Surface	5 m
04.11.29	8.32	7.99	0.35	0.27	114	130
04.12.16	9.29	8.64	0.34	0.43	138	110
05.01.14	9.29	8.64	0.56	0.67	128	118
05.02.15	11.07	10.42	1.44	1.50	98	103
05.03.16	10.22	10.02	1.71	2.19	154	167
05.04.16	10.18	8.40	2.16	0.80	74	150
05.05.16	10.22	6.29	0.59	0.42	81	105
05.06.14	8.60	5.64	0.27	0.40	40	89
05.07.13	7.67	6.49	0.67	0.32	47	60
05.08.17	8.80	5.76	0.37	0.26	46	64
05.09.17	7.22	6.81	0.42	0.62	47	73
05.10.18	6.57	6.29	0.66	0.90	101	113
05.11.08	8.44	7.38	0.99	0.58	127	134
05.12.14	10.14	10.06	1.12	1.01	119	139
06.01.13	13.63	11.52	1.06	1.31	126	127
06.02.14	10.14	10.06	11.25	0.82	102	111
06.03.14	9.78	9.78	0.88	1.41	105	139
06.04.20	7.67	8.27	0.67	0.18	41	49
06.05.20	8.80	8.07	0.40	0.27	50	41
06.06.20	7.91	6.53	1.54	1.25	58	98

Table 5. (continued)

Date	DIN(㎎/ℓ)		NO2-N(㎎/ℓ)		NO3-N(㎎/ℓ)		NH4-N(㎎/ℓ)	
	Surface	3 m	Surface	3 m	Surface	3 m	Surface	3 m
04.11.29	0.353	0.058	0.019	0.007	0.295	0.044	0.039	0.007
04.12.16	0.490	0.682	0.013	0.022	0.413	0.266	0.064	0.394
05.01.14	0.243	0.200	0.020	0.009	0.203	0.138	0.020	0.053
05.02.15	0.192	0.175	0.008	0.009	0.158	0.116	0.026	0.050
05.03.16	0.227	0.243	0.008	0.024	0.158	0.121	0.061	0.098
05.04.16	0.953	0.579	0.004	0.001	0.893	0.439	0.056	0.139
05.05.16	0.287	0.246	0.001	0.002	0.285	0.186	0.001	0.058
05.06.14	1.046	0.657	0.012	0.009	0.948	0.366	0.086	0.282
05.07.13	1.622	1.036	0.009	0.016	1.193	0.866	0.420	0.154
05.08.17	0.226	0.366	0.021	0.029	0.167	0.248	0.038	0.089
05.09.17	0.222	0.206	0.004	0.005	0.193	0.164	0.025	0.037
05.10.18	0.295	0.331	0.038	0.036	0.180	0.221	0.077	0.074
05.11.08	0.542	0.352	0.011	0.012	0.491	0.260	0.040	0.080
05.12.14	0.486	0.373	0.016	0.022	0.429	0.281	0.041	0.070
06.01.13	0.246	0.232	0.014	0.014	0.216	0.188	0.016	0.030
06.02.14	0.278	0.131	0.007	0.004	0.263	0.121	0.008	0.006
06.03.14	0.124	0.175	0.008	0.013	0.096	0.130	0.020	0.032
06.04.20	0.371	0.155	0.003	0.004	0.348	0.130	0.020	0.021
06.05.20	2.311	0.723	0.010	0.006	2.245	0.675	0.056	0.042
06.06.20	2.057	1.048	0.023	0.023	1.867	0.839	0.167	0.186

Table 5. (continued)

Date	Si(OH)-Si(mg/ℓ)		PO4-P(mg/ℓ)		Chlorophyll-a(μg/ℓ)	
	Surface	3 m	Surface	3 m	Surface	3 m
04.11.29	0.159	0.056	0.024	0.014	1.37	1.02
04.12.16	0.197	0.145	0.026	0.048	2.03	3.45
05.01.14	0.056	0.053	0.005	0.015	30.50	15.40
05.02.15	0.072	0.130	0.008	0.019	12.40	6.20
05.03.16	0.459	0.464	0.011	0.016	2.08	3.41
05.04.16	0.802	0.495	0.014	0.010	8.24	16.98
05.05.16	0.390	0.258	0.007	0.005	10.32	6.61
05.06.14	0.300	0.273	0.010	0.014	42.59	13.73
05.07.13	0.416	0.423	0.033	0.014	2.08	2.39
05.08.17	0.041	0.020	0.004	0.005	21.20	9.56
05.09.17	1.509	1.363	0.005	0.003	9.65	8.24
05.10.18	1.424	0.953	0.045	0.068	3.45	4.17
05.11.08	1.191	0.629	0.018	0.023	3.05	3.05
05.12.14	0.893	0.725	0.026	0.033	2.03	1.68
06.01.13	0.036	0.063	0.010	0.012	66.87	48.27
06.02.14	0.129	0.063	0.011	0.005	4.78	2.74
06.03.14	0.150	0.240	0.008	0.016	0.96	3.39
06.04.20	0.485	0.215	0.005	0.077	4.05	2.00
06.05.20	2.688	0.748	0.011	0.007	2.39	3.05
06.06.20	2.462	1.513	0.041	0.058	3.10	3.00

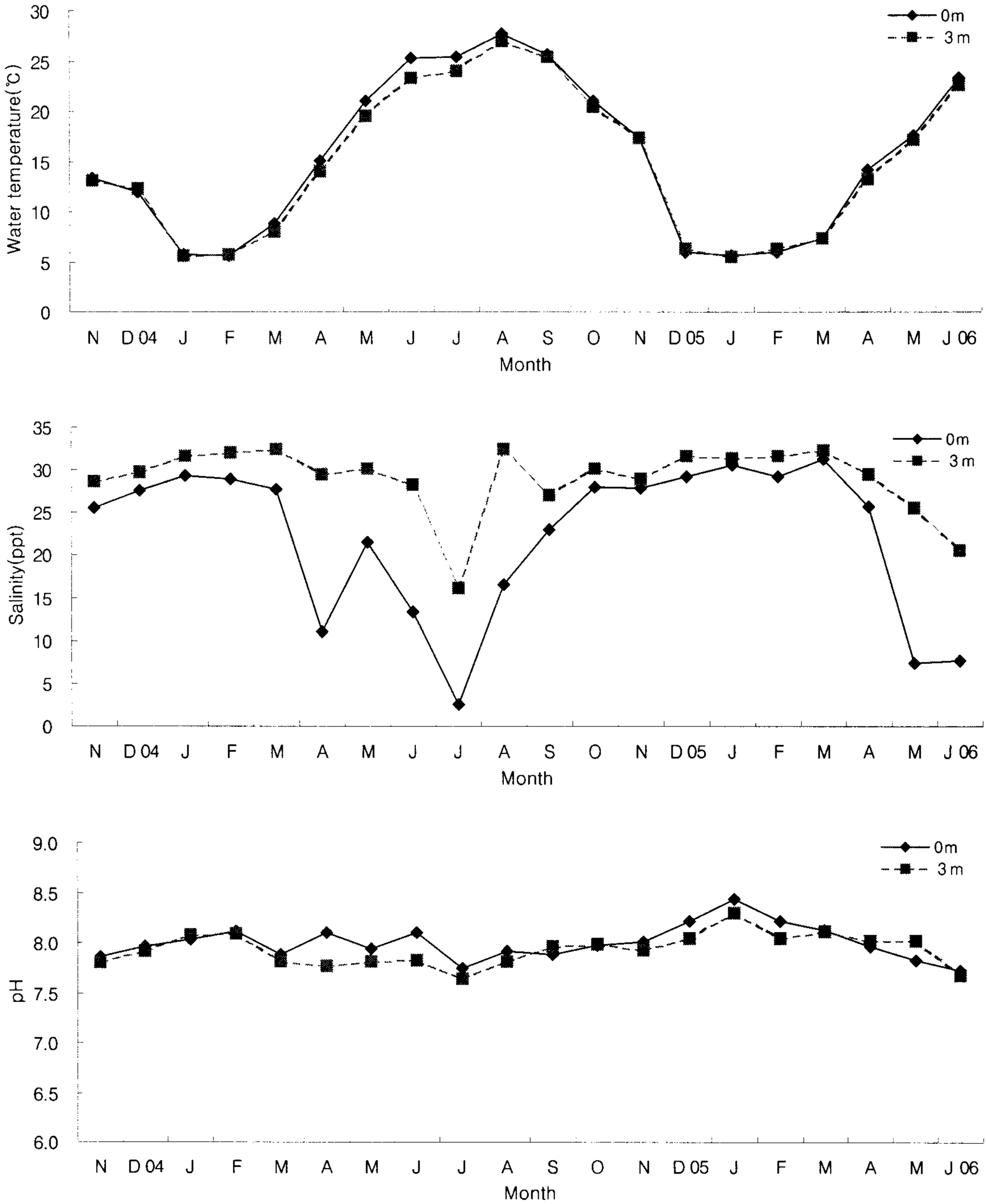


Fig. 18. Changes of water quality by water depths at the Baealdo area from Nov. 2004 to Jun. 2006.

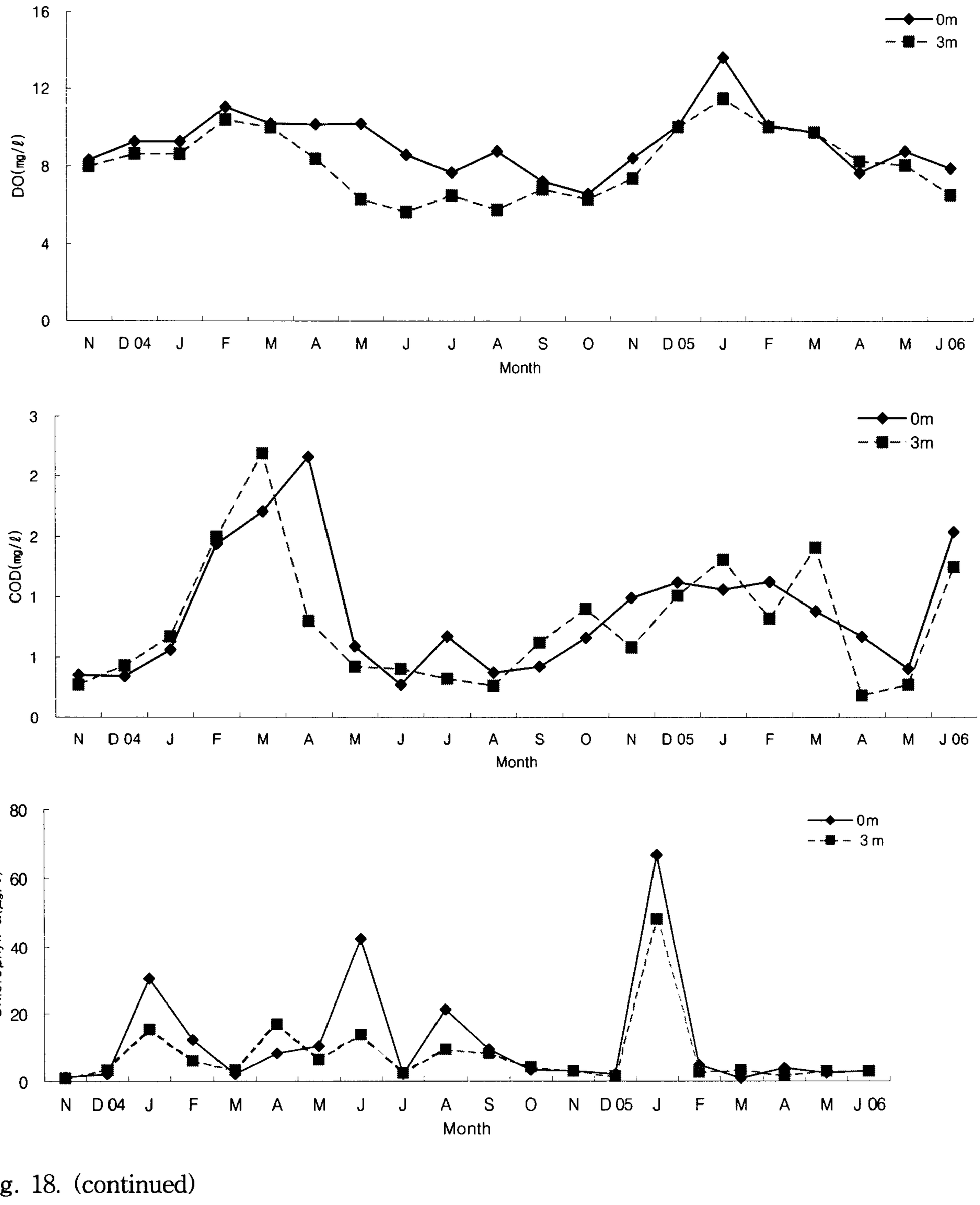
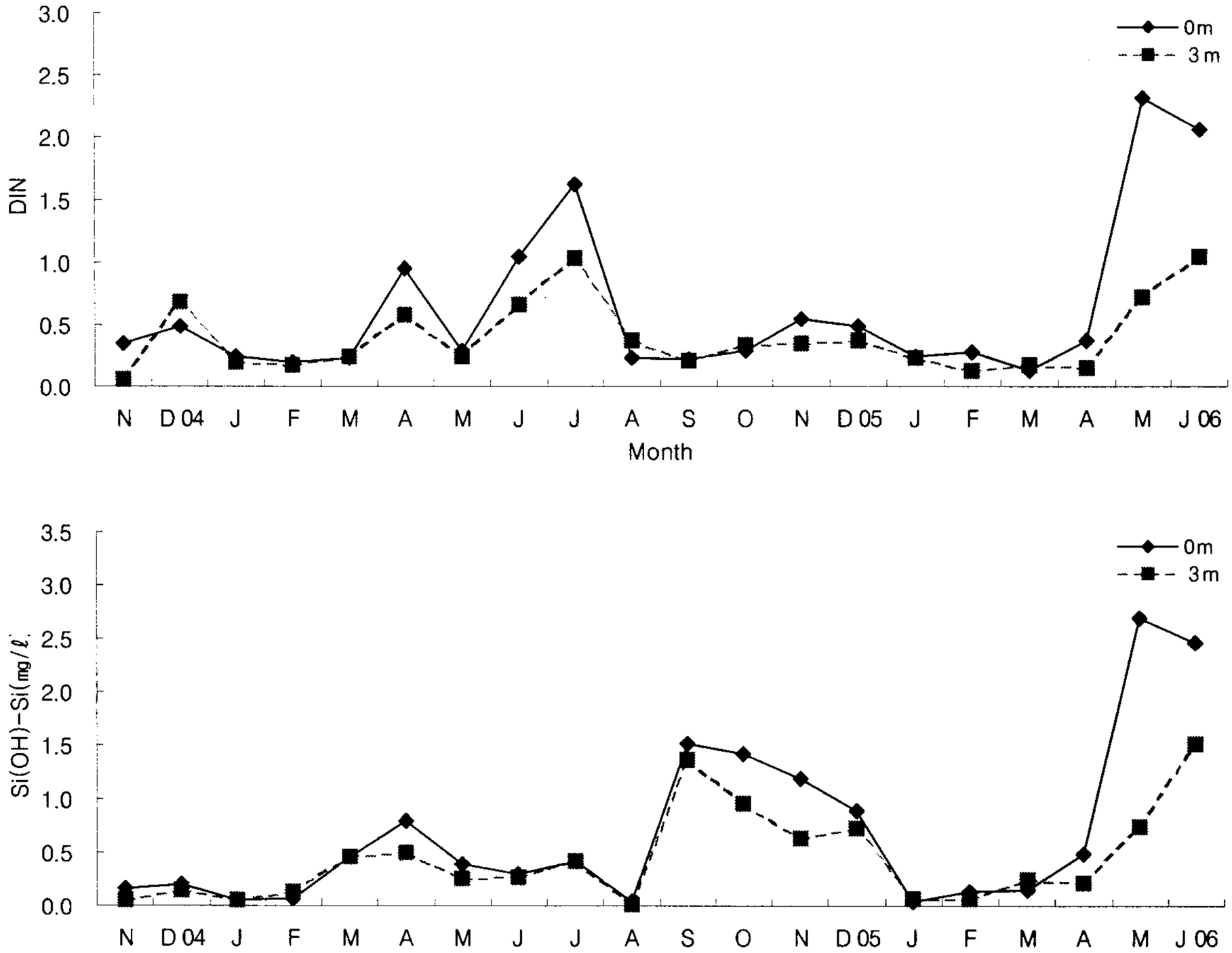


Fig. 18. (continued)



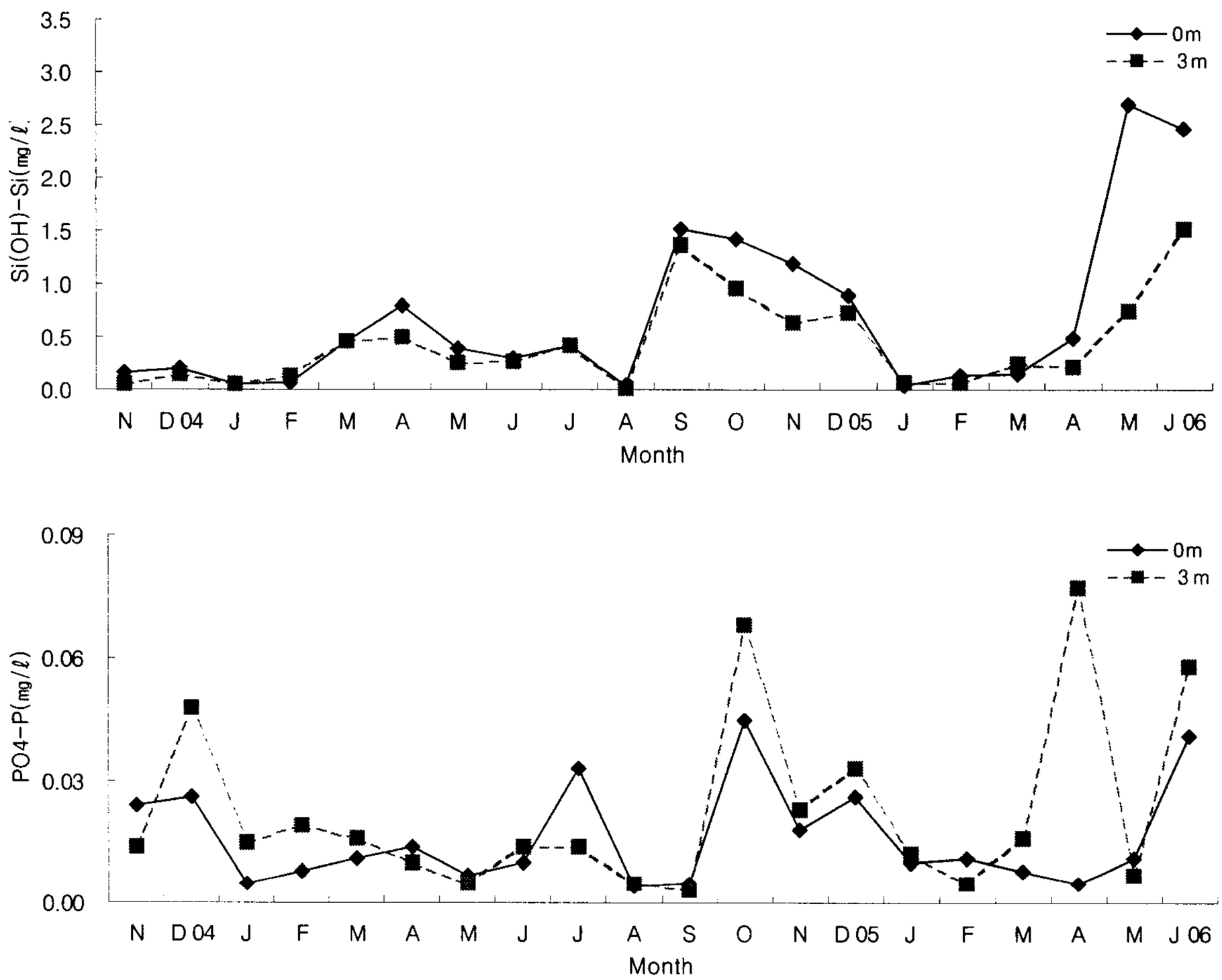


Fig. 18 . (continued)

(마) 금당대교 지역의 수질환경

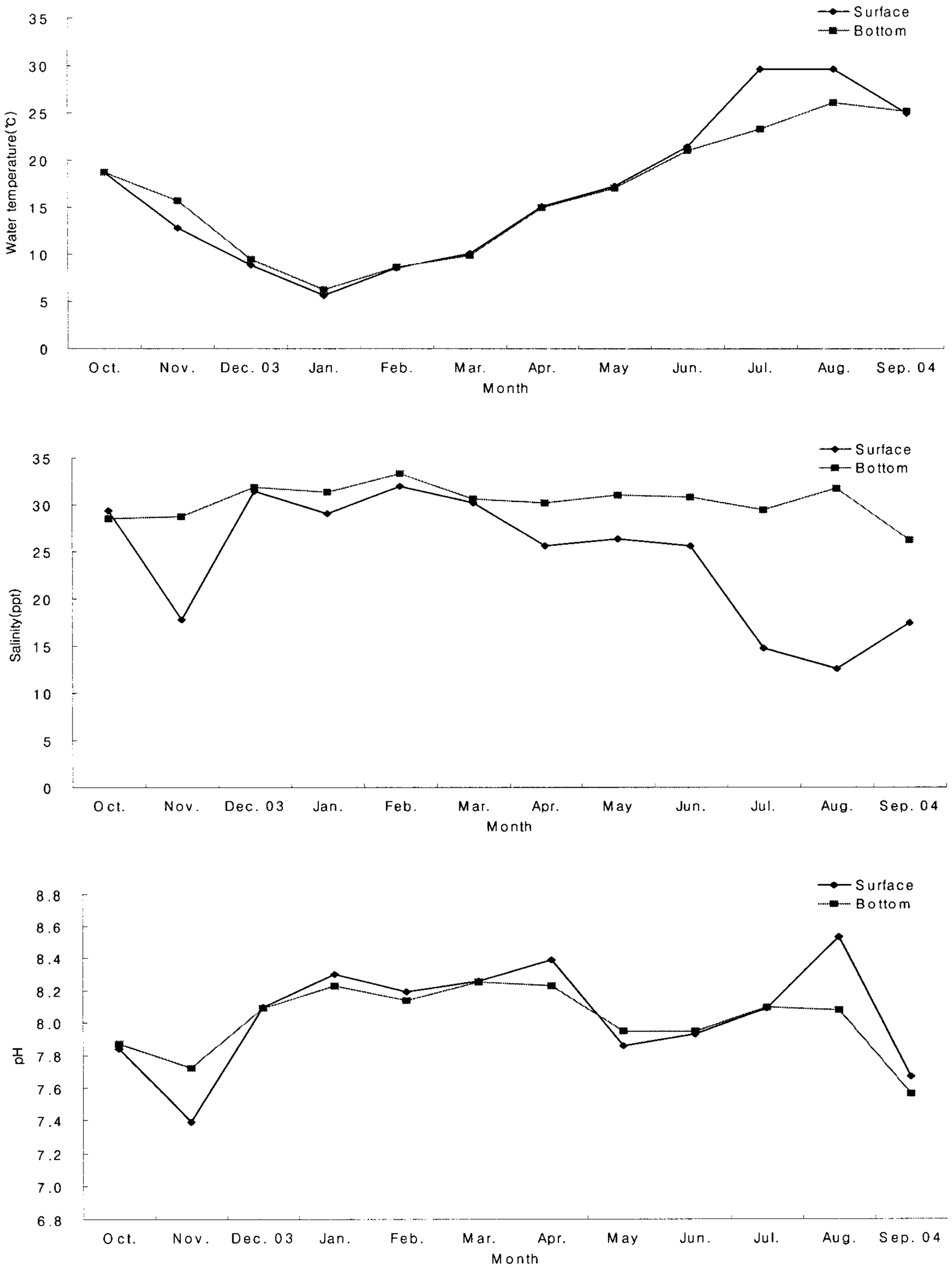
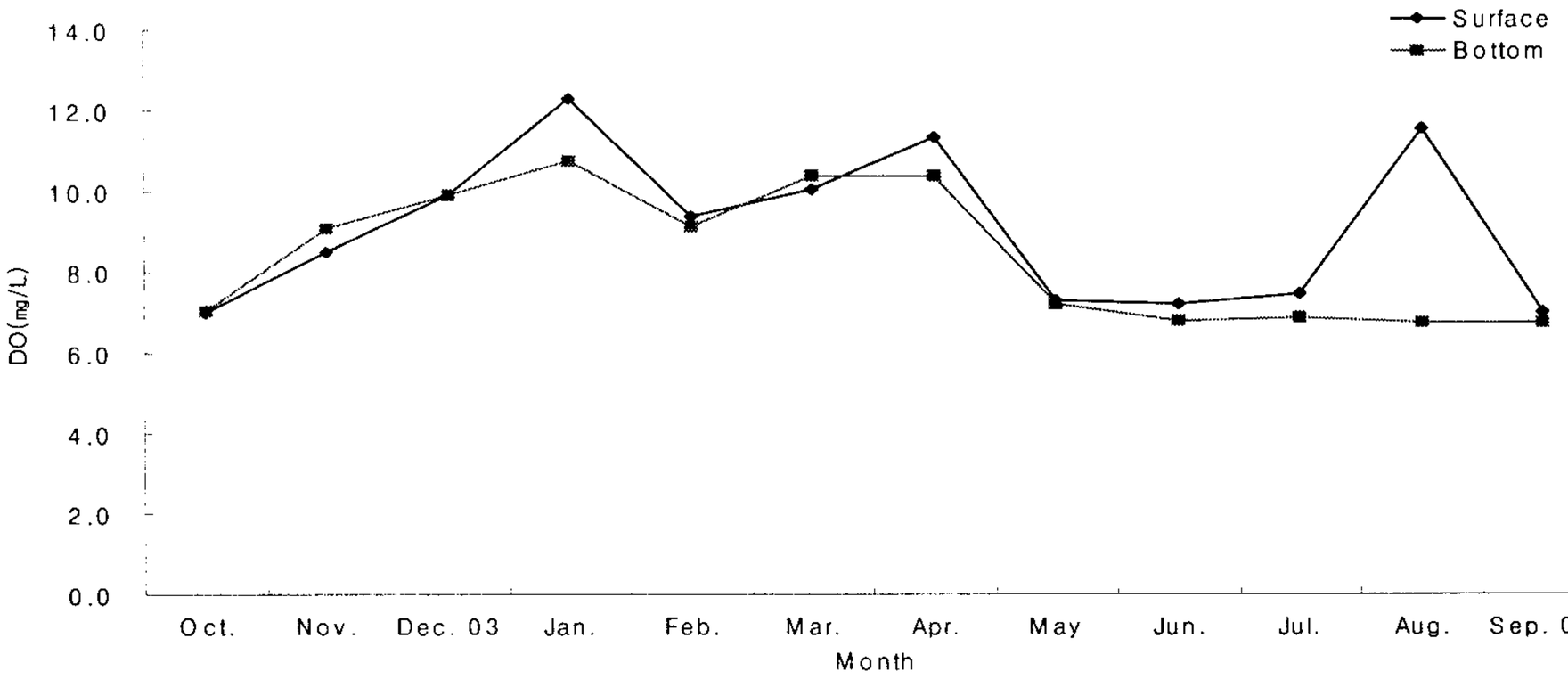
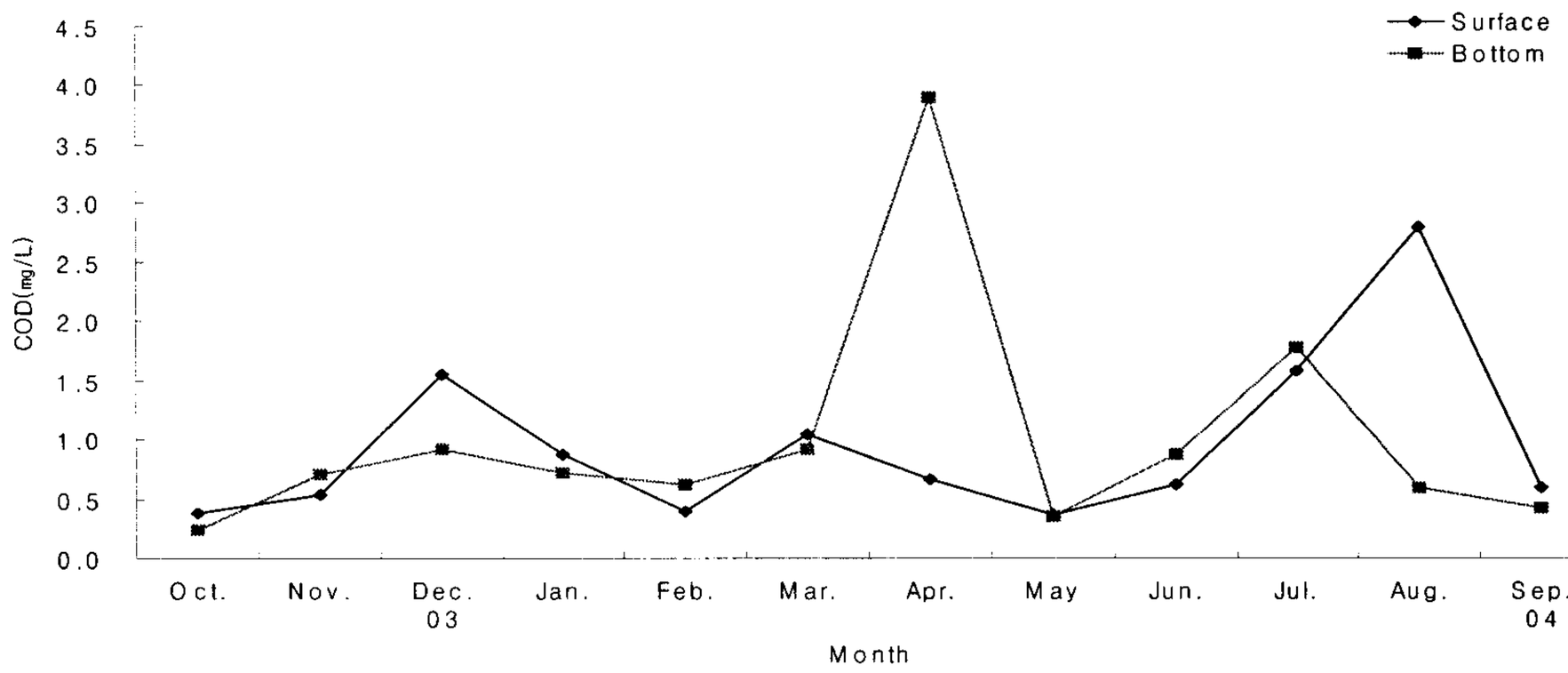


Fig. 19. Changes of water quality at the Geumdang area from Oct. 2003 to Sep. 2004.





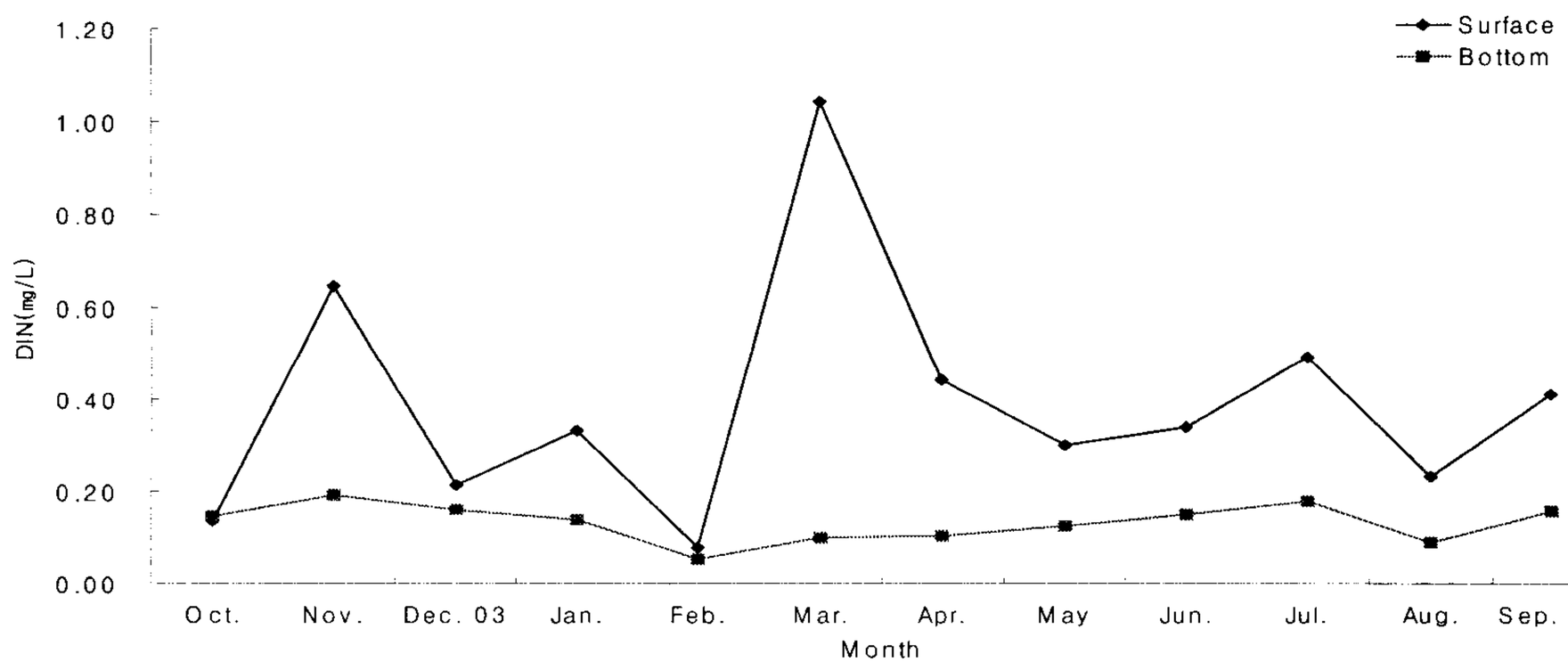
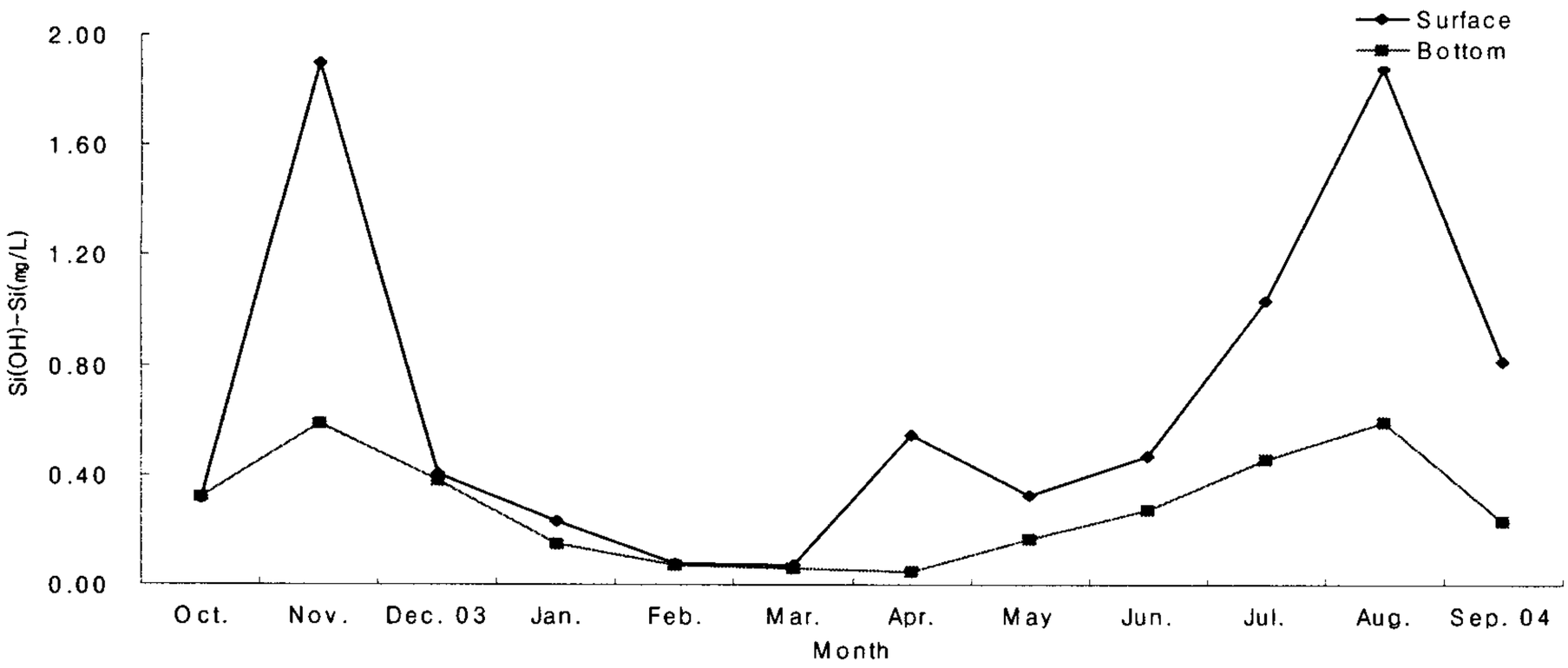
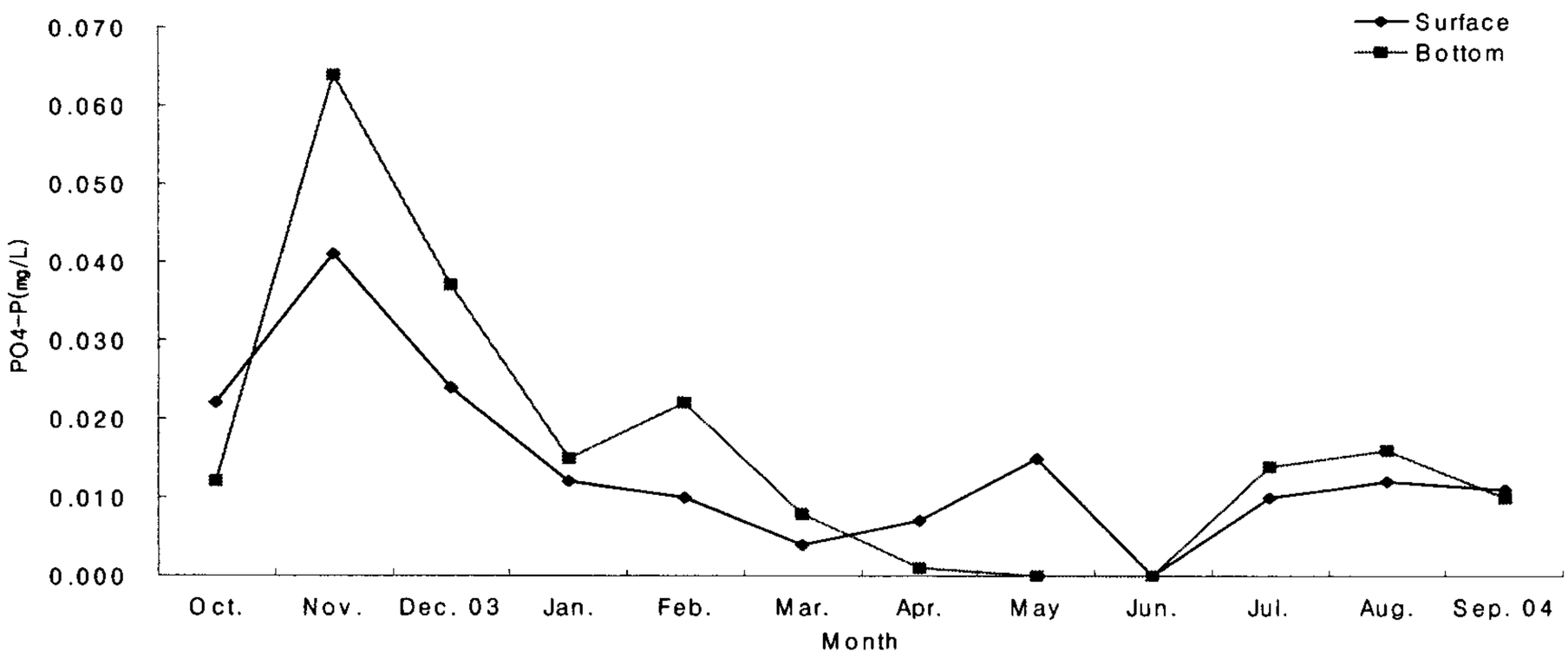


Fig. 19. (continued).





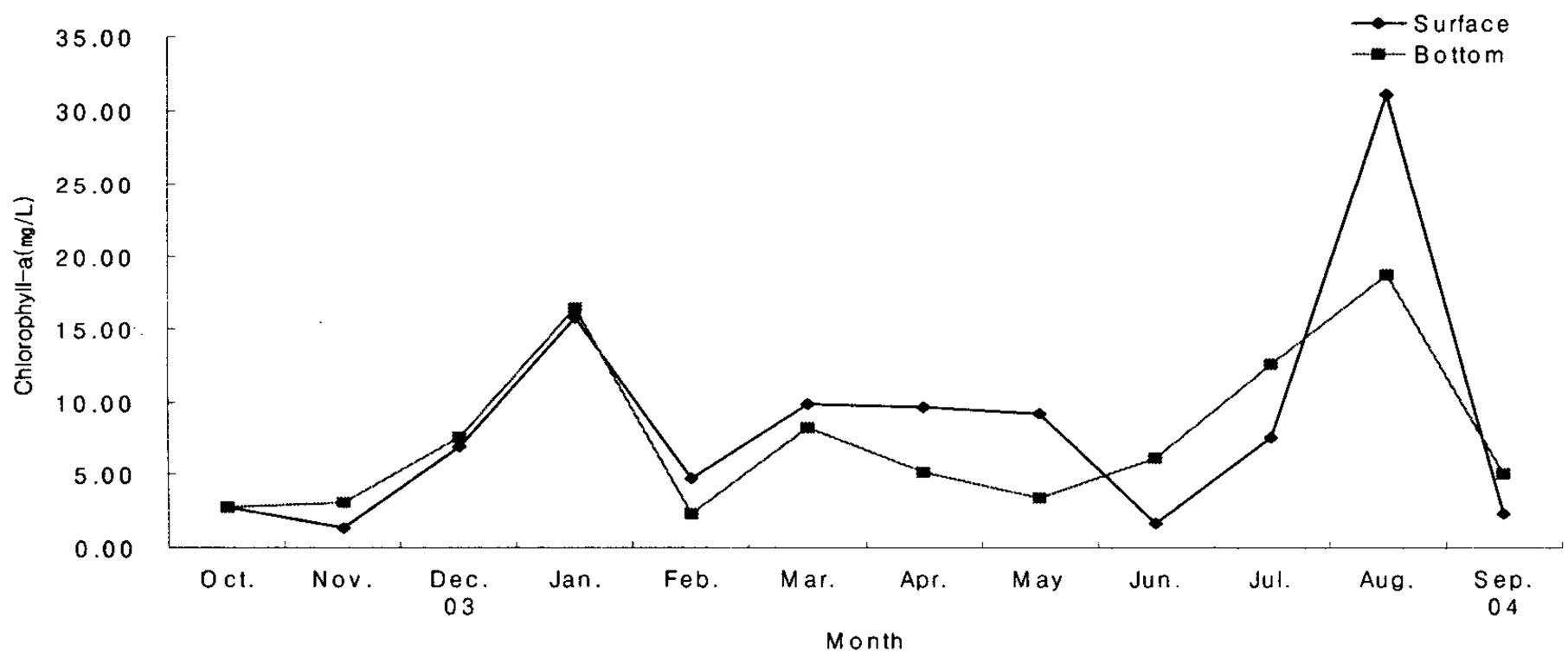


Fig. 19. (continues).

(2) 수리물리학적 조사

하구는 외해로부터 유입되는 해수와 육지의 강으로부터 유출되는 담수가 혼합되는 반폐쇄성 연안수역이다. 일반적인 하구의 순환은 표층에서는 해양쪽으로 나가는 형상이며, 저층에서는 내만 쪽으로 들어오는 형상이 우세한 이층 구조를 가진다(Officer, 1976). 섬진강 하구는 지속적으로 강물이 유입되는 전형적인 하구로 해수 특성과 순환구조는 독특한 구조를 갖으며, 하구로 담수의 유입이 적은 시기에는 만의 특성을 갖는 것으로 판단된다. Officer(1976)는 전형적인 하구의 경우 수평적인 특성변화가 하구를 따라서 나타난다고 하였으며, 본 조사 기간 동안에도 이와 유사한 특성변화가 나타남을 알 수 있었다. 섬진강 하구역은 시기적으로 염분과 수온에 따른 밀도성층이 발생하는 지역이라 할 수 있다. 일반적으로 염분분포는 유입 담수량과 조석의 상호작용에 의해 결정된다고 할 수 있다. 담수량은 갈수기, 평수기, 홍수기 등의 계절적 변화를 보이며, 조석은 매일 두 번씩 반복되는 만조와 간조 그리고 한 달에 두 번씩 반복되는 대조와 소조의 특징을 갖는다. 따라서 하구에서의 염분분포는 이상 두 가지 조건의 조합에 따라 결정 되며, 섬진강 하구역의 관측 지점 별 수심은 Fig. 3과 같다.

관측에 따른 염분과 수온의 분포는 Fig. 20에서 35까지 제시하였으며, 관측지점 4의 표층과 저층에서 관측된 유속과 유향은 Figs. 36-39까지 제시하였다.

섬진강 강굴서식지내 해수 유동구조를 파악하기 위해 2004년 4월 10일에 6 지점에서 선박을 이용하여 층별 연속관측을 시행하였으며, 낙조, 간조, 창조, 만조의 순서로 유속구조를 도면으로 제시하였다(Figs. 40-47). 그림은 조석에 따른 해수흐름의 방향과 세기를 잘 보여주고 있다. 층별 유속구조에 대해서는 Figs. 48-50에 제시하였다. 섬진강대교에서 유동은 개수로에서 나타나는 일반적인 대수 함수적 단면을 보이면서 동시에 표층과 저층의 흐름이 분리되는 현상을 볼 수 있다. 이는 상류 담수와 하류 해수가 만나면서 밀도차에 의한 밀도류가 형성되는 까닭으로 판단되었다. 망덕에서는 표층과 저충 일정한 위치에 유속계 2대를 설치하여 관측하였다. 최강 유속은 약 1 과 0.7 m/s이다. 이는 조차가 동일하지 않은 까닭으로 조차가 클 수록 유속은 증가하게 된다. 광양대교에서 관측된 유속은 전형적인 대수 함수적 단면을 보이는데 최강유속은 약 1 m/s이다.

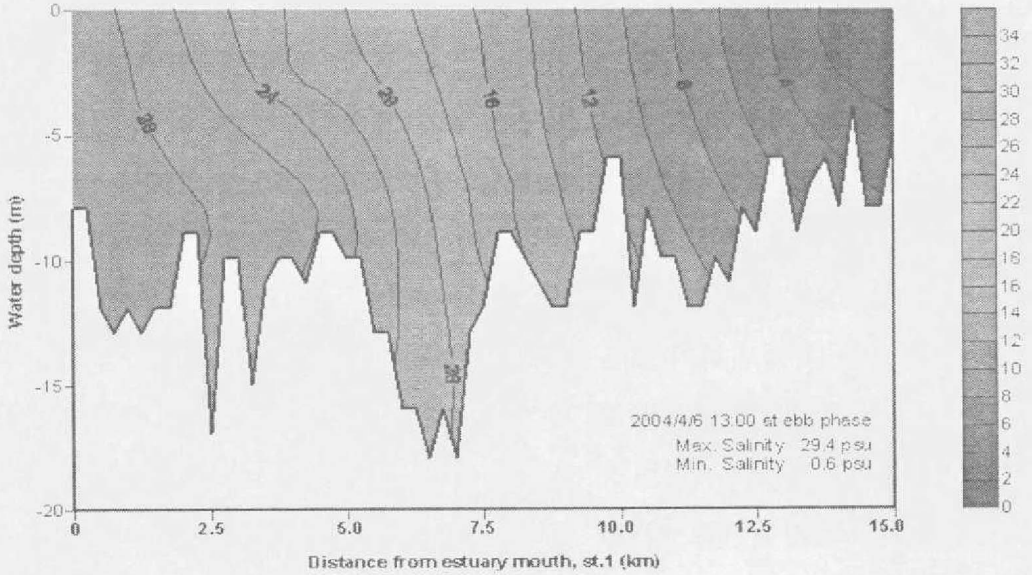


Fig. 20. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/13:00; ebb tide). Solid lines represent lines of equal salinity.

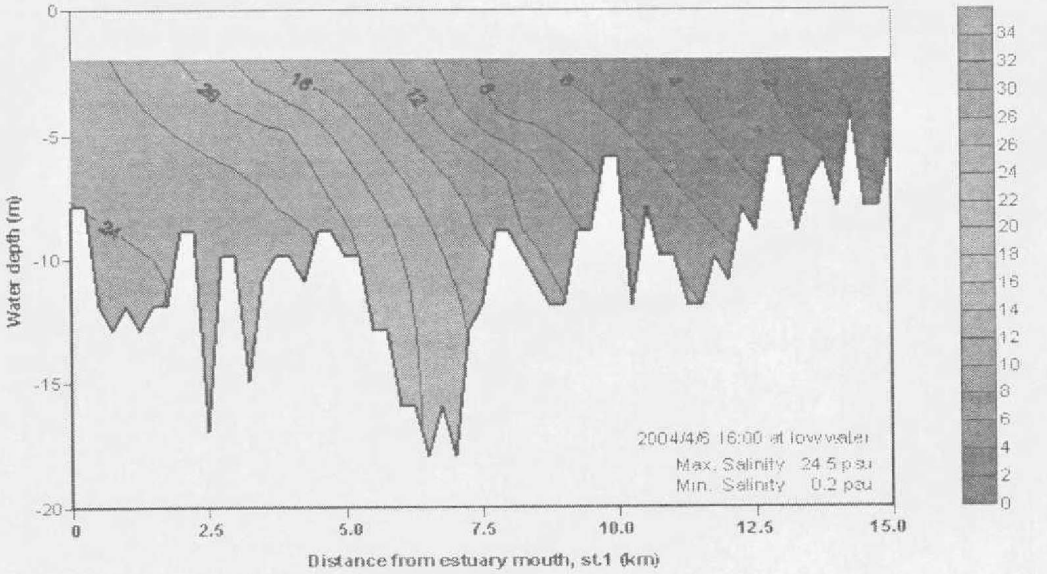


Fig. 21. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/16:00; low tide). Solid lines represent lines of equal salinity.

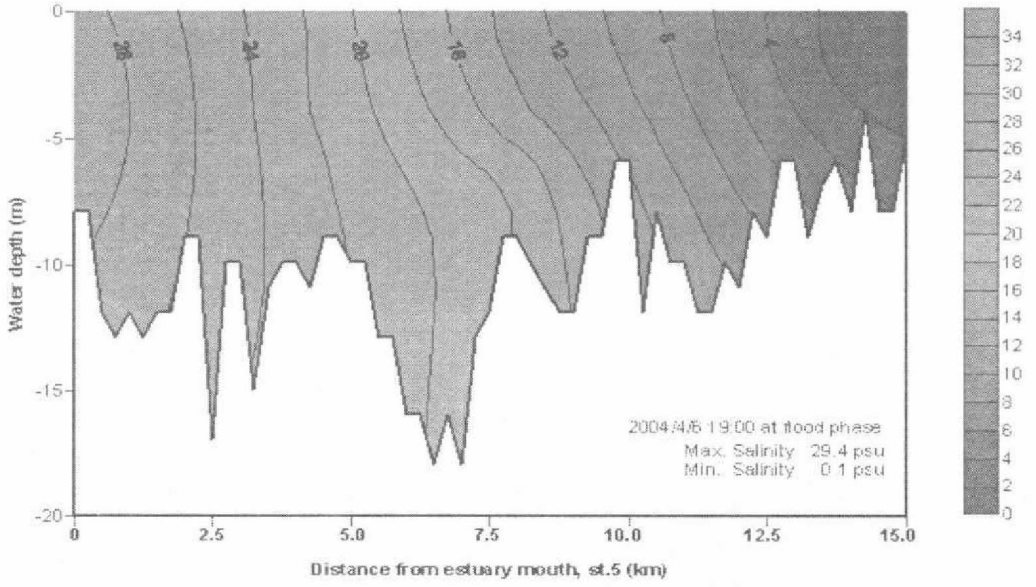


Fig. 22. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/19:00; flood tide). Solid lines represent lines of equal salinity.

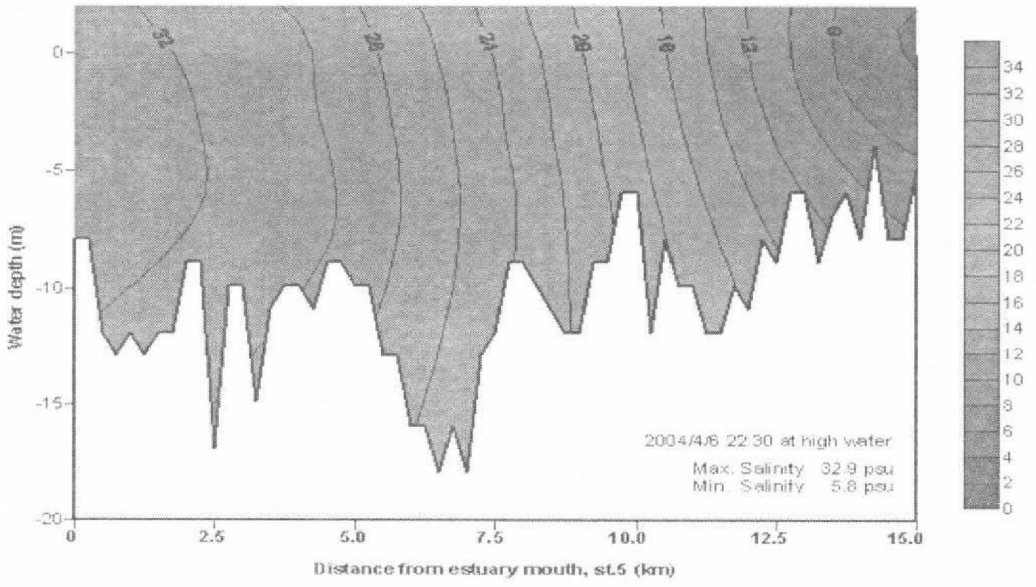


Fig. 23. Types of estuaries. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/22:30; high tide). Solid lines represent lines of equal salinity.

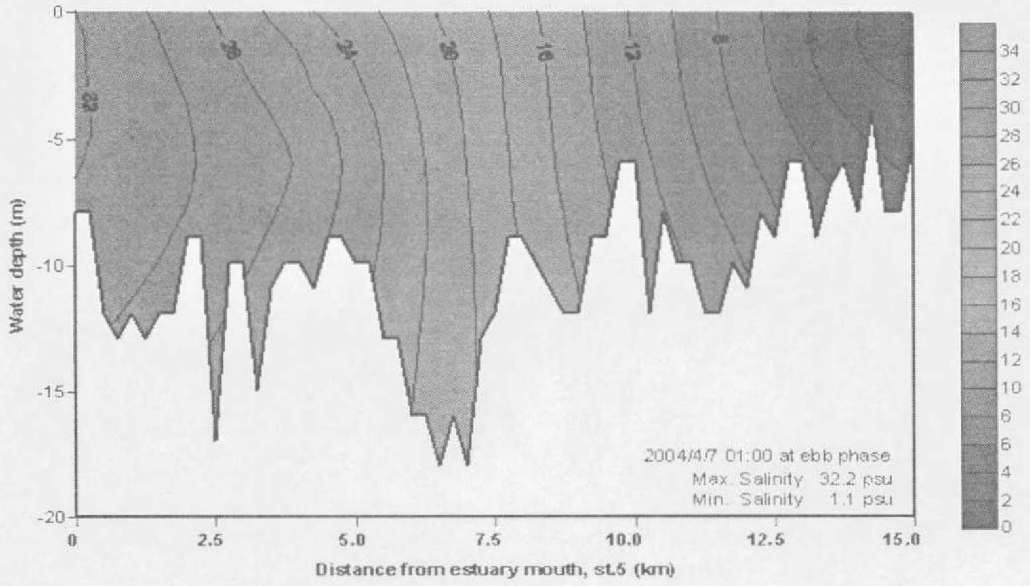


Fig. 24. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/01:00; ebb tide). Solid lines represent lines of equal salinity.

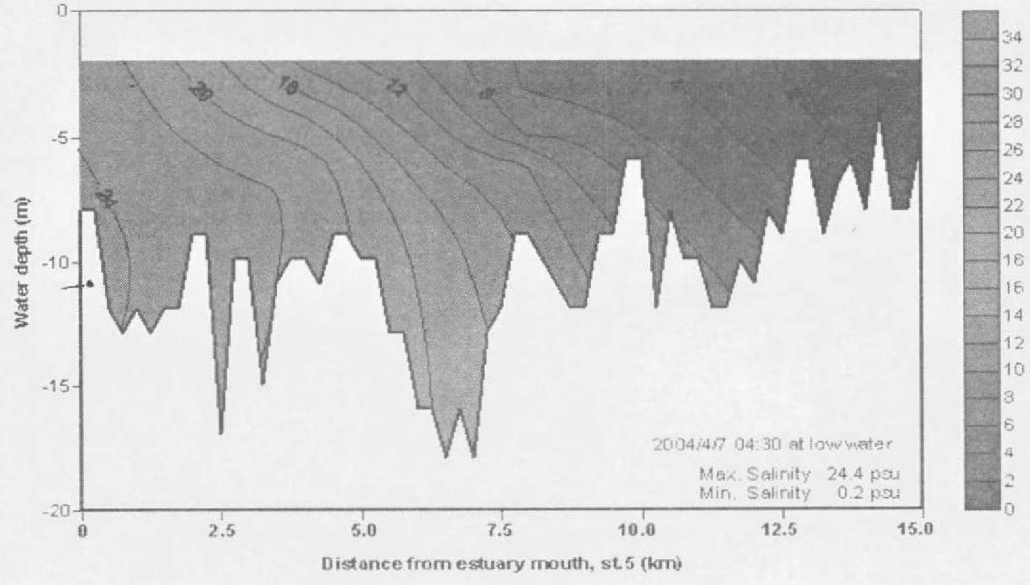


Fig. 25. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/04:30; low tide). Solid lines represent lines of equal salinity.

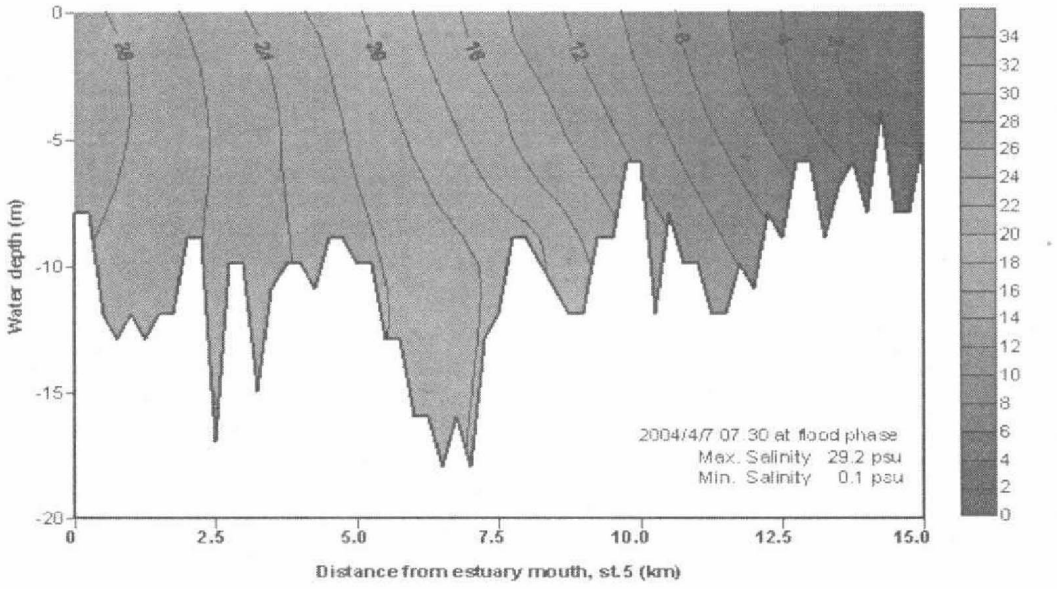


Fig. 26. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/07:30; flood tide). Solid lines represent lines of equal salinity.

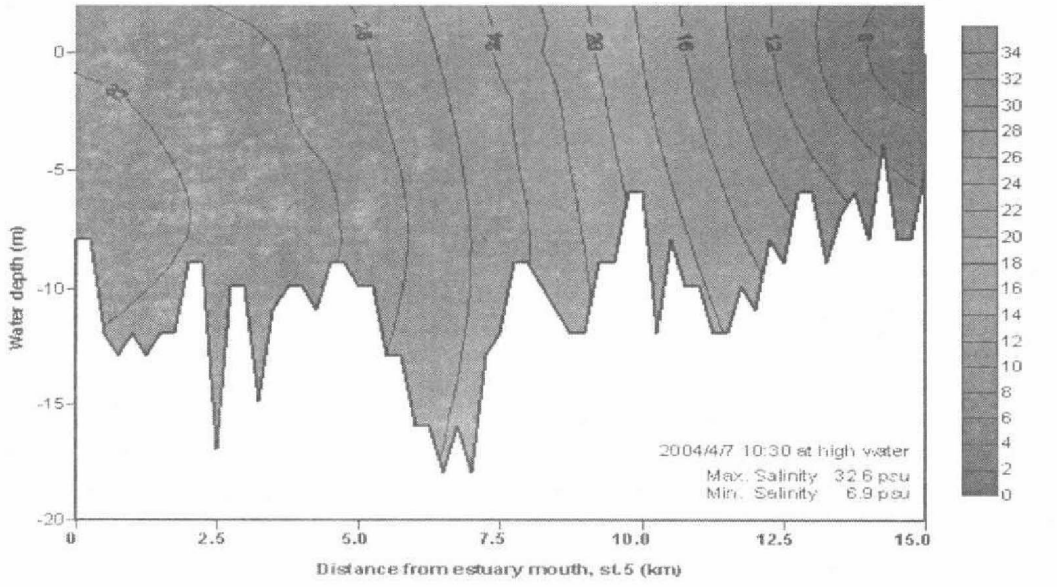


Fig. 27. Types of salinity distribution in the Seomjin River. Salinity values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/10:30; high tide). Solid lines represent lines of equal salinity.

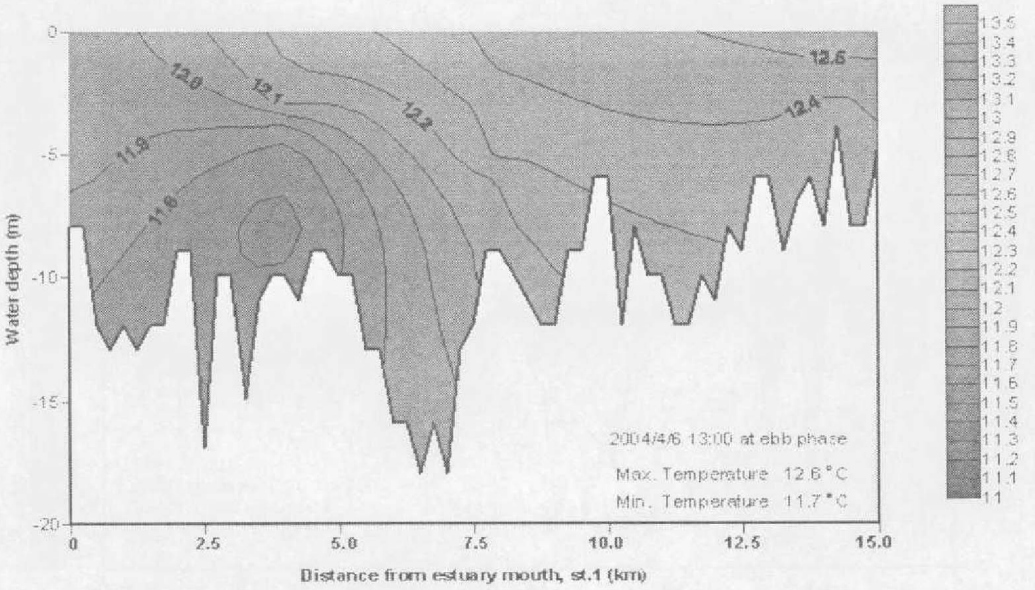


Fig. 28. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/13:00; ebb tide). Solid lines represent lines of equal water temperature.

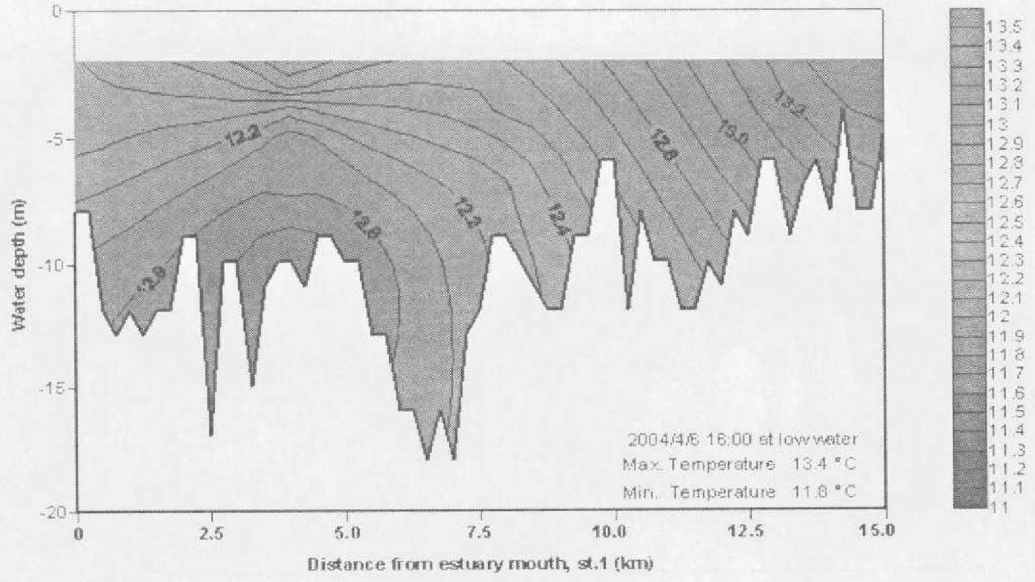


Fig. 29. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/16:00; low tide). Solid lines represent lines of equal water temperature.

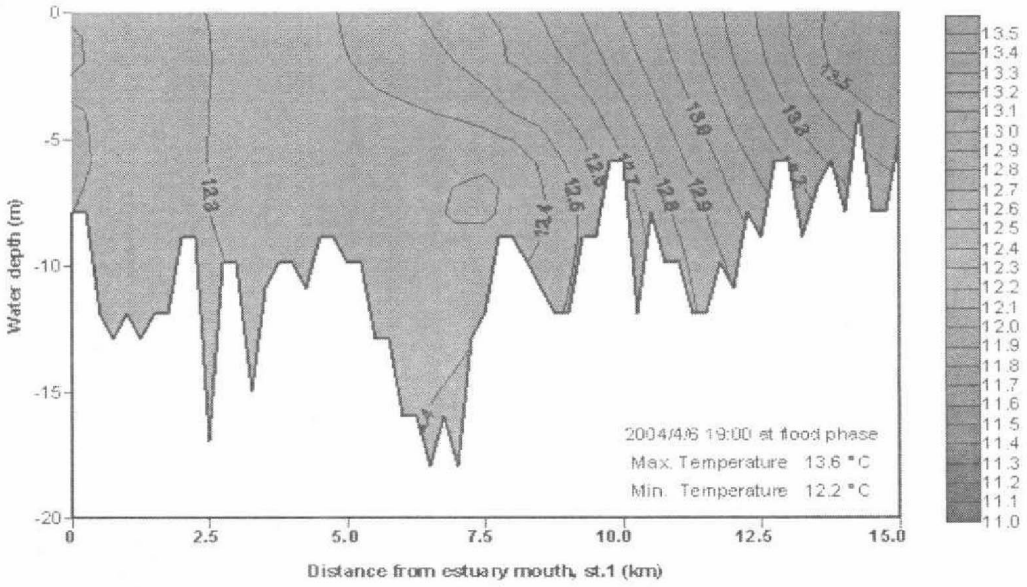


Fig. 30. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/19:00; flood tide). Solid lines represent lines of equal water temperature.

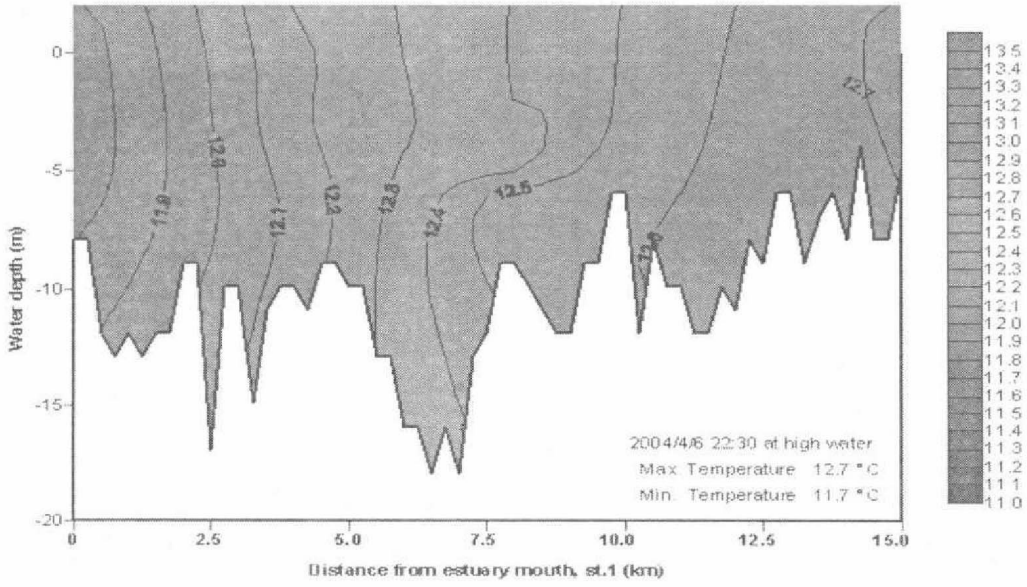


Fig. 31. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/22:30; high tide). Solid lines represent lines of equal water temperature.

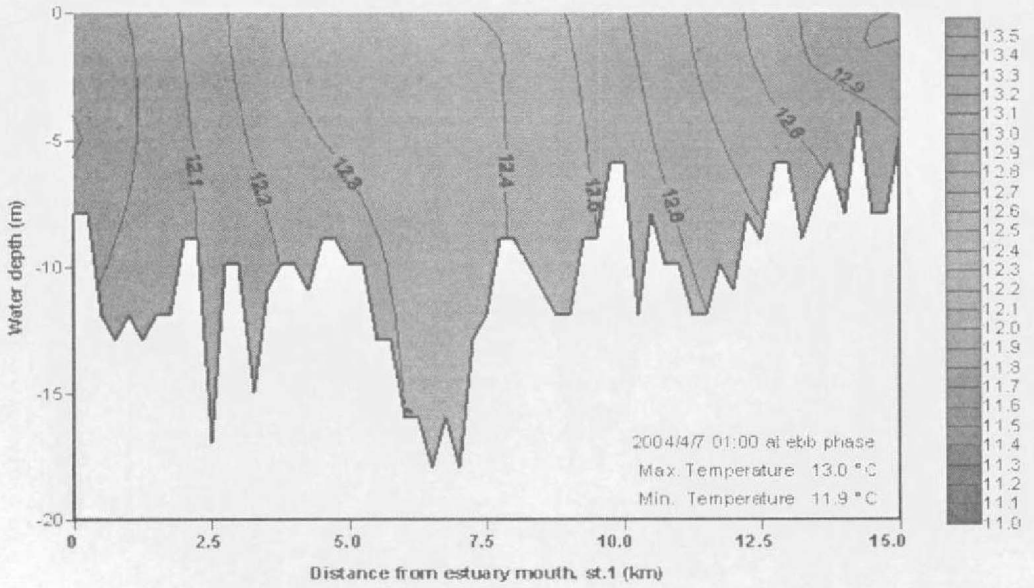


Fig. 32. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/01:00; ebb tide). Solid lines represent lines of equal water temperature.

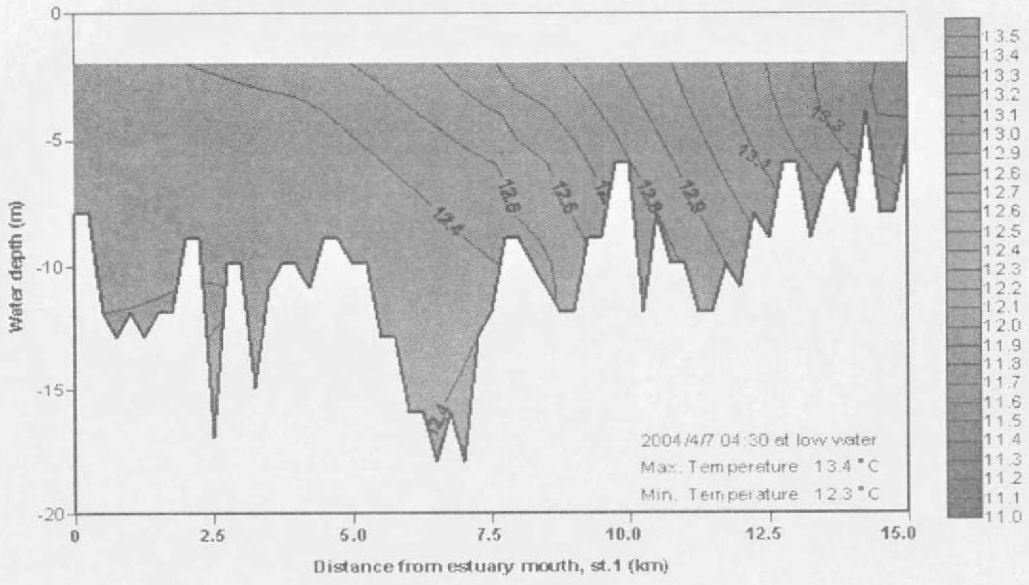


Fig. 33. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/04:30; low tide). Solid lines represent lines of equal water temperature.

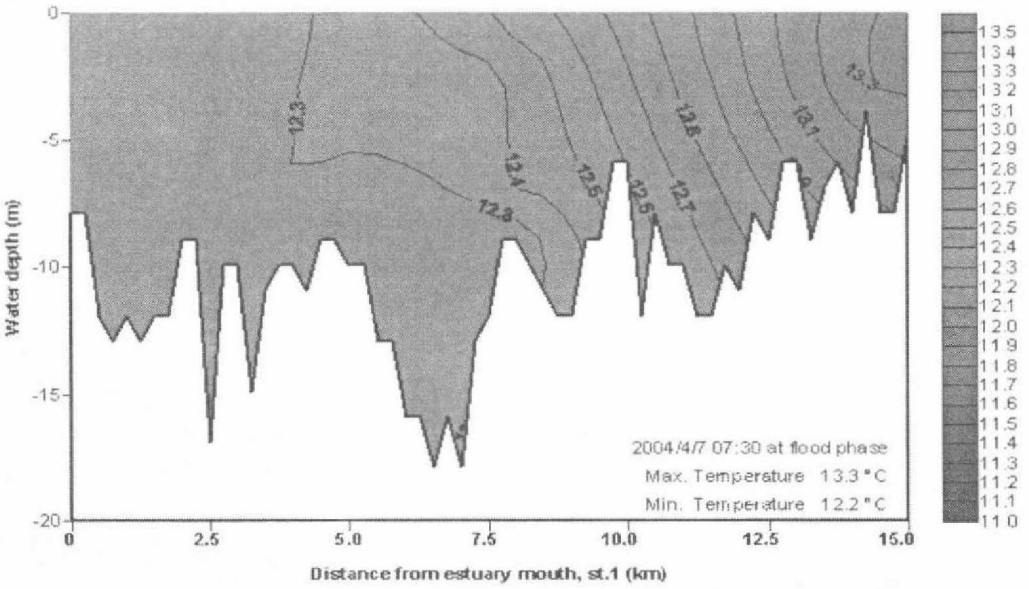


Fig. 34. Types of water temperature distribution in the Seomjin River. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/07:30; flood tide). Solid lines represent lines of equal water temperature.

