

碩士學位論文

가막만 참굴, *Crassostrea gigas*의  
성장 및 번식에 관한 연구

濟州大學校 大學院



水産生物學科 도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

李 昌 浩

1999年 12月

# 가막만 참굴, *Crassostrea gigas*의 성장 및 번식에 관한 연구

指導教授 崔 光 植

李 昌 浩

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함.

1999年 12月



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

李 昌 浩의 理學碩士 論文을 認准함.

審査委員長 이 준 백 (인)

委 員 이 영 돈 (인)

委 員 최 광 식 (인)

濟州大學校 大學院

1999年 12月

Growth and Reproduction of the Pacific oyster,  
*Crassostrea gigas* at Kamakman in Yeosu

Chang-Ho, Lee  
(Supervised by Professor Kwang-Sik, Choi)

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

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1999. 12.

## List of Figures

	Page
1. Oyster farming facilities used in Kamakman bay. .... .	6
2. Location of the study area, Kamakman Bay, Korea ... ..	7
3. The location of the twenty strings collected for investigation of growth by depth of <i>C. gigas</i> .. .. .	9
4. Month mean shell length of the oysters collected from three sampling sites in the bay during June 1997 and May, 1998. .	17
5. Month mean tissue wet weight of the oysters collected from three sampling sites in the Bay during July 1997 and May, 1998 . . . . .	22
6. Mean shell length of the oysters by depth categories. Oysters are collected from 20 different sampling sites located at one oyster farm in October, 1997 . . . . .	26
7. Mean tissue wet weight of the oysters by depth categories. Oysters are collected from 20 different sampling sites located at one oyster farm in October, 1997. . . . .	29
8. Mean shell length of the oysters by depth categories. Oysters are collected from 20 different sampling sites located at one oyster farm in March, 1998. .... .	32
9. Mean tissue wet weight of the oysters by depth categories. Oysters are collected from 20 different sampling sites located at one oyster farm in March, 1998. .... .	35
10. Photomicrographs showing eight different categories of gametogenic phase of the female oysters .. .. .	37
11. Photomicrographs showing eight different categories of gametogenic phase of the male oysters. .. .. .	38
12. Seasonal changes in the gametogenic development in female and male oysters .. .. .	40
13. Seasonal changes in the gametogenic development in female oysters in Kamakman bay. .... .	41
14. Seasonal changes in the gametogenic development in male oysters in Kamakman bay. .... .	42

## List of Tables

	Page
1 Description of gonadal development of <i>C. gigas</i> .....	10
2. Shell length (SL) increase in oysters during the course of study, March 1997 and May 1997. . . . .	13
3 Seasonal variation of oyster tissue wet weight at Kamakman Bay during the course of study, March 1997 and May 1995. .....	18
4 Mean shell length (SL) of the oysters collected from one oyster farm by depth categories (DC) in October, 1997 .....	24
5 Mean tissue wet weight (SL) of the oysters collected from one oyster farm by depth categories (DC) in October, 1997. ....	27
6. Mean shell length (SL) of the oysters collected from one oyster farm by depth categories (DC) in March, 1998. ....	30
7 Mean tissue wet weight (SL) of the oysters collected from one oyster farm by depth categories (DC) in March, 1998. ....	33
8. Seasonal variation of gonadal somatic index (GSI) of the oysters, <i>Crassostrea gigas</i> at Kamakman Bay. ....	39

## 목 차

	Page
Summary.....	1
I. 서 론.....	3
II. 재료 및 방법	
1. 가막만의 참굴양식현황.....	5
2. 채집 시기 및 조사 정점.....	5
3. 조사방법.....	8
III. 조사결과	
1. 참굴의 연간 패각성장.....	11
2. 참굴의 연간 육질성장.....	11
3. 가막만 내 1개 양식장에서 관찰된 수심에 따른 참굴의 성장 변이.....	12
4. 가막만 참굴의 연중 생식소 발달.....	23
IV. 고 찰.....	43
V. 참고문헌.....	46
감사의 글	

## SUMMARY

Annual growth and reproduction of the Pacific oysters, *Crassostrea gigas* was investigated at Kamakman Bay along the southern coast of Korea where the oysters are commercially raised to understand temporal and spatial variation of growth and reproduction. Oysters used in the study were hardened for a year at intertidal area and transplanted to the grow-out ground in July 1997. Oysters attached on clusters, made of oyster shells and tied on hanging ropes, were sampled from three different locations over a 14 month period. Shell length, tissue wet weight, dry weight, and reproductive phase of oysters were recorded. For better understanding of spatial variation of growth, oysters were sampled from twenty different sites in the bay in September 1997 and March 1998. Shell length, tissue wet weight, number of mussels and tunicates per cultch, and cultch size were measured. A twenty oyster lanes were also sampled from one oyster farm in October 1997 and March 1998 to examine effects of depth on oyster growth.

Spawning activities of oysters were observed between May and September with a peak in July when water temperature reached to 23 °C. The size of the oysters transplanted in the bay in June 1997 was 15 to 17 mm in shell length and become 55 to 68 mm in length in April 1998 when they were harvested for marketing. Meat weight of the oyster tissues also increased from 1.55 to 2.10 g in July 1997 to

6.23 to 11.19 g in April 1998. Fast shell growth was observed right after transplantation of the oyster from the hardening ground to the culture ground and the growth rate of the shell impeded in fall and winter. In contrast, increase in meat weight was slower at the beginning of the study while the rate of weight gain was rapid during March and May. Food value analyzed in this study indicated that the meat growth of oysters is deeply associated with available food which has seasonal fluctuation. available food is found to be higher in late fall and early spring. Mussel, *Mytilus edulis galloprovincialis* and tunicate, *Styela calva* were the main competitors found along the oyster grow out strings. Distribution of the mussels and tunicates were limited from surface to 2 m depth in most cases.

ANOVA test results indicate that the flow rate affects growth of oysters depending upon size of oysters. Oyster growth in terms of length and weight increase was closely correlated with depth: oysters placed in depth between one and two meter exhibit better growth than the oysters located at surface or depth between two to three meters. The data suggested that depth dependent growth of oysters found in this study is in part associated vertical distribution of food organisms and current velocity. It is believed that vertical and horizontal pattern of oyster growth, as well as temporal changes in the growth analyzed in this study could provide valuable data for managing optimal oyster production in Kamakman bay.

# I. 서 론

참굴 (*Crassostrea gigas*)은 우리 나라 전 연안, 일본 및 중국의 조간대 및 조하대에 분포하는 광범 광온성 이매패류이다. 참굴은 우리 나라, 일본, 및 중국 등지에서 널리 양식되고 있으며 미국의 워싱턴주 연안에 이식되어 상업적으로 양식되고있다. 참굴은 우리 나라 수산 양식 업종 중 가장 높은 생산량을 차지하며, 1997년의 경우 284,472 톤의 참굴이 생산되었다 (수산연감, 1997). 참굴의 양식은 6-7월 경 양성용 치패를 바다에서 채묘한 뒤, 약 1 년간 조간대에서 단련 과정을 거친 후 본 양성장장에서 9-10 개월 간 수하식으로 양성하여 수확하는 방법으로 생산되고있다. 참굴의 주 양식장은 경상남도 통영 일대와 여수 가막만으로 우리 나라 굴 생산량 전체의 95% 정도가 두 지역에서 생산되고있다. 참굴의 성장과 산란은 해수유동, 수온과 염분 등의 물리화학적 환경요인 및 먹이생물과 경쟁생물 등의 생물학적 요인에 영향을 받는다. 특히 해수 유동은 여과섭식자인 굴의 먹이섭취활동에 직접적인 영향을 미치는 환경인자로 알려져있다.

여수 반도 남단과 돌산도에 둘러싸인 가막만은 남북방향의 길이가 15 km, 동서방향의 길이가 9 km인 타원형의 내만으로 평균 수심은 9 m인 천해이다. 가막만의 해저 지형은 오목하게 깊은 북서 내만역 과 수심이 얕고 경사가 완만한 동부 천해역, 중앙으로부터 남쪽으로 갈수록 40 m까지 차츰 깊어지는 만 입구 해역으로 구분된다 (국립수산진흥원, 1978; 수로국, 1978). 가막만은 독특한 지형과 해양수리학적 여건 때문에 기본적으로 3 개의 수괴가 존재하며, 때때로 복잡한 해황을 보인다 (굴수하양식수협, 1985; 이와 조, 1990). 가막만의 기초 생산력은 남해안의 다른 내만보다 비교적 높게 나타나 다양한 수산 생물이 서식하고 있으며, 특히 수하식 굴

양식업이 성행하고있다 (이, 1993) 가막만의 굴 양식 생산량은 우리 나라 전체 굴 생산량의 29%를 차지하며, 이 지역에서 생산된 굴은 미국으로 대부분 수출되고있다. 가막만의 참굴 양식은 1969년부터 북서쪽 내만의 일부 지역에서 뗏목식으로 시작하였으나, 1975년 이후에 연승수하식으로 바뀌면서 활기를 띄게 되었다. 가막만의 경우 수하식 굴 양식 초기에는 해변의 무질서한 이용으로 만 내의 지역별, 연도별 생산량 변동이 심하였으나 어장 정리 사업으로 그 생산량은 일정하게 유지되고있다 (조 외, 1996). 그러나 다른 지역과 같이 가막만의 굴 양식 생산량은 해마다 감소 추세를 보이고 있으나 그 원인에 대한 연구는 미진한 실정이다.

이 연구는 가막만에 있어 효과적인 굴 양식장의 이용 및 적정생산량을 추정하기위한 연구의 일환으로, 굴의 성장 및 산란에 영향을 미치는 물리화학적 환경 인자와 참굴의 계절별 성장 및 산란에 대한 기초 자료를 확보하는데 그 목적이 있다.



## II. 재료 및 방법

### 1 가막만의 참굴 양식 현황

가막만의 굴 양식은 산란기에 채묘연을 바다에 설치하여 얻어지는 자연 종묘를 대상으로 한다. 양식에 쓰이는 참굴은 6-7월 경 가막만 또는 주변의 광양만 등지에서 굴 패각을 3 m 길이의 연승에 20 cm 간격으로 고정시킨 채묘연을 이용하여 채집한다 (Figure 1). 채묘연은 조간대에 설치된 단련상으로 옮겨져 단련 과정을 거치며, 10-12 개월의 단련기간을 거친다. 단련 기간 중 참굴의 성장은 억제되어 채묘 후 이듬해가 될 경우 그 패각의 길이는 1-2 cm 에 불과하다. 단련을 마친 굴은 이듬해 본 양성장으로 옮겨져 수하시설에 매달리게 되며, 본 양성장의 수심은 평균 6-8 m 이다. 6-7월 경 본 양성장애 옮겨진 단련 종굴은 다음에 3-4월경에 수확하게 된다. 가막만의 참굴 양식장은 만 입구와 만 중부에 집중되어 있으며, 특히 돌산도 연안에 위치한 항대리 부근에 집중되고 있다.

### 2. 채집 시기 및 조사 점점

참굴의 계절에 따른 성장 및 산란을 조사하기 위하여 1997년 4월부터 1998년 5월까지 매월 25일을 전후로 만의 입구, 중부 및 북부 3개의 정점을 설치하여 총 14회에 걸쳐 조사하였다 (Figure 2). 한편, 월별 조사를 위한 3개의 정점과는 별도로 1997년 10월과 1998년 3월, 2 회에 걸쳐 1개

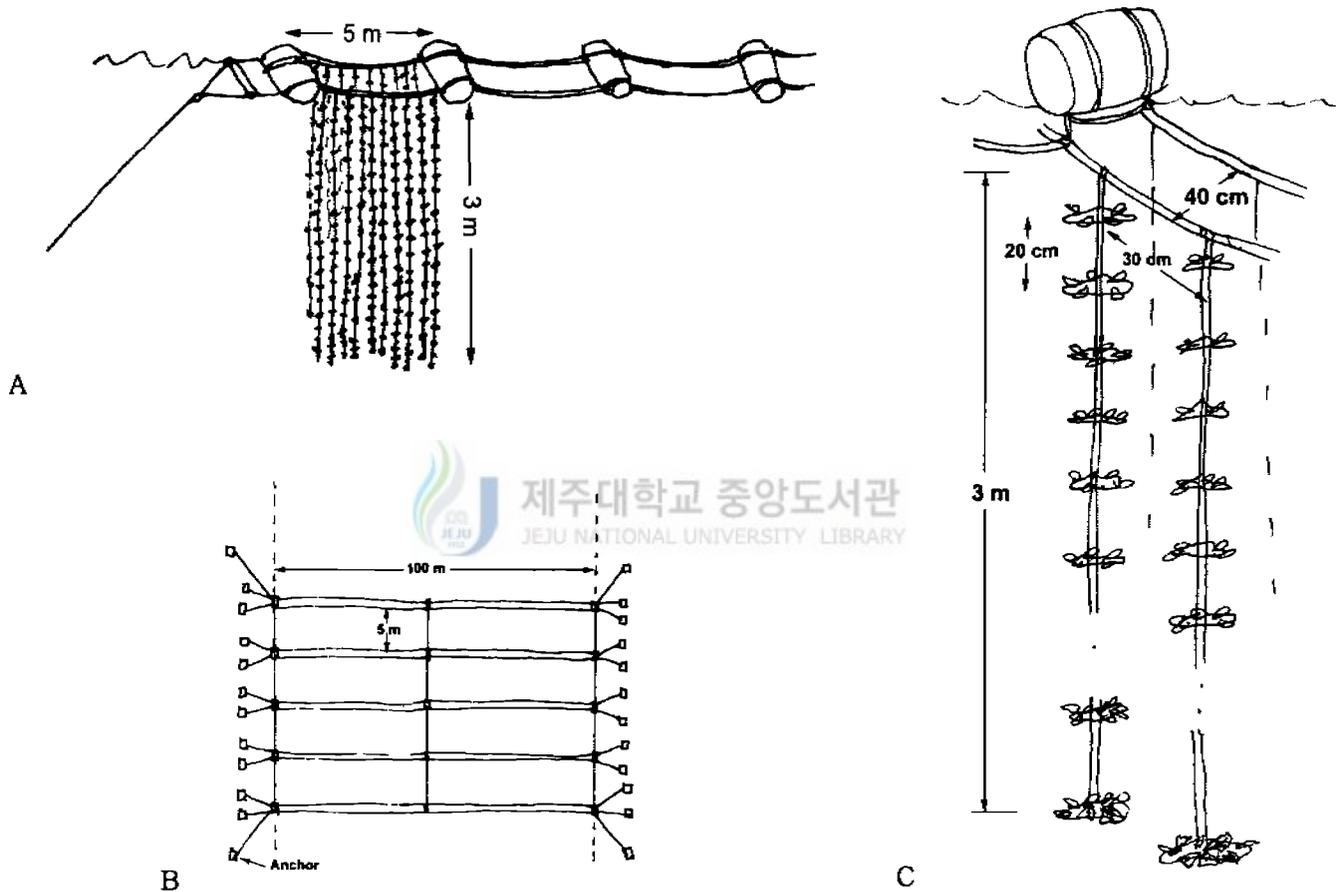


Figure 1. Oyster farming facilities used in Kamakman bay. A. Lateral view, B, Plain view, and C, arrangement of hanging lopes for grow out.

