

GOVP1199804046

639.3
L293 Ⅱ

미더덕 양식 기술개발에 관한 연구

Studies on the Development of Aquaculture
Technology for Ascidians, *Styela clava* Herdman

1997. 12

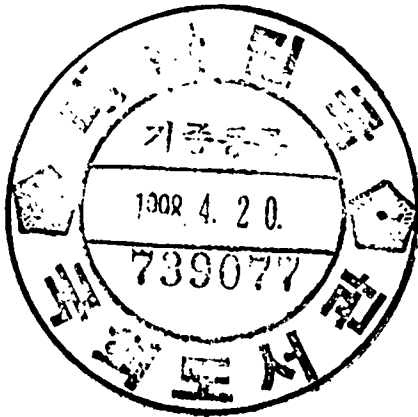
연구기관 : 국립수산진흥원 남해연구소 통영분소

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 「미더덕 양식 기술개발에 관한 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.



1997년 12월

주관연구기관명 : 국립수산진흥원

총괄연구책임자 : 박 정 흠

연 구 원 : 문 태 석, 김 용 술
강 석 중, 박 애 전
최 혜 승, 김 풍 호
최 우 정, 박 영 철
나 기 환, 유 현 덕
차 정 균, 양 문 주
하 일 근, 박 한 서

요 약 문

I. 제목

미더덕 양식 기술개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 목적

패류양식장의 부착생물인 미더덕의 식성, 섭식량, 여수율, 배설량, 생식소 속도, 타생물과의 먹이경쟁 등의 생리·생태학적 특성 및 서식환경 실태를 조사하여 미더덕 양식에 대한 기초지식을 얻고자 함.

2. 중요성

반폐쇄성 내만인 진해만 중서부 해역은 인근의 도시하수 및 산업폐수 유입으로 인한 수질의 부영양화로 양식장의 생산성 저하뿐만 아니라 패류 채묘어장의 종묘 생산량도 매년 감소되고 있는 추세이다.

이러한 패류 양식장 및 채묘어장에 함께 서식하면서 생산되고 있는 미더덕, 흰명게 등의 부착생물은 우리나라 연안 및 극동아시아 지역에만 분포되고 있으며 외국에서는 식용으로 이용하고 있지 않아 생리·생태학적인 특성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 미더덕의 식성, 섭식량, 여수율, 배설량, 생식소 속도, 타 양식생물과 먹이경쟁 등의 생리·생태학적 특성과 아울러 서식환경 실태를 조사하고 타 양식생물에 미치는 영향을 비교·고찰함으로써 미더덕 양식에 대한 기초적인 지식을 제공하고자 한다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

1. 미더덕의 서식생리생태를 파악하기 위하여 서식 수온과 염분 및 산소소모량 및 저산소에 대한 내성실험을 실시하였다.
2. 섭식생리를 구명하기 위하여 경쟁관계에 있는 패류의 여수율과 배설량을 조사하였고, 미더덕의 섭이량 및 식성 조사를 위하여 위 내용물을 분석하였다.
3. 생물학적·화학적 분석방법에 의하여 굴과 미더덕의 식성을 구명하였다.
4. 해역별 생식소 속도와 산란 및 유생출현 등을 조사하여 채묘시기를 구명하였다.
5. 미더덕 서식 실태 파악을 위한 해역별, 수층별 수하연 간격에 대한 성장도 및 먹이생물량을 조사하였다. 패류 양식장에 먹이 경쟁관계에 있는 미더덕과 패류의 단독 및 복합양식 시험을 실시하여 성장을 비교 분석하였다.
6. 어장환경 특성 파악을 위하여 해역별 수질과 저질 등의 오염지표 물질 변동과 먹이생물의 출현 종조성을 구명하였다.
7. 미더덕의 영양특성을 구명하기 위하여 일반성분과 아미노산의 함량을 분석 고찰하였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구결과

가. 서식생리 생태조사

- (1) 미더덕의 서식 적수온은 5~15℃이었고 20℃ 이상 고수온에서는 약하며, 염분은 30~35‰로 저염분에 약하고 고염분에는 강하였다.
- (2) 미더덕의 산소소모량은 1시간당 0.63ml로 굴과 비슷한 수준이었고, 저산소에 대한 내성시험 결과 미더덕과 흰명게는 저산소에 패류보다 약하였다.

나. 섭식생리 생태조사

(1) 여수율조사

연승 100m 1대당 1일 집단여수율은 굴 105m³, 미더덕 358m³, 진주담치 2,324m³ 및 흰명게 3,002m³으로 굴이 가장 낮았고 흰명게가 굴에 비해 28.6배 높았다.

(2) 미더덕 식성조사

양성중인 미더덕의 위 내용물 조사결과 1마리에서 식물성 플랑크톤 67,725~711,650cells가 관찰되어 식물성 플랑크톤을 섭식하는 것으로 판명되었다.

(3) 실내에서 인공 배양된 식물성 플랑크톤으로 개체당 섭식량을 위 내용물조사를 통해 분석한 결과 흰명게가 가장 많았고 다음이 진주담치, 굴, 미더덕 순으로 적었다. 이를 각부중량 1kg당으로 환산하면 흰명게($1,685.2 \times 10^6$ cells/hr)와 진주담치(504.1×10^6 cells/hr)가 많았고, 미더덕(475.3×10^6 cells/hr), 굴(261.4×10^6 cells/hr) 순으로 역시 흰명게가 가장 많았고 굴이 가장 적었다.

(4) 지방산 조성에 의한 식성조사

굴과 미더덕의 식성을 파악하기 위하여 식물성 플랑크톤이 가지고 있는 클로로필에서 유래하는 물질인 TMTD(4,8,12-trimethyl-tridecanoic acid)와 pristanic acid 및 phytanic acid를 조사한 결과, 참굴의 육과 변속에서는 이러한 성분이 검출되나 미더덕에서는 검출 되지 않았다. 또한, 참굴과 미더덕의 먹이생물 구명을 위하여 기수지방산(홀수지방산)을 조사한 결과, 참굴의 육(3~4%)과 미더덕 육(4~5%), 참굴의 변(4~5%)과 미더덕 변(10~15%)에서는 홀수지방산의 현저한 차이를 나타내었다.

그러므로 미더덕은 분해중인 먹이(유기현탁물)를 굴에 비하여 많이 섭취하고 있는 것으로 고찰되었으며 이는 굴과 미더덕의 생물종과 소화기구 등의 차이로 생각되었다.

(5) 마비성 패류독 검출에 의한 식성조사

마비성 패류독의 원인 플랑크톤(*Alexandrium* sp.) 대량 발생시기(3~4월)의 미더덕의 마비성 패류독은 272~672 μ g/100g, 진주담치는 67~5,005 μ g/100g이 검출되어 미더덕도 식물성플랑크톤인 *Alexandrium* sp.를 섭취하여 독화되는 것으로 확인 할 수 있었다.

다. 생식생리생태조사

(1) 생식소 속도조사

미더덕의 월별 성숙개체는 2월부터 출현하기 시작하여 5~9월에는 전 조사지점에서 100%출현율을 나타내었다.

(2) 유생 분포조사

미더덕 유생은 1996년에는 7~9월, 1997년에는 6~8월에 최대로 출현하였고, 흰 멧게 유생은 3~8월에 최대로 출현하였다.

(3) 채묘수층조사

1997년 거제 가조도 해역의 채묘수층 조사결과 수심 4~7m층에서 가장 부착개체수가 많아 그물 30×50cm당 평균 414마리가 부착하였다.

(4) 인공채묘시험

미더덕은 수온 15~21℃에서 산란하였고, 담수를 10% 첨가한 구에서 산란이 유발되었으며, 평균중량 13~20g의 어미 1마리가 4,000~32,000립을 산출하였다.

라. 미더덕과 주요 양식품종의 양성시험

(1) 해역별 양성시험에서 진해만의 진동과 가조도 해역이 통영 한산만과 산양 신전포보다 성장은 6.8~20.3%, 생존율은 8.3~18.5%정도로 다소 높아 내만인 진해만이 외해에 면한 통영 한산만보다 양성가능 해역으로 제시되었다.

(2) 수층별 성장시험은 2~6m의 표층이 4~8m의 저층보다 성장이 빨랐으나 부착생물은 2~6m수층이 16.3~66.5%로 4~8m수층의 14.6~60.6%보다 부착량이 많았다.

(3) 미더덕은 7~9월에 산란하여 채묘되며, 익년 3~4월은 주성장기이고 4~5월이 수확기였고, 수온이 20℃이상 상승하는 6월이후에는 폐사하며, 흰명게는 7~9월에 산란하여 10월~12월이 주성장기이고, 수온이 5℃이하로 하강하는 2~3월에 대부분 폐사하였다.

(4) 미더덕과 굴의 단독 및 복합양성시험에 의한 성장차이를 육중량에 대한 식으로 나타내면 1차년도 진동만의 양식시험에서 굴 단독구 $y = 5.6 + 0.3x$ (y : 육중량, x : 기간), 굴 복합구 $y = 3.21 + 0.83x$, 2차년도 신전해역의 양식시험에서 굴 단독구는 $y = 3.45 + 1.31x$, 복합구 $y = 4.25 + 1.06x$ 로 나타나 뚜렷한 성장 차이는 인정되지 않았다.

한편, 1차년도 미더덕과 진주담치의 실험결과도 단독구와 복합구간에는 뚜렷한 성장 차이는 없는 것으로 나타났다.

마. 어장 환경조사

(1) 수질조사

용존산소는 진해만 서부해역에서 여름철에 1ppm 이하의 빈산소층이 저층에 형성되었으나, 대체적으로 진해만의 수질은 해역Ⅱ등급 수준이었다.

(2) 저질조사

저질의 총황화물과 화학적산소요구량은 진해만에서 양식장 적지기준치 0.2mg/g, 20mg/g을 초과하는 수치를 나타내었다.

(3) 식물성 플랑크톤조사

먹이생물의 지표인 클로로필-a양은 진해만이 통영 한산만보다 1.8~2.3배 높았다.

바. 미더덕 영양성분

(1) 일반성분

미더덕의 수분 함량은 84%, 조지방 및 조회분이 2.6%내외였으며, 계절과 해역에 따른 성분 변화는 적었다. 글리코젠은 산란기인 7월이 최소치이고 8월에 증가하였으며, 단백질은 역상관관계를 나타내었다.

(2) 비극성 및 극성 지질조성은 비극성 53.3~69.2%, 극성 지질이 30.8~46.6%였다.

(3) 총지질에 대한 지방산 조성은 폴리엔산(Polyenes)이 절반이상 차지하고 포화산(Saturates), 모노엔산(Monoenes) 순이었다. 주요 구성지방산으로는 EPA와 DHA조성비가 45%내외로 지질조성은 상당히 우수하였다.

(4) 유리아미노산 함량은 3월이 6월보다 1.8~2.2배 높았으며 맛 성분인 주요 유리아미노산은 Taurine, Glutamic acid, Proline, Glycin 등으로 나타났다.

2. 활용에 대한 건의

시험결과 부영양 해역인 진해만 중서부의 가조도 해역의 미더덕이 통영 영운 및 한산만에 비하여 성장도 뿐만 아니라 영양적으로도 다소 우수한 것으로 나타났다.

미더덕은 7~9월 하절기에 산란 채묘되어 익년 3~4월까지 성장하며, 수온이 20℃ 이상 상승하는 6월 이후에는 성장이 정지되고 폐사도 증가하므로 주수확기는 4~5월이며, 이 시기에 수확된 미더덕이 6월에 수확된 미더덕에 비하여 맛 성분인 유리아미노산 함량이 1.8~2.2배 높았고, 고도불포화지방산인 EPA, DHA의 함량도 다소 높은 것으로 나타났다.

패류양식장에서 먹이 경쟁관계에 있는 굴, 미더덕 및 흰명게의 식성관계 구명을 위하여 집단 여수율을 비교한 결과 굴에 비해 미더덕은 3.4배, 흰명게는 28.6배 높았고, 먹이생물인 식물성 플랑크톤 섭식량도 굴에 비해 미더덕은 1.1배, 흰명게는 3배 정도 높게 나타났으며, 아울러 배설량도 1.7~2.6배 높게 나타나, 양식생물인 굴과의 먹이경쟁 뿐만 아니라 배설물에 의한 저질의 자가오염으로 하절기 저층 빈산소수괴를 심화시킬 우려가 있다.

또한, 진해만 중서부해역은 통영일원 해역에 비해 폐쇄성이 강해 외해와의 조류소통이 불량하고 유속이 느려 호소와 같은 특징을 가지고 있으므로 계절에 따른 수온 및 염분 변동이 심하고 수온 성층이 강하게 형성되는 특징을 지니고 있었다. 여름철에는 빈산소수괴가 장기간 지속되고 저질오염이 심한 환경적인 문제점을 지니고 있으며 영양염 수준이나 먹이생물의 간접지표로 이용되는 클로로필-a 양은 두 해역이 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 진해만의 진동정점과 통영해역의

예곡정점을 비교하여 볼 때 진동의 클로로필-a 농도가 뚜렷이 높았다.

따라서 미더덕의 양식품종으로 개발하기 위해서는 어장환경의 오염, 기존 패류양식 생물과의 먹이경쟁, 어장환경 수용력 등에 대한 종합적이고 지속적인 연구·검토가 있어야 할 것으로 사료되었다.

여 백

SUMMARY

Studies on the development of aquaculture technology for ascidian, *Styela clava* Herdman

Ascidian, *Styela clava* is distributed in Far East area including Korea peninsula and have been used for food only in Korea. Because of the limited distribution and uses of *S. clava*, the physiological and ecological researches of *S. clava* have not been performed briskly.

The aquaculture of *S. clava* have been very prevalent in Jinhae Bay of the southern coast in Korea. And especially, the illegal culture of *S. clava* at ark shell seed collection area located in the middle of Jinhae Bay have been disputed for long time between different aquaculturist.

The physiological and ecological characterization of *S. clava* was performed for two years from 1996 to 1997. And the environmental contamination status of the survey area and the feeding behavior of ascidians, *S. clava*, *S. plicata*, and shellfish, oyster, blue mussel, were investigated to evaluated the effects of *S. clava* culture on hanging culture of oyster.

The optimum growth temperature and salinity of *S. clava* were 5~15°C and 30~35‰ respectively. And low oxygen level below 1 ppm, 80~ 100% of *S. clava* were died within 4 days. The seed collection period of *S. clava* were identified as July to September and the main growing period were from March to April of the next year and harvesttime continued from April to June. The aquaculture of *S. clava* was possible under 20°C. And

after June, growth rate of *S. clava* was reduced and death rate was increased gradually according to temperature rising.

The daily filter rate of a long line (100 m) of oyster, *S. clava*, blue mussel, and *Styela plicata* was 105m³, 358m³, 2,324m³, and 3,002m³ respectively. In each stomach of *S. clava*, 67,000~711,000 cells of phytoplanktons were observed.

The feeding amount of each investigated organism examined with various cultured phytoplanktons was followed the order blue mussel, oyster, *S. plicata* and *S. clava*.

TMTD(4,8,12-trimethyl-tridecanoic acid), pristanic acid and phytanic acid that could be derived from chlorophyll contained in phyto plankton were detected in oyster meat and feces but not detected in ascidians'. And the odd number fatty acid content of oyster and *S. clava* was 3~4% and 4~5% respectively, but the odd number fatty acid contents of feces in *S. clava* was higher two or three times than in oyster.

Paralytic shellfish poison in *S. clava* was 272~672 μ g/100g that when the shellfish poison causative plankton, *Alexandrium* sp. was blooming more than 5,000 cells in one liter of sea water.

The sexual mature of *S. clava* started in June and the larvae appeared mainly from June to September.

In Kajo island area, the *S. clava* seed collection was better in 4~7 m layer and 414 spats attached on each collection net (30 × 50cm) on an average.

In artificial seed collection examination, the spawning of *S. clava* could be induced 10% fresh water addition under 15~21°C and one brood stock that were 13 to 20 gram spawned 4,000~32,000 egg at one time.

The growth and survival rate of *S. clava* in Jinhae Bay was 6.8~20.3% and 8.3~18.5% higher than that of Hansan Bay, respectively.

The growth of *S. clava* was more rapid in upper layer, 2~4m than in lower layer, 4~8m but attached benthic fouling organisms were more in upper layer than that in lower layer.

The water quality of survey area in Jinhae Bay showed the second grade of sea water criteria in Korea. And then total sulfide and COD concent-net in sediment exceeded the optimal criteria for aquaculture in the sea. The chlorophyll-a contents of sea water in Jinhae Bay was 1.8~2.3 times higher than that in Tongyoung · Hansan area.

The contents of water in *S. clava* was 84% and crude lipid and crude ash was same level as 2.6%. And glycogen content recorded the lowest valus on July which was spawning season and increased again from August.

The rangs of the polar and non-polar lipid content of *S. clava* was 53.5~69.2% and 30.8~46.6% respectively. Fatty acid composition of total lipids was followed the order polyenes, saturates and monoenes. The combined content of EPA and DHA occupied 45% of total fatty acid composition. The free amino acid content of *S. clava* on March was 1.8~2.2 times higher than on June and the dominant free amino acid were taurine, glutamic acid, proline and glycine.

Because of similar feeding behavior to filter feeding shellfish like oyster

and high filtering ability, ascidians (*S. clava*, *S. plicata* and *S. clava* etc.) growing at shellfish culture area may affect to the growth of shellfish. And large amount of excretion from ascidians may induce bottom contamination like low oxygen¹ concentration in deposit. And then the ascidian culture string having more fouling organisms than shellfish's may act as a biological contamination source to shellfish culture. For reasons of above, more detailed and continuous research and survey, feed competition among ascidian and shellfish, biological affect of ascidian to environmental status and acceptability of different species in same growing area, should be performed to develop a successful artificial ascidians culture in shellfish growing area.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction

Section 1. Objectives and necessities of research

Section 2. Methods and contents of research

Chapter 2. Effect of the environmental factors on the ascidian growth

(Inhabitation and ecological investigation)

Section 1. Preface

Section 2. Materials and methods

1. Effect of temperature on the ascidian growth

2. Effect of salinity on the ascidian growth

3. Low oxygen tolerance

4. Oxygen demand for the ascidian growth

Section 3. Results and discussions

1. Temperature tolerance

2. Salinity tolerance

3. Low oxygen tolerance

4. Oxygen consumption

Chapter 3. Feeding behavior of the ascidian

(Feeding behavior and ecological investigation)

Section 1. Preface

Section 2. Materials and methods

1. Filtering rate

2. Excretion measure

3. Phytoplankton count

4. Feeding behavior
5. Fatty acid analysis
6. Paralytic shellfish poison analysis

Section 3. Results and discussions

1. Filtering rate
2. Excretion
3. Phytoplankton composition and count of seawater and ascidian's stomach contents
4. Feeding behavior
5. Fatty acid composition
6. Paralytic shellfish poison in the ascidian

Chapter 4. Physiological and ecological examination of the ascidian

Section 1. Preface

Section 2. Materials and methods

1. Sexual maturity and spawning period of the ascidian
2. Distribution of the ascidian larvae
3. Artificial and natural seed collection

Section 3. Results and discussions

1. Sexual maturity and spawning period
2. Distribution of the ascidian larvae
3. Artificial and natural seed collection

Chapter 5. Mono and poly culture test of the ascidian and the shellfish

Section 1. Preface

Section 2. Materials and methods

1. Optimal culture layer and string interval
2. The culture test

Section 3. Results and discussions

1. Optimal culture layer and string interval
2. The first year culture test
3. The second year culture test

Chapter 6. Environmental characteristics in the ascidian culture area

Section 1. Preface

Section 2. Materials and methods

1. Water quality analysis
2. Deposit analysis
3. Phytoplankton examination

Section 3. Results and discussions

1. Water quality of the survey area
2. Physical and chemical composition of the deposit in the survey area
3. Phytoplankton examination of seawater and the ascidian

Chapter 7. Chemical composition of the ascidian

Section 1. Preface

Section 2. Materials and methods

Section 3. Results and discussions

1. Changes in the proximate composition of the ascidian
2. Content of polar and nonpolar lipid

Chapter 8 . Summary and conclusion

References

여 백

目 次

제 1장 서론	27
제 1 절 연구의 목적과 필요성	27
제 2 절 연구내용 및 방법	31
제 2 장 서식생리생태조사	33
제 1 절 서 설	33
제 2 절 재료 및 방법	34
1. 수온별 내성실험	34
2. 비중별 내성실험	34
3. 저산소 내성실험	35
4. 산소소모량실험	35
제 3 절 결과 및 고찰	36
1. 수온별 내성실험	36
2. 비중별 내성실험	40
3. 저산소 내성실험	44
4. 산소소모량실험	44
제 3 장 섭식생리생태조사	47
제 1 절 서 설	49
제 2 절 재료 및 방법	49
1. 여수율조사	49
2. 배설량조사	50
3. 미더덕 서식해역의 먹이생물과 위 내용물조사	50

4. 먹이 종류별 섭식량조사	51
5. 지방산 분석에 의한 식성조사	51
6. 마비성 패류독 분석에 의한 식성조사	53
제 3 절 결과 및 고찰	56
1. 여수율조사	56
2. 배설량조사	66
3. 미더덕 서식해역의 먹이생물과 위내용물조사	67
4. 먹이 종류별 섭식량조사	72
5. 지방산 분석에 의한 식성조사	79
6. 미더덕의 마비성 패류독소 조사	101
제 4 장 생식생리생태조사	104
제 1 절 서 설	104
제 2 절 재료 및 방법	105
1. 생식소 속도 및 산란기조사	105
2. 유생분포조사	105
3. 인공채묘와 자연채묘시험	105
제 3 절 결과 및 고찰	108
1. 생식소 속도 및 산란기조사	108
2. 유생 분포조사	108
3. 인공채묘와 자연채묘시험	115
제 5 장 미더덕과 주요 양식품종의 양식시험	119
제 1 절 서 설	119
제 2 절 재료 및 방법	120
1. 미더덕 양성 적정 수층 및 수하연 간격조사	120

2. 단독·복합 양식시험	122
제 3 절 결과 및 고찰	126
1. 미더덕 양식 적정 수층 및 수하연 간격조사	126
2. 1차년도 단독·복합 양식시험	143
3. 2차년도 단독·복합 양식시험	152
제 6 장 미더덕 양식실험 해역의 어장환경 특성	157
제 1 절 서 설	157
제 2 절 재료 및 방법	158
1. 수질조사	158
2. 저질조사	158
3. 식물성 플랑크톤조사	159
제 3 절 결과 및 고찰	160
1. 수질조사	160
2. 저질조사	165
3. 식물성 플랑크톤조사	168
제 7 장 미더덕 영양성분	179
제 1 절 서 설	179
제 2 절 재료 및 방법	180
제 3 절 결과 및 고찰	183
1. 일반성분의 변화	183
2. 비극성지질 및 극성지질의 함량	183
제 8 장 요약 및 결론	192
참고문헌	196

표 목 차

제 1 장 서 론

표 1-1. 미더덕 생산현황	27
표 1-2. 미더덕 양성실태(1997년)	28

제 2 장 서식생리생태조사

표 2-1. 저수온 내성조사	37
표 2-2. 고수온별 폐사율조사	38
표 2-3. 비중별 1차 실험결과 (저비중)	41
표 2-4. 비중별 2차 실험결과 (저비중)	42
표 2-5. 비중별 3차 실험결과 (고비중)	43
표 2-6. 실험생물의 종별 저산소 내성실험 결과	45

제 3 장 섭식생리생태조사

표 3-1. 실험생물의 종별, 수온별 여수율을 나타내는 회귀직선	57
표 3-2. 10~25℃ 범위의 유의성 검정. (유의수준 95%)	58
표 3-3. 공통회귀계수를 사용한 종별, 수온별 여수율의 회귀직선의 파라메타	63
표 3-4. 개체당 여수율에 미치는 크기와 수온의 영향	64
표 3-5. 실험생물의 종별 여수량 산정 파라메터와 여수량 산정 결과	65
표 3-6. 실험생물의 종별 1일 배설량	66
표 3-7. 미더덕 서식해역과 미더덕 위 내용물의 월별 식물성 플랑크톤 조성	68
표 3-8. 실험생물의 종별 식물성 플랑크톤 소모량	75
표 3-9. 실험생물의 종별 위 내용물에 의한 섭식량 조사결과	74
표 3-10. 식물성 플랑크톤 4종 혼합에 의한 종별 섭이 기호성 실험	78
표 3-11. 동일 양식장에서 채취한 실험생물 및 부착생물 총지질 함량	79

표 3-12. 진해만의 굴과 미더덕의 근육지질 중 지방산 조성	80
표 3-13. 진해만의 굴과 미더덕 변의 지질 중 지방산 조성	90
표 3-14. 진해만에서 채취한 식물성 플랑크톤의 지방산 조성	93
표 3-15. 진해만 굴 및 미더덕 양식장의 부착생물 근육지질 중 지방산 조성	95
표 3-16. 진해만 서부 양성 미더덕의 마비성 패류 독소 출현량	101
표 3-17. 진해만 서부의 진주담치 마비성 패류 독소 출현량	102
표 3-18. 진해만 서부의 패독 플랑크톤 분포	103

제 4 장 생식생리생태조사

표 4-1. 온도와 담수첨가 농도구배 시험구	107
표 4-2. 해역별 미더덕과 흰명게의 생식소 난경 및 성숙개체 출현율	109
표 4-3. 1996년도 해역별 미더덕류 유생분포	110
표 4-4. 1997년도 해역별 미더덕류 유생분포	111
표 4-5. 미더덕 산란유발 실험결과	116
표 4-6. 수층별 미더덕 자연채묘 실험결과	117

제 5 장 미더덕과 주요 양식품종의 양식시험

표 5-1. 해역별 성장비교 시험결과	126
표 5-2. 해역별 양식생물 및 부착생물중량 비교	127
표 5-3. 수층별 성장비교 시험결과	134
표 5-4. 수층별 양식생물 및 부착생물중량 비교	130
표 5-5. 수하연 간격별 성장비교 시험결과	138
표 5-6. 수하연 간격별 양식생물 및 부착생물중량 비교	142
표 5-7. 1차년도 진동해역의 미더덕과 굴 단독, 복합양식 시험결과	144
표 5-8. 1차년도 진동해역의 미더덕과 진주담치 단독, 복합양식 시험결과	146

표 5-9. 2차년도 가조도해역의 미더덕과 굴 단독, 복합양식 시험결과	153
---	-----

제 6 장 미더덕 양식실험 해역의 어장환경 특성

표 6-1. 1차년도 시험어장 표층의 식물성 플랑크톤 조성	169
표 6-2. 1차년도 시험어장 저층의 식물성 플랑크톤 조성	172
표 6-3. 2차년도 시험어장 표층의 식물성 플랑크톤 조성	174
표 6-4. 2차년도 시험어장 저층의 식물성 플랑크톤 조성	176

제 7 장 미더덕 영양성분

표 7-1. 아미노산 자동분석기 분석조건	182
표 7-2. 미더덕의 계절별 일반성분 변화	184
표 7-3. 총지질에 대한 미더덕의 극성 지질 및 비극성 지질 함량	183
표 7-4. 총지질에 대한 미더덕의 지방산 조성	186
표 7-5. 미더덕의 극성 지질 및 비극성 지질의 지방산 조성	188
표 7-6. 미더덕의 유리아미노산 함량	190

그림 목 차

제 1 장 서 론

그림 1-1. 미더덕 양식 현황도	30
--------------------------	----

제 2 장 서식생리생태조사

그림 2-1. 수온 20℃에서의 종별 산소소모량	46
----------------------------------	----

제 3 장 섭식생리생태조사

그림 3-1. 미더덕의 건조중량과 여수율의 관계	59
그림 3-2. 흰명게의 건조중량과 여수율의 관계	60
그림 3-3. 진주담치의 건조중량과 여수율의 관계	61
그림 3-4. 굴의 건조중량과 여수율의 관계	62
그림 3-5. 해수와 미더덕 위내용물의 월별 식물성 플랑크톤량	71
그림 3-6. 미더덕 양식장의 수온과 미더덕 성장	71
그림 3-7. 실험생물의 종별 식물성 플랑크톤 소모량	73
그림 3-8. 굴 및 미더덕 근육지질 중 TMTD 및 홀수지방산의 크로마토그램	83
그림 3-9. 효소 첨가후 굴 근육지질의 크로마토그램	84
그림 3-10. 수소 첨가후 미더덕 근육지질의 크로마토그램	85
그림 3-11. 독특한 계열를 나타낸 TMTD의 질량 스펙트럼	86
그림 3-12. 수소 첨가 및 요소내전법에 의한 굴 근육지질 중 Pristanic 및 Phytanic산의 총이온 크로마토그램	87
그림 3-13. 굴 및 미더덕 변의 총지질의 크로마토그램	88
그림 3-14. 굴 및 미더덕 육과 변의 홀수지방산 함량	89
그림 3-15. 동일 굴 양식장에 서식하는 부착생물의 근육지질 크로마토그램	98

그림 3-16. Phtol이 Phytanic산, Pristanic산 그리고 4,8,12-TMTD로 대사되는 과정	99
---	----

제 4 장 생식생리생태조사

그림 4-1. 미더덕과 주요 품종 양식시험 어장도	106
그림 4-2. 진해만의 미더덕 유생 월별 출현수	113
그림 4-3. 통영해역의 미더덕 유생 월별 출현수	114

제 5 장 미더덕과 주요 양식품종의 양식시험

그림 5-1. 수층 및 수하연 간격별 시험어장 시설도	121
그림 5-2. 1차년도 단독 및 복합어장 시설도	123
그림 5-3. 2차년도 단독 및 복합어장 시설도	124
그림 5-4. 해역별 성장비교 시험결과(체고)	128
그림 5-5. 해역별 성장비교 시험결과(체중)	129
그림 5-6. 해역별 수율 및 폐사율 변화	131
그림 5-7. 해역별 양식생물 및 부착생물량 비교	132
그림 5-8. 수층별 성장비교 시험결과	135
그림 5-9. 수층별 수율 및 폐사율 변화	136
그림 5-10. 수하연 간격별, 수층별 양식생물 및 부착생물량 비교	137
그림 5-11. 수하연 간격별 성장비교 시험결과(체고)	139
그림 5-12. 수하연 간격별 성장비교 시험결과(체중)	140
그림 5-13. 수하연 간격별 수율 및 폐사율 변화	141
그림 5-14. 1차년도 미더덕과 굴의 단독 및 복합양식 시험결과	148
그림 5-15. 1차년도 미더덕과 굴 단독 및 복합양식시 굴의 육중량	149
그림 5-16. 1차년도 미더덕과 진주담치의 단독 및 복합양식 시험결과	150
그림 5-17. 2차년도 가조도해역의 미더덕과 굴의 단독 및 복합양식시 성장과 폐사율	154

그림 5-18. 2차년도 가조도해역의 미더덕과 굴의 단독 및 복합양식시 생산량과 부착생물	155
그림 5-19. 2차년도 미더덕과 굴 단독 및 복합양식시 굴의 육중량	156

제 6 장 미더덕 양식실험 해역의 어장환경 특성

그림 6-1. 해역별 수온과 염분	161
그림 6-2. 해역별 DO와 COD	163
그림 6-3. 해역별 PO ₄ -P와 DIN	164
그림 6-4. 해역별 Chlorophyl-a량	166
그림 6-5. 해역별 저질조사 결과	167

여 백

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 필요성

미더덕은 유생기에 일시적으로 척색을 가지는 원색동물로서 무척추동물 중에서는 가장 고등한 동물에 속하며 분류학자에 따라서는 원색동물과 척추동물을 합하여 척색동물로 분류하기도 한다.