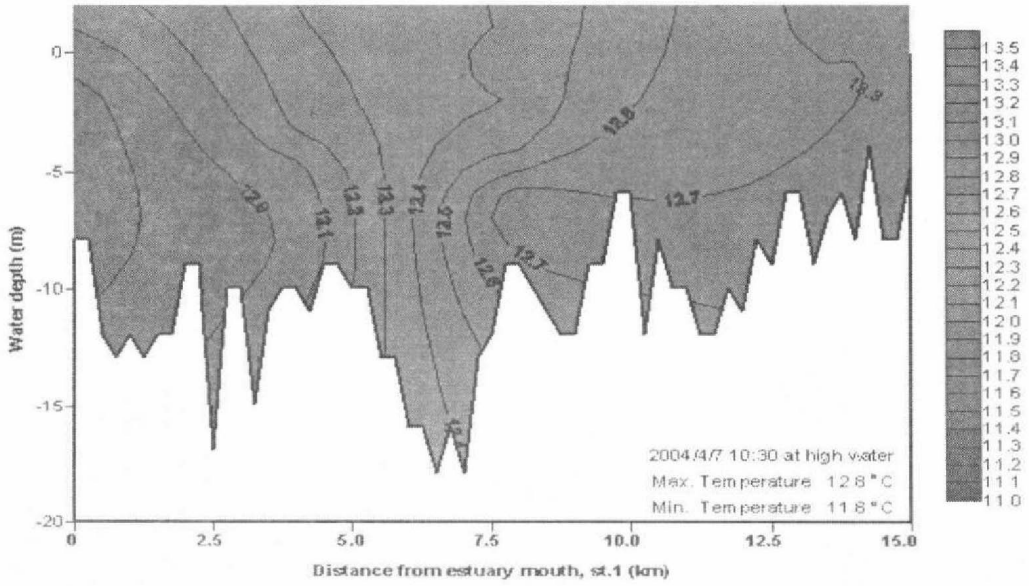


Fig. 35. Types of estuaries. Water temperature values in each type show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/10:30; high tide). Solid lines represent lines of equal water temperature.

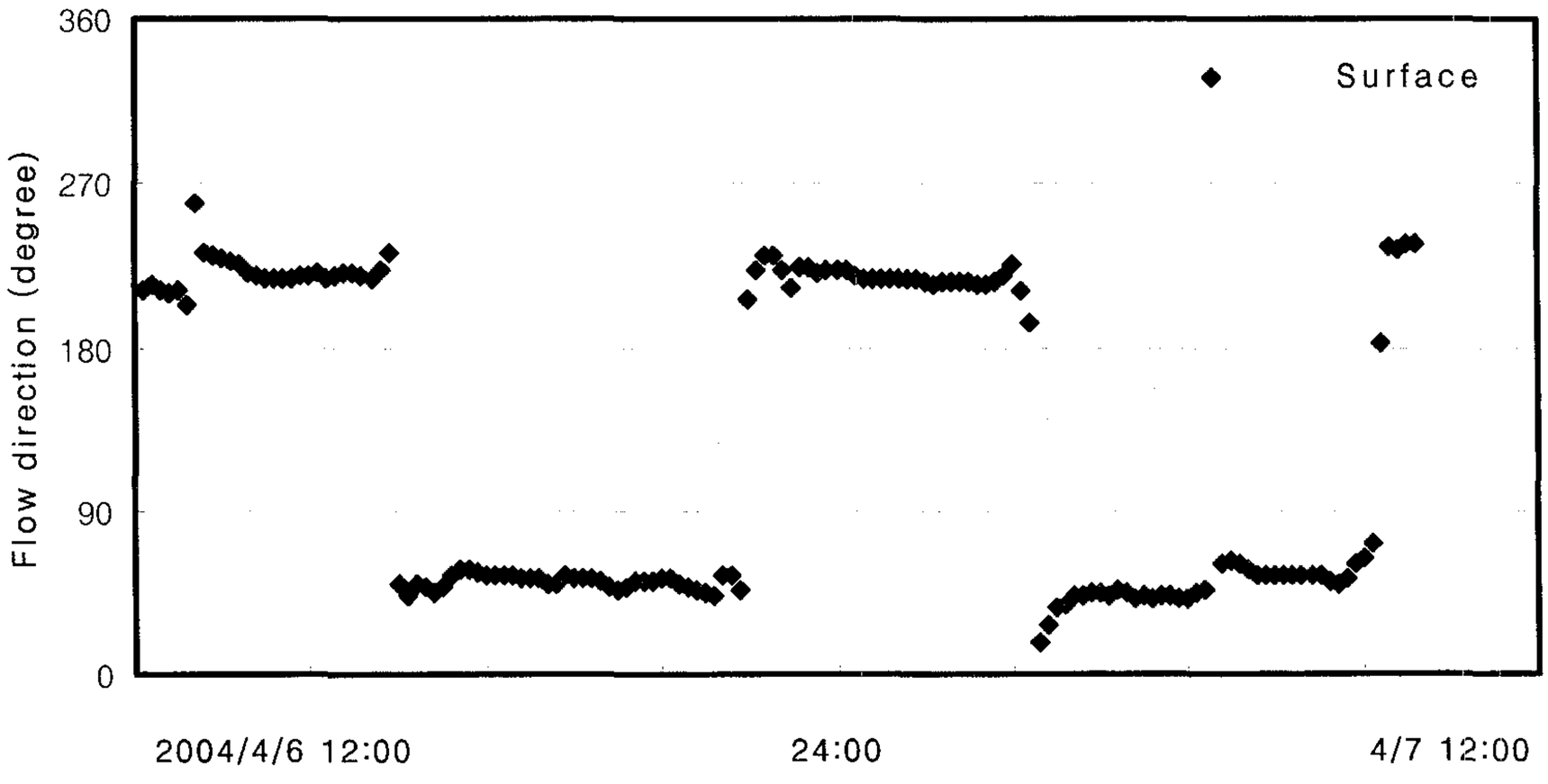


Fig. 36. Current direction for every 25 hours during the sampling interval in station 4.

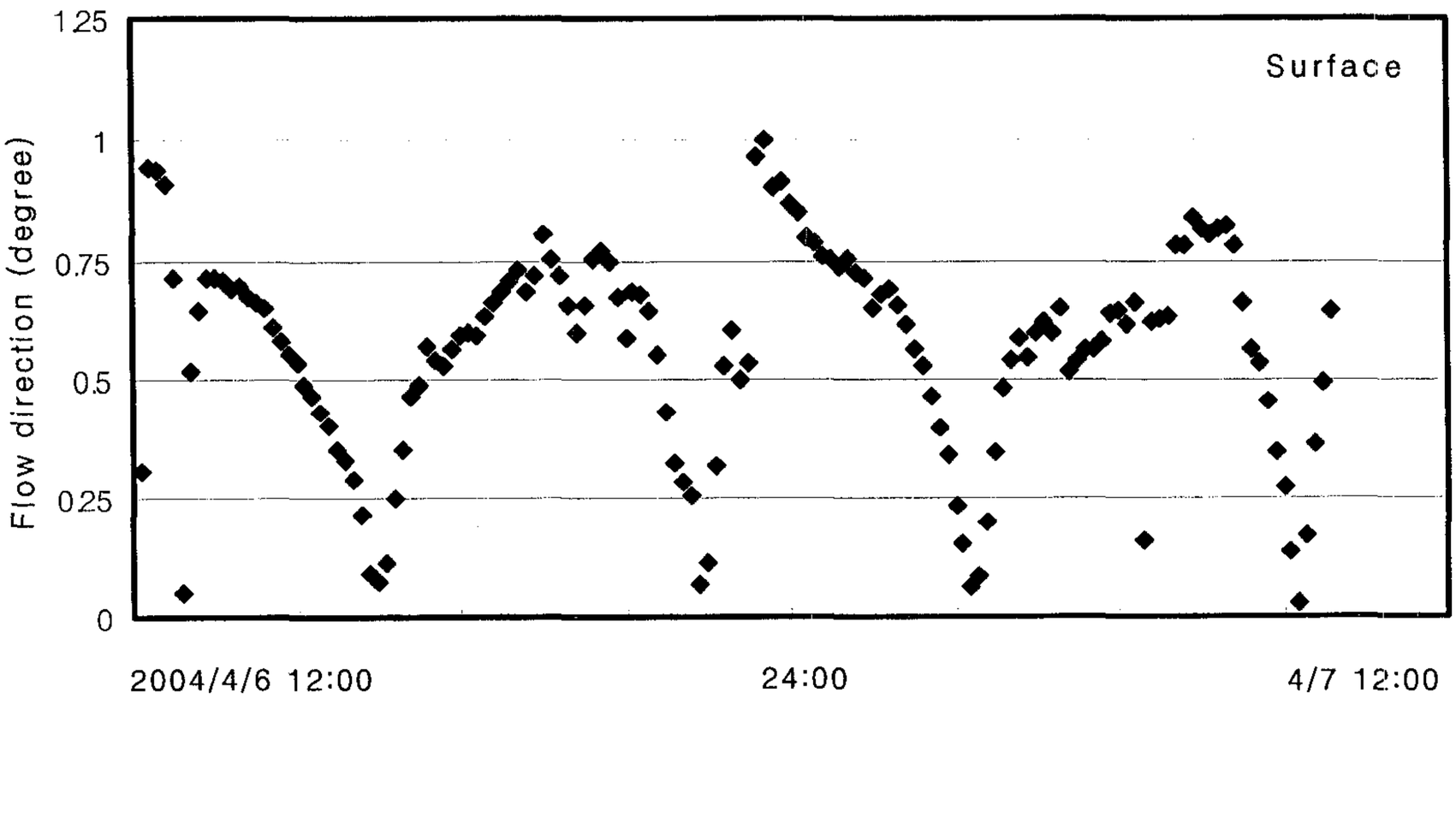


Fig. 37. Current speed for every 25 hours during the sampling interval in station 4.

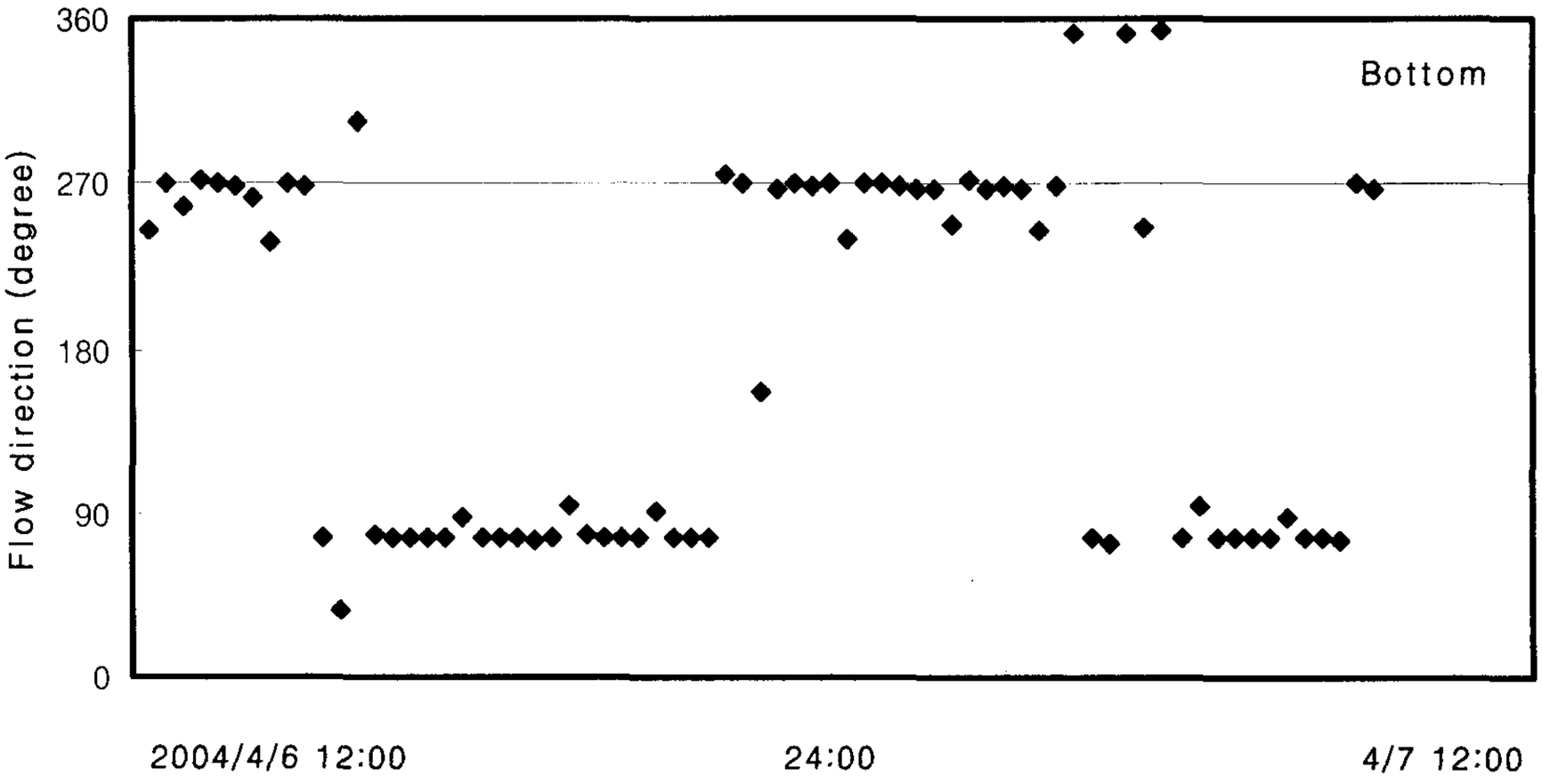


Fig. 38. Current direction for every 25 hours during the sampling interval in station 4.

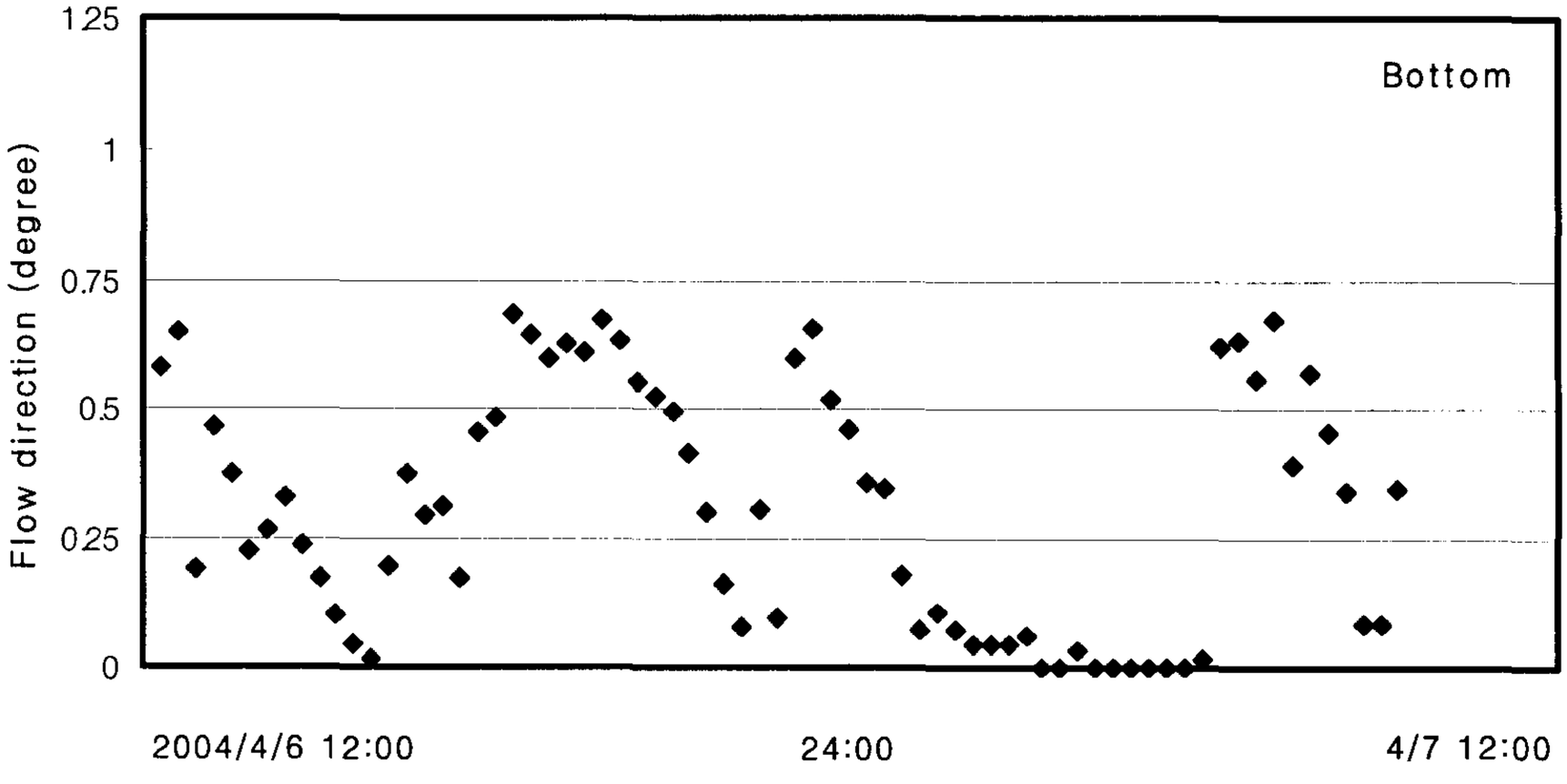


Fig. 39. Current speed for every 25 hours during the sampling interval in station 4.

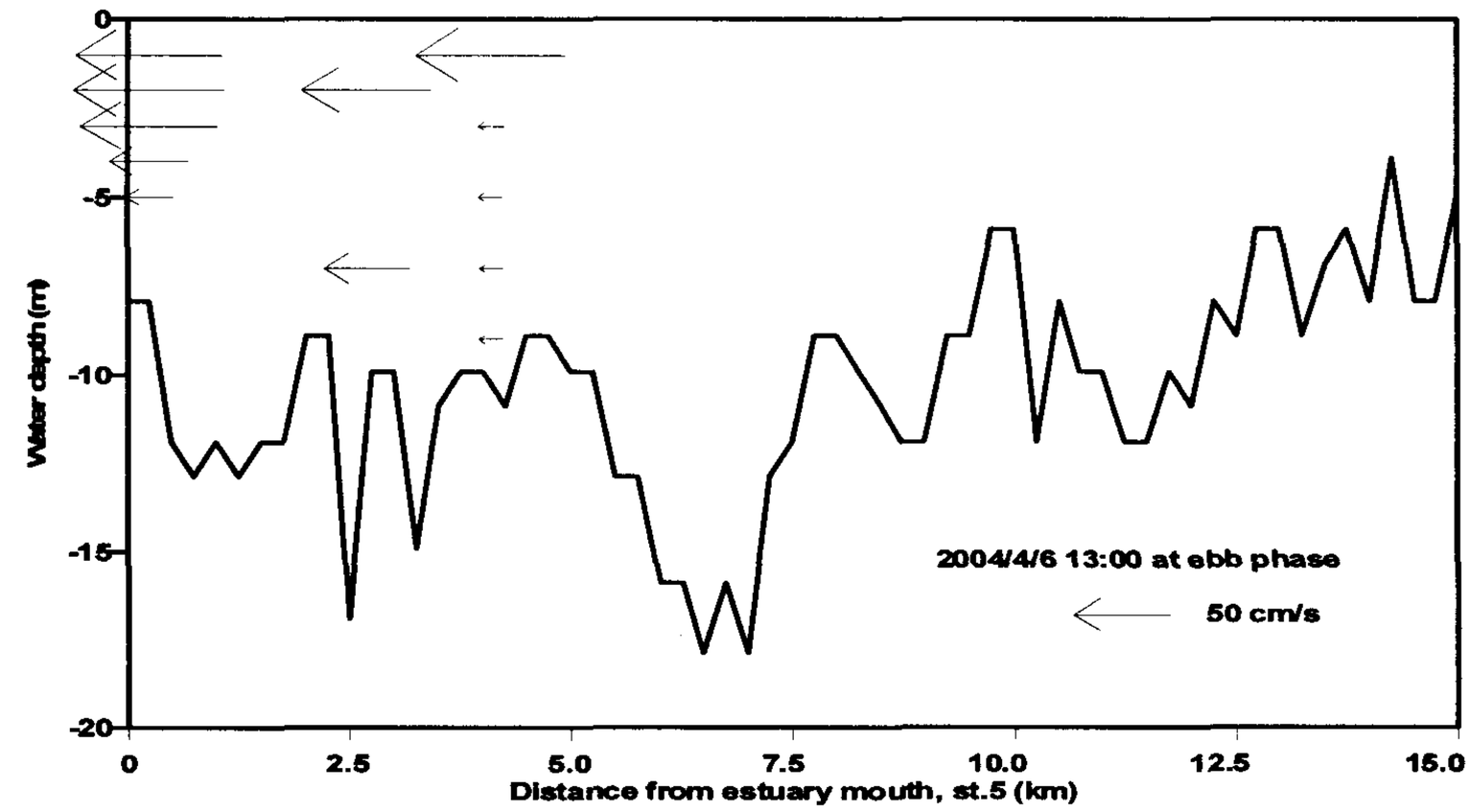


Fig. 40. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/13:00; ebb tide). Current speed is in cm/sec.

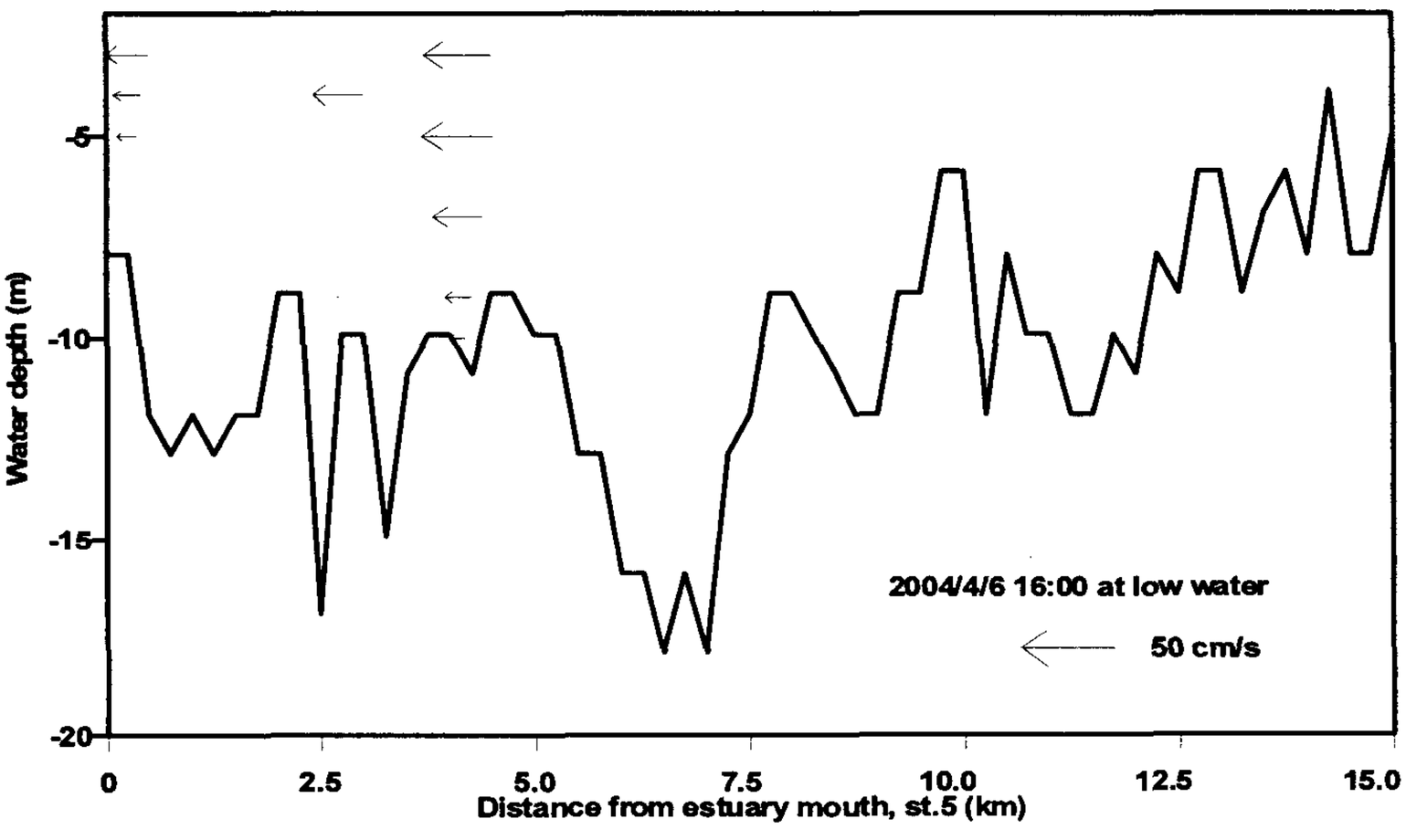


Fig. 41. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/16:00; low tide). Current speed is in cm/sec.

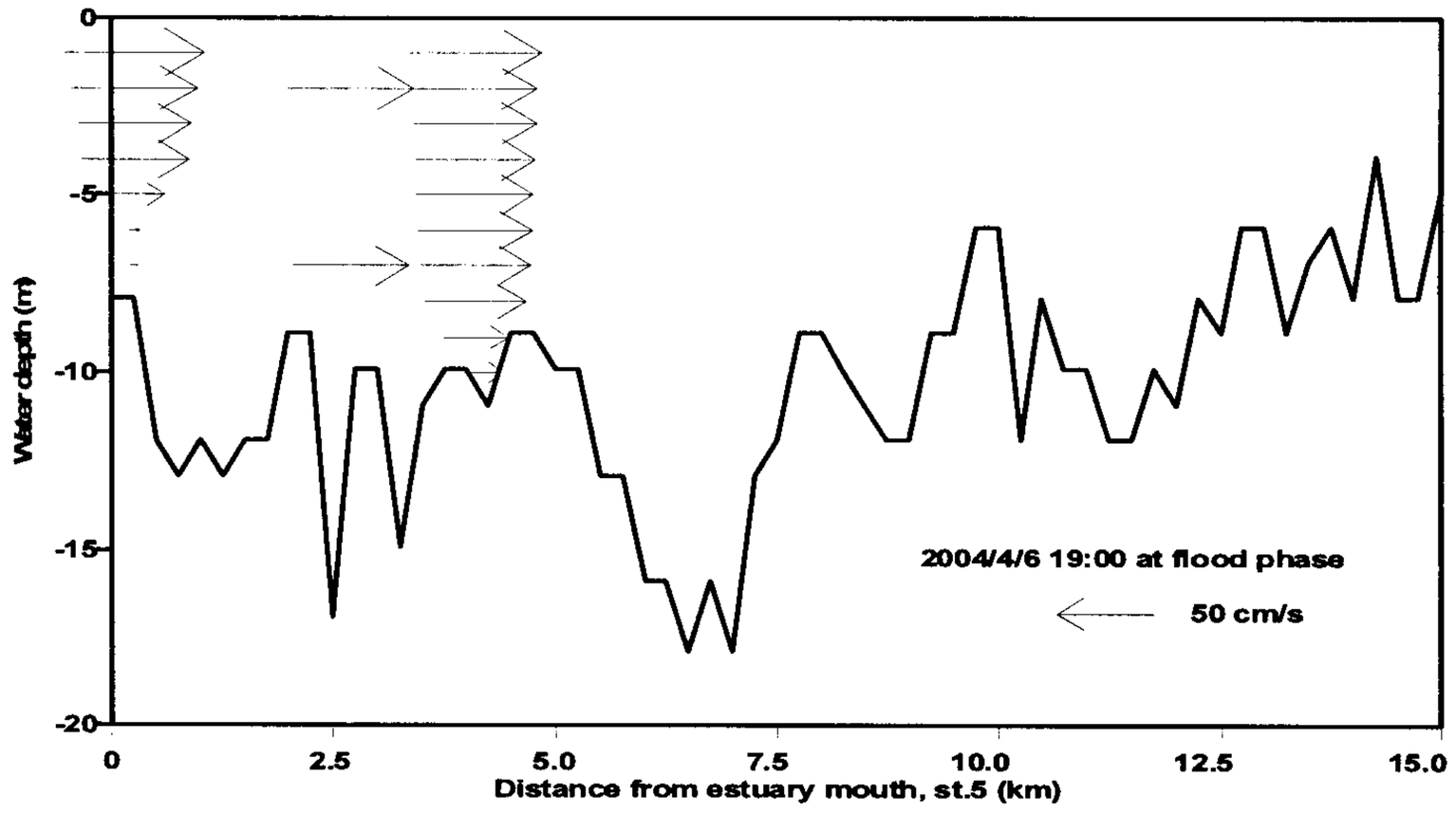


Fig. 42. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/19:00; flood tide). Current speed is in cm/sec.

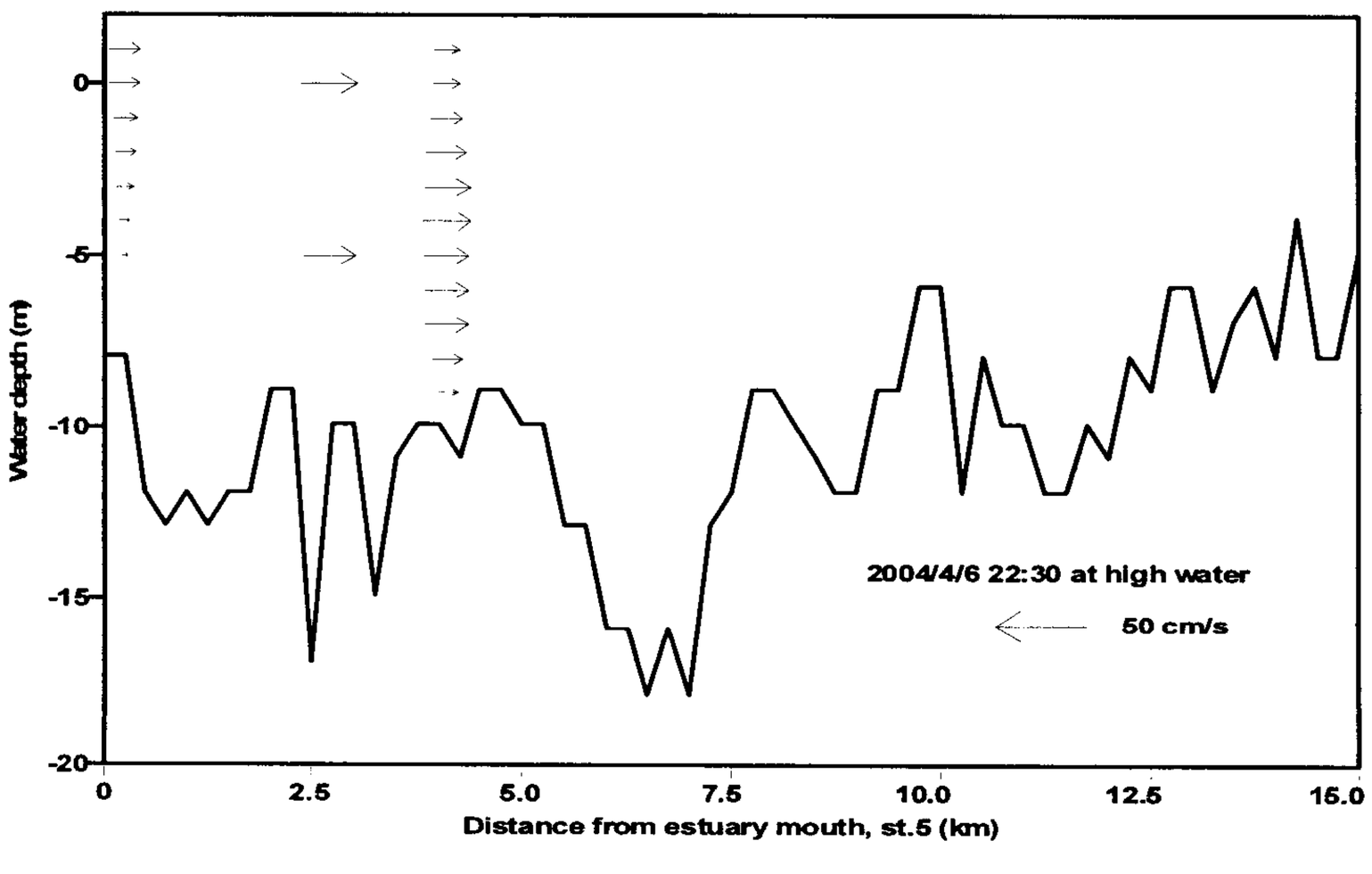


Fig. 43. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/6/22:30; high tide). Current speed is in cm/sec.

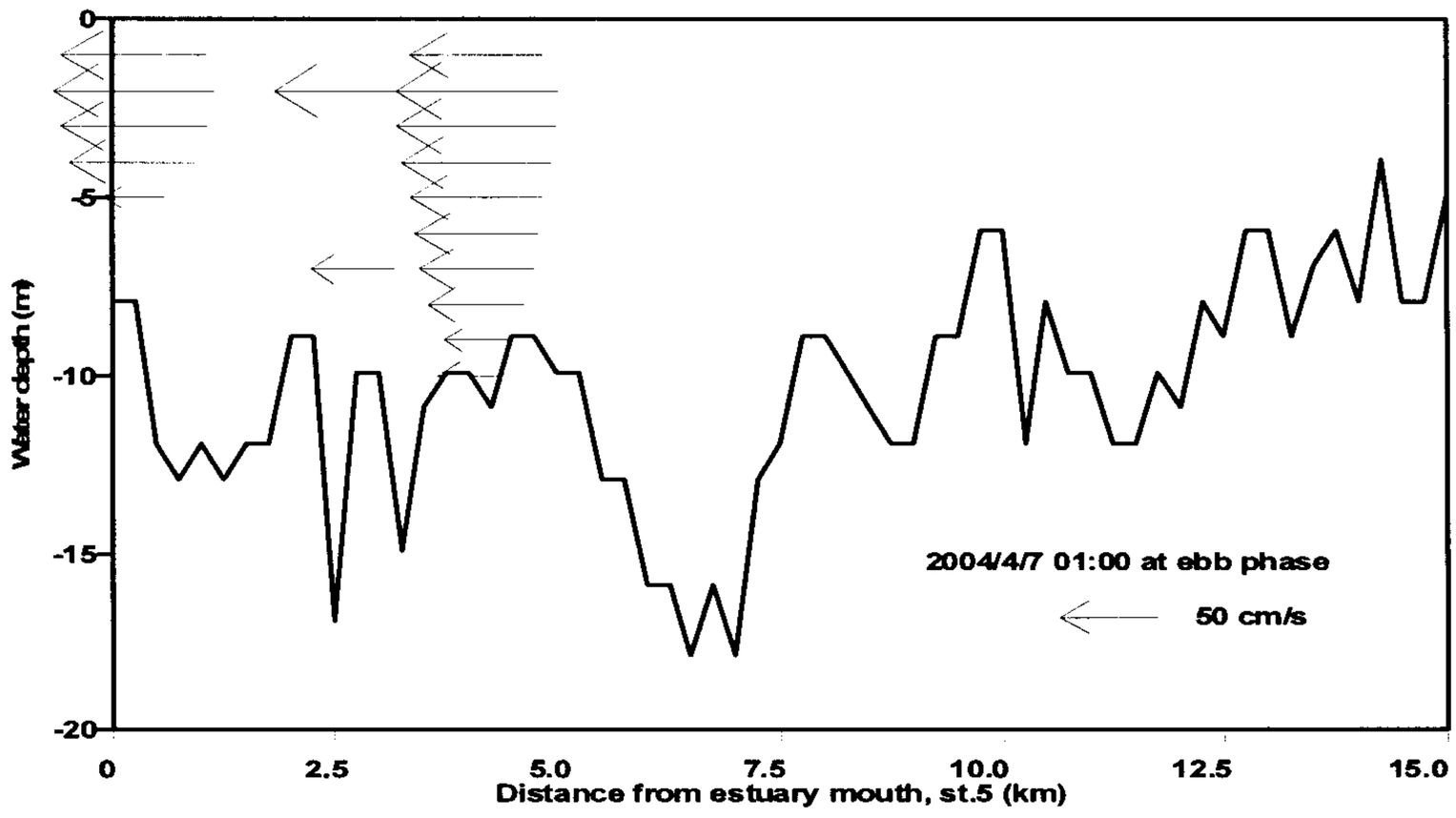


Fig. 44. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/01:00; ebb tide). Current speed is in cm/sec.

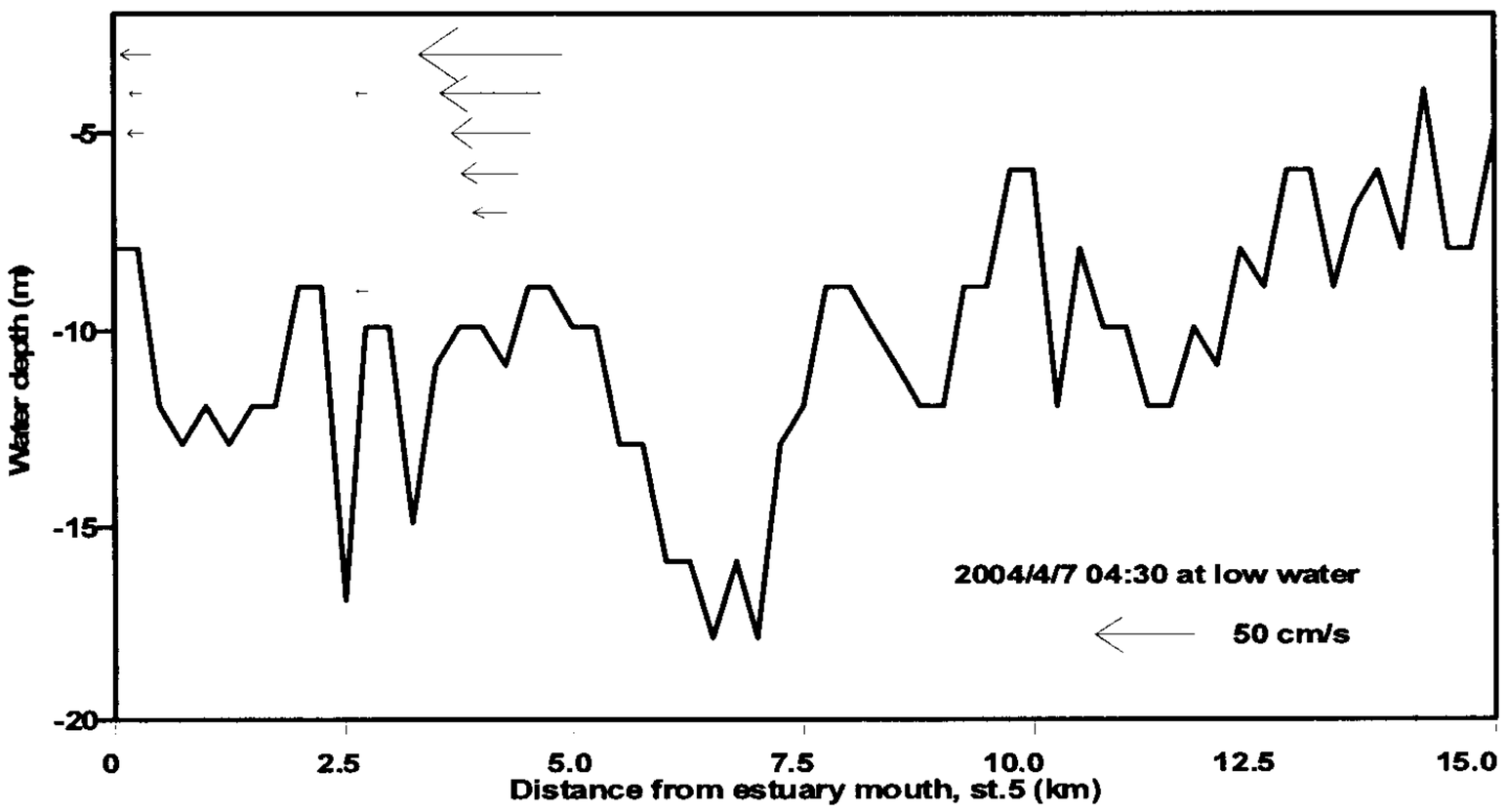


Fig. 45. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/04:30; low tide). Current speed is in cm/sec.

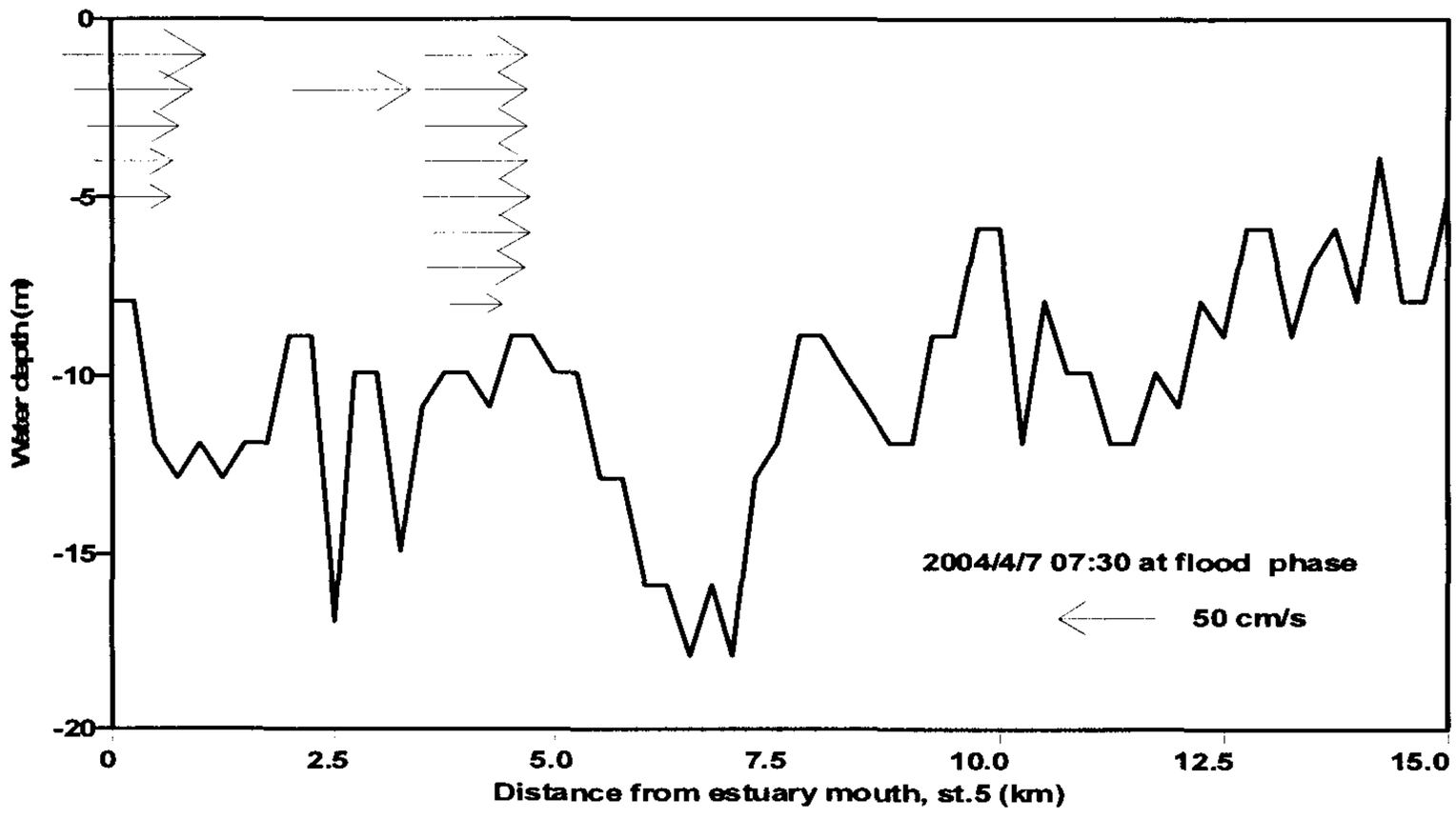


Fig. 46. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/07:30; flood tide). Current speed is in cm/sec.

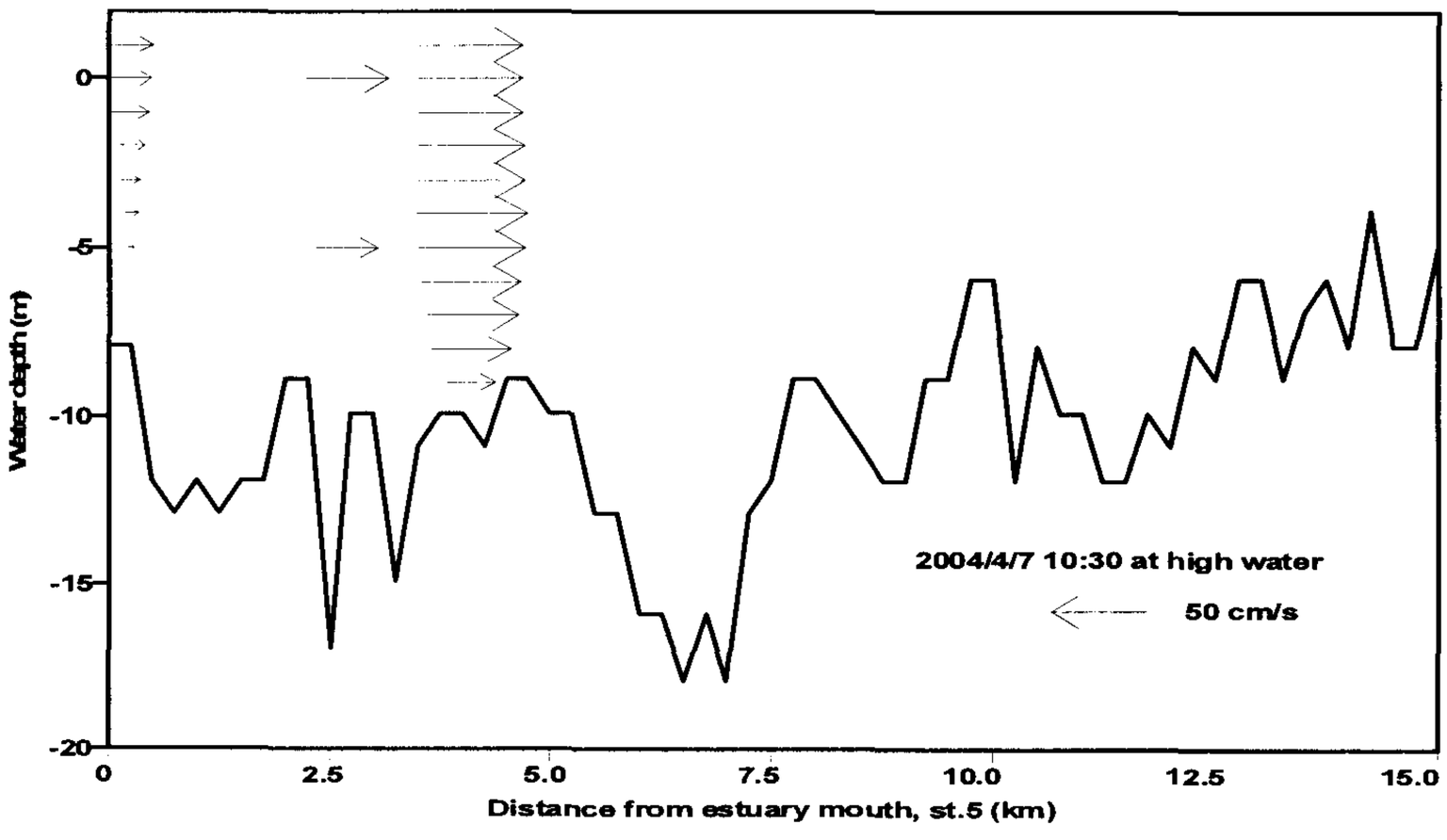
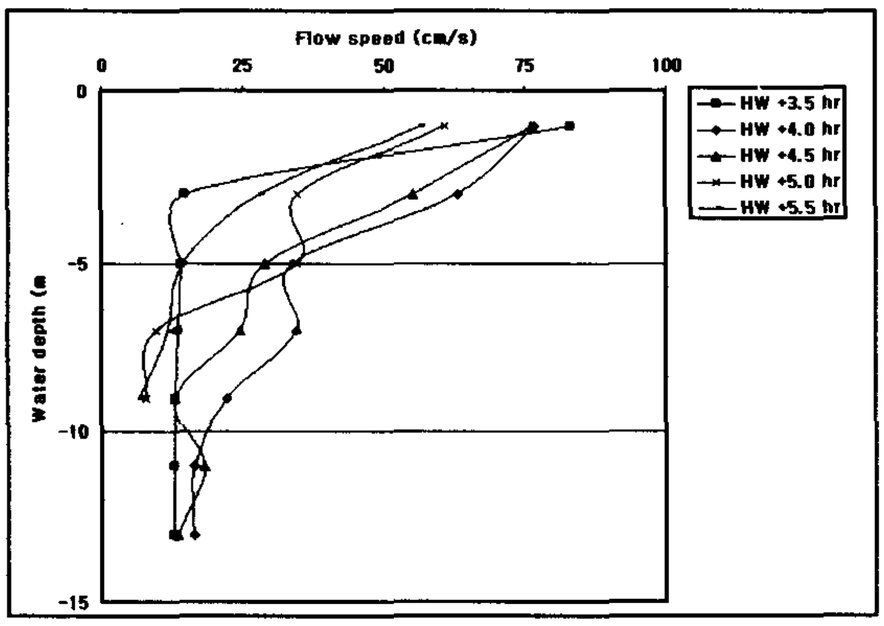
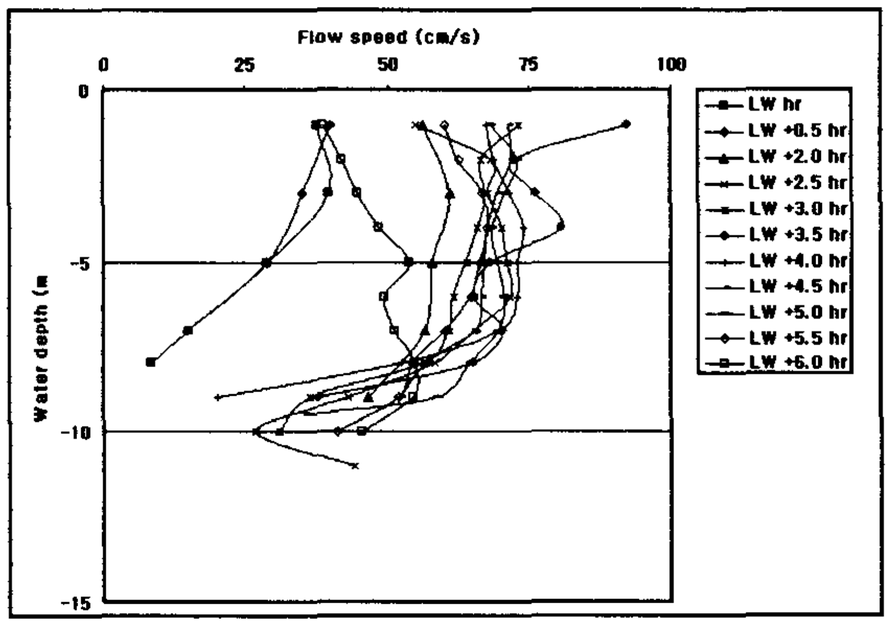
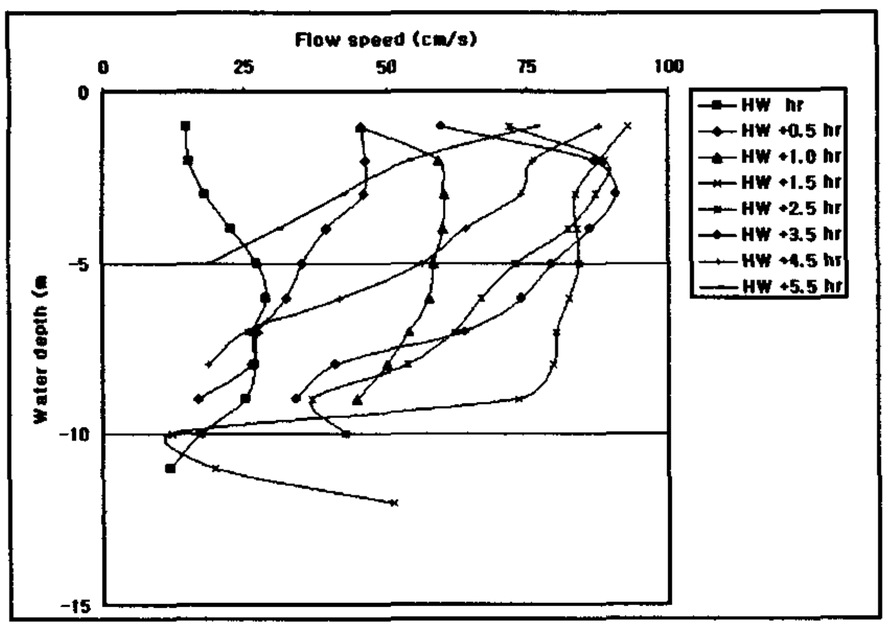


Fig. 47. Current speed values in each depth show the amount of mixing between fresh water and sea water(2004/4/7/10:30; high tide). Current speed is in cm/sec.







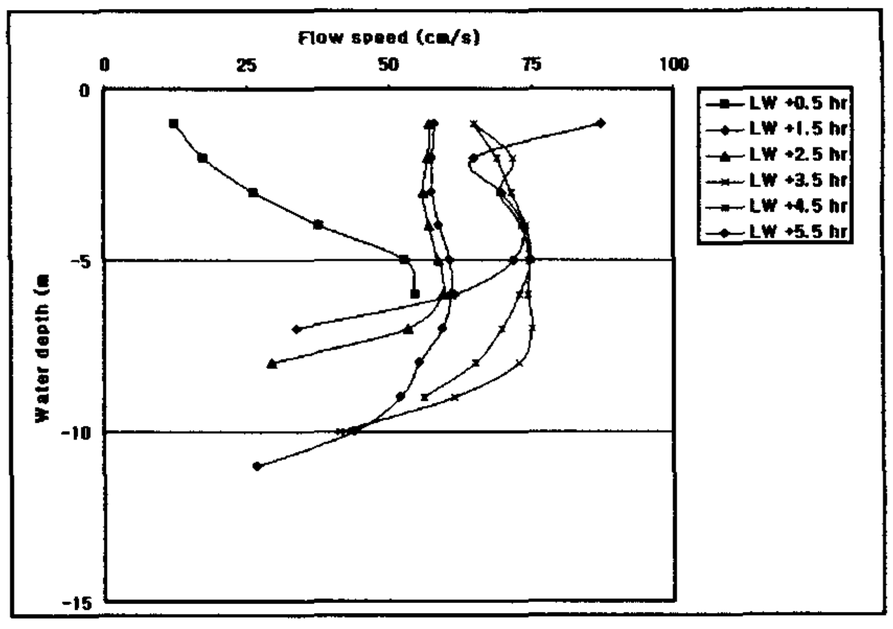
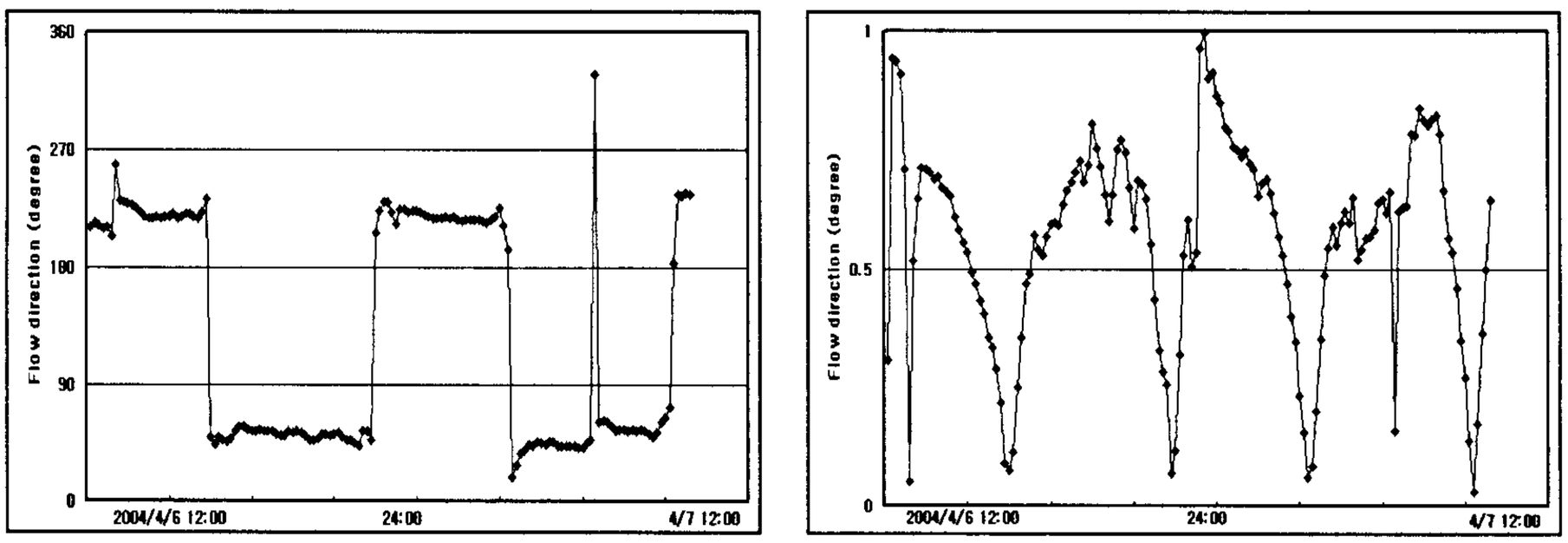


Fig. 48. Current speed of high tide at the Seomjin Bridge area (St.3) at each depth.



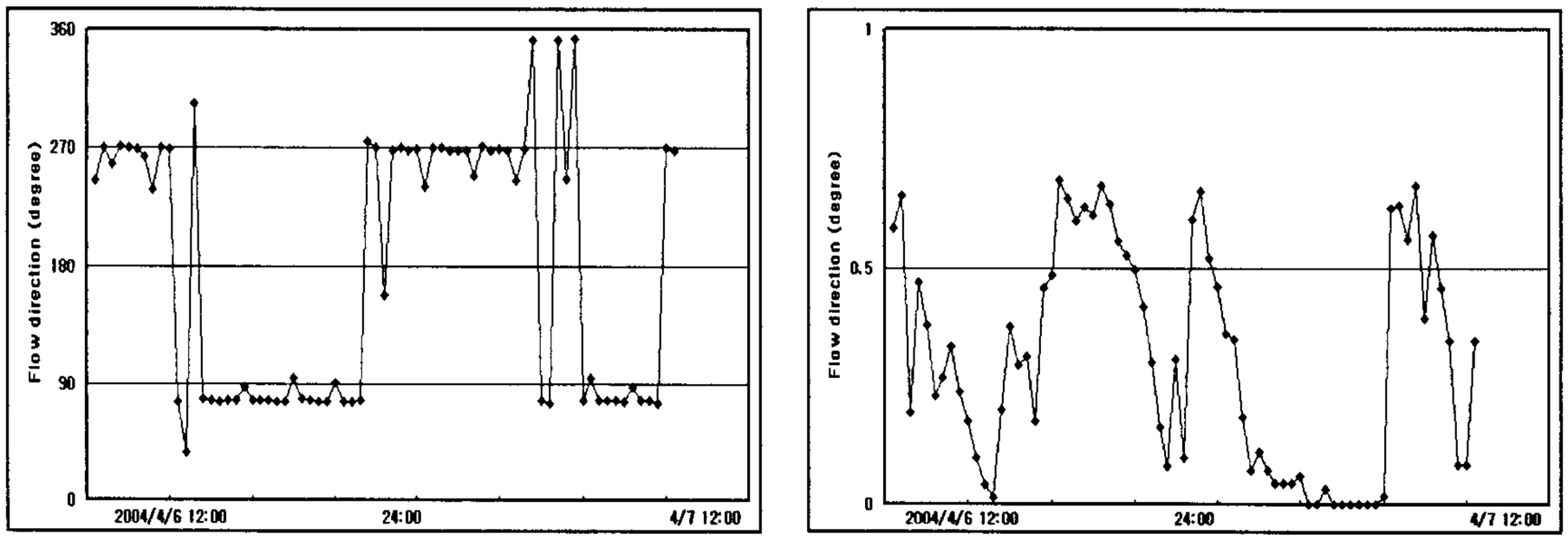
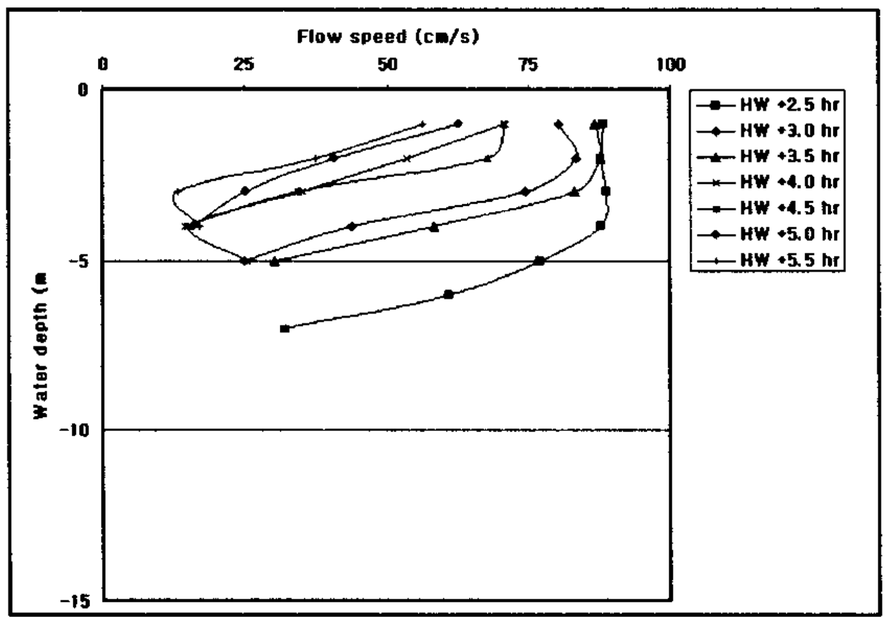
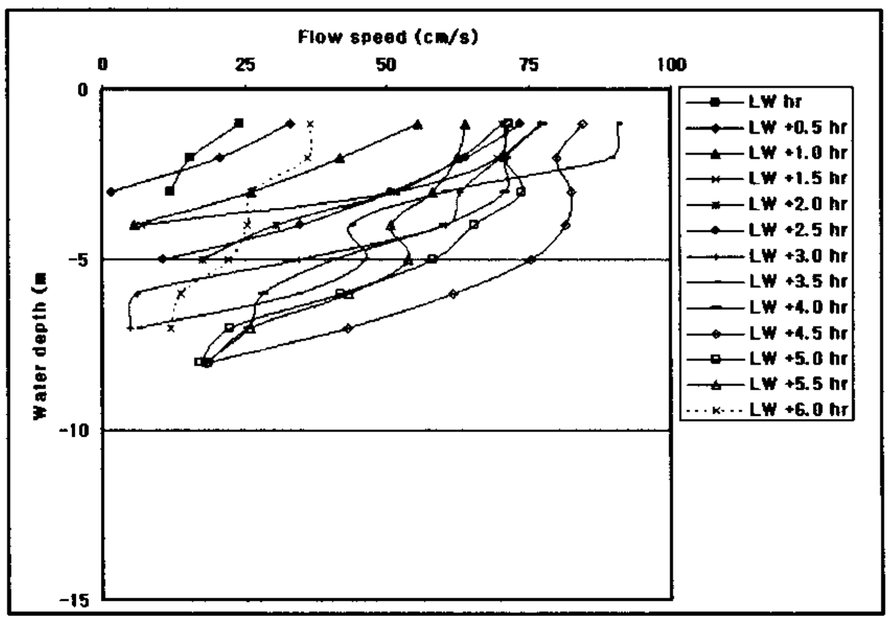
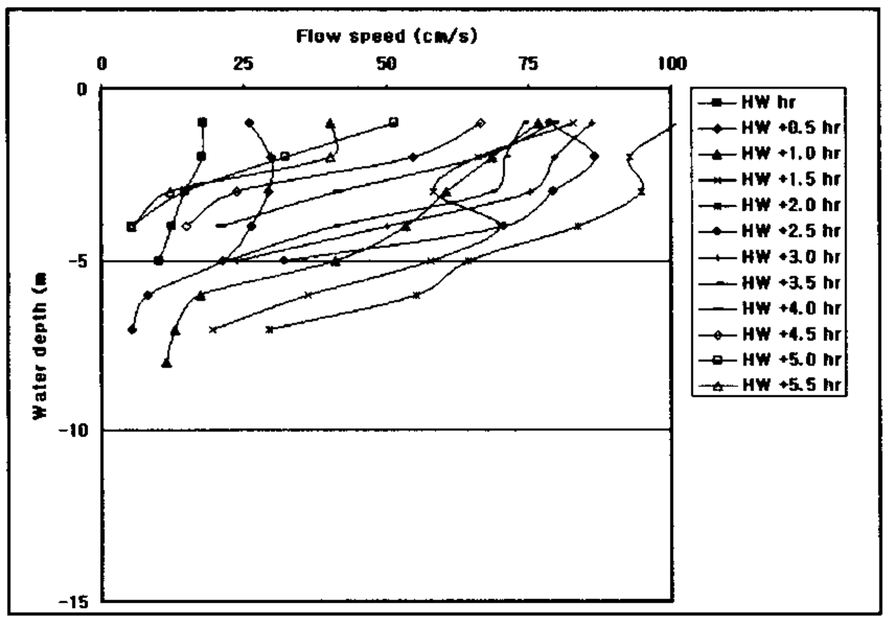


Fig. 49. Current direction and speed of high tide at the Mangdeok area(St.4) at each depth.







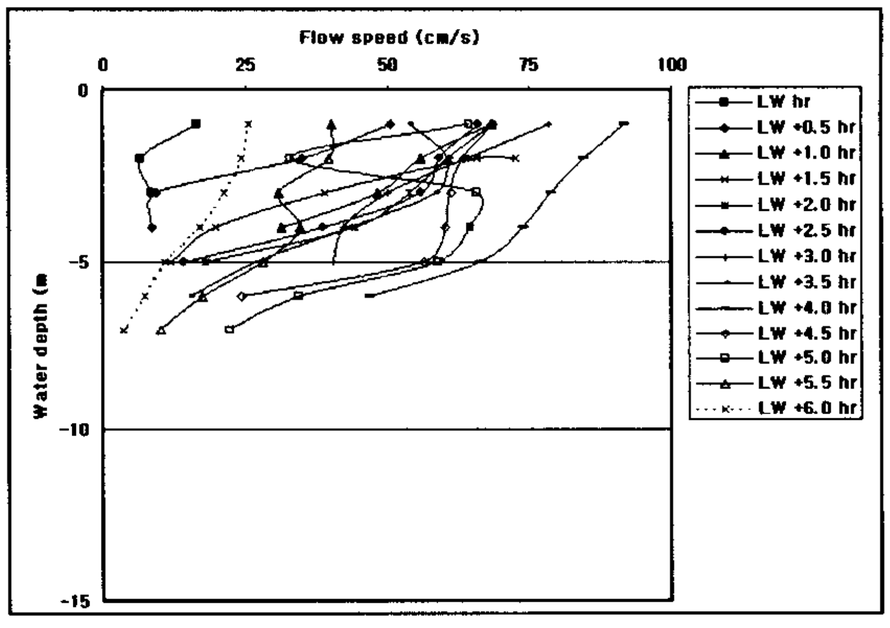


Fig. 50. Current speed of high tide in at the Baealdo area(St.5) at each depth.

나. 서식 생태조사

(1) 서식분포 조사

굴은 연체동물문(Mollusca), 이매패강(Bivalia), 익각목(Pteioida) 굴과(Ostreidae)에 속하고 현재 *Crassostrea, Ostrea, Pycnodonta*의 3속 100종 이상으로 분류되고 있으며 열대지방에서부터 한대지방까지 세계적으로 널리 분포하고 있다. 우리나라에 서식 분포하고 있는 굴류는 북한에 서식하는 재석굴(*Ostrea cucullata*)을 포함해 현재 8종이 알려져 있다(한국동물분류학회, 1997). 그중 참굴(*Crassostrea gigas*), 강굴(*Crassostrea ariakensis*), 바윗굴(*Crassostrea nippona*), 토굴(*Ostrea denselamellosa*) 등 4종이 우리나라에 서식하는 대표적인 종이라 할 수 있다.

강굴(*C. rivularis*)은 섬진강, 가화천 및 임진강과 같은 하구역에 주로 분포한다. 강굴의 형태는 서식장소에 따라 장방형, 타원형 및 원형에 이르기까지 여러 가지이며, 굴의 특성상 형태적 변이가 심하다. 패각의 색깔은 주로 흑적색 및 흑갈색이며, 서식지 및 개체크기에 따라 옅은 청색을 띄는 개체도 있다. 일반적으로 강굴의 다 자란 개체는 어른 손바닥 크기로 각고 20 ㎝내외 이며, 30 ㎝정도 되는 것도 있을 정도로 대형종 이다(안 등, 2006). 또한 강굴은 난생형으로 직장부의 일부와 항문부가 연체부에서 떨어져 있는 점이 참굴과 다르고, 상당히 넓은 염분농도 범위에 걸쳐 서식하며, 수심 10 m-15 m이내에 주로 분포한다(유, 2000).

국내 강굴의 생산량은 자연채취를 의존하고 있기 때문에 생산량도 해황에 따라 큰 차이를 보이며, 최근 들어 무분별한 개발 및 서식처 환경변화로 인하여 자원량 또한 급감하는 추세에 있다. 또한 정확한 통계를 집계할 수 없을 만큼 거의 생산되지 않다가 최근 섬진강 하구역을 중심으로 양식 기술이 조금씩 보급되어 생산량이 증가하는 추세에 있다. 강굴은 서식지 환경이 주기적으로 변동하는 환경변화가 심한 하구역에 적응한 종으로서 환경적응 능력이 뛰어나며, 산업적 가치가 높아 새로운 양식품종으로서의 개발에도 유용한 가치가 기대되는 종이다.

따라서 본 연구에서는 섬진강 강굴의 생물학적 기초자료를 확보하기 위하여 서식 분포 양상 및 서식 밀도를 조사하였다.

(가) 서식 분포 양상

강굴은 하구역에 서식하는 종으로 주로 섬진강, 낙동강, 가화천, 임진강, 금강 등 담수와 해수가 만나는 전이지대에 서식 하였으나, 최근 들어 무분별한 개발과 하구둑 건설 및 환경악화로 남안에서는 섬진강과 가화천에서 서식하며, 서해안에서는 임진강에서만 일부 서식하고 있는 것으로 본 연구 결과 조사 되었다. 섬진강을 제외한 임진강과 가화천에 서식하는 강굴의 경우 자원량이 매우 적으며, 서식처 또한 하구역의 협소한 일부지역에 분포 한다.

섬진강 강굴의 경우 염분변화가 활발한 하구역의 환경에 적응하여 서식하고 있으나, 자원량이 매년 급감하고 있는 것으로 조사되었다. 그 원인으로는 서식처가 줄어들고 있는 것을 들 수 있다. 섬진강의 바다화 현상이 날로 심각해지면서 서식처가 상류로 옮겨가는 양상을 나타내었으며, 또한 서식처 또한 예년보다 줄어드는 것으로 조사되었다(Fig. 51).

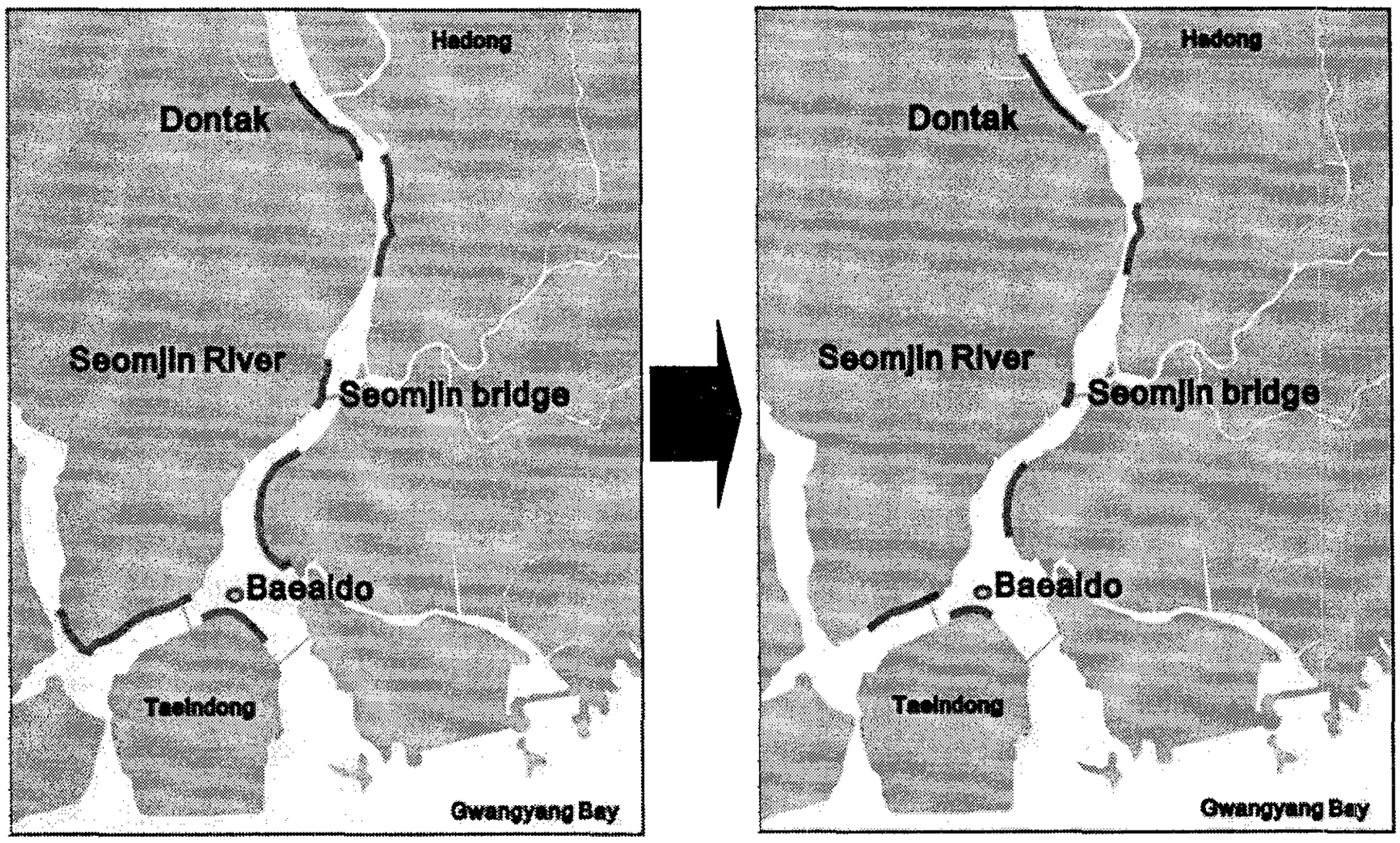


Fig. 51. Distribution of *Crassostrea rivularis* in the Seomin River estuary.