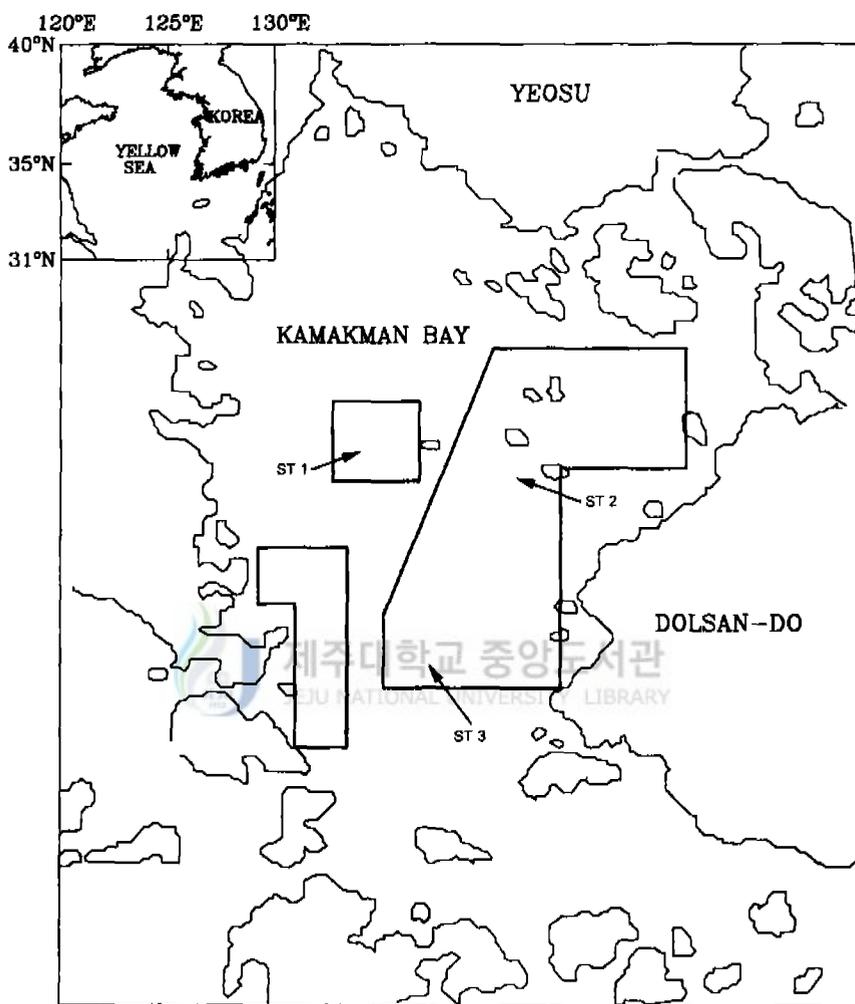


Figure 2 Location of the study area, Kamakman Bay, Korea

양식 시설 내 20개 수하연을 수확하여 수심별 참굴의 패각과 육중량을 조사하였다 (Figure 3).

### 3. 조사 방법

참굴의 월별 성장은 3개의 조사정점에서 1개의 수하연을 채집하여 이에 부착된 굴을 이용하였다. 20 cm 간격으로 수하연에 메달린 채묘기로부터 부착된 모든 굴을 떼어내어 이들의 수직적 채집 위치를 기록하였다. 참굴의 패각 길이는 버니어캘리퍼스를 이용하여 1 mm까지 측정하였다. 길이 측정이 완료된 개체는 개각한 후 육질을 분리한 뒤, 과다한 습기를 제거한 뒤 전자저울을 이용하여 0.01 g 까지 기록하였다. 습중량 측정이 완료된 시료의 일부는 계절에 따른 참굴의 번식 주기를 관찰하기 위하여 Bouins solution에 24 시간 고정하였다. 고정이 완료된 시료는 흐르는 물에 수세한 뒤 알코올을 이용하여 탈수한 다음 파라핀에 포매하였다. 파라핀에 포매된 시료는 마이크로톰을 이용하여 6  $\mu$ m 두께로 자른 뒤 절편을 제작하였다. 조직절편은 합수 과정을 거쳐 Harri's hematoxylin과 Eosin Y로 비교 염색한 후 현미경을 이용하여 관찰하였다. 참굴의 생식 주기는 Powell et al. (1993)의 기준에 따라 8 등급으로 구분하여 기록하였다 (Table 1).

참굴의 성장을 파악하기 위하여 가막만 중부에 위치한 1 개 양식장을 선택하여 1997년 10월 및 1998년 3월, 2회에 걸쳐 20개의 수하연을 수거한 뒤, 깊이별 참굴의 개체수, 크기, 습중량, 부착생물의 수 등을 기록하였다.

자료분석은 통계처리 프로그램인 SAS를 이용하여 ANOVA (analysis of variance) 및 Duncan의 range test등을 이용하여 계절적, 지역적, 수직적 참굴의 성장을 비교하였다.

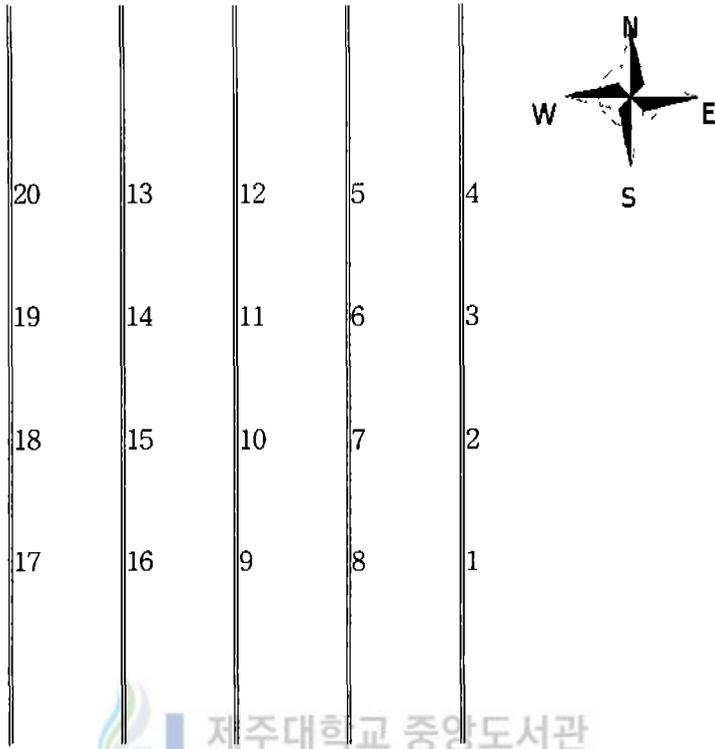


Figure 3. The location of the twenty strings collected for investigation of growth by depth of *C. gigas*.

Table 1. Description of gonadal development of *C. gigas* (Powell et al., 1993).

Developmental Stage	Numerical Code	Condition of Gonad
Sexually undifferentiated	1	Little or no gonadal tissue visible
Early development.	2	Follicles beginning to expanded.
Mid development	3	Follicles expanded and beginning to coalesce, no mature gametes present
Late development	4	Follicles greatly expanded, and coalesced, but considerable connective tissue remaining, some mature gametes present.
Fully developed	5	Most gametes mature, little connective tissue remaining.
Spawning	6	Gametes visible in gonoduct.
Spawned I	7	Reduced number of gametes, some mature gametes still remaining, evidence of renewed reproductive activity
Spawned II	8	Few or no gametes visible; gonadal tissue atrophying.

### III. 결 과

#### 1. 참굴의 연간 패각 성장

가막만 내에 설치한 3 개 조사 정점에서 14개월 간 관찰한 참굴의 패각 성장은 Figure 4. 및 Table 2 와 같다. 97년 3월과 5월 수확기에 채집된 참굴의 크기는 평균 각장 45 내지 60 mm 이었다. 패각의 길이는 수심과 연관이 있는 것으로 나타났으며, 특히 저층 (수심 2 - 3 m)에 위치한 굴의 크기는 표층 (0 - 1 m) 이나 중층 (1 - 2 m)에 위치한 굴의 크기보다 작았다. 이 기간 중 채집된 개체 중 가장 큰 것은 105 mm, 가장 작은 것은 5.7 mm 이었는데, 작은 개체는 단련된 굴 보다는 전년도 가을에 착저한 개체로 생각되었다.

97년 6월 단련상에서 본 양성장으로 이식된 참굴의 크기는 평균 각장 16 내지 19 mm 정도의 소형 개체였다. Figure 4에서 볼 수 있듯이 단련 굴은 이식 직후부터 10월까지 매우 빠른 속도로 성장하여 10월경에는 평균 각장 49.58 mm로 성장하였다. 그러나 패각 성장은 10월 이후부터 이듬해 2월까지 별다른 성장을 보이지 않았으나, 수온이 점차 상승하는 3월부터 다시 빠른 성장을 보이기 시작하였다. 이러한 이식 초기 단련굴의 급격한 패각 성장은 잘 알려진 사실이며, 그 원인은 조하대로의 이식에 따른 먹이 섭취 시간의 증가와 성장에 보다 적절한 환경이 제공된 데 기인한 것으로 생각된다.

#### 2. 참굴의 연간 육질 성장

97년 3월부터 98년 5월까지 가막만 내 3 개 조사 정점에서 월별로 채집된 참굴의 평균 육질 중량은 Table 3 및 Figure 3 과 같다. 수확기인 97년 3월말부터 5월까지 채집된 굴의 평균 육중량은 46 - 10.0 g 이었으며, 97년 5월에 채집된 개체의 평균 육중량은 6.1 - 10.1 g 이었다. 수심에 따른 평균 육중량의 변화는 뚜렷하지 않았으나, 일반적으로 중층에 위치한 참굴의 육중량이 표층이나 저층에 위치한 참굴의 육중량 보다 높게 나타났다. 97년 7월에 측정된 개체의 평균 육중량은 1.2 - 2.1 g 정도였다. 패각의 성장과 달리 시간에 따른 육질의 증가는 비교적 완만한 양상을 보였으나 10월에서 이듬해 1월까지의 육질의 증가가 둔화되었다. 그러나 98년 2월부터 육질의 증가는 급격한 양상을 보여 4월과 5월에는 매우 급격한 육질의 증가 현상을 보였다. 이러한 급격한 육질의 증가는 참굴의 번식 활동과 깊은 연관이 있는 것으로 판단되었으며, 참굴 생식소의 조직학적 검사 결과 이 시기에 난 및 정소의 활발한 발달이 있었다.

### 3. 가막만 내 1 개 양식장에서 관찰된 수심에 따른 참굴의 성장 변이



참굴의 성장은 이들이 분포한 수심과도 밀접한 관계를 갖는 것으로 알려져 있다. 이를 조사 하기 위하여 97년 10월과 98년 3월 가막만 내 1 개 조사 정점의 20 개 수하연에서 채집하였다. 97년 10월에 관측된 참굴의 패각 성장은 Figure 6 및 Table 4. 과 같다 이 기간 중 채집된 참굴은 각 수하연 당 44 - 101 개체였으며, 이들의 각장은 42.8 - 56 mm 였다. 한편 이 기간 중 채집된 참굴의 육중량은 Figure 7. 및 Table 5.와 같았다. 20 개 수하연에서 채집된 참굴의 육중량은 평균 2.42 - 4.4 g 정도이었다. 각 수하연 간의 패각 성장은 통계적으로 유의차가 없었으나, 일반적으로 만의 동쪽, 즉 만 중앙쪽에 위치한 수하연에서 채집된 참굴의 성장이 다

Table 2. Shell length (SL) increase in oysters during the course of study, March 1997 and May 1997 (PER=Sampling Month, ST=Sampling Station, DC=Depth Class, AT=Top (0-100 cm), BM=Middle (100-200 cm), CB=Bottom (200-300 cm), N=Number of oyster analyzed, MEANSL=Average, STDSL=Standard Deviation, SESL=Standard Error, RNGSL=Range, MINSL=Minimum value observed, MAXSL=Maximum value observed, · =missing data)

(unit : mm)

PER	ST	DC	N	MEANSL	STDSL	SESL	RNGSL	MINSL	MAXSL
9703	1	AT	53	52.21	13.15	1.81	59.00	22.00	81.00
9703	1	BM	38	54.32	11.30	1.83	59.00	40.00	99.00
9703	1	CB	37	48.07	10.38	1.71	56.40	26.00	82.40
9703	2	AT	41	47.42	12.40	1.94	45.00	25.50	70.50
9703	2	BM	26	55.12	9.46	1.86	38.00	41.50	79.50
9703	2	CB	41	47.18	8.18	1.28	32.20	31.00	63.20
9703	3	AT	43	58.52	19.17	2.92	93.80	5.70	99.50
9703	3	BM	44	63.03	14.19	2.14	59.20	29.00	88.20
9703	3	CB	23	58.48	12.92	2.69	45.00	32.50	77.50
9704	1	AT	37	60.11	22.51	3.70	78.50	26.50	105.00
9704	1	BM	46	57.82	15.71	2.32	63.60	30.00	93.60
9704	2	AT	27	53.11	11.58	2.23	47.00	34.00	81.00
9704	2	BM	27	52.33	11.05	2.13	51.50	24.00	75.50
9704	2	CB	7	45.71	9.75	3.69	31.00	30.00	61.00
9704	3	AT	69	59.07	12.84	1.55	59.50	21.00	80.50
9704	3	BM	45	61.04	11.30	1.69	49.80	40.20	90.00
9704	3	CB	38	56.45	12.48	2.02	49.50	35.90	85.40
9705	1	AT	12	53.62	7.84	2.26	23.10	40.20	63.30
9705	1	BM	28	59.73	10.07	1.90	42.10	41.70	83.80
9705	1	CB	23	52.21	8.51	1.78	32.70	38.00	70.70
9705	2	AT	23	53.02	7.68	1.60	32.20	40.00	72.20
9705	2	BM	38	57.83	8.25	1.34	29.00	42.00	71.00
9705	2	CB	7	54.61	6.27	2.37	16.50	47.50	64.00
9705	3	AT	24	49.98	7.12	1.45	28.00	33.50	61.50
9705	3	BM	57	51.55	12.35	1.64	55.50	30.50	86.00
9705	3	CB	32	54.68	13.00	2.30	62.50	13.00	75.50
9706	1	AT	121	15.26	6.15	0.56	28.00	5.20	33.20
9706	1	BM	114	15.17	4.90	0.46	24.50	5.00	29.50
9706	1	CB	18	17.25	5.43	1.28	23.50	8.00	31.50