미더덕은 원색동물 중 미색류에 속하는 부착생물로서 패각이나 바위, 그물, 로프 등 양식시설물에 부착하여 자웅동체로서 주로 봄, 여름에 걸쳐 산란한다고 알려져 있다(李;1977, 羅;1977).

미더덕은 우리나라 연안 및 극동 아시아에만 분포하고 있고 외국에서는 식용으로 하고 있지 않으며, 우리나라에서만 식용으로 하는데 껍질을 벗기고 된장찌개나 찜으로 요리하면 향긋한 향기와 함께 독특한 맛이 있어 옛부터 진해만을 중심으로 남해안에서의 특산물로 알려져 있다.

표 1-1. 미더덕 생산현황

년도	전국(M/T)	경남(M/T)	대비(%)
1990	11,523	5,205	45.2
1991	9,972	5,968	59.8
1992	6,903	4,487	65.0
1993	8,102	5,426	67.0
1994	7,754	4,485	57.8
1995	3,675	1,714	46.6

(자료: 농림수산부, 경상남도 1996)

이러한 미더덕은 1980년대까지만 해도 진해만 패류양식장의 시설물에 부착하여 해적생물로 인식되거나 양식부산물로 취급되었으나 1990년대 들어 피조개 채묘양식장에 피조개는 채묘되지 않고 주로 미더덕이 다량으로 부착됨으로써 그대로 수하하여 두었다가 봄철에 생산을 하고 있는 실정이다. 일반적으로 진해만에서 양성되고 있는 미더덕류는 70% 정도가 주름미더덕(일명 흰명게 또는 오만둥이)이며, 실제 미더덕은 30% 정도에 지나지 않는다.

미더덕류의 생산량은 표 1-1에서 보는 바와 같이 1990년에는 11,523M/T, 1994년에는 7,754M/T, 1995년에는 3,675M/T이 생산되었는데, 생산량의 대부분은 진해만에서 생산되어 마산, 부산 등지에서 위판되고 있다.

1997년도 진해만의 미더덕 양성 실태를 보면 표 1-2와 같다.

통영, 고성, 거제, 마산의 4개 시, 군의 1,011어가에서 789ha 면적에 15,920대를 시설하여 미더덕 양성을 하고 있으며, 생산량은 19,153M/T으로 생산금액은 200여 억원에 달하고 있다.

실제 통영과 거제, 고성을 경계로 한 통영시 용남면 어의도와 거제시 사등면 가조도 바깥 해역인 계도 주변 수역에서는 대부분 미더덕 채묘가 이루어져 미더덕을

표 1-2. 미더덕 양성실태(1997년도)

시·군	시설면적 (ha)	시설대수 (100m/대)	종사 어가수 (호)	생산량		생산금액 (억원)	비고
				채묘 (연)	생산량 (M/T)		
통영시	150	3,000	300	1,800,000	-	15	채묘
고성군	260	5,200	320	3,120,000	1,800	26	채묘, 양성
거제시	90	1,940	97	1,164,000	-	7	채묘
마산시	289	5,780	294	-	17,353	165	양성
계	789	15,920	1,011	6,084,000	19,153	213	

(자료: 마산해양수산청)

생산하고 있으나, 이 해역을 제외한 해역은 대부분 흰명게가 생산되고 있다(그림 1-1).

따라서 본 연구는 미더덕의 식성, 섭식량, 여수율, 배설량, 생식소 속도, 태양식 생물과 먹이경쟁 등의 생리, 생태학적 특징과 아울러 서식환경 실태를 조사하고 타 양식생물에 미치는 영향을 비교, 고찰함으로써 미더덕 양식에 대한 기초 자료를 제공하고자 한다.

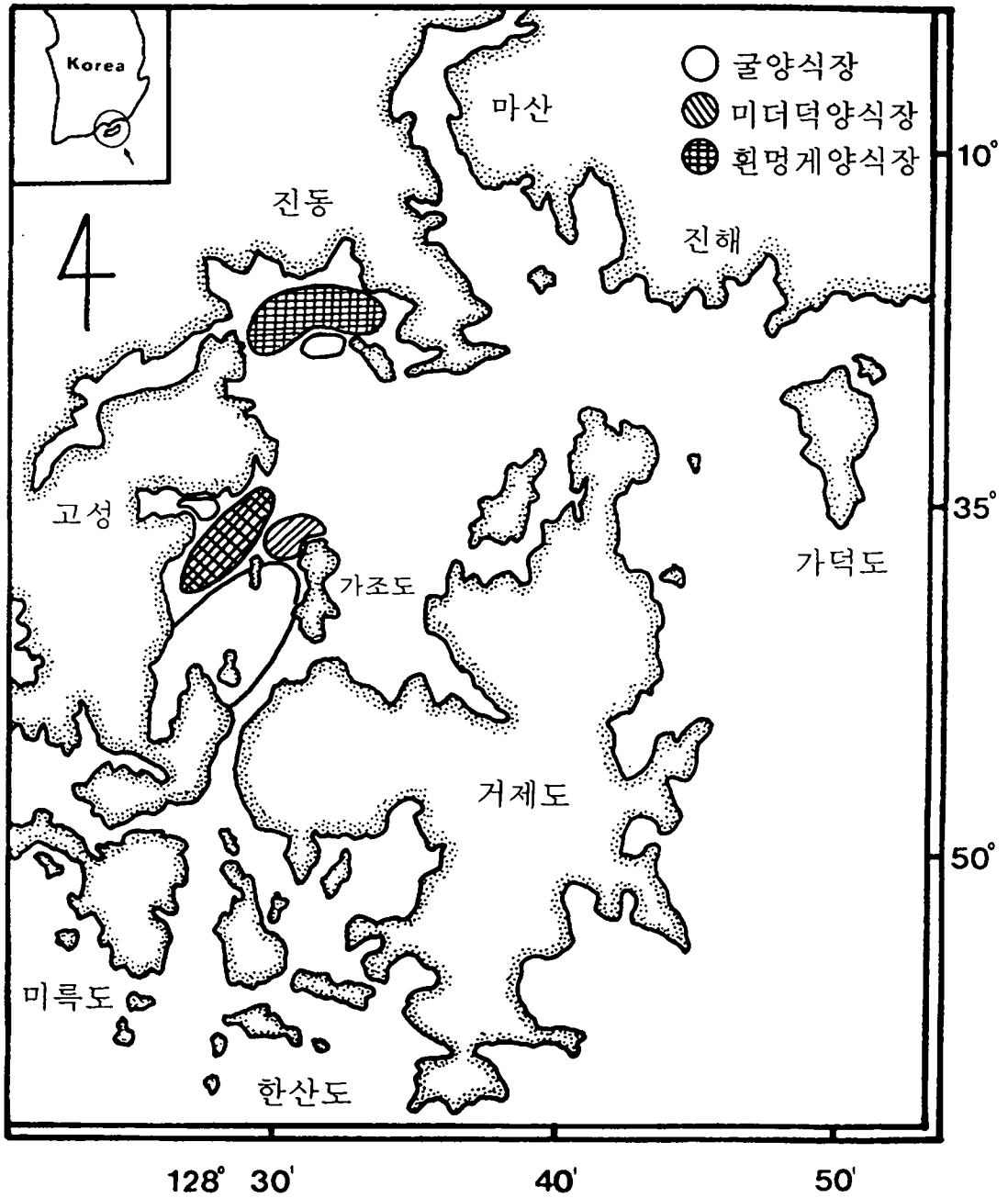


그림 1-1. 미더덕 양식 현황도

제 2 절 연구내용 및 방법

1. 연구내용

가. 서식생리생태조사

미더덕의 서식에 적합한 서식환경 파악을 위하여 수온과 염분을 조사하고 1ppm 이하의 저산소에 견디는 내성 또한 산소소모량을 조사하였다.

나. 섭식생리생태조사

미더덕과 흰명게, 그리고 다른 양식 품종인 굴, 진주담치와의 섭식생리 차이를 파악하기 위하여 4종에 대한 여수율과 배설량을 조사하여 비교 분석하였다.

그리고, 먹이경쟁관계를 알기 위하여 서식해역에서의 식물성 플랑크톤 분포와 위 내용물속의 식물성 플랑크톤양과 조성을 비교하였다.

아울러, 인공배양된 여러 종류의 식물성 플랑크톤을 급이하여 그 소모량과 위 내용물을 조사하여 양식품종별 섭이량을 파악하였으며, 지방산 분석과 마비성패독 분석에 의한 식성 차이를 화학적으로 분석하여 비교하고자 하였다.

다. 생식생리생태조사

생식소의 월별 속도를 알기 위하여 성숙개체 출현수와 난의 크기를 조사하였고, 아울러, 양식해역에서의 유생 출현수를 조사함으로써, 자연채묘시기를 파악하고 유생조사와 채묘기 투입에 의한 적정채묘 수층을 파악하고자 하였다.

또한, 인공채묘시험을 통하여 온도와 염분농도가 산란에 미치는 영향을 조사하였다.

라. 미더덕과 주요 양식품종 양식시험

미더덕을 타 품종과 함께 양식시 미치는 영향을 파악하기 위하여 1차년도에는 진해만의 마산 진동해역과 거제 가조도 해역에 있어서의 미더덕과 굴, 진주담치에 대한 성장관계를 비교하였다.

또한, 2차년도에는 거제 가조도 주변해역에 있어서 굴 양식장에서의 미더덕 성

장과 진주담치 양식장에서의 미더덕 성장을 비교 조사하였다.

미더덕의 출현과 소장 그리고 월별 성장을 파악하고 남해안에 있어서 성장에 적합한 해역과 수층 및 수하연 간격을 알고자하였다.

마. 양식어장 환경조사

미더덕 어장에 대한 수질과 저질 그리고 식물성 플랑크톤을 조사함으로써, 양식 해역에 대한 환경 특성을 비교 분석하였다.

바. 미더덕 영양분석

미더덕의 일반성분과 특수성분의 변화를 알아보기 위하여 해역별, 시기별로 분석하여 비교하였다.

2. 연구방법

미더덕과 같은 해역에 서식하고 많이 양성되고 있는 흰명게와 양식품종인 굴, 진주담치를 대상으로 서식생리 생태와 섭식 생태를 실내실험과 현장실험을 통하여 비교 조사함으로써, 4종간의 경쟁관계를 파악하였고, 진해만 2개소와 인근 해역을 조사하고 미더덕의 적정 서식 수층과 수하연 간격, 월별, 해역별, 수층별, 부착생물의 분포를 비교 분석하였다. 또한, 진해만에 있어서의 미더덕, 굴, 진주담치의 품종별 성장관계를 파악하기 위해서 마산 진동과 거제 가조도 해역에서 각각 마산과 거제어촌지도소에서 수하 양성시험을 실시하였다.

양성장의 환경 실태 파악을 위하여 진해만과 통영만, 한산만을 대상으로 수질과 저질 그리고 먹이생물을 월별로 조사하여 미더덕 양성해역별 환경특성을 분석하였다.

제 2 장 서식생리생태조사

제 1 절 서 설

피낭류는 학문상으로 흥미있는 동물로서, 유생시에는 올챙이와 같은 형태로 헤엄치며 척색을 가진다. 곧 고형물에 부착하고, 변태 성장하여 파인애플 모양의 성체형으로 되고, 피낭은 식물체에서 볼 수 있는 셀룰로오스와 비슷한 동물성 셀룰로오스(튜니신)을 함유하여, 뿌리와 같은 것으로 부착생활을 하는 특수한 동물이다.

이들은 외형적으로 특징이 적기 때문에, 계통을 알기 위한 형질로서 아가미의 구조, 생식선의 위치 및 위상심강의 상태 등이 추가 되고 있다(柳, 1979).

피낭류는 일본 근해에서 277종, 미국 태평양 근해에서 112종이 각각 알려져 있고, 일본 근해와 미국 태평양 근해에 분포하는 것 중에서 공통 종이 37종이나 된다(中内, 1977).

우리나라의 피낭류에 관한 연구로서는 Rho(1968)에 의해 35종이 분류되고 있으며, 산란기 및 생식주기 조사로서는 흰명게(李, 1976)와 미더덕(李, 1977)에 대한 조직학적인 조사와 羅 등(1977)의 미더덕과 유령명게의 초기발생 및 유생출현 소장에 관한 보고가 있다.

그러나, 미더덕이 우리나라 연안 및 극동아시아에만 분포되어 있고, 외국에서는 식용으로 하지 않기 때문에 이에 대한 서식생리 생태학적 특성에 대한 연구가 거의 없는 실정으로 본 연구는 미더덕의 서식생리 생태학적 특성의 기초자료로서 수온, 염분, 저산소에 대한 내성실험 및 산소소모량 등 서식환경을 조사 보고한다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 수온별 내성실험

본 실험은 저수온과 고수온에 대한 실험으로 나누어 실시하였다. 저수온 실험은 시험어장에서 채취한 미더덕, 흰명게, 굴, 진주담치를 각 10~20마리씩 사용하여 1996년 3월부터 1997년 5월까지 자연수온과 비슷한 시기에 0, 5, 10, 15℃로 조절하여 4회 실시하였다.

실험방법은 90×40×37cm 크기의 아크릴 사각 수조(실용적 80ℓ)에 냉각기가 부착된 여과식 수조에 aeration을 하며 식물성 플랑크톤인 *Chlorella* sp. 2,000~3,000만cells/ml을 매일 1ℓ 씩 공급하였다.

고수온 실험은 위의 실험과 같은 시료를 10마리씩 사용하여 1996년 10월 7일부터 11월 7일까지 실시하였으며, 최초 가온하여 수온 35℃로 상승시킨후 약 1개월에 걸쳐 자연수온 20℃로 서서히 하강시키면서 35, 30, 27.5, 25, 20℃로 하향 조절하며 각 수온구별 내성실험을 실시하였다.

실험방법은 저수온 내성실험과 동일하고 생존율은 1일 1회씩 관찰하여 생존 개체수를 조사하였다.

2. 비중별 내성실험

미더덕과 흰명게에 대한 서식 적정 비중을 조사하기 위하여 저비중 실험 2회와 고비중 실험 1회 각각 실시하였다.

저비중 1차 실험은 1996년 3월 6일부터 18일까지 비중 1.001(담수), 1.005, 1.010, 1.014, 1.016, 1.018, 1.020, 1.023(자연해수)의 8개구를 설정하여 미더덕, 흰명게 각 20마리씩을 아크릴 원형수조(Ø34cm×35cm: 실용적 30ℓ)에 수용하였다. 실험기간 동안 1일 1회씩 여과해수로 전량 교체하고 지속적으로 에어레이션을 시켜 주었으며 실험기간 중의 수온은 $10.3 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ 이었다. 생존율은 1일 1회 해수 교환시 생존 개체수를 조사하였다.

2차 실험은 3월 19일부터 4월 24일까지 비중 1.001(담수), 1.005, 1.010, 1.012, 1.014, 1.016, 1.018, 1.020, 1.022, 1.024의 10개구로 1차 실험보다 시험구를 2개 늘

여 미더덕은 1.018~1.024 시험구에 10마리씩, 흰명게는 전시험구에 10마리씩 넣어 수온 $11.5 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ 에서 1차 실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

고비중 실험은 1997년 5월 10일부터 5월 21일까지 비중 1.021, 1.023, 1.025(자연해수), 1.027, 1.029의 5개구를 설정하여 미더덕, 흰명게 10마리씩 굴, 진주담치 5마리씩을 아크릴 원형수조에 넣어 수온 $17.5 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ 에서 저비중실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

3. 저산소 내성실험

저산소 상태에서의 양식생물 치사량을 조사하기 위하여 1996년 11월 7일부터 11일까지 \varnothing 34cm, 높이 35cm의 30 l 아크릴 원형수조에 질소가스를 주입하여 산소량(DO)을 1.37ml/l 까지 낮춘 후, 시료(굴, 진주담치, 흰명게, 미더덕)를 5마리씩 넣고, DO meter를 넣어 완전히 밀봉시켰다.

실험기간동안의 수온은 $15.4 \sim 16.6^{\circ}\text{C}$ 로서서 원형수조 내의 DO 측정은 1시간 간격으로 측정하였고, 시료의 활력을 육안으로 관찰하였다.

4. 산소소모량실험

시험어장에서 채취한 시료 4종(미더덕, 흰명게, 진주담치, 굴)을 실험 시작 하루 전에 부착생물을 깨끗이 제거한 후 수조에서 안정시킨후 80 l 사각 항온수조에 각 시료를 각 1마리씩 6개 시험구에 넣어 수온을 서서히 20°C 로 낮추었다. 시험 시작 전에 폭기를 시켜 반응조 내에 충분한 산소량을 유지시키도록 하였으며, 유동 파라핀으로 밀봉하였다. 실험 시작과 동시에 최초 산소량을 측정하였고, 각 시료마다 1시간에서 7시간 간격으로 24시간동안 산소량을 측정하였다. 이를 토대로 각 시료 1마리의 시간당 산소소모량(mg/hr/animal)과 생체(각부) 1kg의 시간당 산소소모량(mg/hr/kg)을 산출하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 수온별 내성실험

미더덕 양식장의 해역별 저층 평균 수온은 양성 초기인 12월의 수온 14.6℃에서 점점 하강하여 2월에는 4.5℃였고, 3~5월은 6.8~11.3℃로 10℃전후에서 가장 빠른 성장을 보이며, 4~5월에 8℃이상으로 수온이 상승하면 충분히 성장하여 채취하게 된다.

그러나 수온이 15℃이상으로 올라가는 5월 이후에는 성장의 둔화와 폐사율이 증가한다.

흰명게는 10~12월에 수온 9.4~14.5℃ 일 때 성장이 빠르며, 1~2월 수온 4.7~6.3℃로 하강하는 시기에는 성장이 둔화되고 이들 개체들이 녹아내리기 시작하여 폐사율이 증가하므로 수온과 성장, 폐사는 밀접한 상관관계를 나타내었다.

서식수온의 적정범위를 알기 위하여 저수온과 고수온으로 나누어 실시하였는 데 저수온 내성실험은 미더덕, 흰명게, 굴, 진주담치를 대상으로 0, 2, 5, 10, 15℃의 5개구를 설정하여 수온별 생존율을 조사한 결과는 표 2-1과 같다.

미더덕은 가장 낮은 수온 0℃구에서 5일만에 20%가 폐사하였고, 25일만에는 40%가 폐사하였으며, 2℃구에서는 전량 생존하였다. 그리고, 10℃와 15℃구에서는 6일만에 10% 폐사한 후 폐사가 없었다.

흰명게는 미더덕과는 다른 경향을 나타내었는데, 0℃구에서는 전량 폐사하였고, 2℃에서는 15일만에 90%가 폐사하였고, 5℃에서는 16일만에 75%, 21일만에 전량 폐사하였다. 10℃구에서는 6일만에 10% 폐사한 후 폐사가 없었으며, 15℃에서는 3일만에 20% 폐사, 10일만에 50% 폐사하였다.

그러므로, 미더덕은 수온 2~15℃의 비교적 낮은 수온에서 강하고, 흰명게는 10℃이상의 수온에 강한 것으로 나타났다. 그리고 굴과 진주담치는 이 수온 조건에서 폐사가 전혀 발생하지 않았다.

고수온 내성실험은 저수온실험에서와 같은 품종을 대상으로 20~35℃까지 5구간과 대조구로서 자연해수구의 모두 6개구를 설정하여 1996년 10월 7일~11월 7일까지 1개월간 실험을 실시한 결과(표 2-2), 미더덕 체고 46.9mm 전중량 13.8g의 35℃구에서는 1일(22시간)만에 전량 폐사하였고, 30℃에서는 2일만에 전량 폐사하였으

표 2-1. 저수온 내성조사

품종	시험구 (℃)	실험기간	사육 일수	평균체고 (mm)	평균체중 (g)	생존율 (%)	비 중
미 더 덕	0	97. 1. 16~2. 20	5	29.6	3.4	80	1.0278
			25			60	
	2	96. 3. 5~3. 20	15	58.2	19.0	100	10.274
	10	97. 4. 11~5. 12	6	63.6	21.3	90	1.0271
	15	"	6	60.3	19.8	90	1.0275
환 명 계	0	97. 1. 16~2. 20	11	29.5	14.4	0	1.0278
	2	96. 3. 5~3. 20	14	44.3	15.0	60	1.0274
			15			10	
	5	96. 3. 22~4. 20	16	43.0	13.5	25	1.0265
			21			10	
			29			0	
	10	97. 4. 11~5. 12	6	44.6	17.5	90	1.0271
	15	"	3	45.5	17.8	80	1.0275
		10			50		

표 2-2. 고수온별 폐사율조사

(단위 : %)

시험구	1	2	3	5	6	8	10	14	15	17	18	21	22	23	24	25	26	29	31(일)						
미 더 덕	35℃	100																							
	30℃	80	100																						
	27.5℃	10	40	50																100					
	25℃	10											30	50					60	70				90	100
	20℃						10						40	50	60	70									
	자연수											20									40				
	환 명 계	35℃	70	100																					
30℃		10	60											70									100		
27.5℃		10	20	30																					
25℃														20							30				
20℃															10										
자연수																									
굴		35℃	20	100																					
	30℃	10						20	30						60	70	80	90					100		
	27.5℃													10											
	25℃																								
	20℃																								
	자연수																								
	진 주 담 치	35℃	100																						
30℃							30	70											100						
27.5℃																	30								
25℃																									
20℃																									
자연수																									

* 자연수: 19℃

며, 27.5℃에서는 6일만에 50%, 14일만에 전량 폐사하였다. 그리고 25℃구에서는 17일만에 50%, 24일만에 70% 폐사, 31일만에 전량 폐사하였고, 20℃에서는 23일만에 70% 폐사하였으며, 자연해수(19.1±1.1℃)에서는 25일만에 40% 폐사하였다.

흰명게 (체고 42.4mm, 전중량 24.0g)를 대상으로 한 실험에서는 35℃구에서 22시간만에 70% 폐사하고, 2일만에 전량 폐사하였으며, 30℃에서는 5일만에 60% 폐사, 23일만에 전량 폐사하였다. 27.5℃에서는 8일만에 30%가 폐사한 후 폐사가 없었으며, 25℃에서는 29일만에 30% 폐사하였으나, 20℃에서는 23일만에 10% 폐사하였다. 그러므로, 미더덕은 20℃이상의 수온이, 흰명게는 27.5℃ 고수온이 장기간 지속되면 폐사가 많이 발생하는 것으로 생각된다.

그리고, 같은 실험 조건에서 굴은 35℃에서는 3일만에 100%, 30℃에서는 18일만에 60%, 24일만에 90%가 폐사하였으나, 27.5℃이하의 온도에서는 폐사가 거의 발생하지 않았다. 진주담치는 35℃에서 1일(22시간)만에 100%가 폐사하였고, 30℃에서는 8일만에 30%, 10일만에 70%, 23일만에 100%가 폐사하였으며 27.5℃에서는 26일만에 30%폐사하였으나, 25℃이하에서는 폐사가 전혀 발생하지 않았다.

수온별 내성실험 결과 패각을 가지는 굴과 진주담치는 0℃에서부터 27.5℃까지 비교적 넓은 수온 범위에서 내성을 가지며 서식하여 광온성임을 알 수 있었고, 피낭류인 미더덕과 흰명게는 상반된 경향을 나타내었다. 그러므로 4종의 서식수온 범위는 미더덕은 2~15℃, 흰명게는 15~25℃, 굴과 진주담치는 0~27.5℃로 고찰되었다.

2. 비중별 내성실험

주 양성시기인 1995년 11월부터 익년 5월까지의 저층 평균 염분농도 범위는 33.12~34.80‰로 33.0‰이상의 염분농도가 유지되었다.