Lift : 2004, Right : 2005.

(나) 서식 밀도

조사 정점별 강굴의 분포지역 및 자원량을 살펴보면 정점 2에서 총 99 indiv./㎡로 가장 많았으며, 다음으로 정점 3에서 총 91 indiv./㎡, 다음으로 정점 4에서 총 83 indiv./㎡, 정점 5에서 총 80 indiv./㎡, 정점 1에서 총 14 indiv./㎡, 마지막으로 정점 6에서 총 8 indiv./㎡ 순으로 나타났다(Table 6).

조사지역별 강굴의 평균 자원량을 살펴보면 정점 1과 6을 제외하고 나머지 조사지점에서는 평균 20-25 indiv./㎡ 분포하는 것으로 조사되었다. 그중 2번 정점에서 평균 25 indiv./㎡로 조사 정점 중 가장 높은 서식 밀도를 나타내었으며, 6번 정점에서 평균 2 indiv./㎡로 가장 낮은 서식 밀도를 나타내었다.

Table 6. Distribution of the *Crassostrea ariakensis* in the Seomjin River

indiv./㎡

Season \ Sampling station	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
Autumn	4	28	21	20	23	3
Winter	5	24	25	19	21	4
Spring	3	26	22	21	19	1
Summer	2	21	23	23	17	0
Mean	**4**	**25**	**23**	**21**	**20**	**2**

(다) 고 찰

연안의 해양 생물의 분포는 주위 환경과 밀접한 관계를 맺고 있으며, 해역에서 지역과 시기에 따라 조개류의 생산량과 분포가 다를 수 있다고 하였다(Bukema et al., 1977). 섬진강 하구역에서도 강굴의 생산량과 분포가 다르게 조사되었으며, 출현개체수, 채집시기와 채집장소에 따라서 약간의 차이를 보이고 있다.

섬진강 하구역에 강굴의 자원량을 살펴보면 2-5번 정점까지 평균 20-25 indiv./㎡ 분포 서식하는 것으로 조사되었으며, 평균 25 indiv./㎡로 조사 정점 2번에서 가장 높은 서식 밀도를 나타내었으며, 평균 2 indiv./㎡로 정점 6번에서 가장 낮은 서식 밀도를 나타내었다. 강굴의 분포양상을 살펴보면 크게 정점 2에서부터 5까지 고루 분포하고 상류로 올라갈수록 자원량이 증가하는 양상을 나타내었다. 그리고 정점 1과 6번 같이 담수와 해수의 영향이 심한 지역에서는 소수의 강굴이 채집되었으며, 6번 정점의 경우 바다화 현상이 심해지면서 현재는 서식하는 강굴 개체를 찾아보기 힘든 실정이다. 전체적인 서식 분포 양상을 살펴보면 서식처는 줄어들고 있으며, 서식처 또한 상류로 올라가는 양상을 보이고 있다. 일반적으로 강굴은 기수역에 서식하는 종이다. Bernard(1983)는 굴은 탁도 및 넓은 염분 농도 범위에 걸쳐 서식할 수 있으며, 염분농도의 급격한 변화는 환경 인자에 대한 내성을 저하 시킨다고 보고 하였다(Brown et al., 1988). 이러한 원인은 해수의 유동 변화와 급격한 염분 농도의 변화 때문으로 판단된다. 하지만 보다 정확한 원인 규명을 위해서는 다각적인 접근이 필요할 것으로 사료된다.

섬진강 하구역은 담수의 유입과 원활한 해수 교환이 이루어졌으나, 최근들어 광양만권 개발 및 취수장 건설 이후에는 담수 유입의 감소와 함께 조류의 흐림이 변화하고 있으며, 주변으로부터의 유기물 유입으로 인해 해양환경의 변화가 빠르게 진행되고 있는 해역이다. 특히 유영능력이 없거나 미세한 정착성 생물은 급격한 환경변화에 대한 대응 능력이 없어 큰 피해를 받게 된다(이 등, 2001). 따라서 강굴 자원의 지속적인 보존과 하구역 생태계 파괴 방지를 위해 종의 분포와 자원 등을 파악하는 강굴의 지속적인 생태 연구가 요구된다.

2. 유전학적 조사

강굴(*Crassostrea ariakensis*; Fugita 1913)은 환경 적응 능력 및 내병성이 뛰어나며 성장이 빨라(Calvo et al. 2001) 양식과 산업적으로 로 주목 받고 있는 종이다. 하지만 강굴에 대한 분류학적 정립이 확실치 않아 세계적으로 *Crassostrea rivularis*(Gould 1861)로 혼용되고 있으며 우리나라에서도 최근 까지 *C. rivularis*(유 등, 2000)가 사용되었다. MtDNA는 15-20kb인 매우 작은 환상 이중나선 구조로, NuDNA와는 독립적으로 복제하는 유전자이다(Anderson et al., 1981, 1982; Bibb et al., 1981). 또한, MtDNA는 돌연변이의 축척이 NuDNA보다 빨라 유전자 조성에 대한 다양성을 확실히 알수 있으며(Brown et al., 1979; Brown, 1981; Ferris et al., 1981, 1983; Miynta et al., 1982 ; Wainscoat et al., 1986), 모계유전 되므로 유전자 재조합이 거의 일어나지 않아 모계를 통한 일련의 점진적인 변화를 밝힘으로써 집단과 집단간의 유연관계를 비교할수 있는 자료가 되고(Giles et al., 1980; Case and Wallace, 1981; Lansman et al., 1981, 1983; Ferris et al., 1981, 1983; Olivo et al., 1983; Cann et al., 1984, 1987; Hayasaka et al., 1988), 한 개체내의 MtDNA는 모두 동일하므로 개체간 유전자 구성의 정확한 연구 재료가 될 수 있다(Brown, 1980; Olivo et al., 1983). 이러한 이유로 최근에는 계통분류학이나 집단유전학 등에서는 각종 생물들의 계통확립이나 분화정도를 조사하는데 MtDNA의 유전적 분석을 통한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Avise, 1986; Kessler and Avise, 19885; Spolsky and Uzzell, 1984). 하지만 한국산 강굴의 경우 강굴 분포 및 외형적 특징에 대한 연구(유, 2000)는 있었으나, MtDNA를 이용한 연구가 전무 한 실정이므로 한국산 강굴의 분류학적 재정립을 위한 강굴 MtDNA의 지역별 유전적 차이 확인 및 유용 유전자원 확보가 절실히 필요 하였다. 또한, 강굴에 대한 MtDNA 연구는 cytochrome oxidase subunit I (Lam and Morton, 2003)과 16S ribosomal RNA(Wang et al., 2004)를 제외하면 이루어지지 않고 있어 강굴 고유의 Marker 개발을 위하여 본 연구를 하게 되었다.

가. 한국산 강굴 확인

NCBI에 등록된 *C. ariakensis*의 cytochrome oxidase subunit I (CO I)과 증폭된 한국산 강굴 염기서열을 비교한 결과 Accession number AF300617과 99.4%, Accession number AY160754와 99.4%, Accession number AY632566과 99.8%의 유사도를 각각 보였다(Table 7). 또한, 16S ribosomal gene(16S)를 비교한 결과 Accession number AY632548과 99.8%, Accession number AY160757과 99.8%, Accession number AY632547과 100%의 유사도를 각각 보였다(Table 8). 비교 결과 cytochrome oxidase subunit I (CO I)와 16S ribosomal gene(16S)에서 모두 99%이상 유사도를 나타내어 한국에 서식하는 강굴은 NCBI에 등록된 종과 같음을 알 수 있었다.

Table 7. Pairwise sequence divergence and percent identity for parial mt Cytochrome oxidase subunit I from *C. ariakensis*

Divergence		Percent Identity				
		1	2	3	4	
	1		99.4	99.4	99.8	*C. ariakensis*(Korea)
	2	0.7		98.7	99.2	AF300617(Lee et al.)
	3	0.7	1.3		99.2	AY160754(Lam and Morton)
	4	0.2	0.8	0.8		AY632566(Wang et al.)

Table 8. Pairwise sequence divergence and percent identity for parial mt 16S ribosomal RNA gene from *C. ariakensis*

Divergence		Percent Identity				
		1	2	3	4	
	1		99.8	99.8	100	*C. ariakensis*(Korea)
	2	0.2		99.6	99.8	AY632548(Guo et al.)
	3	0.2	0.4		99.8	AY160757(Lam and Morton)
	4	0.0	0.2	0.2		AY632547(Wang et al.)

나. 16S ribosomal RNA gene의 지역적 염기서열 차이 및 분석

임진강과 섬진강 두지역간 강굴의 16S ribosomal RNA gene 염기서열 비교를 위하여 굴에 특이적인 primer를 사용하여 pcr을 한 뒤 16S ribosomal RNA gene 내의 509bp를 증폭시켰다. 증폭된 16S ribosomal RNA gene 염기서열 결정(Fig. 52) 후 분석한 결과 두 지역 염기서열은 모두 100% 동일하게 나타났으며, 2개의 haplotype이 나타났다(Table 4). 또한, 염기서열 중 A는 30.06%(153), G는 23.38%(119), T는 28.49%(114), C는 18.07%(92)이고 A-T는 58.55%(298), C-G는41.45%(211)로 나타났다.

```
Im-Jin River 1  AAAAACATCA CTAGAAGAGA AAGACTTTTA GCAATACCTG CCCAGTGCGA AATATTACTG                                  60
Im-Jin River 2  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 3  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 4  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 5  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 6  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 7  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 8  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 9  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 10 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 11 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 12 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 13 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 14 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 15 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 16 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 17 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 18 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 19 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 20 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  60
Im-Jin River 1  TAAACGGCCG CCCTAGCGTG AGGGTGCTAA GGTAGCGAAA TTCCTTGCCT TTTGATTGTA                                  120
Im-Jin River 2  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 3  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 4  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 5  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 6  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 7  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 8  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 9  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 10 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 11 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 12 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 13 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 14 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 15 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 16 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 17 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 18 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 19 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 20 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  120
Im-Jin River 1  GGCCTGCATG AATGGTTTAA CGAGGGTTTA ACTGTCTCTT GATTTAAAAT TGAAATTGTA                                  180
Im-Jin River 2  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 3  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 4  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 5  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 6  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 7  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 8  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 9  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 10 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 11 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 12 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 13 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 14 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 15 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 16 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 17 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 18 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 19 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
Im-Jin River 20 ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  180
```

Fig. 52. DNA sequences(508 bases) for a region of the mitochondrial 16S ribosome RNA gene in 2 haplotypes isolated from *C. ariakensis*(Continued).

```
Im-Jin River 1    CTGAAGGTGA AGATACCTTC ATTAAAAAGT CAGACAAAAA GACCCCGTGC AACTTTGAAA                    240
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  240
Im-Jin River 1    ATTAACTTTA TTCAGAAGTG AAAGATTTTT AGGTGGGGCG CCTAGAAAGT AAATCTAACC                    300
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 9    ·········· ·········c· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  300
Im-Jin River 1    TTTCTGAACA TTTAGTTCTT TCCGGACTTG ACCCGATTAT ATTCGATCAT AGGAGAAGTT                    360
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 18   ·········· C········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ··········  360
```

Fig. 52. (Continued).

```
Im-Jin River 1    ACGCCGGGGA TAACAGGCTA ATCCTTTAGT AGAGCTCGTA TTGGCTAAAG GGATTGGCAC                    420
Im-Jin River 2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 9    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Im-Jin River 1    CTCGATGTTG AATCAGGGAT GATAGCTTCA AGGCGTAGAG GCTTTGAGAG TAGGTCTGTT                    480
Im-Jin River 2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 9    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Im-Jin River 1    CGACCTTTAA TACCCTACGT GATCTGAG                                                     508
Im-Jin River 2    ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 3    ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 4    ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 5    ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 6    ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 7    ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 8    ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 9    ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 10   ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 11   ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 12   ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 13   ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 14   ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 15   ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 16   ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 17   ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 18   ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 19   ..........  ..........  ........                                                  508
Im-Jin River 20   ..........  ..........  ........                                                  508
```

Fig. 52. (Continued).

```
Seom-Jin River1    CAAAAACATC ACTAGAAGAG AAAGACTTTT AGCAATACCT GCCCAGTGCG AAATATTACT                    60
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River1    GTAAACGGCC GCCCTAGCGT GAGGGTGCTA AGGTAGCGAA ATTCCTTGCC TTTTGATTGT                   120
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River9    ·········· ·········c ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River1    AGGCCTGCAT GAATGGTTTA ACGAGGGTTT AACTGTCTCT TGATTTAAAA TTGAAATTGT                   180
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River18   ·········· ·····c···· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
```

Fig. 52. (Continued).

```
Seom-Jin River1    ACTGAAGGTG AAGATACCTT CATTAAAAAG TCAGACAAAA AGACCCCGTG CAACTTTGAA                    240
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River1    AATTAACTTT ATTCAGAAGT GAAAGATTTT TAGGTGGGGC GCCTAGAAAG TAAATCTAAC                    300
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River9    ·········· ·········c· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River1    CTTTCTGAAC ATTTAGTTCT TTCCGGACTT GACCCGATTAT ATTCGATCAT AGGAGAAGT                    360
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River18   ·········· ·····c···· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
```

Fig. 52. (Continued).

```
Seom-Jin River1    TACGCCGGGG ATAACAGGCT AATCCTTTAG TAGAGCTCGT ATTGGCTAAA GGGATTGGCA                    420
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River9    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River1    CCTCGATGTT GAATCAGGGA TGATAGCTTC AAGGCGTAGA GGCTTTGAGA GTAGGTCTGT                    480
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River9    ..........  .........c  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River 1   TCGACCTTTA ATACCCTACG TGATCTGA                                          508
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River9    ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River18   ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ........                                        508
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ........                                        508
```

Fig. 52. (Continued).

Table 9. List of the mitochondrial 16S ribosome RNA in haplotypes

Sample	16S ribosomal RNA gene Sequence	
	259	311
Im-Jin River 9	C	T
Im-Jin River 18	T	C

다. cytochrome oxidase subunit Ⅰ의 지역적 염기서열 차이 및 분석

임진강과 섬진강 두지역간 강굴의 cytochrome oxidase subunit Ⅰ염기서열 비교를 위하여 굴에 특이적인 primer를 사용하여 pcr실시 하여 cytochrome oxidase subunit Ⅰ내의 675bp를 증폭시켰으며 증폭된 cytochrome oxidase subunit Ⅰ염기서열 결정하며(Fig. 4), 이 후 분석한 결과 두 지역 염기서열은 모두 100% 동일하게 나타났다. 또한, 염기서열 중 A는 37.93%(256), G는 17.93%(121), T는 23.41%(158), C는 20.74%(140)를 차지하였으며, 7개의 haplotype이 나타났다(Table 10).

```
Im-Jin River 1  GGCCAAAAAA TCAGAATAAA TGCTGAAATA AAACAGGATC GCCCCCTCCG ACAGGATCAA                    60
Im-Jin River 2  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 3  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 4  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 5  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 6  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 7  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 8  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 9  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 10 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 11 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 12 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 13 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 14 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 15 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 16 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 17 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 18 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 19 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 20 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 1  AAAAAGACGT GTTAAAATGC CGGTCAGTCA AAAGCATGGT AAGACCTCCA GCTAGTACCG                   120
Im-Jin River 2  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 3  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 4  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 5  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 6  ·········· ·····A···· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 7  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 8  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 9  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 10 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 11 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 12 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 13 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 14 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 15 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 16 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 17 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 18 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 19 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 20 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 1  GAAGGGTTGT TAAAAGTAAA AATGATGTGA CTTTGATAGA CCATGGAAAT AGCGCCAACA                   180
Im-Jin River 2  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 3  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 4  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 5  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 6  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 7  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 8  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 9  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 10 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 11 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 12 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 13 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 14 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 15 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 16 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 17 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 18 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 19 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 20 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
```

Fig. 53. DNA sequences(675 bases) for a region of the mitochondrial cytochrome oxidase subunit I gene in 7 haplotypes isolated from *C. ariakensis* (Continued).

```
Im-Jin River 1    AATGCCCACC GACAGATCGC ATATTTCTAA TAGTTACTAT GAAATTAATT GACCTAAAAA                                240
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 1    TAGACCTAAT TCCAGCTAAA TGAAGGCTTA GAATTGCAAG GTCTATGCAG ACCCCATGAT                               300
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 9    ·········· ·········c· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· A········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 1    AAGAGTAAGT TGATAAAGGA GGGTAAATTG TTCATCCTGC CCCGACCCCA CTTTCTACAA                               360
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 18   ·········· ·····c···· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
```

Fig. 53. (Continued).

```
Im-Jin River 1    GATTAGACAT AAGCATAAGA TAAAGTGAGC CTGGCAAAAC CCAGAATCTA AATGCATTTA                                  420
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 1    ACCGAGGAAA CTGCATATCT GCTACTTGAA GCATTAATGG GATAAGCCAA TTTCCAAACC                                  480
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 1    CCCCGATTAT TACCGGTATA ACAAAAAAAA AGATTATAAC TAATGCATGT CTGGTTACAA                                  540
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
```

Fig. 53. (Continued)

```
Im-Jin River 1    CTGCGTTATA GGTTACAGGG TCTAAAAACT TAGCCCCTGG GGTATACAAA CTTCAACGAA                                  600
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Im-Jin River 1    TAAGAGATCT GAACCTAGTT CCTACAAGAA CGGCTCAAAA TCCAAACACC ATATAAAATC                                  660
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Im-Jin River 1    TTCCAATATC TTTAT                                                                               675
Im-Jin River 2    ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 3    ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 4    ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 5    ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 6    ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 7    ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 8    ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 9    ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 10   ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 11   ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 12   ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 13   ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 14   ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 15   ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 16   ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 17   ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 18   ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 19   ·········· ·····                                                                               675
Im-Jin River 20   ·········· ·····                                                                               675
```

Fig. 53. (Continued).

```
Seom-Jin River1    GGCCAAAAAA TCAGAATAAA TGCTGAAATA AAACAGGATC GCCCCCTCCG ACAGGATCAA                    60
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· A········· ·········· 60
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Seom-Jin River1    AAAAAGACGT GTTAAAATGC CGGTCAGTCA AAAGCATGGT AAGACCTCCA GCTAGTACCG                    120
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River9    ·········· ·········c· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Seom-Jin River1    GAAGGGTTGT TAAAAGTAAA AATGATGTGA CTTTGATAGA CCATGGAAAT AGCGCCAACA                    180
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ····A····· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River18   ·········· ·····c···· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
```

Fig. 53. (Continued).

```
Seom-Jin River1    AATGCCCACC GACAGATCGC ATATTTCTAA TAGTTACTAT GAAATTAATT GACCTAAAAA                                240
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River9    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 240
Seom-Jin River1    TAGACCTAAT TCCAGCTAAA TGAAGGCTTA GAATTGCAAG GTCTATGCAG ACCCCATGAT                               300
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River7    ..........  ..........  .........C.  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River9    ..........  .........c.  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River14   ..........  ..........  .........A  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River15   ..........  ..........  .........C.  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 300
Seom-Jin River1    AAGAGTAAGT TGATAAAGGA GGGTAAATTG TTCATCCTGC CCCGACCCCA CTTTCTACAA                               360
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  .........G  .......... 360
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River9    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River18   ..........  .....c.....  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  .......... 360
```

Fig. 53. (Continued).

```
Seom-Jin River1    GATTAGACAT AAGCATAAGA TAAAGTGAGC CTGGCAAAAC CCAGAATCTA AATGCATTTA                    420
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River9    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  420
Seom-Jin River1    ACCGAGGAAA CTGCATATCT GCTACTTGAA GCATTAATGG GATAAGCCAA TTTCCAAACC                    480
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River9    ..........  .........c..  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  480
Seom-Jin River 1   CCCCGATTAT TACCGGTATA ACAAAAAAAA AGATTATAAC TAATGCATGT CTGGTTACAA                    540
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River9    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  540
```

Fig. 53. (Continued).

```
Seom-Jin River1    CTGCGTTATA GGTTACAGGG TCTAAAAACT TAGCCCCTGG GGTATACAAA CTTCAACGAA                                   600
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· T········· ·········· 600
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 600
Seom-Jin River1    TAAGAGATCT GAACCTAGTT CCTACAAGAA CGGCTCAAAA TCCAAACACC ATATAAAATC                                   660
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 660
Seom-Jin River 1   TTCCAATATC TTT                                                                                  673
Seom-Jin River2    ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River3    ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River4    ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River5    ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River6    ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River7    ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River8    ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River9    ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River10   ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River11   ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River12   ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River13   ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River14   ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River15   ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River16   ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River17   ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River18   ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River19   ·········· ···                                                                                  673
Seom-Jin River20   ·········· ···                                                                                  673
```

Fig. 53. (Continued).

Table 10. List of the mitochondrial CO I in haplotypes.

Sample	cytochrome oxidase subunit I (CO I) Sequence						
	41	80	155	269	271	350	581
ImJin River 6	G	A	G	T	G	A	G
ImJin River 10	G	C	G	T	A	A	G
SeomJin River 5	G	C	G	T	G	G	G
SeomJin River 7	G	C	G	T	G	A	G
SeomJin River 13	G	C	A	T	G	A	G
SeomJin River 14	G	C	G	T	A	A	G
SeomJin River 15	G	C	G	C	G	A	G
SeomJin River 19	A	C	G	T	G	A	T

라. cytochrome b 염기서열 분석

임진강과 섬진강 두지역간 강굴의 cytochrome b 염기서열 비교를 위하여 자체 제작한 primer를 사용하여 pcr을 한 뒤 cytochrome b내의 610bp를 증폭 시켰으며, 증폭된 cytochrome b 염기 서열을 결정하며(Fig. 54), 이 후 분석한 결과 두지역 염기서열은 모두 100% 동일하게 나타났으며, 5개의 haplotype이 나타났다(Table 6). 증폭된 염기서열 중A는 23.61%(144), G는 20.33%(124), T는 39.34%(240), C는 16.72%(102)를 차지하였고, A-T는 62.95%(384), C-G37.05%(226)으로 나타났다.

```
Im-Jin River 1  GCTTCATATG GGGGGTGCAT CTATGTTTTT TGCATTGATC TATACCCATG TTGCGCGTGG                                  60
Im-Jin River 2  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 3  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 4  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 5  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 6  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 7  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 8  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 9  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 10 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 11 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 12 ·········· ·········· ·········· ·········· ···G····· ·········· 60
Im-Jin River 13 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 14 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 15 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 16 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 17 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 18 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 19 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 20 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 60
Im-Jin River 1  AGTTTATTTT GGCGTATACT TAAAAAATCC TCATGTTTGA TATAGTGGTC TAAGGCTGTA                                  120
Im-Jin River 2  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 3  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········T ·········· 120
Im-Jin River 4  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 5  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 6  ·········· ·····A···· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 7  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 8  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 9  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 10 ·········· ·····C···· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 11 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 12 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 13 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 14 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 15 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 16 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 17 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 18 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 19 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 20 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 120
Im-Jin River 1  TGTCCTTTCT ATAGGAGTGG GGTTTTTGGG GTATGTTCTT CCTTGAGGGG TTATGTCCTA                                  180
Im-Jin River 2  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 3  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 4  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 5  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 6  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 7  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 8  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 9  ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 10 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 11 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 12 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 13 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 14 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 15 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 16 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 17 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 18 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 19 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
Im-Jin River 20 ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 180
```

Fig. 54. DNA sequences(675 bases) for a region of the mitochondrial cytochrome b gene in 5 haplotypes isolated from *C. ariakensis* (Continues).

```
Im-Jin River 1    CTGGGGTTTA ACTGTAATTA CCAATATAAT AACAGTTATT CCAGGAGGTG CCCGGGCGTT                    240
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Im-Jin River 1    AGATTGATTT CAAGGAGGTT TTGTAATTTC TGATGTGACC CTCAAGCGAG TTTTTATTTT                    300
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 9    ·········· ·········c· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· A········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Im-Jin River 1    ACATTTTCTT TTACCGTTTG TAATTCTCGG TCTTAGCCTA ACCCATGTTC TTCTTTTGCA                    360
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 18   ·········· ·····c···· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
```

Fig. 54. (Continued).

```
Im-Jin River 1    TATAAACGGC TCTAGAAATC CATTAGGCTT AGATGAAACA GAATTTAGAG TTCCGTTTCA                                  420
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 420
Im-Jin River 1    TCCTTATTAT TCTATTAAAG ACTTAGCAGG ATTTGCTTTG TTGTTAGCTG CTTTAGTTGG                                  480
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· G········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 480
Im-Jin River 1    TATTACATTT ACTTTTGCTA GTTTAACAGC AGATCCTTTG CAGTGACAGC CCGTCAATAA                                  540
Im-Jin River 2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
Im-Jin River 20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 540
```

Fig. 54. (Continued).

```
Im-Jin River 1    AATAAAAACA CCTTCTGTTA TTAAGCCTGA GTGATATTTT TTATATGCAT ACGCTATTTT                                  600
Im-Jin River 2    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 3    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 4    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 5    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 6    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 7    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 8    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 9    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 10   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 11   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 12   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 13   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 14   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 15   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 16   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 17   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 18   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 19   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 20   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Im-Jin River 1    ACGGTCTATC                                                                                       610
Im-Jin River 2    ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 3    ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 4    ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 5    ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 6    ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 7    ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 8    ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 9    ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 10   ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 11   ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 12   ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 13   ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 14   ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 15   ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 16   ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 17   ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 18   ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 19   ••••••••••                                                                                       610
Im-Jin River 20   ••••••••••                                                                                       610
```

Fig. 54. (Continued).

```
Seom-Jin River1    TCATATGGGG GGTGCATCTA TGTTTTTTGC ATTGATCTAT ACCCATGTTG CGCGTGGAGT                                  60
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River9    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  A.........  ..........  60
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  60
Seom-Jin River1    TTATTTTGGC GTATACTTAA AAAATCCTCA TGTTTGATAT AGTGGTCTAA GGCTGTATGT                                  120
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River9    ..........  .........c.  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River18   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  120
Seom-Jin River1    CCTTTCTATA GGAGTGGGGT TTTTGGGGTA TGTTCTTCCT TGAGGGGTTA TGTCCTACTG                                  180
Seom-Jin River2    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River3    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River4    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River5    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River6    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River7    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River8    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River9    ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River10   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River11   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River12   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River13   ..........  ..........  ..........  ....A.....  ..........  ..........  180
Seom-Jin River14   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River15   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River16   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River17   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River18   ..........  .....c....  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River19   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
Seom-Jin River20   ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  ..........  180
```

Fig. 54. (Continued).

```
Seom-Jin River1    GGGTTTAACT GTAATTACCA ATATAATAAC AGTTATTCCA GGAGGTGCCC GGGCGTTAGA                                240
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River9    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 240
Seom-Jin River1    TTGATTTCAA GGAGGTTTTG TAATTTCTGA TGTGACCCTC AAGCGAGTTT TTATTTTACA                                300
Seom-Jin River2    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River3    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River4    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River5    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River6    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River7    ·········· ·········· ·····C···· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River8    ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River9    ·········· ·····c···· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River10   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River11   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River12   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River13   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River14   ·········· ·········· ·····A···· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River15   ·········· ·········· ·····C···· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River16   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River17   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River18   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River19   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River20   ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 300
Seom-Jin River1    TTTTCTTCTA CCGTTTGTAA TTCTCGGTCT TAGCCTAACC CATGTTCTTC TTTTGCATAT                                360
Seom-Jin River2    ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River3    ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River4    ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River5    ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River6    ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River7    ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River8    ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River9    ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River10   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River11   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River12   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River13   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River14   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River15   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River16   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River17   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River18   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River19   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
Seom-Jin River20   ·····T···· ·········· ·········· ·········· ·········· ·········· 360
```

Fig. 54. (Continued).

```
Seom-Jin River1    AAACGGCTCT AGAAATCCAT TAGGCTTAGA TGAAACAGAA TTTAGAGTTC CGTTTCATCC                    420
Seom-Jin River2    ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River3    ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River4    ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River5    ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River6    ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River7    ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River8    ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River9    ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River10   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River11   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River12   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River13   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River14   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River15   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River16   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River17   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River18   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River19   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River20   ·····T···  ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 420
Seom-Jin River1    TTATTATTCT ATTAAAGACT TAGCAGGATT TGCTTTGTTG TTAGCTGCTT TAGTTGGTAT                    480
Seom-Jin River2    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River3    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River4    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River5    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River6    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River7    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River8    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River9    ·····T···· ·····C···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River10   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River11   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River12   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River13   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River14   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River15   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River16   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River17   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River18   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River19   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River20   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 480
Seom-Jin River 1   TACATTTACT TTTGCTAGTT TAACAGCAGA TCCTTTGCAG TGACAGCCCG TCAATAAAAT                    540
Seom-Jin River2    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River3    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River4    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River5    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River6    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River7    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River8    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River9    ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River10   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River11   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River12   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River13   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River14   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River15   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River16   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River17   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River18   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River19   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
Seom-Jin River20   ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· ·····T···· 540
```

Fig. 54. (Continued).

```
Seom-Jin River1    AAAAACACCT TCTGTTATTA AGCCTGAGTG ATATTTTTTA TATGCATACG CTATTTTACG                                  600
Seom-Jin River2    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River3    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River4    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River5    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River6    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River7    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River8    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River9    ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River10   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River11   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River12   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River13   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River14   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River15   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River16   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River17   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River18   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River19   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  T•••••••••  ••••••••••  600
Seom-Jin River20   ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  ••••••••••  600

Seom-Jin River1    GTCTATCC                                                                                         608
Seom-Jin River2    ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River3    ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River4    ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River5    ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River6    ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River7    ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River8    ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River9    ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River10   ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River11   ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River12   ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River13   ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River14   ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River15   ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River16   ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River17   ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River18   ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River19   ••••••••                                                                                         608
Seom-Jin River20   ••••••••                                                                                         608
```

Fig. 54 (Continued).

Table 11. List of the mitochondrial Cyt b in haplotypes

Sample	Cyt b Sequence				
	44	80	110	311	370
ImJin River 3	A	T	T	T	C
ImJin River 10	A	C	C	T	C
ImJin River 12	G	T	C	T	C
SeomJin River 1	A	T	C	C	C
SeomJin River 3	A	T	C	T	T
SeomJin River 10	A	T	C	T	T

마. Crassostrea 3종간 cytochrome b 염기서열 분석

강굴, 대서양굴, 참굴의 cytochrome b 비교를 위하여 강굴은 자체 제작한 primer를 이용하여 pcr 한 염기서열을 바탕으로 하였고, 대서양굴(*Crassostrea virginica*)과 참굴(*Crassostrea gigas*)은 NCBI의 Genbank를 기초로 하였다(Fig. 55). 비교 결과 대서양굴의 경우A는 23.93%(146), G는 22.46%(137), T는 33.93%(207), C는 19.67%(120), A-T는 57.87%(353), C-G는 42.13%(257)로 나타났다.

참굴은 A가 22.95%(140), G가 22.13%(135), T가37.38%(228), C가 17.54%(107), A-T는 60.33%(368), C-G는 39.67%(242)각각 나타났다.

3종간 염기서열간 유사성을 분석한 결과 강굴과 참굴은 74.9%, 강굴과 대서양굴은 83.1%, 참굴과 대서양 굴은 75.1%로 나타났다.

Crassostrea ariakensis	GCTTCATATG	GGGGGTGCAT	CTATGTTTTT	TGCATTGATC	TATACCCATG	TTGCGCGTGG	60
Crassostrea verginica	•••••••••••	••A••A•••G•	AT•A••••••	•••TC•T•CT	••CG •A••••	G•••••A•••	60
Crassostrea gigas	•••••••••••	••A••C••••	••••A•••••	•••TC•A•••	••C•TG••••	••••T•••••	60
Crassostrea ariakensis	AGTTTATTTT	GGCGTATACT	TAAAAAATCC	TCATGTTTGA	TATAGTGGTC	TAAGGCTGTA	120
Crassostrea verginica	T••G•TC•A•	••G•CT••••	•••••••C••	••••••G••G	••C••G••C•	••••A••T••	120
Crassostrea gigas	G••C••••••	••G•C•••T•	••••••••A•	G•••••C•••	•••••C••A•	•••CTT••••	120
Crassostrea ariakensis	TGTCCTTTCT	ATAGGAGTGG	GGTTTTTGGG	GTATGTTCTT	CCTTGAGGGG	TTATGTCCTA	180
Crassostrea verginica	•A•T••A•••	••G••C••A•	•T•••C••••	••••••A•••	•••••G••••	•••••••A••	180
Crassostrea gigas	•T•AT•G•••	••G•••••T•	••••••••A••	••••••C•••	•••••••••••	•C•••••T••	180
Crassostrea ariakensis	CTGGGGTTTA	ACTGTAATTA	CCAATATAAT	AACAGTTATT	CCAGGAGGTG	CCCGGGCGTT	240
Crassostrea verginica	T••G••C••G	•••••G••••	•A••C••G••	•••••AG•G•	••T•••••A•	•••••••A••	240
Crassostrea gigas	••••••C•••	•••••G••••	•T••••••••	•••••••••••	••C•••••C•	••••A••T••	240
Crassostrea ariakensis	AGATTGATTT	CAAGGAGGTT	TTGTAATTTC	TGATGTGACC	CTCAAGCGAG	TTTTTATTTT	300
Crassostrea verginica	G••C••G•••	•••••••••••	••••T•••••	•TC•••••••	••A••A••C•	•G•••G••C•	300
Crassostrea gigas	•••C••••••	••••G•••G•	••••G•••••	•AC•••A•••	••T•••••••	•C••CG••••	300
Crassostrea ariakensis	ACATTTTCTT	TTACCGTTTG	TAATTCTCGG	TCTTAGCCTA	ACCCATGTTC	TTCTTTTGCA	360
Crassostrea verginica	•••C•••A••	C•T••T••••	••••CT•A••	AT•GGCA••T	GTT•••••G•	•AA•CC•C••	360
Crassostrea gigas	•••C••••••	•••••A••••	•••••T•A••	G•••••••••	G•T••C••••	••T•GC••••	360
Crassostrea ariakensis	TATAAACGGC	TCTAGAAATC	CATTAGGCTT	AGATGAAACA	GAATTTAGAG	TTCCGTTTCA	420
Crassostrea verginica	CCA••••••G	•••TC•••C•	•••••••A••	G••••••GA•	•G•A•••AT•	•G••••••••	420
Crassostrea gigas	•G•G••T•••	•••••••••••	•G•••••T••	•••••••••••	A•C•••••••	•C••A•••••	420
Crassostrea ariakensis	TCCTTATTAT	TCTATTAAAG	ACTTAGCAGG	ATTTGCTTTG	TTGTTAGCTG	CTTTAGTTGG	480
Crassostrea verginica	••••••C•••	••G••C••••	•T•••••••	•••••••G•T	••AG•G••GA	TGC•TA••••	480
Crassostrea gigas	•••••••••••	••A•••••••	•T•••••G••	G•••••A•••	C••••G••G•	GCC•G•••••	480
Crassostrea ariakensis	TATTACATTT	ACTTTTGCTA	GTTTAACAGC	AGATCCTTTG	CAGTGACAGC	CCGTCAATAA	540
Crassostrea verginica	•••AG•••••	••C••C••C•	•CG•T•••••	•••C••G••A	•••••••••••	•TA••••C••	540
Crassostrea gigas	•••A••••••	•••••••••••	•C••G••G••	T•••••C C••	•••••G••••	•TA•T•••••	540
Crassostrea ariakensis	AATAAAAACA	CCTTCTGTTA	TTAAGCCTGA	GTGATATTTT	TTATATGCAT	ACGCTATTTT	600
Crassostrea verginica	•••••••••••	••AG•C••A•	•••••••••••	••••••C•••	••G••C••T•	•T••C•••••	600
Crassostrea gigas	•••••••••••	•••G••••••	•••••••••••	•••••••••••	•••••••C••	•••••••••••	600
Crassostrea ariakensis	ACGGTCTATC	C					611
Crassostrea verginica	•••••••••T •						611
Crassostrea gigas	•••••••••T •						611

Fig. 55. Sequence comparison of mitochondrial Cyt b between tree *Crassostrea* species.

바. 고 찰

굴은 연체동물문(Mollusca), 부족강(Pelecypoda), 익형아강(Pterimorphia), 굴 목(Ostreoida), 굴과(Ostreidae)에 속하는 패류로 현재 2아과 6속으로 분류 되고 있으며(Parker, 1982), 그 종류만도 45종 정도인 것으로 밝혀져 있지만 분류학적으로 정립이 되어 있지 않아 강굴에 대한 지역별 또는 개체별 계통을 확인하고 구분하기 위한 mtDNA를 이용한 연구가 절실히 필요하다.

MtDNA는 돌연변이의 축척이 NuDNA보다 빨라 유전자 조성에 대한 다양성을 확실히 알수있으며(Brown et al., 1979; Brown, 1981; Ferris et al., 1981, 1983; Miynta et al., 1982 ; Wainscoat et al., 1986), 모계유전 되므로 유전자 재조합이 거의 일어나지 않아 모계를 통한 일련의 점진적인 변화를 밝힘으로써 집단과 집단간의 유연관계를 비교할수 있는 자료가 되고(Giles et al., 1980; Case and Wallace, 1981; Lansman et al., 1981, 1983; Ferris et al., 1981, 1983; Olivo et al., 1983; Cann et al., 1984, 1987; Hayasaka et al., 1988), 한 개체내의 MtDNA는 모두 동일하므로 개체간 유전자 구성의 정확한 연구 재료가 될 수 있다(Brown, 1980; Olivo et al., 1983). 이러한 이유로 최근에는 계통분류학이나 집단유전학 등에서는 각종 생물들의 계통확립이나 분화정도를 조사하는데 mtDNA의 유전적 분석을 통한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Avise, 1986; Kessler and Avise, 19885; Spolsky and Uzzell, 1984). 하지만 강굴에 대한 mtDNA 연구는 cytochrome oxidase subunit I (Lam and Morton, 2003)과 16S ribosomal RNA(Wang et al., 2004)를 제외하면 이루어지지 않고있는 실정이다.

본 연구는 강굴의 특정 유전자 염기 서열 비교로 강굴의 유전적 특성과 지역적 분화도를 분자생물학적으로 조사해 봄으로써 한국산 강굴 존재 여부 확인 및 각 지역에 분포, 서식하는 지역 특이성을 구분하고, 이를 확인 할 수 있는 강굴 고유 Marker를 개발을 하고자 하였다.

특정 유전자 염기서열 결정을 위하여 PCR을 실시하여 Sequencing 한 결과 16S ribosomal RNA gene은 509bp를 cytochrome oxidase subunit I 은 675bp를 cytochrome b은 610bp의 한국산 강굴의 염기서열을 확보 하였으며, 한국산 강굴을 NCBI에 등록된 강굴과 비교 해봄으로써 계통을 확인 할 수 있었다.

종내 지역 구분을 위한 16S ribosomal RNA gene과 cytochrome oxidase subunit I 및 cytochrome b 분석에서는 100% 일치하여 종내 지역간 구분 Marker로써 유용하지 않음을 알 수 있었

지만, 16S ribosomal RNA gene에서 2개의 Haplotype을 cytochrome oxidase subunit I 에서 7개의 Haplotype을 cytochrome b에서 5개의 Haplotype을 확인 할 수 있었다. Haplotype 대한 원인은 정확히 알 수 없지만 앞으로 더 많은 강굴 산지를 대상으로 조사하게 되면 지역별 강굴 MtDNA haplotype들의 분포도를 추정할 수 있을 것이며 이에 따른 지역 구분 Marker 개발도 이루어 질 것으로 전망된다.

또한, 이번에 개발한 cytochrome b 부분의 Marker는 종간 염기서열 비교에서 강굴의 A는 23.61%(144), G는 20.33%(124), T는 39.34%(240), C는 16.72%(102)를 차지하였고, A-T는 62.95%(384), C-G37.05%(226)으로 나타났으며, 대서양 굴의 경우A는 23.93%(146), G는 22.46%(137), T는 33.93%(207), C는 19.67%(120), A-T는 57.87%(353), C-G는 42.13%(257)로 나타났다. 참굴은 A가 22.95%(140), G가 22.13%(135), T가37.38%(228), C가 17.54%(107), A-T는 60.33%(368), C-G는 39.67%(242)각각 나타났다. 3종간 염기서열간 유사성을 분석한 결과 강굴과 참굴은 74.9%, 강굴과 대서양 굴은 83.1%, 참굴과 대서양 굴은 75.1%로 나타나 종간 구분 Marker로 유용하게 쓰일 것이다.

현재까지 강굴에 대한 분류학적 정립이 확실치 않아 세계적으로 *Crassostea rivularis*(Gould 1861)로 혼용되고 있으며 우리나라에서도 최근까지 *C. rivularis*(유 등, 2000)가 사용되어 왔으나, NCBI에 등록된 C. ariakensis 와 우리나라에서 서식하는 강굴이 같은 종임이 확인 되었음으로 향후 *C. ariakensis*로 통일해서 명명해야 될 것으로 판단된다.

3. 식물플랑크톤 조사

섬진강하구에 대한 식물플랑크톤의 종 출현에 대한 연구를 위하여 2004년 9월부터 2005년 6월까지 각 3개 정점에 대하여 계절별로 조사를 실시하였다.

조사결과 출현종은 4문 6강 12목 101종이 출현하였다. 조사시기별 출현종을 살펴보면, 추계조사에서는 53종이 출현하였으며, 이 가운데는 녹조류가 13종으로 32%를 차지하였으며, 남조류가 1종, 규조류가 33종으로 60%를 차지하였고, 그리고 와편모조류가 7종 출현하여 규조류가 가장 많은 출현을 나타냈다. 동계에는 47종이 출현하였으며, 출현종 가운데는 녹조류가 9종으로 36%를 차지하였으며, 규조류가 33종으로 70.2%를 차지하였고, 그리고 와편모조류가 5종 출현하여 역시 규조류가 가장 많은 출현을 나타냈다. 춘계에는 50종이 출현하였으며, 출현종 가운데는 녹조류가 12종으로 23%를 차지하였으며, 남조류가 1종, 규조류가 37종으로 60%를 차지하였고, 그리고 와편모조류가 10종 출현하여 20%를 차지하여 역시 규조류가 가장 많은 출현을 나타냈다. 수온이 가장 높은 하계에는 48종이 출현하였으며, 출현종 가운데는 녹조류가 11종으로 22%를 차지하였으며, 남조류가 5종, 규조류가 18종으로 38%를 차지하였고, 그리고 와편모조류가 14종 출현하여 26%를 나타내어 역시 규조류가 가장 많은 출현을 나타냈다.

따라서 식물 플랑크톤의 출현 종조성 특성을 계절별로 살펴보면 춘계와 하계에는 녹조류의 출현이 뚜렷하나. 추계와 동계는 규조류의 출현이 뚜렷하였는데, 이는 춘계와 하계에는 섬진강 유하량이 증가되면서 담수의 영향을 받은 담수성 녹조류가 많이 출현하며, 유하량이 적은 추계와 동계에는 해양성규조류의 종 출현이 많았다. 이러한 점으로 보아 조사정점 가운데 정점 1까지 해수의 영향을 받는 것으로 나타났다(Tables 1-4).

가. 식물플랑크톤 현존량

본 조사기간 동안 섬진강 하구의 식물성플랑크톤의 계절별 현존량을 살펴보면, 추계조사에서 조사지역의 현존량은 18,100-30,800 cells/ℓ의 범위로 정점 2에서 가장 높았으며, 정점 1에서 가장 낮았다. 동계조사에서 현존량은 7,900-38,800 cells/ℓ의 범위로 정점 3에서 가장 높았으며, 정점 1에서 가장 낮았다. 하계조사에서 현존량은 30,100-44,200 cells/ℓ의 범위로 정점 3에서 가장 높았으며, 정점 1에서 가장 낮았다. 계절별 우점하는 생물종을 살펴보면, 추계에는 *Chlorellar vularis Pediastrum obetusum Oscillatoris amoena* 등이 우점하였으며, 수온이 가장 낮은 동계조사에서는 *Coscinodiscus gigas, Rhizolsolenia hebetata forma. semispina, Chaetoceros altanticus* 등이 우점하는 특징을 나타냈으며, 춘계조사에서는 *Chaetoceros curvisetum, Asterionella joponica,*

Nitzschia seriata, Protpperidinium pyriforme, Eucampia zoodiacus 등이 우점하였다. 하계에는 *Chaetoceros curvisetum, Ditylum brightwell, Asterionella joponica* 으로 나타났으며, 추계에는 *Chaetoceros curvisetum, Asterionella kariana* 외에도 *Thalassiosira rotula* 등이 우점하는 특성을 나타냈다.

Table 12. Seasonal variations of phytoplankton species composition from Seomjn River estuary in Autumn

Species \ Station	Dontak	Seomjin Bridge	Baealdo
Chlorophyceae	8	4	4
Cyanophyceae	1	1	0
Bacillariophyceae	16	20	21
Pyrrophyceae	2	4	5

Table 13. Seasonal variations of phytoplankton species composition from Seomjn River estuary in Winter

Species \ Station	Dontak	Seomjin Bridge	Baealdo
Chlorophyceae	6	3	4
Cyanophyceae	0	0	0
Bacillariophyceae	18	20	20
Pyrrophyceae	2	3	3

Table 14. Seasonal variations of phytoplankton species composition from Seomjn River estuary in Spring

Species \ Station	Dontak	Seomjin Bridge	Baealdo
Chlorophyceae	5	2	2
Cyanophyceae	1	0	0
Bacillariophyceae	25	25	27
Pyrrophyceae	3	6	6

Table 15. Seasonal variations of phytoplankton species composition from Seomjn River estuary in Summer

Species \ Station	Dontak	Seomjin Bridge	Baealdo
Chlorophyceae	6	5	3
Cyanophyceae	4	2	3
Bacillariophyceae	10	12	11
Pyrrophyceae	7	8	8

Table 16. Species composition and abundance of phytoplankton in the Seomjn River estuary in Autumn

Species \ Sampling station	Dontak	Seomjin Bridge	Baelado
Tetraedron gracile			*
Ankistrodesmus convolutus	*		
An. falcatus var. mirabilis		*	
Chlorellar vularis	*		*
Pediastrum boryanum	*	*	
Pe. duplex			
Pe. obetusum	**	*	*
Scenedesmus intermidus	*		
Closterium dianae		*	
Cosmarium auriculotum	*		
C. hammeri var. protuberans	*		*
Staurastrum asterias	*		
Oscillatoris amoena	*	**	
Melosira granulta	*	**	*
M. italica	**		
Skeletonema costatum		*	*
Stephanopyxis turris	*		**
Leptocylindrus danicus		*	*
Le. aanicus		*	
Lauderia borealis	*		*
Thalassiosira oestrupii		*	
Th. nordenskioeldii	*		
Th. baltica		*	*
Coscinodiscus centralis		**	*
Co. gigas	*	*	*
Co. subtilis			**
Actinoptychus senarius		*	*
Rhizosolenia stolterfothii	*	*	
Rh. indica			*
Rh. calcar avis		*	
Bacteriastrum minus	*		*
Chaetoceros coarctarum			*
Ch. curvisetum		**	**
Ch. sociale		*	*
Ch. suvsecundum	*	*	
Biddulpia sunensis			*
Ditylum sol.		*	
Di. brightwellii	*	*	*
Asterionella japonica	*	*	
As. kariana	*	**	**
Navicula definita			*
Pleurosigma angulatum		*	
Pl. rectum	*	*	
Pl. intermedium			*
Nitzschia sigma	*		*
Ni. seriata		*	
Ni. pungens	*		*
Bacillaria paradaxa	*		*
Dictyocha fibula		*	
Dimophysis arttica		*	*
Di rudhei		*	
Protoperidinium decipiens	*		*
Pr. pyriforme			*
Ceratium hravidium	*		*
Ce. Kofoidii		*	
Ce. humile			*

* : 500; ** : 2,000 cell/㎖

Table 17. Species composition and abundance of phytoplankton in the Seomjn River estuary in Winter

Species \ Sampling station	Dontak	Seomjin Bridge	Baelado
Pediastrum biradiatum			*
P. duplex	*		
Scenedesmus accuminatus	*		
S. econis		*	
S. obliquus	*		*
Cyclotella conta	*		
Fragilaria intermedia	*		*
Melosira sulcata	*	*	
Staurastrum lunatum		*	*
Skeletonema costarum	*	*	**
Stephanophyxis turris	*		*
St. nipponica		*	*
Thalassiosira nordenskioeldii	*	*	*
Th. decipiens			*
Th. baltica	*		*
Th. eccentrica		*	
Coscinodiscus oculus iridis		*	*
Co. gigas	*	*	
Co. debilis		*	*
Rhizolsolenia imbricata	*	*	
Rh. stolterfothii	*		
Chaetoceros atlanticus		*	*
Biddulphia mobiliensis	*	*	
Bi. auria			*
Bi. longicruris		*	
Ditylum brightwellii	*		
Eucampia zoodiacus	*	**	**
Fragilaria cylindrus	*		*
Asterionella japonica		*	**
As. kariana	*	**	
Navicula membranacea			*
Na. definita	*		
Pleurosigma angulatum		*	
Pl. elongatum	*	*	*
Pl. rihidum			*
Nitzschia sigma	*	*	
Ni. seriata	*	*	*
Ni. longissima			*
Bacillaria paradoxa	*		**
Cylindrotheca closterium		**	
Bacillaria paradoxa	*	*	*
Prorocentrum micans			*
Pr. minimum	*	*	
Dinophysis ovum	*		*
Di. acuminata		*	
Prtoperidinium pyriforme		*	*

* : 500; ** : 2,000 cell/㎖

Table 18. Species composition and abundance of phytoplankton in the Seomjn River estuary in Spring

Species \ Sampling station	Dontak	Seomjin Bridge	Baelado
Ankistrodesmus falcarus var. mirabilis	*	*	
Pediastrum biradiatum	*		
Pe. biwae	**	*	*
Coelastrum reticularum			*
Scenedesmus acutus	*		
S. ecornis		*	
S. accuminarus	*		*
Staurastrum asterias	*		
S. dispa		*	
S. dickiel	*		*
S. polymorphm	*	*	
Oscillaroris formosa	*		
Melosira juergensi	**	*	*
Skeletonema costatum	*	*	*
Thalassiosira decipiens	*		*
Th. baltica		*	**
Th. rotula	*	*	
Th. pacifica		*	*
Coscinodiscus centralis	*		*
Co. asteromorphalus		*	*
Co. subtilis	*		
Co. gigas		*	*
Actinoptychus senarius	*	*	
Rhizolsolenia calcar avis		*	*
Rh. setigera	*		*
Rh. hebetata forma semispina		*	*
Rh. indica	*	*	
Chaetoceros atlanticus			*
Ch. compressum			*
Ch. sociale	*	*	
Biddulphia aurita	*		
Bi. longicruris		*	*
Ditylum sol.	*	*	*
Di. brightwellii	*	*	
Eucampia zoodiacus		*	
Streptotheca thamensis	*	*	*
Fragilaria capcina	*		*
Asterionella japinica	*	**	**
As. kariana		*	*
Thalassionella nitzchioides	*		
Gyrosigma strigile		*	*
Pleurosigma angularum	*		*
Pl. elongarum	*	*	*
Pl. affine	*		*
Pl. normanni		*	*
Nitzschia. sigma. var. intermedia	*	*	*
Ni. seriata	*	*	
Ni. pacifica	*		*
Bacillaria paradaxa	*	*	
Dictyocha fivula		*	
Prorocentrum micans			*
Pr. gracile	*	*	*
Dinophysis arttica	*	*	
Di. acuminara			*
Protoperidinium decipiens		*	*
Pr. depressum	*		*
Ceratium gravidium		*	
Ce. furca		*	*
Ce. tenue		*	

* : 500; ** : 2,000 cell/㎖

Table 19. Species composition and abundance of phytoplankton in the Seomjn River estuary in Summer

Species \ Sampling station	Dontak	Seomjin Bridge	Baelado
Pediastrum duplex var. *reticularum*	*		
P. duplex	*	*	*
P. sumplex			*
Scenedesmus acuminatus	**	*	*
S. acutus	*	*	
S. ecornis			*
Staurasrtum asterias	*	*	
S. polymorphum			
S. hirsutum	*	*	
Anacystis aeruginosa	*		
Agnemellum tenuissima	*		*
Oscillatoris formosa	**	*	
Os. curviceps	*		*
Lyngbya contorta		*	*
Leptocylindrus danicus	*		
Thalassiosira rotula		*	
Th. pacifica	*		*
Coscinodiscus centralis		*	*
Co. asteromorphalus	*	*	
Actinoptychus senarius		*	*
Rhizosolenia indica	*		*
Rh. calcar avis		*	
Chaetoceros atlanticum	*		*
Ch. concavicorne		*	
Ch. affin		*	*
Ch. curvisetum	*	*	*
Ch. debile	*		
Biddulpia sinensis		*	
Bi. lonhicruris	**		*
Ditylum sol.		*	*
Di. brightwellii	*	*	
Asterionella japonica		*	**
Nitzschia seriata	*		*
Prorocentrum gracile		*	*
Dinophysis arttica		*	
Di. acuminara	*		*
Di. schroderi		*	
Di. rudgei	*		*
Gonyaulax polygramma	*		
Protoperidinium decipiens	*	*	**
Pr. pyrforme		**	
Pr. crassipes	*	*	**
Ceratium hravidium		**	*
Ce. furica			*
Ce. humile	*		*

* : 500; ** : 2,000 cell/㎖

나. 고 찰

연안 환경에서 식물플랑크톤의 일차생산성은 일반적으로 크게 두가지 기작에 의해 조절된다. 영양물질의 공급(bottom-up control)과 포식자에 의한 섭식과 같은 생물학적 작용(top-down control)이다(Armstrong, 1994; Caraco et al., 1997). 하구에서는 이러한 조절 기작들이 식물플랑크톤과 복잡한 상호 관계를 갖는데 그 원인은 담수유입과 조석의 영향, 오염물질 유입이라고 할 수 있다(Alpine and Cloern, 1992; Pennock and Sharp, 1994). 식물플랑크톤은 특정 수역에 있어서 현재는 물론 장래의 수계환경 변화양상을 파악하기 위해서 뿐만 아니라 수계생태계 보전을 이해하기 위해서도 당연히 식물플랑크톤의 면밀한 조사가 수행되어야 한다(김과 김, 2004). 본 조사에서 동정된 식물플랑크톤은 61속 101종으로, 연구해역이 환경변화가 다각적으로 변화하는 하구역이라는 곳임을 고려할 때 정확한 비교는 하기 어려우나 심 등(1984)이 광양만 전역에서 조사한 결과인 67속 211종, 권 등(2001)이 섬진강 하구역 입구에서 조사한 55속 96종과 비교해 보면, 비교적 심 등(1984)의 연구결과보다는 낮은 출현종수를 나타내었다. 이는 심 등(1984)의 연구가 섬진강 하구 아래쪽의 염분이 비교적 높은 광양만 전역에서 이루어진 반면 본 조사는 저염분 해역에서부터 하구입구까지 조사되어졌기 때문에 종조성의 차이가 나타난 것으로 판단된다. 현존량의 경우, 여수해만(Moon, 1990)의 49-824 cell/㎖와 광양만(심 등, 1984)의 105-2,849 cell/㎖와는 본 연구와 다소 차이를 보이고 있다.

한편, 권 등(2001)은 담수와 해수가 처음 만나는 초저염분역에서 식물플랑크톤의 급격한 감소와 함께 담수역에서 높은 현존량을 나타내었던 담수 녹조류가 해수와 처음 만나는 초저염분역에서 현존량이 급격하게 감소하는 경향을 나타낸다고 하였다. 본 연구에서도 중간기점인 섬진대교를 기점으로 담수 녹조류가 감소하는 비슷한 양상을 나타내었다. 이러한 이유는 담수성 녹조류가 하구역의 염분 구배 때문에 중간기점인 섬진대교 지역에서 담수와 해수의 혼합층이 형성되어, 담수성 녹조류가 사멸한 것으로 판단되나 향후 보다 세밀한 조사가 필요하다고 사료된다. 또한 이전의 연구들을 살펴보면, 섬진강은 광양만과 인접해 있으며, 광양만은 대단위 공업단지(POSCO, 여천 화학단지, 하동 화력 발전소, 광양 컨테이너터미널 등)와 도시(광양시, 여천시)로부터 많은 폐수와 생활하수에 영향을 받는다고 보고된 바 있다(이 등, 2001). 이처럼 조사지역인 섬진강 하구역은 담수의 유입 및 해수의 유동에 의해 크게 의존되는 것으로 나타났으며 담수종은 그종류나 수에서 상류로 갈수록 크게 영향을 받는 것으로 사료된다.

4. 생식기작 구명

굴은 연체동물문(Mollusca), 이매패강(Bivalia), 익각목(pteioida) 굴과(Ostreidae)에 속하고 현재 *Crassostrea, Ostrea, Pycnodonta*의 3속 100종 이상으로 분류되고 있으며 열대지방에서부터 한대지방까지 세계적으로 널리 분포하고 있다(Ranson, 1950; 1960). 우리나라에 서식분포 하고 있는 굴은 참굴(*Crassostrea gigas*), 강굴(*C. ariakensis*), 바윗굴(*C. nippona*), 텃굴(*C. echinata*), 세굴(*C. circumpicta*), 로사굴(*C. rosasea*), 중국굴(*C. sinemsis*), 그리고 벗굴(*Ostrea, denselamellosa*) 등 모두 8종이 있다.

강굴의 대해서 진행된 연구로는 난 발생 및 사육에 미치는 수온과 염분의 영향(유와 강, 1995)과 성장(유와 임, 1996)에 관한 연구가 있다. 이처럼 강굴의 관한 연구는 취약한 상태에서 산업응용을 도모하고 생산성 확대를 위한 양식기술을 개발하기 위해서는 우선 강굴의 생식 메카니즘에 대한 연구가 이루어져야 한다. 강굴의 정확한 산란기와 생식주기가 밝혀지면 지역개체군의 연령사정 및 연령 구조, 가입 시기 등을 알 수 있다.

자원량의 증강 및 자원관리를 위해서는 먼저 산란기 파악을 위해 비만도지수(Condition index)의 월별변화를 조사할 필요가 있다. 또한 증양식을 위한 기초자료로 얻기 위해 조직학적 방법에 의해 조직표본을 제작하여 정확한 산란기와 생식주기를 밝히기 위하여 생식소 발달을 정성적 및 정량적 분석방법에 의해 밝히는 것은 무엇보다 중요한 일이다.

점차 쇠퇴되어가는 하구역의 생물생산 활성화를 위해 새로운 양식 대상종으로 개발 가능성이 높은 강굴의 종 보존 및 자원증식을 위한 인공종묘 생산기술을 확립하는데 이용할 수 있는 기초자료를 얻고자 강굴 암·수생식세포 형성과정을 조직학적으로 조사하여 생식년 주기를 밝히고자 하였다.

가. 비만도(Condition Index)

강굴 비만도의 월별 변화는 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 돈탁 지역의 경우는 11월(10.4±1.8)부터 급격하게 증가하기 시작하여 3월(25.5±2.5)에 가장 높았다. 그 이후 서서히 낮아져 8월(7.7±1.2)에 최저값을 보였다. 섬진대교의 경우는 11월(9.8±1.7)부터 서서히 증가하여 2월(18.9±3.1)에 가장 높았으며, 이후 서서히 감소하여, 8월(8.8±5.9)에 최저값을 보였다. 이후 점차 증가하는 것을 경향을 보였다. 배알도의 경우는 11월(8.1±1.6)부터 서서히 증가하여 4월(14.7±2.6)이후 서서히 감소한 후, 8월(6.7±1.2)에 최저값을 보였으며, 이후 다시 증가하는 경향을 보였다.

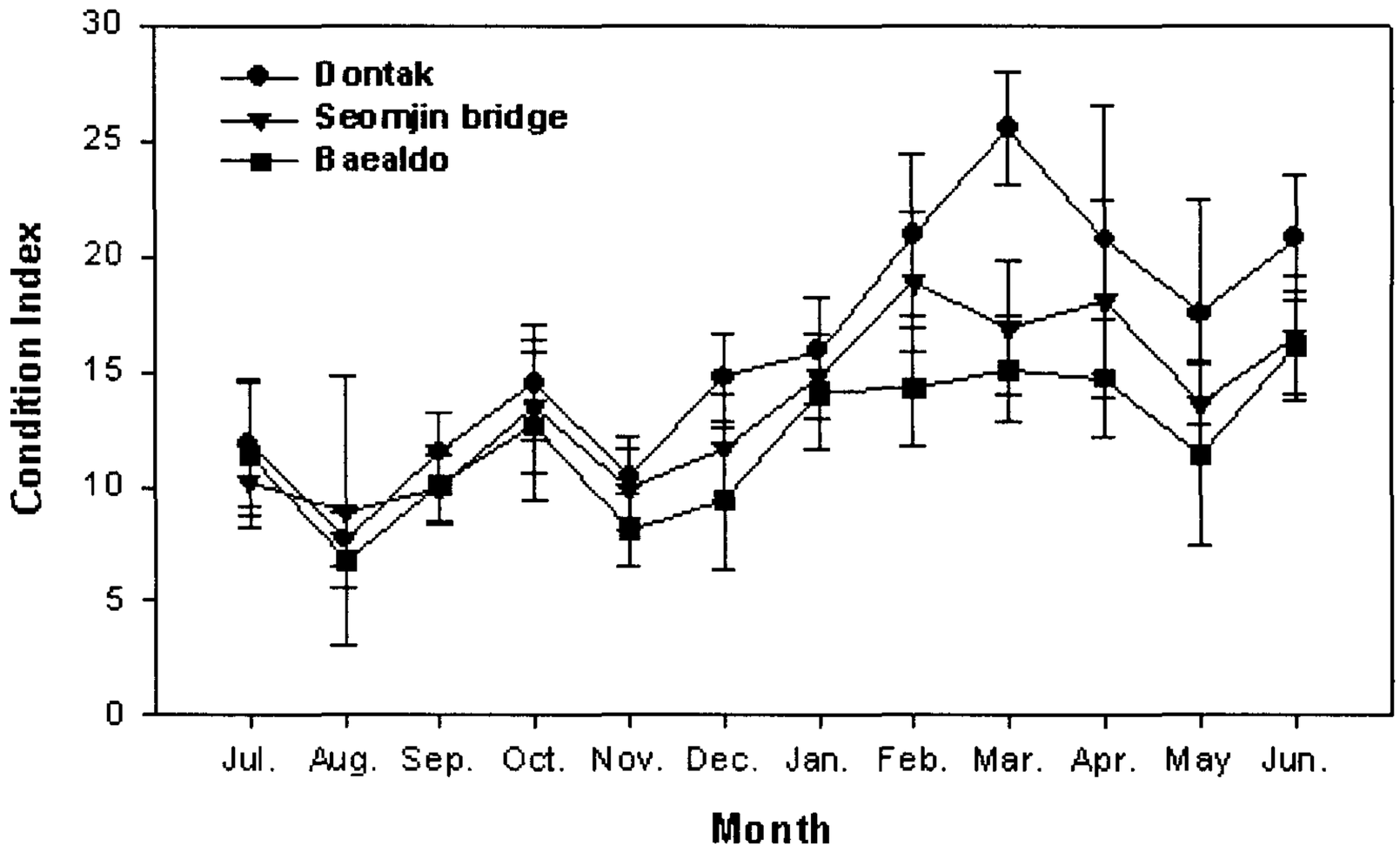


Fig. 56. Monthly changes of condition index of *Crassostrea ariakensis* in each station from July 2004 to June 2005.

나. 생식소의 조직학적 변화

생식소의 발달 과정은 조직학적 분석에 따라 암수 각각 초기발달기(early developing stage), 후기발달기(late developing stage), 완숙기(ripe stage), 부분산란기(partially spawned stage), 퇴화 및 휴지기(spent and inactive stage)로 연속적인 5단계로 구분하였다(Figs. 57, 58).

(1) 난 소

초기발달기(early developing stage)

난소의 소낭(follicle)들이 뚜렷하게 형태를 이루었으며, 소낭의 생식상피에는 난원세포(oogonia)들이 분열 증식하였다. 난모세포(oocyte)의 크기는 10~21㎛에 이르렀다. 난원세포는 인이 뚜렷한 둥근핵을 가지고 있었으나, 세포질은 매우 빈약하였다(Fig. 57A).

후기발달기(late developing stage)

소낭의 생식상피에서 분열 증식중이던 난원세포들은 차츰 그 세포질이 커지고 내강쪽으로 성장하기 시작하였다. 성장을 시작한 초기 난모세포들의 크기는 28~43㎛ 전후였으며, 계속 성장하여 50㎛ 전후가 되면 타원형의 서양배 모양을 하게 되어 한쪽 끝이 가늘고 긴 난병(egg

stalk)을 형성하며 발달하였다. 이후 난병이 소실되고 난모세포는 생식 상피로부터 유리되어 차츰 원형으로 되면서 중앙 내강으로 분리되었다(Fig. 57B).

완숙기(ripe stage)

난소내의 각 소낭에는 유리된 성숙한 난모세포들로 가득 채워져 있었으며, 조직학적 상태는 원형이었다. 완전히 성숙한 난모세포는 세포질에 충분한 난황을 축적하였으며, 크기는 50~60㎛ 이었다. 커다란 배포상이 핵을 포함하고 있었으며, 핵막 부근에 큰 인이 존재하였다(Fig. 57C).

부분산란기(partially spawned stage)

산란기에 도달한 성숙한 난모세포를 체외로 방출하였고, 이로 인하여 난소 소낭의 중앙부에 비어있었다. 소낭에는 미방출된 난들도 존재하였다(Fig. 57D)

퇴화 및 휴지기(spent and inactive stage)

난이 방출된 난소는 위축되었고, 미방출된 난모세포들은 점점 염색성이 소실되면서 퇴화 흡수하는 현상들이 나타났으며, 그 수는 점차 감소하였다. 난소는 퇴화 흡수하는 현상들이 나타났으며, 그 수는 점차 감소하였다. 난소는 과립세포들이 증가하였으며, 난원세포들의 분열증식은 나타나지 않은 휴지기의 상태를 나타내었다(Fig. 57E).

(2) 정 소

정소는 소화맹낭에 인접하여 많은 정소 세관이 발달하였으며, 이들 정소 세관 상피는 섬유성 결제 조직으로 이루어져 있었다. 정소 발달 과정은 난소 발달 단계와 같이 모두 5단계로 구분하였다.

초기발달기(early developing stage)

정소 세관의 벽은 두터운 생식 상피로 이루어져있으며, 생식 상피를 따라 불분화 간충직과 호산성 과립 세포들 사이에 정원세포가 활발히 분열 증식하였다. 초기 정원세포의 핵은 난원세포에 비해 배포상이 뚜렷하지 못하고, 핵내에 망상구조가 보다 불규칙 하고 염색질이 과립 또

는 괴상으로 나타났다(Fig. 58A).

후기발달기(late developing stage)

분열 증식을 마친 정원세포는 제 1차 성숙 분열을 거쳐 정모세포로 발달하는 성장기를 나타내었다. 성장기 정소 세관은 정원세포의 수가 감소하고, 정모세포, 정세포가 증가하였으며, 이들은 층상 구조를 나타내었다. 성장 후기에는 정모세포의 층이 줄어들고, 정세포층이 증가하였다(Fig. 58B).

완숙기(ripe stage)

성숙기의 정소에서는 성숙 분열을 마친 정세포가 생식 상피주변에 위치하였고, 성숙·변태한 정자는 강한 염기성을 나타내었다.

정자는 머리를 외벽쪽으로 미부를 내강으로 향하여 정소 세관의 내부를 가득 채웠다(Fig. 58C).

부분산란기(partially spawned stage)

정자들은 세관 내에서 배열상이 흩어지며 체외로 방출되었고, 이로 인하여 세관의 일부는 비어있었다. 방정이 일어난 정소의 세관은 점점 위축되었고, 형태가 변화되었다(Fig. 58D).

퇴화 및 휴지기(spent and inactive stage)

정소 세관은 완전히 해체되었으며, 정소내 방출되지 않은 잔존 정자는 퇴화·흡수되고있었다. 이후 새로운 세관이 형성되기 전까지 변화를 보이지 않았다(Fig. 58E).

나. 난소의 정량분석

(1) 난소에 대한 난소 소낭 면적의 비

난소에 대한 난소 소낭 면적의 비율은 상류인 돈탁에서 1월에 13.80%이었으며, 4월 30.60%로 점차 증가하다가 7월 90.35%에 달하였다. 9월 48.85%로 급격히 감소하다가 10월 4.84%로 최저에 이른다. 중류인 섬진대교에서 1월에 16.38%이었으며, 5월 44.82%, 6월 70.56%로 점차 증가하다가 7월 92.18%에 달하였다. 8월 66.79%, 9월 44.83%로 급격히 감소하다가 10월 2.58%로 최저에 이른다. 하류인 배알도는 1월에 12.43%이었으며, 4월 42.59%, 5월 51.48%로 점차 증가하다가 7월 93.34%로 가장 높은 값을 나타낸다, 8월 59.53%, 9월 40.14%로 급격히 감소하다가 10월 2.14%로 연중 최저에 이른다(Fig. 59).

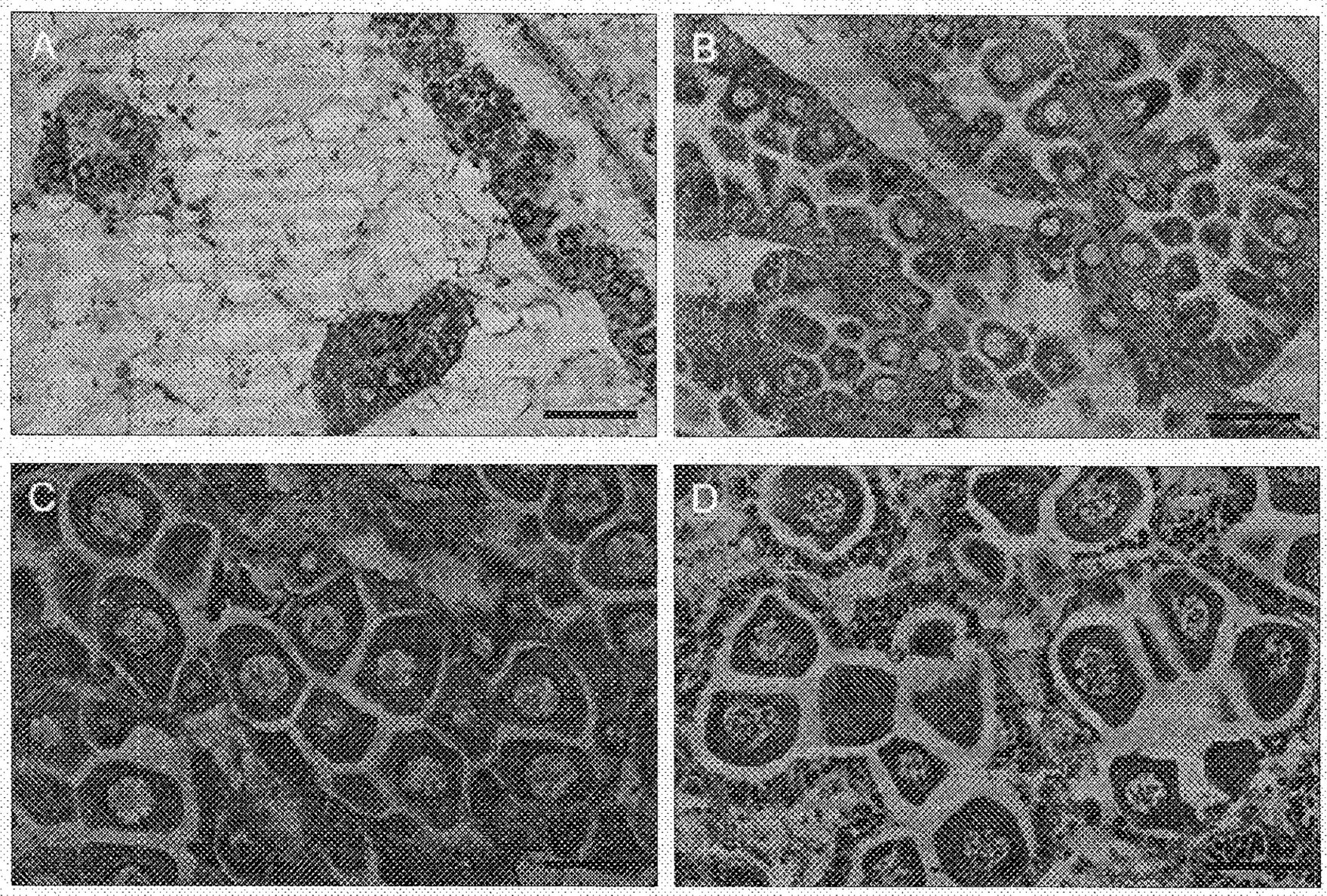


Fig. 57. Histological identification of the ovarian developmental stage in female oyster, *Crassostrea ariakensis*. scale bars indicate 50㎛.

A : Early developing stage　　B : Late developing stage

C : Ripe stage　　D : Partially spawned stage

E : Spent and Inactive stage

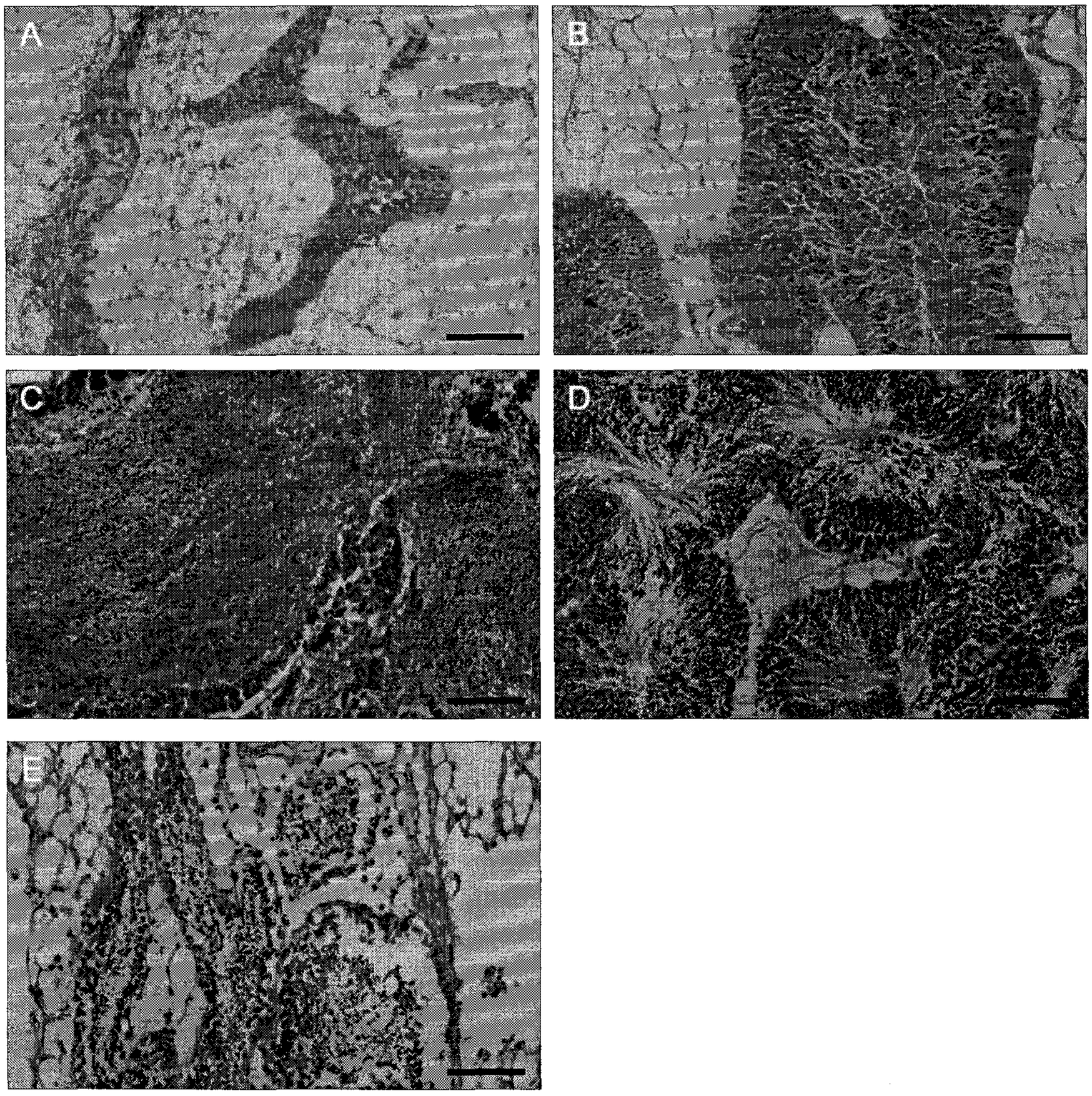


Fig. 58. Histological identification of the testis developmental stage in male oyster, *Crassostrea ariakensis*. scale bars indicate 50㎛.