Table 2. Continued

PER	ST	DC	N	MEANSL	STDSSL	SESL	RNGSL	MINSL	MAXSL
9706	2	AT	87	19.27	6.03	0.65	31.00	9.00	40.00
9706	2	BM	100	19.68	4.99	0.50	22.50	10.00	32.50
9706	2	CB	108	18.69	4.56	0.44	24.70	8.50	33.20
9706	3	AT	73	17.74	4.79	0.56	20.50	8.50	29.00
9706	3	BM	66	17.15	4.15	0.51	21.00	9.20	30.20
9706	3	CB	44	16.35	3.73	0.56	16.00	10.20	26.20
9706	4	AT	18	68.79	10.64	2.51	36.10	51.00	87.10
9707	1	AT	157	30.86	6.52	0.52	30.30	16.10	46.40
9707	1	BM	87	30.55	5.76	0.62	28.90	17.70	46.60
9707	1	CB	45	30.87	5.29	0.79	23.80	20.40	44.20
9707	2	AT	78	36.96	9.15	1.04	47.20	14.80	62.00
9707	2	BM	123	37.21	9.30	0.84	44.50	15.70	60.20
9707	2	CB	8	37.28	7.84	2.77	21.90	26.20	48.10
9707	3	AT	177	27.73	6.32	0.47	34.50	12.00	46.50
9707	3	BM	158	28.05	6.78	0.54	37.70	11.30	49.00
9707	3	CB	26	30.28	8.52	1.67	34.20	14.80	49.00
9708	1	AT	98	45.67	7.51	0.76	42.80	22.00	64.80
9708	1	BM	62	46.39	8.93	1.13	41.40	25.80	67.20
9708	1	CB	36	43.14	7.65	1.28	31.20	30.80	62.00
9708	3	AT	76	44.45	7.82	0.90	34.90	30.50	65.40
9708	3	BM	69	40.55	5.96	0.72	27.00	28.00	55.00
9708	3	CB	43	35.54	6.65	1.01	34.30	24.50	58.80
9709	1	AT	154	47.96	11.47	0.92	66.00	18.00	84.00
9709	1	BM	111	53.08	8.73	0.83	50.00	34.00	84.00
9709	1	CB	154	44.03	8.03	0.65	42.80	18.00	60.80
9709	2	AT	74	46.25	10.23	1.19	45.70	19.80	65.50
9709	2	BM	81	49.33	10.01	1.11	48.30	27.50	75.80
9709	2	CB	68	50.51	10.51	1.27	51.70	26.50	78.20
9709	3	AT	152	52.64	12.00	0.97	65.80	20.00	85.80
9709	3	BM	145	55.54	9.22	0.77	44.10	37.20	81.30
9709	3	CB	155	49.23	9.28	0.75	60.60	13.30	73.90

Table 2. Continued

PER	ST	DC	N	MEANSL	STDSL	SESL	RNGSL	MINSL	MAXSL
9710	1	AT	23	58.59	10.48	2.19	48.30	40.80	89.10
9710	1	BM	23	54.12	11.88	2.48	52.00	36.20	88.20
9710	1	CB	5	47.68	14.78	6.61	36.10	32.00	68.10
9710	2	AT	60	52.01	11.76	1.52	54.20	28.80	83.00
9710	2	BM	47	52.87	12.83	1.87	51.70	27.40	79.10
9710	2	CB	68	56.03	12.57	1.52	48.60	33.60	82.20
9710	3	AT	139	54.50	11.14	0.95	62.20	26.10	88.30
9710	3	BM	102	52.54	11.25	1.11	52.70	24.50	77.20
9710	3	CB	128	52.10	11.41	1.01	64.00	24.00	88.00
9711	1	AT	95	60.85	11.07	1.14	63.20	34.00	97.20
9711	1	BM	95	60.34	11.84	1.21	58.50	31.50	90.00
9711	1	CB	31	55.83	10.41	1.87	41.00	38.50	79.50
9711	2	AT	203	49.58	9.31	0.65	51.90	19.20	71.10
9711	2	BM	127	49.30	10.19	0.90	50.00	28.00	78.00
9711	2	CB	48	46.79	8.38	1.21	37.00	30.00	67.00
9711	3	AT	116	51.33	12.53	1.16	77.40	23.60	101.00
9711	3	BM	139	52.81	12.66	1.07	77.20	26.20	103.40
9711	3	CB	12	50.38	7.83	2.26	27.30	39.40	66.70
9712	1	AT	77	52.14	12.34	1.41	59.00	26.50	85.50
9712	1	BM	94	57.42	12.10	1.25	53.50	31.50	85.00
9712	1	CB	65	53.96	11.30	1.40	54.80	27.20	82.00
9712	2	AT	165	51.13	8.47	0.66	53.50	34.50	88.00
9712	2	BM	94	57.21	11.78	1.21	51.50	31.50	83.00
9712	2	CB	65	53.96	11.30	1.40	54.80	27.20	82.00
9712	3	AT	134	51.30	11.49	0.99	55.40	23.60	79.00
9712	3	BM	117	50.19	10.02	0.93	49.90	28.50	78.40
9712	3	CB	9	46.99	7.17	2.39	19.00	36.60	55.60
9801	1	AT	26	53.50	8.86	1.74	38.50	34.00	72.50
9801	1	BM	33	51.88	8.23	1.43	33.00	35.50	68.50
9801	2	AT	45	45.51	9.56	1.42	41.40	30.00	71.40
9801	2	BM	63	52.15	13.37	1.68	53.50	28.50	82.00
9801	2	CB	13	48.45	9.83	2.73	28.40	34.10	62.50

Table 2. Continued

PER	ST	DC	N	MEANSL	STDSL	SESL	RNGSL	MINSL	MAXSL
9801	3	AT	63	50.47	9.97	1.26	51.50	19.50	71.00
9801	3	BM	60	52.96	9.44	1.22	40.50	31.00	71.50
9801	3	CB	24	51.91	9.63	1.97	34.70	32.50	67.20
9802	2	BM	65	50.53	13.30	1.65	66.90	22.80	89.70
9802	2	CB	12	49.44	10.32	2.98	32.90	33.70	66.60
9802	3	AT	59	53.81	14.15	1.84	59.90	23.10	83.00
9802	3	BM	91	58.78	16.31	1.71	88.70	25.40	114.10
9802	3	CB	85	59.97	16.02	1.74	72.40	28.10	100.50
9803	1	AT	36	50.62	14.31	2.38	65.20	24.00	89.20
9803	1	BM	48	53.36	11.21	1.62	59.00	25.00	84.00
9803	1	CB	50	56.15	11.67	1.65	48.50	34.50	83.00
9803	2	AT	108	55.89	11.26	1.08	65.50	28.00	93.50
9803	2	BM	108	53.94	10.25	0.99	61.50	28.00	89.50
9803	2	CB	72	52.97	10.38	1.22	57.50	24.00	81.50
9803	3	AT	100	58.10	10.89	1.09	50.00	38.00	88.00
9803	3	BM	149	56.55	11.17	0.91	61.20	29.00	90.20
9803	3	CB	154	54.14	9.26	0.75	51.00	35.00	86.00
9804	1	AT	113	60.44	10.22	0.96	50.50	38.50	89.00
9804	1	BM	112	60.61	10.70	1.01	52.00	39.50	91.50
9804	1	CB	106	55.00	9.06	0.88	54.00	35.50	89.50
9804	2	AT	63	68.94	9.26	1.17	51.50	46.50	98.00
9804	2	BM	68	68.56	11.52	1.40	52.50	46.00	98.50
9804	2	CB	34	65.26	10.34	1.77	40.00	45.00	85.00
9804	3	AT	105	61.86	14.38	1.40	73.50	23.50	97.00
9804	3	BM	79	59.19	12.74	1.43	59.50	32.00	91.50
9804	3	CB	54	57.64	12.19	1.66	53.50	41.50	95.00
9805	2	AT	190	73.33	10.37	0.75	59.80	49.20	109.00
9805	4	AT	76	75.57	11.96	1.37	49.50	53.00	102.50

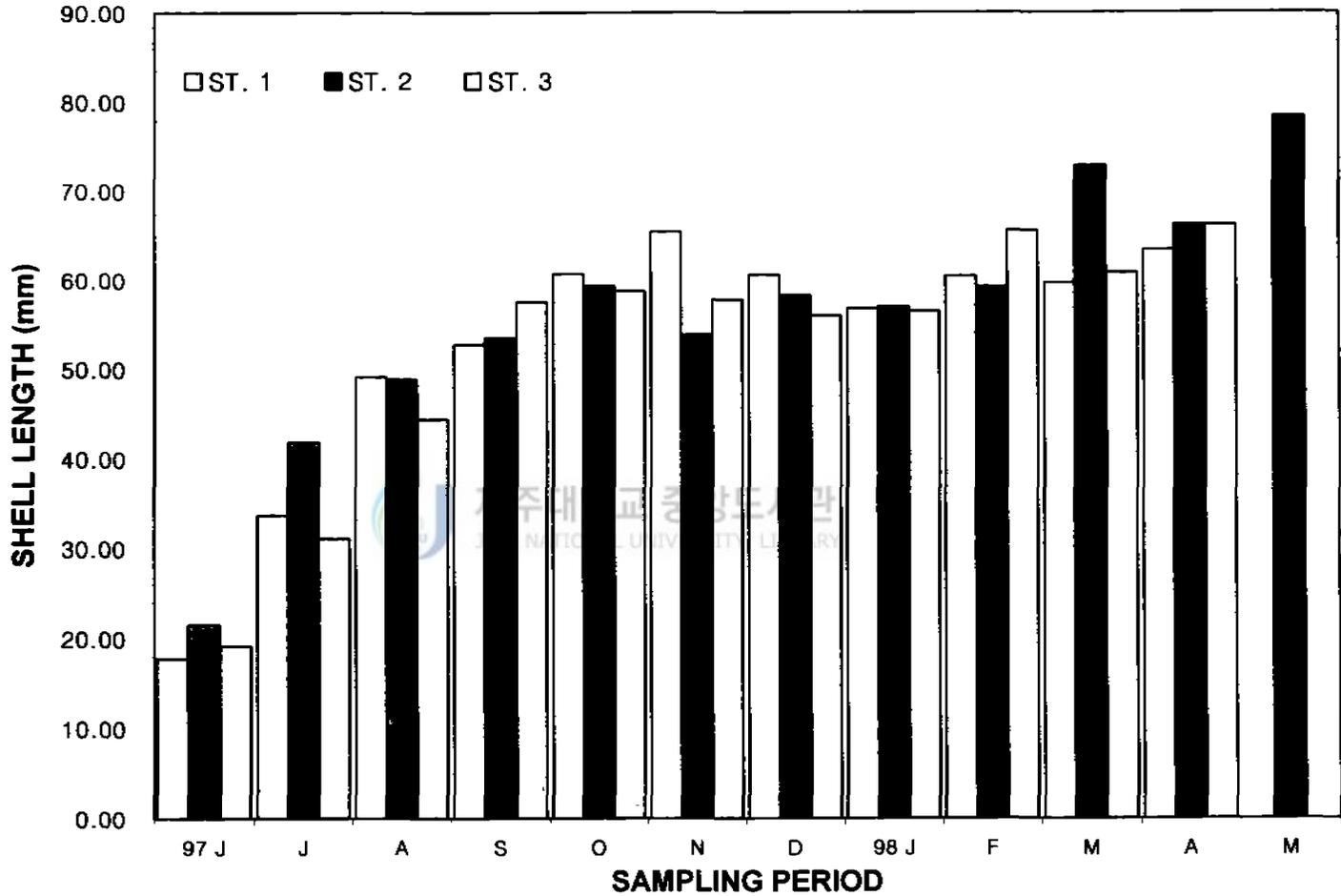


Figure 4. Month mean shell length of the oysters collected from three sampling sites in the bay during June 1997 and May, 1998.

Table 3. Seasonal variation of oyster tissue wet weight at Kamakman Bay during the course of study, March 1997 and May 1995 (PER=Sampling Month, ST=Sampling Station, DC=Depth Class, AT=Top (0-100 cm), BM=Middle (100-200 cm), CB=Bottom (200-300 cm), N=Number of oyster analyzed, MEANWWT=Average, STDWWT=Standard Deviation, SEWWT=Standard Error, RNGWWT=Range, MINWWT=Minimum value observed, MAXWWT=Maximum value observed, · =missing data).

(unit : g)									
PER	ST	DC	N	MEANWWT	STDWWT	SEWWT	RNGWWT	MINWWT	MAXWWT
9703	1	AT	53	4.60	2.84	0.39	10.50	0.57	11.07
9703	1	BM	38	4.87	2.40	0.39	11.19	1.54	12.73
9703	1	CB	37	4.72	2.78	0.46	14.47	0.96	15.43
9703	2	AT	0	·	·	·	·	·	·
9703	2	BM	0	·	·	·	·	·	·
9703	2	CB	0	·	·	·	·	·	·
9703	3	AT	0	·	·	·	·	·	·
9703	3	BM	0	·	·	·	·	·	·
9703	3	CB	0	·	·	·	·	·	·
9704	1	AT	34	8.56	5.99	1.03	22.16	1.12	23.28
9704	1	BM	45	8.01	5.26	0.78	17.53	1.53	19.06
9704	2	AT	27	5.18	2.36	0.45	7.89	2.26	10.16
9704	2	BM	27	5.85	2.81	0.54	10.65	2.08	12.72
9704	2	CB	7	4.71	2.57	0.97	7.39	1.72	9.11
9704	3	AT	69	7.76	3.79	0.46	13.17	1.24	14.41
9704	3	BM	43	8.11	3.47	0.53	14.64	1.44	16.07
9704	3	CB	38	7.95	3.31	0.54	12.81	2.03	14.83
9705	1	AT	12	6.69	2.79	0.81	9.15	2.34	11.50
9705	1	BM	28	10.05	3.96	0.75	17.67	3.84	21.50
9705	1	CB	23	6.97	2.67	0.56	9.81	3.22	13.03
9705	2	AT	23	7.48	2.58	0.54	9.62	3.63	13.25
9705	2	BM	38	8.61	3.89	0.63	14.37	3.41	17.78
9705	2	CB	7	9.85	2.83	1.07	7.93	6.89	14.81
9705	3	AT	24	6.84	2.21	0.45	7.87	2.90	10.77
9705	3	BM	57	5.72	2.50	0.33	10.12	2.44	12.56
9705	3	CB	31	6.17	2.41	0.43	7.53	2.36	9.89
9706	1	AT	0	·	·	·	·	·	·
9706	1	BM	0	·	·	·	·	·	·
9706	1	CB	0	·	·	·	·	·	·

Table 3. Continued

PER	ST	DC	N	MEANWWT	STDWWT	SEWWT	RNGWWT	MINWWT	MAXWWT
9706	2	AT	0	.	.	.	.	.	.
9706	2	BM	0	.	.	.	.	.	.
9706	2	CB	0	.	.	.	.	.	.
9706	3	AT	0	.	.	.	.	.	.
9706	3	BM	0	.	.	.	.	.	.
9706	3	CB	0	.	.	.	.	.	.
9706	4	AT	18	11.62	5.69	1.34	16.68	5.13	21.81
9707	1	AT	0	.	.	.	.	.	.
9707	1	BM	0	.	.	.	.	.	.
9707	1	CB	1	2.01	.	.	0.00	2.01	2.01
9707	2	AT	78	1.55	0.84	0.10	3.24	0.22	3.45
9707	2	BM	123	1.92	0.84	0.08	3.62	0.22	3.84
9707	2	CB	8	1.97	0.98	0.35	2.90	0.57	3.47
9707	3	AT	38	1.18	0.82	0.13	3.13	0.22	3.35
9707	3	BM	0	.	.	.	.	.	.
9707	3	CB	1	2.10	.	.	0.00	2.10	2.10
9708	1	AT	92	1.83	0.79	0.08	3.15	0.23	3.38
9708	1	BM	59	1.80	0.84	0.11	3.62	0.30	3.93
9708	1	CB	34	1.72	0.79	0.14	3.14	0.49	3.63
9708	3	AT	19	2.48	0.72	0.17	2.48	1.50	3.99
9708	3	BM	0	.	.	.	.	.	.
9708	3	CB	1	3.13	.	.	0.00	3.13	3.13
9709	1	AT	49	2.80	1.19	0.17	6.17	1.16	7.33
9709	1	BM	49	2.67	1.06	0.15	5.42	0.88	6.30
9709	1	CB	50	2.12	0.96	0.14	6.27	1.18	7.44
9709	2	AT	47	3.45	1.75	0.26	7.37	0.97	8.34
9709	2	BM	47	3.62	1.70	0.25	6.73	1.07	7.80
9709	2	CB	36	3.75	1.57	0.26	8.45	1.00	9.45
9709	3	AT	129	2.73	1.26	0.11	6.88	0.55	7.43
9709	3	BM	67	2.51	1.17	0.14	5.20	0.69	5.89
9709	3	CB	57	2.36	0.81	0.11	3.21	1.09	4.30
9710	1	AT	19	5.16	1.77	0.41	6.74	1.56	8.31
9710	1	BM	15	4.85	1.65	0.43	5.57	2.49	8.06