비중별 내성실험 결과 저비중 1차실험은(1996년 3월 6일~18일: 수온 10.3℃)에서는 미더덕은 1.001구(1.1‰)에서 1일만에 전량 폐사하였고, 1.005(7.0‰)에서는 1일만에 40% 폐사하고, 5일만에 전량 폐사하였으며, 1.010(13.5‰)과 1.014(18.7‰)에서는 6일만에 전량 폐사하였다. 1.016(21.3‰)에서는 6일만에 50%폐사, 12일만에 전량 폐사하였고, 1.018(23.9‰)에서는 8일만에 20% 폐사한 후 폐사가 일어나지 않았으며, 1.020(26.5‰)와 1.023(29.8‰)에서는 실험기간에 폐사가 일어나지 않았다. 흰명게는 1.001과 1.005구에서 1일만에 전량 폐사하였고, 1.010에서는 3일만에 1.014에서는 5일만에 전량 폐사하였으며, 1.016에서는 3일만에 50%, 9일만에 100% 폐사하였다. 1.018에서는 8일만에 20%, 12일만에 30% 폐사가 일어났고, 1.020에서는 8일만에 30%폐사후 폐사가 일어나지 않았으며, 1.023에서는 폐사가 일어나지 않았다(표 2-3).

2차 실험은(1996년 3월 18일~28일: 수온 11.5℃)에서는 미더덕은 1.020구에서 3일만에 20% 폐사, 7일만에 40% 폐사하였고, 1.022(29.1‰)와 1.024(31.8‰)에서는 폐사가 전혀 일어나지 않았다. 흰명게는 1.001과 1.005에서 1일만에 전량 폐사하였고, 1.010~1.014에서는 2~4일만에 전량 폐사하였으며, 1.016에서는 4일만에 60%, 7일만에 100%폐사하였다. 1.018에서는 4일만에 80%, 5일만에 100%가 폐사하였고, 1.020에서는 7일만에 30%폐사한 후 폐사가 진행되지 않았으며, 1.022와 1.024은 폐사가 일어나지 않았다(표 2-4).

고비중 실험(1997년 5월 10일~21일: 17.5℃)에서는 미더덕과 흰명게는 1.021~1.027 (29.3~37.5‰)의 4개구에서는 폐사가 일어나지 않았고, 1.029(40.3‰)에서는 미더덕은 7일만에 10% 폐사 후 폐사가 일어나지 않았고, 흰명게는 2일만에 10%, 11일만에 20% 폐사가 일어났다(표 2-5). 같은 실험 조건에서 굴과 진주담치는 전량 생존하였다. 그러므로, 비중별 실험결과 미더덕과 흰명게는 29.1‰이상의 자연 해수에 가까운 염분농도에서는 폐사가 전무하여 저염분에는 약하고, 고염분에는 강하며 미더덕과 흰명게의 서식하한 임계염분농도는 29.1‰ 전후인 것으로 고찰되었다.

표 2-3. 비중별 1차 실험결과(저비중)

품종	시험구(비중)	염분(%)	사육일수(일)	폐사율(%)
미더덕	1.001	1.1	1	100
	1.005	7.0	1	40
			3	70
			5	100
	1.010	13.5	2	50
			5	90
			6	100
	1.014	18.7	3	10
			5	80
			6	100
	1.016	21.3	6	50
			9	80
			12	100
	1.018	23.9	8	20
	1.020	26.5	12	0
1.023	29.8	12	0	
흰명게	1.001	1.1	1	100
	1.005	7.0	1	100
	1.010	13.5	1	50
			2	90
			3	100
	1.014	18.7	2	50
			3	80
			5	100
	1.016	21.3	3	50
			6	80
			9	100
	1.018	23.9	8	20
			12	30
	1.020	26.5	8	30
	1.023	29.8	12	0

표 2-4. 비중별 2차 실험결과(저비중)

품종	시험구(비중)	염분(%)	사육일수(일)	폐사율(%)	
미더덕	1.018	23.9	5	20	
			9	40	
	1.020	26.5	3	20	
			7	40	
	1.022	29.1	10	0	
	1.024	31.8	10	0	
	흰명게	1.001	1.1	1	100
				1	100
1.005		7.0	1	100	
			1	20	
1.010		13.5	2	100	
			2	80	
1.012		16.1	3	100	
			2	60	
1.014		18.7	3	80	
			4	100	
1.016		21.3	2	20	
			4	60	
1.018		23.9	7	100	
			2	20	
1.020		26.5	4	20	
			7	30	
1.022	29.1	10	0		
1.024	31.8	10	0		

표 2-5. 비중별 3차 실험결과(고비중)

품종	시험구(비중)	염분(%)	사육일수(일)	폐사율(%)
미더덕	1.021	29.3	11	0
	1.023	31.9	11	0
	1.025	34.3	11	0
	1.027	37.5	11	0
	1.029	40.3	7	10
흰명게	1.021	29.3	11	0
	1.023	31.9	11	0
	1.025	34.3	11	0
	1.027	37.5	11	0
	1.029	40.3	2	10
			11	20

3. 저산소 내성실험

진해만 중,서부해역은 하계에 저층 부근에 1ppm 저산소층이 형성되어 매년 많은 양식생물이 폐사하고 있는 실정이다. 그러므로, 이 해역에서 주로 양식되고 있는 주요 양식품종에 대한 저산소 내성을 파악하기 위하여 본 실험을 실시하였다.

1996년 11월 7일부터 11일까지 수온 15.4~16.6℃, 비중 1.0252에서 미더덕, 흰명게, 굴, 진주담치를 대상으로 밀폐된 용기에 질소가스를 이용하여 용존산소를 0.20 mg/ℓ 이하로 떨어뜨려 0.00~0.12mg/ℓ의 저산소 상태에서 내성실험을 실시한 결과는 표 2-6와 같다. 미더덕과 흰명게은 저산소에 대한 내성이 약하여 3일만에 20%가 폐사하였고, 약 4일만에 80%가 폐사하였다. 그러나, 같은 조건에서 굴은 폐사가 발생하지 않았고, 진주담치는 20%가 폐사하였다.

4. 산소소모량실험

미더덕, 흰명게, 굴, 진주담치의 4개 품종에 대하여 수온 20℃때의 산소소모량을 측정된 결과를 보면 1개체의 1시간당 산소소모량은 미더덕 각부중량 18.6~33.3g(평균 27.0g)이 0.63ml, 흰명게 16.6~23.8g(평균 20.0g) 0.50ml, 굴 14.1~43.1g(평균 28.1g) 0.58ml, 진주담치 16.8~49.0g(평균 30.1g)은 0.61ml 였으며, 1kg으로 환산했을 경우 흰명게 24.72ml/hr, 미더덕 23.30ml/hr, 굴 20.64ml/hr, 진주담치 20.26ml/hr 순으로 나타났다.

각 품종별, 크기별 시간당 산소소모량은 그림 2-1과 같으며 이를 식으로 표시하면

$$\text{미더덕} \quad y = 0.0077x + 0.42$$

$$\text{흰명게} \quad y = 0.0085x + 0.3335$$

$$\text{굴} \quad y = 0.0078x + 0.3576$$

진주담치 $y = 0.0137x + 0.1991$ (y: 시간당 산소소모량, x: 체중)로 나타낼 수 있다.

표 2-6. 실험생물의 종별 저산소 내성실험 결과

Hours	DO(mg/ℓ)	폐사율(%)				비고
		굴	진주담치	미더덕	흰명게	
0	1.37	0	0	0	0	○ 미더덕
2	1.30	0	0	0	0	체고: 54.9mm
3	0.43	0	0	0	0	전중량: 14.5g
5	0.23	0	0	0	0	○ 흰명게
7	0.25	0	0	0	0	체고: 45.7mm
10	0.25	0	0	0	0	전중량: 19.3g
12	0.24	0	0	0	0	○ 굴
24	0.20	0	0	0	0	각고: 53.7mm
32	0.16	0	0	0	0	전중량: 19.6g
48	0.12	0	0	0	0	○ 진주담치
50	0.07	0	0	0	0	각고: 58.0mm
72	0.00	0	0	30	20	전중량: 19.6g
92	0.00	0	20	70	60	
Total		0	20	100	80	

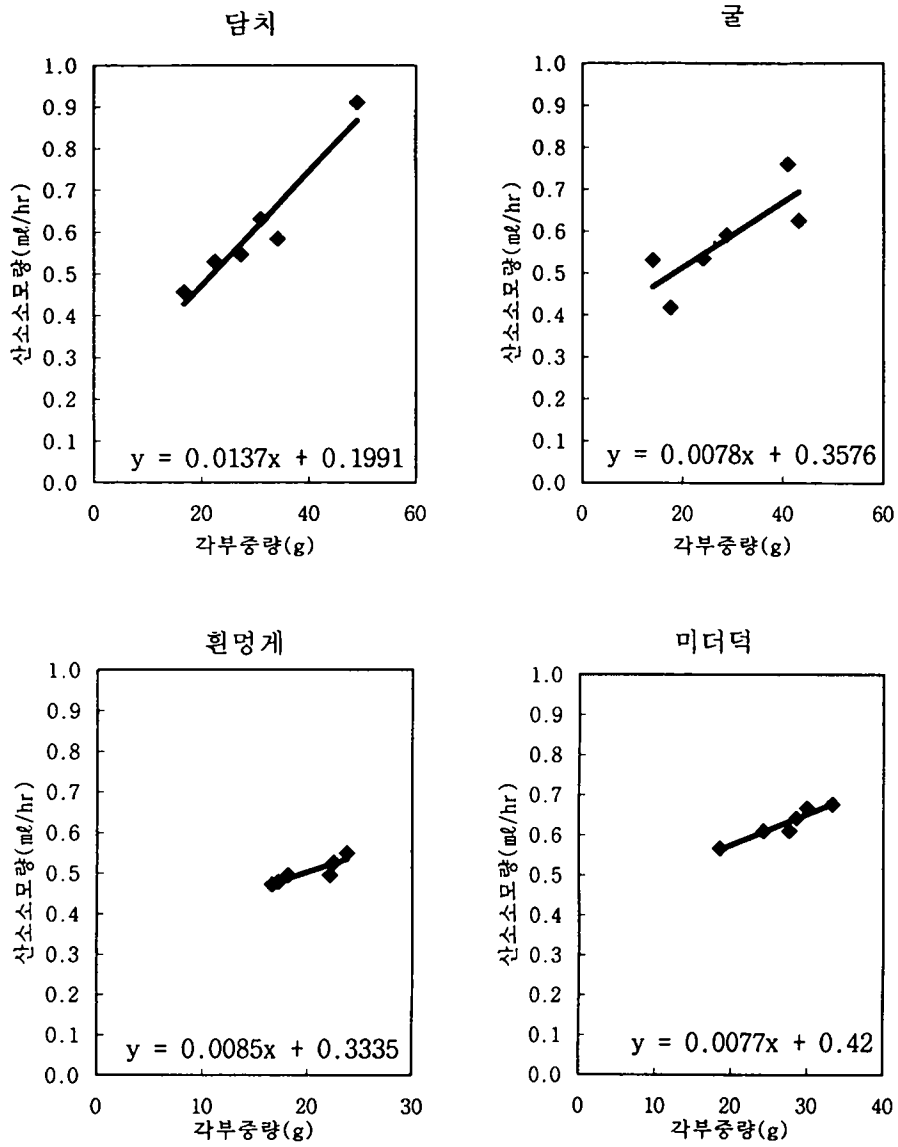


그림 2-1. 수온 20°C에서의 종별 산소소모량

제 3 장 섭식생리생태조사

제 1 절 서 설

이 장에서는 패류 양식장의 부착성 해적생물로 인식되고 있는 미더덕, 흰명게와 양식품종인 굴, 진주담치와의 섭식 생리 생태를 파악하기 위하여 일련의 실험을 실시하였다. 먼저 이들 중에 대한 여수율과 배설량을 조사하였는데 양식굴의 여수율에 관해서는 김(1995)에 의하여 수온과 생물크기의 영향을 조입한 여수율 모형이 연구된 바 있다.

또한, 이들의 식성관계를 파악하기 위하여 굴의 주 먹이생물로 알려져 있는 식물성 플랑크톤을 미더덕이 섭식 여부를 알고자 양성중인 미더덕의 위 내용물을 조사 및 인공배양된 먹이를 통하여 섭식여부를 비교하였다. 아울러 생물학적인 접근방법으로 식성 파악에 한계가 있기 때문에 지방산 분석 및 패독 플랑크톤 섭식에 의한 마비성 패류독소 출현량을 통한 식성을 파악하고자 하였다.

한편, 패류 및 피낭류의 여과섭식성 생물의 식성조사를 위해서는 위내용물 중의 식물성 플랑크톤을 조사해서 식성을 파악하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 이러한 생물학적인 접근 방법으로는 정확한 식성파악에 제고되어야 할 사항이 많이 있다. 최근 보고에서 패류의 유기현탁물질 섭식 가능성을 많이 제시하고 있으며 참굴의 위 속에는 단순한 식물성 플랑크톤이 아닌 해수 중에 많이 존재하는 부유물, 즉, 유기현탁물, 규조, 섬모충, 각종 무척추동물의 유생, 모래, 빨, 해면동물의 골편 등이 일반적으로 나타난다고 보고하였다(今井, 1971). 또한 가리비의 경우에는 전체 먹이중 세균의 기여도가 상당히 높다는 것을 방사성 탄소동위원소를 사용하여 증명하였다(Moal, 1996).

한편, 생물학적 접근방법의 하나로서 각각의 먹이생물(식물성 플랑크톤)의 급이에 의한 식성조사로는 부분적인 식성을 파악하는 자료(지식)을 얻을 수 있지만, 한정된 조사로써 자연에서 섭취하고 있는 식성상태를 대변한다고는 보기 어려우며, 예측 가능한 먹이생물을 개별적으로 결정하는 것은 연구조사의 분량이나 범위가 너무 많기 때문에 현실적인 어려움에 부딪힐 수 밖에 없다.

따라서 본 연구에서는 식성파악을 위하여 새로운 접근 방식을 도입하였다. 즉, 굴과 미더덕의 위 속의 먹이생물의 파악이 어려울 뿐 만 아니라, 만약 종류를 확인하였다하더라도 이들의 소화흡수문제는 여전히 과제로 남아 있기 때문에 식성을 총체적으로 파악할 수 있는 방법을 도입하였다. 먹이 종류는 일단 블랙박스로 취급하고 미더덕과 참굴의 육질과 변의 지방산을 조사하여 이들의 식성을 파악하는 생화학적인 접근 방법을 사용하였다. 생물의 체성분중에서 단백질과 탄수화물의 분석은 그 생물이 섭취한 먹이를 추정하는 것은 거의 불가능하지만, 지질은 생합성과정과 특이한 화학구조의 특성상 섭취한 먹이 추정이 가능하다. 즉, 생물의 육속에 존재하는 대부분의 지방산은 생합성과정에서 형성되는 내인성 지방산이지만, 어떤 생물의 육이나 변 속에 존재하는 Isoprenoid fatty acid(Ackman et al., 1971; Cox et al., 1972; Rontani et al., 1986)와 여러 종류의 branch-chain fatty acid(Ackman et al., 1973, 1975; Hooper and Ackman, 1971) 및 nonmethylene-interrupted polyunsaturated fatty acid(Zhukova, 1986; Zhukova and Svetashev, 1986; Pearce and Stillway, 1977)는 내인성 지방산보다는 외인성 지방산이기 때문에 해양생물의 먹이연쇄를 해석하는 추적자로서 사용되기도 한다. 본 연구에서도 참굴과 미더덕의 식성파악을 위한 도구로서 지방산을 사용한 결과 몇가지의 차이점을 발견하였기에 이를 보고한다.

그리고, 마비성 패독 분석을 통한 식성 파악 기법은 마비성 패류독(Pralytic shell fish poison, PSP)은 진주담치, 굴, 바지락, 피조개, 가리비 등과 같은 이매패류와 우렁쟁이와 같은 피낭류 등이 먹이생물인 와편모조류 *Alexandrium* 속의 *tamarens*(22~54 μ m), *catenella*(28~45 μ m) 등의 유독 플랑크톤이 대량 발생하였을 때 이들 플랑크톤을 섭취함으로써 플랑크톤 자체가 갖고 있는 독이 축적전 패류를 사람이 먹었을 때 인체에 마비현상을 일으키기 때문에 마비성 패류독이라고 명명된다.

이와 같이 양식생물이 먹이생물으로써 *Alexandrium* 속과 같은 유독성 플랑크톤을 섭취함으로써 그 독이 체내에 축적되기 때문에 미더덕과 굴, 진주담치의 마비성 패류독소(PSP)량을 조사함으로써 그 식성을 유추할 수가 있다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 여수율조사

가. 여수율 측정 논리

공시생물이 수관을 열고 일정율로 환경수를 수관의 입수공으로 받아들여 출수공으로 내 보내는 동안 생물체 내에서 수중의 부유먹이를 여과한다면, 공시생물을 수용하고 있는 폐쇄순환계의 수중에 현탁시킨 지표물질은 일정율로 제거되어 그 농도는 시간의 경과와 더불어 지수함수적으로 감소하게 된다. 현탁된 지표물질의 초기농도를 C_0 라고 하면, 시간 t 후의 농도 C_t 는 농도 감소계수를 Z 로 할 때 다음 식이 가능하다.

$$C_t = C_0 \cdot e^{-Z \cdot t} \quad (1)$$

여기서 감소계수 Z 는 다음과 같이 정리된다.

$$Z = -\ln\left(\frac{C_t}{C_0}\right) / t \quad (2)$$

따라서 수중에 현탁시킨 지표물질의 단위시간당 농도감소율 d 는

$$d = 1 - e^{-Z} \quad (3)$$

이 되며, 폐쇄순환계의 수량 (water volume)을 V 라 하고, 시간 t 의 단위를 hour로 하면, 단위시간당 여수율 (filtering rate, l/hr) F 은

$$\begin{aligned} F, l/hr &= V \cdot d \\ &= V \cdot (1 - e^{-Z}) \end{aligned} \quad (4)$$

이 된다(김 1995).

나. 여수율 측정장치

본 조사는 폐쇄순환식 측정장치를 사용하였다. 피검체를 수용하는 반응조는 1.5l 짜리 비이커를 사용하였다. 여수율의 추적에 미더덕과 흰명게, 진주담치의 경우는 neutral red를 지표물질로 사용하였고, 굴의 경우는 규조류의 한 종인

*Chaetoceros calcitrans*를 지표물질로 사용하였다. neutral red를 사용할 때는 파장 440nm에서 22mm 흡수셀에서의 초기농도를 0.25~0.3 범위로 조정하였으며, *C. calcitrans*를 사용할 때는 파장 675nm에서 100mm 흡수셀에서의 초기농도 0.20~0.25 범위로 조정하였다.

*C. calcitrans*의 흡광도 측정장치는 Shimazu UV-200S double beam spectrophoto-meter를 사용하였고, neutral red의 흡광도는 HACH사의 DR/2000 spectrophotometer를 사용하였다. 지표물질과 실험생물을 반응조에 넣고 20~30분 간격으로 흡광도를 측정하여 시간 t 의 경과에 따른 흡광도 C_t 값의 변화패턴에서 Z 값을 구하여 식(4)에 따라 여수율을 계산하였다.

2. 배설량조사

양식생물의 배설량 조사는 실험실에서 30ℓ 원형 아크릴수조를 이용하여 시료의 성장이 왕성한 1997년 2월부터 6월까지 4회 실시하였다.

측정용 양식생물은 미더덕, 흰명게, 굴, 진주담치를 10마리씩 채취하여 그 중 평균 체중에 가까운 것을 택하여 체표를 깨끗이 씻어내어 부착생물을 제거한 후 스스로 출수공을 열거나 개각하게하여 배설물을 배설하는 시각부터 24시간동안의 배설물을 채집하였다.

배설물의 채집은 2시간 간격마다 스포이드로 채집하여 GF/C여과지로 여과한 후 50℃에서 건조하여 건조중량을 측정하였다. 이를 토대로 마리당 일간 배설량 (mg/animal/day)을 산출하였다.

3. 미더덕 서식해역의 먹이생물과 위내용물조사

가. 먹이생물조사

시료는 가조도 지선의 시험어장(그림 4-1, St. 3)에서 1ℓ 폴리에틸렌 병에 표층수를 채수하여 즉시 Lugol액으로 고정한 다음 실험실로 옮겨 1일 정도 침전시켜 일정액으로 농축시킨 후 광학 현미경(Olympus BH-2)으로 식물성 플랑크톤의 종류 및량을 조사하였다.

나. 위내용물조사

미더덕이 서식하고 있는 가조도 해역의 시험양식장에서 조사기간중 3~5개체를 채집하여 즉시 90%의 에틸알콜에 고정한 후 실험실로 옮겨 위내용물을 채취하여 먹이생물의 종류 및 량을 조사하였다.

4. 식물성 플랑크톤 공급에 따른 섭식량조사

먹이생물은 *Isochrysis galbana*, *Dunaliella* sp., *Chaetoceros calcitrans*, *Chlorella* sp.를 사용하였다. 실험실내에서 500ml비이커에 각 시료를 2마리씩 넣고 각 먹이생물을 300~400ml씩 채워 공기를 공급하여 주었다. 먹이생물의 밀도는 실험시작시 *Isochrysis galbana*가 $1,025 \times 10^6$ cells/ml, *Dunaliella* sp.가 500×10^6 cells/ml, *Chaetoceros calcitrans*가 700×10^6 cells/ml, *Chlorella* sp.가 $3,900 \times 10^6$ cells/ml였다.

4시간 간격으로 먹이생물 량을 혈구 계산판을 이용하여 계측하였고, 24시간 후에는 실험에 사용된 시료를 고정하여 먹이생물을 섭취하는지 알기 위하여 위내용물을 조사하였다.

5. 지방산 조성에 의한 식성조사

가. 재료

1997년 2월과 4월에 걸쳐 진해만 가조도 신전해역의 굴어장에 서식하는 참굴과 미더덕을 동일 어장에서 채취하여 실험실로 옮겨서 시료로 사용하였다.

나. 실험방법

(1) 굴과 미더덕의 채변

동일 어장의 수하연에 서식하는 참굴과 미더덕을 실험실로 운반하여, 부착생물을 조심스럽게 제거하여 여과해수를 넣은 20ℓ의 플라스틱 통에 해수 공급 없이 에어레이션만을 시켜 1일 밤동안 방치한 후 굴과 미더덕의 육과 변을 채취하여 분석하였다. 육은 껍질을 제거한 후 바로 분석에 사용하였으며, 변은 해수와 함께 채집하여 투명한 플라스틱 음료수병을 사용하여 저층의 침전된 변을 모은 뒤에 원심

분리기(4,500rpm, 10분)를 이용하여 최종적으로 시료를 채취하였다.

(2) 총지질추출

Bligh and Dyer(1959) 방법에 준하였다. 즉, 시료의 육을 일정량 비이커에 취하여 2분간 믹서기로 잘게 부순 다음, chloroform과 methanol을 2:1로 혼합한 용액을 시료의 2배 가량 넣어 Chloroform층과 물이 포함된 methanol층으로 분리시키기 위해 하루 동안 방치하였다. 다음날 Chloroform층만을 분리하기 위하여 100ml 등근 플라스크 위에 깔대기에 여과지를 깔고 그 위에 Na₂SO₄ 를 넣고 서서히 Chloroform층만을 흘러 내리게 하였다. 회전진공펌프를 사용하여 용매를 완전히 증발시킨 후 추출된 총지질의 무게를 측정하였다. 모든 작업은 질소 기류하에서 행하였다.

(3) 지방산 methyl ester 유도체화

시료 일정량과 내부 표준물질(C_{23:0} methyl ester) 1ml(1mg C_{23:0})를 cap tube에 취하고, 0.5N NaOH-methanol 용액 1.5ml를 가하여 질소충진한 다음 100℃에서 3분간 가열하여 검화하였다. 방냉 후 12% BF₃-methanol 2ml를 가한 후 질소충진한 다음 tube의 두껍을 단단히 죄어서 100℃에서 20분간 가열하여 methyl화 하였다. 약 30~40℃로 냉각한 후 iso-octane 1ml를 첨가하고 질소충진한 다음 30초간 Vortex mixer로 혼합하였다. 즉시 5ml의 포화식염수를 가하고 질소충진한 다음 흔들어 방치하여 iso-octane층이 분리되도록 하였다. iso-octane층을 시료병(4ml)에 옮긴 후 다시 iso-octane 1ml를 첨가한 다음 흔들어 재 추출하여 시료병에 모으고 이를 지방산 methyl ester 시료로 하였다.

(4) Gas liquid chromatography

지방산 분석에 사용하는 GLC는 Omegawax-320(bonded polyglycol phase) Open-tubular column (30m × 0.32mm, i.d., SUPELCO, Supelco Park, PA, USA) 를 붙인 Shimadzu GC 14A를 이용하였다. 분석조건은 Column온도 180℃~220℃ (3℃/min), injector온도 250℃, detector 온도 250℃ 그리고 carrier gas는 He (1.0kg/cm²)을 사용하였다.

지방산의 분석은 동일조건에서 분석한 표준품의 ECL과 비교하여 동정하며, 지

방산 표준품은 14:0, 16:0, 18:1, 18:2, 18:3, 20:0, 22:1, 24:0 (D-104 Doosan Serdary Research Lab., Kyungki-do, Korea)과 GC-MS로 동정된 menhaeden oil을 사용하였다.

(5) Hydrogenation

시료의 hydrogenation은 Kang(1997)의 방법에 따라 methyl ester fatty acid(FAME) 10~20mg에 methanol을 넣은 100 l의 둥근바닥형 플라스크에 넣은 다음 백금촉매 5~10mg을 첨가하여 수소를 계속적으로 흘리면서 magnetic stirrer을 이용하여 환류시켰다. 수소의 첨가는 대기압과 실온상태에서 2시간 동안 행하였다.

(6) GC/MS spectrometry

GC/MS 자료는 IBM컴퓨터를 장착한 ITD(Finnigan MAT 700 ion trap detector; San Jose, CA)를 사용하여 얻었다. 칼럼은 Perkin-Elmer gaschromatography로부터 ITD에 heated transfer line를 직접 연결시킨 상태에서 사용하였으며, 분석조건은 GC-FID와 같은 조건에서 분석을 실시하였다.

(7) 요소내전법

시료(FFA) 20mg을 mathanol(200 μ l)에 녹이고 Urea 40mg을 첨가하였다. Urea가 녹을 때까지 가온한 다음, 용액을 가끔 흔들어 주면서 방냉하였다. 4시간 후 Urea 혼합물을 Buchner 깔대기에서 여과하면서 Urea로 포화된 methanol 50 μ l로 2회 수세하였다. 여과액을 1% HCl 용액(120 μ l)에 붓고 hexane(100 μ l)과 chiethylether (100 μ l)로 추출한 다음 용매층을 D.W.(100 μ l)로 2회 수세하여 Na₂SO₄로 탈수하고 용매를 제거하여 시료로 하였다.

6. 마비성 패류독 분석에 의한 식성조사

가. 시료

1996년과 1997년 2월에서 5월까지 마비성 패류독소가 주로 출현하는 진해만의 진동, 지도 및 거제 칠천도 일원의 미더덕 양성장을 중심으로 26개의 미더

덕(*Styela clava*)을 채취하여 분석시료로 하였다.

나. 표준독 및 실험동물

마비성 패독을 분석하기 위하여 미국 FDA에서 분양받은 Sacitoxin을 표준독으로 사용하였으며 독성 측정용 mouse는 I.C.R (Institute of Cancer Research)계 수컷(18~20g)을 사용하였다.

다. 독소의 추출

독의 추출 및 정량은 Official Methods of Analysis (AOAC.1990)의 방법에 준하였다. 즉 탈각한 시료를 플라스틱 바구니 위에서 5분간 탈수한 다음 homogenizer로 90초간 균질화한 후 100g을 취하여 0.1N 염산 100ml와 잘 섞은 다음 5N 염산으로 pH를 3.0으로 조정하고 5분간 끓여서 독을 추출하였으며, 상온에서 완전히 냉각한 다음 0.1N 염산으로 pH를 3.0으로 조절한 증류수로써 200ml로 정용하여 하룻밤 정치시킨 후 상징액을 mouse의 복강에 주사하여 독력을 측정하였다.