A : Early developing stage　　B : Late developing stage

C : Ripe stage　　D : Partially spawned stage

E : Spent and Inactive stage

(2) 난소에 대한 난모세포 면적의 비

난소에 대한 난모세포 면적의 비율은 상류인 돈탁에서 1월에 5.87%,이었으며, 3월 9.21%, 4월 10.07%로 점차 증가하다가 6월 78.64%에 달하였다. 7월 71.18%, 8월 69.59%, 10월 1.68%11월 1.23%로 최하점에 이른다. 중류인 섬진대교에서 1월에 5.62%,이었으며, 4월 13.69%, 5월 39.43%로 점차 증가하다가 6월 79.20%로 가장 높은 값을 보이다 7월 69.61%, 9월 27.18%, 11월 0.51%로 최하점에 이른다. 하류인 배알도는 1월에 6.71%이었으며, 4월 21.08%로 점차 증가하다가 6월 77.52%에 달하였다. 7월 66.03%, 9월 24.17%, 11월 0.29%로 연중 최저에 이른다(Fig. 60).

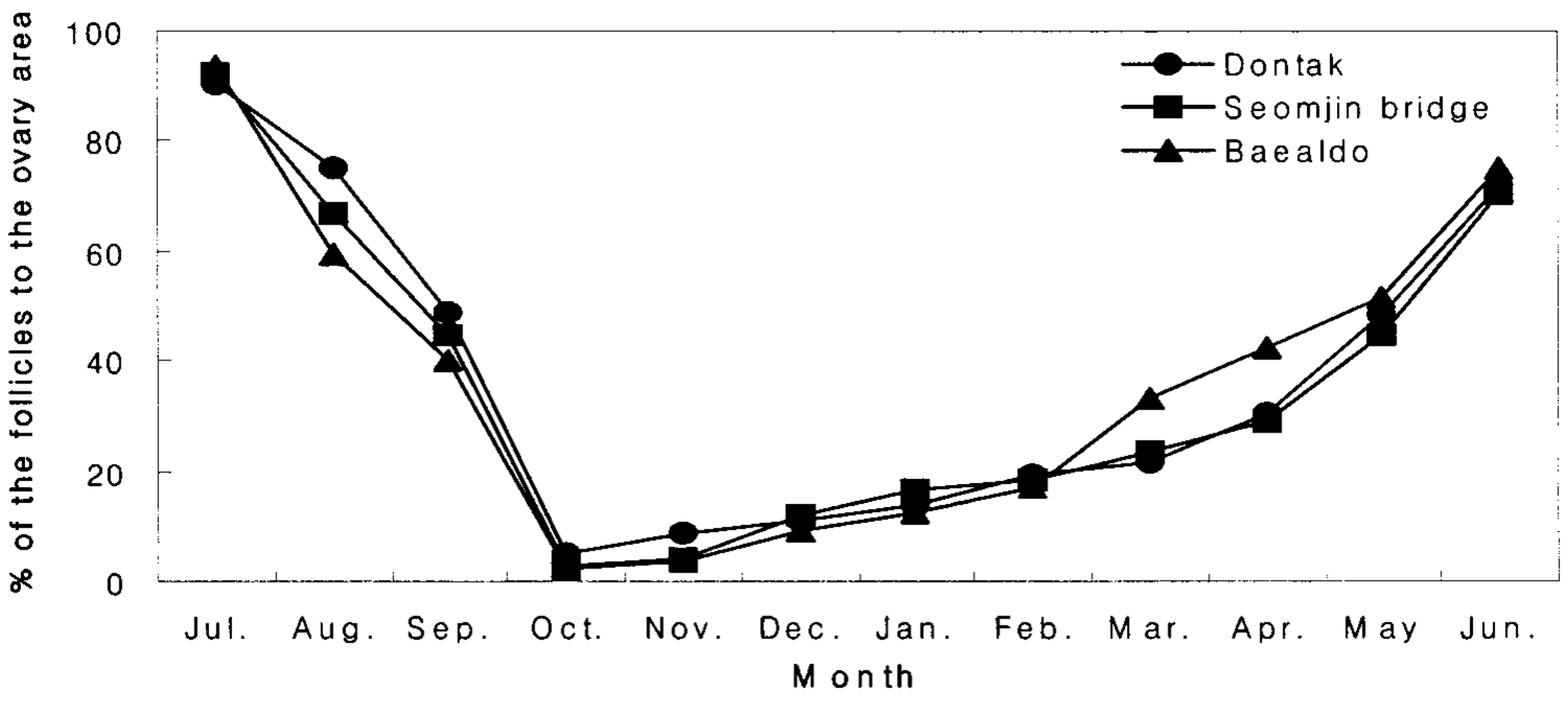


Fig. 59. Percent of the follicles to the ovary area in female oyster, *Crassostrea ariakensis* in Seomjin River from July 2004 to June 2005.

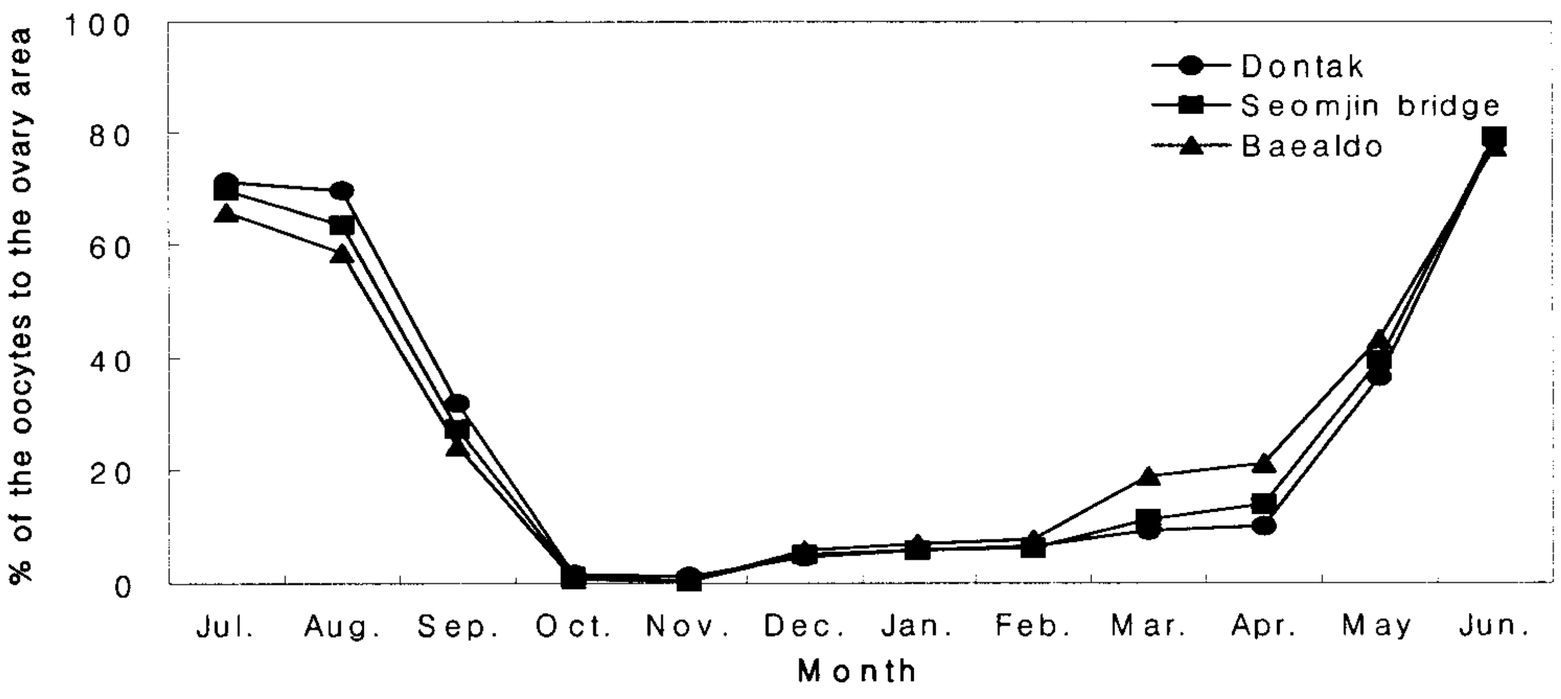


Fig. 60. Percent of the oocytes to the ovary area in female oyster, *Crassostrea ariakensis* in Seomjin River from July 2004 to June 2005.

다. 생식주기

조직학적으로 조사된 생식세포 형성 과정 및 난소의 정량 분석을 종합하여 이들의 생식주기를 초기 발달기, 후기 발달기, 완숙기, 부분산란기, 퇴화 및 휴지기 등의 5단계로 구별 하였다(Fig. 61~66).

실험기간 중 강굴의 생식소 발달 단계를 살펴보면, 먼저 암컷의 초기발달기가 12월에서 4월로 그중에서 2-3월이 가장 높게 나타났다. 후기발달기는 3월에서 5월로 이중 배알도가 3월부터 나타났고 다른 지역은 4월부터 나타났으며, 돈탁과 배알도는 4월이 가장 높게 나타났으며, 5월에 섬진대교 지역에서 높게 나타내었다. 완숙기를 살펴보면 5월에서 8월로 그중에서 6월이 가장 높았으며, 부분산란기는 7월에서 9월로 이중에 8월이 가장 높았으며, 퇴화 및 휴지기는 8월에서 다음해 2월로 그중에서 10-11월이 가장 높게 조사되었다. 하류인 배알도는 두 지역에 비해 퇴화 및 휴지기가 일찍 끝나는 것으로 판단된다. 수컷은 암컷과 대체로 비슷한 경향을 나타내었으며, 성숙한 개체수도 비슷하였다. 각 지역에 생식주기 비교는 돈탁과 섬진대교 두 지역은 생식주기가 유사하였으나, 배알도의 경우는 퇴화 및 휴지기가 빨리 끝났으며, 후기발달기가 두 지역보다 빠른 경향을 나타내었다. 섬진강 상류, 중류 및 하류의 생식주기가 조금씩 차이를 보이는 것을 알 수 있었다.

이상의 결과에 따라 강굴의 지역별 조직학적 분석 결과를 종합하면 돈탁과 섬진대교의 생식주기는 초기발달기 12월-4월, 후기발달기 4월-5월, 완숙기 5월-8월, 부분산란기 7월-9월, 퇴화 및 휴지기 8월-2월인 것으로 판단되며, 배알도의 생식주기는 초기발달기는 12월-4월, 후기발달기 3월-5월, 완숙기 5월-8월, 부분산란기 7월-9월, 퇴화 및 휴지기 8월에서 1월인 것으로 판단된다.

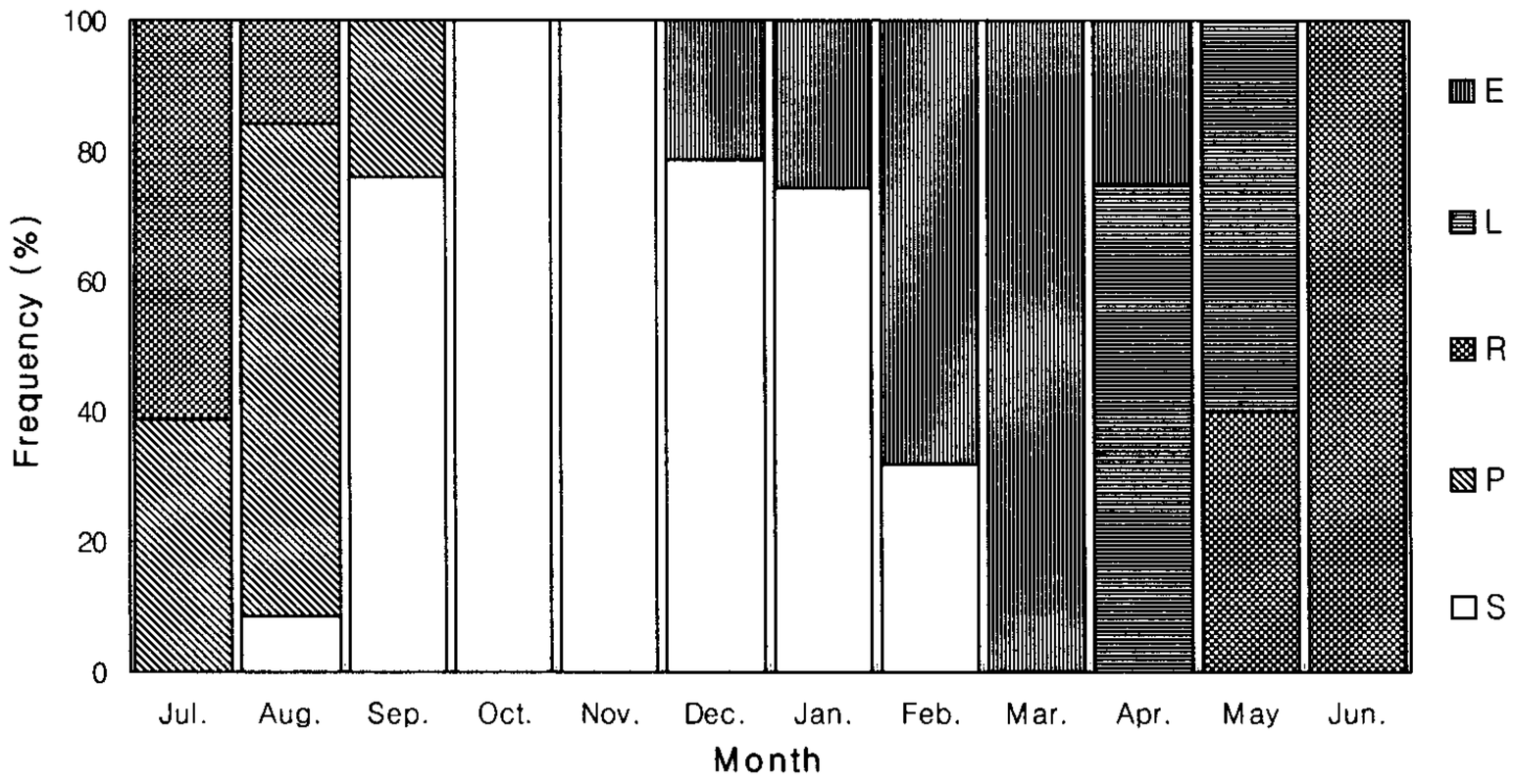


Fig. 61. Reproductive cycle of female oyster, *Crassostrea ariakensis* in Dontak from July 2004 to June 2005.

E : early developing stage, L : late developing stage,

R : ripe stage, P : partially spawned stage,

S : spent and inactive stage.

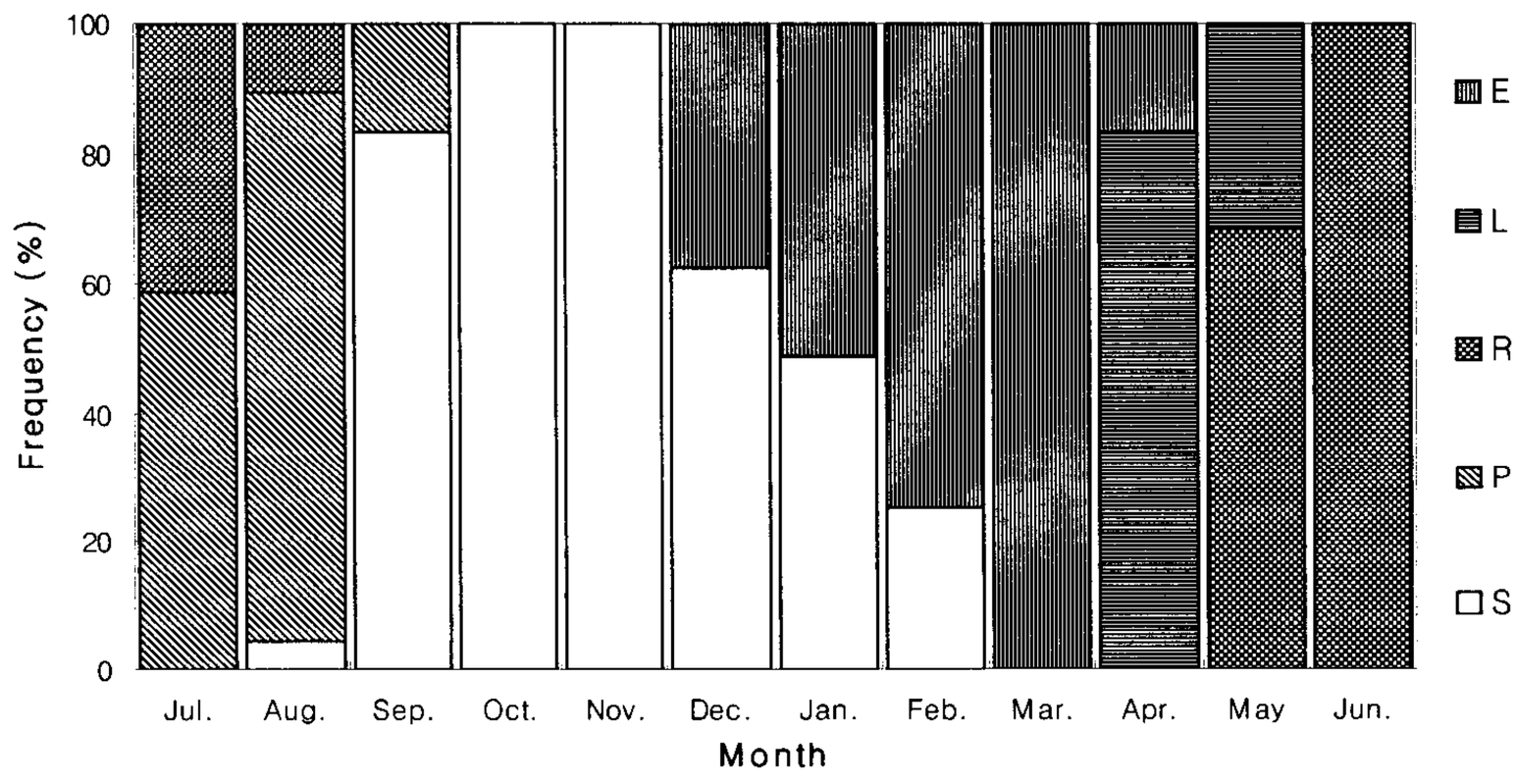


Fig. 62. Reproductive cycle of male oyster, *Crassostrea ariakensis* in Dontak from July 2004 to June 2005.

E : early developing stage, L : late developing stage,

R : ripe stage, P : partially spawned stage,

S : spent and inactive stage.

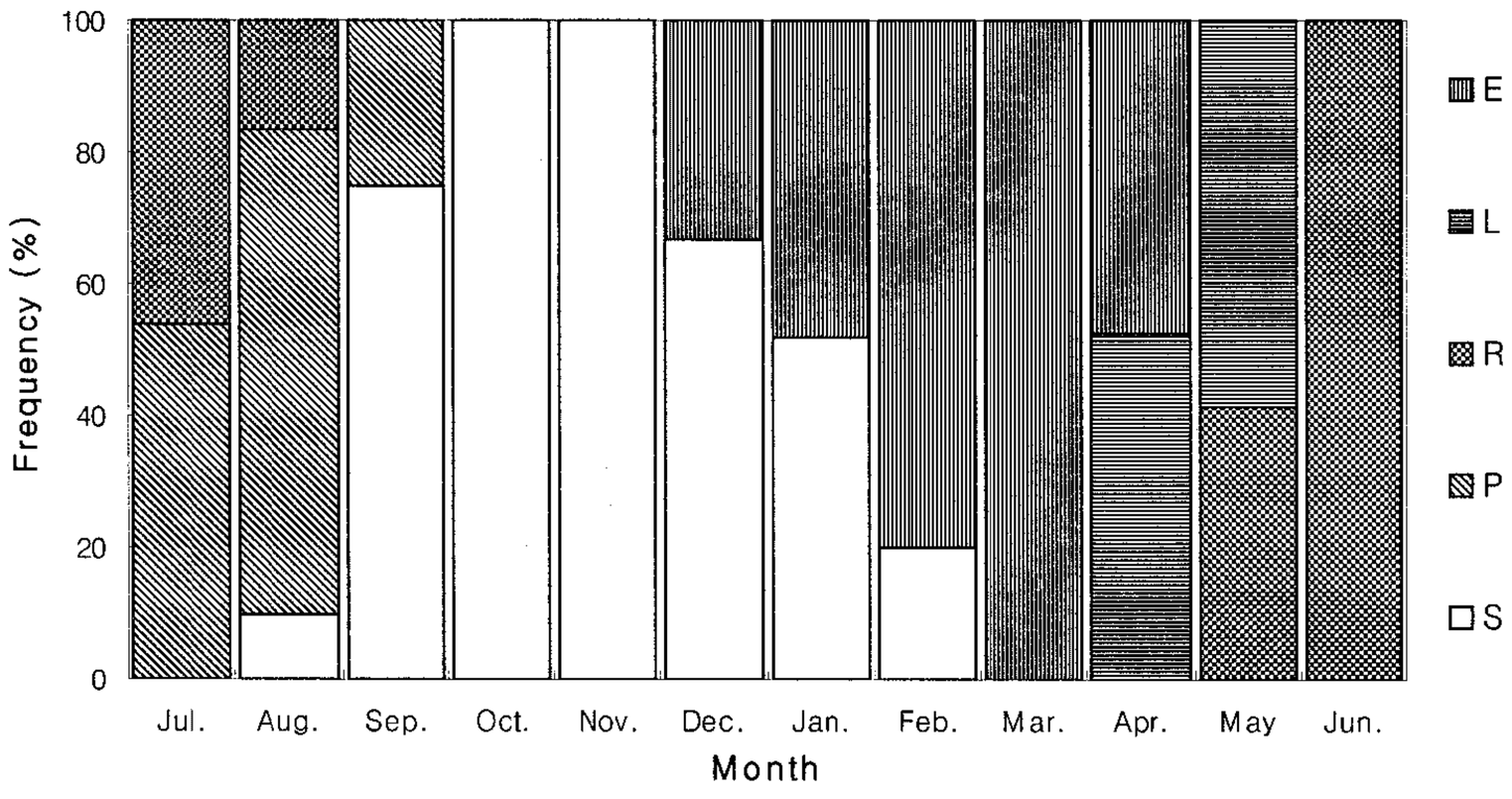


Fig. 63. Reproductive cycle of female oyster, *Crassostrea ariakensis* in Seomjin bridge from July 2004 to June 2005.

E : early developing stage, L : late developing stage,

R : ripe stage, P : partially spawned stage,

S : spent and inactive stage.

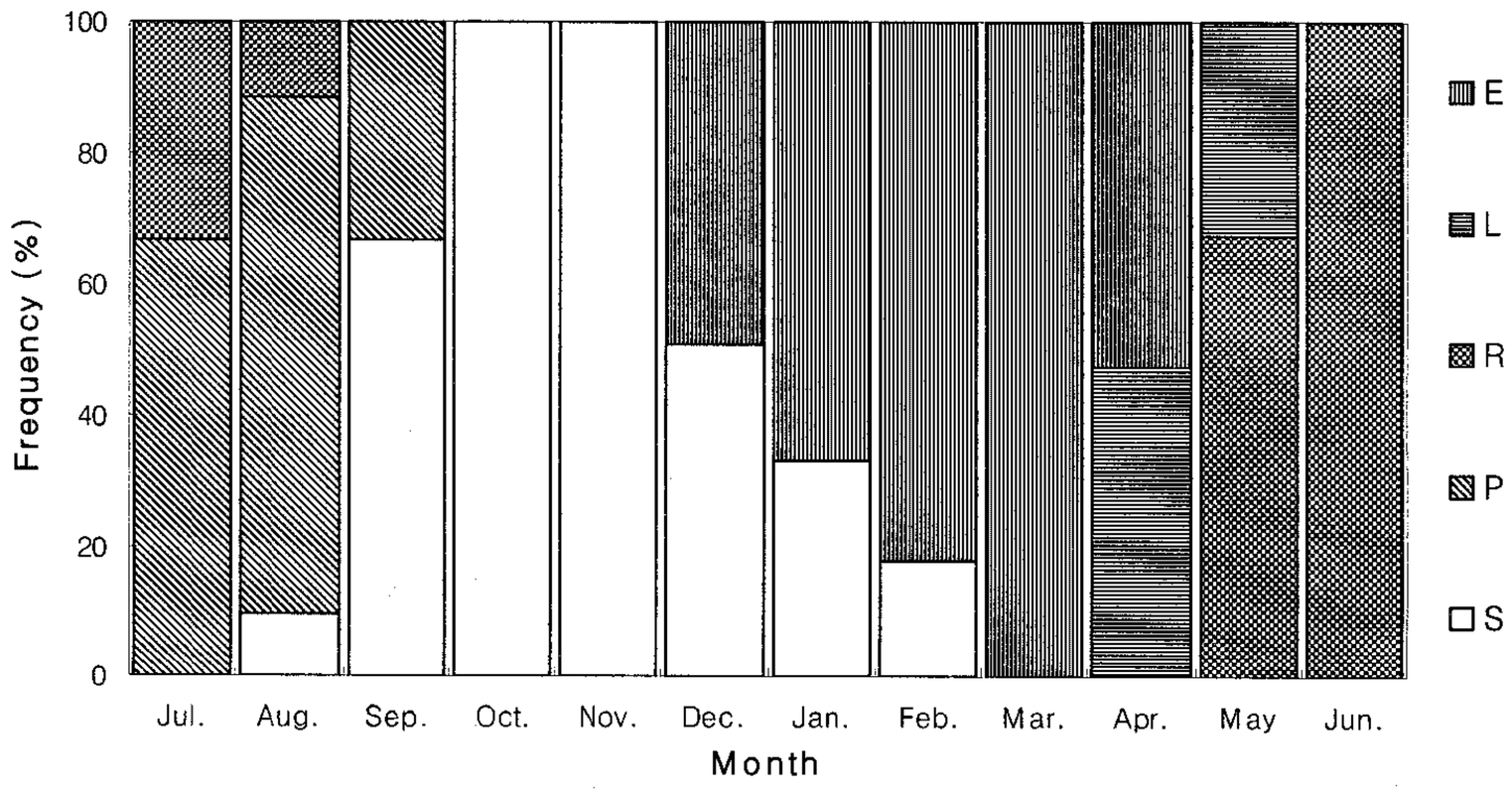


Fig. 64. Reproductive cycle of male oyster, *Crassostrea ariakensis* in Seomjin bridge from July 2004 to June 2005.

E : early developing stage, L : late developing stage,

R : ripe stage, P : partially spawned stage,

S : spent and inactive stage.

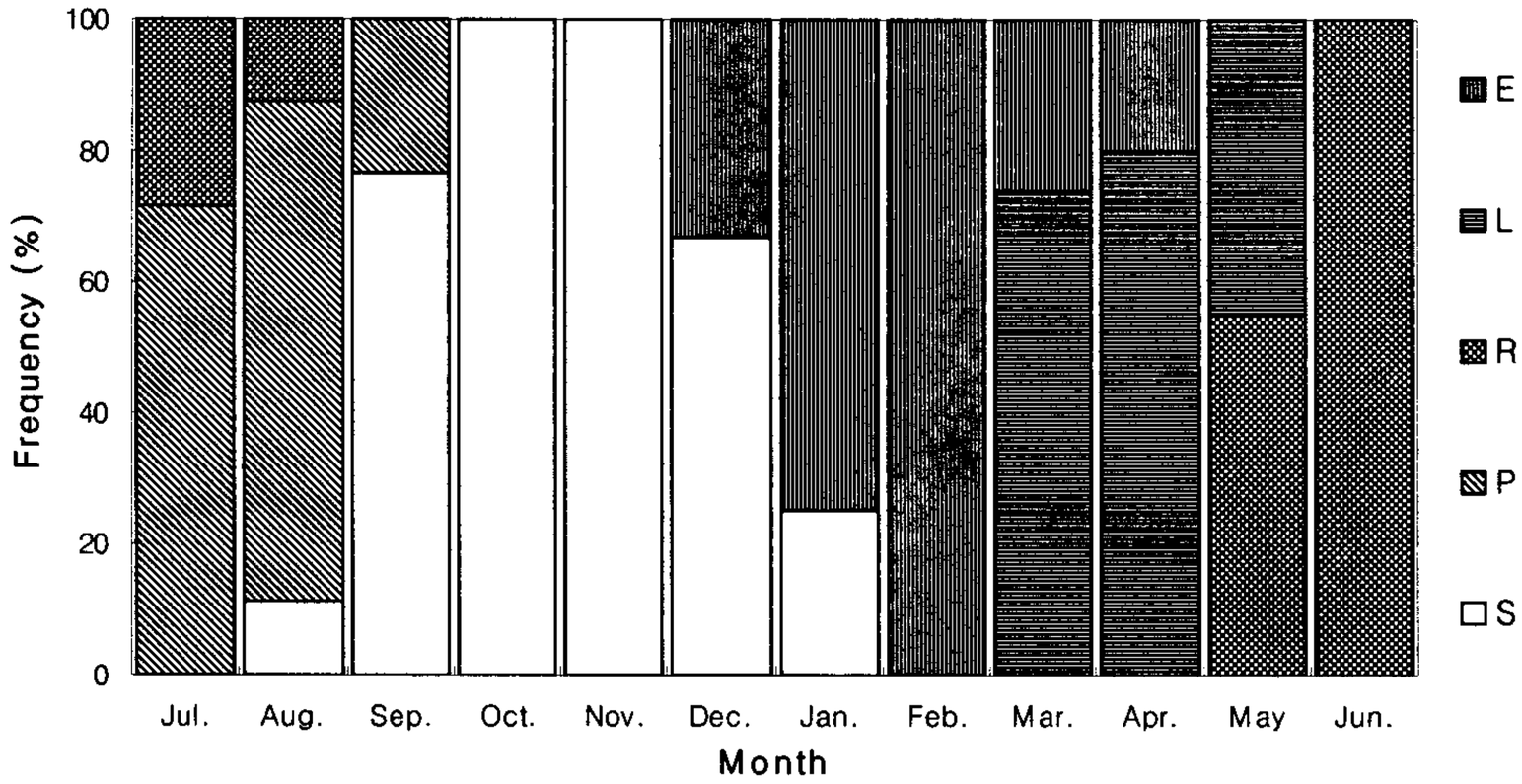


Fig. 65. Reproductive cycle of female oyster, *Crassostrea ariakensis* in Baealdo from July 2004 to June 2005.

E : early developing stage, L : late developing stage,

R : ripe stage, P : partially spawned stage,

S : spent and inactive stage.

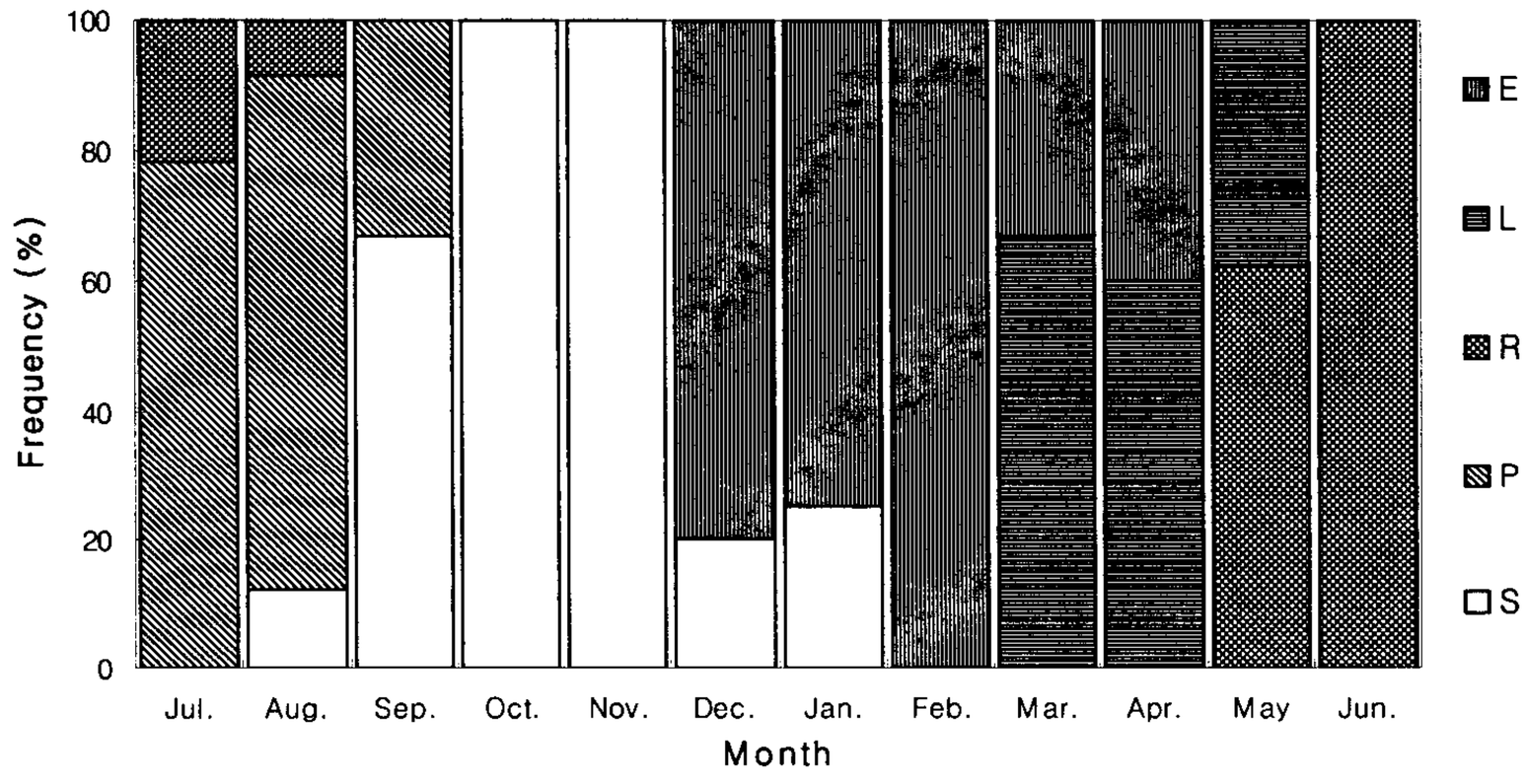


Fig. 66. Reproductive cycle of male oyster, *Crassostrea ariakensis* in Baealdo from July 2004 to June 2005.

E : early developing stage, L : late developing stage,

R : ripe stage, P : partially spawned stage,

S : spent and inactive stage.

마. 고 찰

일반적으로 이매패의 생식소는 소화맹낭과 족부 근육사이에 수많은 관(tube) 또는 주머니 모양의 기관으로 존재하는 것으로 알려져 있어(Chung et al., 1994) 강굴도 이매패의 일반적인 생식소 구조를 가진 것으로 사료된다. 대부분 해산 무척추동물은 체외수정을 하며, 이들의 생식은 계절적으로 일어난다고 알려져 있다(Giese, 1959; Loosanoff, 1961; Kinne, 1969; Webber and Giese, 1969). 또한, Boolootian et al.(1962)은 해산 무척추동물의 산란 습성을 3가지 유형 즉, 늦가을부터 다음 해 봄 사이에 걸쳐 산란하는 동계 산란종(winter breeder), 늦봄부터 이른 가을사이에 걸쳐 산란하는 하계 산란종(summer breeder) 및 연중 산란하는 종(year-round breeder)으로 구분하였다. 또한, 해산 무척추동물의 생식주기를 지배하는 환경요인으로는 먹이, 수온, 광주기 및 염분을 들 수 있다(Giese, 1959). 본 연구에서 섬진강내 강굴 서식지 3곳에 대한 수온은 3.5-26.2℃의 범위로 각 정점간 유의한 차이는 없었으며, 수온에 의한 섬진강내 강굴의 대사활동에는 큰 장애가 없는 것으로 판단되었다. 염분의 경우 하구역이라는 특성을 고려하여 살펴보면 섬진강 하구지역인 배알도의 저층염분의 경우 최저(9월) 19.4 psu, 최고(1월) 29.5 psu로 가장 고염분을 나타내어 해양역에 가까운 염분농도를 보였으며, 중간지점인 섬진대교의 경우 최저(9월) 10.7 psu, 최고(7월) 23.8 psu를 보였다. 또한 가장 상류지점인 돈탁의 경우 최저(9월) 2.6 psu, 최고(3월) 16.6 psu의 범위를 보여 가장 낮은 염분농도를 나타내었다. 강굴의 생식주기는 상류인 돈탁, 중류인 섬진대교, 하류인 배알도 3지점이 비슷하나 약간의 차이는 있어 수온과 염분이 산란에 영향을 준다고 사료된다. 수온이 상승하는 6월 이후부터 성숙하여 7-8월에 걸쳐 부분산란기가 이루어지는 것으로 보아 하계 산란종(summer breeder)으로 판단된다. 강굴은 다른 종과 달리 하구역인 기수지역에 서식하며, 염분농도와 여러 가지 환경조건에 적응하고, 진화했다고 사료된다. 하지만 실험을 통해 강굴이 환경적 변화 즉 수온과 염분에 대한 생식소 발달에 대한 연관성이 자세히 연구된바 없어 체계적인 연구가 요구 된다. 따라서 본 연구는 비만도와 조직학적 변화를 조사하였으며, 보다 객관적인 정밀성을 위해서 생식주기를 영상 분석 하였는데 비만도의 월별 변화는 섬진강 하구역에 상류인 돈탁, 중류인 섬진대교, 하류인 배알도 모두 5월, 8월 및 11월에 년 3회 비만도가 감소하였다. 이는 생식주기 및 정량분석 결과와 상이한 차이를 나타냈다. 이는 계절에 따른 부착 생물과 강굴의 패각 크기, 개체의 무게가 틀려 비만도의 변화가 나타 난 것으로 사료 되며 키조개의 경우에서도 이와 유사한 경향을 살펴볼 수 있었다(곽, 2004).

본 연구의 결과를 종합해 보면 강굴은 섬진강 상류, 중류, 하류 지역에서 배알도 지역이 중·상류 지역보다 빠른 패턴을 보였으며, 7-8월에 산란하는 종으로 나타났다. 또한 염분의 농

도가 상대적으로 높은 하구역인 배알도 지역의 강굴은 염분의 영향 또는 먹이 생물의 차이로 인해 성숙기가 빠르게 나타났다.

5. 자연종묘 생산

섬진강에서 굴 유생은 6월중순경부터 출현하게 되어 참굴과 산란시기가 겹치므로 굴의 주 산란시기를 지난 7월부터 강굴의 유생이 본격적으로 출현하는 것으로 생각된다.

매월 생식소 발달상황을 조사한 결과 강굴은 6월경 일부 산란하고 7월부터 대량 산란을 한 후 8월에 부분적인 산란을 하는 것으로 조사되었다.

채묘 시기는 1차년도인 2004년 7월 25일 돈탁, 섬진대교, 배알도의 3개소에 가리비 패각 160연의 채묘를 실시하였다.

대체로 강굴의 부착은 상류의 돈탁은 저층에서만 부착이 양호하고 참굴의 부착이 적었던데 비해 중층과 표층에서는 부착량이 매우 적었거나 참굴의 혼생이 많았다.

섬진대교에서는 표층에서는 부착이 적었으나, 중층과 저층에서는 부착수도 20~30개로 많았고, 참굴의 부착은 적었다. 그러나 표층에서는 참굴의 부착이 많았고 강굴의 부착수는 매우 적었다. 배알도에서는 전체적으로 부착량은 많았으나 대부분 참굴이 부착하여 채묘성적이 매우 낮게 나타났다. 따라서 자연채묘는 섬진대교와 돈탁의 중층과 저층만을 중심으로 하는 것이 효과적이며, 기 실시했던 뗏목 수하식외에도 저층 연승수하식으로 하는 것이 대량 채묘에 적합할 것으로 생각되었다.

가. 자연채묘를 위한 강굴 유생조사

(1) 2004년 유생의 출현

(가) 만조시 유생 출현량

지점별로 돈탁 중층에서는 6월7일 D상 유생이 출현하였고, 7월1일 대량의 D상 유생을 포함한 다양한 stage의 유생이 나타나 8월6일까지 지속되었다.

돈탁 저층에서는 6월9일 대량의 D상 유생이 출현하였으며, 7월1일 대량의 D상유생과 함께 다양한 stage의 유생이 채집되었다. 그리고 7월23일 마지막 대량 D상 유생이 채집되었고 이후로 유생의 출현은 거의 보이지 않았다.

섬진대교 중층에서 6월8일 D상이 대량 출현하였고 6월23일 D상을 비롯한 부착기와 각종 각정기 유생이 대량 출현하였다. 7월22일 다소 유생의 출현이 나타나고 8월6일까지 간헐적으로 나타나다 8월9일 이후 유생의 출현은 거의 보이지 않았다.

섬진대교 저층에서는 6월7일 최초로 D상의 출현이 있었고, 7월1일 다양한 유생이 대량 출현하였다. 8월3일 소량의 D상 유생 출현을 끝으로 유생의 출현은 거의 나타나지 않았다.

신답은 6월7일 소량의 D상이 출현하였고, 7월1일 다양한 유생이 나타나 peak를 나타내었으며 7월22일 소량의 D상유생이 나타났으며 그 이후에는 소량의 유생이 간헐적으로 출현하였다.

망덕 중층에서는 7월22일 대량의 D상군이 출현하였으나 점차 유생 출현량이 줄어들기 시작하여 8월6일과 9월3일 소량의 유생출현을 끝으로 나타나지 않았다.

망덕 저층에서는 7월 22일 대량의 D상군이 출현하였으나 점차 유생 출현량이 줄어들기 시작하여 9월3일 소량의 유생출현을 끝으로 나타나지 않았다.

배알도(수심 3m)에서는 6월8일 대량의 D상군이 출현하였으며, 또 한번의 peak는 7월22일 나타났다. 그 이후로 소량의 유생군이 간헐적으로 나타났으며 10월2일까지도 소량의 유생은 지속적으로 나타났다.

(나) 간조시 유생 출현량

돈탁 중층은 7월1일 다양한 유생이 나타났으나 총 유생량은 200개 정도에 불과 하였다. 돈탁 저층은 6월7일부터 유생이 출현하기 시작하여 7월1일에 가장 많이 나타났으나 총 유생량은 120개정도에 불과하였다.

섬진대교 중층은 6월7일 대량의 D상이 출현하였고 7월1일부터 다양한 stage의 유생군이 출현하였다. 섬진대교 저층에서는 6월7일 D상이 출현하였고, 7월1일 다양한 단계의 유생이 출현하였다.

신답에서는 6월7일 D상이 대량 출현하였고 이후로 소량의 유생이 간헐적으로 출현하였다.

망덕 중층은 7월29일 대량의 D상이 출현하였고, 7월29일을 기점으로 유생의 출현량은 급격히 감소하였다. 망덕 저층은 7월22일 대량의 D상이 출현하였고, 이후 간헐적인유생의 출현을 보이다 9월3일에도 소량의 유생이 출현하였다.

배알도는 6월7일 대량의 D상이 출현하였으나 이후 별다른 유생의 출현은 보이지 않았다. 유생의 출현량은 만조가 간조보다 많이 나타나며, 중층에서 저층보다 유생 출현량이 더 많이 나타났다.

Table 20. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Dontak area at the spring tide in 2004

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Temperature(℃)		Salinity(psu)	
					Surface	Bottom	Surface	Bottom
May 19	0	0	0	0	18.5	18.3	7.7	19.2
Jun. 03	37	22	15	0	22.4	21.3	12.8	19.2
Jun. 07	325	308	17	0	22.9	21.7	15.8	23.2
Jun. 10	150	53	89	8	23.6	21.3	15.3	26.5
Jun. 18	23	4	10	9	21.9	22.4	6.2	24.2
Jun. 23	282	26	144	113	23.5	21.4	0.4	18.2
Jul. 01	342	163	109	70	24.7	23.7	11.6	20.8
Jul. 20	18	9	8	1	26.0	25.0	1.1	2.3
Jul. 22	237	204	32	2	29.1	25.4	1.3	17.9
Jul. 25	58	33	19	7	28.1	26.1	11.9	20.7
Aug. 03	27	12	12	4	30.2	27.4	8.5	20.2
Aug. 06	80	13	68	0	29.2	26.9	11.0	21.7
Aug. 09	42	2	19	22	32.3	25.6	3.9	29.6
Aug. 15	48	19	11	19	27.3	27.0	16.5	25.2
Sep. 01	2	0	1	1	26.4	25.4	5.8	15.3
Sep. 03	6	4	2	0	25.7	25.3	6.2	15.1
Sep. 16	0	0	0	0	23.8	23.1	0.5	4.0

Table 21. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Dontak area at the neap tide in 2004

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Temperature(℃)		Salinity(psu)	
					Surface	Bottom	Surface	Bottom
May 19	0	0	0	0	19.7	18.5	3.8	17.0
Jun. 03	0	0	0	0	23.9	22.3	3.6	14.0
Jun. 07	25	23	2	0	23.6	21.9	10.1	22.2
Jun. 10	14	3	11	0	23.3	21.2	10.8	26.0
Jul. 01	341	6	105	230	27.3	25.0	5.0	15.2
Jul. 29	79	18	61	0	29.9	25.5	8.6	25.4
Aug. 12	18	0	6	12	30.4	25.7	5.6	30.4

Table 22. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Seomjin Bridge area at the spring tide in 2004

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Temperature(℃)		Salinity(psu)	
					Surface	Bottom	Surface	Bottom
May 19	68	52	16	0	18.5	17.7	13.6	26.0
Jun. 07	2,208	2,108	100	0	22.5	20.9	16.6	27.7
Jun. 10	167	60	88	19	24.1	20.9	16.2	28.9
Jun. 18	145	58	62	25	22.2	21.9	16.9	26.0
Jun. 23	1,172	309	693	170	23.8	21.5	2.5	19.8
Jul. 01	684	430	126	128	24.3	23.1	14.5	25.1
Jul. 20	122	81	27	14	26.0	24.8	2.5	13.5
Jul. 22	313	286	25	2	27.6	25.2	8.5	23.6
Jul. 25	139	111	22	7	29.3	25.5	9.8	24.2
Aug. 03	305	184	117	5	28.1	26.5	17.7	24.1
Aug. 06	233	161	70	2	29.5	25.4	13.1	28.0
Aug. 09	20	0	12	8	29.8	25.4	9.0	30.9
Aug. 15	40	33	7	0	27.0	26.5	17.0	26.9
Sep. 01	2	0	2	0	25.5	25.3	10.0	21.4
Sep. 03	52	52	0	0	25.7	25.1	9.5	24.0
Sep. 16	0	0	0	0	24.0	23.6	5.4	12.5

Table 23. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Seomjin Bridge area at the neap tide in 2004

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Temperature(℃)		Salinity(psu)	
					Surface	Bottom	Surface	Bottom
Jun. 03	4	2	2	0	22.1	21.3	17.9	20.9
Jun. 07	188	158	30		22.8	21.6	15.3	24.3
Jun. 10	74	17	51	6	22.8	20.9	14.7	28.4
Jun. 16	134	3	97	34	24.5	23.4	18.4	25.3
Jul. 01	705	358	191	156	26.1	24.1	11.0	20.9
Jul. 29	392	308	84	0	29.2	26.0	12.9	25.5
Aug. 12	28	0	9	19	29.8	25.9	8.9	30.7

Table 24. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Shindab area at the spring tide in 2004

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Temperature(℃)		Salinity(psu)	
					Surface	Bottom	Surface	Bottom
Jun. 03	245	75	170	0	21.1	20.3	20.4	24.9
Jun. 07	1,364	1,296	68	0	21.8	21.0	21.7	27.1
Jun. 10	998	719	279	0	24.9	22.2	15.6	23.3
Jun. 18	192	174	18	0	22.0	21.9	20.2	23.0
Jun. 23	52	5	33	14	24.3	22.0	2.2	17.8
Jul. 01	7,331	4,498	1,118	1,715	24.2	23.5	16.1	22.3
Jul. 20	12	0	3	9	25.5	24.5	2.9	15.3
Jul. 22	1,843	1,718	93	32	26.8	26.5	9.7	12.4
Jul. 25	72	53	15	4	29.6	26.5	10.5	21.6
Aug. 03	293	227	66	0	27.8	26.7	20.2	23.2
Aug. 06	267	206	61	0	29.1	25.9	15.7	27.0
Aug. 09	114	38	71	5	31.3	25.8	7.0	30.0
Aug. 15	61	50	11	0	26.8	26.4	19.1	27.0
Sep. 01	82	53	18	11	25.6	25.3	16.2	22.7
Sep. 03	94	91	3	0	25.6	25.1	16.6	24.1
Sep. 16	0	0	0	0	24.0	23.8	7.5	10.5

Table 25. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Mangdeok area at the spring tide in 2004

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Temperature(℃)		Salinity(psu)	
					Surface	Bottom	Surface	Bottom
May 19	15	11	4	0	18.3	17.4	13.0	28.2
Jul. 20	123	52	38	34	26.1	24.8	5.2	15.3
Jul. 22	813	733	65	15	24.0	24.7	8.4	26.0
Jul. 25	145	114	29	3	28.6	25.2	14.4	26.2
Aug. 06	195	171	22	2	27.9	24.7	20.7	30.2
Aug. 09	89	52	37	0	29.4	25.3	15.2	31.9
Aug. 15	54	36	19	0	26.5	25.7	20.2	30.1
Sep. 03	145	111	10	25	25.6	25.1	16.3	26.7
Sep. 16	0	0	0	0	23.8	24.5	7.9	25.7

Table 26. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Baealdo area at the spring tide in 2004

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Temperature(℃)		Salinity(psu)	
					Surface	Bottom	Surface	Bottom
Jun. 07	4,539	4,349	190	0	21.8	21.1	27.1	30.1
Jun. 10	2,035	251	1,784	0	23.6	22.0	22.9	29.1
Jun. 18	166	90	57	19	21.9	21.4	24.7	28.1
Jun. 23	307	99	156	52	24.1	22.1	5.3	15.2
Jul. 01	2,651	1,688	358	605	23.9	22.6	21.7	27.5
Jul. 20	161	114	18	29	25.5	25.5	9.3	12.2
Jul. 22	4,529	4,449	56	24	27.3	27.3	17.0	17.7
Jul. 25	133	128	0	5	28.7	26.9	14.8	22.8
Aug. 03	85	61	24	0	28.7	24.6	24.8	29.9
Aug. 06	99	46	53	0	27.6	25.6	22.9	27.7
Aug. 09	180	156	24	0	30.8	27.2	11.8	30.3
Aug. 15	12	8	4	0	27.0	26.2	24.9	28.3
Sep. 01	43	7	4	32	25.8	25.1	16.7	26.1
Sep. 03	188	156	9	23	25.5	25.1	20.7	25.4
Sep. 16	104	96	8	0	24.3	24.3	14.3	22.7

Table 27. Amount of appeared larvae(indiv/㎥) at the Baealdo area at the neap tide in 2004

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Temperature(℃)		Salinity(psu)	
					Surface	Bottom	Surface	Bottom
May 19	17	17	0	0	19.0	18.3	12.0	23.0
Jun. 03	28	14	14	0	22.6	21.5	18.1	29.6
Jun. 07	5,581	5,112	469	0	22.3	22.3	27.9	27.9
Jun. 10	1,482	445	1,037	0	22.2	22.3	21.8	28.2
Jun. 16	9	0	0	9	23.9	23.5	26.1	30.2
Jul. 01	135	107	7	21	25.8	24.6	15.1	22.8
Jul. 29	71	43	14	14	30.2	28.6	18.2	24.2
Aug. 12	113	85	28	0	30.2	27.5	14.3	30.1

(2) 2005년 유생의 출현

2005년 유생조사 결과 주 채묘 시기는 돈탁과 섬진대교에서 8월12~31일, 배알도에서 8월14~9월4일까지로 예측되었다.

(가) 돈탁지역의 유생출현량

2005년 7월 8일부터 9월 22일까지 조사한 결과 돈탁지역은 Table 28, 29, 30와 같다. 7월 초순에 출현된 유생은 참굴유생으로 판단되며 7월 중순이후 초기 유생이 출현하여 7월 하순에서 8월 중순까지 부착기 유생이 출현되어 채묘시기로 예측된다. 8월 중순이후에는 간헐적으로 유생이 출현되고 있다. 수층별 분포층은 중층에서 표층까지의 유생이 저층에서 중층까지의 유생출현량 보다 대체적으로 많이 분포하였으나 표층의 염분농도가 낮아지는 시기는 저층에서 유생출현량이 많았다. 또한 대체적으로 강우량이 많은 저 염분 시기에 전체적인 유생 출현량이 적은 것으로 보아 이 시기에는 담수량의 증가로 섬진강하구 보다는 연안 바다 인근에서 분포하다가 담수량이 적어짐에 따라 밀물에 의해 섬진강하구에서 재출현하는 것으로 보여 진다 (Fig. 68, 69, 70).

Table 28. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) when the plankton nete was towed vertically from 5m to 0m at the Dontak area in 2005 by larval stages(5→0m)

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Salinity(psu)
Jul. 08	46	40	6	6	6.5
Jul. 13	6	0	3	3	0.3
Jul. 16	93	0	42	42	6.7
Jul. 18	20	3	11	11	16.5
Jul. 22	897	855	42	42	15.5
Jul. 26	153	99	54	54	18.7
Jul. 29	830	643	187	187	17.7
Aug. 01	419	243	159	159	16.6
Aug. 06	0	0	0	0	0.2
Aug. 12	54	9	17	17	3.1
Aug. 14	76	19	38	38	15
Aug. 17	67	0	25	25	14.6
Aug. 23	0	0	2	0	0.1
Aug. 28	23	14	2	2	17.9
Aug. 31	8	0	4	4	9.9
Sep. 04	4	4	0	0	5.5
Sep. 11	12	0	12	12	18.4
Sep. 16	0	0	0	0	11.3
Sep. 22	0	0	0	0	3.6

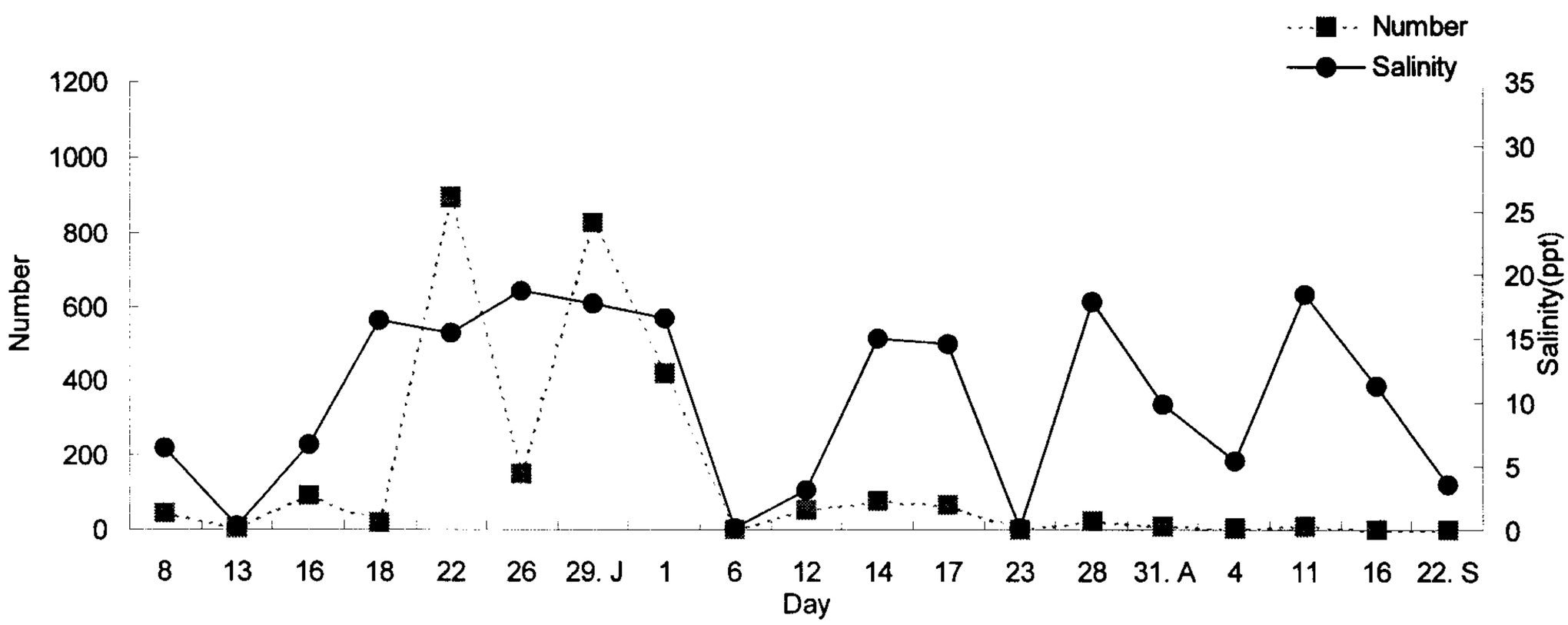


Fig. 67. Amount of apopeared larvae(indiv./㎥) when the plankton net was towed vertically from 5m to 0m at the Dontak area in 2005.

Table 29. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) when the plankton nete was towed vertically from 10m to 5m at the Dontak area in 2005 by larval stages(10→5m)

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Salinity(psu)
Jul. 08	953	945	4	4	16.3
Jul. 13	22	8	14	0	6
Jul. 16	28	0	28	0	25.7
Jul. 18	4	0	0	4	26.6
Jul. 22	11	0	3	8	19
Jul. 26	28	17	11	0	21.1
Jul. 29	37	31	6	0	21.5
Aug. 01	40	20	17	3	30.1
Aug. 06	42	42	0	0	0.9
Aug. 12	77	9	26	42	13.8
Aug. 14	34	12	17	5	26.4
Aug. 17	11	0	0	11	27.6
Aug. 23	0	0	0	0	0.7
Aug. 28	3	3	0	0	28.7
Aug. 31	18	0	11	7	28.1
Sep. 04	0	0	0	0	15.2
Sep. 11	0	0	0	0	25.6
Sep. 16	0	0	0	0	18.2
Sep. 22	0	0	0	0	11.5

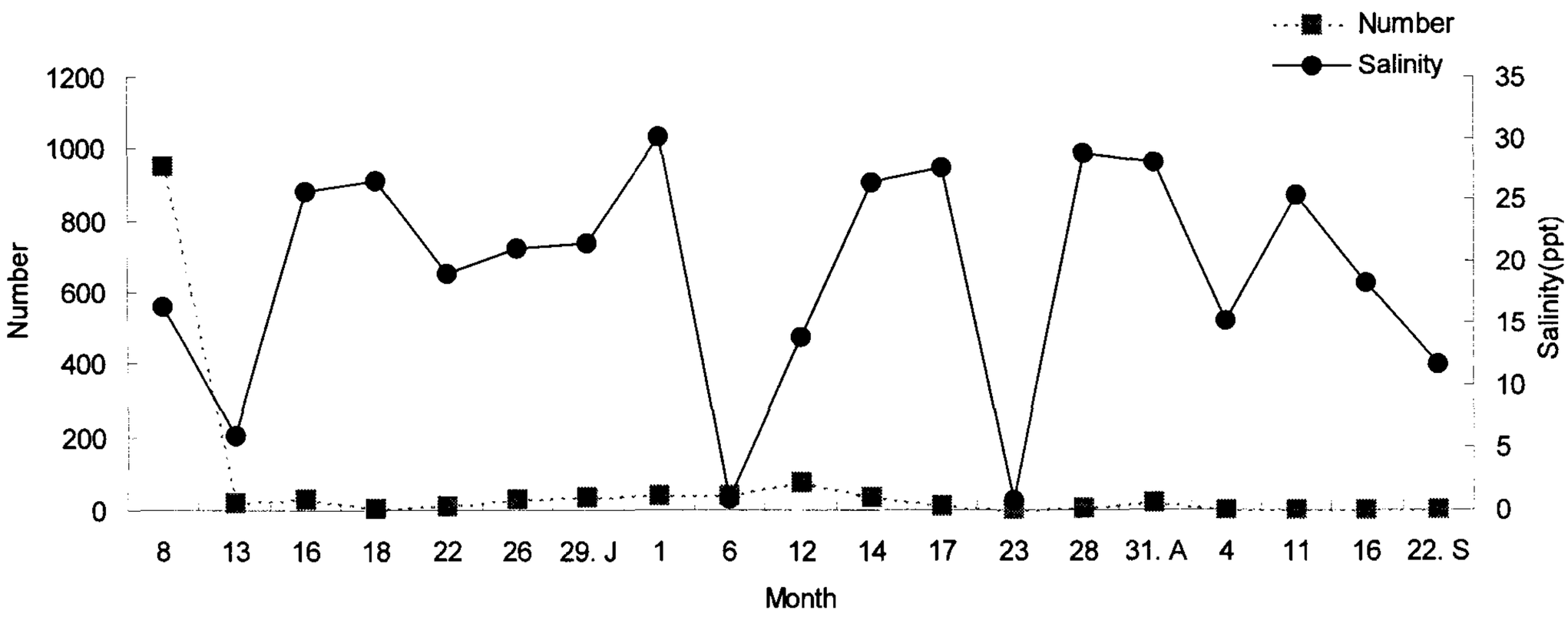


Fig. 68. Amount of apopeared larvae(indiv./㎥) when the plankton net was towed vertically from 10m to 5m at the Dontak area in 2005.

Table 30. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) when the plankton nete was towed vertically from 10m to 0m at the Dontak area in 2005 by larval stages(10→0m)

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Salinity(psu)
Jul. 08	500	492.5	5	2	11
Jul. 13	14	4	8.5	1.5	3.4
Jul. 16	61	0	35	25.5	15.3
Jul. 18	12	1.5	5.5	5	22
Jul. 22	454	427.5	22.5	4	17.4
Jul. 26	91	58	32.5	0	20
Jul. 29	434	337	96.5	0	19.8
Aug. 01	230	131.5	88	10	23.9
Aug. 06	21	21	0	0	0.6
Aug. 12	66	9	21.5	35	8.9
Aug. 14	55	15.5	27.5	12	21.1
Aug. 17	39	0	12.5	26.5	21.1
Aug. 23	0	0	0	0	0.4
Aug. 28	13	8.5	1	3.5	23.7
Aug. 31	13	0	7.5	5.5	17.2
Sep. 04	2	2	0	0	9.4
Sep. 11	6	0	6	0	22.1
Sep. 16	0	0	0	0	13.6
Sep. 22	0	0	0	0	7.8

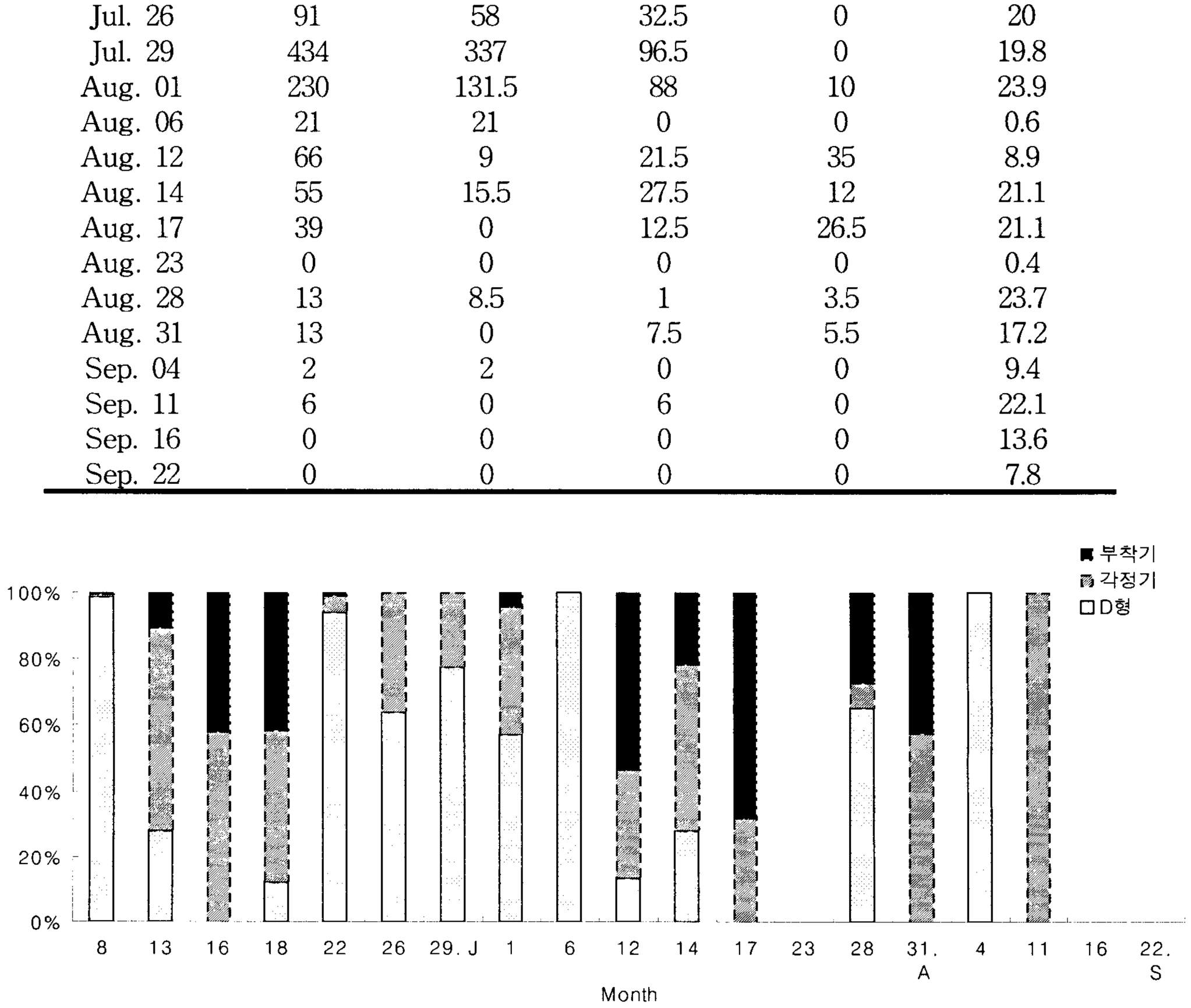


Fig. 69. Ratio of larval types appeared at the Dontak area in 2005.

(나) 섬진대교지역의 유생출현량

섬진대교 지역의 유생 분포는 시기별로는 돈탁 지역과 유사한 경향을 보이고 있으나 8월말 경까지 부착기 유생이 대량 출현하였으며, 수층별로는 중층에서 표층 구간이 저층에서 중층구간보다 출현량은 많았으나 돈탁과 같은 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 또한 대량호우로 인한 염분 저하에 있어서도 저층 구간의 출현이 많았으나 뚜렷한 차이는 적었다. 섬진대교 지역이 돈탁에 비해 바다와 인접해 있기 때문에 밀물에 의한 해수의 영향이 지속되어 강수량에 의한 환경 변화가 적게 미치게 되어 유생의 고른 분포를 나타낸다고 보여진다(Table 31, 32, 33 and Fig. 70, 71, 72).

Table 31. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) by larval stages when the plankton net was towed vertically from 4m to 0m at the Seomjin Bridge area in 2005

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Salinity(psu)
Jul. 08	1762	1606	151	5	12
Jul. 13	485	379	74	32	3.7
Jul. 16	92	11	53	28	11.3
Jul. 18	85	53	28	4	14.5
Jul. 22	1222	1128	94	0	19.8
Jul. 26	273	234	39	0	25.3
Jul. 29	167	138	25	4	22.1
Aug. 01	658	421	226	11	13.6
Aug. 06	71	64	7	0	3.7
Aug. 12	63	35	28	0	7.9
Aug. 14	484	237	205	42	16.8
Aug. 17	142	19	71	52	14.2
Aug. 23	0	0	0	0	1.1
Aug. 28	279	38	19	222	17.3
Aug. 31	38	19	14	5	17.1
Sep. 04	46	14	28	4	14.7
Sep. 11	71	47	24	0	18.4
Sep. 16	0	0	0	0	15.9
Sep. 22	0	0	0	0	14.7

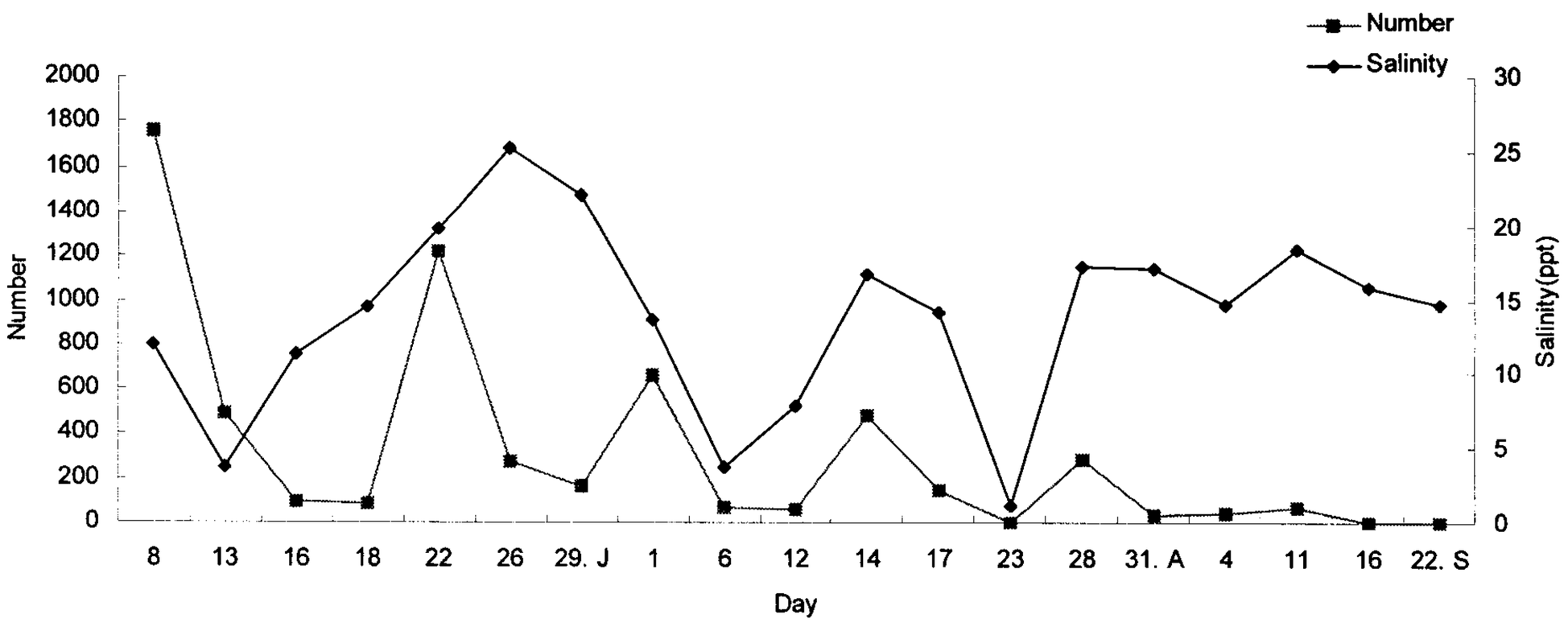


Fig. 70. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) when the plankton net was towed vertically from 4m to 0m at the Seomjin Bridge area in 2005.

Table 32. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) by larval stages when the plankton net was towed vertically from 8m to 4m at the Seomjin Bridge area in 2005

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Salinity(psu)
Jul. 08	1548	1486	57	5	19.6
Jul. 13	349	245	80	24	21.6
Jul. 16	14	5	9	0	27.6
Jul. 18	11	4	0	7	27.7
Jul. 22	42	28	14	0	22.2
Jul. 26	25	14	11	0	27.7
Jul. 29	11	4	7	0	25.1
Aug. 01	260	203	57	0	30.2
Aug. 06	102	74	28	0	6
Aug. 12	142	92	32	18	24.8
Aug. 14	31	39	32	60	27.8
Aug. 17	0	0	0	0	24
Aug. 23	4	0	0	4	20.2
Aug. 28	46	7	11	28	29.4
Aug. 31	24	5	0	19	28.2
Sep. 04	43	7	32	4	17.3
Sep. 11	0	0	0	0	27.8
Sep. 16	0	0	0	0	20.4
Sep. 22	0	0	0	0	17.7

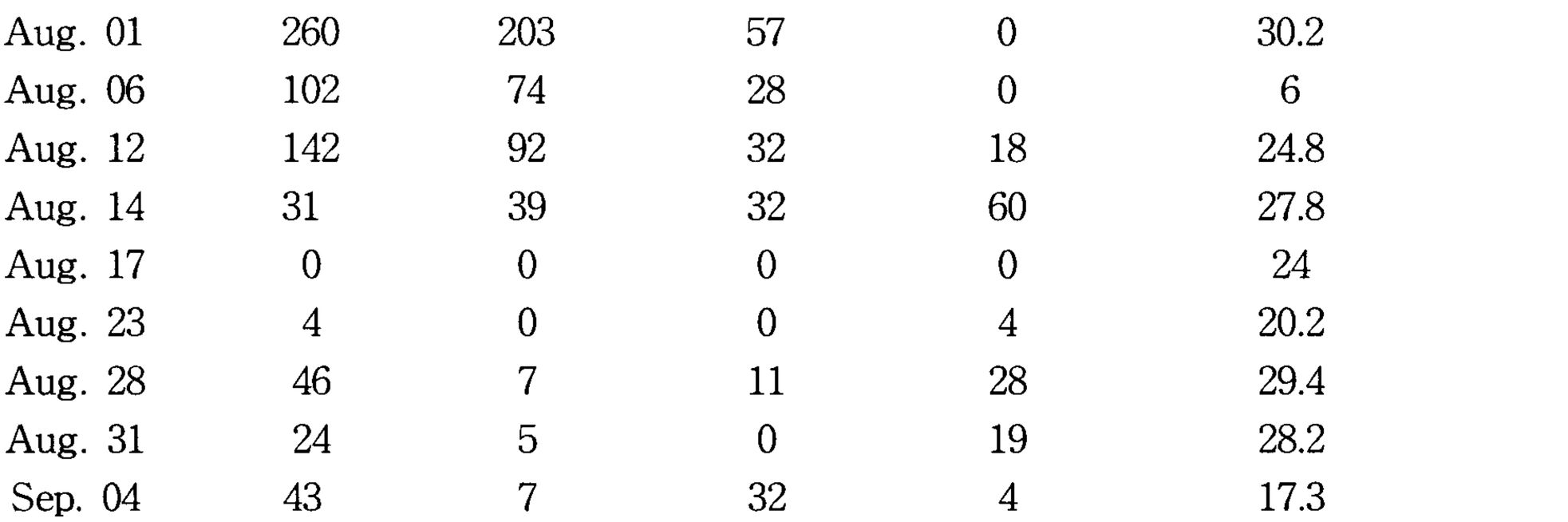


Fig. 71. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) when the plankton net was towed vertically from 8m to 4m at the Seomjin Bridge area in 2005.