Table 3. Continued

PER	ST	DC	N	MEANWWT	STDWWT	SEWWT	RNGWWT	MINWWT	MAXWWT
9710	1	CB	0						
9710	2	AT	49	3.90	2.12	0.30	10.75	0.71	11.46
9710	2	BM	39	4.74	2.79	0.45	14.41	0.40	14.81
9710	2	CB	59	5.21	2.48	0.32	9.01	1.28	10.29
9710	3	AT	108	2.79	1.26	0.12	6.54	0.23	6.77
9710	3	BM	74	2.78	1.26	0.15	5.57	0.60	6.17
9710	3	CB	104	2.81	1.29	0.13	7.04	0.50	7.54
9711	1	AT	73	4.37	1.65	0.19	7.55	1.45	8.99
9711	1	BM	71	5.10	1.88	0.22	8.50	1.53	10.03
9711	1	CB	21	4.74	1.70	0.37	7.09	1.96	9.05
9711	2	AT	140	2.08	0.83	0.07	4.58	0.30	4.87
9711	2	BM	74	2.21	0.73	0.09	2.93	0.82	3.74
9711	2	CB	28	2.22	0.76	0.14	3.30	1.01	4.31
9711	3	AT	78	2.92	1.31	0.15	7.72	1.16	8.88
9711	3	BM	95	3.21	1.59	0.16	7.73	0.94	8.68
9711	3	CB	7	2.51	1.07	0.40	3.14	1.34	4.49
9712	1	AT	56	4.24	2.27	0.30	9.62	0.70	10.32
9712	1	BM	78	4.43	2.11	0.24	9.83	0.45	10.28
9712	1	CB	45	4.54	1.97	0.29	7.77	0.98	8.75
9712	2	AT	112	2.37	0.95	0.09	3.93	0.83	4.76
9712	2	BM	78	4.45	2.09	0.24	9.83	0.45	10.28
9712	2	CB	44	4.49	1.97	0.30	7.77	0.98	8.75
9712	3	AT	126	2.43	1.32	0.12	6.58	0.29	6.87
9712	3	BM	101	2.60	1.49	0.15	7.56	0.28	7.84
9712	3	CB	8	2.29	0.94	0.33	2.01	1.41	3.42
9801	1	AT	23	6.62	2.57	0.54	9.47	3.14	12.61
9801	1	BM	29	6.40	1.95	0.36	7.46	2.57	10.04
9801	2	AT	14	4.15	1.91	0.51	6.96	0.61	7.57
9801	2	BM	44	5.14	2.69	0.41	10.68	0.62	11.31
9801	2	CB	9	3.56	2.15	0.72	6.41	0.71	7.12
9801	3	AT	54	4.08	1.63	0.22	7.23	1.36	8.59
9801	3	BM	56	3.98	1.58	0.21	6.44	1.50	7.94
9801	3	CB	24	4.69	2.31	0.47	9.38	1.55	10.92

Table 3. Continued

PER	ST	DC	N	MEANWWT	STDWWT	SEWWT	RNGWWT	MINWWT	MAXWWT
9802	2	AT	22	5.46	2.95	0.63	11.19	0.12	11.31
9802	2	BM	41	6.91	3.62	0.56	15.58	0.69	16.27
9802	2	CB	9	5.33	2.23	0.74	5.99	2.49	8.47
9802	3	AT	47	3.80	1.99	0.29	8.89	0.40	9.29
9802	3	BM	81	4.44	2.38	0.26	11.35	0.46	11.81
9802	3	CB	76	4.08	1.93	0.22	8.67	0.47	9.14
9803	1	AT	20	6.46	2.63	0.59	9.89	1.45	11.33
9803	1	BM	27	6.84	2.30	0.44	8.55	2.92	11.47
9803	1	CB	24	7.66	2.68	0.55	11.46	2.81	14.27
9803	2	AT	95	4.60	2.08	0.21	10.54	0.80	11.33
9803	2	BM	93	4.39	1.85	0.19	10.11	1.08	11.18
9803	2	CB	70	4.86	2.02	0.24	12.00	1.39	13.39
9803	3	AT	96	6.04	2.19	0.22	10.13	1.89	12.03
9803	3	BM	131	5.42	2.27	0.20	12.15	0.68	12.82
9803	3	CB	139	5.15	1.86	0.16	9.24	1.21	10.45
9804	1	AT	108	8.43	2.97	0.29	14.07	2.93	17.00
9804	1	BM	112	9.05	3.05	0.29	16.40	2.36	18.76
9804	1	CB	106	7.66	2.62	0.25	13.07	2.43	15.50
9804	2	AT	54	11.19	3.64	0.49	15.54	3.24	18.79
9804	2	BM	61	10.65	3.57	0.46	17.08	2.76	19.84
9804	2	CB	30	9.88	3.20	0.58	16.31	2.13	18.44
9804	3	AT	101	6.25	2.97	0.30	14.41	1.91	16.32
9804	3	BM	74	6.23	2.44	0.28	11.17	1.77	12.93
9804	3	CB	50	6.79	2.64	0.37	12.47	2.40	14.87
9805	2	AT	136	12.69	3.71	0.32	19.43	4.61	24.05
9805	4	AT	76	13.18	3.29	0.38	14.78	5.96	20.75

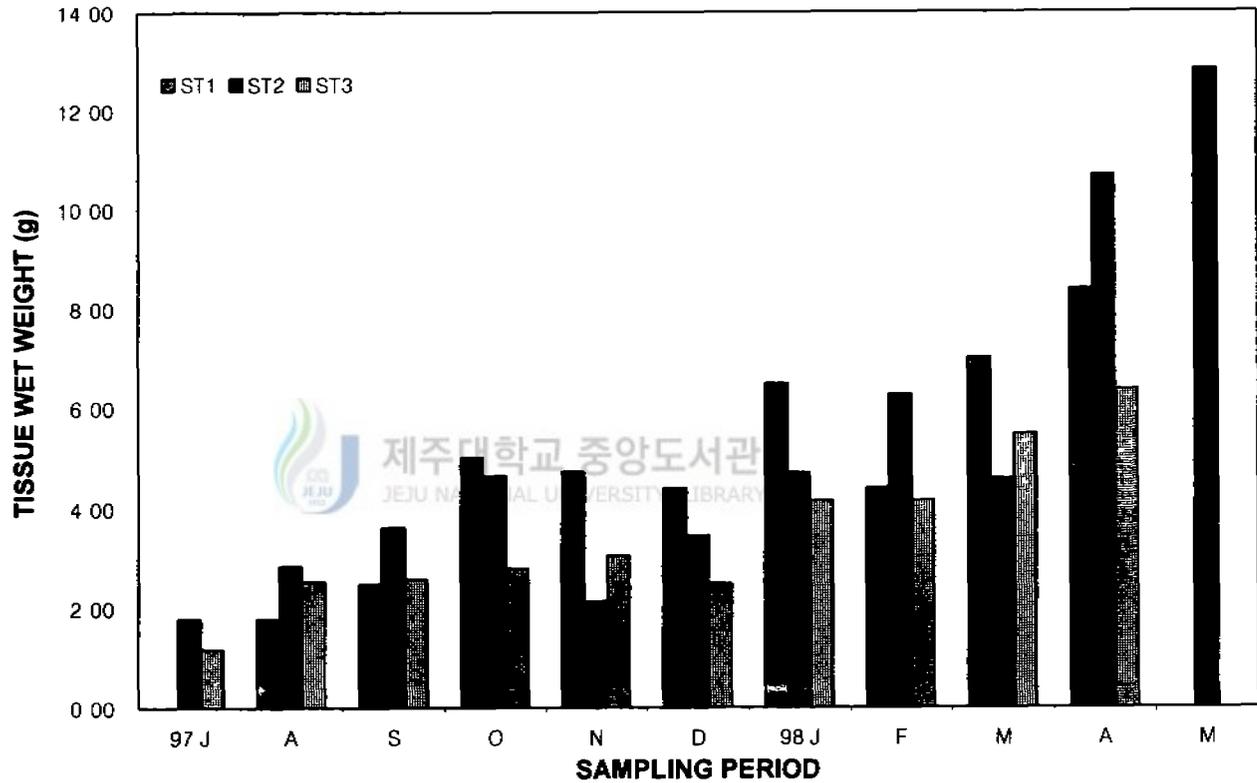


Figure 5. Month mean tissue wet weight of the oysters collected from three sampling sites in the Bay during July 1997 and May, 1998.

른 수하연과 비교시 비교적 낮았다. Table 4.는 이 기간 중에 채집된 참굴의 평균 각장을 수심별로 정리한 표이다 수하연은 표층으로부터 깊이 에 따라 표층 (AT, 0 - 100 cm), 중층 (BM, 100 - 200 cm), 및 저층 (CB, 200 - 300 cm) 로 구분하였다 수심에 따른 평균 패각의 분포는 통계적으로 유의차가 인정되었으며 ( $p>0.001$ ) 중층에 위치한 굴의 평균 패각이 표층이나 저층에 위치한 패각보다 높게 나타났다 Table 5. 는 이 기간 중에 채집된 굴의 평균 육중량을 각 조사정점 별로 수심별로 정리한 것이다. Table 4.에서 관찰된 결과와 같이 중층에 위치한 참굴의 평균 육중량은 저층이나 표층에 위치한 참굴의 평균 육중량보다 높게 나타났다 ( $p>0.001$ ).

Figure 8.은 98년 3월 동일 양식장의 20개 조사 정점에서 채집된 참굴의 평균 각장을 나타내고 있다 6개월 전과 비교시 이들은 42.8 - 56 mm 에서 41.2 - 70.2 mm 크기로 성장하였다. 한편 Figure 9.는 이 시기에 채집된 참굴의 평균 육중량을 나타내고 있으며, 이들은 평균 5.08 - 9.38 g 으로, 6 개월 전의 2.42 - 4.4 g 과 비교시 그 무게가 두 배 이상 증가 한 것으로 판단되었다. Table 6 과 7.은 각 조사정점에서 관측된 참굴의 평균 패각길이 및 육중량을 수심별로 정리한 표이다. 수심에 따른 패각 및 육질의 성장은 양식장 내에서의 위치에 따라 다소 차이가 있었으나 일반적으로 중층에 위치한 참굴의 육질이나 패각 성장이 표층이나 저층에 위치한 참굴보다 우수하였다 ( $p>0.001$ ).

#### 4. 가막만 참굴의 연중 생식소 발달

Figure 10.과 Figure 11.은 가막만에 있어 참굴 암, 수의 연중 생식소 발달 상태를 조직학적 방법을 이용해 작성한 사진이다. 참굴의 생식소 발달과정을 조사한 결과 평균 생식소 속도 지수 측정값은 4월 33 으로 생식

Table 4 Mean shell length (SL) of the oysters collected from one oyster farm by depth categories (DC) in October, 1997. ST=Sampling Site at the farm, AT=Top (0-100 cm), BM=Middle (100-200 cm), CB=Bottom (200-300 cm), N=Number of oyster analyzed, AVGSL=Average, STDSL=Standard Deviation, MINSL=Minimum value observed, MAXSL=Maximum value observed, RNGSL=Range.

(unit : mm)

ST	DC	N	AVGSL	STDSL	MINSL	MAXSL	RNGSL
971001	AT	22	53.18	10.05	36.50	71.10	34.60
971001	BM	17	51.07	9.31	33.50	66.50	33.00
971001	CB	22	43.32	8.03	32.00	67.00	35.00
971002	AT	22	45.69	8.44	34.00	63.20	29.20
971002	BM	26	49.84	11.18	36.00	70.70	34.70
971002	CB	16	50.46	10.32	32.50	61.50	29.00
971003	AT	15	46.29	7.37	34.20	60.00	25.80
971003	BM	16	50.13	9.07	36.20	65.00	28.80
971003	CB	25	43.69	7.56	33.20	59.00	25.80
971004	AT	17	45.21	5.70	31.50	52.70	21.20
971004	BM	10	45.07	8.88	30.50	56.40	25.90
971004	CB	16	38.71	8.41	23.50	51.10	27.60
971005	AT	23	49.81	10.88	28.20	72.40	44.20
971005	BM	21	50.82	13.75	31.20	74.50	43.30
971005	CB	23	49.25	10.96	26.40	77.80	51.40
971006	AT	20	52.07	13.01	20.90	71.80	50.90
971006	BM	12	48.53	6.54	32.80	55.90	23.10
971006	CB	19	41.94	6.47	20.20	53.00	32.80
971007	AT	16	55.26	10.81	29.20	74.00	44.80
971007	BM	16	58.80	10.31	38.00	75.00	37.00
971007	CB	30	53.34	9.69	29.10	75.60	46.50
971008	AT	20	49.45	7.37	40.60	70.00	29.40
971008	BM	27	54.55	15.18	32.10	90.50	58.40
971008	CB	20	45.57	11.01	32.10	65.00	32.90
971009	AT	19	52.54	12.98	32.50	88.50	56.00
971009	BM	20	58.54	12.36	38.50	86.50	48.00
971009	CB	13	46.15	9.57	27.00	60.20	33.20
971010	AT	32	60.16	10.54	36.00	83.20	47.20
971010	BM	38	56.18	12.89	31.20	89.00	57.80
971010	CB	31	50.03	9.87	36.50	77.20	40.70

Table 4. Continued.