라. 독소함량 측정

독소함량을 알고있는 표준독소용액 1ml를 mouse의 복강내에 주사하여 mouse unit(MU)에 대한 독량 환산계수 (conversion factor, CF)를 Sommer의 표를 사용하여 다음과 같이 구하였다. 이때 표준독소 용액은 단계 희석하여 희석된 표준독소 용액 1ml씩을 각각 15마리씩의 mouse에 복강 주사하여 사망시간이 5-7분 내에 드는 희석용액의 MU로 CF value를 구하였다.

$$CF \text{ value} = A / (W \times T)$$

A : 표준독소 1ml에 들어있는 독소함량($\mu\text{g/ml}$)

W : mouse 체중에 대한 MU

T : mouse 사망시간에 대한 MU

시료에 대한 독소함량 측정도 같은 방법으로 mouse에 복강 주사하여 다음

식에 의하여 구하였다.

$$P = W \times T \times \text{CF value} \times 200$$

P : 시료 100g에 함유되어 있는 독량($\mu\text{g}/100\text{g}$)

W : mouse 체중에 대한 MU

T : mouse 사망시간에 대한 MU

200 : 희석배수

제 3 절 결과 및 고찰

1. 여수율조사

가. 측정결과로 부터 기대되는 논리

일반적으로 lamellibranch에 속하는 이매패는 입수공으로 들어온 물을 아가미의 미세공으로 여과하여 출수공으로 방출한다. 폐각내에서 외위수를 순환시키는 동력은 아가미의 미세공 내벽에 밀생하고 있는 섬모들의 운동에서 나온다. 그러므로 단위시간당 여수량의 크기는 아가미 미세공의 수에 비례하고, 미세공의 수는 아가미의 표면적에 비례한다고 볼 수 있으며, 따라서 여수율은 면적 비례적인 함수라고 보아 그다지 무리가 없을 것이다.

$$F \propto A_{rea} \quad (5)$$

표면적은 대체로 체중의 2/3승에 비례한다고 보므로(Bertalaffy 1938), 여수율은 연체부 건조중량 DW 의 b' 승에 비례한다고 할 때 b' 값은 $0 < b' < 1$ 범위에 있을 것이다. 비례상수를 c 라고 하면,

$$\begin{aligned} A &\propto W^{2/3} \\ F &\propto W^{2/3} \end{aligned} \quad (6)$$

$$F = c \cdot (DW)^{b'}$$

$$\frac{F}{DW} = c \cdot (DW)^{b'-1}$$

여기서 $b'-1$ 은 (-)값을 갖게 되므로, $b'-1=-b$ 라고 두면

$$\frac{F}{DW} = c \cdot (DW)^{-b}$$

이 식을 대수로 변환하고, $\ln(c)=a$ 로 두면

표 3-1. 실험생물의 종별, 수온별 여수율을 나타내는 회귀직선

단위: FR, l/gDW/hr

species	water temperature (°C)	regression equations of filtering rate
<i>S. clava</i>	10	$\ln(\text{FR}) = -3.4754 - 0.3587 \cdot \ln(\text{DW})$
	15	$\ln(\text{FR}) = -2.6390 - 0.3053 \cdot \ln(\text{DW})$
	19	$\ln(\text{FR}) = -2.1265 - 0.2781 \cdot \ln(\text{DW})$
	25	$\ln(\text{FR}) = -1.6539 - 0.3320 \cdot \ln(\text{DW})$
	29	(no trend)
<i>S. plicata</i>	11	$\ln(\text{FR}) = -5.2509 - 0.3553 \cdot \ln(\text{DW})$
	16	$\ln(\text{FR}) = -1.5802 - 0.4097 \cdot \ln(\text{DW})$
	19	$\ln(\text{FR}) = -1.1156 - 0.5195 \cdot \ln(\text{DW})$
	25	$\ln(\text{FR}) = -1.1123 - 0.4677 \cdot \ln(\text{DW})$
	29	$\ln(\text{FR}) = -1.4555 - 0.1412 \cdot \ln(\text{DW})$
<i>M. edulis</i>	11	$\ln(\text{FR}) = -1.2068 - 0.5576 \cdot \ln(\text{DW})$
	16	$\ln(\text{FR}) = -0.9186 - 0.4847 \cdot \ln(\text{DW})$
	20	$\ln(\text{FR}) = -0.9630 - 0.5127 \cdot \ln(\text{DW})$
	25	$\ln(\text{FR}) = -0.8423 - 0.5554 \cdot \ln(\text{DW})$
	29	$\ln(\text{FR}) = -2.9526 - 0.4402 \cdot \ln(\text{DW})$
<i>C. gigas</i> *	10	$\ln(\text{FR}) = -2.0990 - 0.6441 \cdot \ln(\text{DW})$
	18	$\ln(\text{FR}) = -0.6558 - 0.8668 \cdot \ln(\text{DW})$
	23	$\ln(\text{FR}) = 0.4391 - 0.7983 \cdot \ln(\text{DW})$
	26	$\ln(\text{FR}) = 0.9917 - 0.8668 \cdot \ln(\text{DW})$
	29	$\ln(\text{FR}) = -0.9420 - 0.5726 \cdot \ln(\text{DW})$

*Cited from Kim(1995)

$$\ln\left(\frac{F}{DW}\right) = a - b \cdot \ln(DW) \quad (7)$$

으로 된다.

나. 수온별 여수율

수온구 별로 여수율을 측정한 자료를 식(7)에 따라 가로축에 연체부 건중량의 대수치 $\ln(DW)$ 를 두고, 세로축에 단위체중당 여수율의 대수치 $\ln(F/DW)$ 를 두어 나타내면 그림. 3-1~4에서 보는 바와 같으며, 각 수온구마다 $\ln(DW)$ 와 $\ln(F/DW)$ 사이의 추정회귀직선식은 표 3-1에서 보는 바와 같다.

미더덕은 29℃ 수온구에서는 정향성이 나타나지 않았으며, 흰명게는 29℃에서 다른 수온구와 반대로 회귀계수가 (+)값을 나타내었다. 이상경향을 나타낸 이 2개의 수온구를 제외하고, 종별로 $\ln(DW)$ 와 $\ln(FR)$ 자료의 수온구에 대한 공분산분석을 한 결과는 표 3-2에서 보는 바와 같았다. 각 종에 있어서 회귀계수는 유의한 차이가 인정되지 않았으며, 미더덕과 흰명게와 굴은 수온에 따른 위치차에 유의성이 인정되었다. 그러나 진주담치는 25℃ 이하의 수온구에서 위치차가 인정되지 아니하였고, 29℃ 수온구에서는 현저히 낮은 위치를 나

표 3-2. 10~25℃ 범위의 유의성 검정. (유의수준 95%)

species	on non-parallel	between temp. levles	for linearity
<i>S. clava</i>	X	O	O
<i>S. plicata</i>	X	O	O
<i>M. edulis</i>	X	X	O
<i>C. gigas</i>	X	O	O

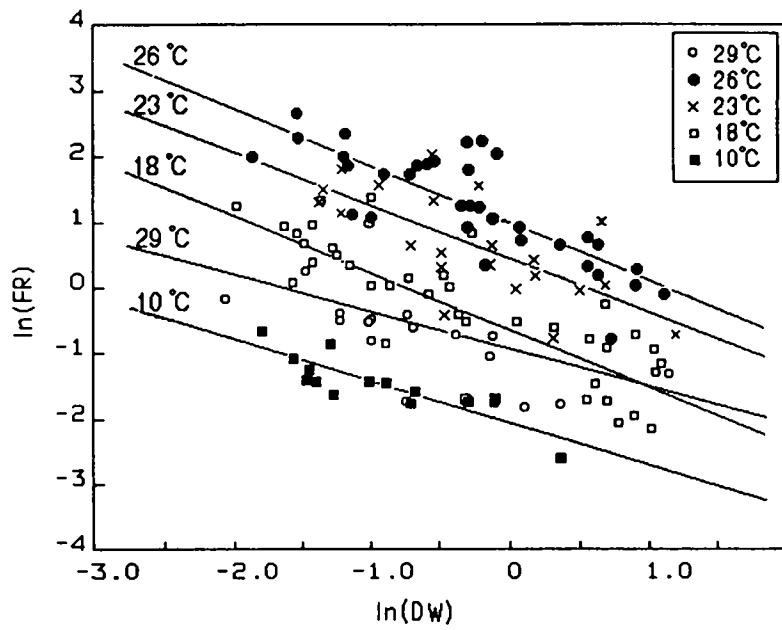


그림 3-1. 미더덕의 건조중량과 여수율의 관계

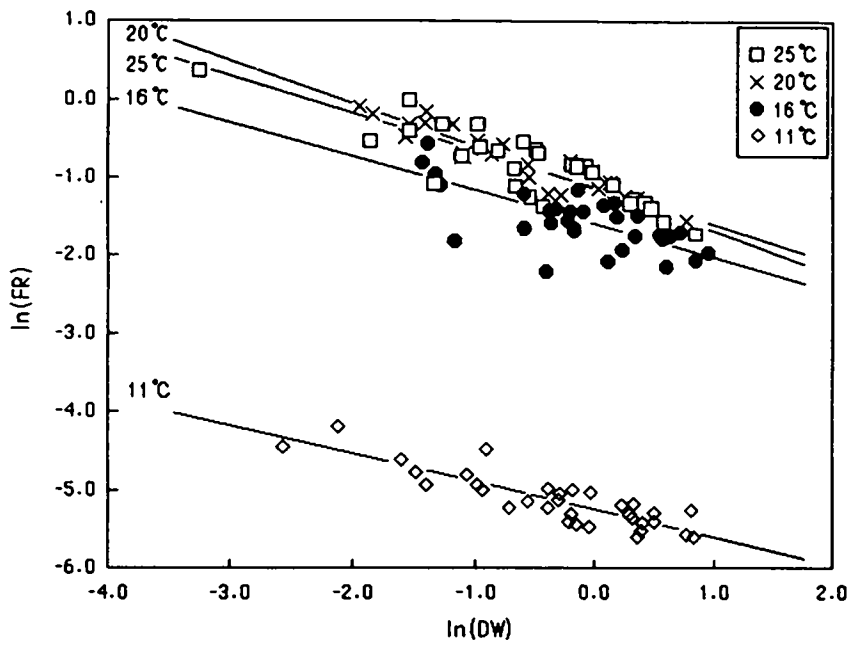


그림 3-2. 흰명게의 건조중량과 여수율의 관계

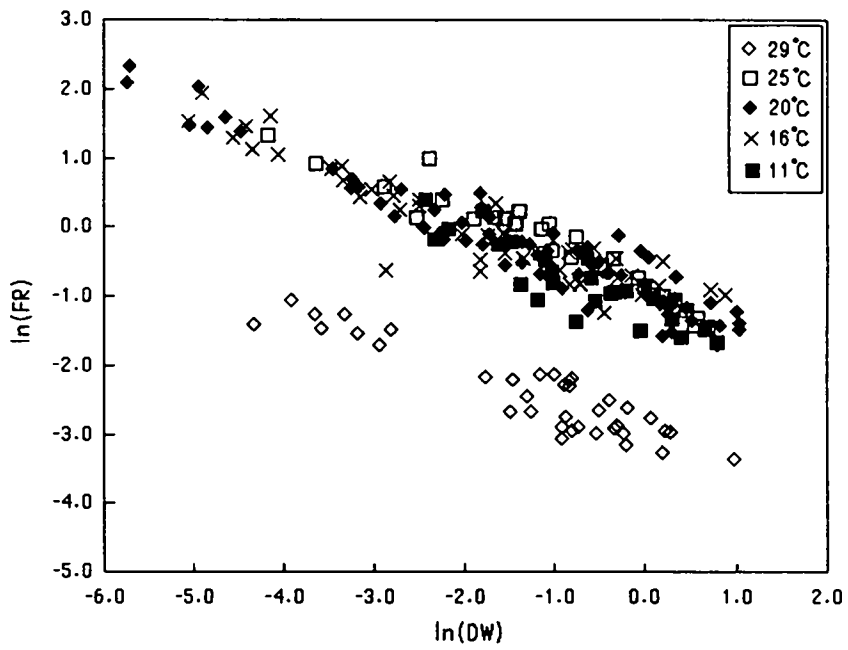


그림 3-3. 진주담치의 건조중량과 여수율의 관계

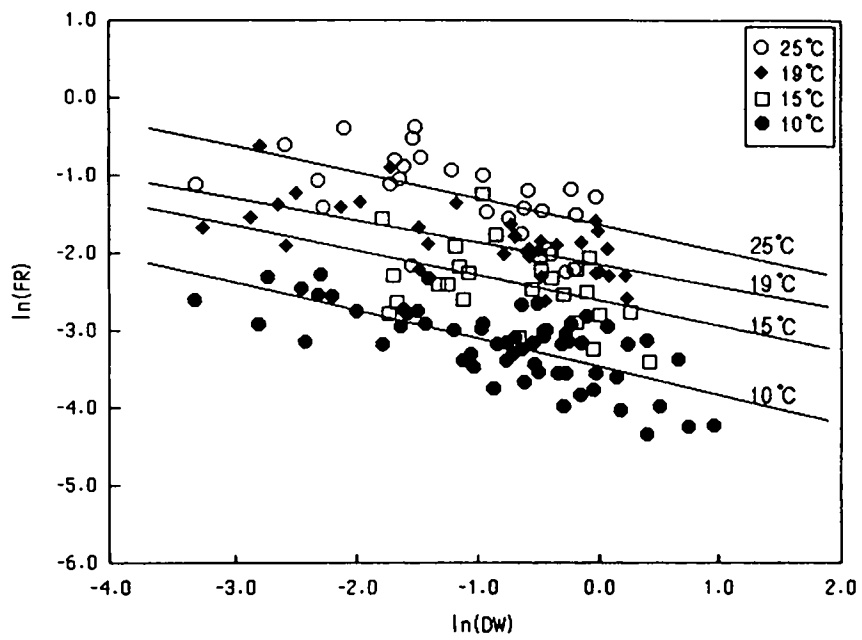


그림 3-4. 굴의 건조중량과 여수율의 관계

표 3-3. 공통회귀계수를 사용한 종별 수온별 여수율의 회귀직선식의
파라미터

회귀식 모형 : $\ln(\text{FR}) = a - b \cdot \ln(\text{DW})$

단위 : FR, l/gDW/hr

species	b	temp. (°C)	a
<i>S. clava</i>	0.3255	10	-3.449
		15	-2.653
		19	-2.174
		25	-1.646
<i>S. plicata</i>	0.4325	11	-5.276
		16	-1.583
		20	-1.061
		25	-1.096
<i>M. edulis</i>	0.5048	11~25	-0.956
		29	-3.032
<i>C. gigas</i>	0.7771	10	-2.227
		18	-0.611
		23	0.445
		26	1.109

표 3-4. 개체당 여수율에 미치는 크기와 수온의 영향

단위 : F, l/hr/animal; DW, g

species	model formula	range of temp.(°C)
<i>S. clava</i>	$F = \text{Exp}(0.119 T - 4.540) \cdot (DW)^{0.6745}$	T < 29
<i>M. edulis</i>	$F = 0.3844 (DW)^{0.4962}$	T < 29
<i>C. gigas</i>	$F = \text{Exp}(0.208 T - 4.324) \cdot (DW)^{0.223}$	T < 29
<i>S. plicata</i>	$F = \text{Exp}(A_1) \cdot (DW)^{0.5675}$ $A_1 = -8.56 + 0.6805 T - 0.0153 T^2$	13 < T < 29

타내었으며, 25°C 이하의 수온구와 유의한 차이가 인정되었다. 경사의 유의차가 인정되지 아니한 자료는 공통 경사값을 취하여 회귀식을 다시 기재하면 표 3-3에서 보는 바와 같다.

표 3-3에서 회귀직선의 위치값 a의 수온에 대한 경향을 정리하여 종별 여수율 모형식을 만들고, 다시 다음과 같이 변환하여 개체당 여수율을 나타내는 식으로 나타내면 표 3-4에서 보는 바와 같다.

$$\ln(F/DW) = a - b \cdot \ln(DW)$$

$$F/DW = e^a \cdot (DW)^{-b}$$

$$\text{개체당 여수율, } F(\text{l/hr/animal}) = e^a \cdot (DW)^{1-b} \quad (8)$$

다. 종별 여수량의 비교

종별 수확시기에 수확당시의 평균개체크기 및 기타 여수량 비교를 위한 파라미터들을 사용하여 수확시의 크기와 수온자료, 종별 시설방식을 고려하여 여수량을 계산한 결과는 표 3-5에서 보는 바와 같다.

개체여수율로 보아서는 진주담치가 가장 큰 값을 보였는데, 진주담치의 수확시기를 수온이 가장 낮은 1월말로 기준하였기 때문에 이 정도의 값이지만,

표 3-5. 실험생물의 종별 여수량 산정 파라미터와 여수량 산정 결과

parameters	species			
	<i>S. clava</i>	<i>S. plicata</i>	<i>M. edulis</i>	<i>C. gigas</i>
indiv. meat wt.(g)	12	14	14	12
dry rate(DW/wetW)(%)	8.5	9.1	19.3	24.8
harvest time	late in Mar.	late in Oct.	late in Jan.	early in Feb
temp. in harvest(°C)	7.8	17.0	5.5	5.5
animals per string	1,700	1,400	1,100	330
string No. per line	320	320	140	250
animals per line	544,000	448,000	154,000	82,500
indiv. filtering rate (l/hr/animal)	0.0274	0.2792	0.6289	0.0530
filtering rate per line (m ³ /hr/100m)	14.9	125.1	96.9	4.37
daily filtering rate (m ³ /day/100m)	358	3,002	2,324	105

고수온기에는 매우 큰 여수율을 나타내게 된다. 비슷한 생태적 지위를 가질 것으로 보이는 미더덕과 흰명게는 개체 여수율에서 흰명게가 미더덕에 비하여 약 10배의 큰 값을 나타내었다. 수확시기의 차이에 따른 수온 차이의 영향을 감안하여도 흰명게의 여수율은 미더덕에 비하여 훨씬 큰 값을 나타내었다. 굴의 여수율은 미더덕의 약 2배 정도 큰 값을 보였다. 만약에 본 실험대상 4종이 같은 먹이를 두고 경쟁하고 있다면, 굴 양식장에 부착생물로서 가장 경계할 종은 진주담치이고, 그 다음은 흰명게가 되겠다. 미더덕의 식성은 아직 명확하지 않으며, 진주담치와 흰명게는 굴과 같이 식물플랑크톤을 걸르므로 굴 양식장에 혼서할 경우에는 강력한 먹이 경쟁종으로서 굴의 여수율을 압도할 것으로 보인다. 그러나 이 두 종이 높은 여수율로서 해주중의 현탁물을 선택성 없이 걸러서 pellet 형상으로 침강시키는 점을 고려하면, 현탁성 유기물 농도가 높은 해역에 이 두 종의 양식장을 집단적으로 배치하여 현탁유기물을 양식생산으로 전환하는 기능을 이용할 수 있을 것으로 여겨진다.

2. 배설량조사

미더덕, 흰명게, 굴, 진주담치가 먹이 섭취한 후 소화 배출되는 배설량을 조사하기 위하여 같은 해역에서 수하 양성 종이던 시료를 동시에 채취하여 실험한 결과를 표 3-6에서 보면 수온 19.7~20.5°C때에 미더덕은 체중 $31.2 \pm 4.0g$ 크기의 1마

표 3-6. 실험생물의 종별 1일 배설량

품 종	크 기 (g)	배설량		비 고
		개체당(g)	kg당(g)	
미더덕	31.2 ± 4.0	0.055	1.77	○ 크 기: 각부중량
흰명게	24.4 ± 7.3	0.081	3.31	○ 배설량: 건조중량
굴	52.7 ± 11.8	0.036	0.69	
진주담치	31.8 ± 12.1	0.032	1.01	

리가 하루동안 건조중량으로 0.055g을 배설하였고, 흰명게 체중 $24.4 \pm 7.3g$ 이 0.081g, 진주담치 각부중량 $31.8 \pm 12.1g$ 이 0.032g, 굴 각부중량 $52.7 \pm 11.8g$ 이 0.036g을 배설하여 개체당 배설량은 흰명게가 가장 많고, 미더덕, 굴, 진주담치 순이었다.

이를 각부중량 1kg당 배설량으로 환산해보면, 흰명게 3.31g, 미더덕 1.77g, 진주담치 1.01g, 굴 0.69g으로 흰명게가 가장 많이 배설하였다. 그러므로 4종 중에서 내장부의 용적이 흰명게가 가장 크고, 굴이 가장 적음을 알 수 있다.

3. 미더덕 서식해역의 먹이생물과 위 내용물조사

미더덕 식성조사의 일환으로 미더덕이 서식하는 해역의 해수와 미더덕의 위 내용물 속의 식물성 플랑크톤의 양과 종 조성을 조사함으로써, 식물성 플랑크톤 섭식 여부를 파악하고자 하였다.

미더덕 양성 주 시기인 12월부터 6월까지 거제 가조도해역의 동일한 장소에서 해수와 위내용물의 식물성 플랑크톤 조성조사 결과를 보면 표 3-7과 같다.

해수의 식물성 플랑크톤은 12월이 4종 1,910cells/ℓ로 종 수도 적고, 개체수도 적었으나, 점차 증가하여 4월에는 18종 59,245cells/ℓ로 종 수도 다양해졌고, 개체수도 가장 많았다.

한편, 미더덕 위 내용물의 식물성 플랑크톤 조성을 보면 가장 적을 때가 6월로 19종 67,725cells이었고, 가장 많을 때는 1월로 27종 711,650cells이었으며, 대체로 1월부터 3월사이가 522,451~711,650cells로 식물성 플랑크톤을 많이 섭식한 것으로 나타났다(그림 3-5).

미더덕의 성장과 식물성 플랑크톤 섭식량을 보면 체중이 2.2~17.4g으로 급격히 증가하는 시기인 수온 5~10℃범위의 12월부터 3월까지의 1개체당 240,803~711,650cells로 많은 개체수가 관찰되었다. 수온이 15℃이상으로 상승하는 4월부터는 위 속의 식물성 플랑크톤수가 줄어들어 미더덕 1마리당 67,725~187,049cells이 관찰되어 수온 상승과 더불어 섭식량이 점차 줄어들어 역상관관계를 나타내었다(그림 3-6).

이를 체중 1g당 섭식량으로 환산하여 비교해보면 12월~3월까지는 33,980~177,910cells로 1월이 가장 많았고, 4월~6월에는 2,585~9,845cells로 1만개 이하의

표 3-7. 미더덕 서식해역과 미더덕 위 내용물의 월별 식물성 플랑크톤 조성

Species	Surface													
	Dec. '95		Jan. '96		Feb. '96		Mar. '96		Apr. '96		May '96		June '96	
	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S
<i>Actinoptychus sp.</i>												40		10
<i>Amphora sp.</i>		1110		2348				5						502
<i>Asterionella formosa</i>				11743		33882		24827						
<i>Chaetoceros affinis</i>														4515
<i>Chaetoceros compressus</i>				9395		9837						877		1505
<i>Chaetoceros debilis</i>		2219		9395										1505
<i>Chaetoceros decipiens</i>		2774				7651								2508
<i>Chaetoceros didymus</i>		1665		27010		9837								1505
<i>Chaetoceros pendulus</i>				3523		19674								
<i>Chaetoceros socials</i>		24968		35230										
<i>Chaetoceros spp.</i>	50	4439		27010	31	28418	10		20		10	1754	75	10033
<i>Codonellopsis sp.</i>														5
<i>Coscinodiscus spp.</i>	108	12761				2186	5		185			4386	28	1003
<i>Cylindrotheca colsterium</i>				3523		5465		5517	10			877	3	
<i>Ditylum brightwellii</i>						2186		920	5					502
<i>Eucampia zodiacus</i>		4439		8220				44137						
<i>Fragilaria sp.</i>							5							3
<i>Grammatophora sp.</i>		1110												

P: 식물성 플랑크톤조성(cells/ℓ), S: 위 내용물(cells/ℓ)

표 3-7. 계속

<i>Lauderia borealis</i>					2186									
<i>Leptocylindrus danicus</i>									10			5		
<i>Licmophora paradoxa</i>		555						20						
<i>Melosira</i> sp.		15536			1093	10						1754		
<i>Nitzschia delicatissima</i>								9195						
<i>Nitzschia longissima</i>								2759						
<i>Nitzschia pungens</i>		1110	34056		30604		243672		168679			2632		
<i>Nitzschia seriata</i>			2349		27325		137928							
<i>Nitzschia</i> sp.				21		3606		58500		80			3	
<i>Odontella sinensis</i>														
☞ <i>Pleurosigma</i> spp.		3329	5872	125	3279	5	6437						3	502
<i>Rhizosolenia delicatula</i>			4697		8744		30344							
<i>Rhizosolenia indica</i>							920							
<i>Rhizosolenia setigera</i>		9987	55194		71045		4598	5				877		
<i>Rhizosolenia stolterforthii</i>			4697		2186		5517							
<i>Rhizosolenia</i> sp.		1110		250				5						
<i>Skeletonema costatum</i>	25	91548	46974	52	81974						10			
<i>Stauroneis membranacea</i>						10					20			
<i>Stephanopyxis palmerina</i>		1110	3523		3279		9195	15	1670					
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		3884	27010	261	19674	35	2759						15	
<i>Thalassiosira hyaline</i>			2349		2186									
<i>Thalassiosira rotula</i>		2219	19964		13116									
<i>Thalassiosira</i> sp.		1110		83	6558	10	11954	35	5010	40			8	502
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>		13871	62240	448	120229		11954		835					

표 3-7. 계속

70	<i>Ceratium furca</i>	8	12207	19964	1093			5			18	502	
	<i>Ceratium fusus</i>		1110		94	5	5517	20	7515	78948	123	1003	
	<i>Dinophysis acumminata</i>						2759	5		10	877		
	<i>Eutreptiella gymnastica</i>					5							
	<i>Gymnodinium</i> sp.				52			30					
	<i>Noctiluca scintillaus</i>				52	5		275		10			
	<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>			1174	10								502
	<i>Prorocentrum minimum</i>			1174		3279			1670		14912		
	<i>Prorocentrum</i> sp.							65		30		185	
	<i>Prorocentrum triestinum</i>												5518
	<i>Protoperidinium conicom</i>					1093							
	<i>Protoperidinium depressum</i>										877		
	<i>Protoperidinium</i> spp.			4697	21	3279	10	23908	35			58	1505
	<i>Pyrocystis noctiluca</i>								10			10	
	<i>Scrippsiella trochoidea</i>							5517					
	<i>Dictyocha fibula</i>											20	1505
	<i>Distephanus speculum</i>		2219			1093							12040
	<i>Ebria tripartita</i>							920					
	<i>Pyramimonas</i> sp.									1670	877		
	<i>Unidentified nanoplankton</i>		24413		278319								20568
Total	191	240803	711650	1448	522451	3726	591254	59245	187049	260	109648	572	67725
Species	4	25	27	12	29	14	22	18	7	10	12	17	19

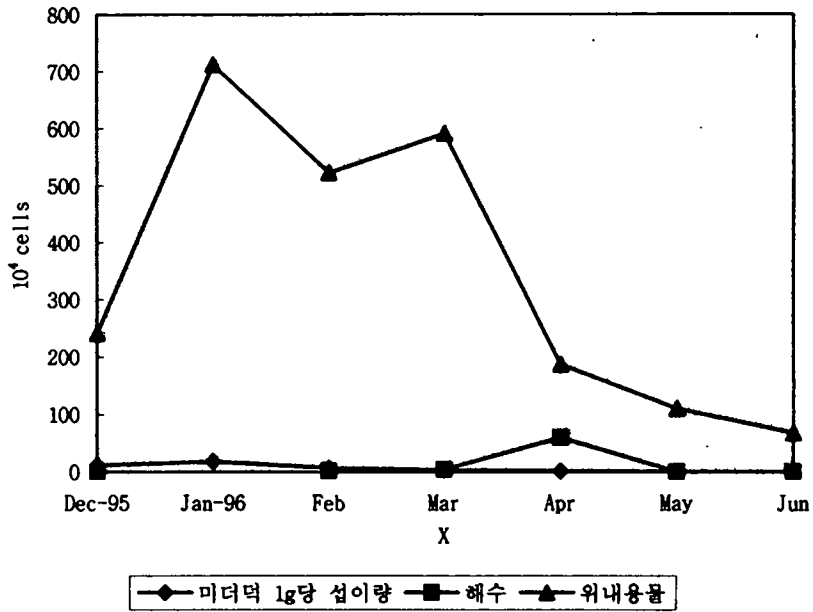


그림 3-5. 해수와 미더덕 위내용물의 월별 식물성플랑크톤량

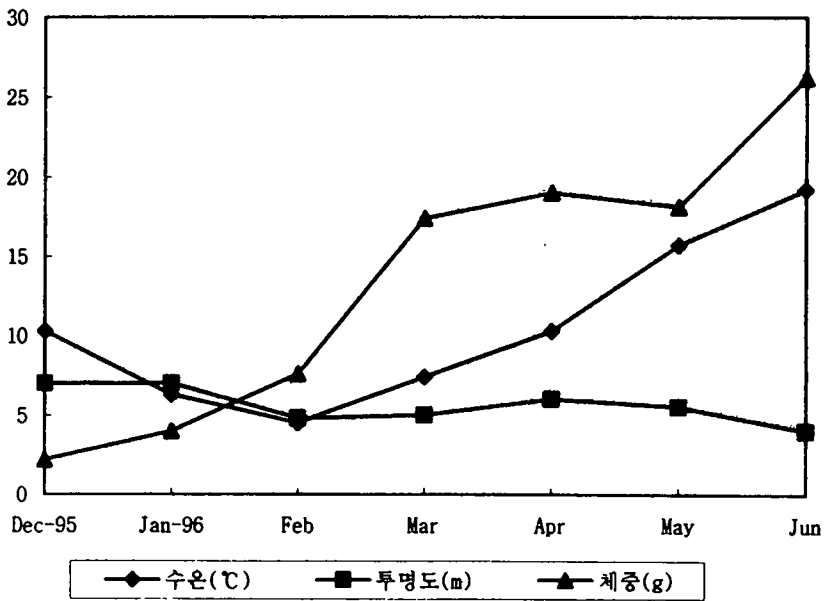


그림 3-6. 미더덕 양식장의 수온과 미더덕 성장

수치를 나타내었다. 이상의 결과로서 유추할 수 있는 것은 미더덕이 겨울철의 어릴적 주 성장기에는 식물성 플랑크톤을 주로 섭식하다가 수온이 10℃이상으로 상승하는 시기부터는 점차 식물성 플랑크톤 섭취량이 줄어들면서 다른 먹이를 더 많이 섭취하는 것이 아닌가 생각된다. 그러나, 이것은 수온 상승과 더불어 소화시간이 상대적으로 빨라져 위 속의 식물성 플랑크톤이 많이 관찰되지 않았을 수도 있기 때문에 보다 많은 고찰과 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 인공배양된 식물성 플랑크톤 공급에 의한 섭식량조사

가. 식물성 플랑크톤 소모량조사

피낭류인 미더덕, 흰명게와 패류인 굴, 진주담치의 먹이 경쟁관계를 파악하고자 실험실에 배양된 몇 종류의 식물성 플랑크톤을 가지고 시료의 섭이활동에 의하여 줄어드는 플랑크톤 소모량을 조사한 결과는 표 3-8과 같다.