Table 33. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) by larval stages when the plankton net was towed vertically from 8m to 0m at the Seomjin Bridge area in 2005

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Salinity(psu)
Jul. 08	1,655	1546	104	5	14.9
Jul. 13	417	312	77	28	10.4
Jul. 16	53	8	31	14	17.4
Jul. 18	48	28.5	14	5.5	20.4
Jul. 22	632	578	54	0	20.7
Jul. 26	149	124	25	0	26.3
Jul. 29	89	71	16	2	23.4
Aug. 01	459	312	141.5	5.5	21
Aug. 06	87	69	17.5	0	4.6
Aug. 12	103	63.5	30	9	16.3
Aug. 14	308	138	118.5	51	21.7
Aug. 17	71	9.5	35.5	26	15.9
Aug. 23	2	0	0	2	10.7
Aug. 28	163	22.5	15	125	22.7
Aug. 31	31	12	7	12	20.3
Sep. 04	45	10.5	30	4	15.9
Sep. 11	36	23.5	12	0	22.6
Sep. 16	0	0	0	0	17.2
Sep. 22	0	0	0	0	16.2

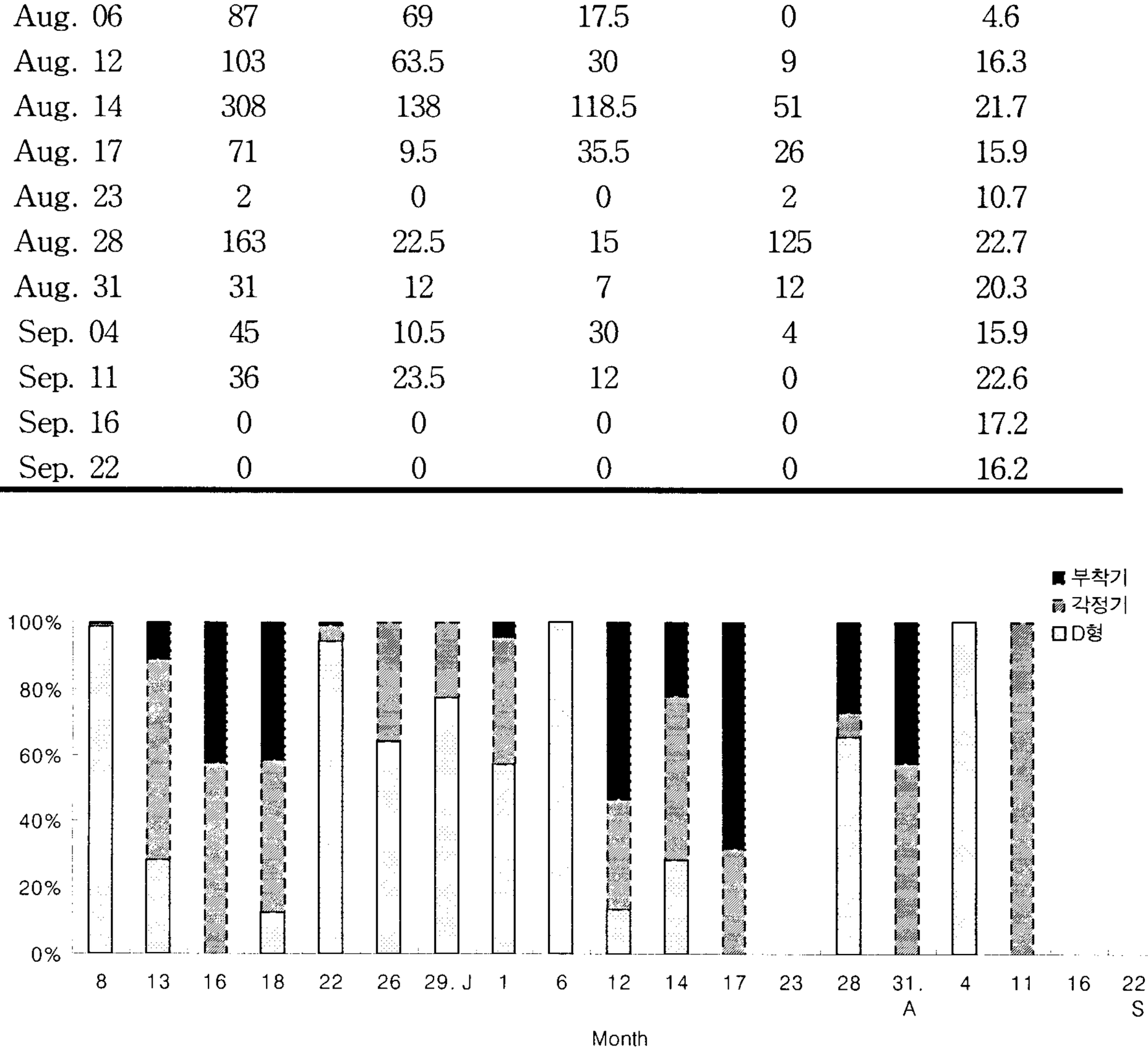


Fig. 72. Ratio of larval types appeared at the Seomjin Bridge area in 2005.

(다) 배알도지역의 유생출현량

섬진강의 가장 하구역인 배알도는 7월 중순부터 부착기 유생이 출현하여 8월 하순까지 나타났다. 상류 지역에 비해 대체적으로 유생 출현량이 많았다. 배알도는 바다와 가장 인접되어 있어 7월 중순까지는 참굴의 혼입이 있을 것으로 판단되며 순수한 강굴을 채묘하기 위해서는 2005년도 결과로 보아 7월 하순 이후로 실시하는 것이 좋겠다(Table 34, 35 and Fig. 73, 74, 75).

Table 34. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) by larval stages when the plankton net was from 3m to 0m at the Baealdo area in 2005

Date	Total	D-veliger	Umboned veliger	Pediveliger	Salinity(psu)
Jul. 08	2044	1949	90	5	19.8
Jul. 13	727	623	104	0	11.9
Jul. 16	28	9	14	5	11.9
Jul. 18	89	47	42	0	16
Jul. 22	2185	1916	245	24	26.2
Jul. 26	562	420	123	19	27.5
Jul. 29	1480	1391	78	11	26.2
Aug. 01	1118	802	316	0	16.8
Aug. 06	1246	1128	118	0	13.1
Aug. 12	647	387	241	19	13.7
Aug. 14	410	99	231	80	18.6
Aug. 17	248	163	78	7	21.8
Aug. 23	25	7	0	18	17.9
Aug. 28	232	203	24	5	21.9
Aug. 31	38	19	14	5	22.6
Sep. 04	24	19	0	5	22.8
Sep. 11	151	127	24	0	23.4
Sep. 16	0	0	0	0	23.7
Sep. 22	25	21	4	0	20.4

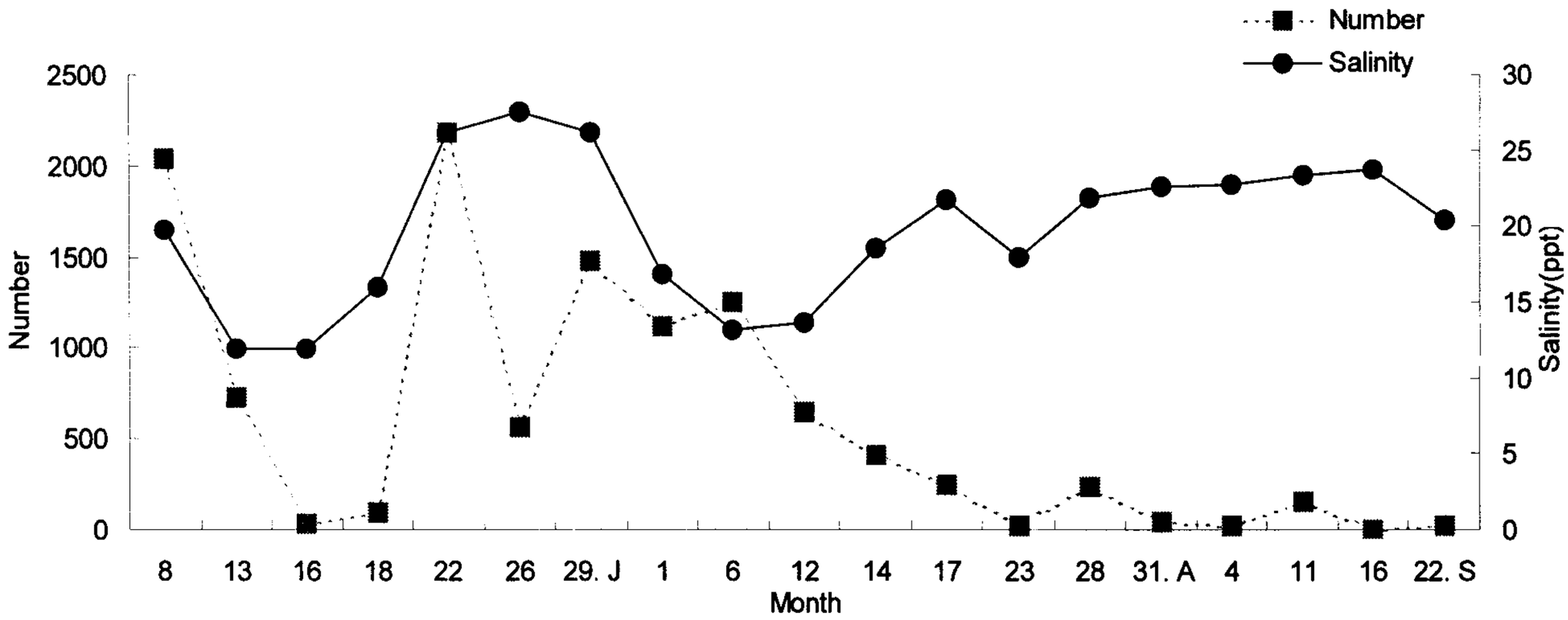


Fig. 73. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) when the plankton net was towed vertically from 3m to 0m at the Baealdo area in 2005.

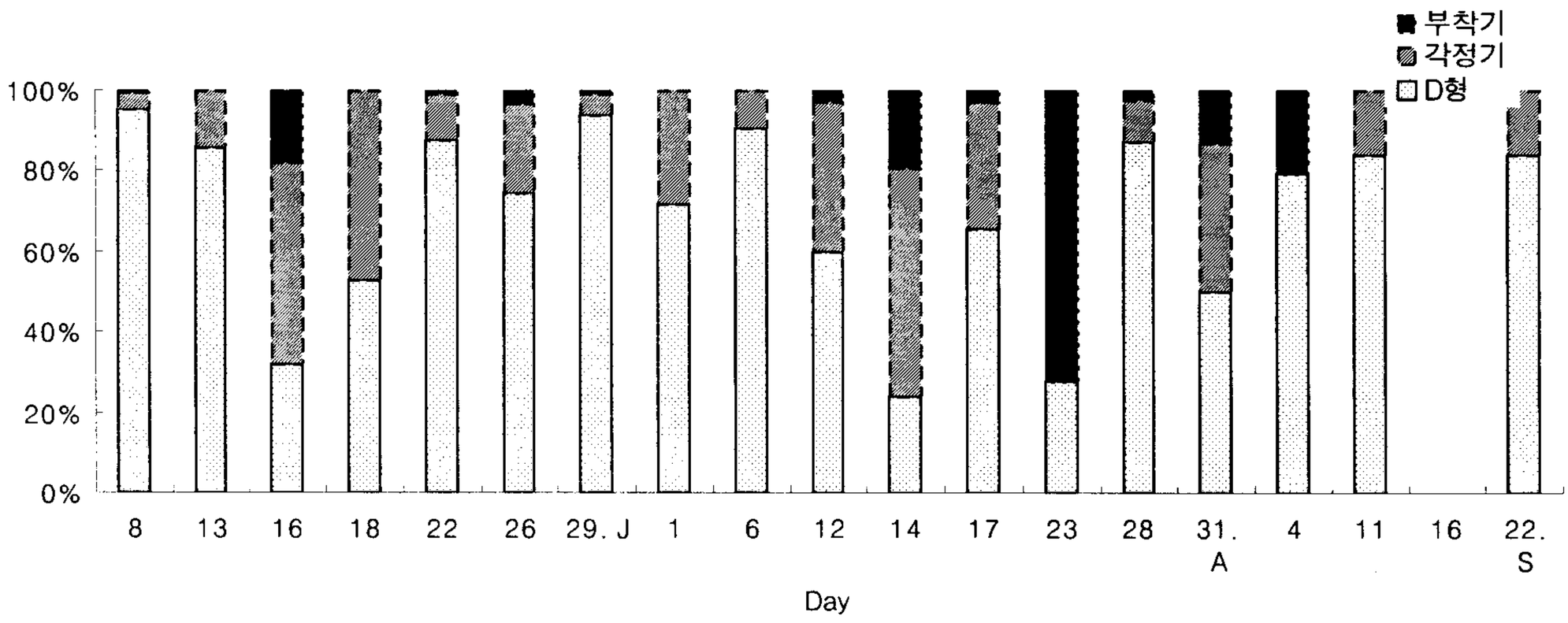


Fig. 74. Ratio of larval types appeared at the Baealdo area in 2005.

Table 35. Amount of appeared larvae(indiv./㎥) by areas in 2005

Date	Dontak	Seomjin Bridge	Baealdo
Jul. 08	500	1,655	2044
Jul. 13	14	417	727
Jul. 16	61	53	28
Jul. 18	12	48	89
Jul. 22	454	632	2185
Jul. 26	91	149	562
Jul. 29	434	89	1480
Aug. 01	230	459	1118
Aug. 06	21	87	1246
Aug. 12	66	103	647
Aug. 14	55	308	410
Aug. 17	39	71	248
Aug. 23	0	2	25
Aug. 28	13	163	232
Aug. 31	13	31	38
Sep. 04	2	45	24
Sep. 11	6	36	151
Sep. 16	0	0	0
Sep. 22	0	0	25

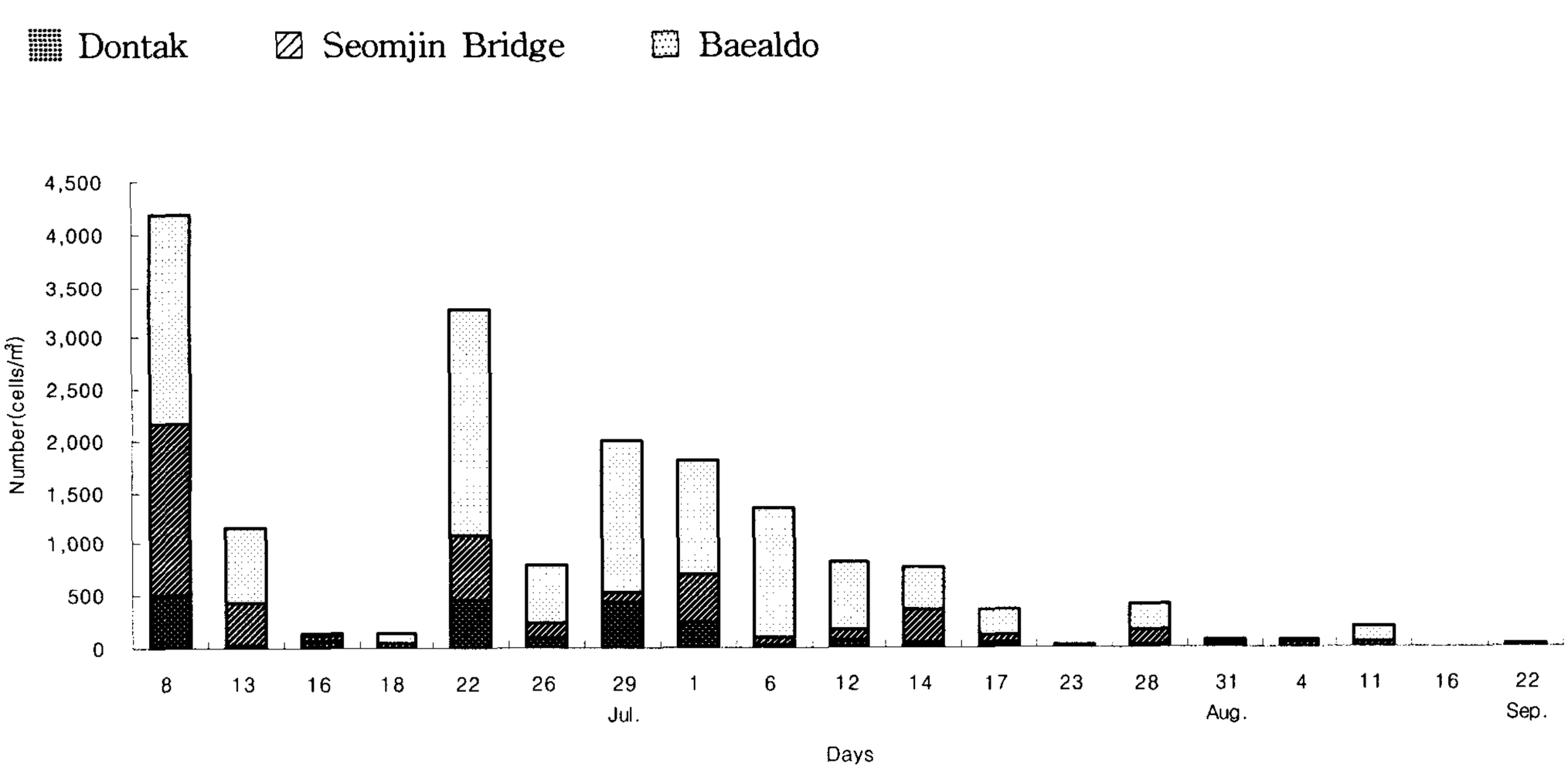


Fig. 75. Comparison of the amount of appeared larvae(indiv./㎥) by areas in 2005.

나. 채묘

2004년도 자연채묘는 전 지역에서 부착이 양호한 것으로 나타났고 특히 돈탁과 섬진대교에서 참굴이 적고 강굴이 많이 부착되어 양호하였다.

강굴은 만 1년만에 10cm이상 자라므로 가리비 패각에 너무 많이 부착하여 자라면서 자리다툼으로 탈락하는 것으로 보여 지며, 양성용으로 선별하기 전까지 가리비 1패각에 부착수는 10마리 내외가 성장에 적합할 것으로 판단된다.

2004년 채묘된 강굴을 장마기에 채묘 장소에 그대로 유지하였을 경우 유량의 증가와 빠른 유속으로 인해 채묘연이 서로 얽히고 저층에 침하되어 많은 피해가 발생하였다. 따라서 장마기나 태풍이전에 육안적으로 확인되면 바다에 가까운 하구쪽으로 시설물을 옮겨서 중간양성 관리하는 것이 생존율을 높이고 양성관리 하는데 유리하였다. 또한 뗏목식 채묘는 너무 조밀하게 시설하면 빠른 유속에 의해 채묘연끼리 감기는 경우가 많아 일시에 많은 시설을 하기에는 곤란하였다. 이와 같은 방법을 보완하기 위해 2005년 그림 와 같이 그물보호망 시설과 저층 연승수하식으로 채묘를 실시한 결과 저층 채묘시설에서는 채묘가 잘되지 않았고 그물보호망채묘시설이 가장 유리하였다.

(1) 채묘시기에 따른 강굴과 참굴 부착량

Table 36. The number(individual) and percentage of plantigrades of *Crassostrea rivularis* and *C. gigas* per one bay scallop shell in 2004

Area \ Seed collection date		06.16		07.01		07.22		08.12		Mean	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Dontak	*C. gigas*	5±1.0	25%	3±1.0	14%	0±0.0	0%	0±0.0	0%	2	11%
	C. rivularis	15±3.0	75%	18±2.0	86%	17±2.0	100%	15±2.0	100%	16	89%
	Total	20		21		17		15		18	
Seomjin Bridge	*C. gigas*	17±2.0	40%	15±1.5	38%	3±1.5	9%	1±1.0	3%	9	23%
	C. rivularis	26±3.1	60%	25±2.5	63%	32±3.0	91%	39±3.0	97%	31	77%
	Total	43		40		35		40		40	
Baealdo	*C. gigas*	35±2.5	78%	20±1.5	53%	4±1.0	10%	3	9%	16	40%
	C. rivularis	10±2.5	22%	18±2.0	47%	35±2.5	90%	30	91%	23	60%
	Total	45		38		39		33		39	
Mean	*C. gigas*	19	53%	13	38%	2	8%	1	5%	9	27%
	C. rivularis	17	47%	20	62%	28	92%	28	95%	23	73%
	Total	36		33		30		29		32	

(2) 채묘 후 치패의 부착량 변화

(가) 강굴의 채묘 지점별 부착량 변화

강굴의 지역별 부착량은 2004년 7월 22일 투입한 채묘연 3개 지점에서 수층별로 가리비 패각 20개를 조사하여 10개미만, 20개미만, 20개 이상의 부착 빈도수를 10월에 조사한 결과 Table 37과 같다.

Table 37. Changes of the number of plantigrades of Crassostrea rivularis by seed collection areas(indiv./one bay scallop shell)

Area	Water depth(m)	<10	10~19	>20
Baealdo	1	15	4	1
	3	11	7	2
Seomjin bridge	2	18	2	-
	4	4	6	10
	6	6	11	3
Dontak	2	19	1	-
	4	15	4	1
	8	3	6	11

(나) 강굴의 채묘 시기별 부착량 변화

강굴의 시기별 부착량 변화는 성숙기 유생이 늘어나는 2005년 7월22일 채묘 수하연을 투입하여 유생조사지역 3개 지점에서 수층별로 9월4일까지 가리비 패각 3개체의 평균부착량을 조사한 결과 Table 38과 같다. 부착량 변화는 섬진대교와 배알도 지역은 부착량이 꾸준히 증가하였으나 돈탁지역에서 부착량의 변화가 심하였다. 전 지역에서 강수량 증가로 염분농도가 낮아지면 부착량이 수시 변동하는 것으로 보아 부착된 치패가 담수에 의한 탈락하는 것으로 보여 진다. 특히 담수영향을 가장 많이 받는 돈탁 지역에서 그 영향이 심하였고, 동일 지역에서 표층이 더 심하였다. 또한 수심이 낮은 배알도 지역에서는 1m 수하연 길이에서도 표층으로 갈수록 부착량이 저조하였다. 9월 4일 이후부터는 2004년 시험결과 태풍 등 홍수에 의한 시설물 유실이 우려되어 하구가까이에 있는 배알도 지역으로 이동하였으며, 이동한 후에도 부착량이 늘어나는 것으로 보아 9월 초순까지는 채묘가 가능한 것으로 보여 진다.

치패 부착량 조사로부터 자연채묘는 3개 조사지점 전체가 가능하나 섬진대교와 배알도 지역이 관리하기에 유리하였다.

Table 38. Changes of the mean number of plantigrades of *Crassostrea rivularis* per one bay scallop shell by seed collection areas and water depths

Date	Dontak			Seomjin bridge			Baealdo
	2m	4m	6m	2m	4m	6m	2m
2005-08-1	12±4	13±4	12±4	15±4	18±3	16±3	18±3
2005-08-12	0±0	1±2	5±3	5±2	15±2	22±4	8±7
2005-08-23	6±3	11±4	20±4	17±2	23±4	33±5	14±9
2005-09-4	7±2	14±4	24±5	32±3	39±7	56±7	28±14

(다) 자연종묘의 성장

자연 채묘된 종묘의 성장은 2005년 7월22일 섬진대교에서 채묘를 실시한 분량에 대하여 10월 18일까지 3회 전자식 venier caliper(0.01㎜)로 각장과 각고를 측정하였다(Table 39).

Table 39. Shell length and height(mm) of *Crassostrea rivularis* at the Seomjin bridge area in 2005

Date	8. 17		9. 16		10. 18	
	Shell length	Shell height	Shell length	Shell height	Shell length	Shell height
Mean	1.21±0.3	1.58±0.2	8.54±1.7	11.58±1.9	17.14±4.0	22.22±4.7
Minimum	0.78	1.26	6.24	7.96	11.19	12.80
Maximum	1.75	1.96	12.60	17.70	27.12	31.64

6. 인공종묘 생산

강굴은 참굴과는 교잡이 잘 안되고, 또 포르투갈 굴이나 버지니아 굴과의 교잡에 있어서도 참굴과는 다른 특이성이 있다. 즉 버지니아 굴과는 배우자가 격리되지 않아 수정이 가능하며, 수정율이 90% 이상으로 알려져 있다.

강굴은 낙동강, 남강에 서식했다고 알려져 있지만 수질오염과 유량감소로 거의 멸종상태에 있는 실정이며, 섬진강에서도 상류의 댐 건설로 인한 유량의 변화 폭이 커 서식환경이 날로 악화되고 자원량이 급속히 감소하는 추세에 있다. 현재 섬진강 기수역에서는 일부 어민들에 의해 채취한 자연산을 채롱식으로 양식중에 있으나 채묘의 부진으로 인한 종묘공급이 불가능하여 안정적인 양식을 하기 힘든 실정이다. 따라서 강굴의 자원량 증대와 양식 산업화를 위해서는 자연채묘와 더불어 인공종묘의 양산체제 확립이 절실한 실정이다.

가. 어미의 인위성숙에 의한 산란유발

2004년 1월~3월까지 섬진강에서 가져온 어미를 실내에서 자연수온 보다 3℃가량 높인 10~15℃에서 관리하였으나 오히려 자연에서 주기적으로 가져온 어미보다 비만 상태가 떨어지고 성숙되지 않았으며 산란유발 자극에도 전혀 반응이 없었다.

4월 중순 자연에서 비만도가 좋은 어미를 50여 일간 인위 성숙시켜 자연산란을 유발하였더니 수컷은 반응을 하여 정충의 방출은 일부 확인되었으나 암컷은 반응이 없었으며, 적출해 본 결과 생식소 발달을 확인할 수 없었다.

5월 초순경 옮겨와 관리하였던 어미는 3주정도 이후에 수컷은 적출법에 의해 양호한 성숙상태를 확인하였으나 암컷은 자연 상태에서 동일시기에 가져온 어미보다 오히려 비만도나 성숙상태가 좋지 못하였고 5월 하순경 옮겨온 어미는 생식소 발달이 패각근 주위로 많이 발달하는 것을 확인하였다.

2004년 5월말 이전에 자연에서 옮겨 온 어미에서는 산란 자극에 의해 수컷만 반응하였으며, 자연산란은 없었고 6월 중순에 옮겨온 어미를 6월20일 적출하여 채란을 하였다. 2005년은 6월 중순 어미에서 6월 25일 수온 자극을 개시한지 30분 후에 정충의 방출이 확인되었으며, 담수 자극 5분 후부터 방란 방정 활동을 적극적으로 개시하여 어미를 수조에 수용한지 1시간 후에 양질의 난을 수거할 수 있었다. 성숙 상태가 좋은 어미의 경우 수온과 담수자극에 의해 80%이상의 자연산란 반응을 보임을 확인하였다.

2006년의 경우는 6월 14일부터 매주 1회 섬진강 망덕 지역에서 어미를 이동하여 자연산란을

유도하였으나 7월 초순까지 수집된 어미에서는 정상적으로 자연 산란이 이루어지지 못하였으나 7월14일 다른 지역보다 봄철 수온 조건이 좋은 섬진강 배알도 지역 뗏목식 양성장에서 이동하였던 어미를 간출(그늘진 곳에서 2시간)자극 후 3톤 탱크에 수용하여 담수자극(34ppt에서 25ppt)으로 수조 내 자연산란을 유도하였다. 수온 자극을 24℃에서 서서히 상승시키자 40분 후 수온 26℃에서 수컷이 정충을 내뿜기 시작하였고 50분경부터 방란활동이 이루어져 65분경에 대량 산란하여 약 6억만 마리의 수정란을 수거할 수 있었다.

이상의 결과로 보아 매년 수온 등 환경 변화 요인에 따라 자연의 어미성숙 시기는 다른 것으로 조사되었으며, 2006년의 겨울철 수온이 낮았던 점을 고려한 다면 강굴의 경우도 적산수온에 의한 산란시기를 예측하는 연구도 이루어져야 할 것으로 보인다. 산란유발에 대한 여러 가지 방법이 있으나 어미 성숙 정도에 따라 반응이 상이하며, 성숙되지 않은 어미는 NH_4OH, H_2O_2, 정자 현탁액 등 다양한 자극에도 반응이 없었고 성숙된 어미의 경우 수온과 담수 자극만으로 산란 유발하는데 문제가 없었다.

Table 40. Results of response to stimulus for spawning inducement in 2004

Parent	Sex	Water temperature	Water temperature +Freshwater	Water temperature +NH_4OH	Water temperature +H_2O_2	Water temperature +seortonin	Water temperature +sperm suspension	Fertilization by excision
1	♀	X	X	X	X	X	-	X
	♂	X	X	X	X	X	-	
2	♀	X	X	X	X	X	-	X
	♂	X	O	X	X	X	-	
3	♀	X	X	X	X	X	X	X
	♂	O	O	O	O	O	-	
4	♀	X	X	X	X	X	-	X
	♂	X	X	X	X	X	-	
5	♀	X	X	X	X	X	X	O
	♂	O	O	O	O	O	-	
6	♀	X	O	O	O	O	O	O
	♂	O	O	O	O	O	-	

※ All parents were exposed to the exposure to the air in the shade for one hour and to the UV-irradiated filtered seawater

[1] Artificially matured parents by 2~3℃ higher water temperature than natural water temperature until April with parents transferred form the Seomjin River in January to indoor tanks.

[2] Artificially matured parents by 2~3℃ higher water temperature than natural water temperature until May with parents transferred from the Seomjin River in April to indoor tanks.

[3] [Breeding] Parents reared till May with Parent 1 transferred to the sea in the beginning of April.

[4] Natural parents at the end of April.

[5] Natural parents at the end of May.

[6] Natural parents at the end of June.

나. 수정과 부화

2004년 적출법에 의해 6월 20일 수정된 난을 수온 27±0.5℃, 염분농도 28ppt 조절한 10톤 부화조에 수용한 결과 18시간 경과부터 D상으로 부화 개체가 나타나기 시작하여 24시간 경과 후 대부분이 부화되었다. D상까지 부화율은 26.7%로 높지 않았으며, 어미의 미성숙 이 가장 큰 원인으로 보고 있다.

2005년 6월 25일 자연 채란된 난을 현미경으로 수정여부를 확인 후 20㎛ 뮬러가제를 이용하여 3~4회 세란을 실시한 후 부화조에 난을 50개/㎖ 내외로 수용하였더니 73%의 부화율을 나타냈다.

2006년 7월 15일 적출법에 의해 수정 상태를 확인한 후 자연산란 유발된 수정란을 수온 25℃, 염분 25ppt에서 80%의 부화율을 보였다.

2006년은 2005년 자연산 어미에 비해 약 20일가량 자연산란 유도에 대한 반응이 늦어 졌으며, 2005년에 비해 저수온과 장기적인 장마로 인해 강굴의 영양상태가 좋지 못해 어미로써 성숙이 늦었기 때문으로 추정된다.

부화율을 높이기 위해서는 주기적으로 강굴 어미를 가져와서 적출법으로 수정여부를 확인한 후 자연산란을 유도하는 어미로 사용해야하겠다.

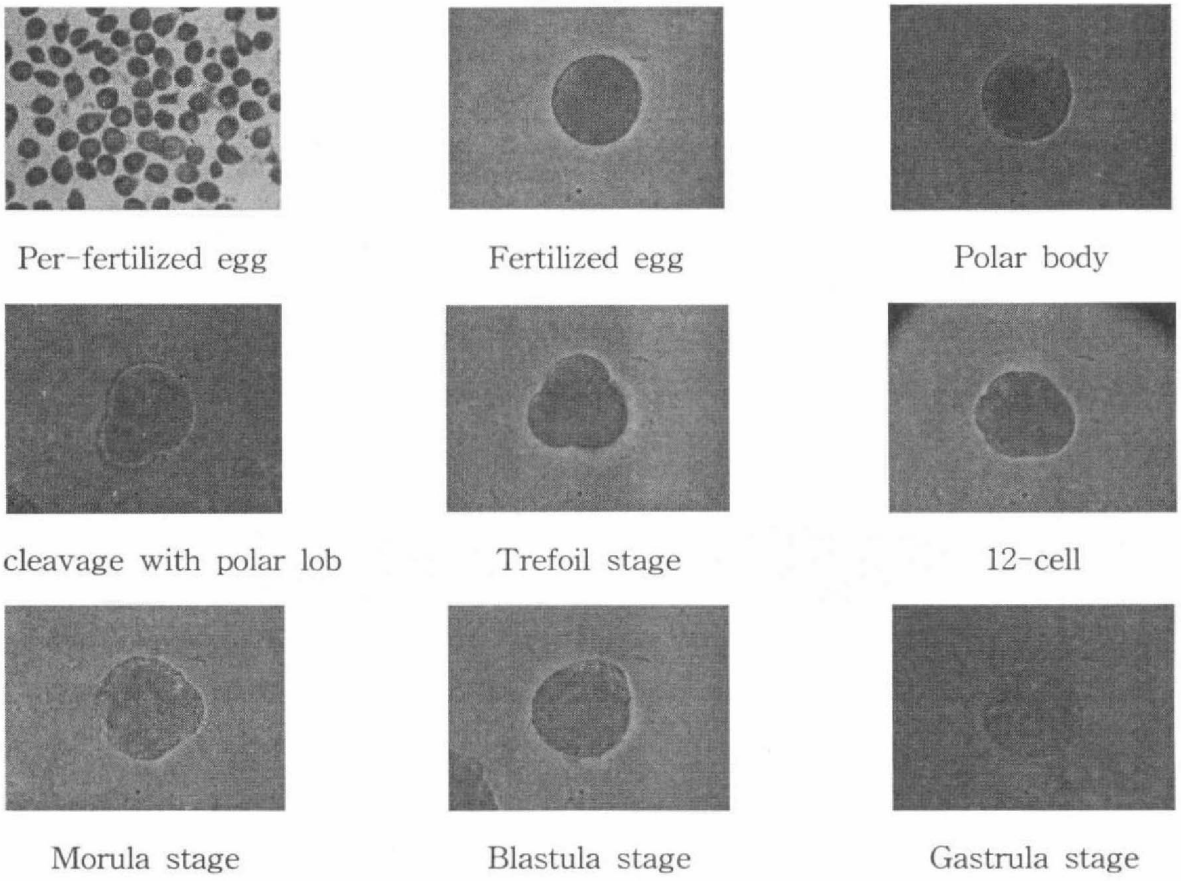


Fig. 76. Egg developmental process of *Crassostrea rivularis*.

Table 41. Egg development after fertilization of Crassostrea rivularis under 25℃-water temperature

Developmental process	Elapsed time	Size(mm)	
		Shell length	Shell height
Fertilized egg	-	58.3±1.6	
1st. polar body	30 min	-	-
2nd. polar body	1 hour	-	-
2cells	1 hour 10 min	-	-
4cells	2 hour	-	-
12cells	3 hour	-	-
Molrula	4 hour	-	-
Blastula	5 hour	-	-
Trochophore	15 hour	-	-
Early D-shaped	18 hour	78.6±5.1	67.2±3.7

다. 유생의 사육

(1) 조건별 유생사육 시험(2004년)

(가) 수온 조건별 유생사육

수온별 시험에서는 30℃ 시험구는 성장도 가장 좋은 경향을 나타내었으나 8일째(수정 후 9일째)전량 폐사하였으며, 나머지 구는 18일째까지(사육 종료시) 성장 하였다. 전량 폐사한 30℃ 구를 제외한 생존율은 24℃구에서 77%로 가장 높았으며, 28℃구에서 71%, 20℃구에서 53%를 나타내었다. 한편 부착기까지의 소요기간은 28℃구에서 13~14일, 24℃구에서 15~18일, 20℃구에서 17~22일을 나타내 적정수온 범위 내 에서 높을수록 성장이 빠른 경향을 나타내었다 (Table. 42).

Table 42. Survival rate(%) and pedivaeliger appearance by water temperature

Water temperature \ Daily age after hotch	5 days	10 days	15 days	Day of pediveliger appearance(days)
20℃	83.7±5.5	63.0±5.6	53.3±3.5	17~22
24℃	94.7±3.5	84.0±7.5	76.7±1.5	15~18
28℃	93.3±2.5	76.0±7.9	71.3±1.5	13~15
30℃	11.7±2.5			-

(나) 염분 조건별 유생사육

염분별 시험에서는 5ppt구에서는 6일째(수정 후 7일째)에 전량 폐사하였으며, 10, 15, 20, 25, 33ppt구는 18일째까지(사육 종료시) 성장하여 광염성으로 나타났다. 염분은 25ppt에서 82%로 가장 높은 생존율을 보였으며, 20ppt에서 75%로 나타나 비슷한 경향을 보였으며, 다음으로 33ppt, 15ppt, 10ppt순으로 낮게 나타나 대체로 고 염분보다 저 염분에 약한 경향을 보였다 (Table 43).(수온은 25℃로 유지)

Table 43. Survival rate of larvae by salinity concentrations in *Crassostrea rivularis* under 25℃-water temperature after hatch

Salinity \ Daily age after hatch	5 days	10 days	15 days
5‰	74.0±6.6	0±0.0	-
10‰	54.7±7.6	17.3±2.1	8.7±2.1
15‰	67.3±9.1	45.7±4.2	35.7±2.5
20‰	92.3±2.5	79.3±6.0	74.7±2.5
25‰	96.7±1.5	86.7±4.2	82.0±3.0
33‰	84.7±2.5	63.3±3.1	51.3±1.5

(나) 먹이에 따른 유생의 성장

먹이는 해삼 종묘생산 등에서 통상 *Chaetoceros* sp.를 급이하면 성장이 빠르다고 되어 있으나, 실제에서는 *Nannochloropsis* , *Monochrysis* , *Isochrysis*, *Pavlova*, 해산 *Chlorella* 등을 많이 공급하고 있다. 그리고 초기D상부터 각장 150㎛ 이하의 어린유생의 경우는 황갈 편모조류의 공급비율을 높이는 것이 좋은 것으로 알려져 있다(Table 44).

대체로 단독 공급보다는 혼합 공급한 것이 유생의 성장과 생존율이 높다고 알려져 있는데 Table 45에서와 같이 *Isochrysis galbana*외 3(*Pavlova lutheri, Nannochloropsis oculata, Tetracelmis suecica*)종을 혼합하여 공급한 것이 *Chaetoceros calcitrans*를 단독 공급한 것보다 성장과 생존율이 좋게 나타났다.

Table 44. Growth of larvae of *Crassostrea rivularis* by food organisms after hatch

Food orgamism \ Daily age		4 days	8 days	12 days	16 days
Shell length	Mixed feed*	94.7±7.5	133.3±6.5	174.3±11.0	273.3±15.5
	Chaetoceros calcitrans	95.3±6.7	130.3±5.5	169.0±8.9	269.7±13.5
Shell height	Mixed feed*	86.0±3.0	152.7±6.5	235.0±11.0	323.3±14.6
	Chaetoceros calcitrans	84.3±2.5	150.3±5.5	230.3±9.5	316.7±13.1

* *Isochrysis galbana* + *Pavlova lutheri* + *Nanochloropsis oculata* + *Tetracelmis suecica*.

Table 45. Survival rate(%) of larvae of Crassostrea rivularis by food orgamisms after hatch

Food orgamism \ Daily age	4 days	8 days	12 days	16 days
Mixed feed*	91.7±2.5	85.3±3.1	81.0±3.0	73.0±4.0
Chaetoceros calcitrans	90.0±1.0	81.3±3.5	75.0±3.0	63.0±3.0

* *Isochrysis galbana* + *Pavlova lutheri* + *Nanochloropsis oculata* + *Tetracelmis suecica*.

(2) 조건별 유생사육 시험(2005~2006년)

(가) 염분농도에 따른 유생의 생존율

염분농도에 따른 유생 사육을 부화 1일령에서부터 18일까지 사육한 결과 생존율은 0‰에서 4일령에 전량 폐사하였고 5‰에서 68.76%, 10‰ 에서 69.53%, 15‰에서 76.3%, 25‰에서 75.0%, 30‰에서 73.0%의 생존율을 보여 0‰ 외에서는 높은 생존율을 보였다. 5‰~15‰ 범위에서 유생은 발달 단계별로 개체 차이가 적었고, D형 유생에서 13일령에 부착기 유생이 확인되었으며, 15~16일령에 약80%가 고르게 부착기에 유생에 도달하였다. 25‰ 구간에서는 부착기가 5~15%에 비해 유생의 단계별 분포도가 고르지 못했으며, 개체차이가 많이 나타났고 부착기도 2일 늦은 15일경에 확인되었다. 30‰에서는 25‰에 비해 개체 차이가 더 심하였으며, 1일 늦은 16일경부터 출현하기 시작하였고 시험결과는 Table 46과 같다.

Table 46. Amount of survival larvae(indiv./10 ℓ) by salinity concent rations

Daily age	0‰	5‰	10‰	15‰	25‰	30‰
	Total	Total	Total	Total	Total	Total
1	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
2	5,340±572					
3	1,168±289	9,318±548	9,534±503	9,900±173	9,850±141	9,700±265
4	200±173					
6		9,020±501	9,168±513	9,534±229	9,500±173	9,468±153
9		8,300±300	8,400±346	9,000±300	8,968±351	8,700±265
12		7,480±159	7,500±100	8,400±361	8,370±316	8,100±173
15		7,100±173	7,200±173	8,000±300	7,970±346	7,534±503
18		6,874±237	6,950±132	7,634±351	7,500±500	7,300±300
Survival rate(%)	0.0	68.7	69.5	76.3	75.0	73.0

(나) 밀도에 따른 유생의 생존율

유생사육에 있어 제한된 수조의 용적에서 최대의 생산성을 얻기 위해서는 유생의 수용밀도가 매우 중요하다. 유생의 수용밀도는 성장과 역 상관관계를 가지는데, 고밀도로 수용할 때 느린 성장의 부분적인 원인으로 유생간의 충돌로 먹이섭취의 기회가 적어지고, 유생들의 배설물로 인한 사육수질의 급변, 그리고 유생의 먹이부족에 기인한다. 일반적으로 유생사육밀도는 유생의 건강도, 먹이생물의 양과 질, 사육 관리방법에 의해 좌우되지만 최초 D상 유생을 기준으로 5개체/㎖ 이하로 하는 것이 좋다고 알려져 있다.(민 등, 1998)

유생밀도에 따른 시험에서는 부화 1일령에서부터 18일까지 사육한 결과 생존율은 사육수 ㎖당 1개체 78.0%, 5개체에서 71.0%, 10개체에서 61.0%를 나타냈다. 시험구간별 유생 발달은 1개체에서 고른 분포를 보이며, 성장하여 15일령에 80%내외가 부착기에 도달하였으나 5개체는 18일령에 30%가량이 부착기에 도달했고 10개체는 거의 부착기가 10%이하로 확인되었으며, 일부 소형 각정기 유생도 확인되었다(Table 47).

Table 47. Amount of survival larvae(indiv./10 ℓ) by admitted densities

Daily age	Larva density		
	1 indiv./㎖	5 indivs./㎖	10 indivs./㎖
1	10,000 ± 0	50,000 ± 0	100,000 ± 0
3	9,730 ± 246	47,380 ± 541	95,000 ± 1,000
6	9,300 ± 300	45,000 ± 1,000	89,710 ± 502
9	8,730 ± 246	40,710 ± 618	80,350 ± 1,522
12	8,268 ± 252	37,000 ± 1,000	71,000 ± 1,000
15	8,000 ± 300	35,710 ± 1,230	64,510 ± 1,334
18	7,830 ± 286	35,380 ± 658	60,668 ± 1,528
Survival rate(%)	78	71	61

라. 유생의 대량사육

(1) 유생의 발달

유생의 발달과정을 2005년과 비교한 Table 5와 같으며, 2005년 사육수온(23~26℃)보다 2006년이(25~29.5℃) 높았기 때문에 유생의 빠른 발달과정을 관찰할 수 있었다(Fig. 77).

2006년 대량 사육에 있어 유생은 7일째부터 개체 차이가 많이 나타나며 감모가 있었고, 11일째 대부분 각정기 유생으로 도래하였으며 일부 부착기 직전의 유생도 나타났다. 15일째 선두개체에서 안점이 출현하여 부착기로 발달하였고 대부분 각정기 유생이었다. 17일째에는 대부분 부착기 유생으로 채묘연을 투입하였으며, 19일째에는 80%이상이 부착기로 족사가 확인되었다.

Table 48. Larval develompmental stages by daily ages after hatch

Larval stage	Daily age after hatch		Remark
	2005	2006	
D-shaped	3	2	
Mostly D-shaped, pre-bean-shape	6	3	
Mostly D-shaped, bean-shaped	9	4	
D-shaped, mostly bean-shaped	11	5	
D-shaped, early umboned	13	6	
D-shaped, mostly early umboned	15	7	Fig. 77
D-shaped~Mid-umboned	18	8	
Mostly mid-umboned	19	9	
Mostly late umboned	20	11	
Late umboned~pediveliger	23	13	
Pediveliger	25	16	
Hanging seed collectors	26	17	

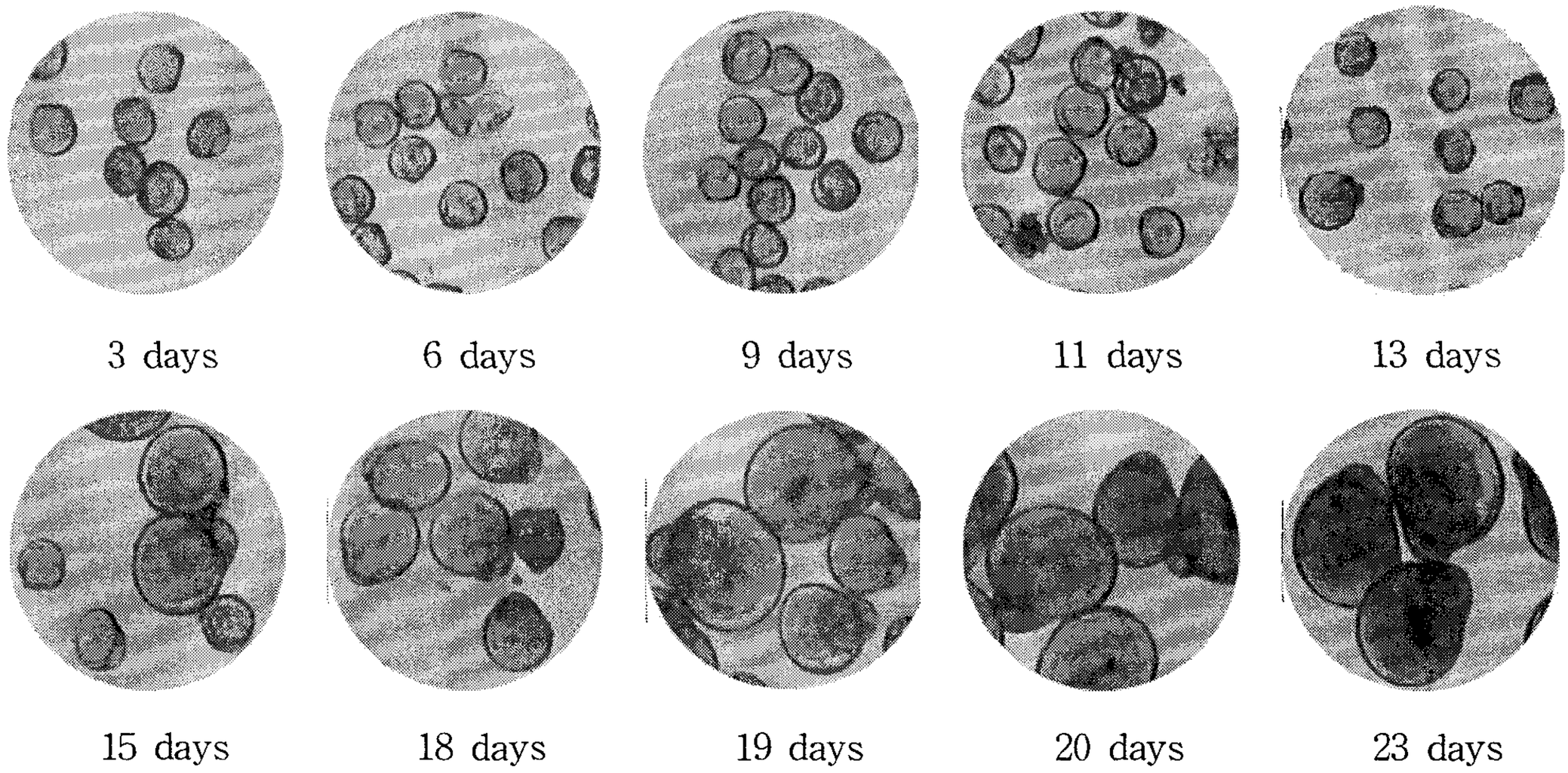


Fig. 77. Microphotographs of larval stages after hatch.

(2) 유생의 성장

기관경과에 따른 유생의 크기는 부화 즉시 D형에서 각장은 65㎛내외 이었으며, 대부분 D형인 3일령에는 평균 각장, 각고가 78.9, 75.5㎛이었고, 소두상이 주를 이루는 9일령에는 82.6, 78.4 ㎛, 소형 각정기가 주를 이루는 15일령에는 103.7, 109.0㎛, 중형 각정기가 주를 이루는 19일령에는 177.9, 194.4㎛, 대형 각정기가 주를 이루는 23일령에는 215.9, 243.4㎛, 25일령에는 259.1, 292.1㎛ 채묘기가 투입되어 부착기가 주를 이루는 27일령에는 296.7, 329.0㎛로 나타났다 (Table 49 and Fig. 78).

Table 49. Growth of larvae of *Crassostrea rivularis* in indoor tanks in 2005

Date	Daily age after hatch	Shell length(㎜) Mean	Minimum	Maximum	Shell height(㎜) Mean	Minimum	Maximum
Jun. 28	3	78.9 ± 5.5	69.9	94.1	77.0 ± 5.3	66.0	86.5
Jun. 29	4	79.8 ± 8.2	64.1	101.1	78.0 ± 7.8	59.9	92.7
Jun. 30	5	80.3 ± 5.0	72.0	90.0	76.4 ± 5.6	66.1	87.9
Jul. 01	6	81.5 ± 4.5	70.8	89.9	77.5 ± 5.0	71.4	86.8
Jul. 02	7	82.2 ± 6.6	69.5	90.8	78.4 ± 6.2	66.5	88.5
Jul. 03	8	82.3 ± 5.0	70.8	89.2	80.7 ± 5.0	72.3	89.1
Jul. 04	9	82.6 ± 5.0	75.4	93.0	76.6 ± 4.4	69.3	81.8
Jul. 05	10	82.7 ± 5.1	75.0	91.5	75.5 ± 4.5	67.0	86.4
Jul. 06	11	84.3 ± 5.6	75.0	99.6	82.6 ± 8.6	69.7	103.0
Jul. 07	12	84.4 ± 7.2	73.9	101.3	80.3 ± 7.8	68.6	95.0
Jul. 08	13	93.2 ± 13.8	77.6	123.2	91.4 ± 16.1	75.8	134.4
Jul. 09	14	96.2 ± 21.2	69.3	144.3	99.2 ± 24.5	76.6	157.4
Jul. 10	15	103.7 ± 13.6	77.6	126.3	109.0 ± 22.3	72.9	142.7
Jul. 11	16	109.0 ± 21.3	78.1	141.7	118.0 ± 28.6	77.4	157.8
Jul. 12	17	112.7 ± 30.4	74.2	168.5	122.1 ± 35.5	73.9	181.2
Jul. 13	18	138.1 ± 40.0	80.2	215.6	156.1 ± 48.2	80.4	230.4
Jul. 14	19	177.9 ± 47.5	112.9	269.7	194.4 ± 48.2	122.3	291.6
Jul. 15	20	205.6 ± 42.4	104.0	254.8	227.1 ± 44.5	120.2	276.0
Jul. 18	23	215.9 ± 14.7	192.2	241.3	243.4 ± 13.8	223.3	273.1
Jul. 21	25	259.1 ± 17.6	230.6	289.5	292.1 ± 16.6	267.9	327.7
Jul. 23	27	296.7 ± 18.3	265.2	322.3	329.0 ± 17.3	287.0	348.0

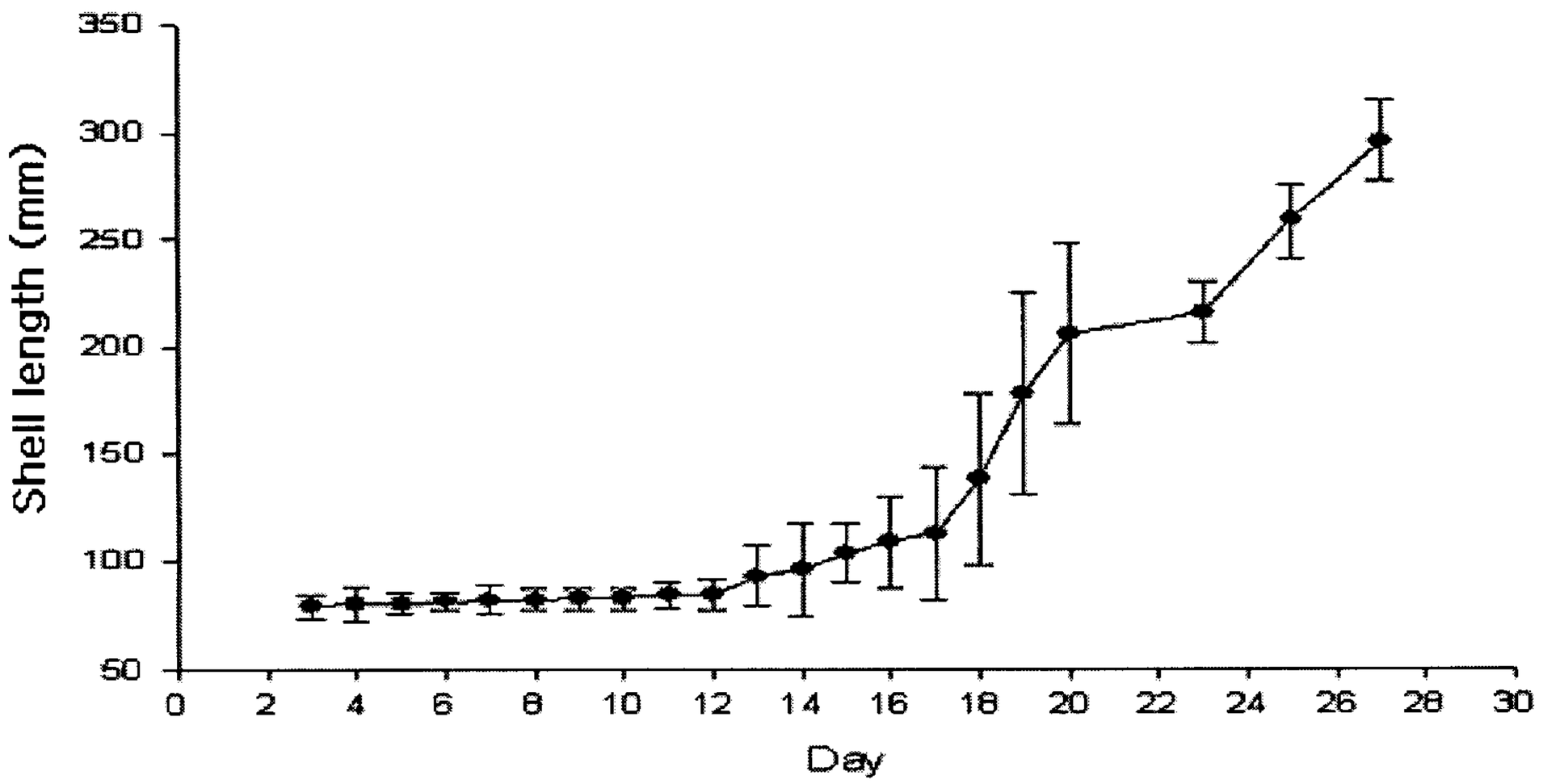


Fig. 78. Changes of Shell length of larvae of *Crassostrea rivularis* in indoor tanks in 2005

(3) 인공채묘 및 중간양성

인공 채묘는 부착기에 도달한 300~340㎛ 크기의 유생만을 뮬러가제 230㎛걸러서 40톤 수조에 부착기유생을 수용하여 채묘기를 투입하여 3~5일 경과 후 가리비 패각 1개에 20개 내외의 자패 부착이 확인되었다.

채묘기를 투입 후 육상 배양장에서 7일간 관리하여 여수시 화양면 안포리 해상의 뗏목(3*5m) 2대에 수심 2m 깊이로 수하하여 중간육성을 실시하였다. 중간양성은 섬진강의 여건상 홍수와 태풍으로 인한 범람으로 시설물 유지가 힘들고 저 염분 기간이 장기간 지속되어 부착 치패의 생존이 어려움으로 인공종묘를 바로 섬진강에 옮길 수 없어 실내 배양장 인근 바다(가막만)의 먹이생물이 풍부한 곳에서 1개월 동안 중간양성 하였다. 가막만에서 중간 양성된 치패는 8월 31일에 각장 10㎜내외로 성장하였으며, 섬진강 배알도 지역에서 1개월가량 적응 시킨 후에 10월에 섬진강지역의 2개 지점(섬진대교, 배알도)에서 양성용 종묘로 사용하였다.

채묘 후 양성용 종묘로 이용하기까지 인공종묘의 성장과 부착량 변화는 Table 50과 Table 51과 같다.

Table 50. Growth of artificial seeds after seed collection in 2005

Date / Statistic	Jul. 29		Aug. 17		Sep. 16		Oct. 18	
	Shell length(㎜)	Shell hight(㎜)	Shell length(㎜)	Shell hight(㎜)	Shell length(㎜)	Shell hight(㎜)	Shell length(㎜)	Shell hight(㎜)
Mean	0.50±0.11	0.70±0.16	3.90±0.33	5.10±0.25	13.3±1.7	16.3±1.7	24.1±4.2	33.4±5.4
Minimum	0.33	0.46	3.40	4.60	10.8	13.2	15.6	20.7
Maximuim	0.65	0.95	4.50	5.50	16.8	19.7	32.1	45.8

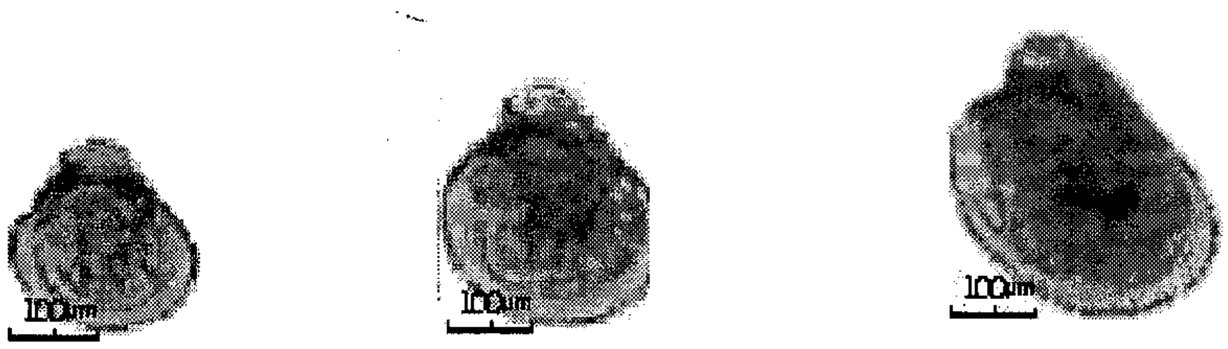
Table 51. Amount of artificial seeds in 2005

(indiv./one bay scallop shell)

Statistic \ Date	Jul. 29	Aug. 17	Sep. 16	Oct. 18
Mean	25±4.7	17±3.1	13±1.9	10±2.1
Minimum	18	13	9	7
Maximuim	32	22	15	13

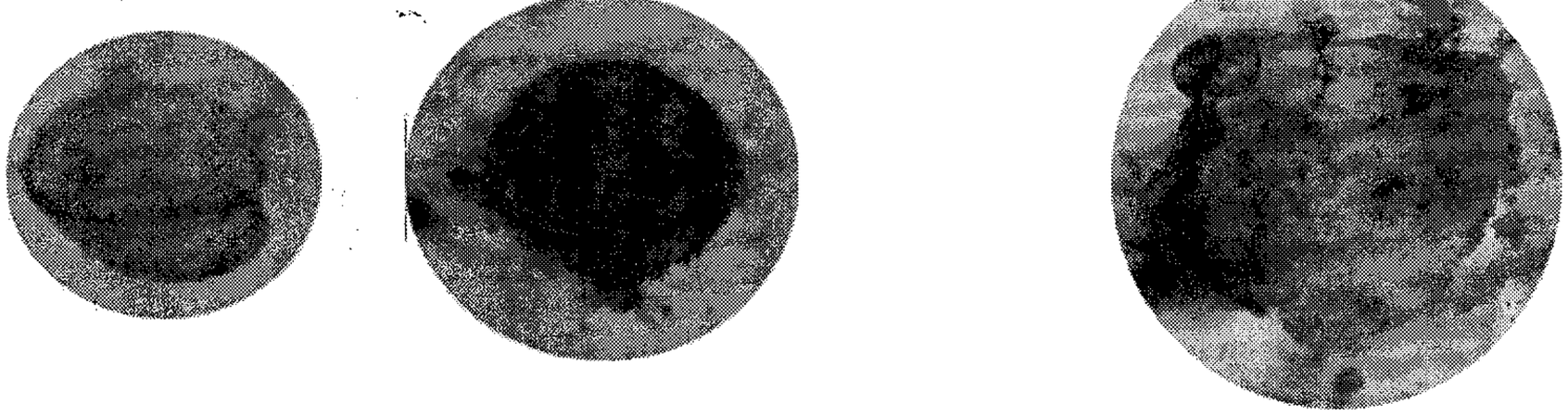
1. D-shaped larvae(3~9 days after hatch

2. Early numboned larvae(8~15 adys after hatch)



3. Late umboned larvae(14~18 days after hatch)

4. Pediveliger(1~19days after hatch)



(20~23 days after attachment)

(24~26 days after attachment)

5. Plantigrades

6. Juvenile

Fig. 79. Larva develomental perocess of *Crassostrea rivularis*.

마. 고찰

해산무척추동물의 성성숙은 먹이(유, 1969; His and Seaman 1992), 광주기(Webber and Giese 1969) 등과 같은 여러 가지 환경요건에 의해 이루어지지만 주로 온도의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다. 그렇지만 강굴은 9~30‰까지의 넓은 염분 조건속에서 서식하므로 온도와 더불어 일정한 염분농도를 유지해주어야 하며, 먹이 또한 타종에 비해 상당히 많은 량을 섭취하므로 어미관리를 하는데 상당한 노력이 필요하다.

참굴에 있어 인공채란은 생식소 발달촉진, 억제, 유지에 따라 연중 가능하다고 알려져 있으나 (Loosanoff and Davis, 1963), 강굴은 강수량에 의한 염분과 수온의 변화가 산란에 있어 중요한 역할을 하는 것으로 보여 진다. 자연 상태에서의 강굴의 성숙 시기는 같은 종이라도 서식해역, 연령, 크기, 환경변화 그리고 양식방법에 따라서도 차이가 있으므로 주 산란기전에 채집하여 어미로서의 적합성과 생식소 성숙촉진을 위한 관리 방법을 결정해야하겠고 어미를 실내에서 인위적인 성숙을 시키는 방법에 대해 보다 세밀한 연구가 있어야하겠다.

강굴 어미의 가온 사육관리가 어려운 것은 실내 수조의 특성상 유수식으로 일정한 염분(20~25ppt)을 유지해주기가 어렵고 자연 상태에 비해 상대적으로 충분한 먹이가 공급되지 않은데 원인이 있다고 보여 진다. 어미 강굴은 공급되는 먹이들을 잘 섭취하나 *Isochrysis galbana*와 기수산 *Chlorella*을 공급하였을 때는 소화기관에 얼마 지나지 않아 보이지 않았으나 *Nannochloropsis oculata*는 오랫동안 남아 있는 것을 확인할 수 있어 먹이에 따른 소화 속도가 다르고 강이라는 특성에 자연먹이의 종류가 상이한 점이 성숙에 관여할 것이라고 보여 진다.

실험결과 어미 강굴의 성숙도는 먹이생물의 공급에 따라 많이 좌우되고, 먹이의 선택성이 있는 것으로 관찰되었으며, 선호하는 먹이는 황갈편모조류인 *Isochrysis galbana,* 규조류인 *Chaetoceros calcitrans,* 해산 *Chlorella*의 순으로 잘 섭취하였다.

생식기작 구명에서 난소에 대한 난모세포 면적의 비율이 6월 79.20%로 가장 높은 결과와 같이 매월 생식소 발달상황을 육안적으로 조사한 결과 강굴은 6월경 초기 산란하고 7월부터 대량 산란을 한 후 8월에 부분적인 산란을 하는 것과 일치하였으며, 강굴 어미는 현지에서 어미의 성숙도를 확인하여 충분히 성숙된 개체만을 선별 구입하여 실내에서 짧게 관리하는 것이 좋은 결과를 보였다.

자연에서 성숙된 어미로 채집된 수정란을 부화시켜 유생사육에서부터 채묘에 이르기까지 사육조건을 순조롭게 구명하였다. 다만 부착된 치패를 실내에서 관리하는데 대량먹이를 확보하는 비용이 많이 소요되는 단점 때문에 인근해상에서 중간양성 과정을 거치는 불편함이 있다. 이러한 점을 개전해야 하는 연구는 앞으로 지속되어야 할 것이다.

7. 양성시험

가. 강굴의 염분내성 시험

실내수조에서 강굴 치패(각장 5㎝내외), 성패(각장 10㎝이상)의 염분내성 시험은 Table 16과 같다. 1년생 치패의 경우 0‰에서 3~4일째 대량폐사를 일으킨 후 10일이 경과하면서 대량폐사하였고 14일째 전량 폐사하였다. 5‰에서도 폐사하는 경향은 0‰와 유사하였으나 폐사량이 적었고 시험을 종료일인 16일째까지 30%의 생존율을 보였다. 10, 15‰에서는 56, 62%의 생존율을 보였다. 성패의 경우 치패에 비해 초기 폐사는 적었으나 0‰에서 치패와 유사한 10일째부터 대량폐사 하여 15일째에 전량 폐사하였다. 5, 10, 15‰에서는 42, 66, 70%의 생존율을 나타냈다. 이와 같은 결과는 실내 환경에서 염분 농도를 지속적으로 유지해주며 유수식으로 시험하기가 어려워 지수 상태로 관리하였기 때문에 사육수조 내부가 외기온도 등 환경변화가 심하여 5, 10, 15‰에서 폐사량이 많았던 것으로 보여 진다(Table 52).

Table 52. Mortality of juveniles and adults of Crassostrea rivularis by salinity concentrations during 16 days under water temperature of 25~28℃

Days	No. of daily mortality							
	Juvenile(1st-year oyster)				Adult(2nd-year oyster)			
	0‰	5‰	10‰	15‰	0‰	5‰	10‰	15‰
1st day	-	-	-	-	-	-	-	-
2st day	-	-	-	-	-	-	-	-
3st day	15	3	-	-	-	-	-	-
4st day	6	6	5	3	3	3	2	1
5st day	-	-	-	-	5	3	3	3
6st day	-	-	-	-	-	-	-	-
7st day	-	-	-	-	-	-	-	-
8st day	-	-	-	-	3	-	-	-
9st day	-	-	-	-	4	-	-	-
10st day	6	5	3	3	11	5	-	-
11st day	12	8	3	3	16	4	3	2
12st day	-	-	-	-	-	-	-	-
13st day	5	-	-	-	-	-	2	1
14st day	6	7	4	2	3	8	4	5
15st day	-	6	7	8	5	6	3	3
16st day	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	50	35	22	19	50	29	17	15
Survival rate	0%	30%	56%	62%	0%	42%	66%	70%

나. 2004년산 강굴의 성장

2004년 10월부터 2005년 8월까지 성장을 조사한 결과, 돈탁 중층은 시험개시 일에 각장, 각고가 22.6(±3.1), 27.7(±3.9)㎜에서 종료일에는 41.2(±4.4), 55.2(±5.6)로 성장하였다. 돈탁 저층은 시험개시 일에 각장, 각고가 22.6(±3.1), 27.7(±3.9)㎜에서 종료일에는 44.2(±4.1), 62.6(±4.7)로 성장하였다. 중층에 비해 저층에서 각장, 각고가 더 증가하였다.

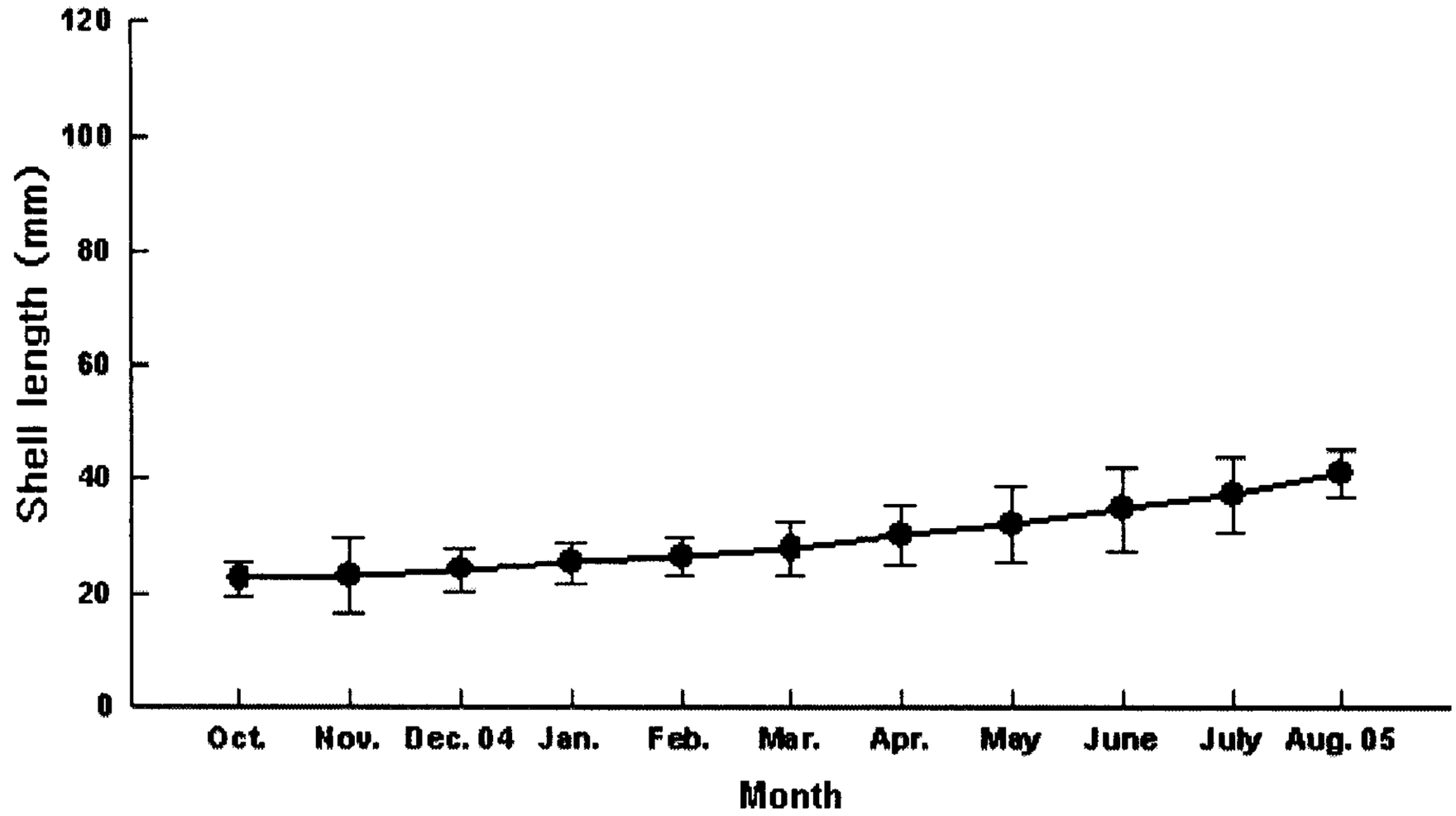
조사개체가 무작위로 추출하였기 때문에 월간성장 추세에 오차가 있을 수 있으나 대체적으로 각장과 각고의 성장은 가을과 봄 시기에 증가폭이 큰 것으로 나타났다.

섬진대교 중층은 2004년 10월에 각장, 각고가 22.6(±3.1), 27.7(±3.9)㎜에서 1년경과 후 2005년 9월에 63.4(±12.6), 84.7(±17.8)㎜로 성장하였고, 시험 종료일인 2006년 7월에는 96.7(±10.8), 142.7(±13.5)㎜로 성장하였다. 섬진대교 저층은 1년경과 후 67.5(±11.7), 95.7(±15.2)㎜ 종료일에는 96.1(±10.2), 142.5(±13.4)로 성장하였다. 섬진대교 지역이 돈탁 지역보다 더 나은 성장을 나타냈으며, 2005년의 경우는 동절기에도 꾸준한 성장을 보였다. 수층별 성장은 유사한 것으로 나타났다.

배알도 지역은 2004년 10월에 각장, 각고가 22.6(±3.1), 27.7(±3.9)㎜에서 1년경과 후 2005년 9월에 66.6(±15.9), 86.6(±17.1)㎜로 성장하였고, 시험 종료일인 2006년 7월에는 97.4(±9.6), 140.2(±17.7)㎜로 성장하였다. 섬진대교 지역과 유사한 성장 추세를 보이고 있으며, 돈탁 지역에 비해 더 나은 성장을 보이는 것은 상류 지역에 비해 해수 영향이 더 많이 받는 배알도와 섬진대교 지역에서 동절기 수온이 더 높아 먹이 조건 등 성장 여건이 더 좋기 때문이라고 보고 있다.