ST	DC	N	AVGSL	STD SL	MINSL	MAXSL	RNGSL
971011	AT	21	51.46	9.63	30.00	69.00	39.00
971011	BM	31	61.32	11.94	41.80	91.00	49.20
971011	CB	15	45.21	6.34	35.50	57.20	21.70
971012	AT	19	48.44	8.37	32.50	68.00	35.50
971012	BM	15	50.15	10.36	35.00	78.50	43.50
971012	CB	24	50.83	9.74	34.90	71.00	36.10
	AT	19	52.11	9.31	38.20	74.00	35.80
971013	BM	23	51.90	8.80	35.00	71.50	36.50
971013	CB	30	52.90	8.00	39.00	75.00	36.00
971013	AT	22	53.46	8.03	42.00	74.00	32.00
	BM	15	53.27	6.43	45.20	68.50	23.30
971014	CB	22	54.57	6.32	44.00	67.20	23.20
971014	AT	30	53.04	12.47	36.50	90.50	54.00
971014	BM	15	54.54	11.00	42.50	78.00	35.50
971015	CB	31	54.45	10.04	30.00	73.00	43.00
971015	AT	18	49.52	13.76	12.00	66.50	54.50
971015	BM	21	52.71	10.01	33.90	72.50	38.60
971016	CB	17	51.22	10.91	33.00	67.50	34.50
971016	AT	16	54.29	9.70	29.50	68.50	39.00
971016	BM	23	47.76	9.18	30.90	70.00	39.10
971017	CB	21	46.33	6.76	33.20	63.20	30.00
971017	AT	21	53.20	10.60	26.50	77.50	51.00
971017	BM	11	60.16	9.32	47.10	71.80	24.70
971018	AT	21	53.20	10.60	26.50	77.50	51.00
971018	BM	11	60.16	9.32	47.10	71.80	24.70
971018	CB	17	57.04	8.73	40.50	73.50	33.00
971019	AT	15	47.84	13.43	24.50	75.90	51.40
971019	BM	12	53.81	8.52	40.90	66.00	25.10
971019	CB	17	45.11	10.21	21.60	63.30	41.70
971020	AT	20	55.62	10.40	37.20	78.20	41.00
971020	BM	20	53.58	12.90	29.00	76.90	47.90
971020	CB	19	58.06	11.83	41.00	80.50	39.50

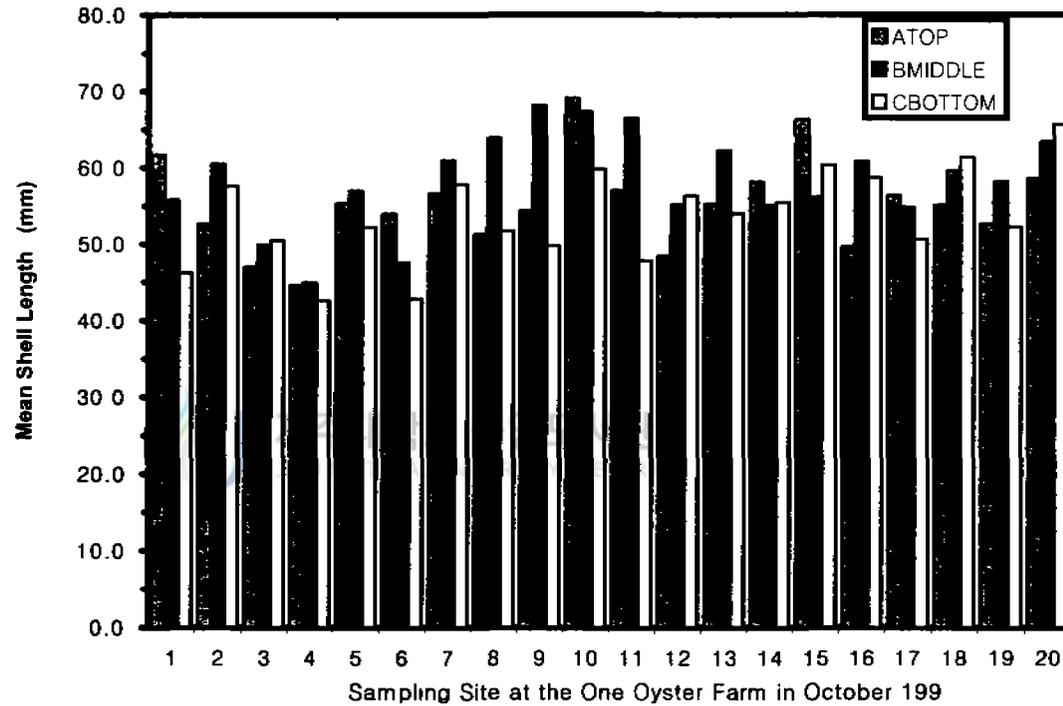


Figure 6. Mean shell length of the oysters by depth categories. Oysters are collected from 20 different sampling sites located at one oyster farm in October, 1997. ATOP= 0 to 100 cm, BMIDDLE=100 to 200 cm. CBOTTOM=200 to 300 cm from the surface.

Table 5. Mean tissue wet weight (SL) of the oysters collected from one oyster farm by depth categories (DC) in October, 1997 ST=Sampling Site at the farm, AT=Top (0-100 cm), BM=Middle (100-200 cm), CB=Bottom (200-300 cm), N=Number of oyster analyzed, AVGTWWT=Average, STDTWWT=Standard Deviation, MINTWWT=Minimum value observed, MAXTWWT=Maximum value observed, RNGTWWT=Range, =no data available

(unit gram)

ST	DC	N	AVGTWWT	STDTWWT	MINTWWT	MAXTWWT	RNGTWWT
971001	AT	10	4.22	2.19	2.11	9.59	7.48
971001	BM	9	3.34	1.43	1.16	6.01	4.85
971001	CB	1	2.68		2.68	2.68	0.00
971002	AT	7	3.89	1.17	2.60	5.47	2.87
971002	BM	10	4.08	1.51	1.96	7.13	5.17
971002	CB	6	3.44	1.43	2.60	6.33	3.73
971003	AT	9	2.05	0.72	1.14	3.08	1.94
971003	BM	7	2.82	1.47	1.15	5.48	4.33
971003	CB	10	3.24	0.89	1.80	4.45	2.65
971004	AT	7	2.05	1.11	0.45	3.67	3.22
971004	BM	8	2.94	1.24	0.98	4.16	3.18
971004	CB	9	2.24	0.99	0.88	4.54	3.66
971005	AT	10	4.28	0.97	3.25	6.08	2.83
971005	BM	9	3.73	1.13	1.71	4.68	2.97
971005	CB	10	3.69	0.73	2.92	4.92	2.00
971006	AT	10	4.02	1.92	0.91	7.26	6.35
971006	BM	8	3.25	1.24	1.54	4.82	3.28
971006	CB	10	1.94	0.87	0.70	3.83	3.13
971007	AT	10	4.30	2.14	1.30	7.08	5.78
971007	BM	10	3.94	1.35	1.44	5.90	4.46
971007	CB	10	5.27	3.04	2.64	13.10	10.46
971008	AT	10	3.24	1.02	1.67	4.92	3.25
971008	BM	10	5.33	1.43	2.96	7.62	4.66
971008	CB	10	3.40	1.07	2.29	5.00	2.71
971009	AT	8	3.61	2.35	1.99	9.20	7.21
971009	BM	10	5.61	1.82	2.76	8.19	5.43
971009	CB	8	3.61	1.50	1.74	6.13	4.39
971010	AT	10	5.59	1.29	4.21	7.87	3.66
971010	BM	10	3.89	1.35	2.24	7.37	5.13
971010	CB	10	3.50	1.16	1.81	5.77	3.96

Table 5. Continued.

ST	DC	N	AVGTWWT	STDTWWT	MINTWWT	MAXTWWT	RNGTWWT
971011	AT	9	3.53	1.44	2.14	6.97	4.83
971011	BM	10	2.63	0.59	1.38	3.54	2.16
971011	CB	10	2.28	0.87	1.25	4.14	2.89
971012	AT	4	3.07	0.81	1.91	3.76	1.85
971012	BM	8	3.61	1.91	1.39	7.48	6.09
971012	CB	10	3.24	1.28	1.72	5.78	4.06
971013	AT	7	2.76	1.08	0.92	3.97	3.05
971013	BM	10	4.47	1.33	2.63	6.82	4.19
971013	CB	0					
971014	AT	10	3.65	0.76	2.25	4.63	2.38
971014	BM	10	3.38	1.04	2.21	5.16	2.95
971014	CB	10	3.59	0.53	2.82	4.67	1.85
971015	AT	10	4.77	0.92	3.61	6.48	2.87
971015	BM	10	3.41	1.43	1.11	6.31	5.20
971015	CB	10	3.36	1.03	1.65	4.99	3.34
971016	AT	10	2.84	1.15	1.12	4.70	3.58
971016	BM	10	4.42	1.70	2.45	7.46	5.01
971016	CB	10	4.11	1.58	1.77	7.29	5.52
971017	AT	10	3.59	1.49	1.60	6.51	4.91
971017	BM	10	4.04	1.78	1.13	7.07	5.94
971017	CB	10	2.75	1.06	1.33	4.70	3.37
971018	AT	10	3.41	1.17	1.95	5.78	3.83
971018	BM	5	4.19	1.87	2.50	6.47	3.97
971018	CB	10	3.82	1.31	2.62	6.81	4.19
971019	AT	9	2.63	1.57	0.91	5.24	4.33
971019	BM	7	3.53	1.15	2.59	5.69	3.10
971019	CB	8	3.08	0.93	2.12	4.26	2.14
971020	AT	10	3.01	0.93	1.93	4.49	2.56
971020	BM	10	4.13	1.09	2.94	6.37	3.43
971020	CB	10	4.47	1.17	2.29	6.16	3.87

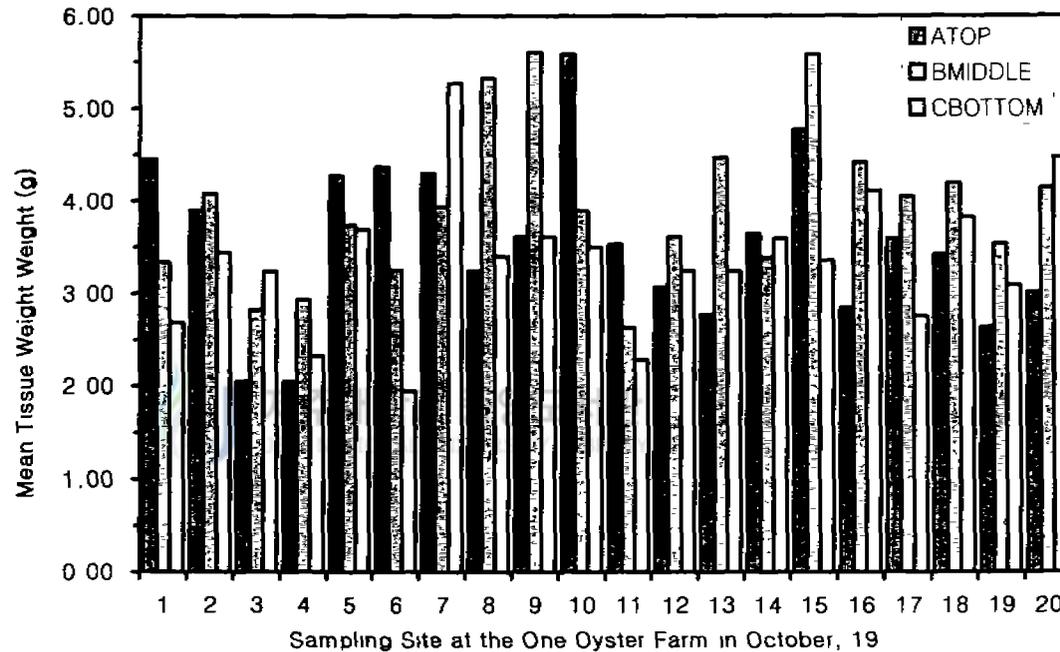


Figure 7. Mean tissue wet weight of the oysters by depth categories. Oysters are collected from 20 different sampling sites located at one oyster farm in October, 1997. ATOP= 0 to 100 cm. BMIDDLE=100 to 200 cm. CBOTTOM=200 to 300 cm from the surface.

Table 6 Mean shell length (SL) of the oysters collected from one oyster farm by depth categories (DC) in March, 1998. ST=Sampling Site at the farm, AT=Top (0-100 cm), BM=Middle (100-200 cm), CB=Bottom (200-300 cm), N=Number of oyster analyzed, AVGSL=Average, STDSL=Standard Deviation, MINSL=Minimum value observed, MAXSL=Maximum value observed, RNGSL=Range (unit . mm)

ST	DC	N	AVGSL	STDSL	MINSL	MAXSL	RNGSL
98033001	AT	12	67.04	16.42	38.4	85.4	47
98033001	BM	27	61.29	15.28	41.5	92.1	50.6
98033001	CB	10	59.85	6.69	43.3	69.7	26.4
98033002	AT	27	49	15.17	24.2	83.2	59
98033002	BM	27	58.76	18.89	30.7	100.9	70.2
98033002	CB	23	57.53	13.65	34.7	90.4	55.7
98033003	AT	14	53.82	13.68	26.4	79.4	53
98033003	BM	21	63.65	11.84	40.9	85	44.1
98033003	CB	27	60.44	18.43	30.7	107.4	76.7
98033004	AT	26	64.68	14.28	31.6	94.1	62.5
98033004	BM	29	59.84	11.74	35	83.8	48.8
98033004	CB	30	64.69	13.52	47.2	104.5	57.3
98033005	AT	34	43.02	13.77	18	81	63
98033005	BM	22	60.5	15.4	31.2	95.2	64
98033005	CB	23	52.08	11.88	31.2	74.2	43
98033006	AT	22	60.12	14.09	34.5	97	62.5
98033006	BM	35	67.97	13.15	44.5	91	46.5
98033006	CB	29	56.56	11.7	31.5	81.5	50
98033007	AT	34	65.41	10.75	41	83	42
98033007	BM	28	60.23	13.95	33.2	85.5	52.3
98033007	CB	22	52.86	10.1	30	74	44
98033008	AT	36	74.68	83.95	39.5	560.2	520.7
98033008	BM	24	63.94	11.01	47.2	84	36.8
98033008	CB	22	58.58	14.26	33.5	90.5	57
98033009	AT	35	61.14	16.43	30	92.7	62.7
98033009	BM	31	66.26	20.09	29.3	104.5	75.2
98033009	CB	14	45.39	11.55	28.5	63	34.5
98033010	AT	34	84.06	117.27	36.5	741	704.5
98033010	BM	23	62.71	19.08	28	102.3	74.3
98033010	CB	22	56.66	13.66	27.3	79.3	52

Table 6. Continued.