각 양식생물의 1마리가 1시간당 소모한 개체수는 미더덕이 *Chlorella* sp.(1~2 μm) 182.6~375×10⁶cells (평균 248.4×10⁶cells), *Dunaliella* sp.(10~13μm) 46.9~168.8×10⁶cells (평균 107.9×10⁶cells), *Isocrysis galbana* (2~3μm) 56.3~187.5×10⁶cells (평균 121.9×10⁶cells), *Chaetoceros calcitrans*(4~5μm) 84.4×10⁶cells 로 양식 품종중에서 미더덕이 가장 적게 소모하였다.

같은 피낭류인 흰명게는 1마리가 1시간당 소모한 양이 *Chlorella* sp. 243.8~1125.0×10⁶cells (평균 690.6×10⁶cells), *Dunaliella* sp. 75.0~168.8×10⁶cells (평균 121.9×10⁶cells), *Isocrysis galbana* 243.8~290.6×10⁶cells (평균 267.2×10⁶cells), *Chaetoceros calcitrans* 178.2×10⁶cells로 4종류 평균 314.5×10⁶cells를 소모하였으며 굴은 4종류 평균 소모 개체수가 300.6×10⁶cells, 진주담치는 309.8×10⁶cells로 개체당 소모량에 있어서 미더덕 보다 훨씬 많았으나 굴, 진주담치와는 큰 차이가 없었다(표 3-8).

그러나, 각 양식 품종을 각부중량 1kg으로 환산했을 경우 표 3-8에서 보는 바와 같이 미더덕은 4종류의 식물성 플랑크톤(*Chlorella* sp., *Dunaliella* sp., *Isocrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*)의 평균 소모량은 3,390~12,020×10⁶cells(평균 6,040×10⁶cells)이고, 흰명게는 4,060~41,170×10⁶cells(평균 16,608×10⁶cells), 굴은 2,870~11,610×10⁶cells(평균 5,657.5×10⁶cells), 진주담치는 7,990~11,700×10⁶cells

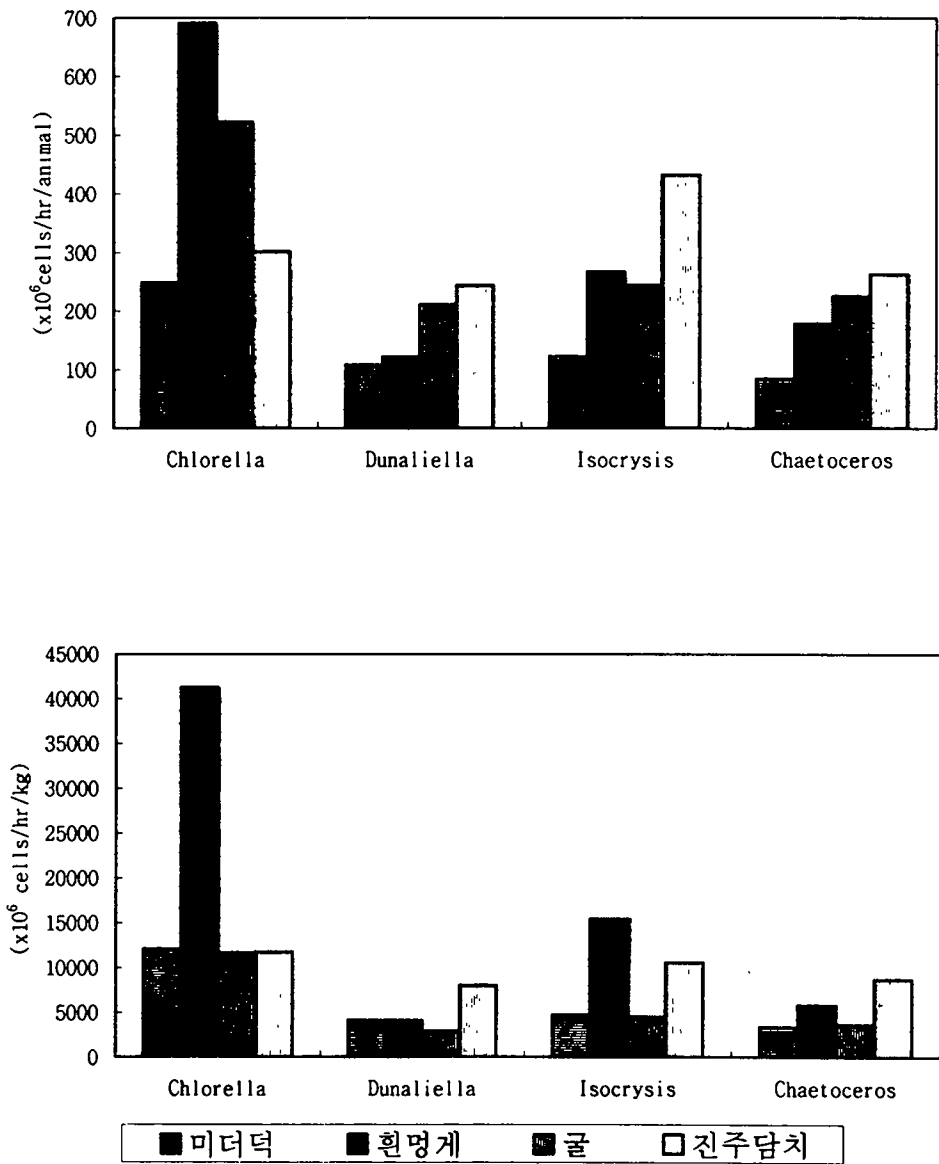


그림 3-7. 실험생물의 종별 식물성플랑크톤 소모량

표 3-8. 실험생물의 종별 식물성 플랑크톤 소모량

(단위: $\times 10^6$ cells/hr)

양식품종	먹이별	<i>Chlorella</i> sp (1~2 μ m)				<i>Dunaliella</i> sp (10~13 μ m)			<i>Isocrysis</i> <i>galbana</i> (2~3 μ m)			<i>Chaetoceros</i> <i>calcitrans</i> (4~5 μ m) 4종	
		1차	2차	3차	평균	1차	2차	평균	1차	2차	평균	1차	평균
	중량(g)	18.4	19.0	23.0	20.1	29.5	26.0	27.8	26.2	25.2	25.7	24.9	
미더덕	마리당소모량	182.6	187.5	375.0	248.4	46.9	168.8	107.9	187.5	56.3	121.9	84.4	140.7
	1kg당소모량	9,930	9,870	6,340	12,020	1,590	6,500	4,050	7,170	2,230	4,700	3,390	6,040
	중량(g)	3.2	7.8	28.9	16.6	31.9	29.3	30.6	11.3	32.1	21.7	30.7	
흰명게	마리당소모량	703.1	243.8	1125.0	690.6	75.0	168.8	121.9	243.8	290.6	267.2	178.2	314.5
	1kg당소모량	53,270	31,250	38,990	41,170	2,350	5,760	4,060	21,660	9,050	15,400	5,800	16,608
	중량(g)	39.4	-	70.1	54.8	82.4	58.1	70.3	53.0	71.6	62.3	61.9	
굴	마리당소모량	745.1	-	300.0	522.6	300.0	121.9	211.0	450.0	37.5	243.8	225.0	300.6
	1kg당소모량	18,940	-	4,280	11,610	3,640	2,100	2,870	8,500	520	4,510	3,640	5,657.5
	중량(g)	23.5	26.4	32.8	27.6	33.1	27.1	30.1	41.6	28.5	35.1	30.2	
진주담치	마리당소모량	473.3	243.8	187.5	301.5	300.0	187.5	243.8	825.0	37.5	431.3	262.5	309.8
	1kg당소모량	20,140	9,230	5,730	11,700	9,060	6,920	7,990	19,810	1,320	10,570	8,690	9,737.5

(평균 $9,737.5 \times 10^6$ cells)로 같은 중량으로 비교하였을 때는 굴, 미더덕, 진주담치, 흰명게 순으로 굴이 가장 적게 소모하였고 흰명게가 가장 많이 소모한 것으로 나타나 이들 4종에 대한 여수율 시험결과와 같은 경향을 보였다. 한편, 각 품종의 먹이종류별 선호도는 그림 3-7에서 보는 바와 같이 작은 단세포 녹조류인 *Chlorella* sp.는 생체 1kg으로 환산하였을 경우 흰명게의 소모량이 다른 3종류에 비해 4배 가량 많았고, *Dunaliella* sp.는 진주담치가 많이 소모하였으며, 2~3 μ m 크기인 *Isocrysis galbana*는 흰명게와 진주담치가 가장 많이 소모하였으며 4~5 μ m 크기인 *Chaetoceros calcitrans*는 진주담치가 다른 품종에 비하여 많이 소모하였다.

나. 실험생물의 종별 위 내용물조사

표 3-8의 6월 11일부터 13일까지의 3종류(*Chlorella* sp., *Dunaliella* sp., *Isocrysis galbana*)의 실험에서 식물성 플랑크톤의 소모량을 실제 위내용물조사를 통하여 검증하기 위하여 먹이를 공급하고 2시간 후에 위 내용물을 조사하여 1시간 당 섭이한 개체수로 환산한 결과 표 3-9와 같다.

표 3-9. 실험생물의 종별 위내용물에 의한 섭식량 조사결과

(단위: $\times 10^6$ cells/hr)

품종	<i>Chlorella</i> sp. (1~2 μ m)			<i>Dunaliella</i> sp. (10~13 μ m)			<i>Isocrysis galbana</i> (2~3 μ m)			3종 평균	
	소모량 위 내용물량			소모량 위 내용물량			소모량 위 내용물량			소모량 위 내용물량	
	1마리	1마리	1kg	1마리	1마리	1kg	1마리	1마리	1kg	1마리	1kg
미더덕	168.75	23.80	967.09	37.50	3.15	106.38	337.50	8.05	352.30	11.70	475.3
흰명게	787.50	36.50	2,557.11	150.0	16.80	526.98	225.00	10.92	971.53	21.40	1685.2
굴	-	31.36	691.97	300.0	0.55	9.78	431.25	4.37	82.52	12.10	261.4
진주담치	412.50	34.50	1,220.81	300.0	1.12	28.20	487.50	10.45	263.16	15.40	504.1

양식 품종 1마리가 1시간당 먹이생물을 섭취한 위내용물량은 표 3-9에서 보는

바와 같이 피낭류인 미더덕은 *Chlorella* sp. 23.8×10^6 cells, *Dunaliella* sp. 3.2×10^6 cells, *Isocrysis galbana* 8.1×10^6 cells로 3종 평균 11.7×10^6 cells이었고, 흰명게도 *Chlorella* sp. 36.5×10^6 cells, *Dunaliella* sp. 16.8×10^6 cells, *Isocrysis galbana* 10.9×10^6 cells로 3종 평균 21.4×10^6 cells였다. 패류인 굴은 *Chlorella* sp. 31.4×10^6 cells, *Dunaliella* sp. 0.6×10^6 cells, *Isocrysis galbana* 4.4×10^6 cells로 3종 평균 12.1×10^6 cells이었고, 진주담치는 *Chlorella* sp. 34.5×10^6 cells, *Dunaliella* sp. 1.1×10^6 cells, *Isocrysis galbana* 10.5×10^6 cells로 3종 평균 15.4×10^6 cells로 미더덕과 굴이 가장 적었고 그 다음이 진주담치였으며, 대체적으로 흰명게의 섭취량이 4품종 중에서 가장 많은 것으로 나타났다. 이를 1kg 생체량으로 환산하여 비교해 보면, 흰명게는 크기에 관계없이 가장 많이 먹는 것으로 나타났으며, 전체적으로 볼 때 1kg당 식물성 플랑크톤 섭취량은 굴이 가장 적었고, 그 다음이 미더덕, 진주담치였으며, 흰명게가 가장 많이 섭취하였다.

각 품종별로 먹이 종류별 1마리당 섭취량을 보면 *Chlorella* sp.의 경우 흰명게가 36.5×10^6 cells, 진주담치와 굴이 $31.4 \sim 34.5 \times 10^6$ cells로 미더덕의 23.8×10^6 cells보다 다소 많았다.

국립수산진흥원(1994)의 복합양식 개발에 관한 연구에서 *Chlorella ellipsoidea*를 가지고 실험한 결과를 보면 굴과 진주담치는 같은 피낭류인 우렁쟁이보다 각각 34, 66% 수준 밖에 먹지 않았다고하여 우렁쟁이가 *Chlorella ellipsoidea*를 가장 많이 섭취한 것으로 밝혀져 본 실험결과와 비슷한 결과를 나타내어 같은 피낭류인 우렁쟁이와 흰명게는 섭식율이 패류보다 훨씬 높음을 알 수 있었다.

또한, *Dunaliella* sp.는 흰명게가 16.8×10^6 cells을 섭취하여 다른 품종의 $0.6 \sim 3.1 \times 10^6$ cells 보다 5.4~28배 많이 섭취하였다. *Isocrysis galbana*는 굴이 4.4×10^6 cells로 다른 품종의 $8.1 \sim 10.9 \times 10^6$ cells보다 적게 섭취하였다. 이를 생체 각부중량 1kg으로 환산하여 비교해보면 *Chlorella*의 경우 흰명게가 2557.11×10^6 cells로 가장 많이 섭취하였고 그 다음이 진주담치 1220.8×10^6 cells, 미더덕, 굴 순이었으며, *Dunaliella* sp.는 흰명게가 527×10^6 cells로 굴 보다 54배, 미더덕의 5배, 진주담치의 18배를 섭취하여 다소 큰 먹이생물인 *Dunaliella* sp.를 피낭류인 흰명게와 미더덕이 선호하는 것을 알 수 있었다. *Isocrysis galbana*는 흰명게가 971.5×10^6 cells로 가장 많이 섭취하였고, 미더덕 352.3×10^6 cells, 진주담치 263.2×10^6 cells, 굴 82.5×10^6 cells로 굴이 가장 적게 섭취하였다.

각부중량 1kg으로 환산한 3종 먹이생물 평균 섭식량은 굴이 261.4×10^6 cells로 가장 적었고, 그 다음이 미더덕으로 475.3×10^6 cells, 진주담치 504.1×10^6 cells인데 비하여 흰명게는 $1,685.2 \times 10^6$ cells로 굴의 3.5배를 섭취함을 알 수 있었다.

다. 먹이 혼합에 의한 선택성조사

1 l 비이커에 같은 농도의(400 만cells/ml)의 *Chlorella* sp., *Dunaliella* sp, *Isocrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*를 각각 150cc씩 혼합하여 넣고 3시간 후에 위 내용물 조사를 통하여 품종별로 먹이 선택성을 알고자 하였다.

한편, 4종류의 식물성 플랑크톤을 혼합하여 각 품종별로 급이하여 3시간 동안의 섭식량을 위 내용물을 통하여 분석한 결과는 표 3-10과 같다.

미더덕은 종 선택성이 없이 4종의 먹이를 모두 섭취하여 *Chlorella* sp. 17.2×10^6 cells, *Isocrysis galbana* 6.8×10^6 cells, *Chaetoceros calcitrans* 2.8×10^6 cells, *Dunaliella* sp. 1.3×10^6 cells을 섭취하여 3시간동안 총 28.1×10^6 cells을 섭취한 것으로 나타났고, 흰명게는 *Chaetoceros calcitrans*를 제외한 *Chlorella* sp. 22.5×10^6 cells, *Dunaliella* sp. 5.0×10^6 cells, *Isocrysis galbana* 3.0×10^6 cells을 섭취하였다.

그러나 굴과 진주담치는 녹조류인 *Chlorella* sp.와 *Dunaliella* sp.만 섭취하고 황금색조류인 *Isocrysis galbana*와 규조류인 *Chaetoceros calcitrans*는 섭취하지 않은 것으로 나타났으며, 역시 *Chlorella* sp. 섭취가 *Dunaliella* sp. 보다 많은 것으로 나타났다.

이와 같이 굴과 진주담치는 먹이의 종에 대한 선택성이 있는 것으로 나타났으며 특히 굴과 진주담치는 4종류의 먹이 중에서 녹조류를 주로 선택하였다.

국립수산진흥원(1994)의 복합양식 개발에 관한 연구에 의하면 굴과 진주담치는 위 내용물에서 관찰된 식물성 플랑크톤의 조성 및 밀도에 의한 식성 유사도 (Horn, 1966)에서 70%이상으로 두 종간에 거의 같은 식성이라고 한 결과와 일치하며 여러 종류의 먹이를 선택적으로 여과하여 섭취하는 것에 대하여는 더 많은 연구가 필요 할 것으로 생각된다.

이상의 결과로서 피낭류인 미더덕과 흰명게는 해수중의 먹이를 선택성이 없이 여과 섭취하나 패류인 굴과 진주담치는 피낭류에 비하여 다소 선택적으로 먹이를 선택하는 것으로 사료된다.

표 3-10. 식물성 플랑크톤 4종 혼합에 의한 양식생물의 종별 섭이 기호성실험

(단위 : $\times 10^6$ cells)

품종별	먹이별	<i>Chlorella</i>	<i>Dunaliella</i>	<i>Isocrysis</i>	<i>Chaetoceros</i>	계
		sp. (1~2 μ m)	sp. (10~13 μ m)	<i>galbana</i> (2~3 μ m)	<i>calcitrans</i> (4~5 μ m)	
	중량(g)	20.90	20.90	20.90	20.90	20.90
미더덕	1마리당 소모량	17.18	1.32	6.82	2.75	28.07
	1kg당 소모량	822.00	63.16	326.32	131.58	1,343.06
	중량(g)	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20
흰명게	1마리당 소모량	22.48	5.50	2.96	0	30.94
	1kg당 소모량	1,387.65	339.51	182.72	0	1,909.88
	중량(g)	40.90	40.90	40.90	40.90	40.90
굴	1마리당 소모량	6.08	0.45	0	0	6.53
	1kg당 소모량	148.80	11.01	0	0	159.81
	중량(g)	26.20	26.20	26.20	26.20	26.20
진주담치	1마리당 소모량	6.44	0.27	0	0	6.71
	1kg당 소모량	245.80	10.31	0	0	256.11

5. 지방산 분석에 의한 식성조사

가. 참굴, 미더덕 및 부착생물의 지질함량

거제 가조도 신전해역에서 실험기간 동안에 채집한 실험 생물 및 부착생물의 총 지질함량은 표 3-11에 나타난 바와 같다. 참굴과 미더덕의 경우에는 1.21~1.69% 범위의 값을 나타냈으며, 흰명게의 경우에는 0.25%로서 대부분이 수분으로 되어 있는 체조직의 특징을 잘 나타내고 있었다.

표 3-11. 동일 양식장에서 채집한 실험생물 및 부착생물 총지질 함량

Species(Korean name)	Common and scientific name	Total lipid(%)
참굴(Chamgul)	Oyster(<i>Crasostrea gigas</i>)	1.21±0.52
미더덕(Mideodeok)	Sea squirt(<i>Styela clava</i>)	1.69±0.68
흰명게(Omandungee)	Sea squirt(<i>Styela plicata</i>)	0.25±0.03
유령명게(Youryeongmeonge)	Sea squirt(<i>Cionainte stinalis</i>)	0.16±0.02
진주담치(Chinjudamchi)	Mussel(<i>Mytilus edulis</i>)	1.15±0.12

나. 참굴과 미더덕의 지방산조성

(1) 참굴과 미더덕 육의 지방산조성 비교

참굴과 미더덕 육의 지방산 조성은 표 3-12에 나타난 바와 같다.

참굴과 미더덕의 지방산 조성에 있어, 오메가-9계열의 합계인 $\Sigma n-9$ 에서 보면 참굴의 경우 2월과 4월에는 9.94%와 9.53%이고, 미더덕의 경우에는 2월에는 13.71%, 4월에는 9.41%로서 시기별로는 차이를 나타냈으나 참굴과 미더덕의 사이에는 차이가 나타나지 않았다. 오메가-6계열의 합계에서는 참굴의 경우 2.62-2.94%, 미더덕의 경우에는 3.80-3.86%로서 종간에는 차이를 볼 수 없었고 오메가-3계열의 합계에서도 뚜렷한 차이는 없었다. 참굴의 필수지방산으로 알려져 있는 탄소수 20이상인 오메가-3고도불포화지방산의 합계인 $\Sigma n-3HUF A$ 에서도 현저한 차이를 볼 수 없었으며, 오메가-3고도불포화지방산의 대부분을 차지하는 EPA(eicosapentaenoic acid; 20:5n-3)함량은 굴 육에서 2월에 14.21%, 4월에

표 3-12. 진해만의 굴과 미더덕의 근육지질 중 지방산 조성

Fatty acid	Oyster		Mideodeok	
	February	April	February	April
12:0	0.00	0.00	0.00	0.22
Iso 13:0	0.51	0.52	0.82	0.82
13:0	0.49	0.51	0.96	0.96
Iso 14:0	0.33	0.33	0.21	0.25
14:0	7.14	6.77	7.34	7.66
TMTD*	DT	DT	ND	ND
14:1n-9	0.00	0.00	0.00	0.00
14:1n-7	0.00	0.00	0.00	0.00
14:1n-5	0.00	0.00	0.00	0.00
Iso15:0	0.14	0.19	0.57	0.76
Ant 15:0	0.88	0.87	1.36	1.12
15:0	0.54	0.68	0.59	0.81
Iso16:0	0.00	0.12	0.39	0.42
Ant16:0	0.14	0.28	0.92	1.01
Pristane	0.00	0.00	0.00	0.00
16:00	22.29	21.10	16.54	16.19
16:1n-9	0.00	0.54	0.00	0.00
16:1n-7	2.84	3.07	4.33	3.79
7ME16:0	0.51	3.07	0.39	0.87
Iso 17:0	0.38	0.84	0.96	1.05
16:1n-5	0.00	0.00	0.00	0.00
Ant 17:0	0.41	0.40	0.63	0.82
16:2n-9	0.39	0.56	0.60	0.78
16:2n-4	0.00	0.52	0.48	0.44
17:0+phytane	0.00	0.15	0.27	0.21
16:3n-4	0.58	0.87	0.67	0.84
16:3n-3	0.01	0.00	0.00	0.00
16:3n-1	0.00	0.29	0.00	0.05
16:4n-3	0.00	0.53	0.40	0.34
16:4n-1	1.70	2.53	1.30	1.13
18:0	2.01	0.00	3.93	2.86
18:1n-9	7.30	6.67	13.11	8.50
18:1n-7	2.68	2.10	2.79	1.94
18:1n-5	0.00	0.00	0.12	0.00
18:2 Δ 5,11	0.00	0.00	0.00	0.00
18:2n-6	1.45	2.05	1.46	2.69

18:2n-4	0.00	0.06	0.22	0.09
18:3n-6	0.00	0.06	0.23	0.17
18:3n-4	0.00	1.31	0.00	0.00
18:3n-3	0.00	0.00	0.31	1.36
18:3n-1	0.31	0.00	0.00	0.00
18:4n-3	1.89	3.76	1.93	3.63
18:4n-1	0.00	0.00	0.00	0.00
20:0	0.00	0.00	0.23	0.21
20:1n-11	0.00	0.65	0.00	0.00
20:1n-9	1.62	0.90	0.00	0.13
20:1n-7	1.45	1.20	0.00	0.13
20:1n-5	0.01	0.00	0.00	0.01
20:2NMID	0.00	0.24	0.00	0.00
20:2n-6	0.00	0.00	0.00	0.08
20:3NMIT	0.00	0.00	0.00	0.00
20:3n-6	0.00	0.05	0.00	0.00
20:4n-6	1.17	0.78	2.11	0.74
20:3n-3	0.00	0.00	0.00	0.00
20:4n-3	0.19	0.47	0.00	0.17
20:5n-3	14.21	10.58	15.61	12.94
22:0	0.00	0.00	0.00	0.06
22:1n-11	0.00	0.00	0.00	0.00
22:1n-9	0.63	0.86	0.00	0.00
22:1n-7	1.62	1.30	0.00	0.00
22:1n-5	0.00	0.01	0.00	0.01
21:5n-3	0.42	0.63	0.00	0.31
22:4n-6	0.00	0.00	0.00	0.00
22:5n-6	0.00	0.00	0.00	0.18
22:4n-3	0.00	0.00	0.00	0.00
22:5n-3	0.00	0.41	0.00	0.34
22:6n-3	23.68	21.11	18.17	22.74
24:1	0.00	0.00	0.00	0.00
$\Sigma n-9$	9.94	9.53	13.71	9.41
$\Sigma n-6$	2.62	2.94	3.80	3.86
$\Sigma n-3$	40.40	37.49	36.42	41.83
$\Sigma n-3$ HUFA**	38.50	33.20	33.78	36.50

* DT ; Detected, ND ; Not detected

** HUFA; Highly unsaturated fatty acid
(above 20 carbon fatty acid)

* Minor components identified and not included in the table

10.58% 였으며, 미더덕 육에서는 2월에 15.61%, 4월 12.94%로 뚜렷한 차이는 없었다. DHA(Docosahexaenoic acid; 22:6n-3) 함량에 있어서도 굴은 2월 23.68%, 4월에 21.11% 였고, 미더덕 18.77%, 22.74%로서 EPA에 비해 DHA 함량이 다소 높았으나 종간에는 뚜렷한 차이를 볼 수 없었다.