Table 53. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 3m water depth at the Dontak area in 2004

Date	Shell length					Shell height				
	Mean	SD	Min	Max	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Max	Monthly growth(㎜)
Oct. 04	22.6	3.1	16.8	28.1		27.7	3.9	21.5	35.1	
					0.6					3.3
Nov. 04	23.2	6.8	12.4	38.3		31.0	9.4	17.7	60.3	
					1.1					0.1
Dec. 04	24.3	3.8	16.5	33.9		31.1	2.7	24.7	37.1	
					1					0.4
Jan. 05	25.3	3.7	16.7	31.9		31.5	4.9	22.6	40.0	
					1.1					1.2
Feb. 05	26.4	3.3	21.8	36.2		32.7	4.4	25.4	41.7	
					1.3					2.4
Mar. 05	27.7	4.7	21.4	43.6		35.1	4.7	29.1	48.5	
					2.5					6.1
Apr. 05	30.2	5.3	22.1	42.6		41.2	6.9	30.8	61.0	
					1.9					6.1
May 05	32.1	6.8	22.1	53.4		47.3	7.7	32.5	71.4	
					2.7					1
Jun. 05	34.8	7.3	23.9	56.2		48.3	7.2	36.2	72.2	
					2.7					2.1
Jul. 05	37.5	6.6	26.6	50.7		50.4	7.7	34.2	68.1	
					3.7					4.8
Aug. 05	41.2	4.4	33.0	52.7		55.2	5.6	47.3	72.5	



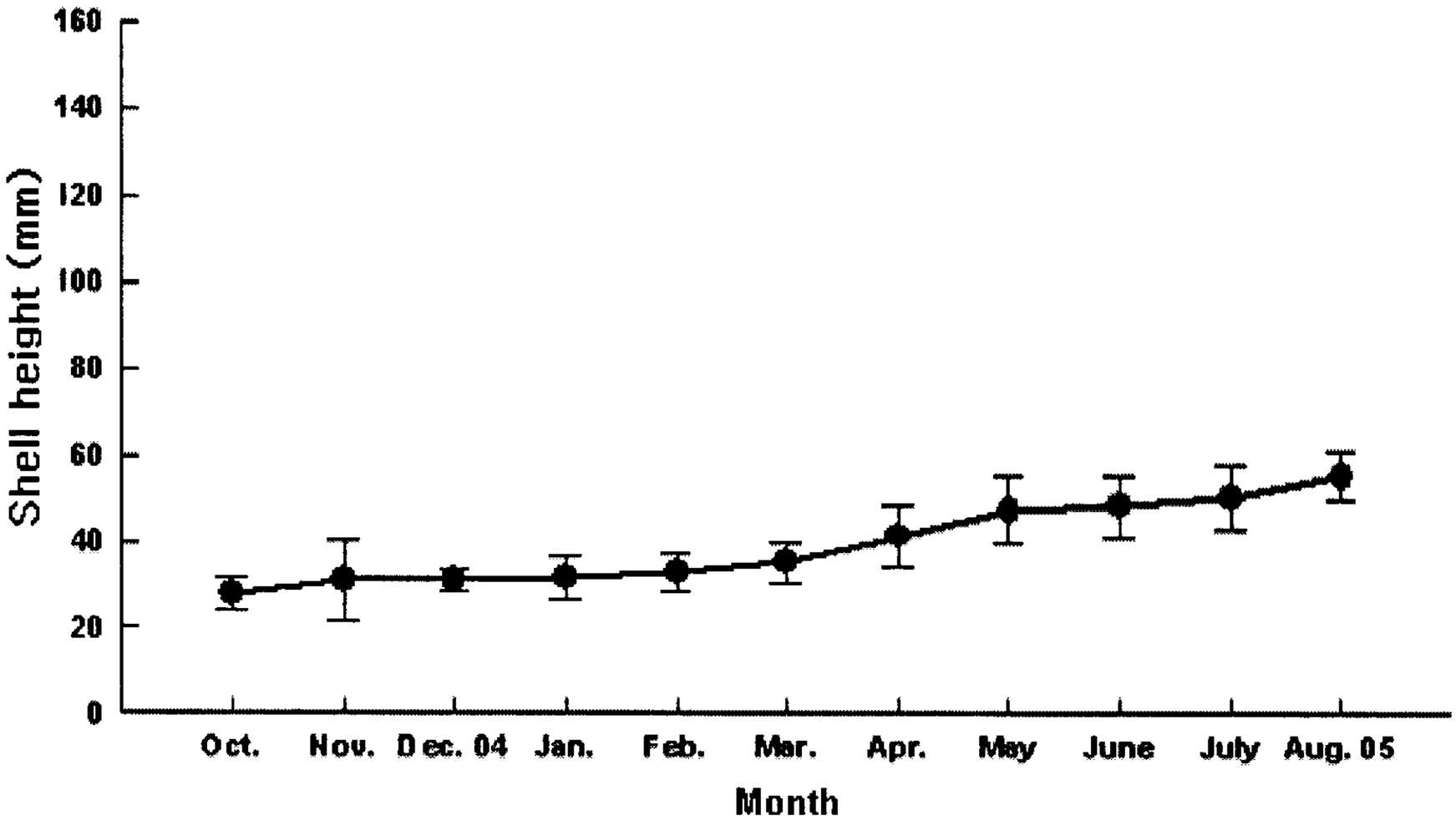


Fig. 80. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 3m-water depth at the Dontak area in 2004.

Table 54. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 6m-water depth at the Dontak area in 2004.

Date	Shell length					Shell height				
	Mean	SD	Min	Max	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Max	Monthly growth(㎜)
Oct. 04	22.6	3.1	16.8	28.1		27.7	3.9	21.5	35.1	
					0.6					3.3
Nov. 04	23.2	6.8	12.4	38.3		31.0	9.4	17.7	60.3	
					1.1					0.1
Dec. 04	24.3	3.6	18.1	31.0		31.1	2.9	26.0	36.8	
					3					3
Jan. 05	27.3	4.2	20.5	38.2		34.1	4.1	27.5	42.5	
					0.5					2
Feb. 05	27.8	4.0	21.8	35.6		36.1	3.8	26.2	43.4	
					0.4					0.9
Mar. 05	28.2	5.0	18.9	37.2		37.0	5.8	26.0	45.4	
					5.8					9.6
Apr. 05	34.0	4.2	24.4	44.1		46.6	7.2	30.7	63.8	
					2.2					2.4
May 05	36.2	8.0	22.2	57.6		49.0	7.5	65.0	37.0	
					1.3					1.4
Jun. 05	37.5	6.6	26.6	50.7		50.4	7.7	34.2	68.1	
					0.9					7.3
Jul. 05	38.4	6.7	25.6	52.8		57.7	7.0	42.8	73.9	
					5.8					4.9
Aug. 05	44.2	4.1	37.1	58.4		62.6	4.7	54.8	75.8	

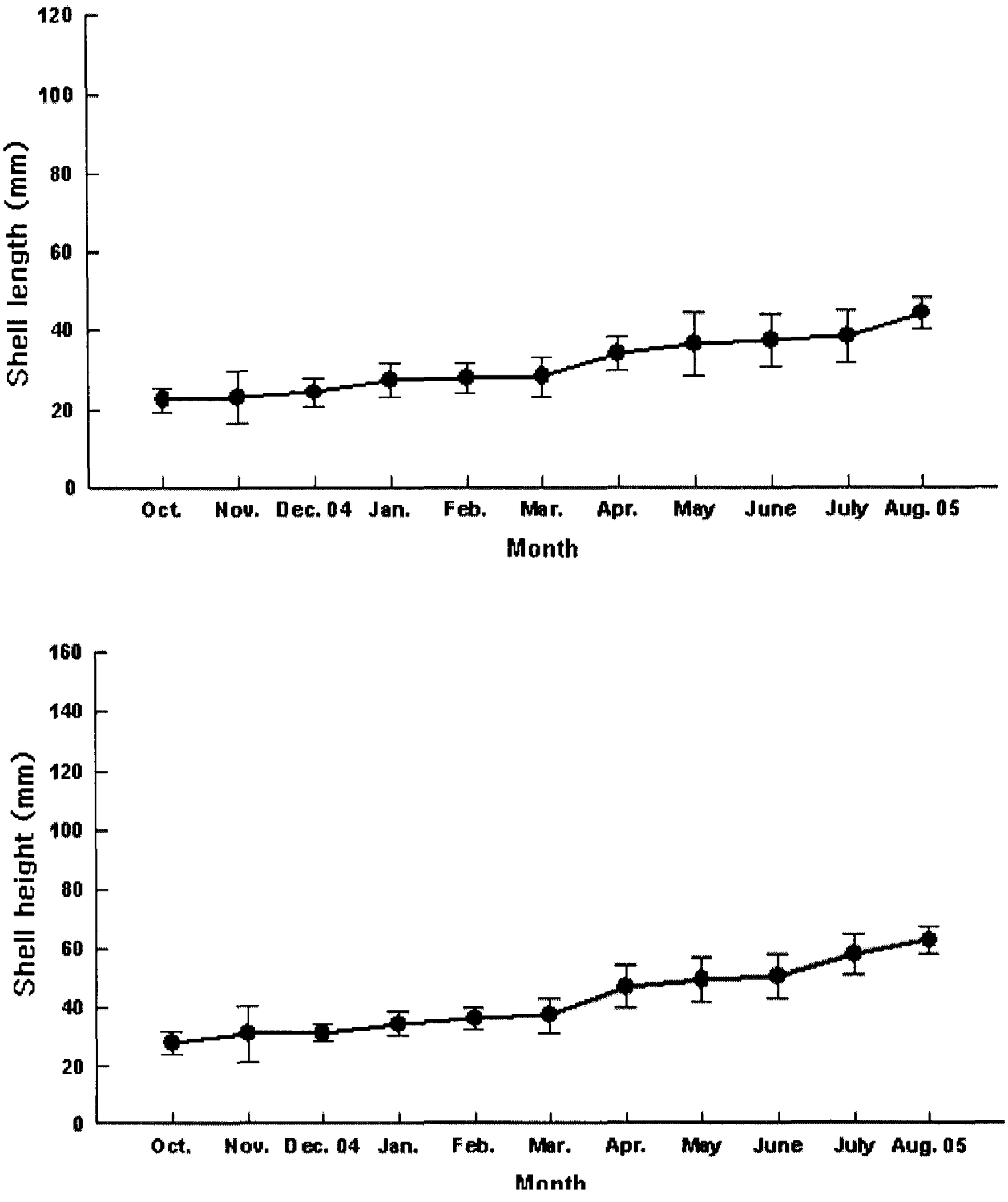
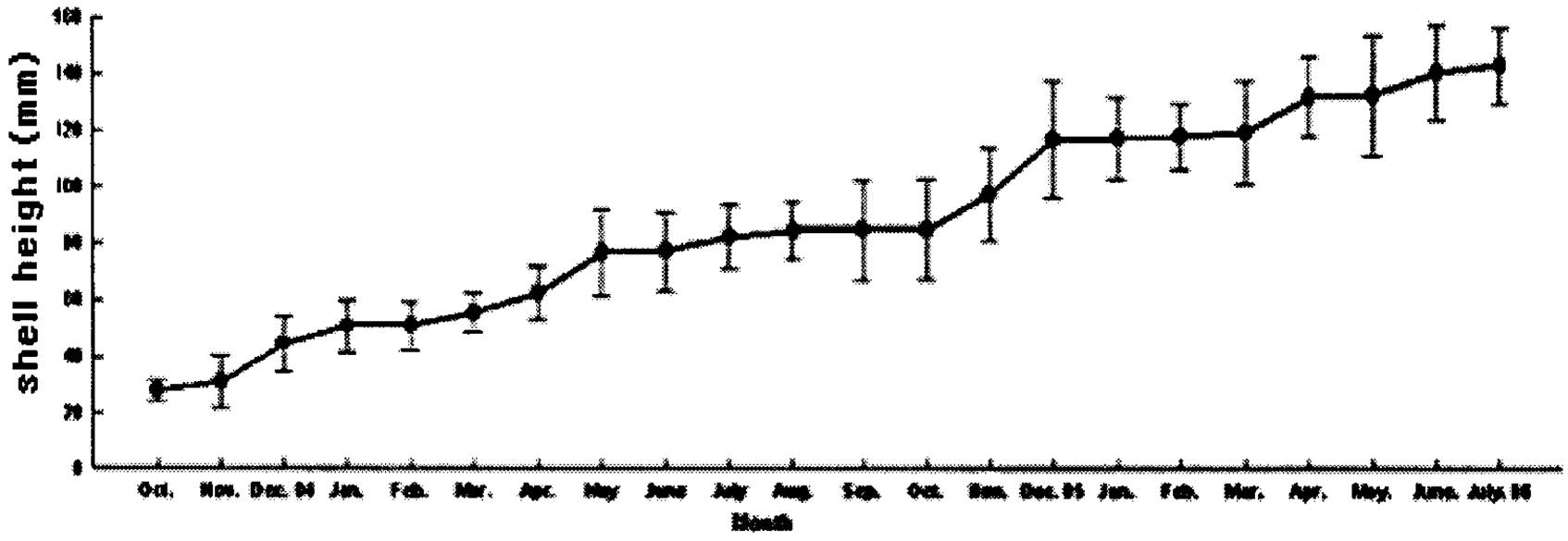


Fig. 81. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 6m-water depth at the Dontak area in 2004.

Table 55. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2004

Date	Shell length					Shell hight				
	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜
Oct. 04	22.6	3.1	16.8	28.1		27.7	3.9	21.5	35.1	
					0.6					3.3
Nov. 04	23.2	6.8	12.4	38.3		31.0	9.4	17.7	60.3	
					4.2					2.7
Dec. 04	27.4	7.0	20.9	50.4		33.7	8.5	23.2	59.7	
					7.6					14.3
Jan. 05	35.0	7.4	23.2	52.7		48.0	9.9	31.0	68.6	
					6.0					3.0
Feb. 05	41.0	15.3	21.1	82.4		51.0	17.3	27.2	85.4	
					7.0					7.8
Mar. 05	48.0	13.7	25.7	75.3		58.8	14.4	33.4	86.6	
					1.5					3.3
Apr. 05	49.5	16.6	24.8	84.6		62.1	17.2	34.4	99.6	
					1.7					4.1
May 05	51.2	17.7	28.2	89.1		66.2	18.6	35.1	100.6	
					8.5					9.3
Jun. 05	59.7	15.3	32.1	94.8		75.5	16.5	41.6	113.9	
					2.6					3.5
Jul. 05	62.3	14.6	34.1	91.0		79.0	16.6	51.9	108.6	
					0.5					5.2
Aug. 05	62.8	14.5	43.7	96.1		84.2	19.9	51.9	116.7	
					0.6					0.5
Sep. 05	63.4	12.6	45.7	91.1		84.7	17.8	54.8	118.3	
					1.4					0.2
Oct. 05	64.8	12.0	43.1	81.9		84.9	17.9	48.6	121.1	
					3.8					12.3
Nov. 05	68.6	15.7	44.9	97.7		97.2	16.3	63.9	124.8	
					17.1					19.5
Dec. 05	85.7	14.8	63.8	111.5		116.7	20.5	81.5	153.0	
					0.2					0.5
Jan. 06	85.9	10.4	69.4	103.2		117.2	14.4	92.8	143.7	
					0.3					0.5
Feb. 06	86.2	13.7	58.4	108.8		117.7	11.5	99.5	138.7	
					0.5					1.5
Mar. 06	86.7	10.0	63.7	108.3		119.2	17.9	77.9	155.7	
					4.1					12.7
Apr. 06	90.8	15.0	63.1	119.7		131.9	14.1	110.7	166.5	
					0.3					0.4
May. 06	91.1	13.4	72.1	118.2		132.3	21.2	86.4	188.8	
					2.9					8.1
Jun. 06	94.0	14.1	70.3	120.7		140.4	16.7	99.9	178.0	
					2.7					2.3
Jul. 07	96.7	10.8	78.3	123.2		142.7	13.5	114.0	168.9	



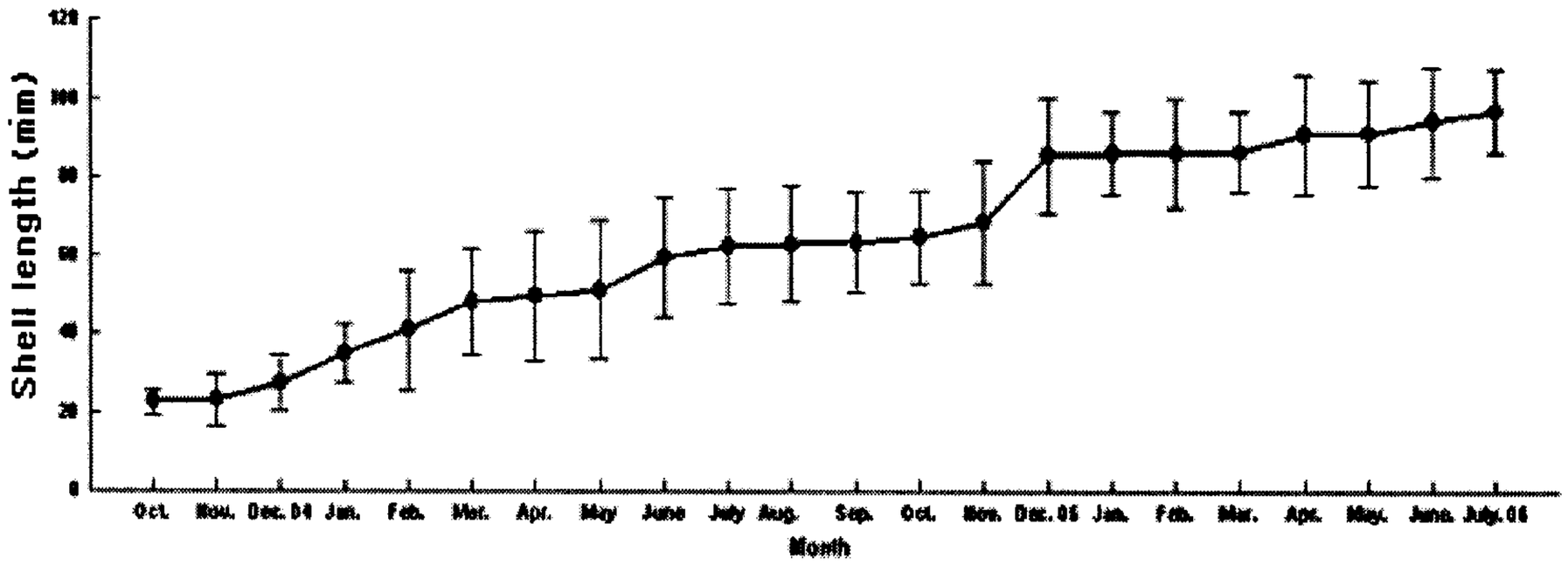
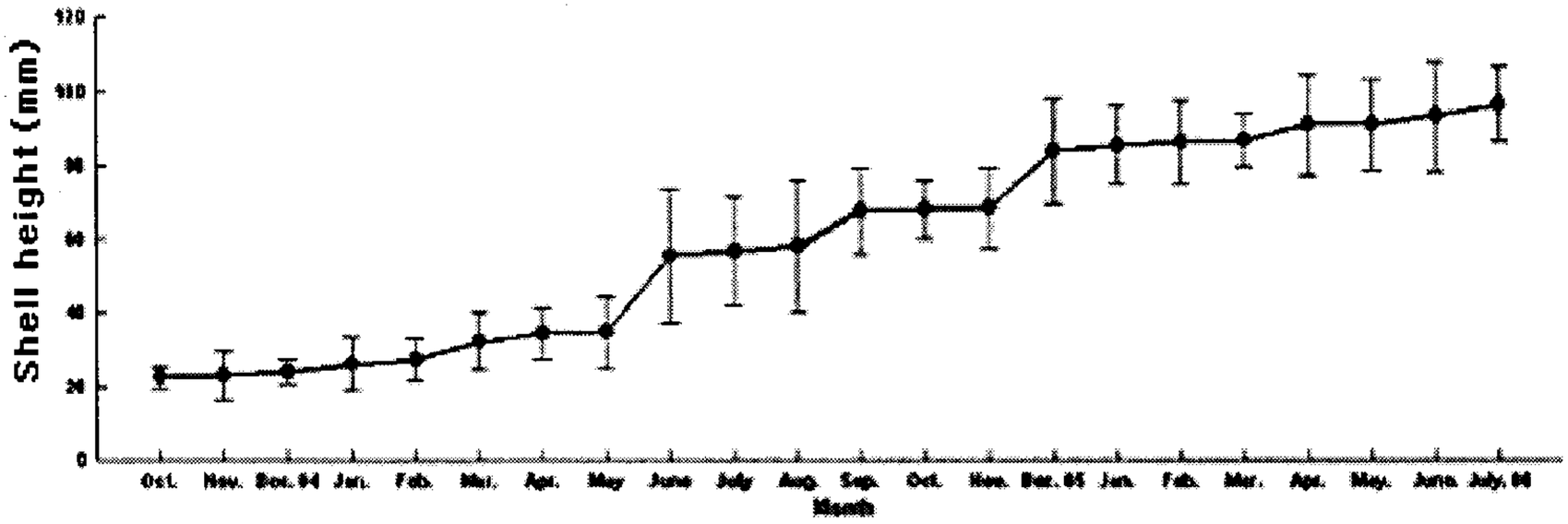


Fig. 82. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2004.

Table 56. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2004

Date	Shell length					Shell hight				
	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜
Oct. 04	22.6	3.1	16.8	28.1		27.7	3.9	21.5	35.1	
					0.6					3.3
Nov. 04	23.2	6.8	12.4	38.3		31.0	9.4	17.7	60.3	
					0.9					0.1
Dec. 04	24.1	3.3	18.2	29.5		31.1	3.3	21.0	37.2	
					2.0					1.2
Jan. 05	26.1	7.4	19.2	49.7		32.3	9.2	20.2	62.5	
					1.3					3.6
Feb. 05	27.4	5.7	19.4	48.2		35.9	7.9	26.5	65.9	
					4.9					3.9
Mar. 05	32.3	7.6	23.7	64.7		39.8	6.6	31.4	68.2	
					2.1					7.8
Apr. 05	34.4	7.2	20.1	52.7		47.6	9.1	31.0	68.6	
					0.5					0.9
May 05	34.9	9.7	22.9	64.6		48.5	10.0	35.9	75.0	
					20.7					26.3
Jun. 05	55.6	18.1	31.0	92.2		74.8	20.7	42.8	116.1	
					1.1					0.7
Jul. 05	56.7	14.8	35.2	83.7		75.5	21.2	38.1	124.0	
					1.3					3.8
Aug. 05	58.0	17.7	33.4	91.3		79.3	22.1	23.0	121.1	
					9.5					16.4
Sep. 05	67.5	11.7	43.8	86.8		95.7	15.2	67.3	122.8	
					0.5					0.1
Oct. 05	68.0	7.9	54.4	89.1		95.8	7.5	86.6	112.5	
					0.5					0.3
Nov. 05	68.5	10.7	50.2	89.8		96.1	13.3	80.4	133.0	
					15.1					17.1
Dec. 05	83.6	14.1	64.7	110.4		113.2	18.8	84.3	145.9	
					1.7					0.4
Jan. 06	85.3	10.5	71.0	110.4		113.6	12.0	97.8	139.5	
					0.8					0.1
Feb. 06	86.1	11.2	68.7	106.4		113.7	10.1	102.0	137.4	
					0.4					6.4
Mar. 06	86.5	7.1	71.9	107.2		120.1	16.7	90.6	170.1	
					4.1					15.7
Apr. 06	90.6	13.3	68.1	126.7		135.8	17.4	97.1	179.9	
					0.1					0.2
May. 06	90.7	12.3	60.5	117.4		136.0	20.3	93.2	178.3	
					2.5					3.1
Jun. 06	93.2	14.9	65.6	129.0		139.1	17.2	98.9	174.0	
					2.9					3.4
Jul. 07	96.1	10.2	79.9	123.0		142.5	13.4	122.9	177.8	



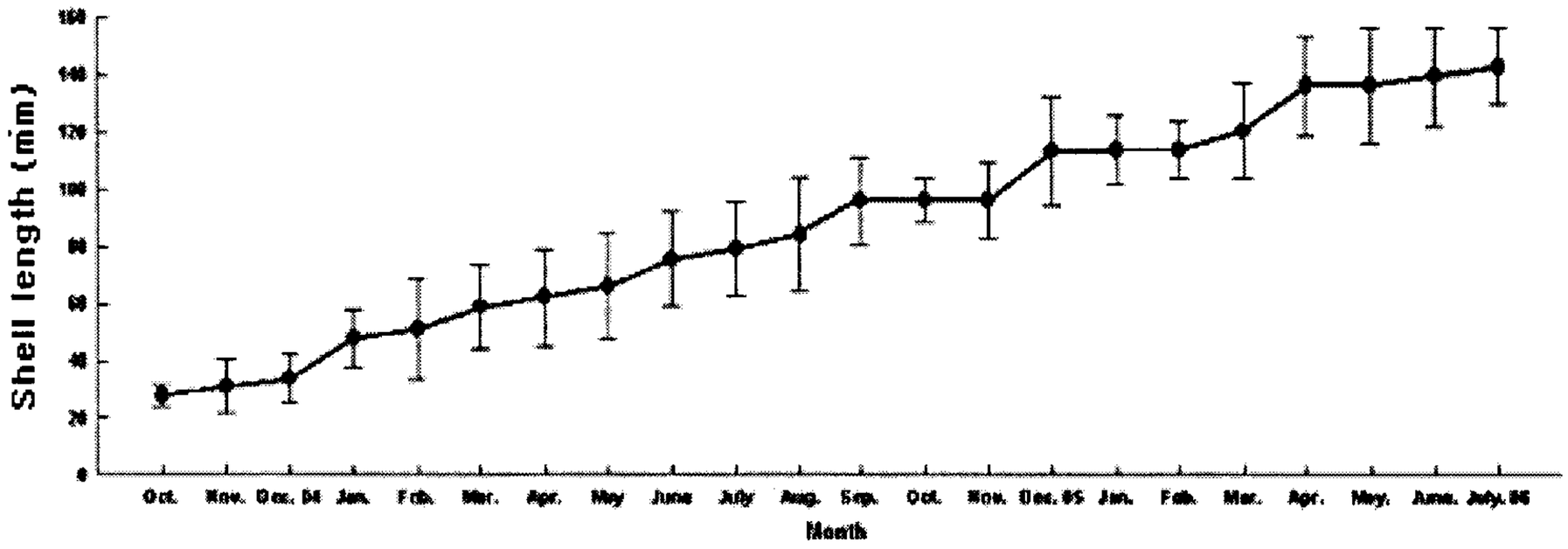
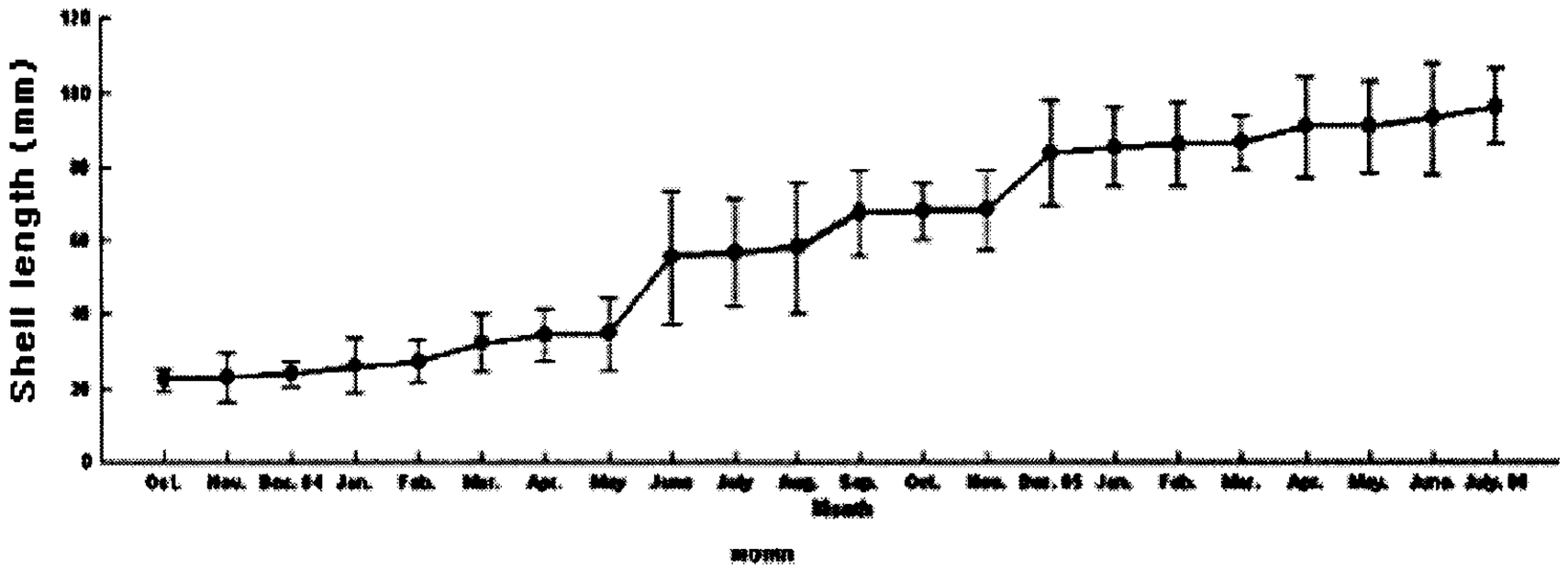


Fig. 83. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2004.

Table 57. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* at the Baealdo area in 2004

Date	Shell length					Shell hight				
	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜
Oct. 04	22.6	3.1	16.8	28.1		27.7	3.9	21.5	35.1	
					0.6					3.3
Nov. 04	23.2	6.8	12.4	38.3		31.0	9.4	17.7	60.3	
					11.2					13.4
Dec. 04	34.4	8.1	20.6	50.8		44.4	9.5	25.1	60.1	
					1.7					6.3
Jan. 05	36.1	8.1	24.0	54.5		50.7	9.1	32.5	63.4	
					0.9					0.0
Feb. 05	37.0	9.0	24.7	53.2		50.7	8.6	37.8	68.7	
					6.4					4.6
Mar. 05	43.3	7.8	28.4	60.4		55.3	6.9	40.4	69.1	
					6.0					7.2
Apr. 05	49.3	9.9	29.8	66.8		62.4	9.3	47.0	84.5	
					11.3					14.1
May 05	60.6	16.1	33.0	94.8		76.6	15.0	45.6	100.9	
					3.4					0.4
Jun. 05	64.0	14.5	37.5	89.8		77.0	14.1	48.1	100.9	
					0.5					5.2
Jul. 05	64.6	15.1	36.2	92.2		82.2	11.4	62.2	106.6	
					0.3					2.1
Aug. 05	64.9	11.3	40.6	92.1		84.3	10.4	64.3	100.2	
					1.7					2.4
Sep. 05	66.6	15.9	39.7	95.6		86.6	17.1	52.4	116.0	
					0.3					1.0
Oct. 05	66.9	13.0	39.8	93.6		87.6	17.4	58.1	140.7	
					5.4					4.7
Nov. 05	72.3	12.3	42.2	94.7		92.3	17.0	62.1	129.8	
					8.4					10.7
Dec. 05	80.8	13.8	48.9	108.0		103.0	16.6	63.7	136.7	
					2.1					0.3
Jan. 06	82.9	9.2	64.5	103.7		103.3	10.5	81.0	129.0	
					0.0					0.3
Feb. 06	82.9	10.5	63.8	129.0		103.6	11.7	76.8	123.8	
					0.7					1.9
Mar. 06	83.6	11.0	59.9	100.4		105.5	12.0	78.4	123.7	
					1.5					23.7
Apr. 06	85.1	11.2	71.1	129.4		129.2	17.6	102.7	184.6	
					6.5					2.2
May. 06	91.6	11.2	67.8	118.8		131.3	16.0	93.4	158.8	
					3.4					4.3
Jun. 06	95.1	10.9	75.5	113.6		135.6	7.6	121.3	151.9	
					2.4					4.6
Jul. 07	97.4	9.6	76.6	128.4		140.2	17.7	117.1	187.4	



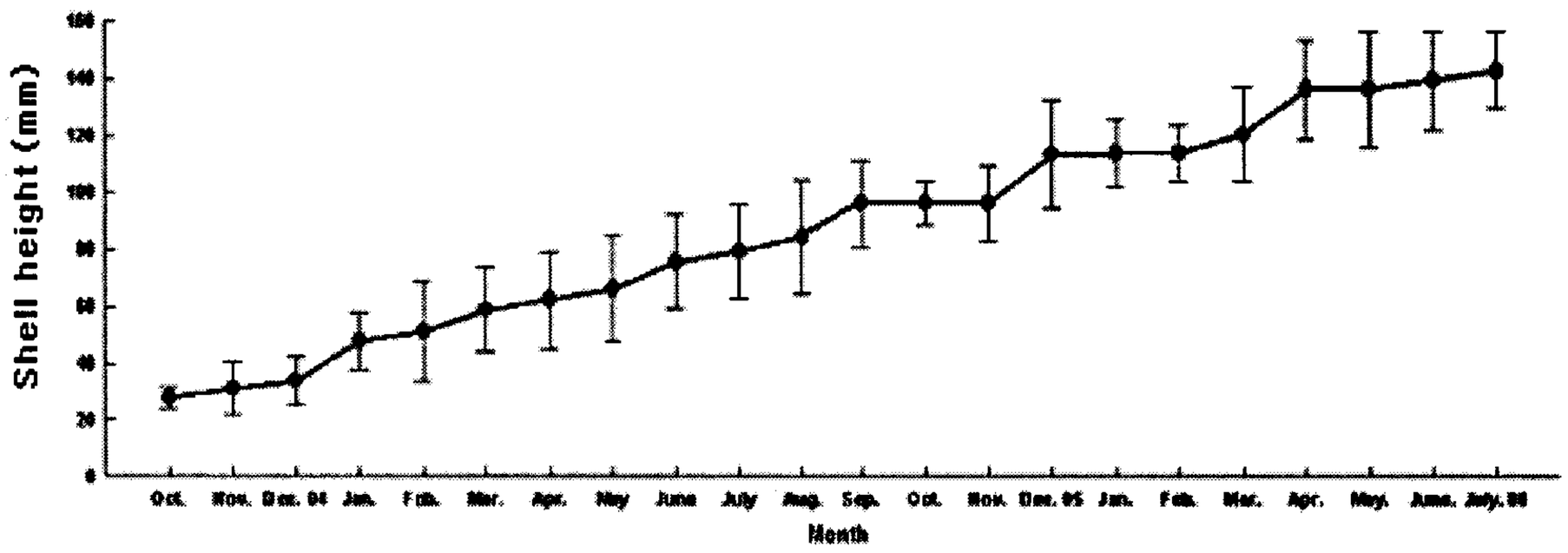


Fig. 84. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* at the Baealdo area in 2004

다. 2005년산 강굴의 성장

2005년 10월부터 2006년 7월까지 인공산 강굴의 성장을 조사한 결과 섬진대교 중층은 시험개시 일에 각장, 각고가 24.1(±4.5), 33.4(±6.6)㎜에서 종료일에는 41.4(±6.6), 59.2(±6.7)로 성장하였다. 저층은 종료일에 43.1(±4.3), 62.5(±5.1)로 성장하였다. 자연산 중층은 시험개시 일에 각장, 각고가 17.1(±4.0), 22.2(±4.3)㎜에서 종료일에는 42.8(±6.6), 58.6(±6.7)로 성장하였다. 저층은 종료일에 42.5(±5.9), 57.6(±7.1)로 성장하였다.

배알도 지역의 인공산은 시험개시 일에 각장, 각고가 24.1(±4.5), 33.4(±6.6)㎜에서 종료일에는 41.2(±4.7), 55.9(±5.5)로 성장하였다. 자연산은 시험개시 일에 각장, 각고가 17.1(±4.0), 22.2(±4.3)㎜에서 종료일에는 38.8(±3.6), 51.6(±5.3)로 성장하였다.

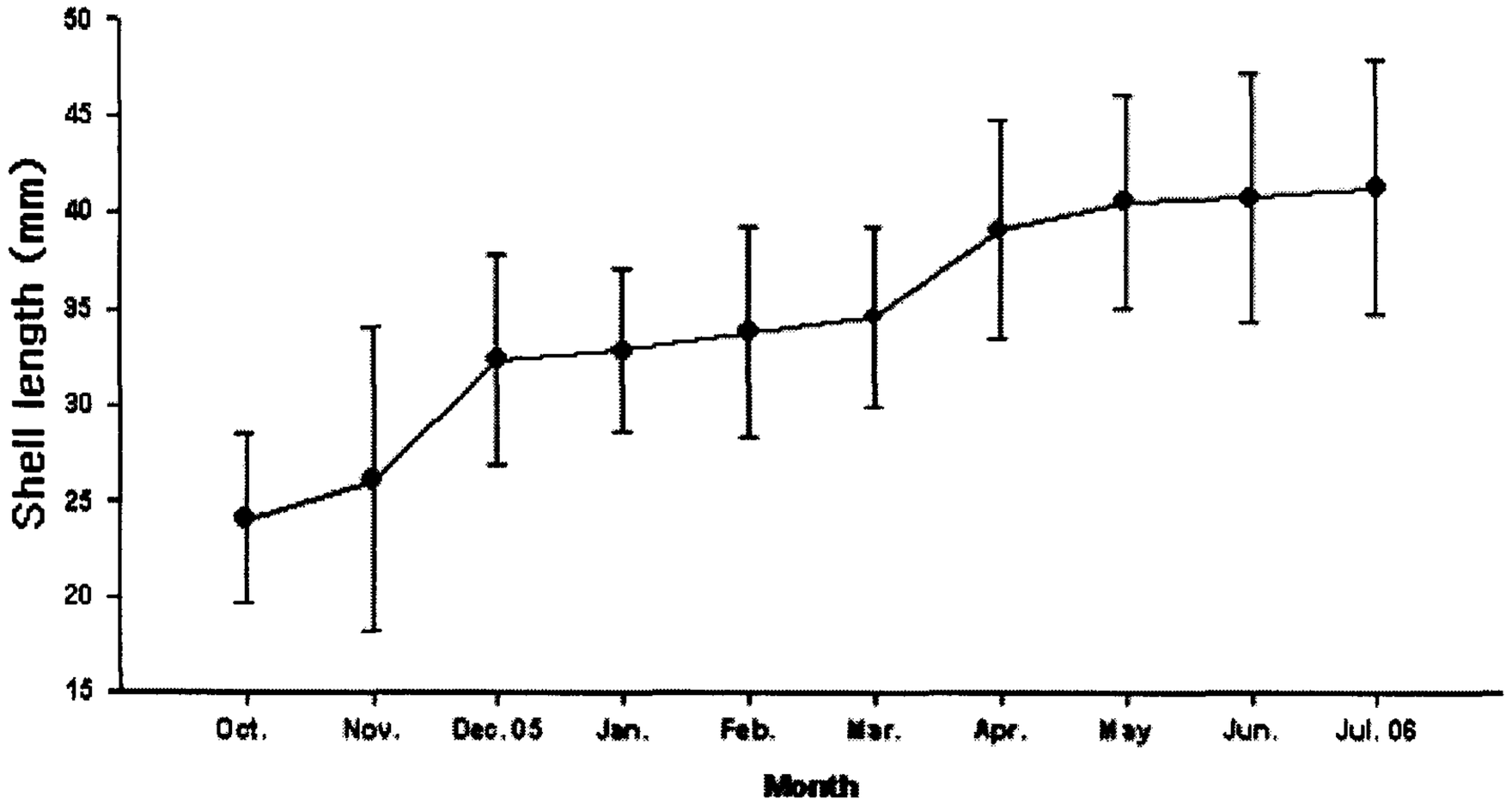
인공종묘를 중간양성하였던 해상(여수시 화양면 안포리)에서의 강굴의 성장은 시험개시 일에 각장, 각고가 23.3(±5.2), 33.0(±9.9)㎜에서 종료일에는 56.0(±10.1), 74.2(±12.6)로 성장하였다.

2005년산 섬진강에서 강굴 성장은 2004년 종묘의 성장과 유사하게 시기적으로 봄, 가을에 뚜렷한 각장, 각고가 증가하였고, 인공산과 자연산에 성장차는 뚜렷하게 나타나지 않았으나 동일 인공종묘에 있어서 해상 양성장에서 각장과 각고의 성장이 양호하였다.

강굴의 양성 시설에 있어서는 뗏목식 양성장에서 강굴 채묘연을 채롱에 수용한 것 보다 채묘연 그대로 수중에 수하하였던 것이 성장이 좋은 것으로 확인되었다. 또한 채묘연에서 강굴을 분리하여 채롱에 수하했던 것이 주 성장시기에 조류에 의해 패각 서슬이 떨어져 성장에 지장을 주는 것을 확인할 수 있었다. 그러므로 양성방법으로는 강굴 또한 참굴과 같이 채묘연 그대로 수하하는 것이 좋을 것으로 판단되며, 강의 특성상 바다에 비해 조류의 속도가 빠르므로 서로 부딪히는 현상이 심하지 않도록 처리해 주어야하겠다.

Table 58. Growth of artificial seeds of *Crassostrea rivularis* in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005

Date	Shell length					Shell hight				
	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)
Oct. 05	24.1	4.5	14.1	33.7		33.4	6.6	19.0	46.9	
					2.1					4.9
Nov. 05	26.1	8.0	15.8	44.5		38.2	9.5	25.2	56.8	
					6.2					6.8
Dec. 05	32.2	5.5	25.1	50.5		45.2	6.7	34.5	65.0	
					0.5					0.2
Jan. 06	32.9	4.3	26.1	40.8		45.2	5.0	38.4	60.1	
					1.0					0.2
Feb. 06	33.8	5.4	25.9	45.1		45.5	7.7	34.5	75.5	
					0.8					0.1
Mar. 06	34.6	4.6	27.5	46.1		45.6	6.0	37.4	62.8	
					4.5					5.0
Apr. 06	39.1	5.7	29.8	58.1		50.1	7.3	40.6	70.6	
					1.5					6.6
May 06	40.6	5.5	31.2	52.5		57.2	6.7	44.9	73.4	
					0.2					1.0
Jun. 06	40.8	6.4	25.5	54.2		58.1	9.8	45.4	81.5	
					0.5					1.1
Jul. 06	41.4	6.6	31.3	57.2		59.2	6.7	46.4	74.7	



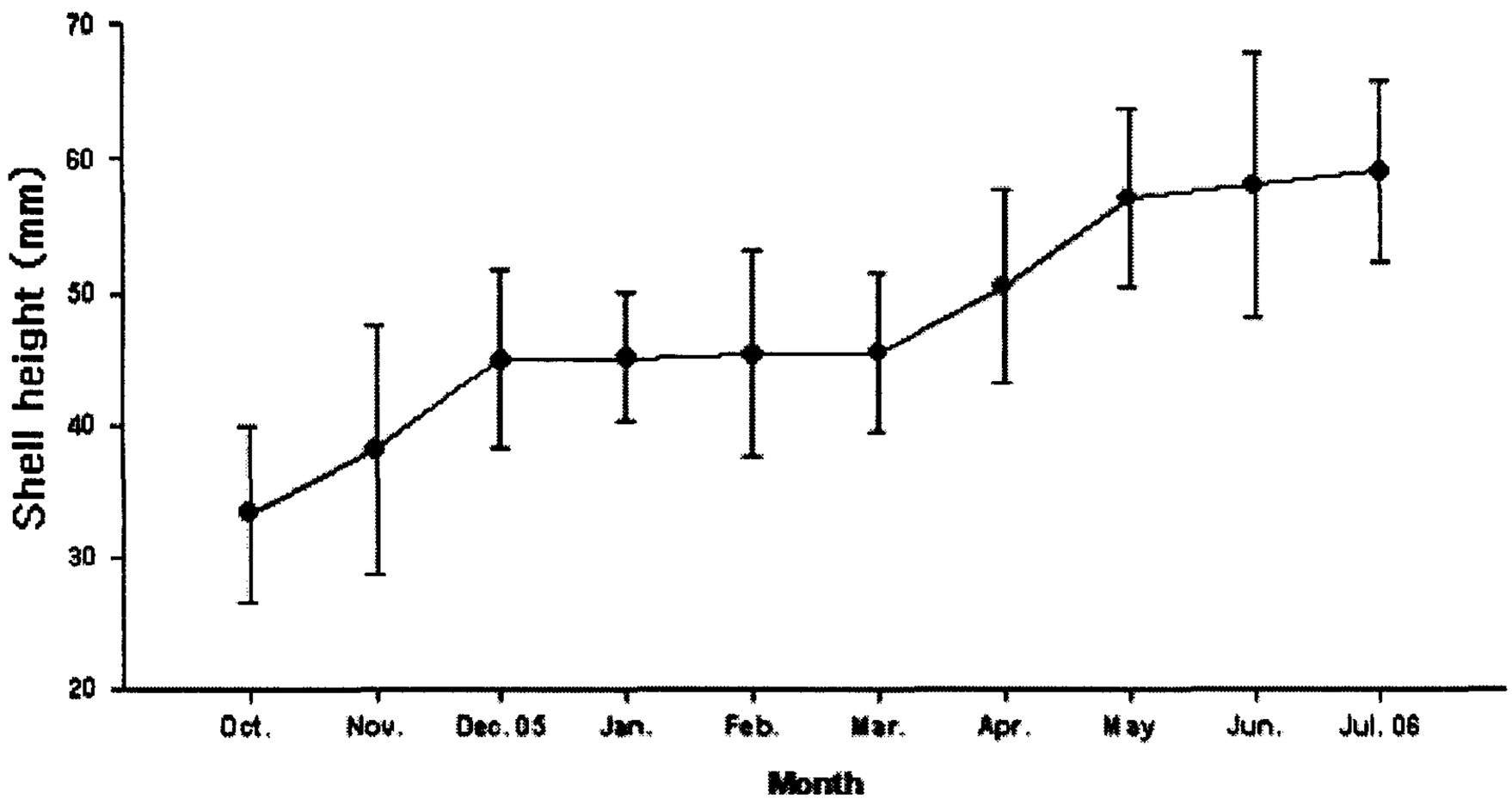
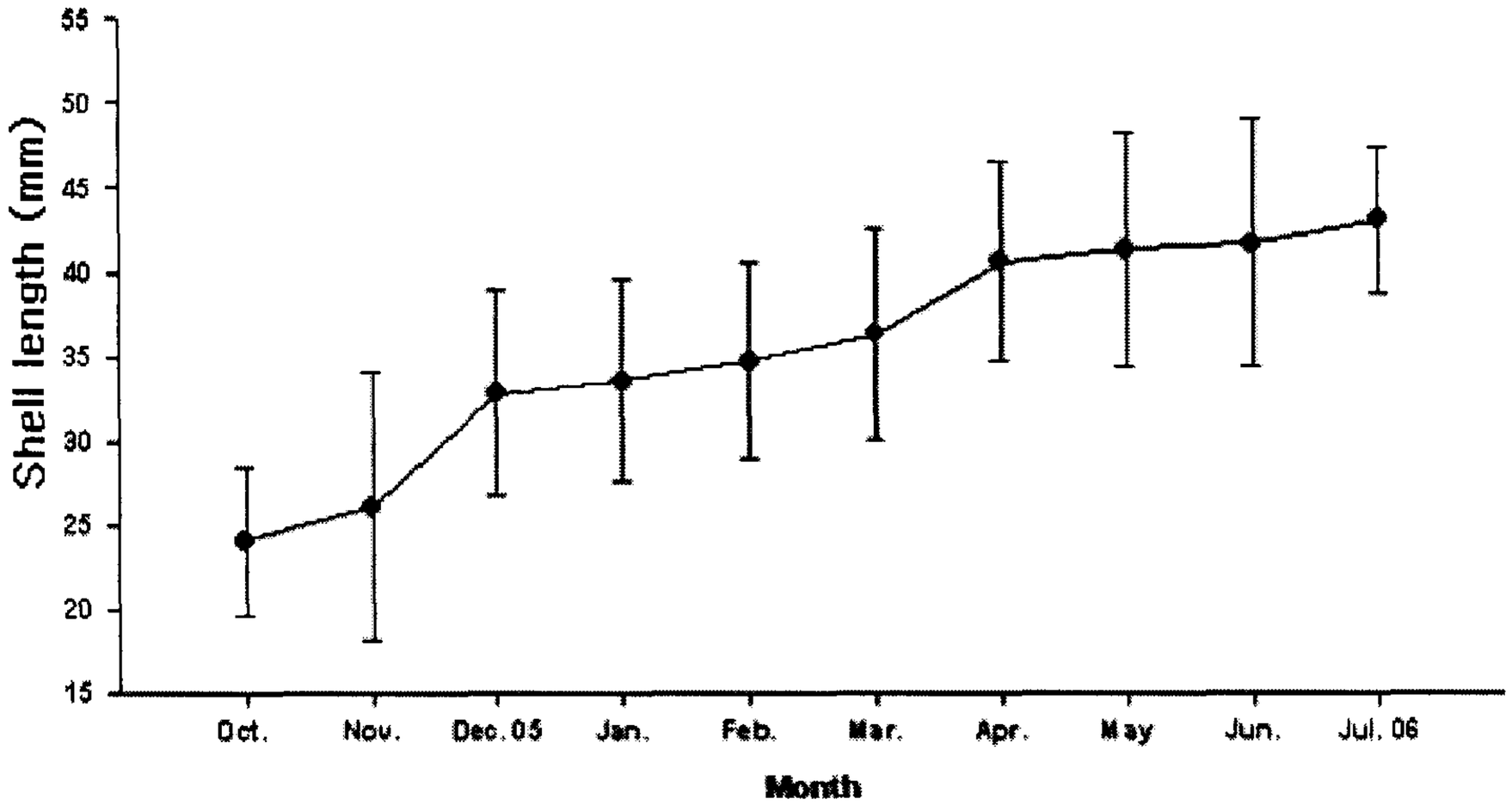


Fig. 85. Changes of growth of artificial seeds of Crassostrea rivularis in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005.

Table 59. Growth of artificial seeds of *Crassostrea rivularis* in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005

Date	Shell length					Shell hight				
	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)
Oct. 05	24.1	4.5	14.1	33.7		33.4	6.6	19.0	46.9	
					2.1					4.9
Nov. 05	26.1	8.0	15.8	44.5		38.2	9.5	25.2	56.8	
					6.7					9.2
Dec. 05	32.9	6.1	22.6	45.4		47.4	9.1	31.8	69.0	
					0.7					0.6
Jan. 06	33.6	6.0	23.0	48.4		48.0	8.9	92.1	77.5	
					1.2					3.2
Feb. 06	34.8	5.9	26.2	48.8		51.1	8.8	37.8	76.0	
					1.6					2.5
Mar. 06	36.4	6.2	24.8	50.6		53.6	10.5	37.6	78.5	
					4.3					4.7
Apr. 06	40.7	6.0	32.3	55.4		58.3	11.6	40.2	87.2	
					0.7					1.4
May 06	41.4	6.9	29.8	56.2		59.7	11.9	41.4	86.7	
					0.4					1.3
Jun. 06	41.7	7.3	31.3	59.0		61.1	7.0	50.4	77.8	
					1.4					1.5
Jul. 06	43.1	4.3	33.3	48.9		62.5	5.1	53.6	70.4	



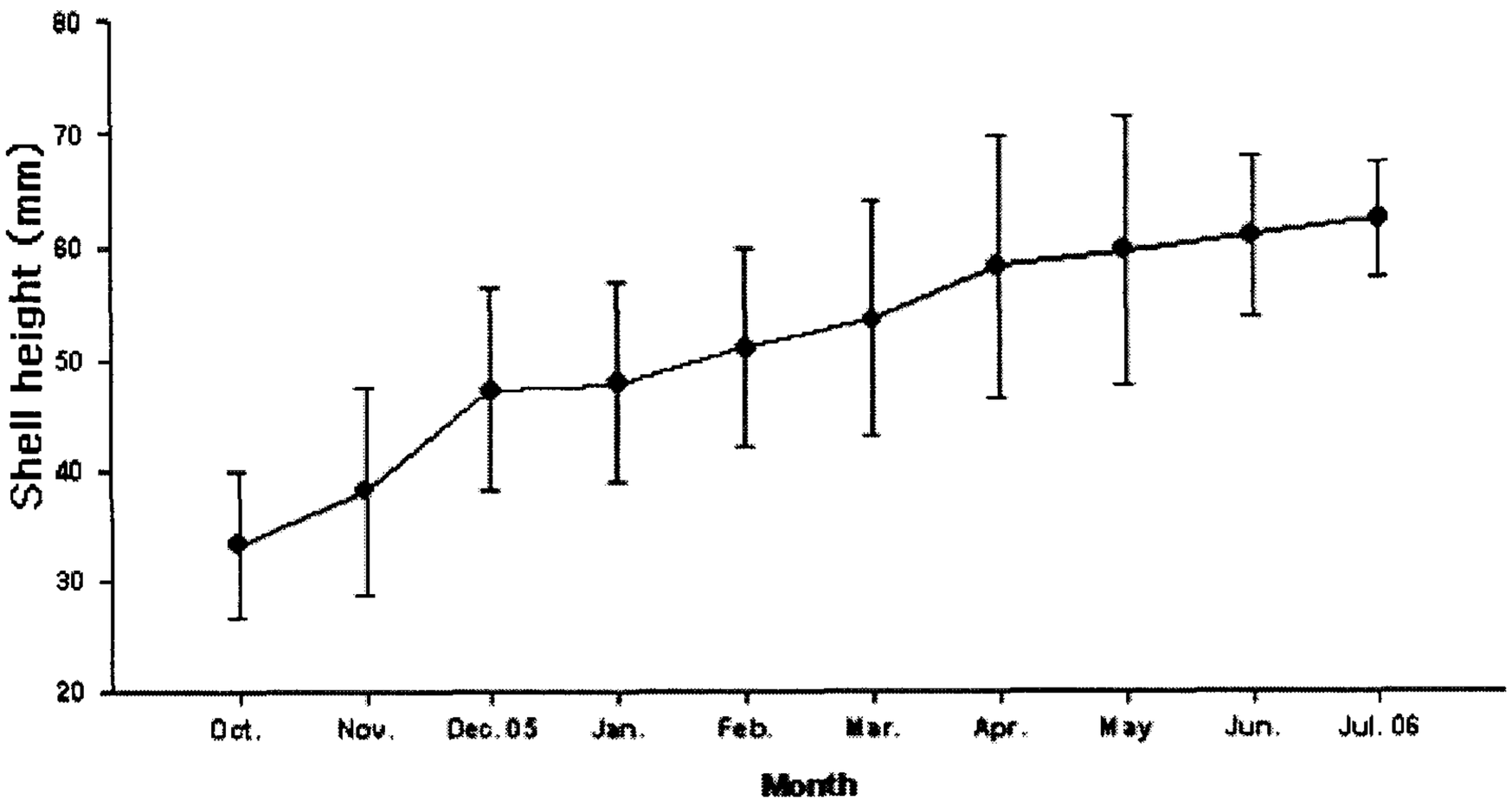
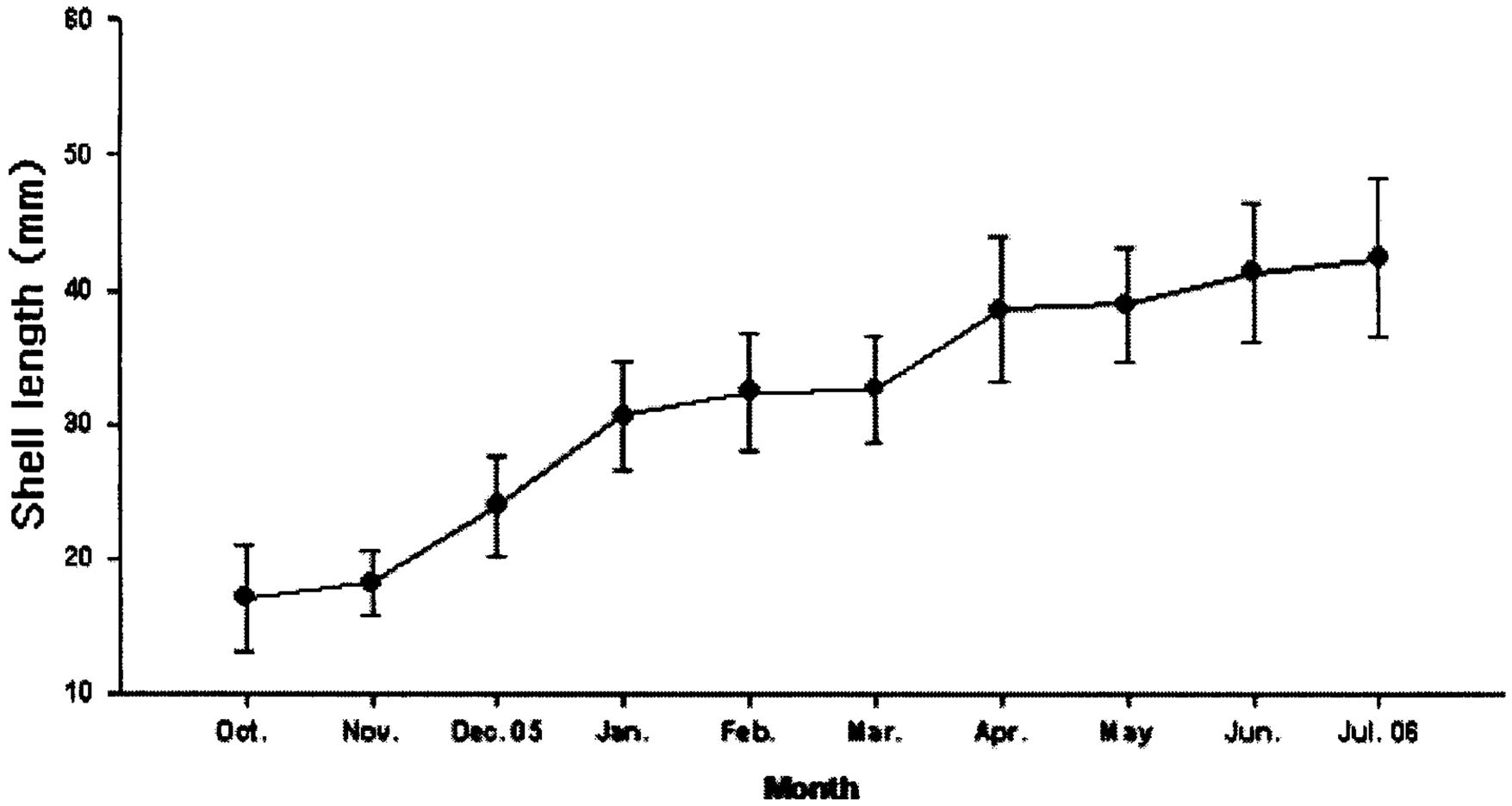


Fig. 86. Changes of growth of artificial seeds of Crassostrea rivularis in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005.

Table 60. Growth of natural seeds of Crassostrea rivularis in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005

Date	Shell length					Shell hight				
	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)
Oct. 05	17.1	4.0	9.8	27.1		22.2	4.3	12.8	33.4	
					1.9					5.3
Nov. 05	19.0	4.2	13.6	28.5		27.5	5.7	17.3	42.0	
					5.7					8.6
Dec. 05	24.7	4.3	18.0	31.3		36.1	6.4	26.2	49.8	
					8.8					11.8
Jan. 06	33.5	4.4	23.3	42.8		47.9	10.6	36.4	82.9	
					1.7					1.5
Feb. 06	35.2	4.6	28.4	47.7		49.4	6.6	36.9	62.8	
					1.0					1.5
Mar. 06	36.2	3.7	30.4	44.8		50.9	5.9	42.1	64.9	
					3.7					4.4
Apr. 06	39.9	4.7	32.0	51.8		55.3	6.6	45.7	69.1	
					0.5					0.6
May 06	40.4	5.9	32.0	53.8		55.9	8.0	44.0	75.0	
					1.5					1.6
Jun. 06	41.9	4.7	32.4	52.5		57.5	8.7	43.0	82.1	
					0.9					1.1
Jul. 06	42.8	6.1	27.3	59.7		58.6	7.0	40.8	69.7	



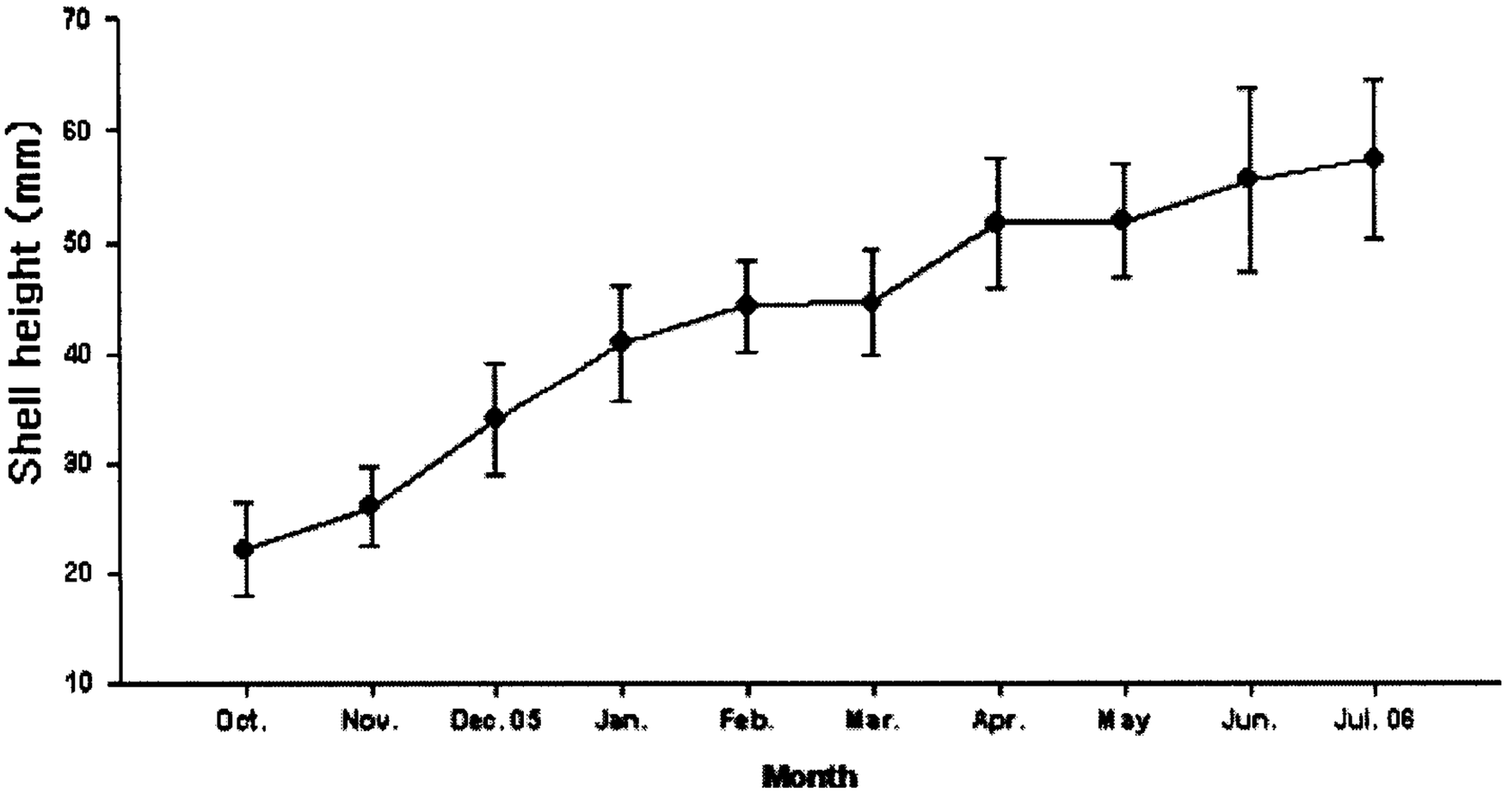
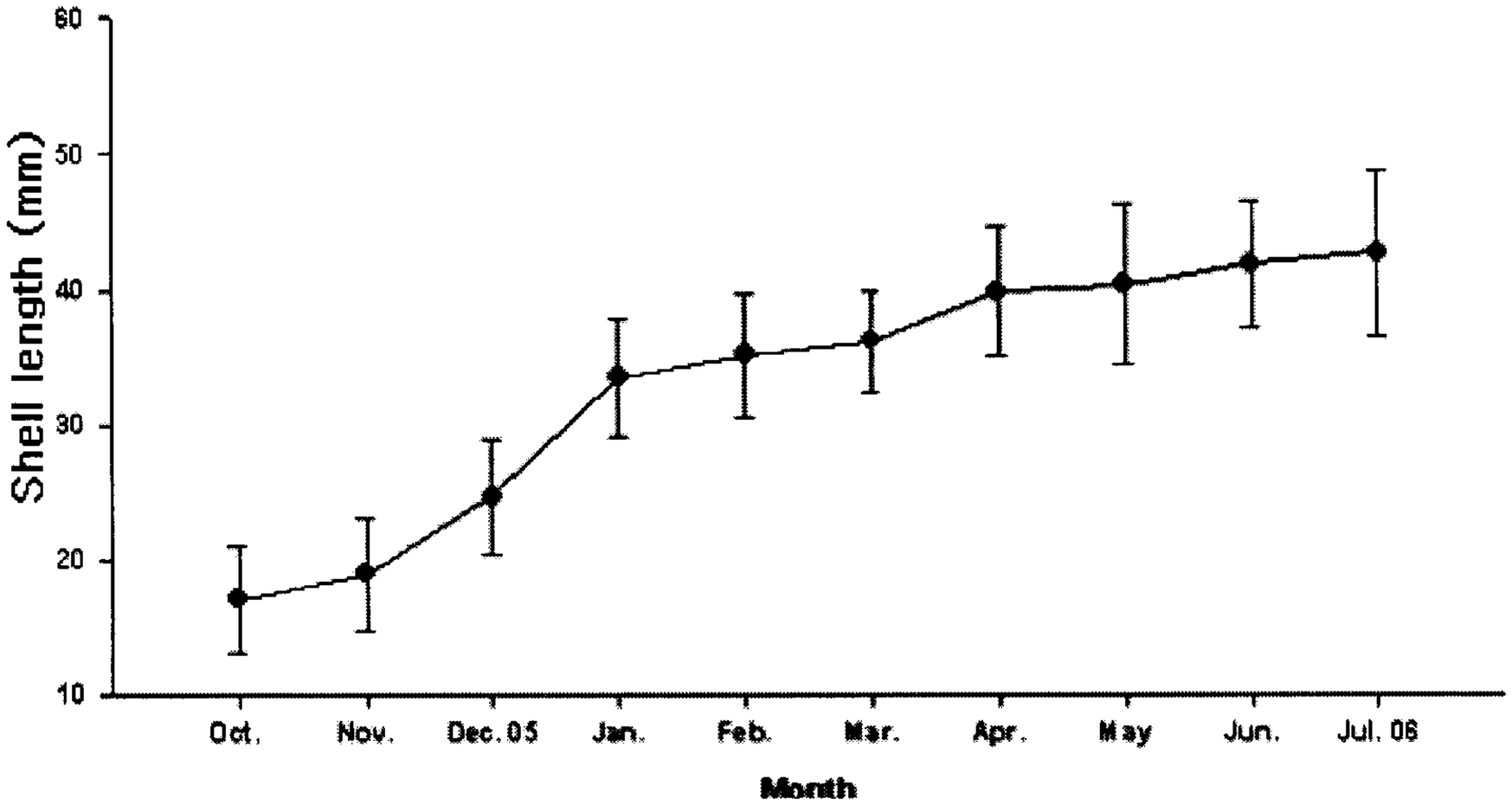


Fig. 87. Changes of growth of natural seeds of crassostrea rivularis in 3m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005.

Table 61. Growth of natural seeds of Crassostrea rivularis in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005

Date	Shell length					Shell hight				
	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)
Oct. 05	17.1	4.0	9.8	27.1		22.2	4.3	12.8	33.4	
					1.2					3.8
Nov. 05	18.3	2.4	14.4	23.7		26.0	3.6	19.8	33.8	
					5.7					8.0
Dec. 05	24.0	3.7	18.6	35.4		34.0	5.1	26.4	45.3	
					6.7					7.0
Jan. 06	30.7	4.0	25.6	39.5		41.0	5.2	32.7	55.7	
					1.8					3.3
Feb. 06	32.5	4.4	25.4	43.0		44.3	4.2	37.5	55.0	
					0.2					0.3
Mar. 06	32.7	4.0	26.0	41.6		44.6	4.7	34.3	55.1	
					5.9					7.2
Apr. 06	38.6	5.4	26.6	48.9		51.8	5.8	41.3	65.4	
					0.4					0.2
May 06	39.0	4.2	34.1	53.5		52.0	5.2	42.4	59.9	
					2.4					3.7
Jun. 06	41.4	5.2	30.9	50.5		55.7	8.2	41.6	79.5	
					1.1					1.9
Jul. 06	42.5	5.9	32.2	56.9		57.6	7.1	45.3	69.9	



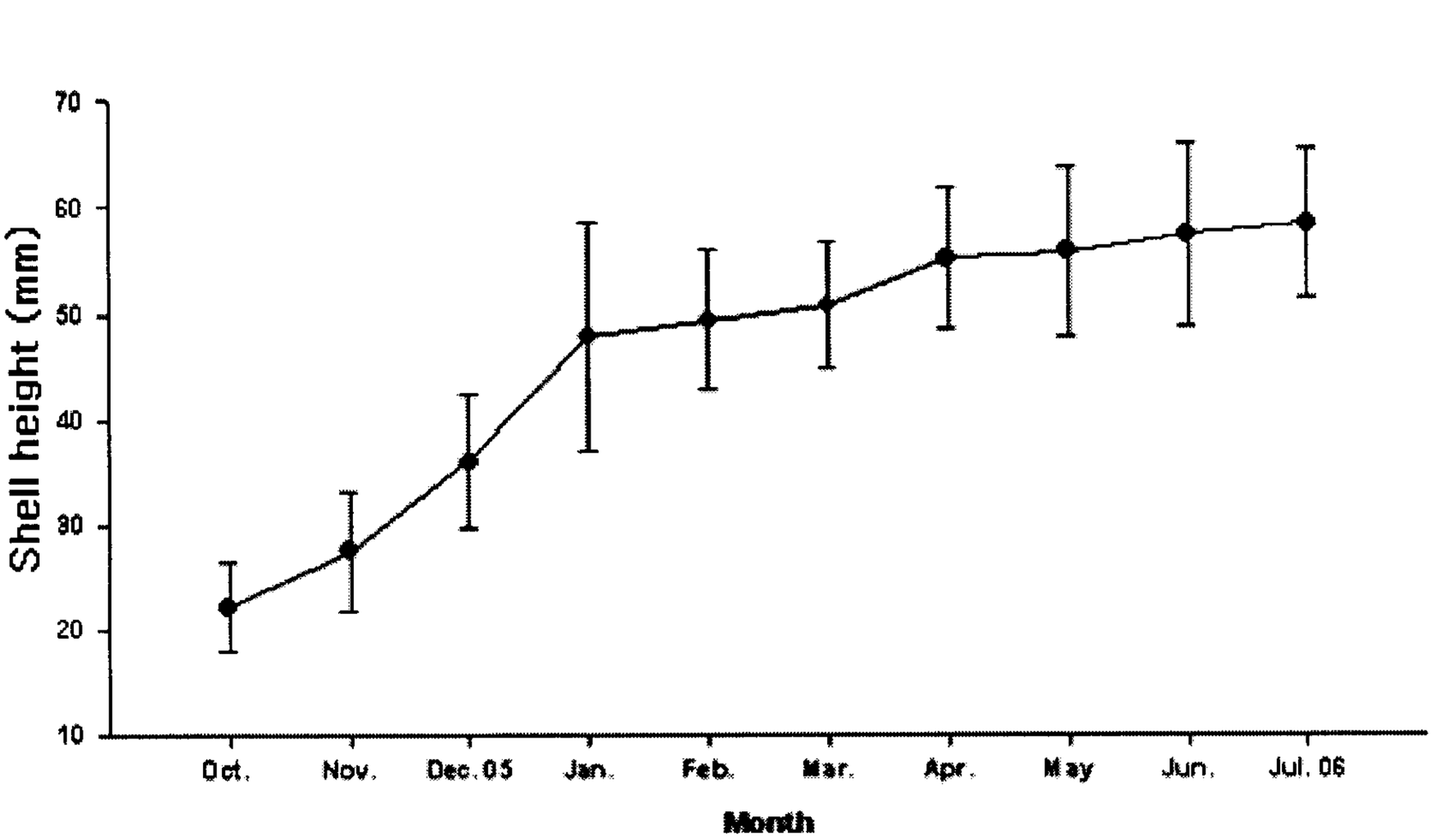
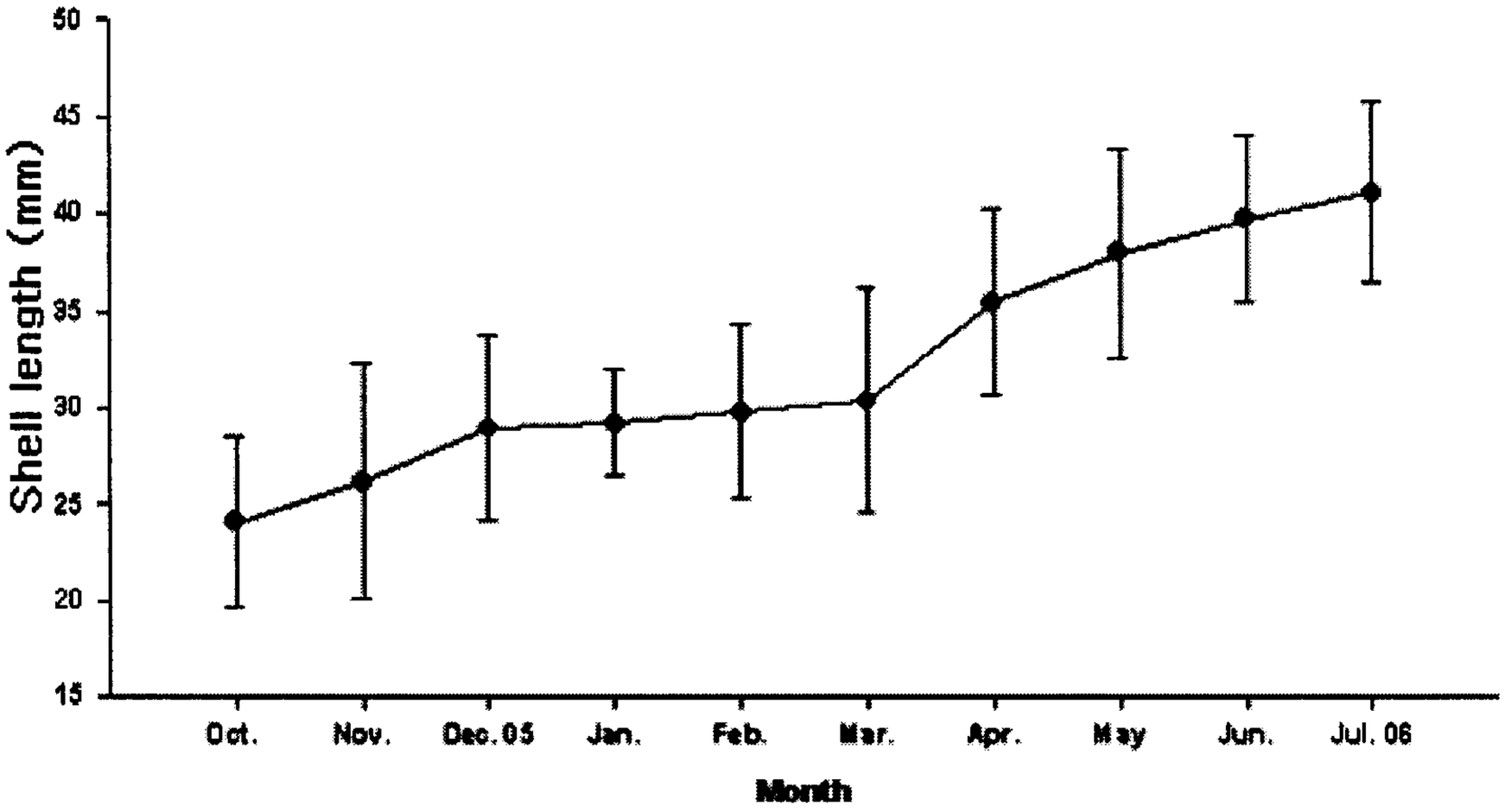


Fig. 88. Changes of growth of natural seeds of crassostrea rivularis in 6m-water depth at the Seomjin Bridge area in 2005.