ST	DC	N	AVGSL	STD SL	MINSL	MAXSL	RNGSL
98033011	AT	31	58.65	16.36	25.8	97.2	71.4
98033011	BM	34	46.93	16.13	24	87	63
98033011	CB	38	52.22	17.21	21	90	69
98033012	AT	31	51	16.81	13.5	77.5	64
98033012	BM	16	40.62	15.56	18.2	77	58.8
98033012	CB	6	41.1	14.71	24	61.8	37.8
98033013	AT	13	56.82	8.65	42	70.5	28.5
98033013	BM	33	52.83	12.7	19	91.4	72.4
98033013	CB	31	48.54	12.43	21.5	74.5	53
98033014	AT	34	53.49	14.23	24.6	79.2	54.6
98033014	BM	36	54.38	15.35	20.5	81.6	61.1
98033014	CB	36	51.17	10.87	30.1	72.7	42.6
98033015	AT	34	57.96	16.2	28.5	87.3	58.8
98033015	BM	35	67.61	21.33	26.1	105	78.9
98033015	CB	37	46.1	11.69	23.2	71.1	47.9
98033016	AT	18	56.86	16.9	31.9	79.1	47.2
98033016	BM	33	59.23	13.74	28.2	89	60.8
98033016	CB	16	48.67	15.61	29.1	79.2	50.1
98033017	AT	32	44.58	12.79	21.6	69.3	47.7
98033017	BM	23	42.98	8.02	26.1	59.9	33.8
98033017	CB	32	36.58	8.48	22.5	61	38.5
98033018	AT	28	42.31	11.44	25.8	75.7	49.9
98033018	BM	21	49.6	10.22	31.2	68.3	37.1
98033018	CB	28	48.68	8.9	34.1	65.5	31.4
98033019	AT	13	47.09	10.5	26.2	59.9	33.7
98033019	BM	14	45.97	7.2	33.5	59.6	26.1
98033019	CB	28	41.94	11.65	20.2	66	45.8
98033020	AT	18	55.77	10.84	32.7	71.7	39
98033020	BM	30	43.38	12.78	24.7	66	41.3
98033020	CB	20	40.74	12.01	2	61.6	59.6

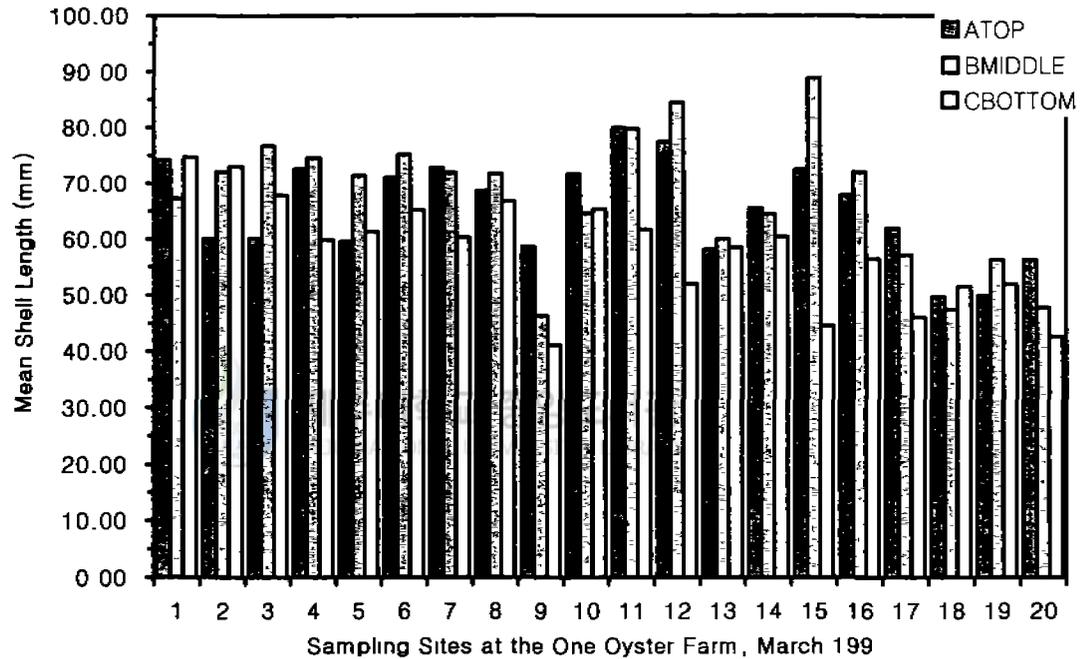


Figure 8. Mean shell length of the oysters by depth categories. Oysters are collected from 20 different sampling sites located at one oyster farm in March, 1998. ATOP= 0 to 100 cm, BMIDDLE=100 to 200 cm. CBOTTOM=200 to 300 cmm from the surface.

Table 7. Mean tissue wet weight (SL) of the oysters collected from one oyster farm by depth categories (DC) in March, 1998 ST=Sampling Site at the farm, AT=Top (0-100 cm), BM=Middle (100-200 cm), CB=Bottom (200-300 cm), N=Number of oyster analyzed, AVGTWWT=Average, STDTWWT=Standard Deviation, MINTWWT=Minimum value observed, MAXTWWT=Maximum value observed, RNGTWWT=Range, .=no data available

(unit . gram)

ST	DC	N	AVGWWT	STDWWT	MINWWT	MAXWWT	RNGWWT
98033001	AT	10	10.25	3.02	5.43	14.87	9.44
98033001	BM	10	9.84	2.54	7.12	14.94	7.82
98033001	CB	10	8.05	2.89	2.11	12.92	10.81
98033002	AT	11	6.81	2.37	3.97	12.26	8.29
98033002	BM	11	7.71	3.53	2.52	13.33	10.82
98033002	CB	11	7.90	3.27	1.84	14.43	12.60
98033003	AT	9	4.79	2.05	1.55	7.47	5.91
98033003	BM	11	8.71	2.29	4.13	12.50	8.37
98033003	CB	10	9.73	4.25	4.06	17.16	13.10
98033004	AT	11	8.48	2.27	5.73	11.75	6.02
98033004	BM	11	7.71	2.06	5.05	12.08	7.03
98033004	CB	10	7.06	1.54	4.82	10.07	5.24
98033005	AT	11	8.02	1.52	4.03	9.35	5.33
98033005	BM	11	9.69	3.32	5.50	17.31	11.81
98033005	CB	11	8.95	2.31	5.44	13.63	8.18
98033006	AT	11	8.31	3.10	4.61	13.82	9.20
98033006	BM	11	7.76	2.47	4.06	11.67	7.61
98033006	CB	10	7.75	2.48	3.15	11.15	8.00
98033007	AT	12	8.00	1.84	4.31	10.97	6.66
98033007	BM	11	8.09	2.29	4.07	12.03	7.96
98033007	CB	11	7.24	2.18	3.68	10.83	7.16
98033008	AT	11	6.28	1.52	4.20	8.87	4.66
98033008	BM	11	6.94	2.07	3.48	10.30	6.83
98033008	CB	11	8.85	3.43	4.71	16.19	11.48
98033009	AT	11	9.73	3.99	3.63	14.81	11.18
98033009	BM	10	9.28	3.19	4.85	14.54	9.69
98033009	CB	7	5.74	2.36	1.61	9.23	7.62
98033010	AT	11	8.83	2.76	4.27	12.70	8.43
98033010	BM	11	10.08	3.85	4.86	17.42	12.56
98033010	CB	11	6.83	1.08	5.51	8.71	3.19

Table 7. Continued.

ST	DC	N	AVGWWT	STDWWT	MINWWT	MAXWWT	RNGWWT
98033011	AT	11	9.14	2.21	5.22	12.62	7.39
98033011	BM	11	7.12	2.30	4.36	11.88	7.52
98033011	CB	11	7.28	1.80	3.44	9.98	6.54
98033012	AT	10	6.61	2.04	2.83	9.46	6.62
98033012	BM	5	2.56	0.64	1.91	3.29	1.38
98033012	CB	2	3.77	0.61	3.34	4.21	0.87
98033013	AT	10	7.40	2.17	3.74	11.10	7.35
98033013	BM	10	7.45	4.12	2.12	15.40	13.28
98033013	CB	0					
98033014	AT	10	9.77	3.32	6.31	14.91	8.60
98033014	BM	10	8.38	3.65	2.80	14.50	11.70
98033014	CB	10	8.14	2.83	4.85	12.49	7.65
98033015	AT	10	9.86	1.96	7.14	13.36	6.23
98033015	BM	10	10.41	2.70	7.22	14.84	7.61
98033015	CB	9	4.62	2.23	1.36	8.03	6.67
98033016	AT	10	8.85	3.31	3.52	13.94	10.42
98033016	BM	11	9.77	3.02	5.24	14.07	8.84
98033016	CB	10	7.21	3.79	2.76	15.27	12.52
98033017	AT	11	5.97	0.93	5.12	7.77	2.65
98033017	BM	11	6.15	2.13	3.92	10.57	6.65
98033017	CB	11	4.76	2.30	3.03	11.35	8.32
98033018	AT	11	5.13	2.01	2.62	9.72	7.10
98033018	BM	11	6.39	1.58	3.80	9.79	5.99
98033018	CB	10	6.44	1.83	4.34	10.43	6.09
98033019	AT	11	5.60	2.12	2.13	8.09	5.96
98033019	BM	11	5.49	1.81	3.02	8.29	5.27
98033019	CB	11	6.87	2.24	3.52	12.41	8.89
98033020	AT	11	7.48	2.16	5.26	13.09	7.83
98033020	BM	11	6.96	2.24	3.80	10.49	6.69
98033020	CB	11	5.15	1.47	3.29	8.36	5.07

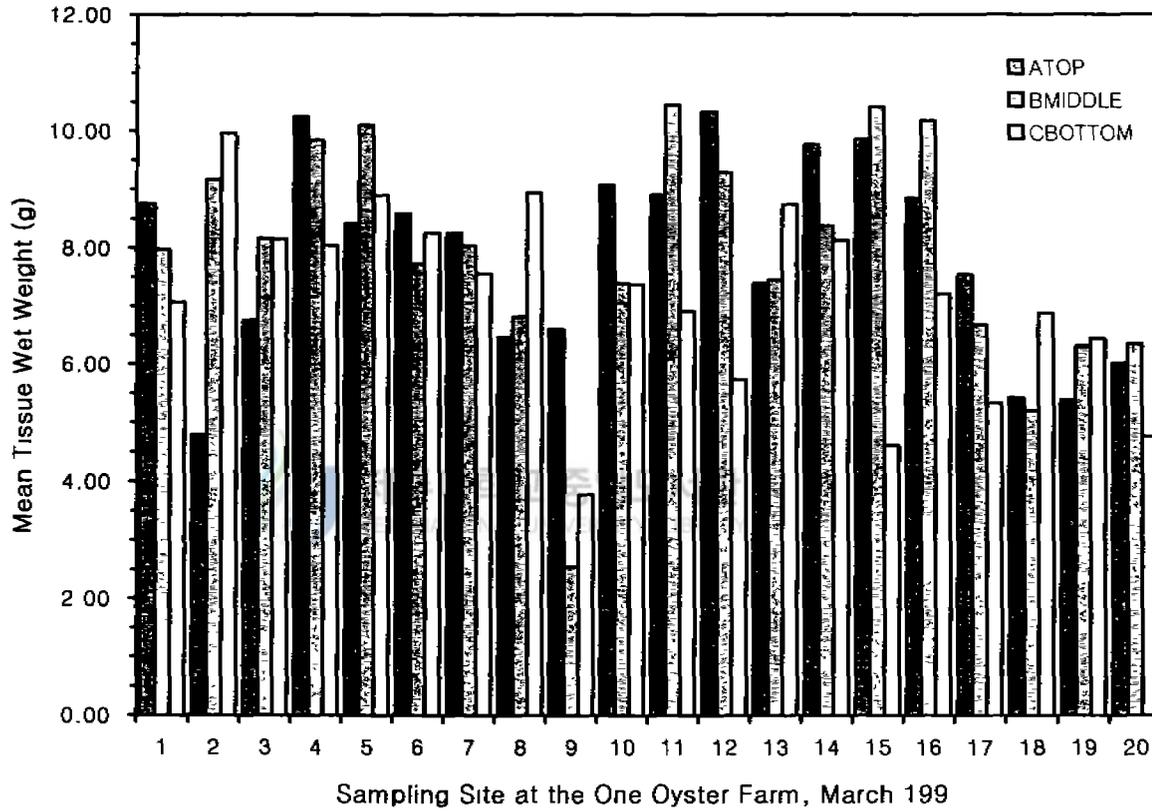


Figure 9. Mean tissue wet weight of the oysters by depth categories. Oysters are collected from 20 different sampling sites located at one oyster farm in March, 1998. ATOP= 0 to 100 cm, BMIDDLE=100 to 200 cm, CBOTTOM=200 to 300 cm from the surface

소포낭이 확장되기 시작하기 시작하였으며, 5월과 6월초 6.0과 6.5 로 대부분이 성적으로 성숙 한 상태로 일부 개체에서는 완숙한 알이 관찰되었다. 성 성숙도는 6월 말 6.5로 대부분의 개체가 이 시기에 산란한 것으로 관찰되었다. 그러나 조직학적 검사 결과 참굴의 산란 활동은 5월 말부터 10월 초 까지 관찰되었으며, 일부 개체는 12월에도 완숙한 난을 포함하고 있는 것이 관찰되었다 (Table 8, Figure 12)

1997년 7월말 시료는 월하 중인 시료를 대상으로 조사하였고 관측 결과 평균 속도 지수는 6.8로 관측되었으며 성숙한 난이 일부 남아 있었고, 재 흡수되고 있는 부분도 관찰되었다

8월 시료는 6월초에 본 양식 시설에 수하 된 시료로 일부 개체에서만 성 성숙 한 개체가 발견되었다 (Figure 13). 수컷의 평균 생식소 속도 지수 측정값은 4월 3.2 에서 5월 6.0, 6월초 6.3, 6월말 6.1, 7월 6.3로 관측되었고 암컷에 비해 늦게 생식소가 발달하는 경향을 보였다 (Figure 14). 한편 단련상으로부터 본 양성장으로 옮겨진 단련 종굴의 경우 이식 초기인 97년 8월에도 성숙한 난을 갖고 있는 개체가 관찰되어 이들이 비록 단련에 의하여 그 크기는 어린 개체와 같으나 일 년이 상 성숙한 관계로 성적인 성숙은 이미 진행중인 것으로 생각되었다. 수컷의 일부 개체는 5월부터 성적으로 성숙한 상태였으며, 7월초에 주 방정이 일어난 것으로 판단된다 (Figure 14) 암, 수의 성적 성숙 시기는 암컷보다 수컷이 약 1개월 빠르고 산란 활동은 수컷이 더 긴 것으로 판단된다

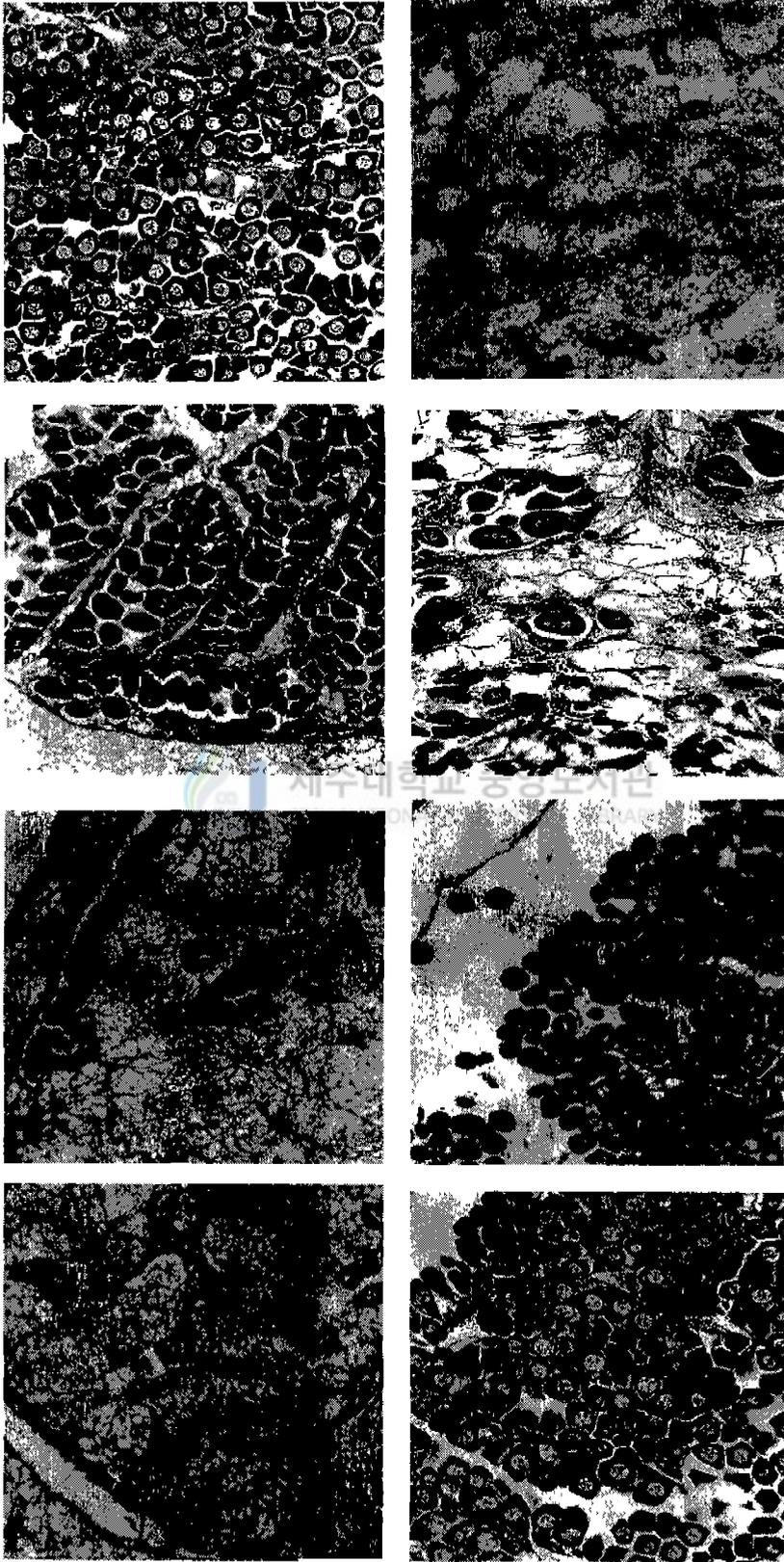


Figure 10 Photomicrographs showing eight different categories of gametogenic phase of the female oysters A, Sexually undifferentiated, B; early development, C; Mid development, D; Late development, E; Fully developed, F, Spawning, G; Spawned (7), H; Spawned (8) (after Powell et al 1993)