그러나, 가장 뚜렷한 차이는 그림 3-8, 9, 10의 GC chromatography와 그림 3-11의 GC-Mass chromatography에서 보는 바와 같이 참굴의 육에는 TMTD(4,8,12- trimethyl-tridecanoic acid)가 존재하였으나, 미더덕 육에는 이들이 존재하지 않았다.

그림 3-12에 나타난 바와 같이 GC-Mass의 분석 결과 참굴의 육에는 pristanic acid와 phytanic acid가 나타났으나, 미더덕 육에서는 존재하지 않았다.

참굴과 미더덕 육 중의 홀수지방산을 조사해 본 결과 그림 3-14에 나타난 바와 같이 참굴의 육에는 3.35%인데 반해서 미더덕은 5.89%로서 미더덕의 경우가 약간 높은 것으로 나타났다.

(2) 참굴과 미더덕 변의 지방산조성 비교

참굴과 미더덕 변의 지방산 조성은 표 3-13에 나타난 바와 같다. 참굴과 미더덕 변의 지방산 조성에 있어, 오메가-9계열의 합계인 $\Sigma n-9$ 에서 보면은 참굴의 경우 2월과 4월에는 4.19%와 8.50%이고, 미더덕의 경우에는 2월에는 3.46%, 4월에는 7.69%로서 종간에는 큰 차이를 볼 수 없으나, 시기별로 차이를 나타냈다. 오메가-6계열의 합계에서는 참굴의 경우 4.70~3.82%, 미더덕의 경우에는 2.51~3.98%로서 시기별 및 종간에도 차이를 볼 수 없었다. 오메가-3계열의 합계인 $\Sigma n-3$ 에서는 참굴의 경우 2월에는 30.65%, 4월에는 17.25%로서 시기별로 큰 차이를 나타냈으며, 미더덕의 경우에 있어서도 참굴의 경우와 같이 2월에는 3.82%, 4월에는 16.13%로서 시기별로 $\Sigma n-3$ 지방산의 소화흡수율에 시기별로 큰 차이를 나타냈다. 참굴의 필수지방산인 $\Sigma n-3$ HUFA에서도 참굴의 경우 2월에는 24.17%, 4월에는 15.1%이고, 미더덕의 경우는 2월에는 0.73%, 4월에는 13.20%로서 아주 심한 차이를 나타내었으며 $\Sigma n-3$ 와 같은 경향을 나타내었다. 이들의 주요 지방산인 EPA의 경우 굴에서는 2월에 12.52%, 4월에 7.03%였으며, 미더덕에서는 2월에 0.17%, 4월에는 11.48%로 심한 차이를 나타냈다. DHA에 있어서도 굴은 2월 7.39%, 4월에는 6.84% 였고, 미더덕은 0.56%, 1.72%로서 굴에 비해서 현저히 낮은 수준을 나타내

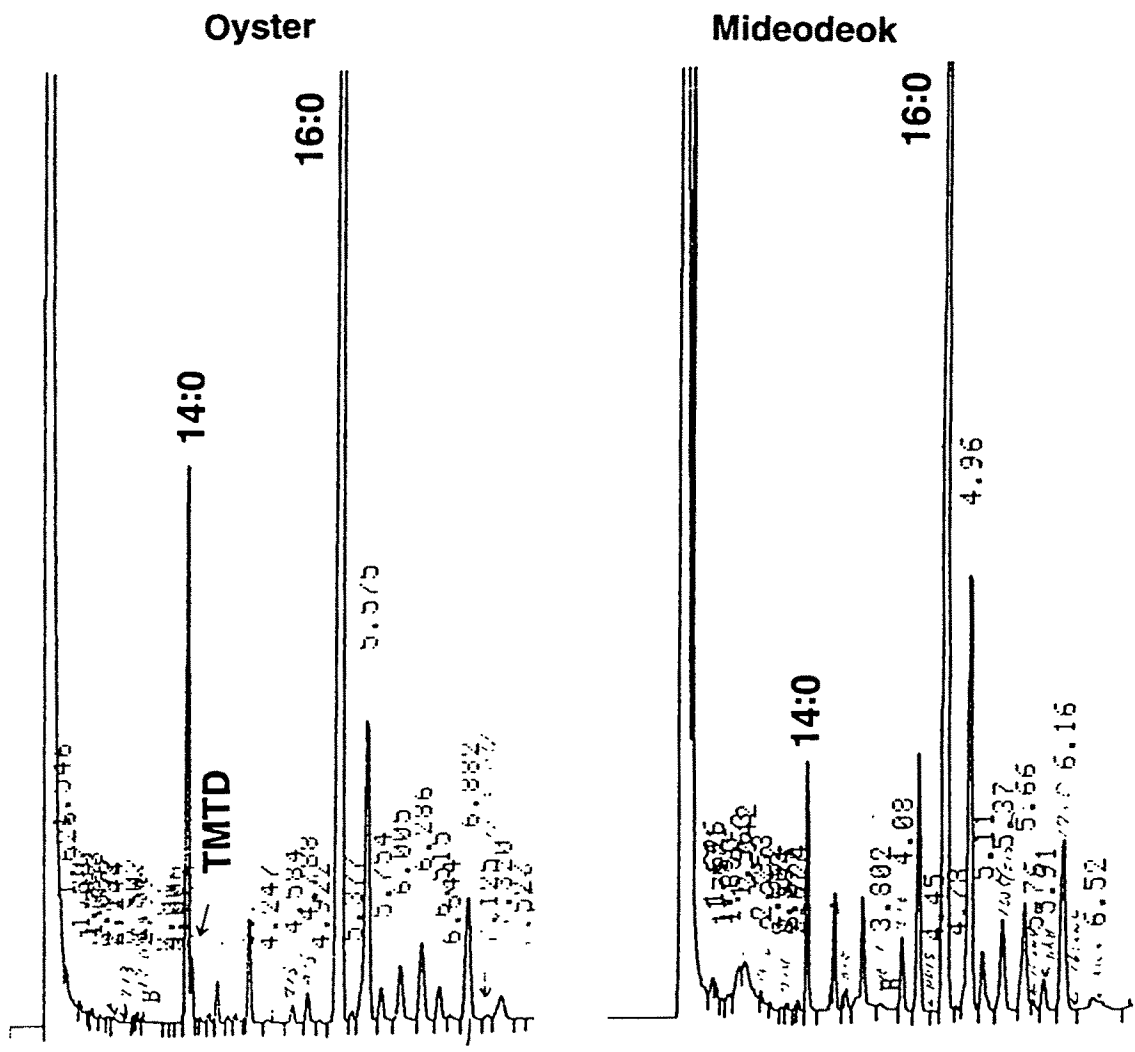


그림 3-8. 굴 및 미더덕의 근육조직 중 TMTD 및 흡수지방산의 크로마토그램

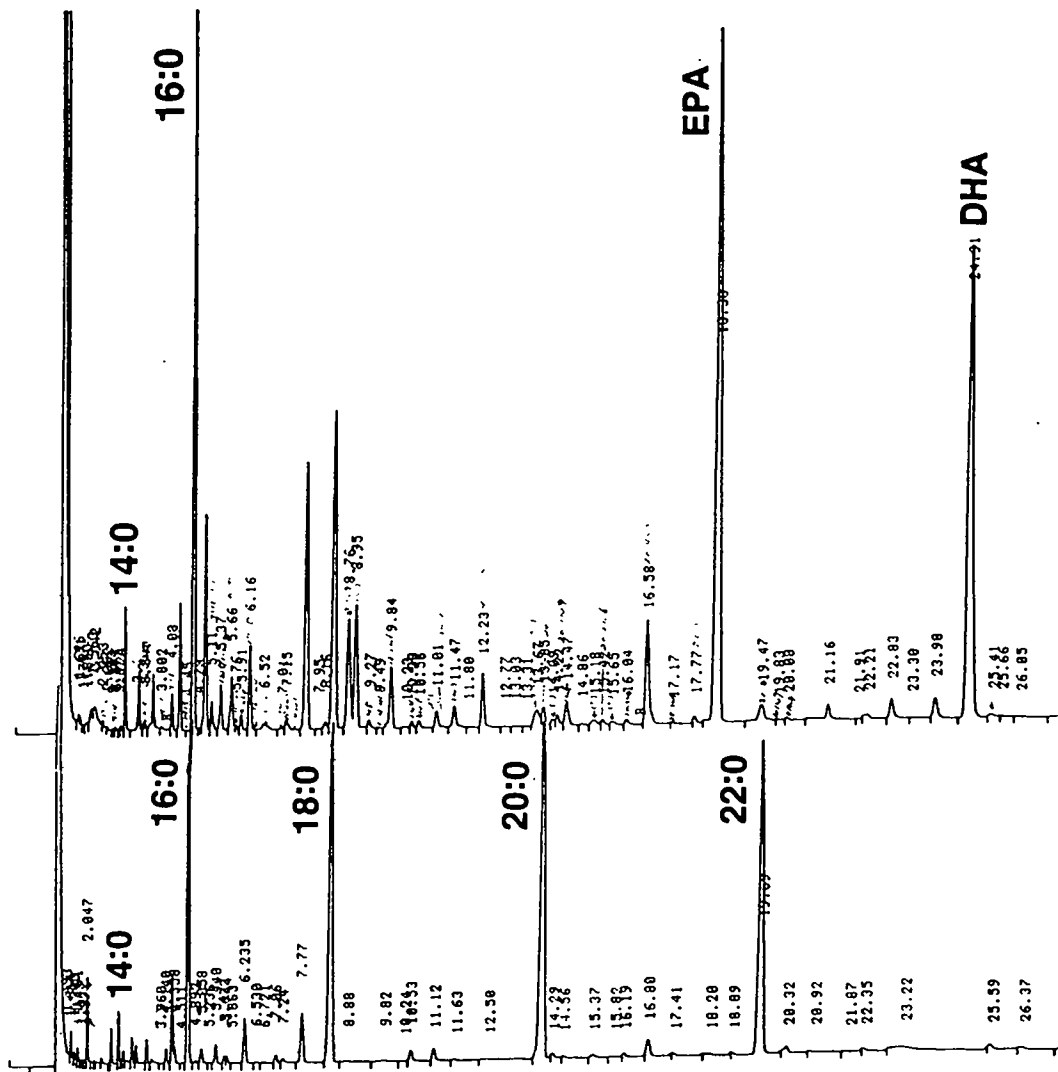


그림 3-10. 수소 첨가후 미더덕 근육지질의 크로마토그램

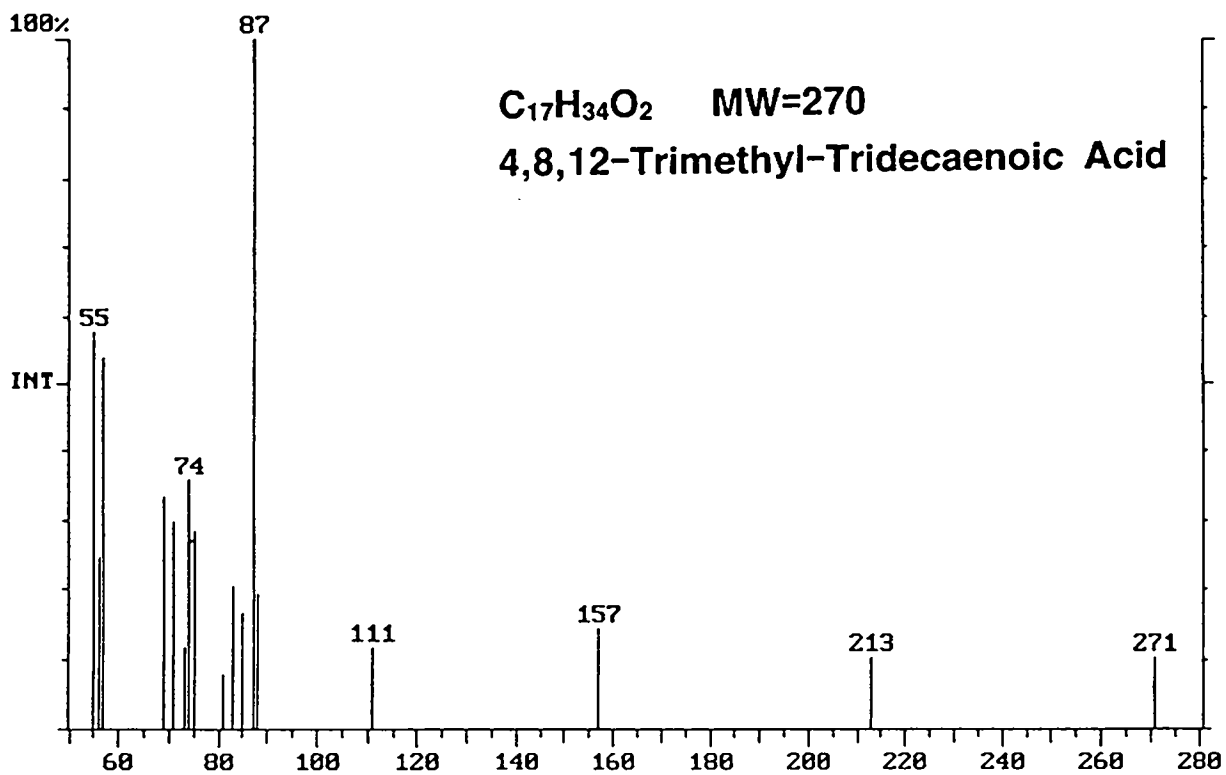


그림 3-11. 독특한 계열을 나타낸 TMTD의 질량 스펙트럼

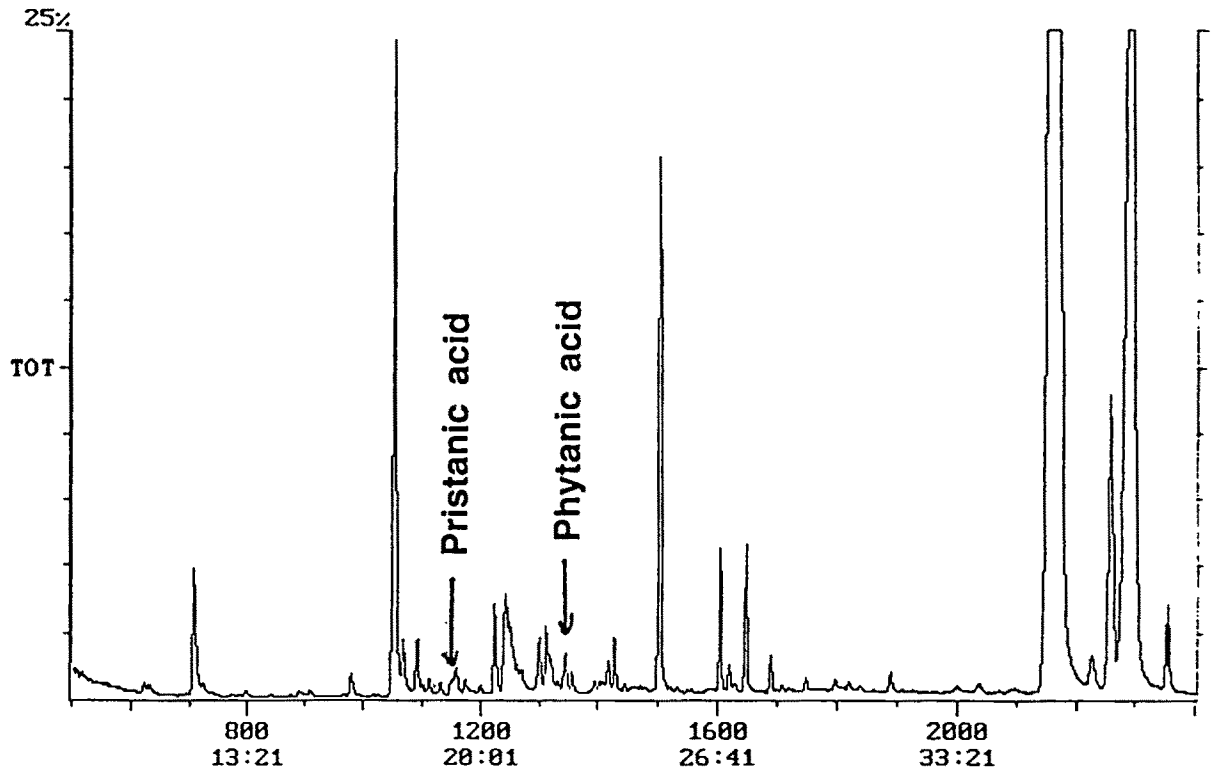


그림 3-12. 수소첨가 및 요소내전법에 의한 굴 근육지질 중 Pristanic 및 Phytanic산의 총이온 크로마토그램

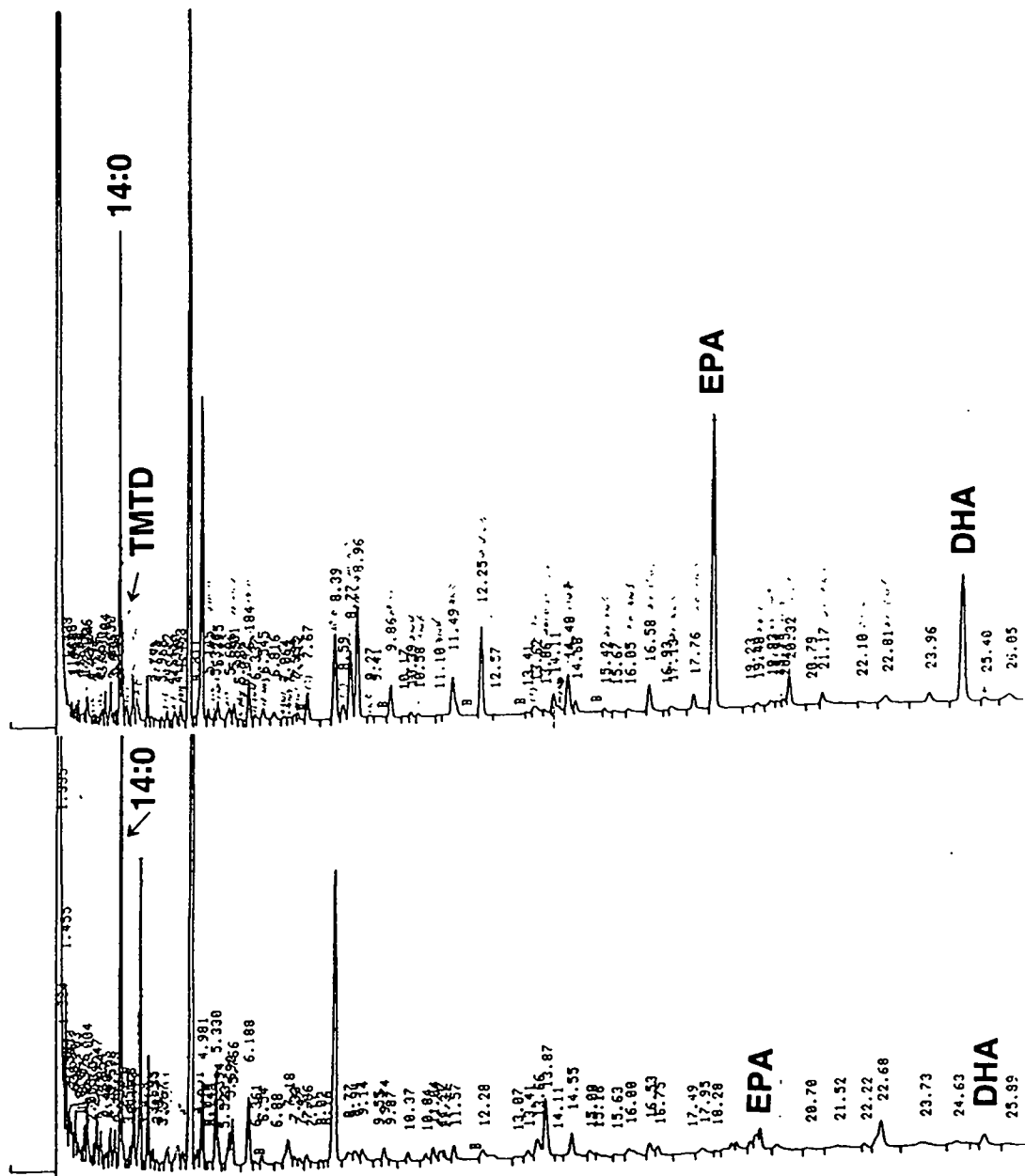


그림 3-13. 굴 및 미더덕 번의 총지질의 크로마토그램

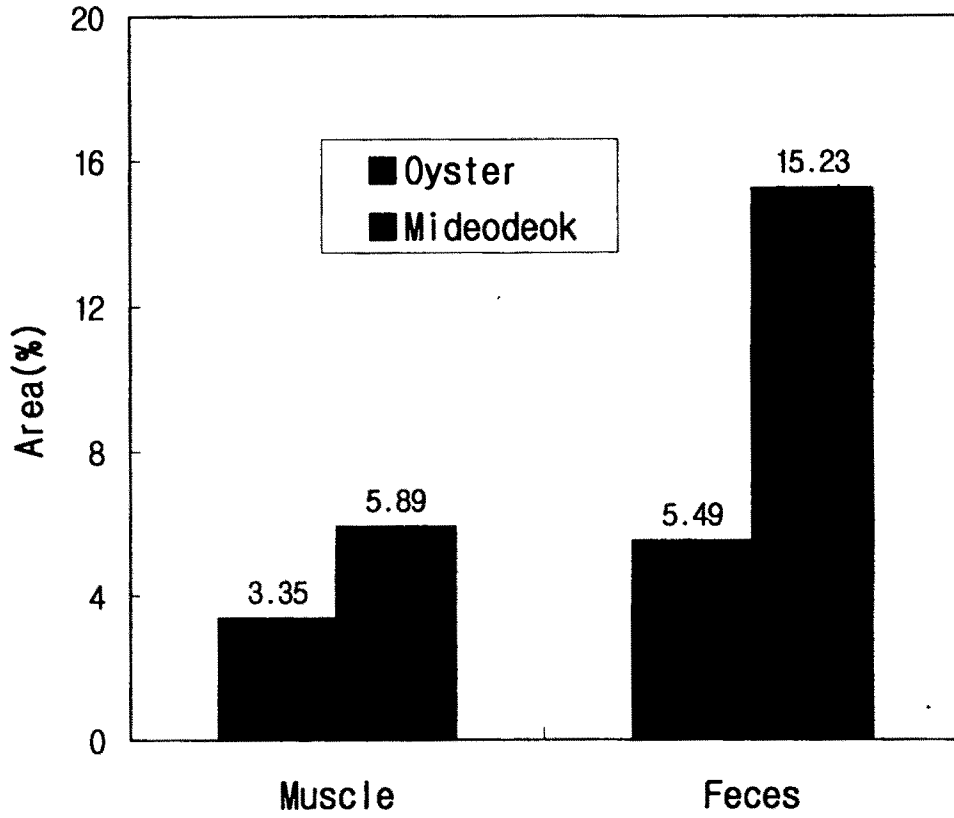


그림 3-14. 굴 및 미더덕의 육과 변의 홑수지방산 함량

표 3-13. 진해만의 굴과 미더덕 변의 지질 중 지방산 조성

Fatty acid	Oyster		Mideodeok	
	February	April	February	April
12:0	0.60	0.34	0.79	0.27
Iso 13:0	0.39	0.30	0.44	0.46
13:0	0.39	0.30	1.11	1.93
Iso 14:0	1.08	0.33	0.93	1.85
14:0	6.54	8.19	16.75	7.86
TMTD*	1.96	DT	ND	ND
14:1n-9	0.00	0.00	0.00	0.00
14:1n-7	0.00	0.00	0.00	0.00
14:1n-5	0.00	0.00	0.00	0.00
Iso15:0	1.11	1.67	1.28	1.11
Ant 15:0	0.68	0.10	4.88	5.22
15:0	0.97	1.22	1.93	1.11
Iso16:0	0.40	1.07	0.78	3.19
Ant16:0	0.45	0.00	0.94	0.00
Pristane	0.49	0.00	0.50	0.00
16:00	19.11	25.66	29.50	21.43
16:1n-9	0.25	1.14	0.55	0.00
16:1n-7	8.73	8.63	2.04	3.42
7ME16:0	0.50	0.42	0.28	0.33
Iso 17:0	0.31	0.31	2.20	2.50
16:1n-5	0.73	0.00	0.00	0.00
Ant 17:0	0.61	1.60	1.12	1.90
16:2n-9	0.00	0.85	0.00	1.20
16:2n-4	0.57	0.27	1.11	0.83
17:0+phytane	1.13	0.24	2.22	0.46
16:3n-4	0.25	1.13	0.17	1.25
16:3n-3	0.62	0.00	0.39	0.00
16:3n-1	0.22	0.72	0.00	0.00
16:4n-3	0.19	0.52	1.28	0.30
16:4n-1	0.26	2.62	0.27	4.43
18:0	3.26	6.20	10.46	7.08
18:1n-9	2.80	5.34	0.49	5.29
18:1n-7	4.21	5.72	0.82	3.22
18:1n-5	0.12	0.00	0.76	0.00
18:2 Δ 5,11	0.00	0.00	0.57	0.00
18:2n-6	1.19	1.66	0.14	1.66

18:2n-4	0.19	0.00	0.51	0.39
18:3n-6	0.14	0.00	0.29	0.60
18:3n-4	0.10	0.29	0.41	0.00
18:3n-3	2.12	0.62	0.76	0.83
18:3n-1	0.00	0.00	0.00	0.00
18:4n-3	3.55	1.01	0.66	1.80
18:4n-1	0.05	0.00	0.37	0.00
20:0	0.11	0.21	0.41	0.57
20:1n-11	0.00	0.88	0.00	0.00
20:1n-9	0.61	1.17	1.12	0.19
20:1n-7	0.23	0.95	2.58	0.24
20:1n-5	1.75	1.00	1.66	1.00
20:2NMID	0.00	0.00	0.00	0.00
20:2n-6	0.20	0.53	0.08	0.00
20:3NMIT	0.00	0.00	0.00	0.00
20:3n-6	0.30	0.00	0.84	0.00
20:4n-6	1.33	1.63	0.69	1.72
20:3n-3	0.45	0.00	0.00	0.00
20:4n-3	1.07	0.20	0.00	0.00
20:5n-3	12.52	7.03	0.17	11.48
22:0	0.44	0.00	1.13	0.00
22:1n-11	0.00	0.00	0.00	0.00
22:1n-9	0.53	0.00	1.30	1.01
22:1n-7	0.48	0.00	0.00	0.00
22:1n-5	1.57	0.00	0.00	0.00
21:5n-3	1.56	0.00	0.00	0.00
22:4n-6	0.41	0.00	0.47	0.00
22:5n-6	1.13	0.00	0.00	0.00
22:4n-3	0.00	0.00	0.00	0.00
22:5n-3	1.18	1.03	0.00	0.00
22:6n-3	7.39	6.84	0.56	1.72
24:1	0.43	0.00	1.30	0.00
$\Sigma n-9$	4.19	8.50	3.46	7.69
$\Sigma n-6$	4.70	3.82	2.51	3.98
$\Sigma n-3$	30.65	17.25	3.82	16.13
$\Sigma n-3$ HUFA**	24.17	15.10	0.73	13.20

※ DT ; Detected, ND ; Not detected

※※ HUFA; Highly unsaturated fatty acid
(above 20 carbon fatty acid)

* Minor components identified and not included in the table

어 뚜렷한 차이를 볼 수 있었다.