Table 62. Growth of artificial seeds of *Crassostrea rivularis* at the Baealdo area in 2005

Date	Shell length					Shell hight				
	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)
Oct. 05	24.1	4.5	14.1	33.7		33.4	6.6	19.0	46.9	
					2.1					7.8
Nov. 05	26.2	6.1	14.2	39.8		41.1	11.3	23.0	72.7	
					2.8					4.0
Dec. 05	29.0	4.8	22.72	38.1		45.2	7.6	31.8	61.7	
					0.3					0.1
Jan. 06	29.2	2.7	26.2	36.7		45.3	5.8	35.0	59.9	
					0.6					1.0
Feb. 06	29.8	4.5	22.7	45.2		46.2	6.4	36.3	56.51	
					0.6					2.5
Mar. 06	30.4	5.9	20.1	49.4		48.8	7.0	35.0	60.1	
					5.1					3.3
Apr. 06	35.5	4.8	26.3	48.8		52.1	7.1	40.0	69.9	
					2.6					2.3
May 06	38.0	5.4	26.5	49.8		54.4	5.5	45.7	66.4	
					1.7					0.2
Jun. 06	39.8	4.3	33.8	55.0		54.8	6.	45.4	66.8	
					1.4					1.3
Jul. 06	41.2	4.7	33.0	49.1		55.9	5.5	44.0	66.1	



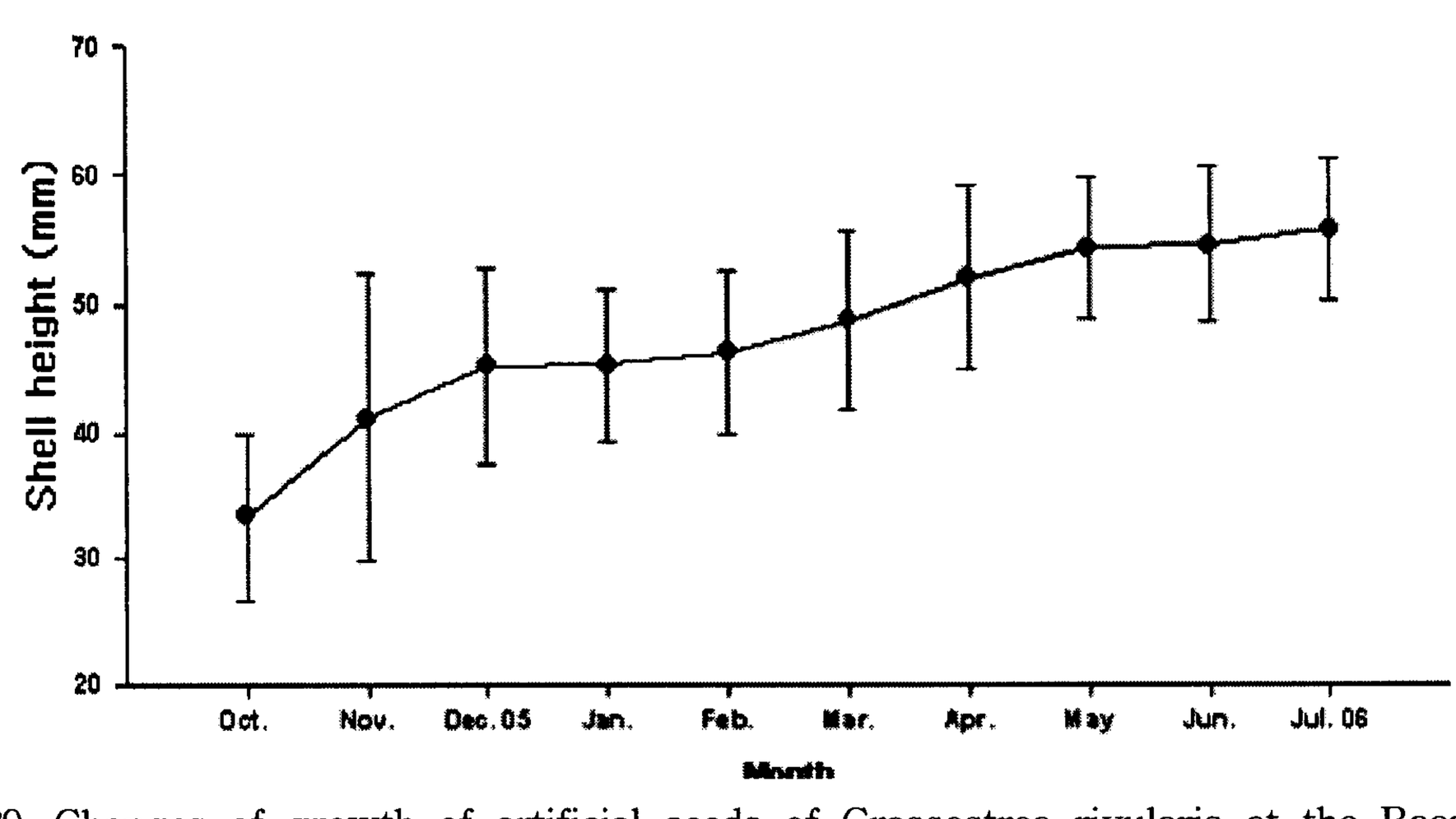
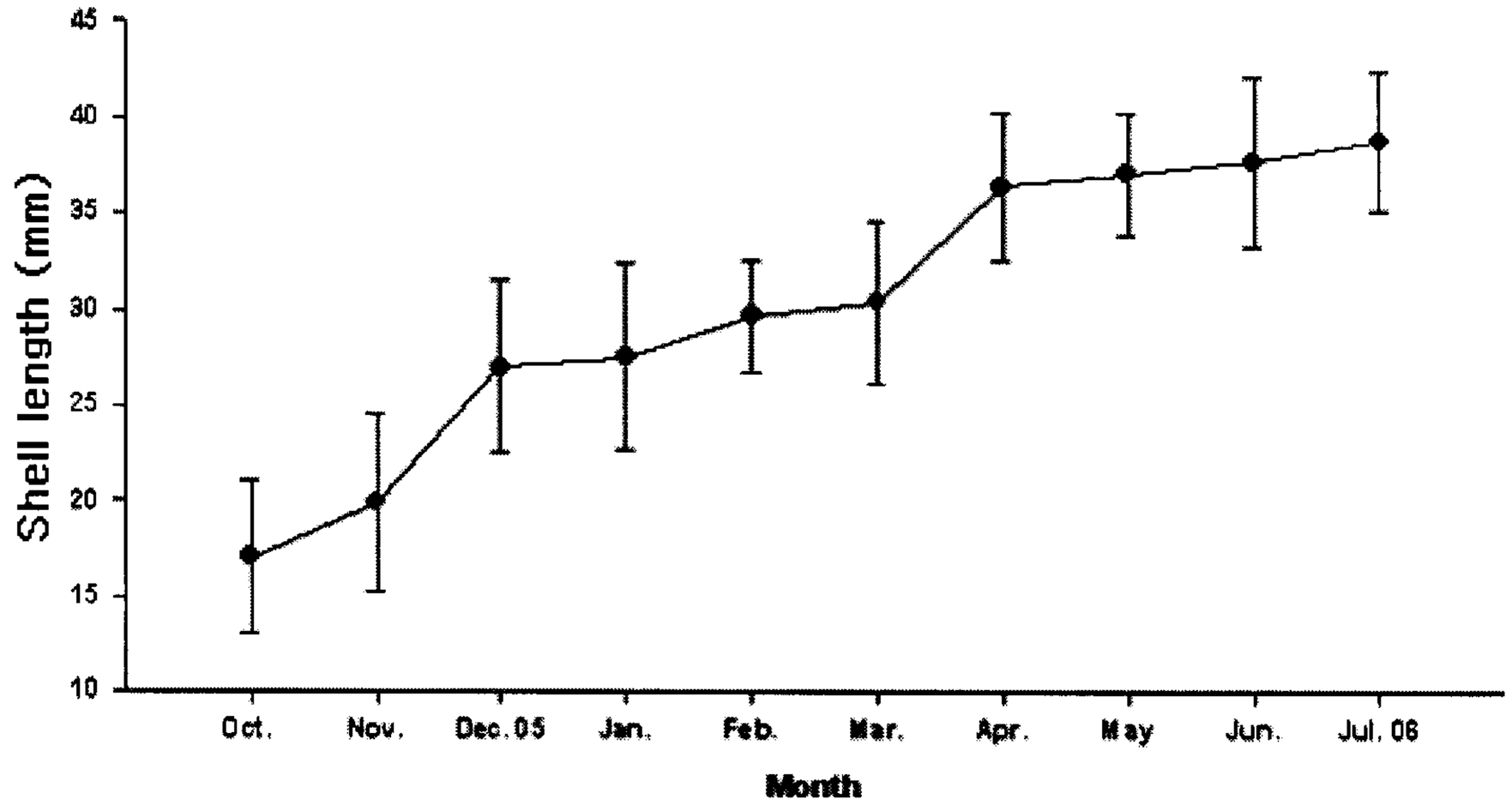


Fig. 89. Changes of growth of artificial seeds of Crassostrea rivularis at the Baealdo area in 2005

Table 63. Growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* at the Baealdo area in 2005

Date	Shell length					Shell hight				
	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)
Oct. 05	17.01	4.0	9.8	27.1		22.2	4.3	12.8	33.4	
					2.9					6.1
Nov. 05	19.9	4.7	10.4	28.8		28.3	6.8	15.4	44.2	
					7.1					8.9
Dec. 05	27.0	4.5	19.0	38.6		37.2	4.7	29.2	48.9	
					0.5					0.0
Jan. 06	27.5	4.9	17.3	36.2		37.2	5.6	28.6	49.3	
					2.2					2.7
Feb. 06	29.7	2.9	23.5	38.1		39.9	4.1	33.7	48.7	
					0.7					2.5
Mar. 06	30.4	4.2	23.8	38.4		42.4	4.6	34.6	52.8	
					6.0					3.3
Apr. 06	36.4	3.9	29.0	44.7		45.7	4.7	37.0	56.1	
					0.7					1.6
May 06	37.1	3.2	32.1	48.3		47.3	6.0	39.3	59.0	
					0.6					2.3
Jun. 06	37.7	4.5	30.9	48.7		49.6	7.8	35.9	67.4	
					1.1					2.0
Jul. 06	38.8	3.6	31.8	50.5		51.6	5.3	63.9	42.5	



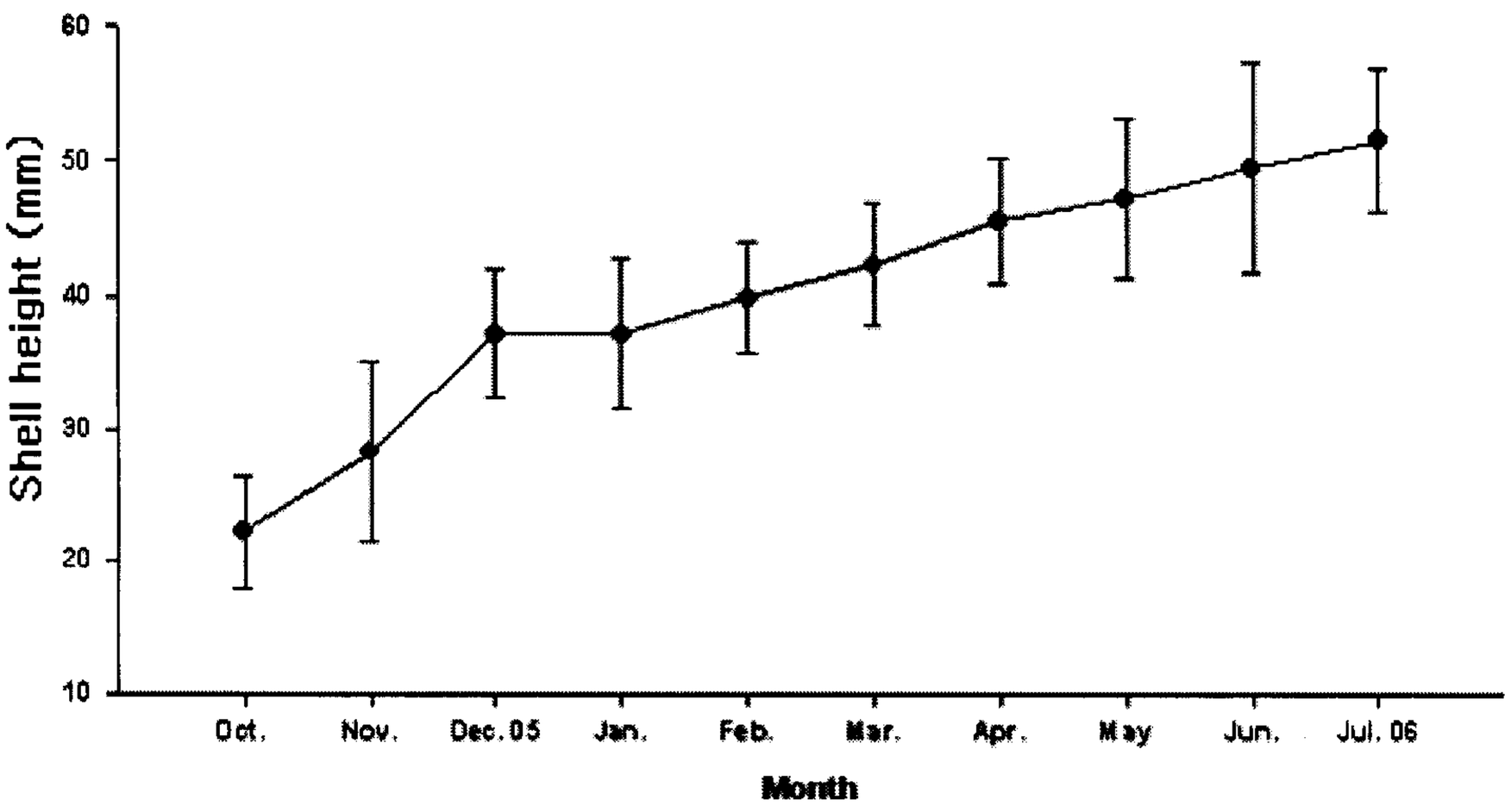
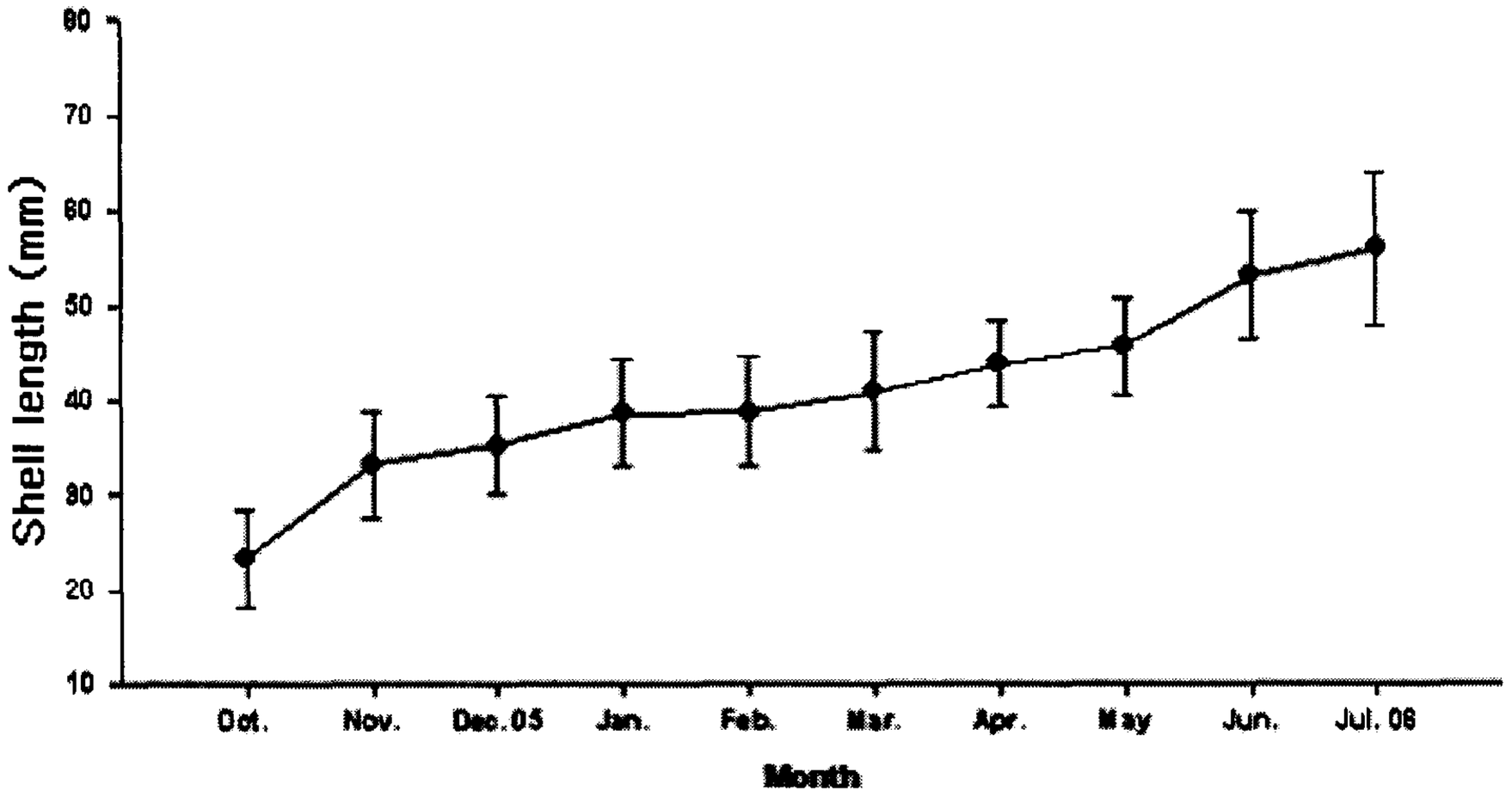


Fig. 90. Changes of growth of natural seeds of *Crassostrea rivularis* at the Baealdo area in 2005.

Table 64. Growth of artificial seeds of *Crassostrea rivularis* in Gamak Bay in 2005

Date	Shell length					Shell hight				
	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)	Mean	SD	Min	Mix	Monthly growth(㎜)
Oct. 05	23.3	5.2	14.1	33.0		31.2	7.8	19.0	45.7	
					9.9					16.0
Nov. 05	33.2	5.5	21.5	47.6		47.2	6.0	35.3	56.8	
					2.1					2.9
Dec. 05	35.2	5.2	22.8	46.6		50.0	8.6	33.1	68.7	
					3.4					3.0
Jan. 06	38.6	5.7	28.4	53.8		53.1	9.3	31.9	68.3	
					0.1					1.6
Feb. 06	38.7	5.9	24.2	54.0		54.7	7.9	37.5	74.5	
					2.2					4.5
Mar. 06	40.9	6.2	26.5	54.8		59.2	7.6	44.2	75.9	
					3.0					0.3
Apr. 06	43.9	4.5	36.5	53.6		59.5	6.9	45.2	75.7	
					1.8					0.9
May 06	45.7	5.1	36.0	57.4		60.4	6.9	48.0	74.5	
					7.5					11.9
Jun. 06	53.2	8.8	41.4	74.1		72.3	12.2	51.7	93.3	
					2.8					1.9
Jul. 06	56.0	10.1	40.9	73.7		74.2	12.6	51.6	99.3	



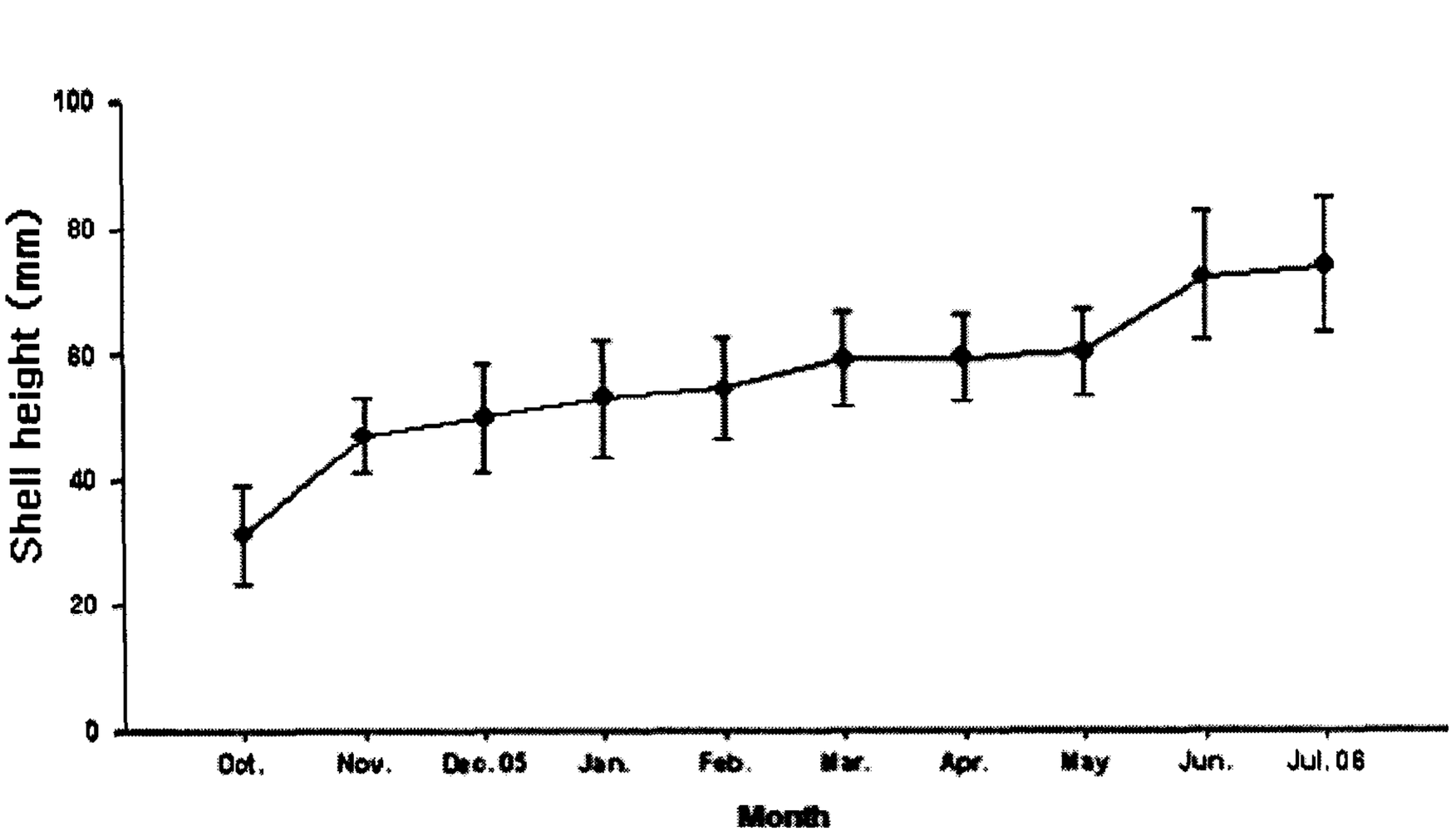
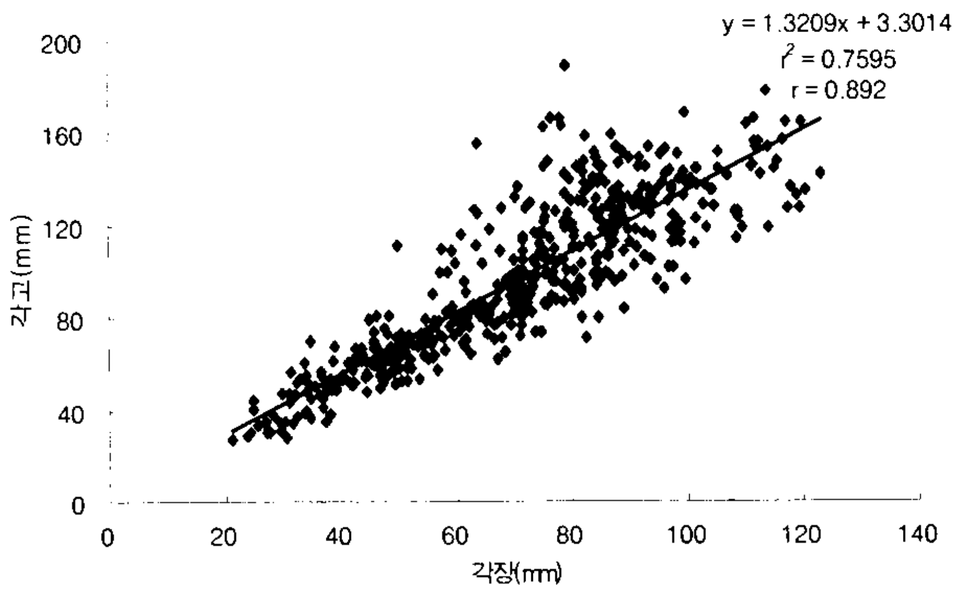


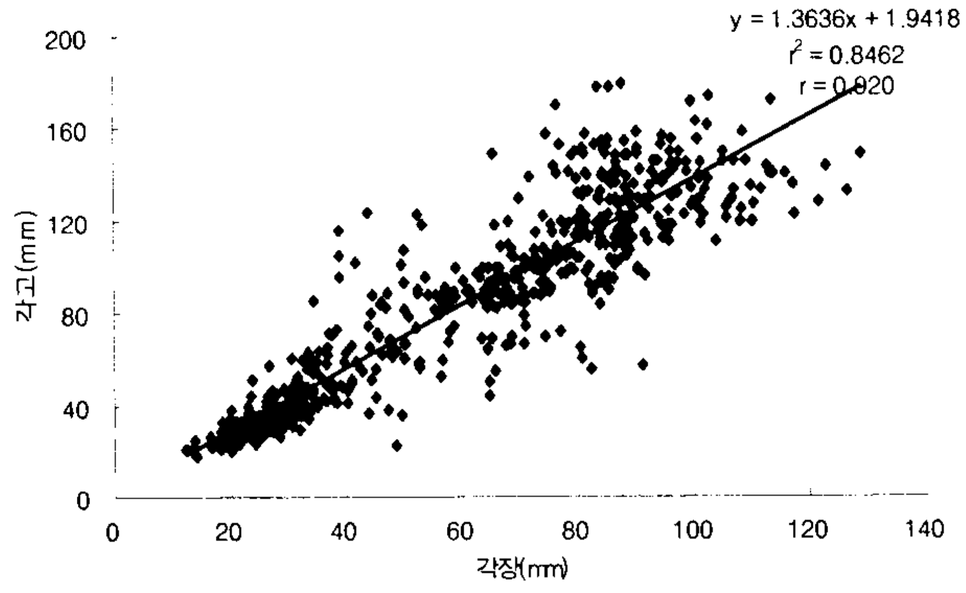
Fig. 91. Changes of growth of artificial seeds of *Crassostrea rivularis* in Gamak Bay in 2005.

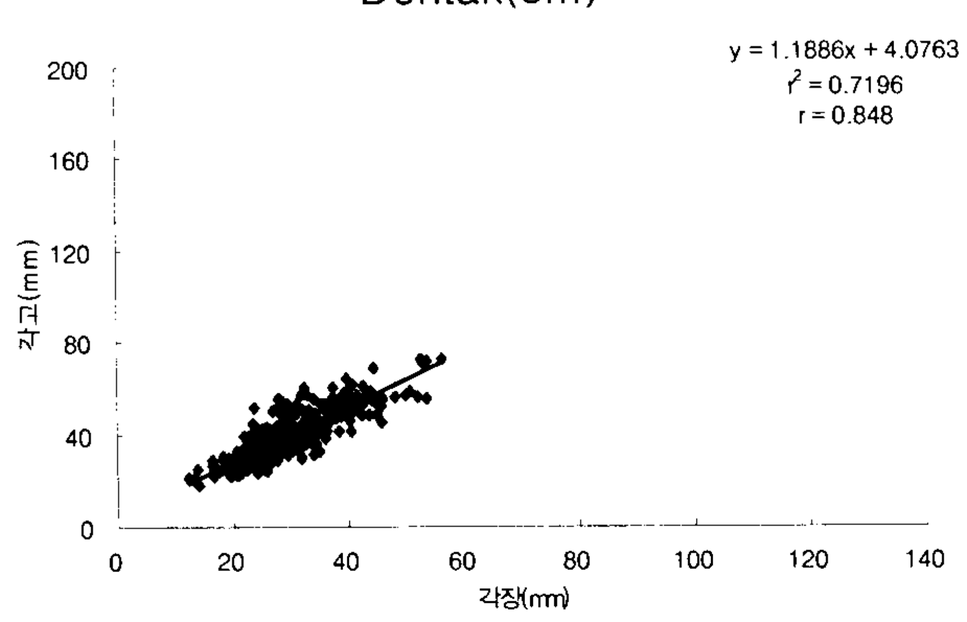
라. 형질간 상관관계

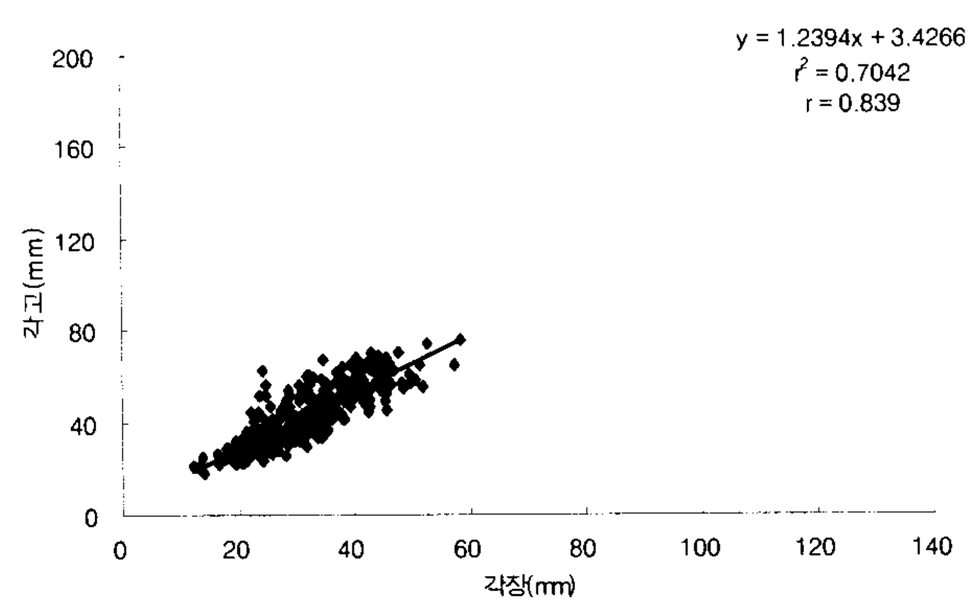
2004~2006년도 각장과 각고의 형질간상관관계의 결정계수(r2)는 0.7042~0.8482이였으며, 상관계수(r)는 0.839~0.920으로 나타났다. 배알도가 가장 높게 나타났고, 돈탁지역 저층이 가장 낮은 상관관계를 나타냈다(Fig. 92). 상관관계를 분산분석한 결과 5%, 1%에서 유의하였다(Table 65).

2005~2006년도 인공종묘와 자연종묘에서 각장과 각고의 형질간상관관계의 결정계수(r2)는 0.5438~0.8507 이였으며, 상관계수(r)는 0.737~0.922로 나타났다. 섬진대교 자연종묘의 저층에서 가장 높게 나타났고, 배알도 인공종묘 저층에서 가장 낮은 상관관계를 나타냈다(Fig. 936). 상관관계를 분산분석한 결과 5%, 1%에서 유의하였다(Table 66).









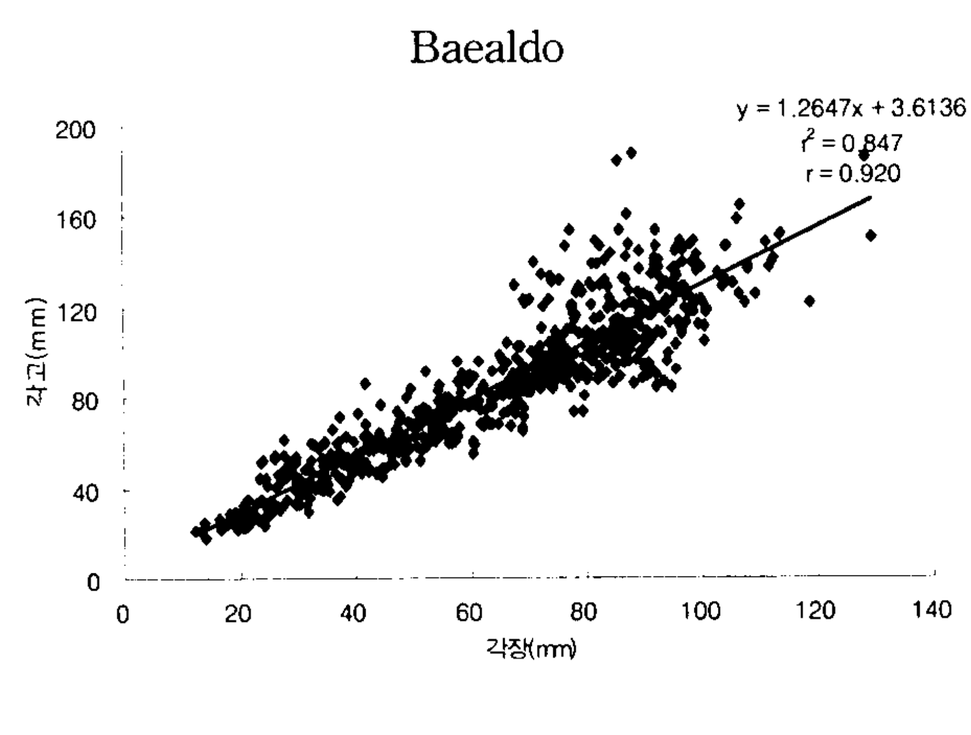


Fig. 92. Relationship between shell length and shell height of *Crassostrea rivularis* reared from October 2004 to July 2006.

Table 65. ANOVA for the data in Fig. 92

	Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean of squares	F_0	$F_{(a)}$ F(5%)	$F_{(a)}$ F(1%)
Baealdo	Regression	150654.1	1.0	150654.1			
	Residual	1244617.1	1398.0	890.3	169.22	3.85	6.65
	Total	1395271.3	1399.0				
Seomjin Bridge(3m)	Regression	171850.3	1.0	171850.3			
	Residual	847985.6	1010.0	839.6	204.68	3.85	6.65
	Total	1019835.9	1011.0				
Seomjin Bridge(6m)	Regression	180015.7	1.0	180015.7	137.58	3.85	6.65
	Residual	1703561.1	1302.0	1308.4			
	Total	1883576.9	1303.0				
Dontak(3m)	Regression	15375.1	1.0	15375.1	167.80	3.86	6.65
	Residual	60291.1	658.0	91.6			
	Total	75666.2	659.0				
Dontak(6m)	Regression	20569.3	1.0	20569.3	178.19	3.86	6.65
	Residual	79189.3	686.0	115.4			
	Total	99758.5	687.0				

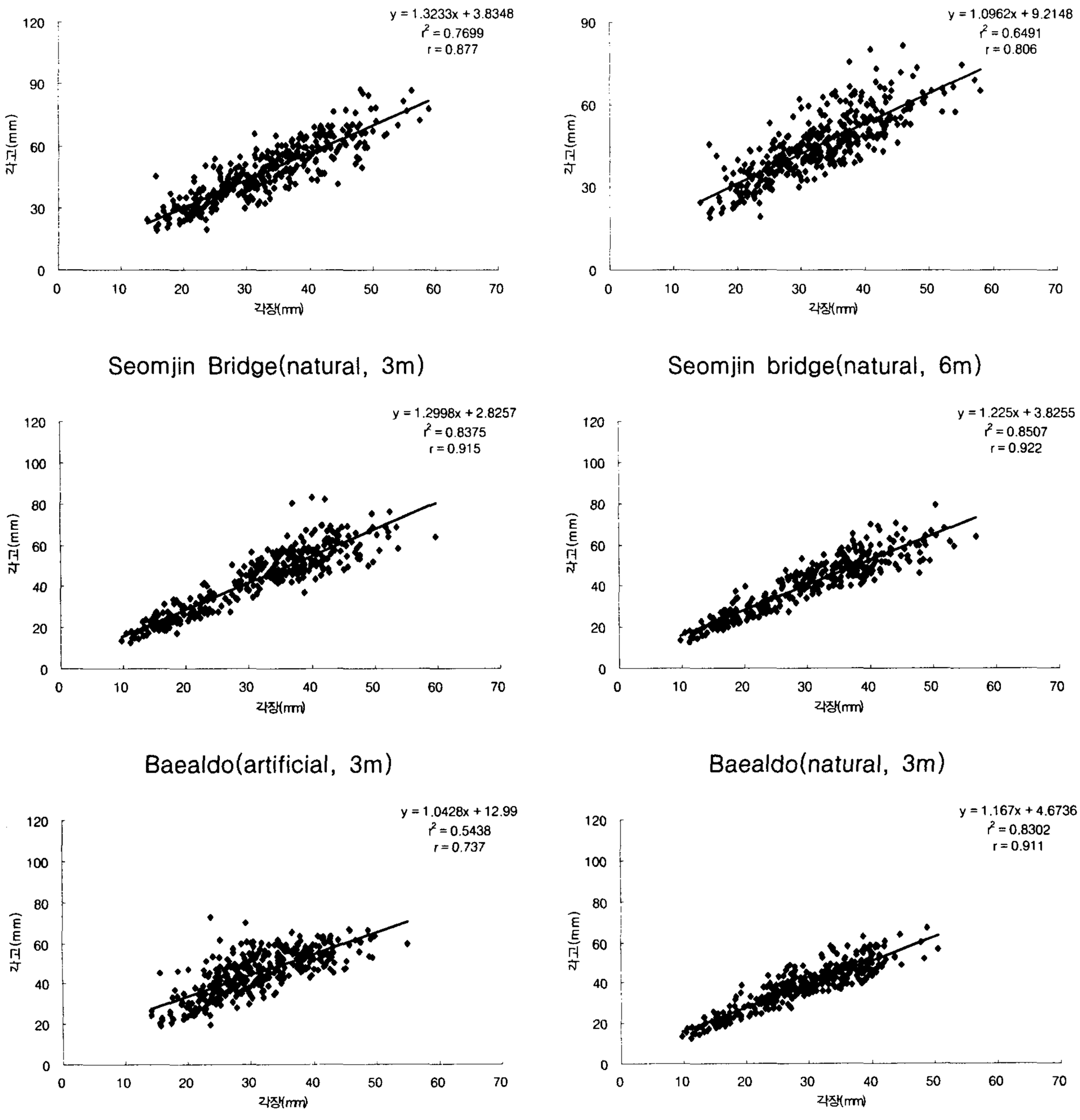


Fig. 93. Relationship between shell length and shell height of artificial and natural seeds of *Crassostrea rivularis* reared from October 2005 to July 2006.

Table 66. ANOVA for data in Fig. 93

	Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean of squares	F_0	$F_{(a)}$ F(5%)	F(1%)
Semjin Bridge(artificial, 6m)	Regression	39868.1	1.0	39868.1			
	Residual	104601.3	746.0	140.2	284.33	3.85	6.67
	Total	144469.4	747.0				
Seomjin Bridge(natural, 3m)	Regression	29849.1	1.0	29849.1			
	Residual	77808.2	778.0	100.0	298.46	3.85	6.67
	Total	107657.3	779.0				
Seomjin Bridge(ariificial, 3m)	Regression	26214.5	1.0	26214.5			
	Residual	120996.8	690.0	175.4	149.49	3.85	6.67
	Total	147211.3	691.0				
Seomjin bridge(natural, 6m)	Regression	19630.5	1.0	19630.5			
	Residual	101007.7	690.0	146.4	134.10	3.85	6.67
	Total	120638.2	691.0				
Baealdo(artificial, 3m)	Regression	39418.5	1.0	39418.5			
	Residual	66165.7	768.0	86.2	457.54	3.85	6.67
	Total	105584.2	769.0				
Baealdo(natural, 3m)	Regression	16012.0	1.0	16012.0			
	Residual	71440.5	704.0	101.5	157.79	3.85	6.67
	Total	87452.5	705.0				

마. 강굴의 생존율

강굴의 생존율을 2004년 10월부터 2006년 7월까지 조사한 결과 돈탁 지역은 2005년 5, 6월에 소량 폐사가 발생하였고 7~8월에 대량 폐사하여 실험을 종료하였다.

섬진대교 지역 또한 돈탁 지역과 동일 시기에 폐사하였으나 폐사개체는 적었고, 장마 시기 이후 가을과 봄 시기에 소량 폐사가 발생하였으며, 시험 종료일까지 중층은 47%, 저층은 58%의 생존율을 나타냈다. 배알도 지역의 장마시기에 폐사량은 돈탁과 섬진대교에 비해 적었으나 가을 시기에 폐사량이 증가하여 시험 종료일까지 57%의 생존율을 나타냈다.

시기적으로 장마철 폐사는 2005년의 경우 강우가 6월25일부터 강우가 시작되어 7월8일경 폐사개체를 확인할 수 있어 장마철 강수량으로 염분농도가 낮아진 후 10일째부터 저 염분에 의한 대량폐사가 예측된다. 가을철 폐사된 개체에서 납작벌레를 확인할 수 있어 폐사에 직접적인 원인이 있는 것으로 보인다. 또한 채묘연을 그대로 수하한 것이 채롱에 넣어 둔 것에 비해 폐사량이 적었다(Table 67, Fig. 94).

Table 67. Number of mortality in naturally 2004-hatched seeds of *Crassostrea rivularis*

Date \ Area	Dontak		Seomjin Bridge		Baealdo
	5m	10m	3m	6m	3m
Oct. 04	0	0±0	0±0	0±0	0±0
Nov. 04	0±1	1±1	1±1	2±1	1±1
Dec. 04	1±1	1±1	1±1	1±1	1±0
Jan. 05	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Feb. 05	0±0	1±1	0±1	0±1	0±0
Mar. 05	1±1	1±1	1±1	1±1	1±0
Apr. 05	1±1	2±1	1±1	1±1	0±1
May 05	2±1	2±1	1±1	1±1	1±0
Jun. 05	5±2	5±3	3±1	2±1	1±1
Jul. 05	30±4	24±2	4±1	3±1	1±1
Aug. 05	46±6	44±3	16±1	16±1	9±1
Sep. 05	6±3	11±2	8±2	5±1	2±1
Oct. 05			2±1	2±1	10±1
Nov. 05			6±2	3±1	8±1
Dec. 05			2±1	0±1	2±1
Jan. 06			0±0	0±0	1±1
Feb. 06			0±1	0±0	0±0
Mar. 06			0±1	0±1	0±0
Apr. 06			1±1	0±1	0±0
May 06			0±0	0±0	0±1
Jun. 06			2±1	2±1	1±1
Jul. 06			3±2	1±1	3±1
Total	92	90	53	42	43
Survival(%)	8	10	47	58	57

* Three replications with 100 individnals in one rearing basket for oysten

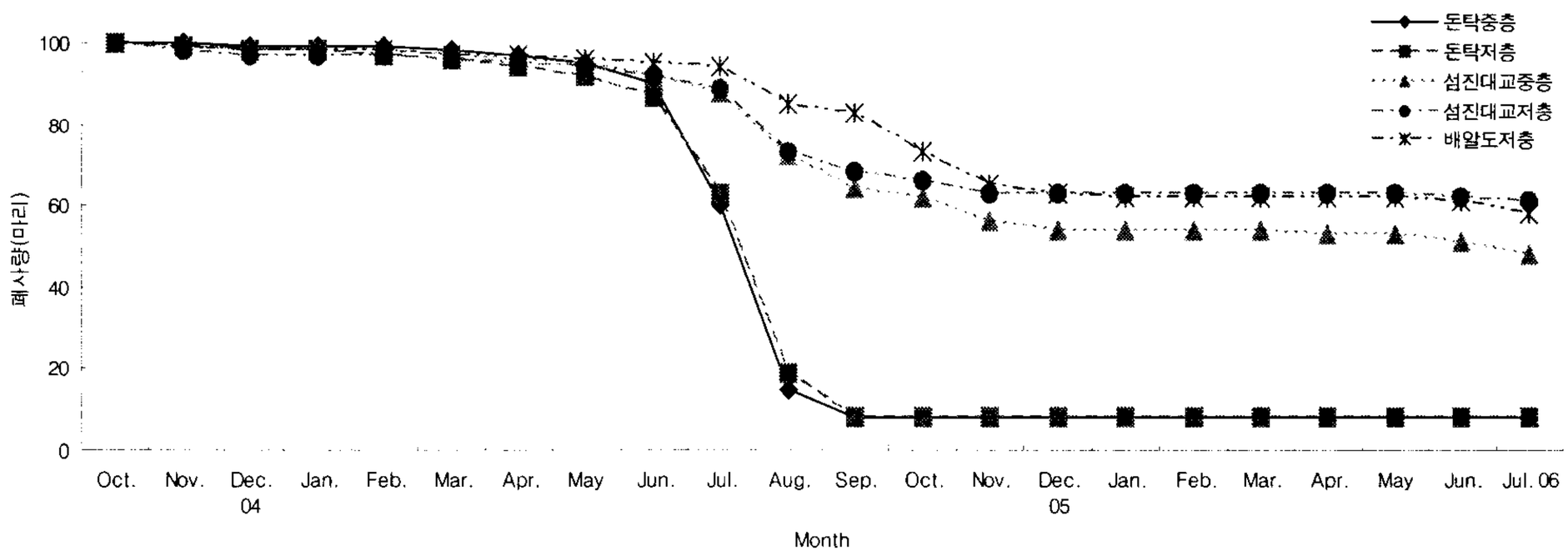


Fig. 94. Changes of the number of mortality in naturally 2004-hatched seeds of *Crassostrea rivularis.*

바. 부착생물

강굴을 넣어서 사육하는 채롱의 그물과 강굴 패각 표면에 부착생물 출현은 Table 68, 69, 70과 같다.

진주담치의 경우 돈탁과 섬진대교 지역에서 3월부터 출현하여 5~6월에는 채롱그물이 막힐 정도로 많이 부착하였으나 배알도 지역은 부착량이 미미하였다. 부착된 진주담치는 돈탁 지역은 8월에 거의 출현하지 않았으나 섬진대교 지역은 8월까지 계속되어 9월부터는 거의 출현하지 않았다. 진주담치는 채롱그물에 다량 부착하여 조류 소통을 위해 청소를 해주어야 하는 번거로운 점이 있었다.

따개비류의 경우 돈탁과 섬진대교지역은 연중 부착하였고, 11월~12월에 부착된 따개비는 저층으로 내려갈수록 부착량이 감소하였으며, 채묘 시기가 늦었던 것에서 부착량이 적었다. 패각에 부착된 따개비가 성장하여 4월부터는 확연하게 나타나며, 5월에는 패각표면을 덮어버릴 정도로 성장하였다. 그러나 5m이하 저층에서는 확인되지 않았다. 배알도 지역은 6~7월경에 부착이 확인되었으며, 8~9월에 다량 부착이 확인되었다. 2006년 6~7월에 채묘를 하기위해 씌워둔 망을 제거한 것과 하지 않은 것에서 채묘망을 씌워둔 것에서 부착량이 훨씬 적었다.

물우렁쉥이류는 배알도에서 5월부터 소량 출현하였다.

납작벌레는 돈탁 지역에서는 확인되지 않았고 섬진대교와 배알도에서는 가을시기에 확인되었다.

양성 시기에 채묘연을 수중에 수하하여 양성에 사용하면 부착기질인 가리비패각이 세워짐으로써 펄이 쌓이지 않고 조류 소통이 좋으나 가리비패각을 채묘연에서 분리하여 그물 채롱에 수용하면 패각이 겹쳐 있는 사이로 펄이 많이 침착하여 부패하였다. 이러한 현상은 봄, 가을의 부분적인 폐사발생의 원인이 되는 것으로 보인다.

Table 68. Organisms attached to shells of *Crassostrea rivularis* and rearing baskets for the oyster during the rearing period at the Dontak area

Species	Oct.	Nov.	Dec. 05	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep 06.
Mytilus spp. 진주담치	++	+++	+++	+++	+++	+++	++					
Chthalamus spp. 따개비			+	++	+++	+++	++	+				
Styela spp. 물우렁쉥이류												
Styluchus ijimai 납작벌레												

+ : rare, ++ : common, +++ : abundant

Table 69. Organisms attached to shells of *Crassostrea rivularis* and rearing baskets for the oyster during the rearing period at the Seomjin Bridge area

Species	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Mytilus spp. 진주담치				++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+
Chthalamus spp. 따개비	+	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++	++	++	+
Styela spp. 물우렁쉥이류												
Styluchus ijimai 납작벌레	+	+	+									

+ : rare, ++ : common, +++ : abundant

Table 70. Organisms attached to shells of *Crassostrea rivularis* and rearing baskets for the oyster during the rearing period at the Baealdo area

Species	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Mytilus spp. 진주담치					+	+	+	+	+			
Chthalamus spp. 따개비							+	++	+++	+++		
Styela spp. 물우렁쉥이류						+	+	+	+			
Styluchus ijimai 납작벌레	+	+	+									

+ : rare, ++ : common, +++ : abundant

사. 수확 강굴의 전중량과 육중량 변화 시기별 크기, 중량

강굴의 상품성과 생산성 기초 자료를 확보하고자 자연에서 채취되는 강굴 성패의 크기 및 중량을 월별로 조사하여 수확량을 산출과 월간 수율(육중량/전중량×100)의 변화를 조사한 결과 생식기 구명을 위한 조사에서 비만도가 상승하는 결과와 유사하게 수율변화는 봄철에 높았다가 여름철에 낮아지고, 다시 가을철부터 상승하는 경향을 나타났다. 성패의 수확기 평균 각장, 각고, 각폭, 전중량, 육중량, 수율은 87.9㎜, 132.1㎜, 41.8㎜, 264.2g, 35.0g, 13.4%를 나타내었다. 수확기 강굴 성패는 대부분 2~4년생 이상으로 추정되며, 뗏목식 양성에 의한 강굴 각장 각고의 성장결과 강굴을 2년간 양성하였을 경우 전중량 150~200g/패의 강굴을 수확할 수 있었다.(Table 71, Fig. 95).

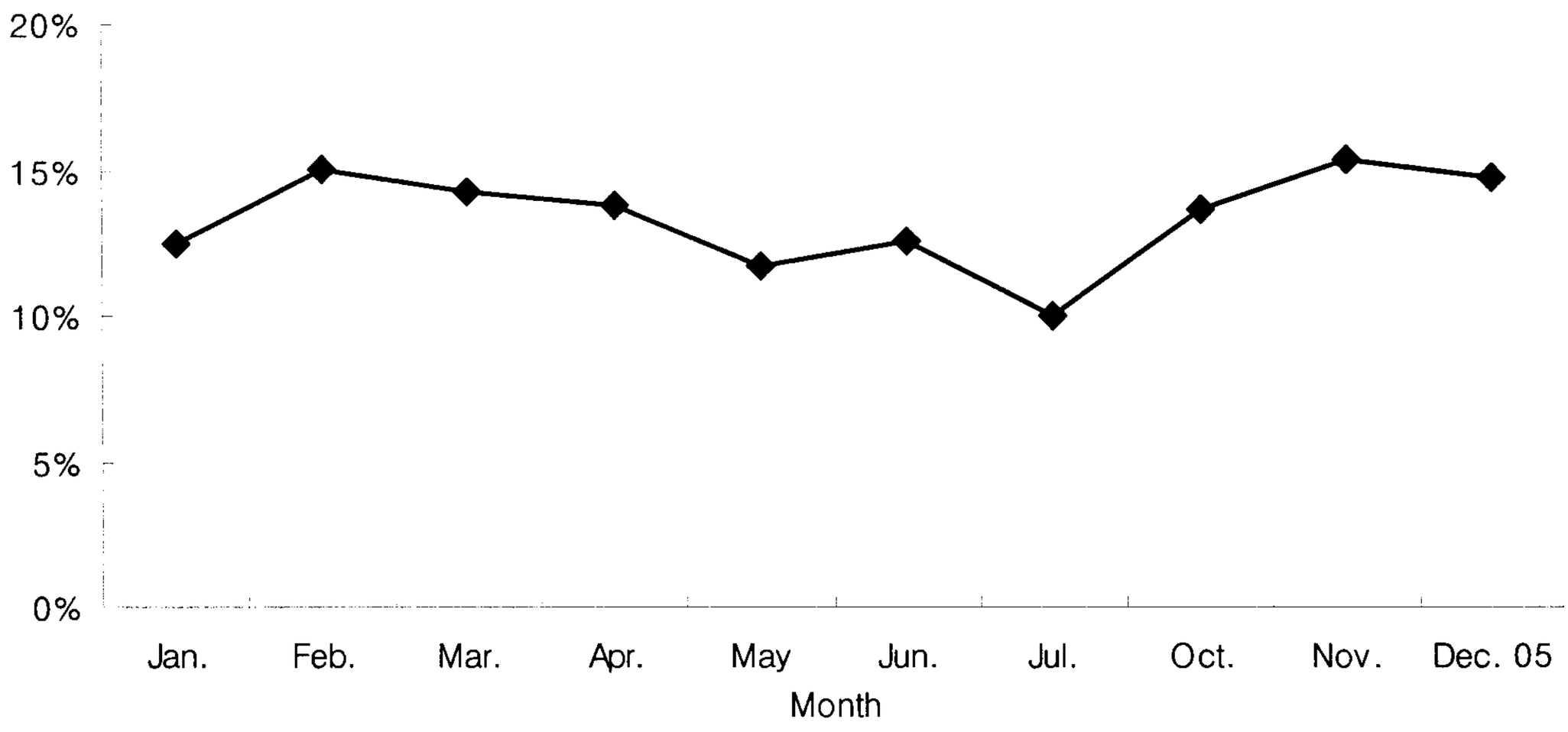


Fig. 95. Changes of monthly yield rate of natural *Crassostrea rivularis*.

Table 71. Growth of natural *Crassostrea rivularis*

Date		Shell length (㎜)	Shell height (㎜)	Shell breadth (㎜)	Total weight (g)	Wet flesh weight (g)	Yield rate (%)
Jan.	Mean	82.7	134.4	46.1	258.5	31.6	12.5
	SD	9.6	14.3	10.0	76.6	7.9	1.7
	Min	67.0	111.4	26.5	141.7	18.7	9.4
	Mix	107.1	173.0	79.4	417.5	50.1	16.7
Feb.	Mean	97.3	142.9	44.4	282.5	42.3	15.1
	SD	18.4	15.0	5.5	53.5	9.2	1.9
	Min	41.1	111.3	34.4	194.6	29.7	11.0
	Mix	119.9	186.4	57.3	391.5	62.2	19.5
Mar.	Mean	91.2	137.4	45.1	305.3	42.0	14.2
	SD	13.0	23.3	7.8	113.2	16.5	3.6
	Min	69.2	103.5	30.0	126.2	25.6	9.4
	Mix	115.8	194.7	59.7	530.0	84.6	22.7
Apr.	Mean	90.0	148.3	36.9	267.4	35.5	13.8
	SD	14.4	22.6	7.1	112.8	11.4	2.3
	Min	67.3	109.5	26.1	108.0	15.7	10.3
	Mix	126.5	190.0	55.3	516.0	54.7	20.8
May	Mean	80.4	134.9	40.6	291.7	34.0	11.7
	SD	11.4	24.1	9.1	114.9	13.9	1.6
	Min	54.9	72.4	22.0	87.5	10.9	7.6
	Mix	105.5	177.8	61.0	560.8	60.3	15.2
Jun.	Mean	83.5	123.5	42.6	273.0	34.1	12.6
	SD	8.7	14.5	7.4	79.0	10.5	2.4
	Min	68.5	104.3	31.6	168.3	16.0	8.0
	Mix	101.7	153.4	56.4	451.6	53.7	17.2
Jul.	Mean	79.2	114.7	37.2	198.7	19.7	10.0
	SD	17.5	23.2	6.9	81.8	8.7	2.0
	Min	39.6	64.3	21.6	43.2	4.9	7.2
	Mix	104.9	142.7	52.6	342.3	37.6	15.0
Oct.	Mean	91.9	123.1	41.1	215.6	28.8	13.6
	SD	8.1	11.3	6.8	47.0	6.2	2.9
	Min	76.4	100.2	29.3	105.5	15.4	7.4
	Mix	110.2	153.3	59.0	336.7	40.7	18.4
Nov.	Mean	90.5	129.9	42.5	267.2	40.7	15.3
	SD	12.6	16.2	10.2	87.3	13.4	2.2
	Min	62.1	100.2	26.7	124.3	18.5	12.5
	Mix	113.3	155.0	71.4	452.4	64.0	20.0
Dec. 05	Mean	92.6	131.5	41.8	282.1	41.1	14.7
	SD	11.7	21.9	9.3	89.9	12.7	2.4
	Min	72.2	53.6	28.0	127.3	16.6	10.7
	Mix	111.6	160.9	61.1	484.9	61.6	19.5
Mean		87.9	132.1	41.8	264.2	35.0	13.4%

8. 강굴의 체성분 및 패류독

우리나라는 일본, 대만에 이어 세계 3위의 수산물 소비국으로서, 패류와 같은 해산 무척추동물은 어류와 함께 우리 국민의 동물성 단백질의 주요 공급원이기도 한다(Korea Rural Economic Institute, 1996). 패류는 계절에 따른 체성분의 함량은 성장과 생식주기등 내적 인자와 먹이 해황 등의 외적인 인자에 의하여 영향을 받기 때문에, 그 변동의 원인은 복잡하다고 할 수 있다. 그리고 축적된 체성분은 생식선의 발달과 성장 등에 소비되므로, 식품으로서의 맛 또한 산란 전 체성분 조성이 높은 시기에 좋은 것으로 알려져 있다. 해산 무척추 동물 중 참굴, 피조개, 진주담치 등은 어류에 못지않게 상업적으로 중요한 품종이기 때문에 활발한 양식이 이루어지고 있다(정 등, 1999). 특히 참굴은 우리나라 패류양식 산업에서 생산량이 가장 많은 품종으로 1997년에는 패류양식 총 생산량의 67%를 차지하였다(정 등, 1999). 하지만 양식 참굴의 채묘 부진과 어장환경의 악화, 우량 모패의 부족으로 인하여 생산량이 급감하고 있는 실정이다. 이러한 시점에서 참굴에 비하여 환경적응 능력이 뛰어나며, 대형 종이며 성장이 빠른 강굴 양성이 최근 들어 새로운 양식 종으로 도입하려는 연구가 진행되고 있다. 그러나 하구역에 서식하는 강굴에 식품학적인 연구는 찾아볼 수 없다.

따라서 본 연구에서는 섬진강 하구역에 서식하는 강굴의 체성분 조성을 알아보기 위하여 환경 변화 패턴이 큰 하구역이라는 특성을 고려하여 조사정점을 상·중·하로 구분하여 지점별 체성분의 변화 양상에 대해 알아보았다.

가. 일반성분 분석

강굴의 지역별 일반성분을 살펴보면, 돈탁 지역은 수분 79.23%, 탄수화물 15.10%, 단백질 2.80%, 회분 및 지질 순으로 함유하고 있었다. 섬진대교 지역은 수분 79.92%, 탄수화물, 14.52%, 단백질 3.00%를 함유하고 있었으며, 회분 및 지질 함량은 1% 내외였다. 배알도 지역은 수분 80.04%, 탄수화물 14.47%, 단백질 2.60%를 함유하고 있었으며, 회분 및 지질 함량은 위의 두 지역과 유사한 수치를 나타내었다(Table 73).

Table 72. Operating conditions of automatic amino acid analyzer for identification and quantification of amino acids

Items	Condition
Instrument	Biochrom, 20 (Pharmacia Biotech , England)
Column	Ultropac 8 resin sodium from
Buffer solution	pH 3.20, 0.2M soudium citrate pH 4.25, 0.2M soudium citrate pH 6.45, 1.2M soudium citrate 0.4M soudium hydroxide solution
Detection	Amino acid - ninhydrin(570㎚) Imino acid - ninhydrin(570㎚)
Sample volume loaded	20㎕

Table 73. Proximate compostion(%) of *Crassostrea ariakensis* from each stations in Seomjin River[a)]

g/100g

Composition	Sampling station		
	Dontak	Seomjin bridge	Baealdo
Moisture	79.23	79.92	80.04
Protein	2.80	3.00	2.60
Lipid	1.32	1.34	1.30
Ash	1.55	1.62	1.59
Carbohydrate	15.10	14.52	14.47

[a)]Data are expressed as mean value of twelve months
[b)]Means form triplicate experiments

나. 아미노산

강굴의 대표적인 아미노산으로는 Glutamine, Asparagine, Leucine, Arginine 순으로 나타났다. Cystiny은 돈탁, 섬진대교, 배알도 세 지역모두 함량이 평균 58㎎/100g 내외로 극히 낮은 수준이였다. 아미노산의 지역별 총 함유량을 살펴본 결과, 돈탁 지역이 6548.46㎎/100g 가장 높았으며, 섬진대교 6425.91 ㎎/100g, 배알도6217.34 ㎎/100g 순으로 나타났다(Table 74).

Table 74. Amino acid contents(mg/100g) in *Crassostrea ariakensis* from each stations in Seomjin River[a)]

mg/100g

Composition	Sampling station		
	Dontak	Seomjin bridge	Baealdo
Asp	546.249	543.267	539.957
Thr	325.563	320.348	314.532
Ser	320.254	318.647	315.224
Glu	835.214	831.250	819.579
Pro	250.349	245.368	240.398
Gly	399.534	395.179	382.317
Ala	495.266	484.359	481.732
Cys	61.037	59.267	55.297
Val	326.045	319.542	310.563
Met	180.327	172.354	164.329
Ile	296.458	282.319	265.489
Leu	482.369	472.399	459.267
Tyr	251.659	242.956	229.563
Phe	291.533	283.649	262.551
His	195.738	184.268	166.269
Lys	531.964	526.254	504.690
Amm	237.549	231.242	209.349
Arg	521.348	513.242	496.234
Total	**6548.456**	**6425.910**	**6217.340**

[a)]Data are expressed as mean value of twelve months
[b)]Means form triplicate experiments

다. 패류독 조사

2004년부터 2005년까지 주 채취 시기에 강굴의 마비성 패류독(PSP) 여부를 조사한 결과 검출되지 않아 식품으로써 안정성을 확인하였다.

Table. 75. Results of analysis of paralytic shellfish poison of *Crassostrea rivularis* in 2005

Area	Date	Water temperature(℃)	Toxin concentration (μg/100g)
Brackish area in the Seomjin River	'05. 2. 15	5.4	Not detected
	'05. 3. 6	7.5	Not detected
	'05. 4. 18	13.4	Not detected
	'05. 5. 17	18.4	Not detected

다 . 고 찰

강굴의 수분 함량은 하구역으로 갈수록 증가하는 경향을 나타내었으며, 전반적인 함량은 전형적인 이매패류 단백질의 패턴을 나타내었으며(Jeong et al., 1999), 신 등(2002)이 연구 보고한 결과와 비교하여 살펴봐도 참굴에서는 일반성조성이 수분, 단백질, 탄수화물, 회분, 지질의 순으로 나타났으나, 강굴에서는 탄수화물이 조사기간중 수분 다음으로 높게 나타나고 단백질이 평균 2.8%로 낮게 나타난 점은 기존의 연구결과와 다른 경향을 보였다. 전반전인 함량은 참굴과 유사하였으나, 단백질 함량이 낮게 나타나고 탄수화물이 높게 나타난 점은 참굴과 다른 점이라 할 수 있다(Jeong et al., 1999). 이러한 이유는 일반적으로 패류에서는 단백질이 생식소의 발달과 함께 급격히 증가하여 산란기에 최고치를 나타낸 후 감소하고, 탄수화물은 단백질과는 반대로 산란기에 최저치를 나타낸다(土屋, 1962; Lee et al., 1975).

패류는 어류와 달리 탄수화물이 저장물질이기 때문에 계절변동이 크며, 수분과 역의 상관관계(山口, 1995)를 나타낸다. 본 연구에서도 수분과 탄수화물함량 사이에도 역의 상관관계를 나타내었다. 하지만 보다 정확한 결론을 내리기 위해서는 차후 보다 다각적인 접근이 필요할 것으로 사료된다. 일반성분 분석결과 지역별 체조성에 차이는 보이지 않았으며, 참굴과 비교하여 강굴의 식품으로서 활용가치도 매우 높다고 판단된다.

또한 아미노산의 지역별 총 함유량을 살펴본 결과, 돈탁 지역이 가장 높았으며, 하구역으로 갈수록 아미노산 함유량이 낮게 나타남을 알 수 있었다. 이러한 비교적 동일한 서식지역에서도

아미노산 조성에 차이를 보이는 요인은 여러 가지 복합적인 환경특성에 관계할 수 있겠으나 염분에 따른 강굴의 주 먹이생물인 식물플랑크톤의 영향이 큰 것으로 판단되며, 향후 염분 농도별 식물플랑크톤의 종류에 따라 해양무척추 동물의 체내의 체조성에 미치는 상관관계에 관한 연구도 선행되어져야 할 것으로 판단된다.

9. 생산성 분석

성공적인 양식 경영은 생산만 많이 한다고 해서 순수익을 많이 올리는 것은 아니다. 결국 사업의 성패는 지출과 수입의 차이에서 나타남으로 시설비와 경영비를 줄이고, 상품화 될 수 있는 생산량을 늘이는 것이 최대의 목표라 하겠다.

본 연구과제의 경우 새로운 양식대상종인 강굴을 대상으로 국내 처음으로 종묘생산 방법의 개발 및 어업인 기술보급을 그 목표로 하고 있으며, 기존에 전혀 산업적인 양식방법에 대한 연구가 전무하여 본 연구과제를 수행하는 동안 종묘생산 및 양식방법별로 실제 소요되는 자재내역과 비용을 산출하여 기본적인 소득율 조사로 생산성을 분석하고 산업적으로 이용하고자 하는 어업인들에게 기본적인 자료를 제공하고자 조사하였다.

현재 국내 강굴 생산의 경우 주로 섬진강 일원에서 일부 지선 어업인들에 의해 자연산 도 수채취되고 있으며, 양식생산은 전무한 실정이다. 또한 강굴의 생산량 및 판매에 대한 체계적인 통계와 계통출하가 전무한 실정에서 면밀한 소득분석이 현실적으로 어려웠다. 연구과제를 수행으로 시설비, 운영유지에 따른 경영비 등을 포함하여 처음으로 강굴 양식에 대한 전반적인 생산성 분석을 실시 · 검토하였다.

가. 인공종묘의 생산비용

실내에서 인공채묘는 기존 전남 여수시 화양면 소재의 패류 종묘생산장에서 실시하였으며, 실제 생산하고 있는 양식장의 생산규모를 기준으로 조사하였다. 먹이배양 시설을 갖춘 현장에서 10톤 수조 1개와 20톤 수조 1개를 가동하면 20톤 수조에서 2,000연을 수용하여 채묘가 가능하고 10톤 수조에서 유생의 채묘시기를 조정하면 1번 채란한 유생으로 3회 인공채묘를 할 수 있어 6000연의 채묘가 가능하다. 채묘량은 1연당 가리비 패각이 15개가 연결되어 있고 1패당 부착시키는 량이 30패 내외를 부착 시켜야 함으로 1번의 채란으로 2,7000천패(6000연)을 생산할 수 있다.

인공종묘 생산 시설비와 비용은 Table 43과 같으며, 6000연을 채묘하는데 전체비용이 9,048천원이 소요되었으며, 1연 생산비용은 1,508원, 패당생산비용은 3원으로 조사되었다.

Table 76. Cost for artificial seeds production of *Crassostrea rivularis* per 6,000 strings

(Unit : Won)

	품목	규격	수량	단가	금액	감가연도	년간소요비용
시설비	여과조	20톤/일	2	2,500,000	5,000,000	10	500,000
	산란유발조	3톤	1	200,000	200,000	5	40,000
	히터봉	2kw	1	160,000	160,000	2	80,000
	유생사육조	20톤	1	3,000,000	3,000,000	10	300,000
	유생사육조	10톤	1	1,500,000	1,500,000	10	150,000
	먹이배양조	60 l	16	130,000	2,080,000	5	416,000
	어미	20kg	5	40,000	200,000	1	200,000
먹이	영양강화제	kg	50	10,000	500,000	1	500,000
재료비	뗏목	6*4m	1	1,500,000	1,500,000	5	300,000
	닻	10관	2	80,000	160,000	5	32,000
	로우프	18mm	1	600	600	3	200
	로우프	12mm	20	15,000	300,000	2	150,000
	채묘연	2m	6,000	500	3,000,000	1	3,000,000
인건비	육상	월	2	1,000,000	2,000,000	1	2,000,000
	해상	6일 3명	18	60,000	1,080,000	1	1,080,000
운영비	선박유류대	일	6	50,000	300,000	1	300,000
	기타						
합계					8,340,600		9,048,200
채묘 1연 소요비용							1,508
강굴 1패 소요비용			2,700,000				3

나. 자연종묘의 생산비용

자연채묘는 뗏목(4×6m) 1개에 1,000연이 수용되며, 주 채묘시기에 2회까지는 채묘 시설로 이용이 가능하여 2,000연 채묘가 가능하다. 자연 채묘의 시설자재 내역과 비용은 Table 77과 같으며, 2,000연을 채묘하는데 소요되는 비용은 2,686천원이 소요되어 1연 채묘에 드는 비용은 1,343원이다.

Table 77. Cost for natural seeds production of *Crassostrea rivularis*.

(Unit : Won)

품목	규격	수량	단가	금액	감가연도	년간소요비용
뗏목	6×4m	1	1,500,000	1,500,000	5	300,000
닻	20관	2	150,000	300,000	5	60,000
로우프	24mm	1	100,000	100,000	3	33,333
로우프	12mm	10	15,000	150,000	2	75,000
채묘연	2m	2,000	500	1,000,000	1	1,000,000
보호망		700	500	350,000	1	350,000
돌추	적벽돌	700	200	140,000	5	28,000
인건비	4일 2명	8	80,000	640,000	1	640,000
선박유류비	일	4	50,000	200,000	1	200,000
				4,380,000		2,686,333
채묘 1연 소요비용						1,343

다. 중간양성 비용(배알도)

강굴의 양성을 위해서는 인공이나, 자연종묘 모두 섬진강의 자연환경여건상 중간양성과정을 거쳐야할 것이다. 중간종묘의 양성기간은 채묘가 완료되는 8월15~30일부터 익년 9월30일까지이며 환경, 성장, 생존율, 부착생물, 태풍 등의 기상여건을 고려할 때 배알도 지역이 안정적일 것으로 조사되었다. 중간양성은 뗏목 1개당 600연이 수용되어 1년 동안 2,276천원의 비용이 들어 1연 3,794원이 소요되었다(Table 78).

Table 78. Cost for intermediate culture of *Crassostrea rivularis*.

(Unit : Won)

품목	규격	수량	단가	금액	감가연도	년간소요비용
뗏목	6*4m	1	1,500,000	1,500,000	5	300,000
닻	10관	2	800,000	1,600,000	5	320,000
닻 로우프	24mm	1	100,000	100,000	3	33,333
수하연 로우프	12mm	5	15,000	75,000	2	37,500
채묘연	2m	600	1,343	805,800	1	805,800
보호망		300	500	150,000	1	150,000
인건비	3일 2명	6	80,000	480,000	1	480,000
선박유류대	일	3	50,000	150,000	1	150,000
				4,860,800		2,276,633
채묘 1연 소요비용						3,794

라. 뗏목식 양성비용

뗏목식 양성시설 자재내역과 비용은 Table 79와 같다.

뗏목 1척에 양성할 수 있는 수용량은 400연 이고 양성기간은 10월1일부터 실시하여 주 판매시기가 종료되는 익년 5월30일까지이며 돈탁과 섬진대교지선에서 가능하겠다. 양성비용은 4,025천원이 들어 1연에 10,065원의 비용이 소요되었다. 최소 뗏목 5개로 2000연 내외를 수용해야 연간 50,000천원의 매출액을 올릴 수 있어 1어가의 소득규모로 적정할 것이다.

Table. 79. Cost culture of *Crassostrea rivularis* per one raft method equipment

(Unit : Won)

품목	규격	수량	단가	금액	감가연도	년간소요비용
뗏목	6*4m	1	1,500,000	1,500,000	5	300,000
닻	20관	2	1,500,000	3,000,000	5	600,000
닻 로우프	24mm	1	100,000	100,000	3	33,333
수하연 로우프	12mm	10	15,000	150,000	2	75,000
보호망		400	500	200,000	1	200,000
채묘연	2m	400	3,794	1,517,600	1	1,517,600
인건비	5일 2명	10	80,000	800,000	1	800,000
선박유류대	일	10	50,000	500,000	1	500,000
				7,767,600		4,025,933
채묘 1연 소요비용					10,065	
시 설 비				4,950,000		1,208,333
종 묘 대				1,517,600		1,517,600
인 건 비				800,000		800,000
운 영 비				500,000		500,000
합 계				7,767,600		4,025,933

마. 침하식 양성비용(예상)

1년산 종패를 침하식으로 자원조성 하는데 소요되는 비용을 산출하여 본 결과 침하식 양성시설 자재내역과 비용은 Table 80과 같다.

침하식 1대에 양성할 수 있는 수용량은 200연 이고 양성기간은 뗏목식과 마찬가지로 10월 1일부터 실시하여 주 판매시기가 종료되는 익년 5월30일까지이며, 섬진대교 인근에 바닥 저질이 자갈인 지역에서 가능하겠다. 양성비용은 침하식 1대에 1,691천원이 들어 1연에 8,455원의 비용이 소요되었다. 최소 침하식 10대로 2000연 내외를 수용해야 연간 50,000천원의 매출액을 올릴 수 있어 1어가의 소득규모로 적정할 것이다.

Table 80. Cost for culture of *Crassostrea rivularis* per one sinking method equipment

(Unit : Won)

품목	규격	수량	단가	금액	감가연도	년간소요비용
닻	20관	2	150,000	300,000	5	60,000
내압부자	30mm	4	5,000	20,000	5	4,000
닻 로우프	18mm	1	70,000	70,000	3	23,333
수하연 로우프	12mm	1	15,000	15,000	1	15,000
채롱		200	500	100,000	2	50,000
채묘연		200	3,794	758,800	1	758,800
인건비	2일3명	6	80,000	480,000	1	480,000
잠수부	일	1	300,000	300,000	1	300,000
선박유류대	일	3	50,000	150,000	1	150,000
				2,043,800		1,691,133
		채묘 1연 소요비용				8,455.67
	시설비			390,000		87,333
	종묘대			15,000		15,000
	인건비			858,800		808,800
	운영비			480,000		480,000
	합계			1,743,800		1,391,133

바. 침하식 생산금액(예상)

1년산 종패를 침하식으로 양성하였을 경우 생산량은 Table 81과 같으며, 1연에 15kg이었으며 1대에 수확량은 3톤이 가능하겠고 현재 판매되고 있는 강굴 가격(1kg/1,700원내외)을 적용하면 1대 생산금액은 5,000천원내외가 될 것이다. 1ha의 어장에서는 10대의 시설이 가능함으로50,000천원의 소득을 올릴 수 있을 것으로 보인다.

섬진대교 지역의 여건과 주변 어업인들의 청취조사로 보아 약 20~30ha어장이 개발 가능할 것으로 조사되었다.

Table 81. Productivity of *Crsssostrea rivularis* cultured by sinking method

○ 1대 생산량(3,000 kg)

패각수	부착량/1패	부착량/1연	강굴1패 중량	수확량 /1연	1대 수하연수	1대 수확량
15 패	5마리	75마리	200g	15kg	200연	3,000kg 3톤

○ 1대 생산금액(5,000천원)

수확량/1대	단가(원)	금액(천원)
3,000 kg	1,500	4,500,000
3,000 kg	1,750	5,250,000
평 균		4,875,000

○ 1ha 생산금액(50,000천원)

수용대수	대당 생산금액(천원)	ha당 수용대수	ha당 생산금액 (천원)
10	5000	10	50,000

사. 강굴의 소득분석

조사된 생산비용으로부터 뗏목식, 침하식 양성방법의 생산성 분석을 해보면 뗏목식, 침하식의 순소득율은 32.4, 35.7%로 큰 차이를 보이지 않았다. 침하식의 경우 초기시설비는 적으나 채취 비용이 많은 것이 단점이며 뗏목식의 경우 초기투자가 많이 소요되어 위험부담이 크다. 어업인들의 경영 여건상 초기투자 비용이 적은 침하식이 유리하겠으며, 그에 따른 적합한 면적의 어업권을 득하여야하겠다.