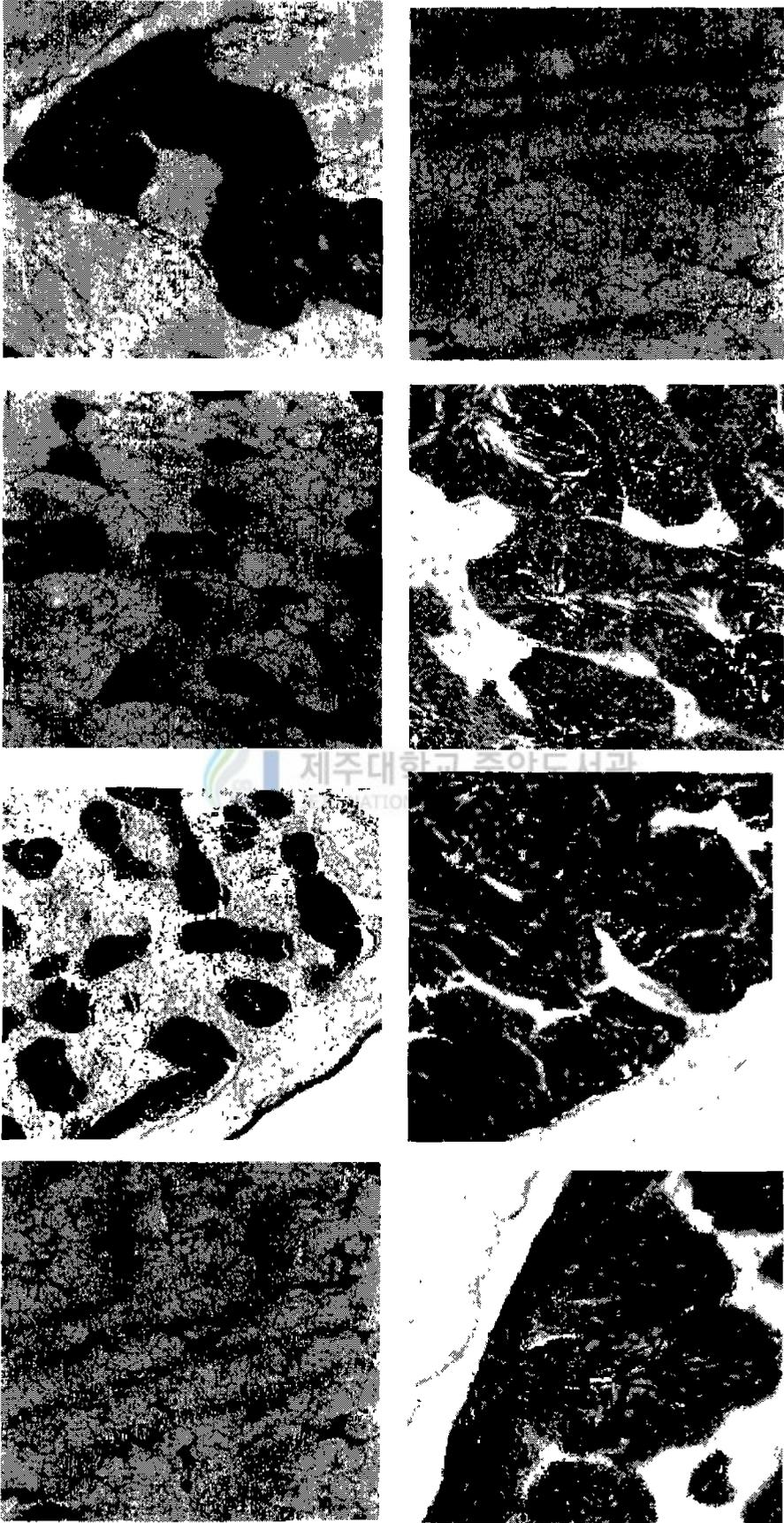


Figure 11 Photomicrographs showing eight different categories of gametogenic phase of the male oysters A, Sexually undifferentiated, B; early development, C, Mid development, D; Late development, E; Fully developed, F, Spawning, G, Spawned (7), H, Spawned (8) (after Powell et al., 1993).

Table 8 Seasonal variation of gonadal somatic index (GSI) of the oysters, *Crassostrea gigas* at Kamakman Bay (Gonadal somatic index varies from 0, resting stage to 8, absorbing stage). PER=sampling month, N=number of oyster analyzed, MEANGSI=average, STDGSI=standard deviation, SEGSI=standard error, RGGSI=range, MINGSI=minimum value observed, MAXGSI=maximum value observed

PER	NUMBER	AVGGSI	STDGSI	SEGSI	RGGSI	MINGSI	MAXGSI
9704	18	3.28	0.67	0.16	2	2	4
9705	21	6.05	0.50	0.11	2	5	7
9706	18	6.39	0.61	0.14	2	5	7
9707	7	6.57	0.53	0.20	1	6	7
9708	24	6.58	0.58	0.12	2	6	8
9709	22	7.77	0.43	0.09	1	7	8
9710	23	1.70	2.03	0.42	7	1	8
9711	22	1.00	0.00	0.00	0	1	1
9712	35	1.09	0.28	0.05	1	1	2
9801	28	1.21	0.42	0.08	1	1	2
9802	65	1.89	0.44	0.05	2	1	3
9803	26	2.62	0.57	0.11	2	1	3
9804	62	3.39	0.80	0.10	3	2	5
9805	52	5.77	0.88	0.12	4	4	8

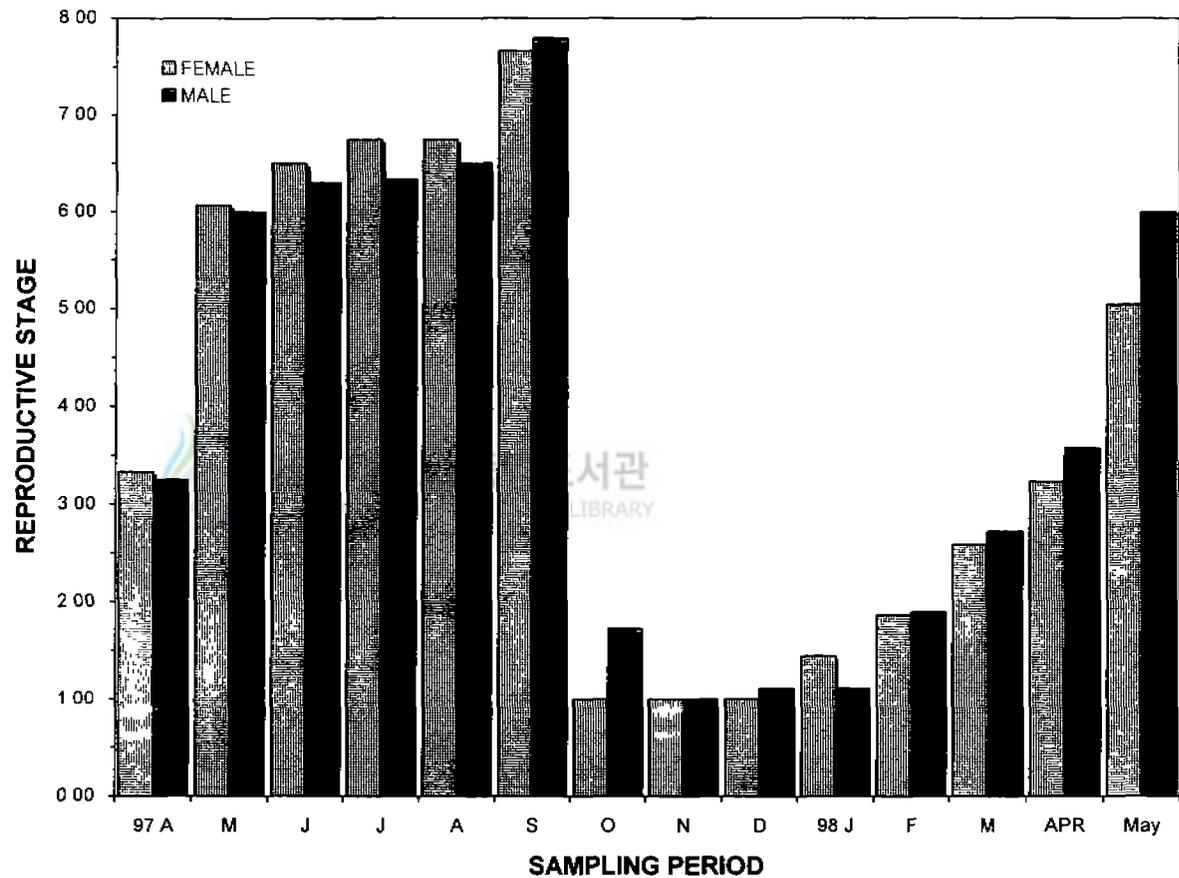


Figure 12 Seasonal changes in the gametogenic development in female and male oysters

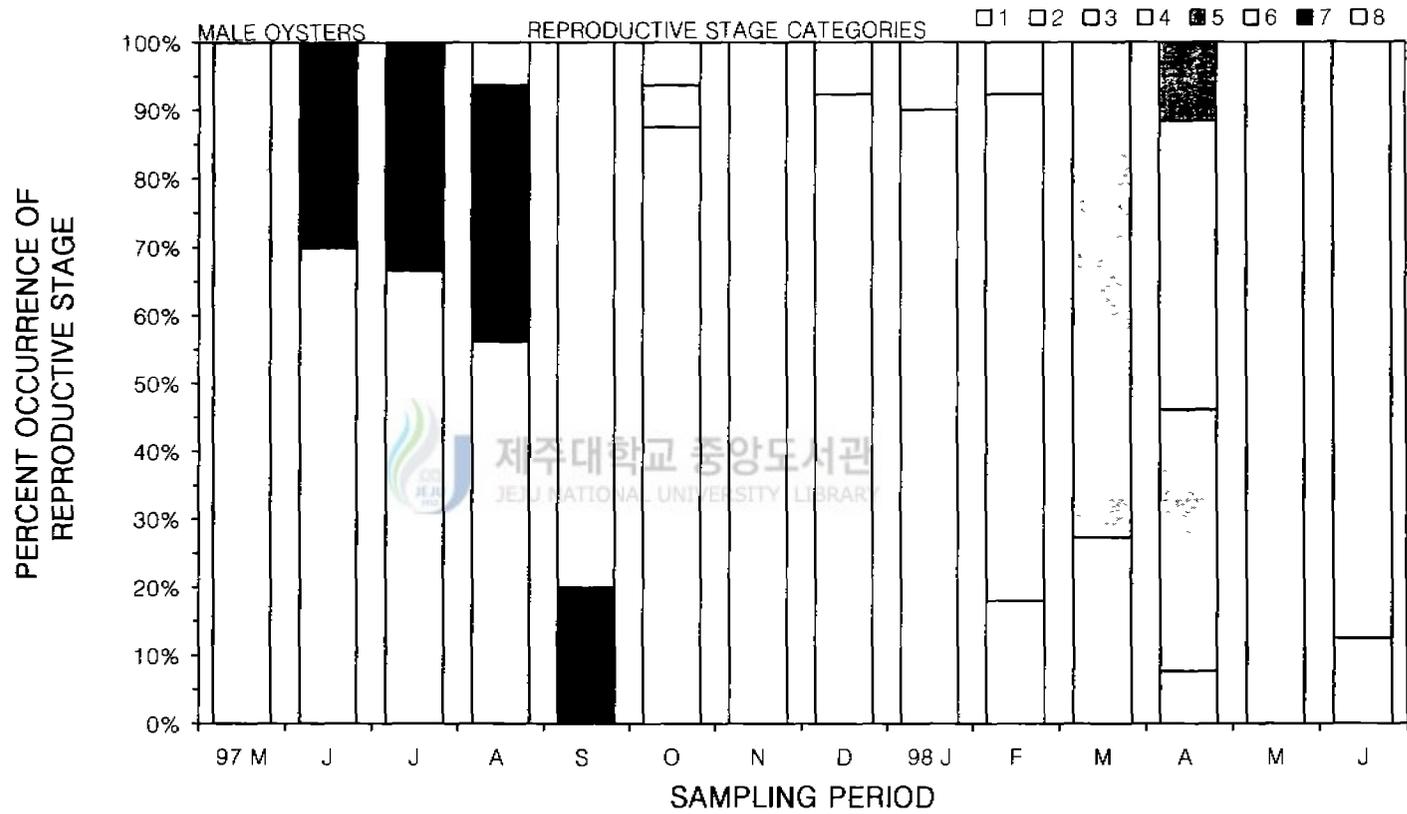


Figure 13 Seasonal changes in the gametogenic development in female oysters in Kamakman bay

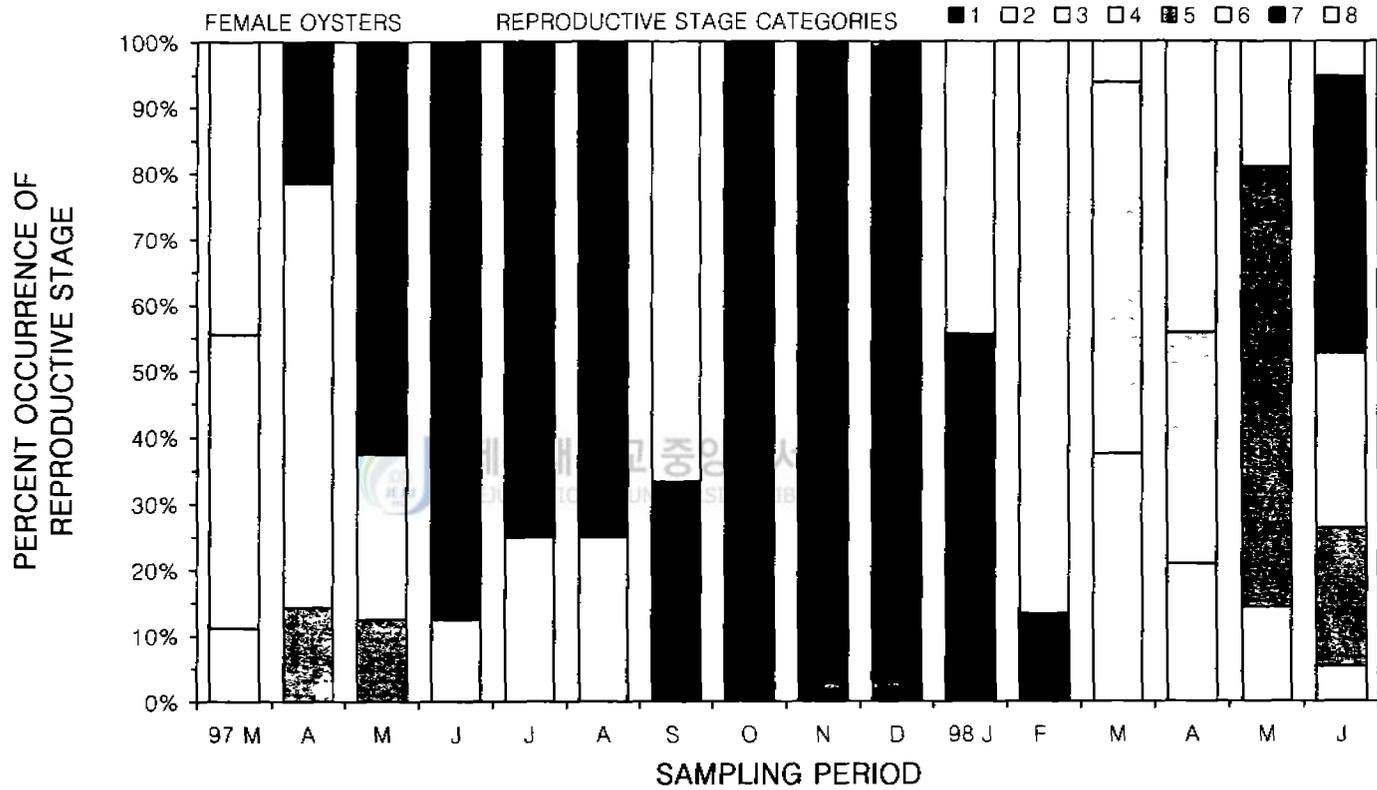


Figure 14 Seasonal changes in the gametogenic development in male oysters in Kamamkman bay.