가장 뚜렷한 차이는 그림 3-13에 나타낸 바와 같이 참굴은 육의 경우와 같이 변에서도 TMTD(4,8,12- trimethyl-tridecanoic acid)가 존재하였으나, 미더덕은 변에서도 이들이 존재하지 않았다.

GC-Mass의 분석 결과 육의 결과와 같이 참굴의 변에서는 pristanic acid와 phytanic acid가 나타났으나, 미더덕 육에서는 존재하지 않았다.

참굴과 미더덕 변 중의 홀수지방산의 조성은 그림 3-14에 나타난 바와 같이 참굴의 변에서는 5.49%인데 반해서 미더덕은 15.23%로서 미더덕의 경우가 참굴에 비해 거의 3배나 높은 조성을 나타내어 두 종간에 현저한 차이를 나타냈다.

다. 동일 어장의 먹이생물에 대한 지방산 조성

동일해역에서 식물플랑크톤 네트로써 채집한 먹이생물의 지방산 조성은 표 3-14에 나타난 바와 같다.

먹이생물의 지방산 조성에 있어, $\Sigma n-9$ 에서는 2월에는 33.52%로 대단히 높았으나, 4월에는 12.47%로 시기별로는 큰 차이를 나타냈으며, $\Sigma n-6$ 에서는 2월에는 2.09%, 4월에는 4.52%로서 다른 지방산에 비하여 아주 낮은 값을 나타냈다. $\Sigma n-3$ 에서는 2월에는 15.55%, 4월에는 16.13%로서 시기별의 차이는 없었으며, $\Sigma n-3$ HUFA에서도 2월에는 15.21%, 4월에는 14.07%로서 비슷한 값을 나타냈다. 참굴의 지질영양학상 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 EPA (eicosapentaenoic acid; 20:5n-3)는 3.27~6.27%로 낮은 값을 나타냈으나, DHA(docosahexaenoic acid; 22:6n-3)경우에는 11.56%~6.22%로서 변화의 폭이 심하였다.

라. 부착생물의 지방산 조성

신전해역에서의 부착생물의 지방산 조성은 표 3-15에 나타난 바와 같다.

부착생물의 지방산 조성에 있어, $\Sigma n-9$ 에서는 진주담치 5.90%, 흰명게 3.20%, 유령명게 4.28%로 나타났으며, $\Sigma n-6$ 에서는 진주담치 3.36%, 흰명게 7.01%, 유령명게 3.40%로 나타났으며, $\Sigma n-3$ 에서는 진주담치 41.32%, 흰명게 40.76%, 유령명게 12.45%로 유령명게가 다른 부착생물에 비하여 낮은 값을 나타냈다. $\Sigma n-3$ HUFA에서도 진주담치 36.22%, 흰명게 39.69%, 유령명게 11.46%로 나타나 $\Sigma n-3$ 와 같은 경향을 나타냈다.

표 3-14. 진해만에서 채취한 식물성 플랑크톤의 지방산 조성

Fatty acid	Phytoplankton	
	February	April
12:0	0.00	0.28
Iso 13:0	0.00	0.00
13:0	0.00	0.00
Iso 14:0	0.01	0.01
14:0	18.77	7.76
TMTD*	ND	ND
14:1n-9	0.00	0.00
14:1n-7	0.00	0.00
14:1n-5	0.00	0.00
Iso15:0	0.20	1.60
Ant 15:0	0.00	0.00
15:0	0.19	0.35
Iso16:0	0.05	0.40
Ant16:0	0.00	1.04
Pristane	0.06	0.00
16:00	21.60	26.54
16:1n-9	0.00	1.11
16:1n-7	4.10	8.30
7ME16:0	0.24	0.48
Iso 17:0	0.00	0.00
16:1n-5	0.00	0.00
Ant 17:0	0.00	0.00
16:2n-9	0.13	1.00
16:2n-4	0.17	0.67
17:0+phytane	0.08	0.40
16:3n-4	0.12	1.25
16:3n-3	0.00	0.02
16:3n-1	0.00	0.00
16:4n-3	0.11	0.53
16:4n-1	0.18	2.32
18:0	2.06	6.32
18:1n-9	32.72	8.36
18:1n-7	0.01	5.52
18:1n-5	0.01	0.35
18:2 Δ 5,11	0.17	0.00
18:2n-6	1.72	1.66

18:2n-4	0.00	0.17
18:3n-6	0.21	0.28
18:3n-4	0.00	0.00
18:3n-3	0.20	0.57
18:3n-1	0.00	0.00
18:4n-3	0.03	0.94
18:4n-1	0.00	0.00
20:0	0.21	0.39
20:1n-11	0.00	0.99
20:1n-9	0.57	1.25
20:1n-7	0.00	0.98
20:1n-5	0.00	0.01
20:2NMID	0.28	0.00
20:2n-6	0.12	0.56
20:3NMIT	0.00	0.00
20:3n-6	0.00	0.00
20:4n-6	0.04	1.55
20:3n-3	0.24	0.27
20:4n-3	0.00	0.21
20:5n-3	3.27	6.27
22:0	0.18	0.00
22:1n-11	0.00	0.00
22:1n-9	0.10	0.75
22:1n-7	0.13	0.68
22:1n-5	0.01	0.01
21:5n-3	0.00	0.19
22:4n-6	0.00	0.31
22:5n-6	0.00	0.16
22:4n-3	0.00	0.00
22:5n-3	0.14	0.91
22:6n-3	11.56	6.22
24:1	0.00	0.00
<hr/>		
$\Sigma n-9$	33.52	12.47
$\Sigma n-6$	2.09	4.52
$\Sigma n-3$	15.55	16.13
$\Sigma n-3$ HUFA**	15.21	14.07

* DT ; Detected, ND ; Not detected

** HUFA; Highly unsaturated fatty acid
(above 20 carbon fatty acid)

* Minor components identified and not included in the t

표 3-15. 진해만 굴 및 미더덕 양식장의 부착생물 근육지질 중 지방산 조성

Fatty acid	Mussel (<i>Mytilus edulis</i>)	Sea squirt (<i>Styela plicata</i>)	Sea squirt (<i>Cionainte stinalis</i>)
12:0	0.10	0.05	0.19
Iso 13:0	0.01	0.01	0.01
13:0	0.01	0.01	0.01
Iso 14:0	0.00	0.01	0.01
14:0	7.59	3.92	10.83
TMTD*	DT	ND	ND
14:1n-9	0.00	0.00	0.00
14:1n-7	0.00	0.00	0.00
14:1n-5	0.00	0.00	0.00
Iso15:0	0.12	0.81	0.52
Ant15:0	0.00	0.00	0.36
15:0	0.42	0.62	2.25
Iso16:0	0.08	0.30	0.00
Ant16:0	0.06	0.88	0.42
Pristane	0.01	0.00	0.00
16:00	18.12	14.06	28.90
16:1n-9	0.00	0.00	0.36
16:1n-7	11.63	8.71	3.94
7ME16:0	0.06	1.24	0.34
Iso 17:0	0.01	0.01	0.01
16:1n-5	0.00	0.00	0.00
Ant 17:0	0.01	0.01	0.01
16:2n-9	0.31	1.06	1.26
16:2n-4	0.79	1.52	0.63
17:0+phytane	0.50	0.54	1.16
16:3n-4	0.44	1.37	0.41
16:3n-3	0.01	0.01	0.01
16:3n-1	0.00	0.00	0.00
16:4n-3	0.29	0.00	0.27
16:4n-1	1.07	4.02	0.53
18:0	2.54	5.05	6.20
18:1n-9	1.99	1.38	1.54
18:1n-7	2.01	4.52	5.01
18:1n-5	0.10	0.18	0.92
18:2 Δ 5,11	0.00	0.00	0.18
18:2n-6	0.82	0.69	0.68

18:2n-4	0.35	0.37	0.93
18:3n-6	0.06	0.28	0.59
18:3n-4	0.34	0.00	0.34
18:3n-3	0.82	0.21	0.24
18:3n-1	0.00	0.00	0.00
18:4n-3	3.98	0.85	0.47
18:4n-1	0.56	0.00	0.33
20:0	0.22	0.74	0.76
20:1n-11	0.00	0.00	0.34
20:1n-9	2.30	0.74	0.68
20:1n-7	1.86	0.00	4.76
20:1n-5	0.01	0.01	0.01
20:2NMID	0.00	0.00	0.33
20:2n-6	0.30	0.00	0.18
20:3NMIT	0.00	0.00	0.00
20:3n-6	0.11	0.00	0.00
20:4n-6	2.07	6.04	1.95
20:3n-3	0.00	0.00	0.00
20:4n-3	0.36	0.00	0.18
20:5n-3	19.65	28.00	7.84
22:0	0.09	0.00	0.34
22:1n-11	0.00	0.01	0.45
22:1n-9	1.30	0.02	0.44
22:1n-7	0.30	0.01	1.03
22:1n-5	0.01	0.01	0.01
21:5n-3	0.86	0.27	0.18
22:4n-6	0.00	0.00	0.00
22:5n-6	0.00	0.00	0.00
22:4n-3	0.00	0.00	0.00
22:5n-3	0.70	1.59	0.29
22:6n-3	14.65	9.83	2.97
24:1	0.00	0.00	0.32
UN	0.00	0.00	7.06
$\Sigma n-9$	5.90	3.20	4.28
$\Sigma n-6$	3.36	7.01	3.40
$\Sigma n-3$	41.32	40.76	12.45
$\Sigma n-3$ HUFA [※]	36.22	39.69	11.46

※ DT ; Detected, ND ; Not detected, UN; Unknown fatty acids

※※ HUFA; Highly unsaturated fatty acid(above 20 carbon fatty acid

* Minor components identified and not included in the table.

또한 유령명계에서는 미확인지방산(unknown fatty acids)이 7.06%로 나타난 점이 특이하였다.

이들 부착생물 중에서 가장 뚜렷한 차이는 그림 3-15에서 보는 바와 같이 진주담치 육에서는 TMTD가 나타났으나, 오만둥이와 유령명계는 이들이 존재하지 않아 상호간에 식성차이의 가능성을 나타냈다.

앞의 결과를 고찰하면 첫째, 참굴과 미더덕의 육에서 가장 현저한 차이는 참굴에는 TMTD가 존재하였으나, 미더덕에는 이것이 존재하지 않았다. 이 지방산은 일반적으로 해양동물에서는 동물의 체내에서 스스로 합성된 물질 즉, 내인성 지방산이 아닌 외인성 지방산으로 분류한다(Ackman, 1989). 또한 이것은 isoprenoid fatty acid로서 클로로필을 함유하고 있는 식물플랑크톤이 포식자에 섭취되면 클로로필은 phytol로 변하며, 이 phytol은 독성을 가지므로 무독화과정을 거친 뒤 많은 종류의 이성체로 전환된다. 여과식성을 하는 많은 종류의 해양생물은 phytol의 골격에서 유래된 TMTD (4,8,12-trimethyl-tridecanoic acid)를 일반적으로 많이 함유하고 있다(Ackman, 1971; Cox et al., 1972; Takagi et al. 1986). 본 실험에서도 두 실험대상 종간에 TMTD의 존재 유무는 광합성을 하는 생물 즉 클로로필을 함유하는 생물의 섭식유무에 기인된다. 그러나 이 두 생물의 서식장소는 동일 어장에서 채취한 시료를 사용하였기 때문에 서식지역 혹은 먹이생물의 조성의 차이는 고려의 대상에서 제외해야한다. 그러면 결국은 동일한 해수에 고르게 분포하고 있는 먹이중의 선택성 즉, 기호성에 의한 차이를 들 수 밖에 없다. 물론 두 생물간의 isoprenoids fatty acids의 대사과정의 차이를 배제할 수는 없으므로 여기에 관한 연구가 필요하다.

둘째, 두 생물간의 뚜렷한 차이점은 참굴의 육에는 pristanic acid와 phytanic acid가 존재하였으나, 미더덕의 육에는 이것이 존재하지 않았다. 이 지방산도 isoprenoid fatty acid 종류로서, 알콜인 phytol에서 TMTD로의 전환시 대사과정의 중간대사물로서 해양생물에서 이들의 대사경로는 그림 3-16에서 보는 바와 같이 잘 알려져 있다(Ackman, 1971). 이들의 존재는 그림 3-8과 9의 chromatogram상에서는 확인할 수가 없었다. 이들은 중간대사물질이기 때문에 소량 존재할 수도 있다는 가정 아래 요소내전법(Christie, 1982)을 사용하여 branch-chain fatty acid의 농축화를 시도하였다. 즉, methyl-ester된 지방산에서 hydrogenation과정을 거친 다음 요소를 첨가하여 장쇄의 포화 지방산은 모두 제거하여 남아있는

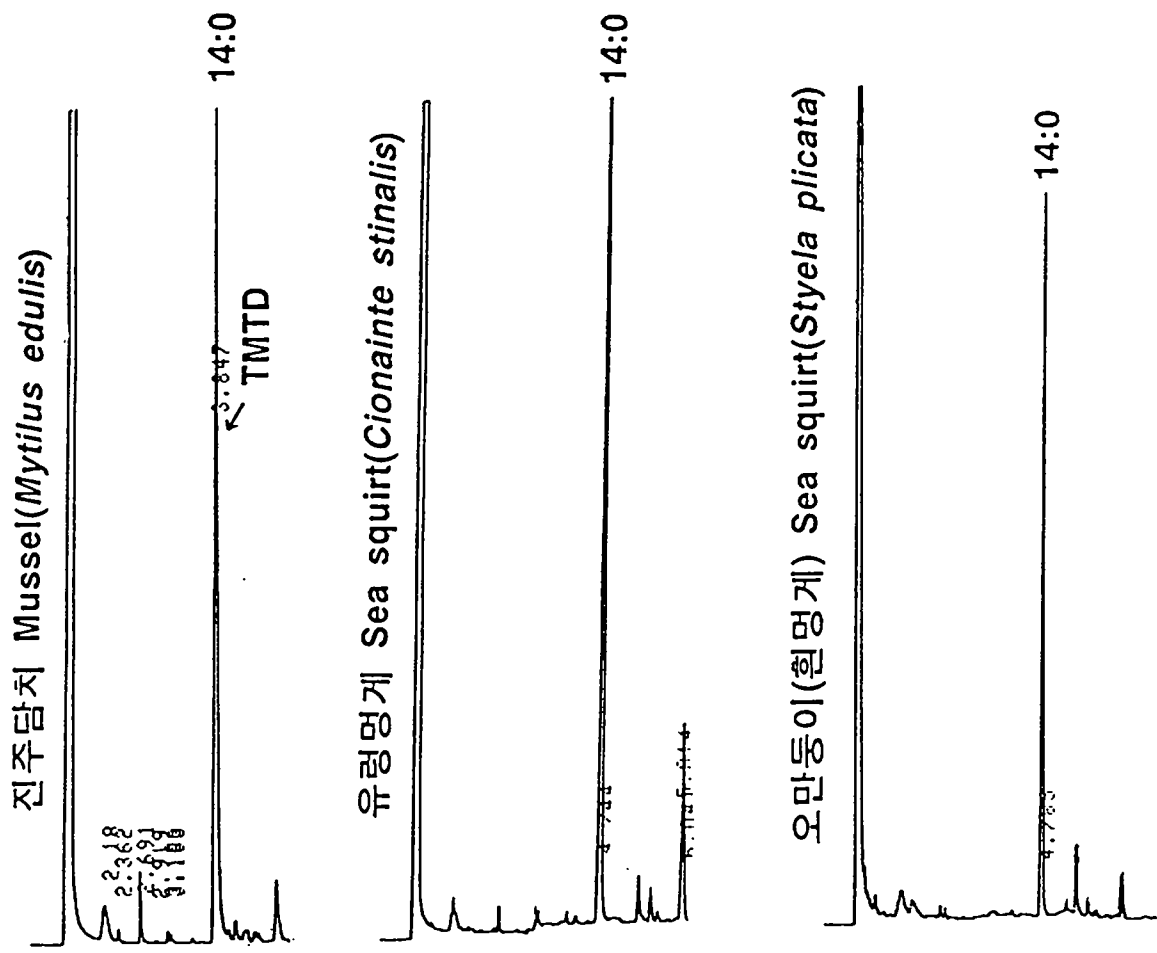
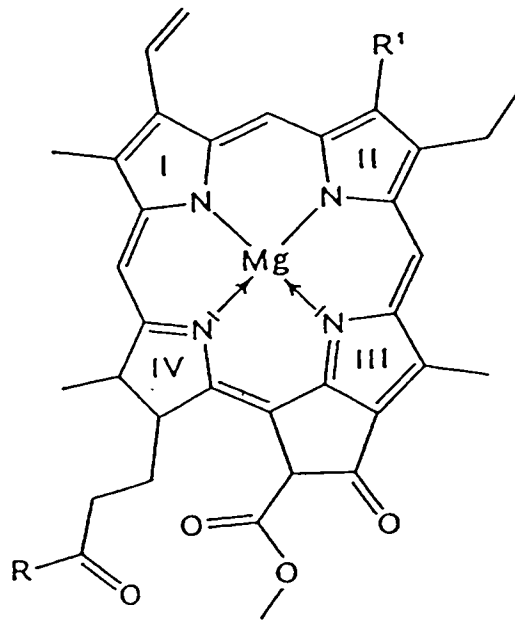


그림 3-15. 동일 굴 양식장에 서식하는 부착생물의 근육지질 크로마토그램



Chlorophyll a: $R' = CH_3$
 Chlorophyll b: $R' = CHO$

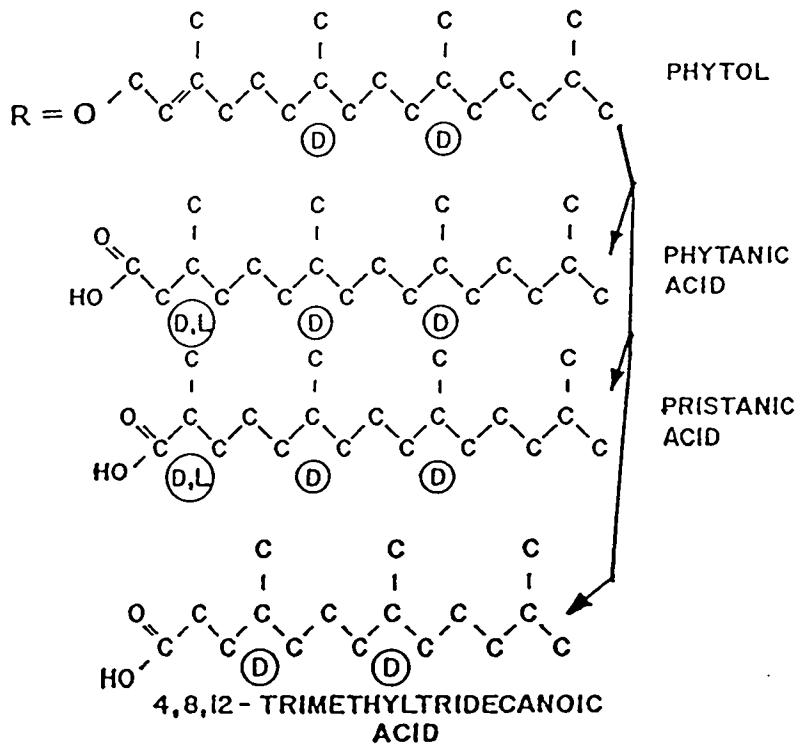


그림 3-16. Phtol이 Phytanic산, Pristanic산 그리고 4,8,12-TMTD로 대사되는 과정

branch-chain fatty acid만을 GC-Mass의 분석을 통하여 이들의 존재를 확인할 수 있었다(그림 3-12). 이러한 결과, 참굴과 미더덕의 두 실험대상 종간에 pristanic acid와 phytanic acid의 존재 유무는 클로로필을 함유하는 생물의 섭식유무의 차이점을 확인시켜 주었다.

셋째, 참굴과 미더덕 변의 지방산조성은 육의 지방산 조성만큼 먹이의 조성에 대한 정보를 제공해준다. 모든 생물의 변은 먹이를 먹고 소화 흡수된 뒤의 불소화물은 변으로 나오기 때문에 변속에 존재하는 외인성 지방산은 모두 먹이에서 유래했기 때문이다. 가장 현저한 차이는 육의 결과에서와 같이 참굴의 변에는 TMTD, pristanic acid, phytanic acid가 존재하였으나, 미더덕에는 이것이 존재하지 않았다. 이러한 결과는 두 실험대상 종간에 클로로필을 함유하는 생물의 섭식유무의 차이점을 재차 확인시켜 주었다. 표 3-13 및 그림 3-13에서 나타나는 바와 같이 미더덕 변의 시료 중 2월의 경우에는 $\Sigma n-3\text{HUFA}$ 의 주요 지방산인 EPA와 DHA의 함량이 굴의 변에 비하여 극히 낮은 점에 대해서는 이 시기에 출현하는 먹이생물의 조사와 아울러 계속적인 연구가 요망된다.

넷째, 참굴과 미더덕의 육과 변의 지방산 조성 중 또 하나의 현저한 차이는 홀수지방산의 차이점을 들 수 있다. 지방산중 짝수 지방산은 일반적으로 생체내 지질의 생합성 과정에서 탄소가 2개씩 제공되기 때문에 짝수를 이루어 내인성 지방산으로 분류하는 반면, 홀수 지방산은 외인성 지방산으로 분류한다. 그림 3-14에서 보는 바와 같이 홀수 지방산이 참굴의 육에는 3.35%, 미더덕의 육에는 5.89%로서 미더덕의 경우가 높게 나타나고, 변에서는 참굴의 경우에는 5.49%인데 반해서 미더덕에서는 15.23%로서 거의 3배 가까이 나타내고 있다. 이러한 차이점은 이들 두 생물의 먹이 지방산조성을 나타내는 것으로, 일반적으로 어류에서는 이들의 조성 중 가장 높은 비율을 차지하는 15:0의 경우에도 0.5~1.0%에 불과한 것으로 알려져 있다(Ackman, 1989). 본 실험의 경우 미더덕에서 아주 높은 홀수 지방산 수치를 나타낸 것은 미더덕이 섭취하는 먹이의 종류가 참굴과는 다르다는 것을 반영하고 있다. 일반적으로 높은 수준의 홀수 지방산의 존재는 유기물질이 분해과정 중에 있다는 것을 나타내며, 미더덕에서의 높은 수치도 해수에 아주 풍부하게 존재하는 유기현탁물질의 섭취에 기인된 것으로 사료된다. 이러한 결과는 진해만 해역에서 채집한 승어의 경우와 잘 일치하고 있다(Kang, 1997 미발표자료).

이상의 자료를 종합해 볼 때 미더덕은 식물플랑크톤과 유기현탁물질이 함께

존재할 때 유기현탁물질을 우선적으로 섭취하는 유기현탁물질에 강한 기호성을 나타내었고, 참굴은 주로 식물성 플랑크톤 섭취에 강한 기호성을 나타내었으므로 참굴과 미더덕은 식성의 기호성에 차이가 있는 것으로 사료된다.

그러나 자연해수에서 양성되고 있는 미더덕의 위내용물 조사에서나 인공배양된 식물성 플랑크톤 공급에 의한 섭식실험 결과와 그리고 와편모조류인 *Alexandrium*속 식물성 플랑크톤에 의해 축적되는 마비성 패독(PSP) 분석에 의하면 식물성 플랑크톤을 상당량 먹는 것이 확인되어 미더덕의 화학적 분석 결과와는 상반된 결과가 도출된 데에 대해서는 미더덕류(피낭류)가 패류와는 다른 생화학적 passway를 가지는 것이 아닌가 하는 의문점이 남으며 위 속에 들어 있는 식물성 플랑크톤의 행방에 대한 명확한 해석이 어렵다.

그러므로, 지방산에 의한 식성분석에는 아직까지는 좀 더 많은 연구와 고찰이 필요한 것으로 사료된다.

6. 미더덕의 마비성 패류독소 조사

표 3-16. 진해만 서부 양성 미더덕의 마비성 패류독소 출현량

조사해역	마비성 패독($\mu\text{g}/100\text{g}$)			
	조사시기			
	2월	3월	4월	5월
1996				
거제 칠천도	- ³⁾	ND ¹⁾ - ND(3)	ND (1) ²⁾	-
진해만 서부	-	ND - 38 (6)	ND - 39 (4)	-
1997				
진 동	ND (1)	-	372 - 672 (2)	ND (1)
진해만 서부	-	-	ND - 272 (8)	-

¹⁾ ND : 마비성 패류독소 불검출(< 32 $\mu\text{g}/100\text{g}$)

²⁾ () : 조사 시료수

³⁾ - : 조사 미실시

1996년도에 조사한 미더덕에서의 마비성 패류독소 함량은 표 3-16과 같다. 독소출현은 원문포, 가조도, 당동만에서 3~4월에 38~39 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 검출되었으며 이때의 수온은 8.5~8.6 $^{\circ}\text{C}$ 였다. 이는 마비성 패류독의 식품의 허용기준치인 80 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 보다는 상당히 낮은 값이었으나 1997년의 경우 4월 초순에서 하순사이 39~672 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 기준치 보다 높게 검출되었고 수온은 13.3~15.9 $^{\circ}\text{C}$ 이었다.

진주담치의 경우(표 3-17) 조사지점에서 2월부터 독소가 출현하기 시작하여 5월까지 지속적으로 출현하였으며 1996년에는 거제 칠천도 일원에서 최고치 1,662 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이 5월에 검출되었으나 1997년 4월에 최고 5,005 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이 검출되었다. 또한 위와 같은 결과는 진해만 서부의 패독 플랑크톤 분포조사 결과(표 3-18)와도 잘 일치하는 것을 알 수 있다. 1996년 3월에서 4월의 *Alexandrium sp.*의 검출범위가 1,800~2,600cells/ ℓ 가 검출되었을 때 진주담치는 132~880 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 미더덕은 ND~39 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이 검출되었다. 1977년의 경우 3월에서 4월에 *Alexandrium sp.*가 5,100~5,388,000cells/ ℓ 로 다량 검출되었을 때 진주담치는 67~5,005 $\mu\text{g}/100\text{g}$, 미더덕은 272~672 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 독소가 높게 검출되는

표 3-17. 진해만 서부의 진주담치 마비성 패류독소 출현량

조사해역	마비성 패독($\mu\text{g}/100\text{g}$)			
	조사시기			
	2월	3월	4월	5월
1996				
거제 칠천도	ND ¹⁾ - 42 (4)	40 - 132 (8) ²⁾	130 - 637 (8)	45 - 1,662 (6)
진해만 서부	ND - ND (3)	ND - 141 (5)	ND - 880 (8)	ND - 120 (6)
1997				
진 동	ND - ND (2)	49 - 552 (6)	49 - 5,005 (9)	ND - 52 (8)
진해만 서부	ND - ND (3)	ND - 67 (6)	ND - 421 (11)	ND - ND (7)

¹⁾ ND : 마비성 패류독소 불검출(< 32 $\mu\text{g}/100\text{g}$)

²⁾ () : 조사 시료수

표 3-18. 진해만 서부의 패독 플랑크톤 분포

조사해역	패독 플랑크톤(<i>A.tamarensis</i>) (cell/ ℓ)			
	조사시기			
	2월	3월	4월	5월
1996				-
거제 칠천도	40 ¹⁾ - 220 (4) ²⁾	40 - 2,600 (8)	20 - 1,880 (8)	30 - 940 (6)
진해만 서부	80 - 400 (4)	36 - 720 (7)	20 - 2,260 (8)	ND - 1,140 (6)
1997				
진 동	ND - ND (2)	67 - 6,880 (6)	ND - 5,388,000 (9)	ND - 4,022 (5)
진해만 서부	ND - ND (2)	ND - 5,100(6)	ND - 24,800 (10)	ND - 2,955 (7)

¹⁾ ND : 마비성 패류독소 불검출(< 32 μ g/100g)

²⁾ () : 조사 시료수

것으로 보아 미더덕도 이들 플랑크톤 *Alexandrium sp.*를 먹이로하여 독화되는 것을 확인 할 수 있었다.