○ 양성방법: 뗏목식
○ 시설규모 : 뗏목식 5개(2000연 수하기준)
○ 초기투자시설비 : 24,750,000원(뗏목 1척당 시설비 495만원)

	항 목		수량	단위	단가(원)	금액	비 고
조수입	계					51,000,000	
	판매소득		30,000	kg	1,700	51,000,000	총출하량(30톤)
생산비	경영비	○ 재료비				7,588,000	
		종묘대	5	1회	1,517,600	7,588,000	2000연
		○ 인건비				4,000,000	
		일용인건비	5	1회	800,000	4,000,000	
		기타 인건비	-	-	-	-	
		○양식 간접비				2,860,000	
		선박유류비	5	1회	500,000	2,500,000	
		통신비	12	월	30,000	360,000	
		기타 경비				0	
		○ 감가상각비				8,041,665	
		시설감가	5	1회	1,208,333	6,041,665	
		선박감가	1	척	2,000,000	2,000,000	
	비	계				22,489,665	750원/kg
	자가 노력비		12	월	1,000,000	12,000,000	
	자본 용역비					-	
비	총 계					34,489,665	1,150원/kg
총소득(조수입-경영비)						28,510,335	
소득율(총소득/조수입)*100						55.9%	
순소득(조수입-생산비)						16,510,335	
이익률(순소득/조수입)*100						32.4%	

○ 양성방법: 침하식(예상)

○ 시설규모 : 10대, 1ha(2000연 수하기준)

○ 초기투자시설비 : 5,050,000원(수하연 1대 시설비 50만원)

	항 목		수량	단위	단가(원)	금액	비 고
조수입	계					51,000,000	
	판매소득		30,000	kg	1,700	51,000,000	총출하량 (30톤)
생산비	경영비	○ 재료비				7,588,000	
		종묘대	10	대	758,800	7,588,000	2000연
		○ 인건비				7,800,000	
		일용인건비	10	대	480,000	4,800,000	줄당 6명
		기타 인건비	10	대	300,000	3,000,000	줄당 1명
		○양식 간접비				1,860,000	
		선박유류비	10	대	150,000	1,500,000	
		통신비	12	월	30,000	360,000	
		기타 경비				0	
		○ 감가상각비				3,523,330	
		시설	10	대	152,333	1,523,330	
		선박	1	척	2,000,000	2,000,000	
	계					20,771,330	692원/kg
	자가 노력비		12	월	1,000,000	12,000,000	
	자본 용역비					-	
	총 계					32,771,330	1,092/kg
총소득(조수입-경영비)						30,228,670	
소득율(총소득/조수입)*100						59.3%	
순소득(조수입-생산비)						18,228,670	
이익률(순소득/조수입)*100						35.7%	

○ 뗏목, 수하식 동일생산량 규모에 따른 생산성 비교

- 비용의 비교

단위 : 천원

	초기투자시설비용	종묘대	인건비	양식간접비	감가상각비
뗏목식	24,750	7,588	4,000	2,860	8,041
침하식	5,050	7,588	7,800	1,860	3,523

- 생산소득 비교

단위 : 천원, %

	조수익	경영비	총소득	총소득율	순소득	순소득율	kg당경영비
뗏목식	51,000	22,489	28,510	56	16,510	32	750
침하식	51,000	20,771	30,228	59	18,228	36	692

아. 강굴 양식 SWOT 분석

Table 82. Analysis of SWOT in *Crassostrea rivularis* culture

강점(Strength)	약점(Weakness)
가. 강굴의 종 특이성 부각 한정된 지역에서만 양식 가능으로 인한 지역 특산품으로, 참굴의 대체 종으로 고부가가치 창출 나. 해양환경의 청정성 다른 지역에 비해 해양환경 오염이 적음 국내 유일의 하구역의 천연의 생태 보전 지역	가. 양식 기반 시설 및 지역적 한계 양식 가능 지역의 한정된 관계로 규모가 영세함, 자연 채묘 위주의 양식방법으로 생산성이 낮음 나. 해황 및 서식지 환경 불안정 지역적 환경 조건 및 해황에 따라 하구역이라는 특이성 때문에 양식의 계획화에 많은 영향 생산성이 불안정
기회(Opportunity)	**위협(Threats)**
가. 수산물 수요의 증대 수산물의 수요가 증대되고 있으며, 참굴의 생산성 감소와 함께 새로운 양식 대체 종으로서 산업적 높은 잠재력 나. 지속적 기반 사업 추진 생산 및 유통시설의 현대화를 추진하여 고급 수산물로서 수출 및 판매 촉진으로 인한 지역 생활 및 여건 개선	가. 하구역 생태계 교란 광양만권 대규모 준설과 섬진강 상류 댐건설로 인한 환경의 심각한 변화로 섬진강의 바다화 현상 심각 나. 해적 생물의 피해 하구역 환경 교란으로 인한 자연채묘와 양성시 해적생물 (홍합, 따개비 등)의 피해 발생

제 4 장 연구개발의 활용

제1절 연구개발 목표의 달성도(2003.8~2006.10)

1. 강굴서식 분포조사

섬진강 하구역 강굴 서식지에 대해 계절별로, 잠수를 통한 방형구(1×1m)안에 서식하는 강굴의 개체수 조사하여 서식분포상을 파악하였다.

2. 수리물리학적 조사

섬진강 하구의 유동구조를 파악하기 위해 2004년 4월 6일 섬진대교, 망덕, 광양대교 3지점에서 선박을 이용하여 층별 연속관측을 시행하여, 섬진강 하구역의 염분 및 유동 구조 구명 분석 완료

3. 식물플랑크톤조사

섬진강하구에 대한 식물플랑크톤의 종 출현에 대한 연구를 위하여 2004년 9월부터 2005년 6월까지 각 3개 정점에 대하여 계절별로 조사를 실시하여, 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량 분석 및 조사 완료

4. 생식기작 구명

돈탁, 섬진대교 및 배알도 하구역의 세 지역별 강굴의 생식주기를 구명하였으며, 생식소의 조직학적 조사를 통한 정확한 강굴의 생식주기 파악

5. 체성분 분석

지역별 월별 일반성분 및 아미노산을 분석하여, 영양학적인 기초 자료 확보 및 월별 정확한 성분 변화 양상 확인 및 분석하였다.

6. 형태 및 유전학적 분석

유전자 염기서열 비교로 강굴의 유전적 특성과 지역적 분화도를 분자생물학적으로 조사해 봄으로써 한국산 강굴 존재 여부 확인 및 각 지역에 분포, 서식하는 지역 특이성을 구분하고, 이를 확인 할 수 있는 강굴 고유 Marker를 개발을 하고자 하였으며, 한국산 강굴이 NCBI에 등록된 강굴(일본, 중국)과 비교 해봄으로써 동일 계통을 확인 할 수 있었다. 3종간 염기서열간 유사성을 분석한 결과 강굴과 참굴은 74.9%, 강굴과 대서양 굴은 83.1%, 참굴과 대서양 굴은

75.1%로 나타나 종간 구분을 하는 Marker로 활용이 가능성 것이다.

7. 수질환경조사

서식지 및 유생조사 지점의 계절별, 수층별, 장마에 의한 급격한 수질환경 변화를 3년간 파악하였다. 강굴 서식지인 섬진강 기수수역인 5개 정점에 대해 수층별 기초해황(염분, 수온, pH) 및 영양염류(질산염, 인산염, 규산염), chlorophyll-a의 월별(계절별)조사하였다.

8. 인공종묘생산

가. 어미관리

강굴의 조기 채란을 위해 어미를 실내에서 인위성숙 시키는 시험을 2004.01~06월까지 실시하였으나 실내에서는 강이라는 특수한 자연 조건(먹이, 염분 등)을 맞춰주는 것이 어려워 장기간 실내사육에 의한 조기성숙은 확인하지 못했으며, 자연에서 성숙기에 근접된 5~6월경 자연산 어미를 실내에서 일시적으로 성숙관리 하여 사용하는 것이 인공종묘생산에 유리하였다.

나. 인공종묘생산 가능성 확인(1차년도)

'04.6.20일 적출법에 의해 채란하여 인공수정 성공, D상까지 발생율 26.7%, 중형각정기까지 대량(약8천만미)유생 사육하였으나 7월 15일 부착기 직전에 전량 폐사하여 인공채묘 실패(먹이 오염이 원인) 유생의 사육조건구명 염분농도 10~33ppt에서 생존하여 광염성 확인하였고, 수온 24~28℃에서 유생사육이 양호함을 확인하였다.

다. 국내최초 인공종묘생산 성공(2~3차년도)

2005년, 2006년 어미를 실내에서 일시적으로 관리하여 산란자극에 의해 채란하였으며, D상으로 부화된 유생을 사육하여 실내채묘에 성공하였으며, 유생의 사육 조건을 구명으로 대량인공종묘생산 기술을 확립하였다.(자연에 비해 20여일 조기채묘)

2005. 6. 25일 채란(간출, 담수, 수온자극법)하여 7월 20일 채묘성공(수정 25일째), 2006. 7. 15일 채란(간출, 담수, 수온자극법)하여 8월 1일 채묘(17일째)

2005년 종묘는 부착기 유생을 가리비, 굴, 강굴 패각을 이용하여 채묘하였고, 7일간 실내사육 후 인근 바다에서 8월 한 달간 중간양성 실시⇒ 2005년 8월 31일 섬진강으로 옮겨 10월까지 적응시킨 후 양성 종묘로 사용하였다.

유생사육을 위한 염분조건은 20~25ppt, 수온은 25℃내외가 양호하였다. 인공채묘를 위한 기질(참굴·가리비·강굴패각)로는 가리비가 취급이나 성장면에서 유리하였다.

9. 자연채묘

2005년 6월부터 9월까지 매주 2회이상의 유생조사를 통해 조사정점별 유생의 출현상황과 시기, 수층별 분포, 발달단계별 분포, 출현시기, 수온, 염분 등의 상관관계를 조사하여 완전한 대량채묘 기틀을 마련했다. 시기에 따른 지역별 유생 출현량 조사로부터 적기채묘시기를 예측하여 대량종묘생산 기술을 확립하였고 치패의 지역별, 수층별 부착량 조사로부터 적합한 중간 양성 관리 방법을 마련하였다.

10. 강굴의 자원조성

인공 및 자연채묘 생산된 종묘를 2005.08.31~2006.06.20일까지 섬진강에서 중간 양성된 종묘(각장 5~8㎝) 4만패(250연)를 섬진강하구 광양시 진월면 신답리 지선에서 자원조성 하는 성과를 거두었다.

11. 패류독 조사

식품으로서 안정성 검사를 위해 우리나라에서 문제가 되고 있는 마비성패류독(PSP)에 대해 타 패류(참굴,진주담치)의 주발생시기인 2월~4월중에 채취 유통되는 것을 2004, 2005년에 거쳐 분석을 의뢰하여 패류독이 검출되지 않아 안정성을 확인하였다.

12. 양성시험

자연 채묘한 종패를 3개 지점에 뗏목수하식으로 2년간 양성하여 월별, 수층별 성장도와 폐사율을 조사하였으며, 2개 지점(섬진대교, 배알도)만이 양성에 적합한 지역임을 확인하였다.

3차년도는 인공종묘와 자연종묘의 비교시험을 실시하였다. 강굴 성패 및 치패의 염분내성 시험으로 섬진강에서 강우로 인한 염분저하 기간 동안 견딜 수 있는 한계점을 조사하고 그에 따른 사육관리 방법을 구명하였다. 양성지점별, 수층별 환경을 조사 분석하여 섬진강 하구의 환경특성을 이해하고 강굴양성의 기초 자료로 활용하였다. 강굴의 정기적인 각장과 각고의 크기를 조사하여 성장에 미치는 요인을 분석하고 수확시기를 예측하여 생산성 분석자료로 활용하였다. 2004년산 강굴의 생존율(3개지점, 2개수층)을 조사하여 적합한 양성지역 및 관리방법을 구명하였다. 양성기간 동안 채롱, 강굴패각표면에 부착하는 생물을 조사하여 강굴 성장, 생존율에 미치는 영향을 분석하였고 적합한 양성방안 강구하였다.

다양한 방법으로 채묘 및 양성시설을 적용해봄으로써 현장에서 활용하기 적합한 표준 시설 모식도를 고안하게 되었다.

수확 강굴 성패의 크기, 중량, 육중량의 월별 변화를 조사하여 생산성 조사 자료로 활용하였다.

13. 생산성 분석

인공종묘생산, 자연종묘생산, 중간양성, 뗏목식 양성, 침하식 양성에 실제 사용된 자재내역, 소요비용 등을 조사하여 채묘 1연에 드는 원가를 산출하였다. 강굴 종묘생산에 소요되는 비용을 밝혀냄으로써 향후 섬진강 강굴의 종 보존을 위한 관련기관들에게 기초자료로 제공할 수 있으며, 양성에 소요되는 자재내역 및 비용을 밝혀냄으로써 현지어업인들이 사업을 실시하는데 있어서 자금계획을 미리알고 경영분석을 예측해보는 자료로 활용되겠다.

제 2 절 학회발표 및 논문투고 실적

1. 논문게재 실적

제 목	발표자	학술지명	통권, 호	년, 월	발행기관
섬진강 강굴 서식지내 이매패류 종조성 및 계절변동 Species composition and seasonal variations of bivalvia in habitats of the Asian oyster, *Crassostrea ariakensis* in Seomjin River, Korea	안 윤 근	학위논문		2006. 02	여수대학교
섬진강 강굴, *Crassostrea ariakensis*의 생식주기 Studies on the reproductive cycle of Asian oyster, *Crassostrea ariakensis* in Seomjin River	주 현 승	학위논문		2006. 02	여수대학교

2. 학술회의 발표실적

제 목	발표자	학술회의명	호	발표년월일	발행기관
2006. 서식어장별 수온·염분이 섬진강 강굴, *Crassostrea ariakensis*의 성장에 미치는 영향.	안윤근, 윤호섭, 박철원[1], 조주현[2], 김철중[2], 정준호[2], 최상덕	한국환경생물학회지, 한국양식학회 추계학술발표대회	24(1) : 60-66. 2005년 추계	2006.3 2005.10	한국환경생물학회 한국양식학회
섬진강 강굴(*Crassostrea ariakensis*)서식지에 따른 이매패류의 분포 및 출현	안윤근, 윤호섭, 구겸민, 박일웅, 김용구, 라성주, 한종석, 최상덕*	한국양식학회 추계학술발표대회	2005년 추계	2005.10	한국양식학회
섬진강 강굴, *Crassostrea ariakensis*의 생식주기	안윤근, 윤호섭, 최낙현, 구겸민, 조주현[1], 정준호[1], 최상덕*	한국양식학회 추계학술발표대회	2005년 추계	2005.10	한국양식학회

제 목	발표자	학술회의명	호	발표년 월일	발행기 관
Studies on high producty of *Crassosterea rivularis*(pelecypoda, mollusca) in the Seomjin River, korea	Ju-Hyon Cho, Gi Young Kim, Soon-Ho Park, Myung Bae Seo, Woo Hyung Ju, Jin-Hyung Park, Jun Ho Jeoung and Jong-Ahm Shin	한중일국제 심포지움		2005. 11	여수대 학교
Natural seed collection of *Crassostrea ariakensis*(Pelecypoda, Mollusca) in the Seomjin River, Korea	Gi Young Kim, Myung Bae Seo, Ju-Hyon Cho, Soon-Ho Park, Woo Hyung Ju, Yeo Ho Lim1 and Jong-Ahm Shin2	한일증양식 심포지엄		2006.10	한국양 식학회

제 3 절 연구개발결과의 활용계획

가. 강굴서식지 분포조사로부터 양식 가능적지를 결정하는 기초자료로 활용하였으며, 향후 섬진강 지역의 해수가 미치는 영향 등 생태계 변화의 연구 자료로 활용되겠다.

나. 수리물리학적 조사는 일간 조석에 의한 섬진강 하구역의 염분 및 조류의 유동구조를 구명함으로써 물때에 따라 변동하는 사항을 예측하는 자료로 활용되겠다.

다. 식물성플랑크톤의 계절별 종 조성 조사는 섬진강 하구역에 생존하는 패류의 먹이생물을 파악할 수 있으며, 환경변동 폭이 심한 지역의 현존량 조사로부터 기초 생산력을 연구하는 자료가 될 것이다.

라. 생식기작 구명은 강굴의 산란시기를 예측하여 인공 종묘를 생산하는데 활용되었으며, 자연종묘의 채묘시기를 예측하는데 활용되었다.

마. 체성분 분석은 지역별 월별 일반성분 및 아미노산을 분석하여, 영양학적인 기초 자료를 확보하여 강굴의 식품으로 이용하는데 자료로 활용되겠다.

바. 형태 및 유전학적 분석은 강굴의 유전적 특성과 지역적 분화도를 분자생물학적으로 조사해 봄으로써 한국산 강굴 존재 여부 확인 특이성을 구분하고 한국산 강굴을 NCBI에 등록된 강굴과 비교 하여 계통을 확인하는 자료로 활용되었고 굴의 염기서열간 유사성을 분석하고 종간 구분을 위한 Marker로 활용될 것이다.

사. 강굴 서식지인 섬진강 기수수역인 5개 정점에 대해 수층별 기초해황(염분, 수온, pH) 및

영양염류(질산염, 인산염, 규산염), chlorophyll-a의 월별(계절별)조사는 강굴의 유생조사, 채묘시기, 채묘 후 중간양성관리, 양성관리 방법을 구명하는 자료로 활용되었으며, 향후 섬진강 해역의 자연환경 변화의 다양한 연구를 하는데 중요한 자료로 활용될 것이다.

아. 어미관리와 생식주기 등의 연구는 인공종묘 생산을 성공하는 중요한 역할을 하였으며, 향후 강굴의 종 보존 및 조기종묘생산을 위한 추가 연구에 활용되겠다. 적출법에 의한 인공수정의 사전확인은 자연산 어미의 사용 시기를 결정하고 자연산란을 유도하는데 이용하였으며, 기타 패류의 종묘생산 자료로 활용될 것이다.

자. 국내최초 인공종묘생산 성공으로 기술을 확립하였으며, 강굴의 조건별 유생사육은 대량으로 인공종묘를 생산하는데 중요한 역할을 하였고 지속적으로 활용될 것이다. 향후 강굴의 주 서식지을 두고 있는 지방자지단체에서 인공종묘생산으로 자원을 증강하고자 요청하면 적극적으로 기술을 지원할 예정이다. 또한 어업인들에게도 종묘생산을 위한 표준도서로 제공할 예정이다.

차. 인공종묘를 바다에서 중간양성 하는 방법을 시도하여 실내에서 종묘를 생산하는 기간을 단축하였으며, 향후 타 패류 종묘생산 방법에도 이용될 것이다.

차. 자연채묘에 대한 연구는 섬진강의 기상여건에 따라 강굴유생의 출현량 변화를 예측하여 양식을 하고자 하는 어업인들에게 자연채묘의 실패율을 줄일 수 있게 되었으며, 중간양성 방법은 종묘를 대량으로 확보하여 생존율을 높일 수 있는 방법으로 활용되겠다.

카. 패류에서 검출되어 인체에 해가되는 마비성패류독(PSP)이 검출되지 않아 식품의 안정성을 확보하는 근거가 되겠다.

타. 양성시험으로부터 강굴의 성장, 생존율, 부착생물 등의 자료는 사육관리 방법을 구명하여 양식으로 산업화하는데 길을 열었고, 다양한 방법으로 채묘 및 양성시설을 적용해봄으로써 현장에서 활용하기 적합한 시설 모식도를 고안하여 어업인들에게 표준도서로 활용될 것이다.

파. 생산성자료는 강굴 종묘생산에 소요되는 비용은 종묘생산장과 관련연구 기관에 기초 자료로 제공할 수 있으며, 양성에 소요되는 자재내역 및 비용은 현지어업인들이 사업을 실시하는데 있어서 자금계획을 미리알고 경영분석을 예측해보는 자료로 활용되겠다.

하. 이 연구를 위해 관련 전문가들인 전남대학교 신종암, 윤영성, 국립수산과학원 허영백님의 도움과 함께 지식을 함께 공유하였다.

제 5 장 참고문헌

AOAC., 1984. Official methods of analysis of the association of the official analytical chemicals, 14th edition. 1141 pp. Arlington. AV.

Asahida, T., T. Kobayashi, K, Saitoh and I. Nakayama, 1996. Tissue preservation and total DNA extraction from fish stored at ambient temperature using buffers containing high cocentration of urea. Fish. Sci., 62: 727-730.

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

Avise, J. C. 1994. Molecular Markers, Natural History and Evolution. Chapman and Hall, New York.

Alpine, A. E., and J. E. Cloern, 1992. Trophic interactions and direct physical effects control phytoplankton biomass and production in an estuary. Limnol. Oceanogr. 37: 946-955.

Armstrong, R. A., 1994. Grazing limitation and nutrient limitation in marine ecosystems: Steady-state solutions of an ecosystem model with multiple food chains. Limnol. Oceanogr. 39: 597-608

Akashige, S. and T. Fushimi, 1992. Growth, survival, and glycogen content of triploid Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the waters of Hiroshima, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi 58(6): 1063-1071.

Bae, P.A. and C.H. Han, 1998. Effects of nursery environmental factors on the growth of pacific oyster, Crassostrea gigas. Journal of Aqaculture. 11(3): 391-400.

Benzie JAH., 1999. Genetic structure of coral reef organisms: ghosts of dispersal past. American Zoologist, 39: 131-145.

Berthelin, C., Kellner, K. and Mathieu, M, 2000. Storage metabolism in the pacific oyster (Crassostrea gigas) in relation to summer mortalities and reproductive cycle (West coast of France). Comp. Biochem. Physiol. B. 125(3):359-369.

Boudry P, Heurtebise S, Collet B, Cornette F, Gerard A., 1998. Genetic differentiation between Portuguese [Crassostrea angu- lata(Lamark)] and Pacific[Crassostrea gigas (Thunberg)] oyster populations, as reveled by RFLP analysis of PCR amplified mitochondrial DNA segments. J. EXP. Marine Biol. Ecol., 226: 279-291.

Breese, W.P. and R.E, Malouf, 1977. Hatchery rearing techniques for the oysrer Crassostrea rivularis Gould. Aqaculture, 12: 123-126.

Brown, W. M. George, Jr. and A.C. Wilson, 1979. Rapid evolution fo animail mitochondrial DNA. Troc. Natl. Acad. Sci. USA, 76: 1976-1981.

Bernard, R. F., 1983. Physiology and the mariculture of some Northeastern Pacific bivalve molluscs. Can. Spec. Publ. Bull., 70: 1121-1126.

Beukema, J. J., G. C, Cadde and J. M. Jansen, 1977. Variability of growth rate of *Macoma balthica*(L.) in the Waden sea in relation to availability of food. In:Biology of Benthic Oganisms. Ed, by B. F. Keegan and P. O. Ceidigh, 11th European Symoposium on Marine Biology. Pergamon Press., 69-77 pp.

Brown, J. R. and E. B. Hartwick, 1988. Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. I . Absolute and allometric growth. Aquaculture, 70: 231-251.

Barlow, J. P., 1955. Physical and biological processes determining the distribution on zooplankton in a tidal estuary. Biol. Bull., 109: 211-225.

Boynton, W. R., Kemp, W. R. and Keefe, C. W., 1982. A comparative analysis of nutrients and other factors influencing estuarine phytoplankton production. In Kennedy,V.S. (ed.), Estuarine Comparisons. Academic Press, New York, pp. 69-90.

Boolootian, R. A., A. Farmanfarmaina and A. C. Giese, 1962. On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. Biol. Bull., 122: 183-192.

Calvo, G. W., M. W. Luckenbach, S. K. Allen, Jr. and E. M. Burreson, 2001. A comparative field study of Crassostrea ariakensis (Fujita 1913) and Crassostrea

virginica (Gmelin 1791) in relation to salinity in Virginia. J. Shellfish Res., 20: 221-229.

Canpa, A., M. Barucca, A. Marinelli and E. Olmo, 2000. Molecular data from the 16S rDNA gene for the phylogeny of Pectinidae(Mollusca: Bivalvia). J. Mol. Evol., 50: 93-97.

Chew K. K., 1990. Global bivalve shellfish introductions. World Aquaculture, 21: 9-15.

Choi, J.H., J.I. Ro and J.H. Pyeun, 1984. Studies on lipid in fresh water fishes 1. Distribution of lipid components in various tissues of crucian carp, Carassius carassius. J. Kor. Fish. Soc., (17)333-334.

Caraco, N. F., P. A. Raymond, D. L. Strayer, M. L. Pace, S. E. G. Findlay, and D. T. Fischer, 1997. Zebra mussel invasion in a large, turbid river: Phytoplankton response to increased grazing. Ecology 78: 588-602.

Choi, J. K. and J. H. Shim, 1986. The ecological study of phytoplankton in Kyeonggi Bay, Yellow sea. Ⅲ. Phytoplankton composition, standing crops, tychopelagic plankton, J. Oceanol. Soc. Korea, 21 156-170.

CORN, R. B., AND J. H. SHARP, 1987. Microbial trophodynamics in the Delaware estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser. 41: 253-266.

Chung, E. Y., D. K. Ryou and J. H. Lee, 1994. Gonadal development age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes Philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae) on the coast of Kimje, Korea. Korean J. Malcol., 10: 38~54.

D. Ó Foifhil, P. M. Gaffiney, A. E. Wibur, T. J. Hilbish, 1998. Mitochondridal cytochrome oxidase I gene sequences support and Asian origin for the Portuguese ooyster Crassostrea angulata. Marine Biol., 131: 497-503.

Dinsmore, C. E. (Ed.), 1991. A History of Regeneration Research. Cambrodhe University Press, Cambridge.

Day, J. W., C. S., Hall and W. M. Kemp. 1989. Estuarine Ecology. John Wiley and Sons.

558p.

Folmer, O., M. Black, W. Hoeh, F. Lutz and R. Vrijenhoek, 1994. DNA primers for amplificaion of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrate. Mol. Mar.Biol. Biotechnol., 3: 294-299.

Filardo, M. J. and W. M. Dunstan, 1985. Hydrodynamic control of phytoplankton in low salinity waters of the James River estuary, Virginia, U. S. A. Estuar. Coast. Shelf Sci., 21: 653-667.

Gaffney, P. M. and F. X. ÓBiern, 1996. Nuclear DNA markers for Crassostrea species identifiacation. J. Shellfish. Res., 15: 510-511.

Goss, P.J (Ed.)., 1969. Principles of Regeneration. Academic Press, London Muneoka, K., Bryant, S., 1982. Evidene that patterning mechanisms in developing and regenerating limbs are the same. Nature, 298: 369-371.

Giese, A. C., 1959. Annual reproductive cycles of marine invertebrates. Ann. Rev. Physiol., 21: 547-576.

Hare MP, Karl SA, Avise JC., 1996. Anonymous nuclear DNA markers in the American oyster and their implications for the hererozygote deficiency phenomenon in marines bivalves. Mol. Biol. Evol., 13(2): 334-345.

Harry, H. W., 1985. Synopsis of the supraspecific classification of living oysters. Veliger, 23: 121-158.

Holm, M. M. and Spencer, B. E., 1972 The importance of the hatchery rearing of Pacific oyster larvae. Aqaculture 2: 1-12.

Huvet, A., S. Lapèque, A. Magoulas, P. Boudry, 2000. Mitochondrial and nuclear DNA phylogeography of Crassostrea angulata, the Portuguese oyster endangered in Europe. conservation Genetics, 1: 251-262.

Jozefowicz, C. J. and D. O'Foighilm, 1998. Phylogenetic analysis of southern hemisphere flat oysters based on partial mitochondrial 16S rDNA gene sequences, Mol. Phylogenet. Evol., 10: 426-435.

Jeong, B. Y., B. D. Choi, S. K. Moon, J. S. Lee, W. G. Jeong and P. H. Kim, 1999. Proximate composition, cholesterol and α-tocopherol content in 35 species if marine invertebrates. J. Kor. Fish. Soc., in press.

Karl SA, Avise JC., 1992. Balancing selection at allozyme loci in pysters: implications from nuclear RFLPs. Science, 256: 100-102.

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.

Kim, S. H., M. S. Park, Y. H. Kim and D. W. Park, 1997. Genetic analysis of mitochondrial DNA from Korea oysters, Crassostrea gigas. J. Korean Fish. Soc., 30(5): 804-808.

Kimura, M., 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. J. Mol. Evol., 16: 111-120.

Kemp, Michael W. and Walter R. Boynton, 1981. External and Internal Factors Regulating Metabolic Rates of and Estuarine Benthic Community. Oceologia 51: 19-27.

Kinne, O., 1969. The ettects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. I. temperature. Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev., 1: 301-340.

Korea Rural Economic Institute, 1996. Food Balance Sheet, Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea, 186-198.

Lannan, J. E., 1980. Broodstock management of Crassostrea gigas. I. Genetic and environmental variation in survival in the larval rearing system. Aqaculture, 21: 323-336.

Lam, K., B. Morton, 2003. Mitochondrial DNA and morphological identification of a new species of Crassostrea (Bivalvia: Ostreidae) cultured for centuries in the Pearl River Delta, Hong Kong, China, 228: 1-13.

Lasaea, in the northeastern Pacific based on cytochrome oxidase III sequence variation. Mol. Phyl. Evol., 6: 134-142.

Lee, E.H., S.Y. Chung, S.H. Kim, B.H. Ryu, J.H. Ha, N.J. Sung and S.T. Yang, 1975. Stability of shellfishes for processing 3. Suitability of pacific oyster for processing. J. Kor. Fish. Soc., (8)90-100.

Li G, Hedgecock D., 1998. Genetic heterogeneity, detected by PCR-SSCP, among samples of large Pacific oysters (Crassostrea gigas) supports the hypothesis of large variance in reproductive success. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 55: 1025-1033.

Li G, Hubert S, Bucklin K, Ribes V, Hedhecock D., 2003. Characterization of 79 microsatellte DNA markers in the Pacific oyster Crassostrea gigas. Mol. Ecol. Notes, 3: 228-232.

Li-Qi, Osada-Makoto and Mori-Katsuyoshi, 2000. Seasonal biochemical variations in pacific oyster gonadal tissue during sexual maturation. Fish. Sci., 66(3):502-508.

Liu, B. and J. Dai, 1998. Studies on genetic diversity of oysters of genus Crassostra. J. Fish. China, 22: 193-198.

Loosanoff, V. L., 1962. Gamatogenesis and spawning of the European oyster, O. edulis. in waters of marine. biological, Bulletin, 122(1),86-94.

Lance, J., 1963. The salinitu tolerance of some estuarine planktonic copepods. Limnol. Oceanogr., 8: 440-449.

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

McLean, M., C. K. Okubo and M. L. Tracey, 1983 Mitochondrial DNA from the Japaness oyster, Crassostrea gigas. Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture, 16: 89-99.

Menzel RW., 1974. Portuguese and Japanese oysters are the same species. Jour. Of the Fisheries Res. Board of Canada, 31: 453-456.

Millican, P F., and M. M. Helm. 1994. Effects of nutrition on larvae production in the European oyster (Ostrea edulis). Aqaculture., 123(1-2): 83-94.

M. Moazzam and S. H. Niaz Rizvi, 1983. Settlement of oyster larvae in pakistani waters and its possible implication for setting up oyster culture. proc, symp, Coastal Aqaculture, 2 : 467-474

Moore D., 1993. Preparation of genomic DNA from mammalian tissue. In: Current Protocols in Molecular Biology, vol. 1, unit 2-2, pp. 1-2 (ed. Ausubel FM). New York.

Moritz, C., Wright, J. W. and Brown, W. M., 1992. Mitochondrial DNA analyses and the origin and relative age of parthenogenetic Cnemidophorus: phylogenetic constraints on hybrid origins. Evolution, 46: 184-192.

Moon, C. H. and W. M. Dunstan, 1990. Hydrodynamic trapping in the formation of chlorophyll a peak in turbid, very low salinity waters od estuaries. J. Plankton Res., 12: 323-336.

Newell R.I.E. and Bayne, B. L, 1980. Seasonal changes in the physiology, reproductive condition and carbohydrate content of the cockle Cardium (=Cerastoderma) edule (Bivalve: Cardiidae). Marine Biology, 56:11-19.

Nybakken, J. W., 1997. Marine biology: An ecological approach. Wesley Educational Publishers Inc., p. 304-308.

O'Foighil D, Gaffney PM, Wilbur AE, Hilbish TJ., 1998. Mito-chondrial cytochrome oxidase I gene sequences support an Asian origin for the Portuguese oyster Crassostrea angulata. Mar. Biol., 131: 497-503.

O'Foighil, D., P. M. Gaffney and T. J. Hilbish, 1995. Differences in mito-chondrial 16S ribosomal gene sequences allow discrimination among American (Crassostrea virginica) and Asian (C. gigas, C. ariakensis) oyster species. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 192: 211-220.

O'Foighil, D., P. M. Gaffney and W. A. Wilbur, 1998. Mitochondrial cytochrome oxidase I gene sequence support an Asisn origin for the Portuguese oyster Crassostrea anhulata. Mar. Bial., 131: 497-503.

Officer, C. B., 1976. Physical oceanography of estuaries(and associated coastal waters). John

Wiley, New York: 265.

Perdue,J.A. and Erickson,G.,1984. A comparison of the gametogenic cycle between the Pacific oyster Crassostrea gigas and the Suminoe oyster Crassostra rivularis in Waashinton state. Aqaculture., 37: 231-237.

Pennock, J. R. and J. H. Sharp, 1994. Temporal alteration between light- and nutrient-limitation of phytoplankton production in a coastal plain estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser. 111: 275-288.

Rosique, M.J., Cano, J. and Rocamora, J, 1995. Seasonal variations in condition indexes and chemical composition of the body in the European flat oyster (Ostrea edulus L.) in the Mar Menor (Murcia, SE Spain). Iberus, 13(2):9-22.

Ruano F., 1997. Fisheries and farming of important marine bivalves in Portugal. In U.S. Dep. Commer., NOAA Technical Report-NMFS, 129: 191-200.

Ruzzante DE., 1998. A comparison of several measures of genetic distance and population structure with microsatellite data: bias and sampling variance. Can. Jour. Of Fisheries and Aquatic Sciences, 55: 1-14.

Saitou N, Nei M., 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstruction phylogenetic trees. Mol. Bio. and Evol., 4(4): 406-425.

Seil, F.J.(Ed.)., 1983, Nerve, Organ, and Tissue Regeneration: Research Perspectives. Academic Press. New York.

Smith PJ., 1986. Genetic similarty between samples of the orange roughy Hoplostethus atlanticus from the Tasman Sea, south-west Pacific Ocean and morth-east Atlantic Ocean. Marine Biology, 91: 173-180.

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

Shim, J. H. and J. S. Yang, 1982. The community structure and distribution of phytoplankton of the Keum River estuary. J. Oceanol. Soc. Korea, 17: 1-11.

Smith, G. M., 1950. Freshwater Algae of the United States. Second Ed. Mc. Graw-Hill Book

Company, INC. USA. 719 pp.

Sundbaeck, K., B. Joensseon, P. Nilsson, and I. Lindstroem. 1990. Impact of accumulating drifting macroalgae on a shallow-water sediment system: An experimental study. Mar. Ecol. Prog. Ser. 58(3): 261-274.

Takezaki N, Nei M., 1996. Genetic distances and reconstruction of phylogenetic trees from microsatellite DNA. Genetics, 1(44): 389-399.

Torigoe, K., 1981. Oyster in Janpan. Jour. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B, Div. 1(Zoology)., 29: 292-419.

Wang, H., X. Guo, G. Zhang, F. Zhang, 2004. Classification of jinjiang oyster Crassostrea rivularis(Goul, 1861) from China, based on morphology and phylogenetic analysis. Aquaculture, 242: 137-155.

Wright S., 1951. The genetical structure of populations. Annals of eugenics, 15: 323-354.

www. bioneer.co.kr

www. ncbi.nlm.nih.gov

www.roche-applied-science.com

Woff, W. J. 1983. Estuarine Benthos. p. 151-182. In: Estuaries and enclosed seas. ed. by B.H. Ketchum. Elsevier Scientific Publishing Co.

Webber, H. H. and A. C. Giese., 1969. Reproductive cycle and gametogenesis in the black abalone, *Haliotis cracheroidii* (Gastropoda: Prosobranchiata). Mar. Biol., 4: 152-159.

Yu, Z., X. Kong, L. Zhang, X. Guo, J. Xiang, 2003. Taxonomic status of four Crassostrea oysters from China as inferred from mitochondrial DNA sequences. J. Shellfish Res., 22: 1.

土屋靖彦, 1962. 水産化學, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 15.

山口勝己, 1995. 水産生物化學, 東京大學出版會, 東京, pp. 1-7.

권기영, 이평강, 박철, 문창호, 박미옥, 2001. 섬진강 하구역에서 염분경사에 따른 동·식물플랑

크톤의 현존량 및 종조성. 한국해양학회지. 6(2): 93-102.

김숙찬, 김한순, 2004. 영천댐의 식물플랑크톤 군집과 환경요인의 동태. 한국조류학회지, 19(3): 227-234.

곽은주, 2004. 키조개, *Atrina pectinata*의 성 성숙에 관한 연구. 여수대 박사학위 청구논문, 104pp.

류호영, 박두원, 정춘구, 1991. 진주 조개 인공종묘 생산에 관한 연구-Ⅰ. 유생의 조기 수용밀도가 유생의 사망률과 성장에 미치는 경향. 1991년 수산진흥원 연구보고발표 자료.

라덕관, 김유봉, 허동균, 1997. 섬진강수계의 이화학적 수질특성. 공업기술연구소논문집, 11: 175-183.

민광식 등, 1994. 굴 인공종묘 생산 기술개발에 관한 연구. 경상남도, 1-223

문창호, 최혜지, 1991. 낙동강 하구 환경특성 및 식물플랑크톤의 군집구조에 관한 연구. 한국해양학회지, 26: 144-154.

배경만, 배평암. 1971. 참굴 채묘에 관하여(Ⅰ). 수진원 연구보고, 8:45-53.

배경만, 배평암. 1972. 참굴 채묘에 관하여 수진원 연구보고, 8:47-54.

신윤경, 김성연, 문태석, 박미선, 김윤, 2002. 양식패류의 생화학적 체성분의 계절적 변화. 한국패류학회지, 18(1):1-8.

식품공학회, 1984. 식품분석법. pp. 208-210.

심재형, 신윤근, 여환구, 1991. 만경, 동진강 하구 표영생태계의 무생물 환경과 일차생산자: Ⅰ. 환경 특성과 식물플랑크톤의 군집구조, 한국해양학회지, 26: 155-168.

심재형, 신윤근, 이원호, 1984. 광양만 식물플랑크톤 분포에 관한 연구. 한국해양학회지, 10: 172-186.

심재형, 신윤근, 조병철, 1993. 만경·동진강 하구에서의 박테리아 및 식물 플랑크톤의 역할과 상호 관계. 한국해양학회지, 28: 107-113.

유성규, 박흠기. 1997. 바윗굴, Crassostrea nippona 유생기의 사육조건과 성장. 한국양식학회

지, 10(2):97-103.

안윤근, 윤호섭, 최상덕, 2006. 서식어장별 수온·염분이 섬진강 강굴, *Crassostrea ariakensis*의 성장에 미치는 영향. 한국환경생물학회지, 24(1): 60-66.

유성규, 2000. 천해양식. 구덕출판사. 639 pp.

이정재, 강경철, 김종철, 2001. 화순 조간대 저서 대형무척추동물의 공간적 종다양성에 관한 연구. 한국패류학회지, 17(1): 63-70.

이필용, 강창근, 최우정, 이원찬, 양한섭, 2001. 한반도 남동 연안 내만 입자유 기물질의 시·공간 변동 특성. 한국수산학회지, 34: 57-69.

유성규, 강경호, 1995. 강굴, *Crassostrea rivularis*의 난발생 및 유생사육에 미치는 수온과 염분의 영향. 한국패류학회지. 11(2): 165-170.

유성규, 임한규, 1996. 사천만산 강굴, *Crassostrea rivularis*의 성장. 한국수산학회지. 118-119.

정보영, 최병대, 문수경, 이종수, 정우건, 김풍호, 1999. 35종 해산 무척추동물의 일반성분조성과 스테롤 함량. 한국수산학회지, 32(2): 192-197.

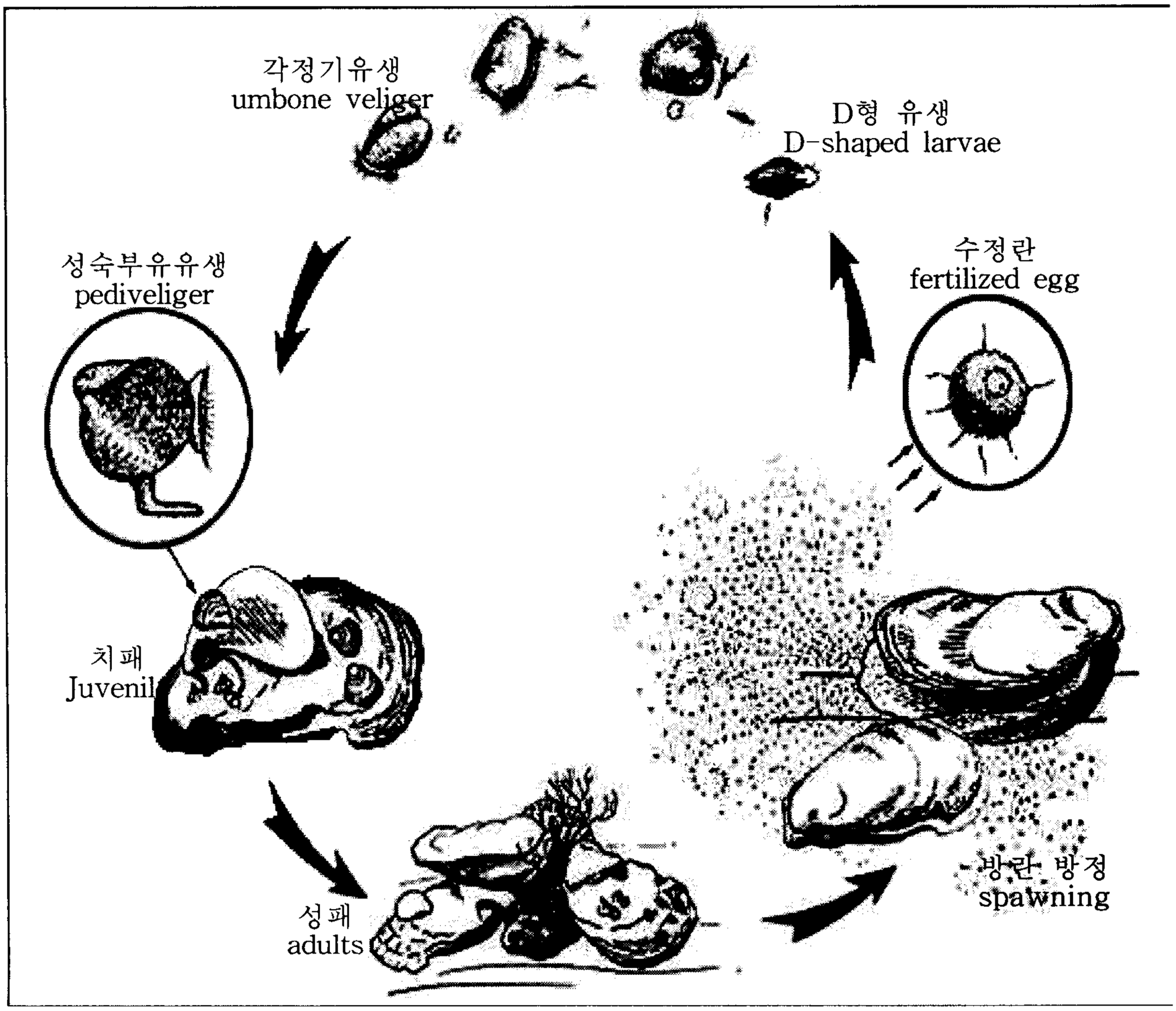
정영호, 1968. 한국동식물도감. 제9권, 식물편(담수조류). 문교부. 삼화출판사, 573 pp.

정준, 1993. 한국담수조류도감. 아카데미서적, 496 pp.

한국동물분류학회, 1997. 한국동물명집. 아카데미서적. 489 pp.

< 부 록>

강굴의 생활사(life cycle)



연구배경 및 실태

섬진강 연간 강굴 생산량
1000톤 [90년대]
→ 200톤 [2005년]
⇒ 낙동강,남강 경우도 수질오염과
유량 감소로 거의멸종

→ 종보존 필요

우리나라 하구역
매립으로 생물 생태계 파괴

→ 합리적 관리를 위한
유용생물 연구필요

섬진강 상류 댐건설

→ 서식환경 악화로 자원감소

산업화 수준은 자연산 채취
일시채롱 축양등 초보단계

→ 강굴산업화를 위한 채묘 및
양식기술 개발 필요

자원량 증대와 양산체제 기술확립

→ 산업화 → 신소득원

인공종묘 생산 모식도

어미의 이동 (5월말경) → 실내 성숙관리(2~3주) →

1~2주 간격

수정율 (적출법) → 자유산란 유도 (수정란 수거)

70% 이상 수정율 ↓ 간출,자외선,수온,담수자극

부화와 유생사육(수정후 18~25일)

수온(25℃), 염분(25psu) ↓ 사육밀도 :D형 10, 각정기5, 부착기1/㎖

인공채묘(수정후20일 전후)

실내사육관리: 5 ~ 7일 ↓

중간양성(8월)

해상중간양성 : 1개월 ↓ 뗏목식 양성장에 수심 2m깊이로 수하

중간 양성치패10mm내외

섬진강 본 양성 이식(9월)

강굴 양성 모식도

조기종묘생산(6월~7월)
실내인공채묘

조기종묘생산(6월~7월)
실내인공채묘

조기종묘생산(6월~7월)
실내인공채묘

태풍홍수 피해예방 이동
(배알도 하류지역)

9월~ 익년 9월 부착생물예방, 생존율향상

중간양성관리
(채묘그물 씌운채 수하식 양성방법)

10월 ~ 익년 5월 상류지역 이동, 비만도 상승, 기호성 개선

상품출하관리
(돈탁, 섬진대교 지역)

향후 연구 방안

조기 종묘 생산을 위한 어미관리

서식처 상류로 확대 ⇒ 지속적인 조사

대량 홍수로 인한 자원량 감소 ⇒ 회복방안

전라남도

경상남도

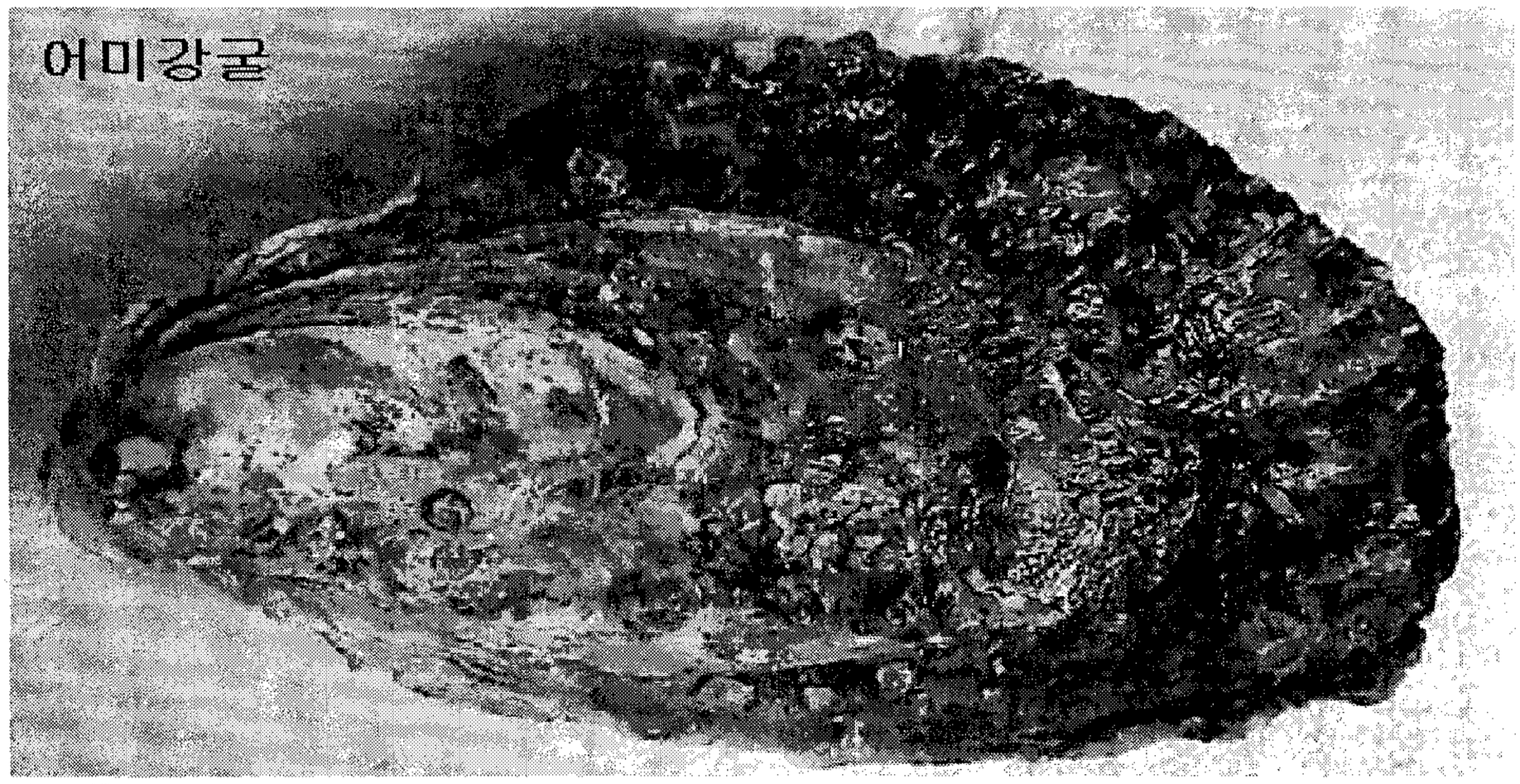
⇓ 인공채묘기술이전(도립연구소)

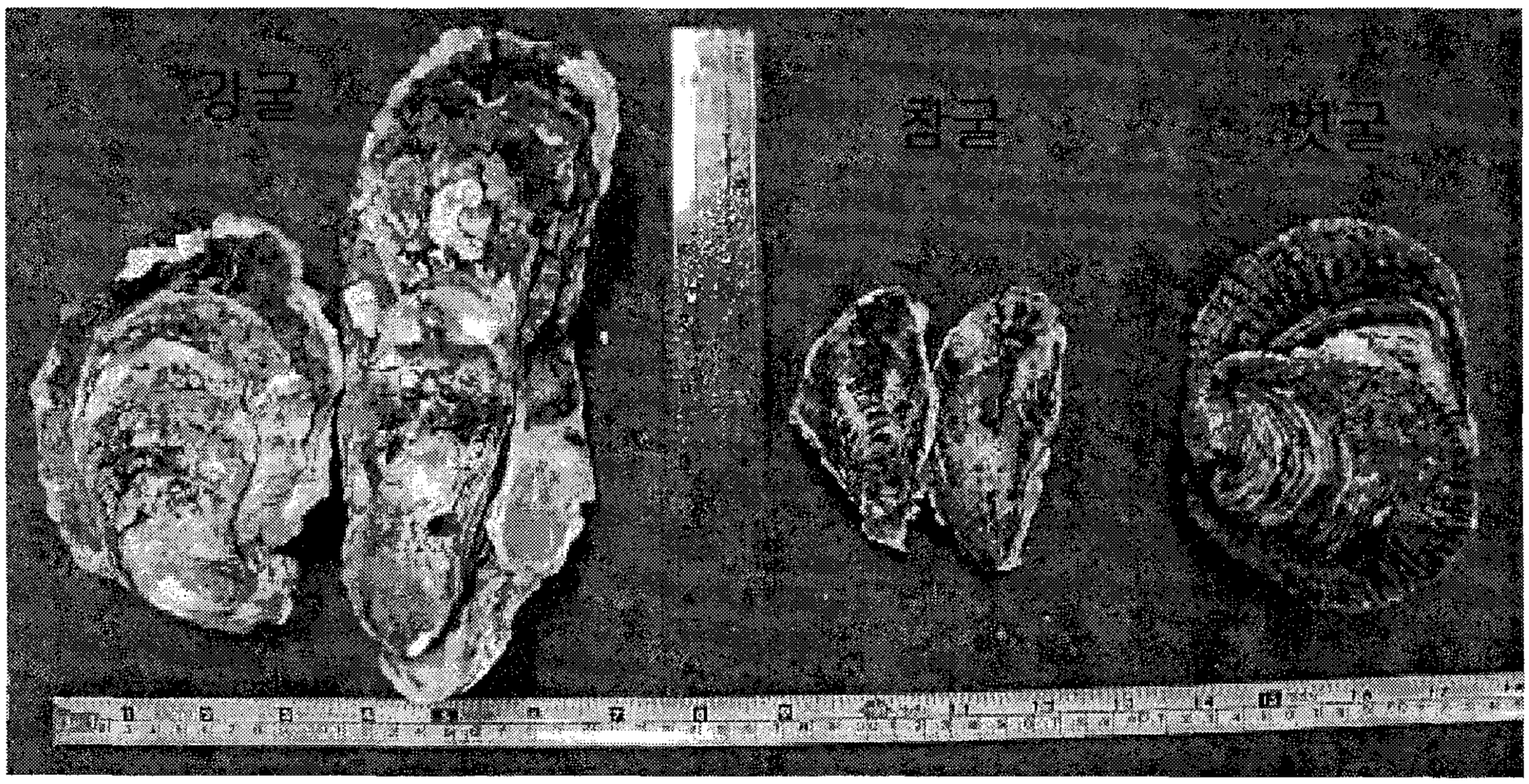
섬진강 하구역의 생산관리

⇓

독특한 특산품을 산업화

○ 강굴인공종묘 생산과정



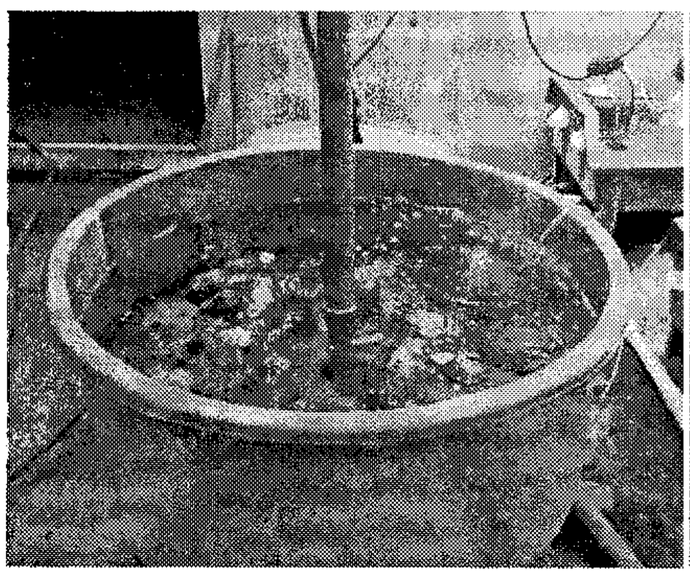


○ 인공종묘생산과정

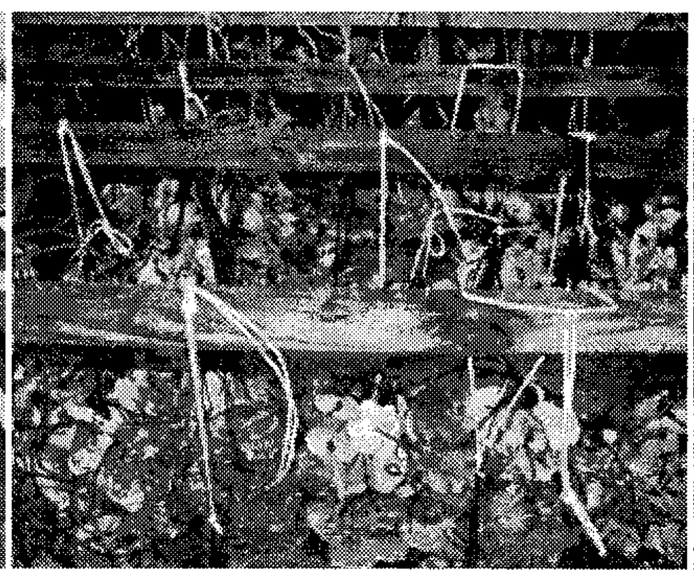
먹이생물배양

모패 숙도 확인

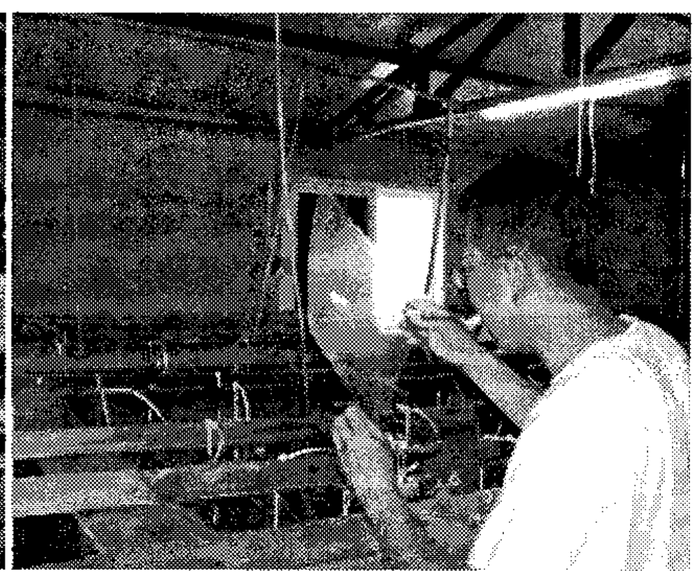
적출법에 의한 수정상태확인



가온에 의한 자연산란유도

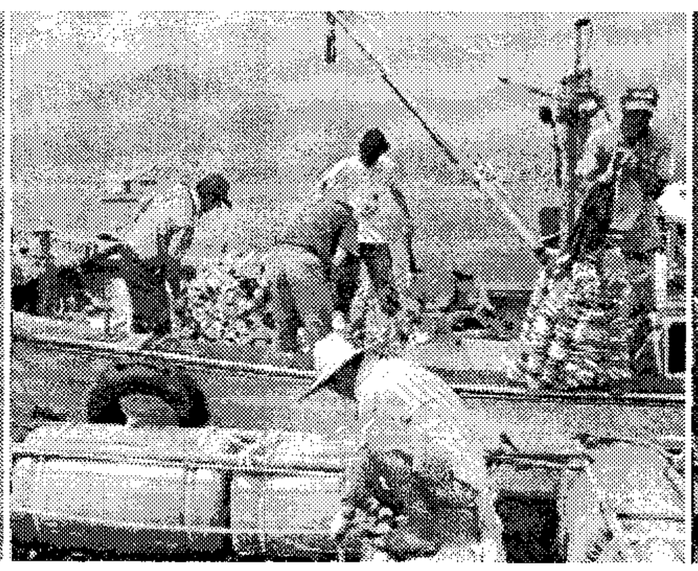


인공종묘생산 채묘기 투입

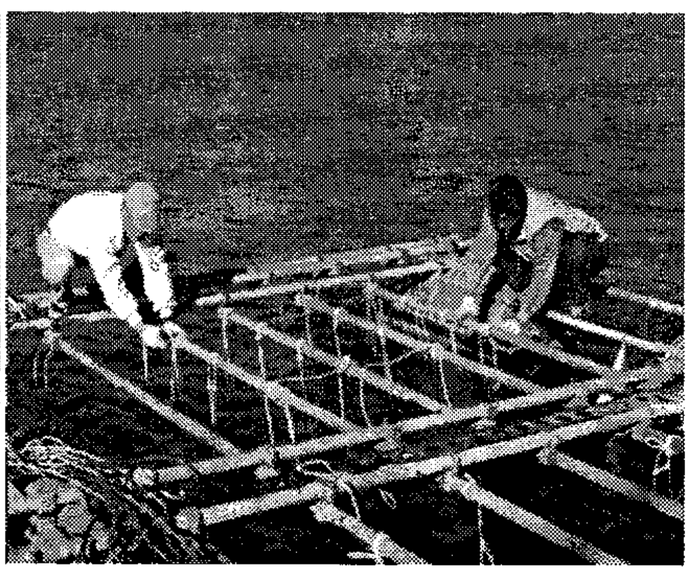


부착상태 확인

인공부착자패 해상 이동



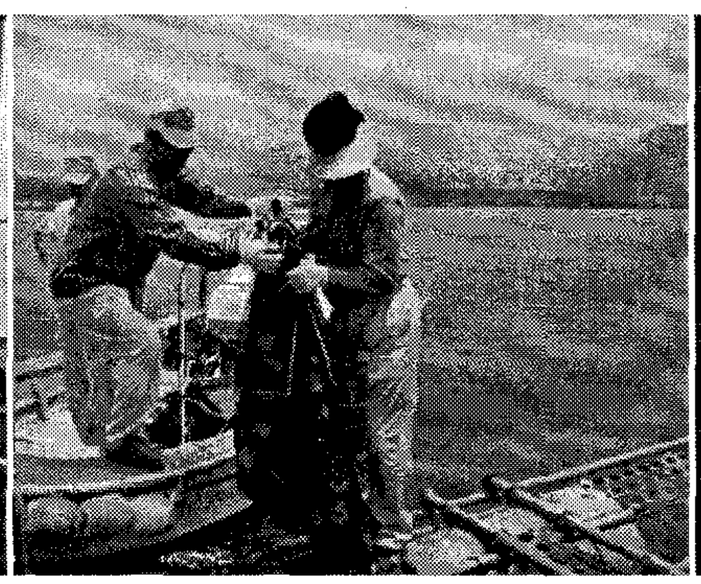
인공부착자패 바다 수하



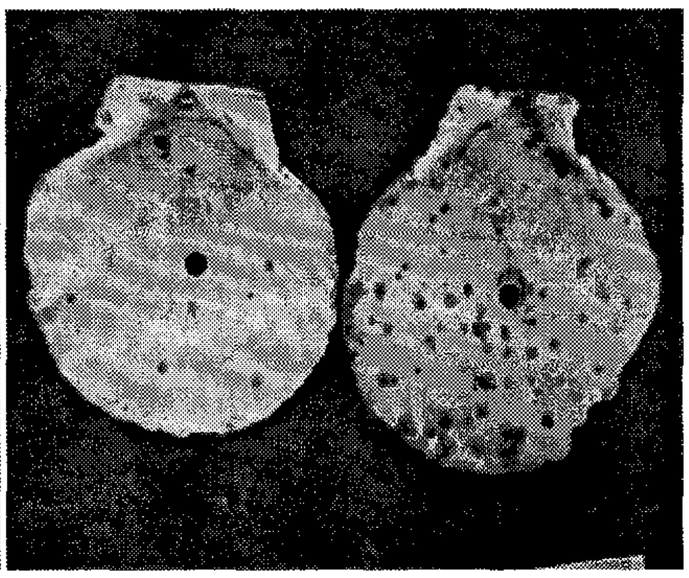
인공종묘 섬진강 이동사육

○ 강굴자연채묘과정

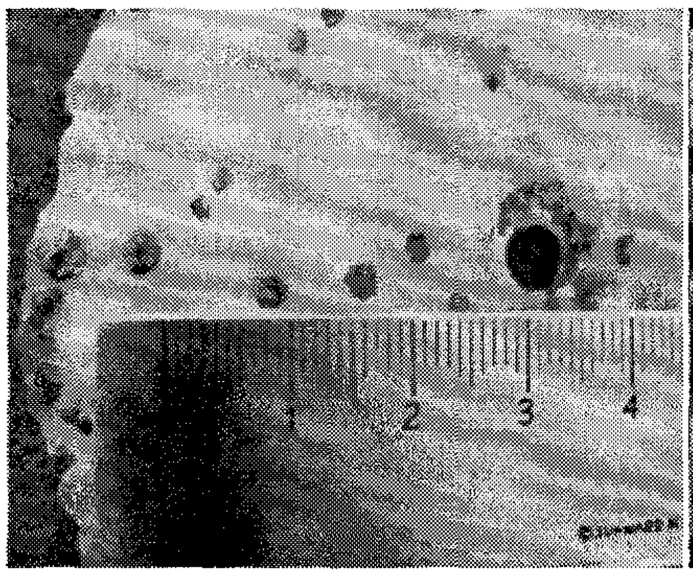
자연채묘시설 준비



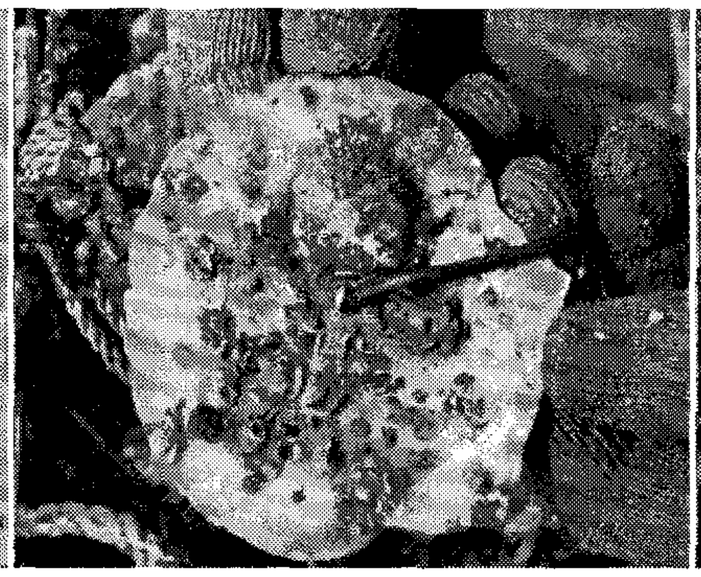
자연 채묘시설



자연채묘 개체수 확인



부착치패 크기 확인

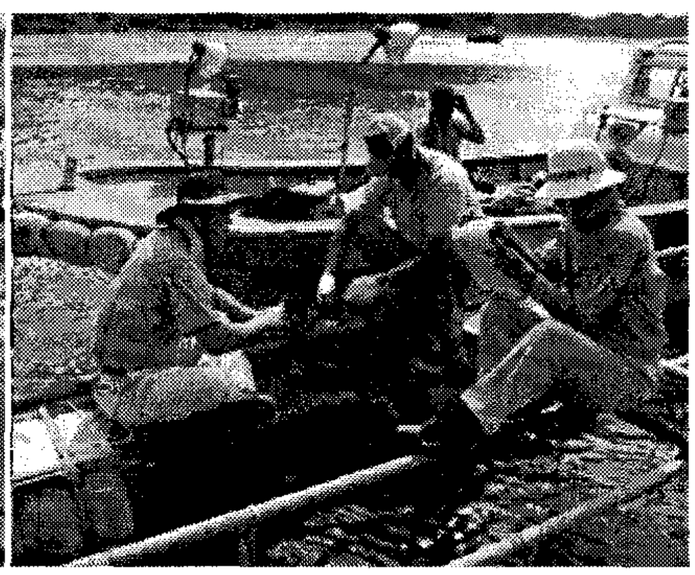


대량부착된 치패

대량부착된 치패

인공부착치패 성장확인

자연치패의 성장확인



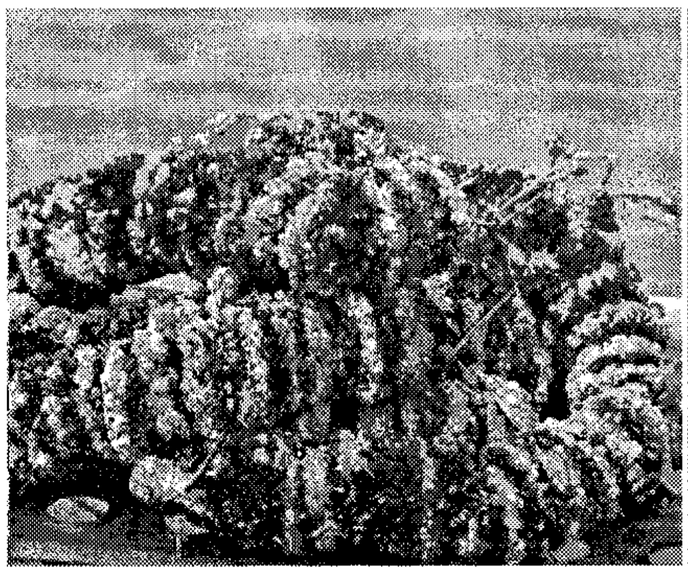
치패부착확인

○ 수산특정연구 사업수행과정

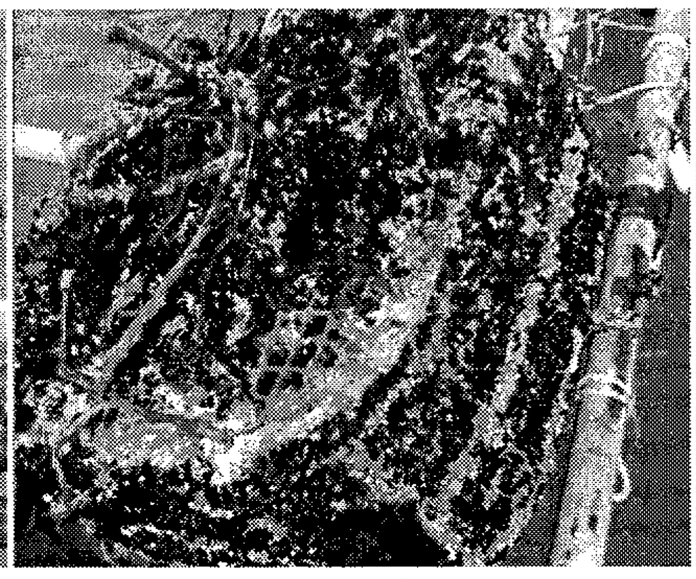
1년생 치패

성장조사

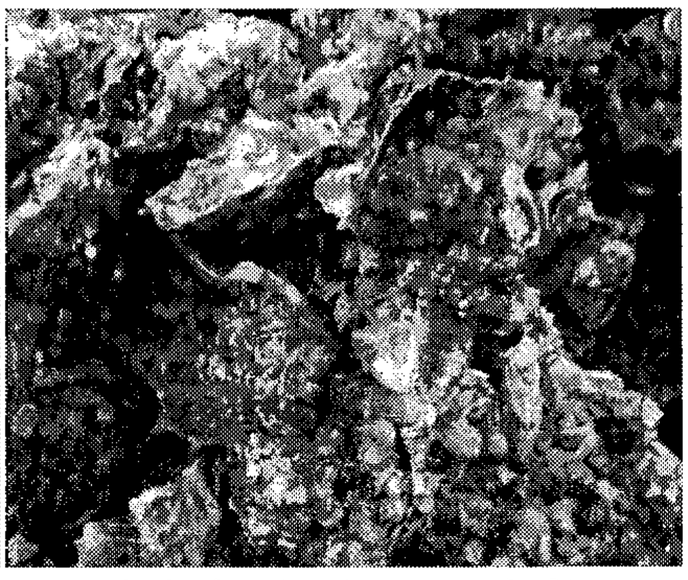
자연부착 강굴



부착생물(채묘연)

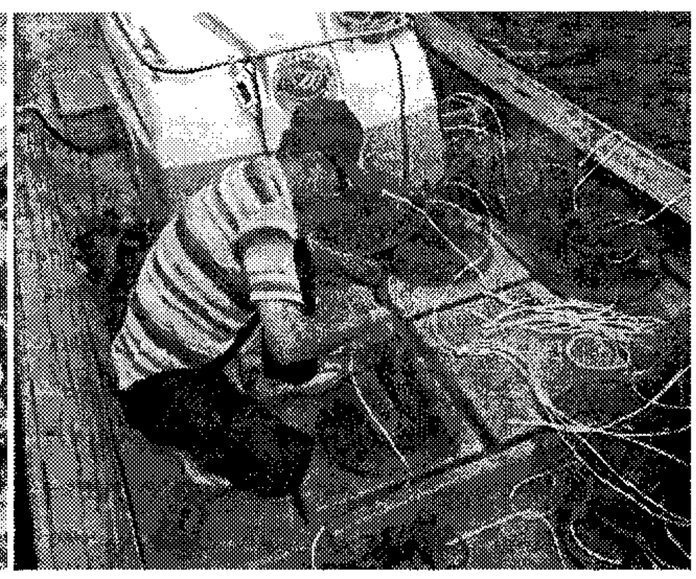


부착생물(채롱식)



부착생물(중층 그물망식)

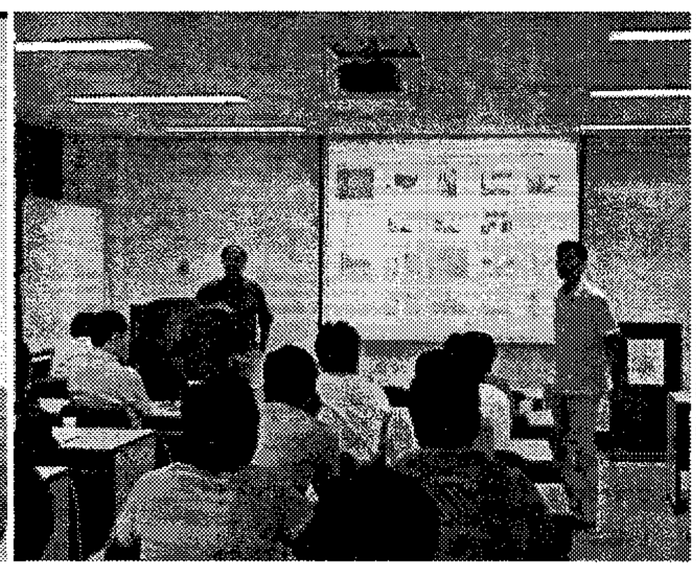
부착생물(저층 그물망식)



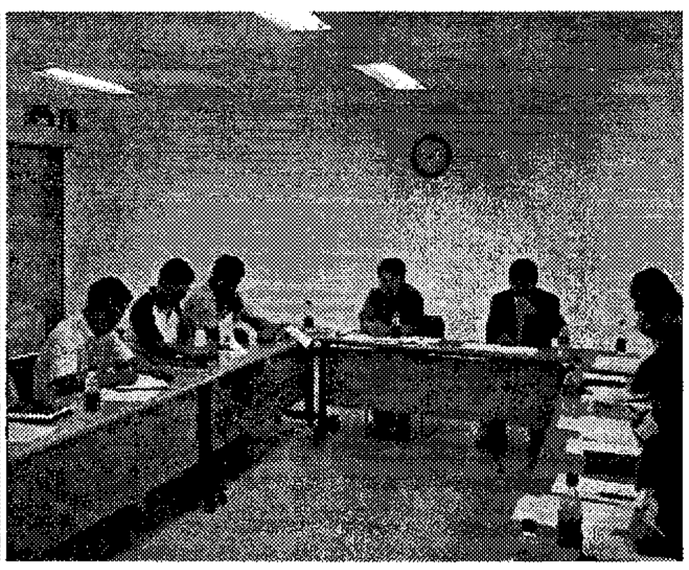
침하식 시설 조립

침하식 자원조성 행사

강굴관련 매스컴



국제세미나 광경



연구원 회의