## IV. 고 찰

참굴은 한국 일본을 포함한 북 태평양의 기수지역의 조간대와 천해의 조하대에 널리 분포하는 광범, 광온성인 동물이다 (Stenzel, 1971; Ahmed, 1972; Galtsoff, 1964) 굴은 인류의 역사의 시작과 함께 오랫동안 식용되어 왔으며, 특히 수산업적으로 상업적 가치가 높은 관계로 굴에 대한 연구는 세계적으로 이의 생태, 생리, 병리학 및 생물학 전반에 관하여 무수히 진행 되어왔다 참굴의 생활사는 수정, 부유성 유생생활, 착생, 성장, 생식(산란) 으로 요약 될수 있다 (Arakawa, 1990; Sastry, 1975). 국내의 경우 참굴에 대한 연구는 1960년 이후 생태 및 양식에 관한 기초 연구가 꾸준히 진행되어 왔으며, 최근들어 양식장의 부영양화와 아울러 환경수용능력의 측정에 관한 많은 시도가 있었다 (배, 1967, 1972, 1973, 배와 배, 1972; 배와 김, 1979, 배 외, 1976, 1978, 유 외, 1972; 이 외, 1991, 배, 1997, 정, 1999) 특히 최근 들어 굴의 성장특성을 이용한 내만의 수용능력 측정에 관한 많은 연구가 미국을 중심으로 시도되고 있다 (Powell et al., 1992, 1995, Hofmann et al., 1992, 1993; Kobayashi et al., 1996)

굴의 생활사 전반에 영향을 미치는 환경요인 으론 온도, 염분도, 먹이, 환경오염, 기생 동식물 등을 들수 있으며, 굴의 성장과정에 따라 이들의 영향도 각기 다르게 작용하는 것으로 알려져 있다 (Andrews 1979, Loosanoff and Davis 1953, Dame 1976, Mori 1979; Ingel and Dawson 1952; Choi et al 1989, Soniat et al, 1998). 국내의 참굴은 남서 해안의 기수지역에서 다양히 양식되고 있으며 수출용 패류의 주종을 이루고 있다 특히 가막만은 1960년부터 참굴의 수하식 양식이 시작된 곳으로 현재 우리나라 전체 굴 생산량의 20 % 를 차지하는 곳이다 (이, 1993, 조 외, 1997)

가막만의 참굴 양식은 초 여름 산란기에 착생한 유생을 조간대의 단련

상에서 약 1년간 단련시킨 뒤 이듬해 초여름 본 양성장으로 옮겨서 본격적으로 양성하는 방법을 택하고 있다. 이 연구에 이용된 참굴 역시 1996년 여름에 채묘된 종묘를 약 1년간 조간대의 단련상에서 단련된 굴을 1997년 6월에 본 양성장으로 이식한 것이다. 다른 단련 종굴과 같이 이 연구에 이용된 참굴도 이식 직후 패각의 성장이 급속하였으나, 육질 성장은 상대적으로 느린편 이었다 (Figure 4 and 5). 그러나 육질성장의 경우 이듬해 3, 4월에 급격한 증가를 보였는데, 이는 참굴의 번식과도 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다 (Hofmann et al, 1994) 또한 3,4월의 급격한 육질 성장은 먹이 생물인 플랑크톤의 춘계 대 번식과도 때때로 밀접한 관계를 맺는 것으로 알려져 있다 (Soniat et al., 1998; Powell et al., 1995) 이 연구에 이용된 참굴의 패각 성장은 실험 종료시인 5월 평균 각장 72.7mm으로 관찰되었는데, 이 결과는 1985년부터 1990년까지 5년간의 관측시 2월에 측정된 평균 각고 72.6 mm 와 비교시 상대적으로 낮은 것으로 판단된다 (이 등, 1992).

해수의 유동은 특히 참굴의 성장 및 유생 분포에 절대적인 영향을 미치는 인자로 작용하나 해류의 수직적인 영향에 대한 정확한 기작은 국내의 경우 아직 알려지지 않고 있어 이에 대한 연구가 시급한 실정이다 (Deksheniaks et al., 1993; Powell et., 1995; Kobayashi et al., 1997). 한편 이 연구에서는 수심에 따른 패각 및 육질의 성장 차이가 발견되었는데, 일반적으로 가막만의 굴 수하연은 깊이가 3 m 정도이었으며, 이중 수심 1.2 m에 위치한 굴의 성장이 가장 양호하였다. 파랑 및 해류가 참굴의 성장에 미치는 영향은 수평적, 수직적으로 나누어서 생각할 수 있는데, 때때로 너무 빠른 해류나 조석류는 오히려 이들 이때패류의 성장을 저해하기도 하는 것으로 알려져 있다 (Powell et al, 1992) 이 연구의 결과에서 밝혀진 바와 같이 중층에 위치한 참굴의 성장이 표층이나 저층의 굴보다 좋은 이유는 너무 빠르지 않거나 너무 느리지 않은 해수의 유동이 원할한

먹이의 공급과 더불어 진동에 의한 물리적 스트레스를 덜 준 것에 기인한 것으로 사료되나 아직 이에 대한 연구 사례가 존재하지 않아 이에 대한 보다 심도 있는 연구가 필요시 된다 (Powell et al., 1995) 가막만 참굴의 연중 생식소 발달을 관찰한 결과, 이 지역의 참굴은 97년 5월 완전 성숙기를 거쳐 6, 7월에 주로 산란하는 것으로 관찰되었고, 이식 초기인 97년 8월에도 성숙한 난을 갖고 있는 개체가 관찰된 결과를 근거로 할 때 단련 종굴은 각고 53 mm, 부착 후 13개월 경과된 개체에서도 성 성숙이 진행되는 것으로 판단된다. 이는 경남 고성에서 관찰한 참굴의 연중 생식소 발달과 매우 유사한 결과를 보여 이러한 연중 성 성숙은 남해안 전체의 특성으로 판단된다 (배, 1997)



## 참 고 문 헌

- 국립수산진흥원. 1978. 연안 어장 및 임해 공업 단지 주변 해역의 해수 유동. 89-92
- 굴수하양식수협 1985 굴 양식 수협 이십년사 태화출판사 p 117~133
- 김용술 1980 거제·한산만·양식굴 *Crassostrea gigas*의 에너지 전환 효율. *Bull Korean Fish Soc.* 13(4),179~193.
- 배경만, 배평암 1972. Portugal 굴(*Crassostrea angulata*) 및 Olympia 굴(*Ostrea lurida*)의 이식 성장에 관한 연구 *Bull. Korean Fish Soc* 5(1) 17~22.
- 배평암. 1997 남해안 참굴 *Crassostrea gigas*의 번식생태에 관한 생물학적 연구. 동의대학교 대학원 박사학위 논문
- 배평암. 1972 참굴 수하 양식에 관한 연구 (I). 양성장의 성장도에 관하여 수진연보 9,71~84.
- 배평암, 김운 1978 충무부근 굴 양식어장 기초 생산력 조사. 수진연보. 20,129~139.
- 배평암, 김주련, 강필애, 김운. 1976. 참굴의 수하 양식에 관한 연구 (III). 양식굴의 어장 환경별 성장도에 대하여 수진연보. 15,73~81
- 배평암, 변충규, 고창순, 김운, 강필애 1978. 참굴의 수하 양식에 관한 연구 (IV). 양식굴의 어장 환경별 성장도에 대하여 수진연보. 20,109~119.
- 수로국. 1978. 1977년도 여수항 일대 조류 관측 결과. 수로 기술연보 91~122.
- 유성규, 유명숙, 박종남 1972. 참굴의 성장. 부산수대연보(자연과학). 2,63~76.
- 이규형. 1993 가막만의 양식굴의 생산에 관한 수산해양학적 연구. 부산수

- 산대학교 이학박사학위논문. pp. 180
- 이규형, 조규대. 1990. 가막만의 수온과 염분의 분포 한수지. 23(1), 25~39
- 이병돈, 강형구, 강용주. 1991. 굴 양식장 수역의 기초생산 연구. 한수지. 24(1), 39~51
- 조은일, 박청길, 이석모. 1996. 가막만의 환경용량 산정 (II) 굴 양식장의 환경용량 산정 한수지. 29(5), 709~715.
- 조창환, 김용술. 1997. 굴 양식장의 미세환경에 관한 연구 (I) 거제만의 양식장 밀도 및 부영양화에 관하여 한수지. 10, 259~265.
- 한국수산회 1997 수산연감.
- Ahmed, M 1975. Speciation of living oysters *Adv. Mar Biol.* 13 357~397
- Arakawa, K. Y 1990. Natural selecting in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (THUNBERG). *Mar. Behav. Physiol.* 17:95~128.
- Dekshenieks, M. M, E. E. Hofmann and E. N. Powell 1993. Environmental effects on the growth and development of eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), larvae: a modeling study *J. Shellfish Res.* 12:241~254
- Galtsoff, J D 1964. The american oyster *Crassostrea virginica Gmelin.* *Fish. Bull.* 64:1~480.
- Garvey, J S., N. E. Cremer, D. H Sussdorf 1977. Methods in immunology: a laboratory text for instruction and research The Benjamin/Cummings Publishing Company, Reading, MA, p 545
- Hofmann, E E, J. M Klinck, E N. Powell, S Boyles and M. Ellis 1994 Modeling oyster populations II. Adult size and reproductive output *J. Shellfish Res.* 13, 165~182
- Hofmann E E., E. N Powell, J. M Klinck and E. A. Wilson 1992.

- Modeling oyster populations III. Critical feeding periods, growth and reproduction. *J. Shellfish. Res* 11,399~416.
- Kobyashi, M, E. E. Hofmann, E. N. Powell, J M. Klinck and J Kusaka. 1996. A population dynamics model for the Japanese oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*. 149:285~321.
- Lee, K. H 1992 On yield conditions and growth characteristics of oyster, *Crassostrea gigas* in Kamak Bay, Korea. *Bull. Mar. Sic. Inst , Yosu Natl. Fish Univ.* Vol.1, pp13~27
- Powell E N., E E. Hofmann, J. M. Klinck and S. M Ray. 1992 Modeling oyster population I A commentary on filtration rate. Is faster always better ? *J. Shellfish. Res.* 11,387~398
- Wilson-Ormond E. A., E. N. Powell, K-S Choi. 1993. Gonadal analysis - *Crassostrea virginica*. In : NOAA 1993, Sampling and analytical methods of the national benthic surveillance and mussel watch projects 1984-1992 Vol II. Comprehensive descriptions of complementary measurements. NOAA Tech. Mem. NOS ORCA 71. 1155~1184.
- Powell, E.N., J.M Klinck, E.E. Hofmann, E A. Wilson-Olmond, and M.S. Ellis. 1995. Modeling oyster population. V. declining phytoplankton stocks and population dynamics of American oyster (*Crassostrea virginica*) population. *Fish Res.* 24,199~222.
- Soniat, T M, E. N. Powell, E. E Hofmann and J M Klinck. 1998. Understanding the success and failure of oyster populations: the importance of sampled variables and sampling timing *J. Shellfish. Res.* 17:1149~1165
- Stenzel, H B. 1971. Oysters In: Moore KC (ed), Treatise on

invertebrate paleontology N 953-N 1224 pp. Part N, Vol 3,  
Mollusca. Geological Society of America Inc. and University of  
Kansas Boulder, Colorado



## 감사의 글

이런 글을 쓸 기회가 주어진다든 것이 제게는 큰 행운입니다

학문이라는 길이 어떤 것인지도 알지 못하고 출발한 길이 마냥 즐거웠던 시간도 있었고, 갈곳을 몰라 방황하던 때도 있었습니다. 그 때마다 부족한 저에게 격려와 충고 때론 질타로서 저를 독려해 주시고 따뜻함으로 이끌어주신 최광식 교수님께 감사 드립니다 부족한 저의 글에 빈틈을 메워주시려고 애써주신 심사위원장이신 이준백 교수님과 이영돈 교수님 정말 고맙습니다.

철없던 학부 시절부터 주시해주시고 배움의 길을 보여주신 이정재 교수님, 또한 해양생산과학부 정상철 교수님, 노 섬 교수님, 이기완 교수님, 송춘복 교수님, 이제희 교수님, 허문수 교수님 그리고 여인규 교수님께 감사 드립니다. 나와 동기이면서 버겁기만 하던 실험실 태동기에 늘 함께 동거동락한 박경일과 무더운 여름날 땀흘려 가며 나를 도와준 실험실 동료 이주한, 강도형, 강상균, 고덕임에게 고맙다는 말을 전하고 여수 가막만 현장 실험을 같이 해주신 고희범 박사님, 현경훈 선배님, 강동우 그리고 이무형에게도 고맙다는 말을 전합니다. 그리고 가막만 현지에서 굴 양식을 생업으로 하시면서 시료채집을 위해 직접 선박을 운행해주신 김태봉님과 김태선님 그리고 현지에서 물신 양면으로 도와주신 황성일 선배님 정말 감사합니다 연구소 바쁜 일정중에 논문을 정리할 시간을 허용해 주신 오재룡 박사님과 연구소 직원여러분들 고맙습니다

멀리 떨어져 있어도 늘 저를 걱정해주시는 형님들, 항상 저를 감싸주는 누나에게 고맙다는 말을 전합니다. 그리고 나를 세상에 보내 주시고 지금껏 길러주신 어머니 아버지 정말 고맙습니다.