이상의 결과로 보아 마비성 패독 원인 플랑크톤을 먹이로 여과 섭이하는 미더덕도 패류독소 발생요인으로 검토됨에 따라 식품위생상의 안전성 확보를 위한 체계적인 검토가 요구된다.

제 4 장 생식생리생태조사

제 1 절 서 설

피낭류(Tunicata)는 전 연안에 넓게 분포하는 해산동물로서 생식방법에 따라 유성생식만을 하는 단피낭류와 유성·무성생식을 하는 복피낭류로 나누어진다.

단피낭류는 자웅동체로서 난생형과 태생형으로 나누어지며 미더덕, *Styela clava*과 유령멍게, *Ciona intestinalis*는 단피낭류로 난생형에 속한다(羅, 1977).

우리나라의 피낭류에 관한 연구는 Rho(1968)에 의해 35종이 분류되고 미더덕에 대한 연구는 柳(1976) 등에 의해 굴 양식장 보전을 위한 생태학적 환경조사에서 부착생물로서 미더덕, 유령멍게, 흰멍게 등의 부착상황이 조사된 바 있다. 산란기 및 생식주기조사로서는 흰멍게(李, 1976), 미더덕(李, 1977)에 대한 조직학적인 조사가 된 바 있다. 또한, 羅(1977) 등이 미더덕과 유령멍게의 초기발생과 유생분포의 월별 출현소장에 관해서 연구한 바 있다.

본 연구에서는 미더덕과 흰멍게 및 유령멍게의 산란기와 부착기를 알기 위하여 생식소 속도와 산란시기 및 유생분포조사 등 채묘 가능성을 구명하기 위해 인공채묘와 자연채묘시험을 실시하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 생식소 속도 및 산란기조사

생식도속도 및 산란기조사는 1995년 11월부터 본 양성 어장을 대상으로 미더덕과 흰명게를 1996년 9월까지 매월 20~80개체의 시료를 채취하여 난의 크기와 성숙개체 출현율을 조사하였다. 난의 크기는 성숙한 개체의 난을 1ℓ 비이커에 떼어내어 해수에 골고루 섞은 후 무작위로 추출하여 슬라이드 글라스에 얹어 광학현미경(Olympus BH-2)으로 검경, 측정하였고 성숙개체 출현율은 각각의 시료를 해부하여 육안으로 난의 유무를 확인하였다.

2. 유생분포조사

유생분포조사는 1차년도 1996년 2월~9월, 2차년도 1996년 12월~1997년 9월까지 실시하였다. 그림 4-1에서 보는 바와 같이 1차년도에는 진해만 2개소(St. 1, St. 2), 통영해역 2개소(St. 5, St. 6)로 4개소, 2차년도에는 진해만 4개소(St. 1, St. 2, St. 3, St. 4), 통영해역 2개소(St. 5, St. 6)로 6개소를 선정하여 플랑크톤네트(××13, Ø30cm)로 저층에서 표층으로 수직으로 끌어 올려 채집 즉시 Lugol용액으로 고정시킨 후 실험실에서 광학현미경(Olympus BH-2)으로 인망당 유생출현수를 조사하였다.

3. 인공채묘와 자연채묘시험

가. 인공채묘시험

인공채묘시험은 자연채묘가 자연환경에 의해 풍흉이 좌우되어 안정적인 종묘공급과 조기종묘 공급이 어렵기 때문에 자연채묘 대신 인공채묘에 의한 미더덕 종묘의 대량공급을 목적으로 본 시험을 실시하였다.

인공채묘시험을 위해 사용된 어미 미더덕은 다음과 같다. 양식수하연의 미더덕은 부착생물이 다량 부착되어 산란용 어미 미더덕으로 사용할 수 없었으므로 진해만 가조도에서 양성하여 시장에서 판매하기전 기계적으로 세척작업

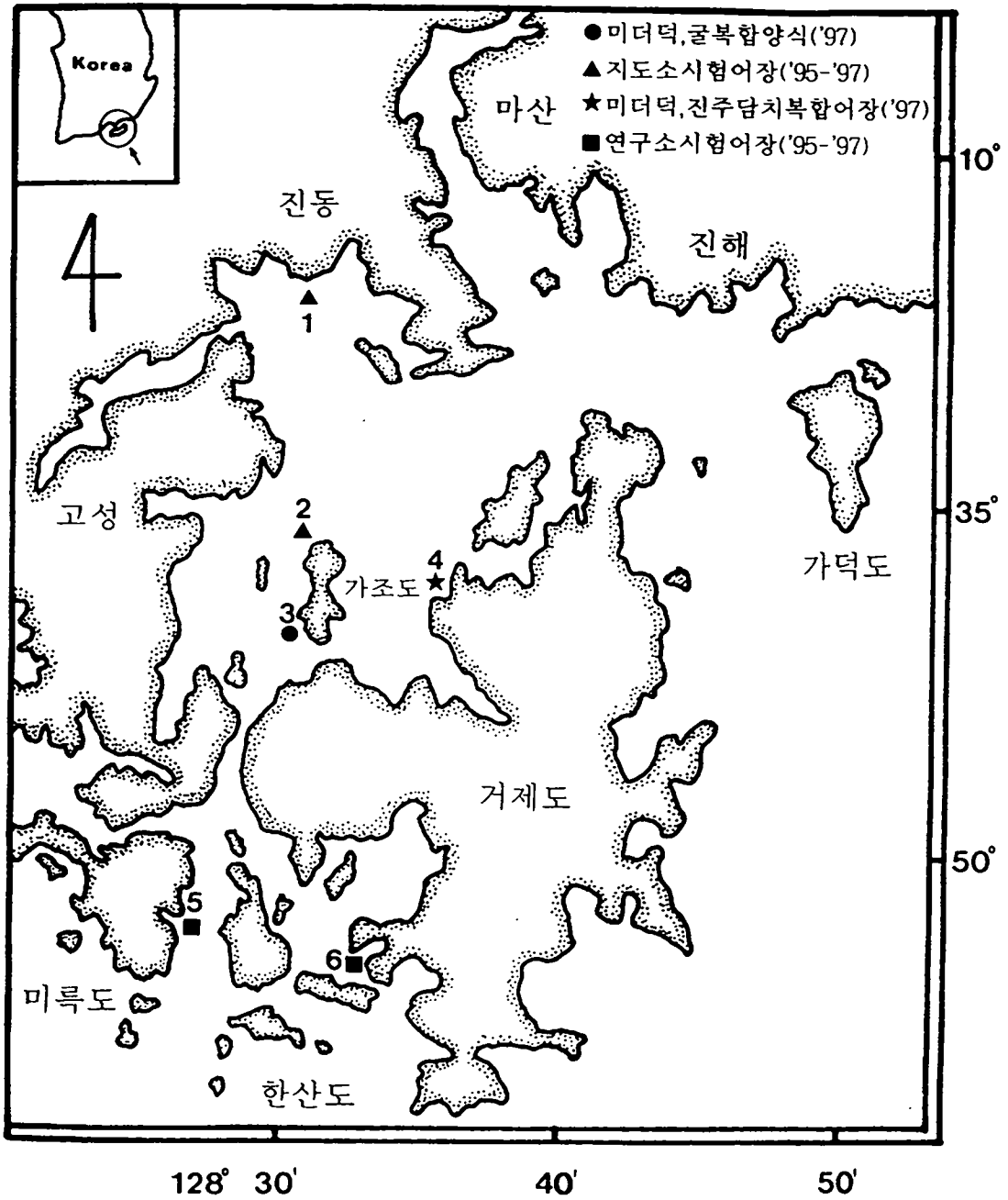


그림 4-1. 미더덕과 주요품종 양식시험 어장도

을 한 것을 구입하여 어미 미더덕으로 시험에 사용하였다.

표 4-1. 온도와 담수첨가 농도구배 시험구

Temp(°C)	담수첨가농도(%)				
	0	10	20	30	50
15	A1	B1	C1	D1	E1
17	A2	B2	C2	D2	E2
19	A3	B3	C3	D3	E3
21	A4	B4	C4	D4	E4
23	A5	B5	C5	D5	E5

인공채묘시험은 표 4-1과 같이 5월중순, 현장 수온 15°C 전후에서 20ℓ 수조에 어미 미더덕을 20미씩 넣고 실험구별로 90W 전기히터로 서서히 온도를 상승시켜 17, 19, 21, 23°C의 온도구와 담수를 넣지 않은 자연해수구 및 담수의 비율을 10, 20, 30, 40, 50% 첨가한 실험구로 하여 랫셀그물망을 넣어 30개의 실험구에서 시험을 실시하였다.

먹이는 채묘후 일주일동안 *Chaetoceros* sp.와 *Pavlova* sp.를 실내에서 대량 인공배양하여 유생과 어미 미더덕에 공급하였다.

나. 자연채묘시험

자연에서 방란, 방정하여 발생한 유생을 대상으로 부착기를 넣어 채묘하는 자연채묘는 1996년 7월과 1997년 7월 2차에 걸쳐 시험을 실시하였다. 시험장소는 미더덕 채묘해역인 거제군 사등면 가조도 외측 어장 수심 22m 지점에서 1차년도에는 채묘연길이 0.3×5m 2연을 연결하여 수심 5~15m층에 수하하였고, 2차년도에는 채묘연 길이 0.3×4m로 하여 62일간 수하하여 1997년 9월 1일까지 수층별 미더덕 부착미수와 부착율을 조사하였다. 이 기간의 수온은 25.7~26.6°C 정도였으며 부착생물이 적게 부착하는 4~5m이심층에 수하하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 생식소 속도 및 산란기조사

1995년 11월 양성 중인 미더덕(체고 40.0~69.9mm, 중량 5.3~28.3g)과 흰명게(체장 40.7~47.6mm, 중량 9.0~14.2g)를 대상으로 1996년 9월까지 생식소 속도 조사를 실시한 결과는 표 4-2와 같이 미더덕 난의 크기는 168.3~229.7 μ m였으며, 조사 해역별 난성숙 정도는 진동만에서 171.1~229.7 μ m, 가조도에서 168.3~201.4 μ m, 한산예곡에서 180.3~228.7 μ m로 가조도에서 크기가 약간 작게 나타났으며 진동과 예곡에서의 크기 차이는 거의 없었다. 흰명게는 진동만 1개소에 대한 조사결과 243.8~333.9 μ m로 12월과 1월에 329.7~333.9 μ m로 최고치를 나타내었고 2월에 243.8 μ m로 급격히 줄어들었으며 3월이후 부터는 수온상승과 함께 성체가 대부분 유실되었다.

미더덕의 월별 성숙개체 출현율은 2월 20.0~35.7%, 3월 42.5~80.0%, 4월 95.0~97.5%, 5~9월에는 전조사지점에서 100% 출현율을 나타내어 5~9월까지가 주 산란기로 판단되었다(표 4-2).

2. 유생분포조사

1차년도 1996년과 2차년도 1997년의 해역별 미더덕, 유령명게, 흰명게의 유생분포 조사결과는 표 4-3, 4와 같다.

가. 1차년도의 유생분포조사

1996년 2월에서 9월까지 진해만 2개소(St. 1, St. 2), 통영해역 2개소(St. 5, St. 6)의 4개소에 대한 유생분포조사결과, 플랑크톤 네트 1인망당 미더덕 유생은 진해만의 진동해역은 8~9월에 유생이 1인망당 1~3개체 출현하였고, 가조도해역은 7~8월에 2~5개체 출현하여 가조도해역은 채묘성적이 좋았으나 진동만은 채묘가 부진하였다. 한편, 통영해역에서는 유생 출현이 6월부터 시작되어 10월까지 계속되었으며, 특히 한산만의 예곡해역에서는 7월 하순이 1인망당 33개체, 8월 하순에는 32개체였으며, 9월에는 67개체로 높은 유생 출현 개

표 4-2. 해역별 미더덕과 흰명게의 생식소 난경 및 성숙개체 출현율

조사일자	미 더 덕						흰 명 게	
	진 동 만(St. 1)		가 조 도(St. 2)		한산예곡(St. 6)		진 동 만(St. 1)	
	난경 (μm)	출현율 (%)	난경 (μm)	출현율 (%)	난경 (μm)	출현율 (%)	난경 (μm)	출현율 (%)
1995							329.7 \pm	
12. 21~23	-	-	-	-	-	-	22.9	-
1996					189.6 \pm		333.9 \pm	
1. 22~25	-	-	-	-	19.4	-	111.8	50
2. 26~27	229.7 \pm 26.8	20.0	199.9 \pm 28.6	34.5	228.7 \pm 36.0	35.7	243.8 \pm 26.2	76.9
3. 28~29	171.1 \pm 23.1	42.5	168.3 \pm 16.4	72.5	203.0 \pm 16.3	80.0	-	-
4. 16~18	195.0 \pm 16.3	97.5	201.4 \pm 14.6	96.3	201.5 \pm 10.9	95.0	-	-
5. 14~16	182.3 \pm 9.1	100	190.3 \pm 19.3	100	194.3 \pm 10.0	100	-	-
6. 24~26	182.9 \pm 11.8	100	174.8 \pm 10.0	100	180.3 \pm 12.8	100	-	-
8. 13	-	-	-	-	187.8 \pm 10.8	100	-	-
9. 18	-	-	-	-	192.4 \pm 7.0	100	-	-

표 4-3. 1996년도 해역별 미더덕류 유생분포

(단위 : 마리)

시기	위치	미더덕	흰명게	유령명게
2. 22	예곡	0	6	0
	영운	0	0	1
3. 28	가조도	0	1	0
4. 16	가조도	0	2	1
	예곡	1	0	9
5. 14	진동	0	0	4
	예곡	0	31	39
6. 19	진동	0	0	3
	가조도	0	0	18
	예곡	6	10	27
	영운	4	2	1
7. 10	예곡	17	4	10
	영운	4	0	1
7. 19	예곡	17	0	40
	영운	3	0	3
7. 29	가조도	2	0	0
	예곡	33	19	13
	영운	1	0	1
8. 12	가조도	5	2	5
	예곡	8	3	14
	영운	1	0	10
8. 26	진동	1	0	4
	가조도	0	0	10
	예곡	32	25	17
	진동	3	0	24
9. 17	가조도	0	0	10
	예곡	67	0	17
	영운	3	0	3
10. 15	진동	0	0	17
	가조도	0	0	12
	예곡	3	0	1
	영운	3	0	1
12. 06	진동	0	0	16
	가조도	0	0	14
	예곡	0	2	0

표 4-4. 1997년도 해역별 미더덕류 유생분포

(단위 : 마리)

시기	위치	미더덕	흰명게	유령명게
2. 17	진동	0	0	10
3. 21	신전	0	0	13
4. 16	가조도	0	2	5
5. 06	신전	0	1	17
5. 21	가조도	0	4	48
6. 12	석포	6	2	42
	신전	30	0	18
	가조도	24	2	40
6. 20	석포	0	0	3
	신전	14	0	4
	가조도	86	0	14
	예곡	12	0	2
7. 08	영운	4	0	0
	석포	0	1	0
	신전	1	1	0
	가조도	0	0	1
	예곡	13	3	1
8. 01	황포	1	0	2
	신전	2	0	0
	가조도	18	0	0
	어의도	24	3	4
	창촌	35	0	4
	원문	3	1	16
8. 12	지도	49	1	21
	석포	1	0	0
	신전	30	2	74
	가조도	14	4	20
	예곡	92	6	18
8. 29	영운	30	0	16
	가조도	0	0	4
	창촌	8	0	2
9. 10	가조도	2	0	6
	어의도	1	0	15
	계도	0	0	5

체수를 보였다. 한편, 흰명게는 한산예곡에서 2월부터 출현하기 시작하여 5~8월에 최대 유생분포를 보였고, 진해만의 가조도는 3, 4월과 8월에 유생분포를 보였다(그림 4-2, 3).

나. 2차년도 유생분포조사

1996년 12월부터 1997년 8월까지 진해만 4개소(St. 1, St. 2, St. 3, St. 4), 통영해역 2개소(St. 5, St. 6)의 6개소에서 조사한 결과, 6월 초순부터 진해만 가조도 주변해역에서 유생이 출현하기 시작하여 9월까지 계속 되었으며 6월 초순에 진해만 가조도해역에서는 1인망당 24개체, 6월 하순에 86개체로 최고의 출현 개체수를 보였고, 8월 초~중순에는 14~18개체가 출현하여 6~8월까지가 주 출현시기로 7~8월에 채묘가 집중적으로 이루어졌으나, 진동만은 유생 출현이 전혀 관찰되지 않았고 채묘도 전무하였다. 한편, 통영해역에서는 6월 하순부터 유생이 출현하기 시작하여 8월 중순에 30~92개체가 출현하여 최대의 개체수를 보였다. 2차년도에 흰명게 유생분포는 진해만에서는 4월부터 유생이 출현하기 시작하여 8월 중순까지 유지되었고, 한산만은 7~8월에 집중적으로 출현하였다(그림 4-2, 3).

1996년부터 1997년 2년에 걸쳐 유생분포조사를 실시한 결과를 보면 유생이 주로 출현하는 해역은 진해만의 경우 거제군 사동면 가조도를 중심으로 하는 진해만 서부해역과 한산만 주변해역이었고, 유생 주 출현시기는 해에 따라 조금씩 차이가 있으나 6~9월이었고 특히, 6월 하순~8월 중순이 주 채묘시기인 것으로 고찰되었다. 한편, 흰명게는 진해만의 경우 3~8월이 주 채묘시기이며, 한산만은 5~8월이 주 채묘시기인 것으로 고찰되었다.

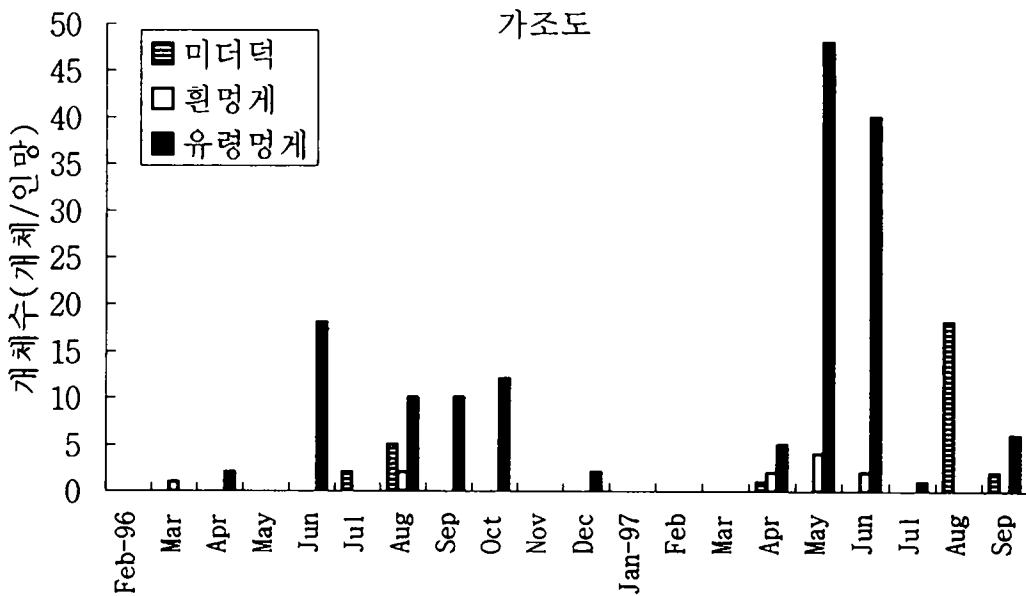
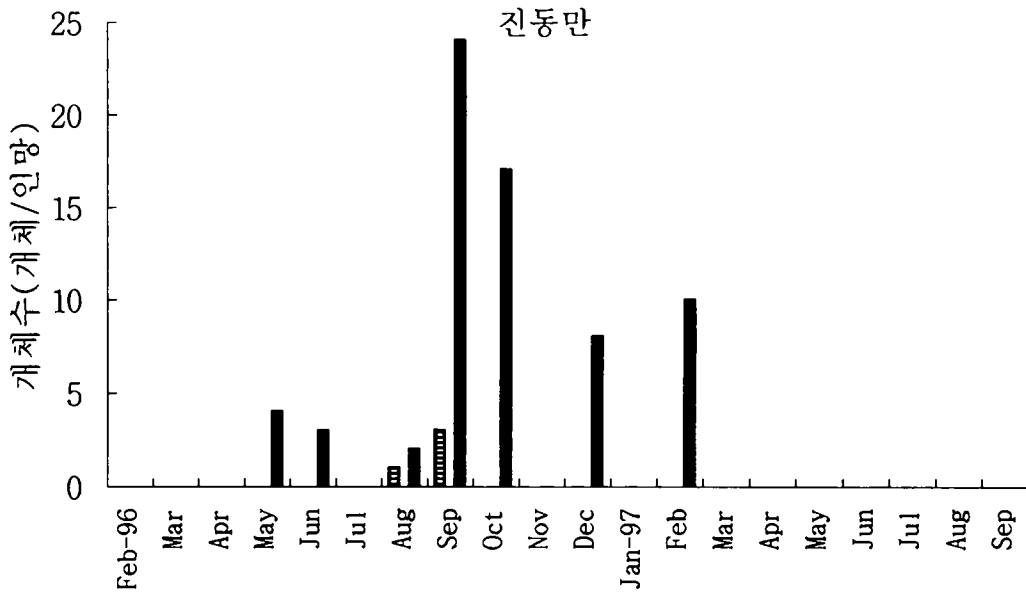


그림 4-2. 진해만의 미더덕 유생 월별 출현수

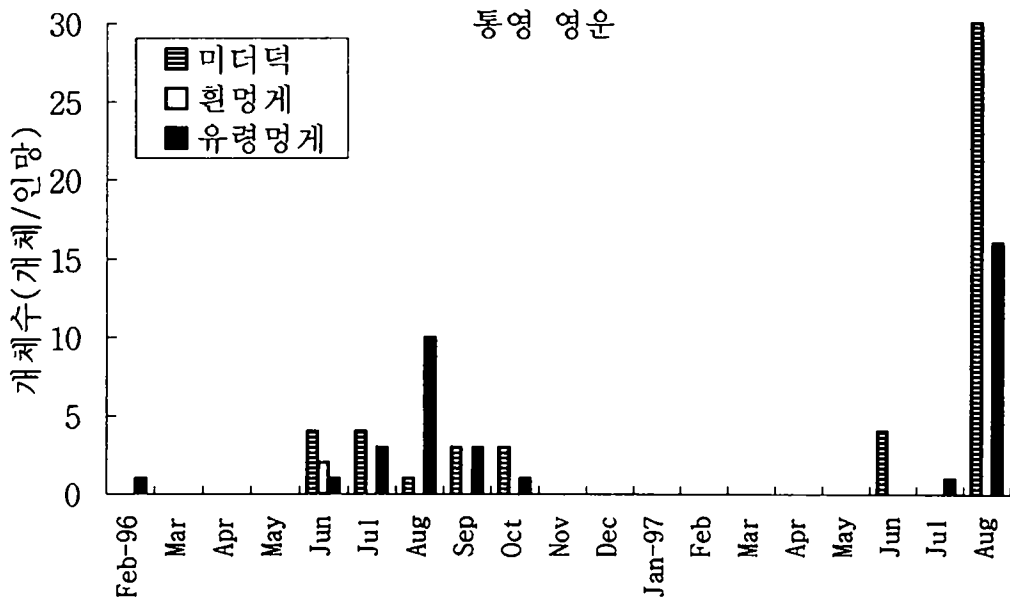
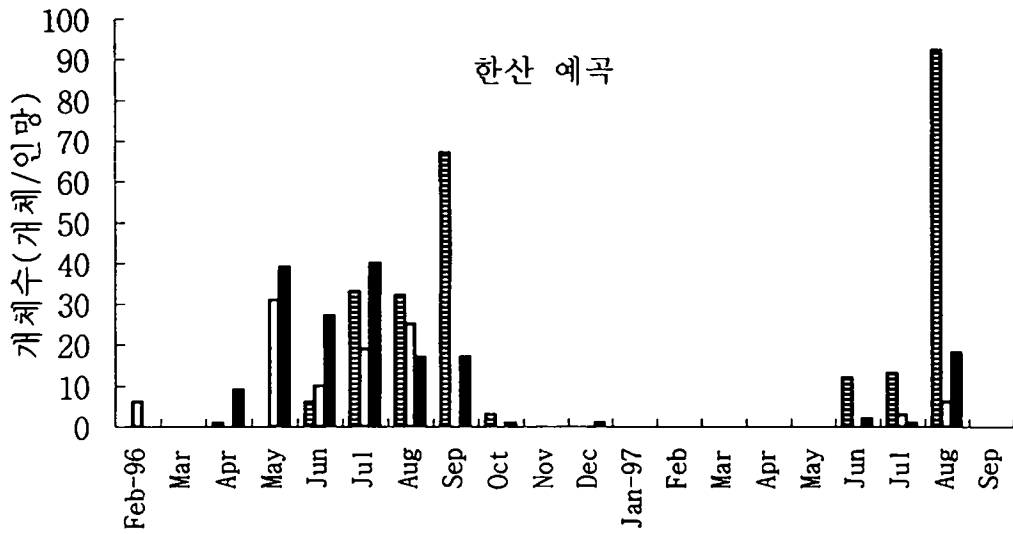


그림 4-3. 통영해역의 미더덕 유생 월별 출현수

3. 인공채묘와 자연채묘시험

가. 인공채묘시험

1996년 5월 중순 현장수온이 15℃전후가 될 때 수온자극을 15(1), 17(2), 19(3), 21(4), 23℃(5)로 한 실험과 담수첨가 자극(A, B, C, D, E)에 의한 산란 유발시험을 실시한 결과는 표 4-5와 같다. 수온 15~21℃에서 산란반응하였고, 23℃에서는 산란하지 않았으며, 담수첨가 자극에서는 무첨가구와 10, 20%첨가구에서 산란반응이 일어났으며 그 중에서 10%첨가구가 15~21℃ 범위에서 산란반응하였으며 30%이상에서는 반응하지 않았다.

수온과 담수첨가에 의해 자극을 받은 후 22시간부터 각 시험구별로 산란을 시작하여 담수를 20% 첨가한 시험구에서 방란하였다.

평균 개체중량이 13.0~20.0g정도의 개체에서 방란된 알을 계수한 결과 1ml 당 1개에서 32개까지 산란되었으나 현장수온 15℃보다 6℃ 높은 21℃까지는 산란에 비교적 좋은 결과를 얻었으나 그 보다 높은 온도구에서는 방란량이 급격히 줄었다.

담수의 영향도 10% 첨가구는 비첨가구보다 약간 적었으나 20%첨가구는 비첨가구의 10%수준이었다.

산란양은 평균개체중량이 13~20g정도의 어미 미더덕에서 산란된 알을 계수하여 본 결과 1마리당 4,000~32,000립의 난을 산출하였다.

나. 자연채묘시험

1차년도 실험기간인 1996년 7월 29일 거제군 사동면 가조도 치섬어장에서 수심 5~15m층에 채묘그물을 수하하여 채묘시험을 실시한 결과, 수심 6~14m층에서 많은 부착량을 보였고 그 중에서 8~12m층은 30×50cm당 평균 530미로 가장 많은 부착량을 보였고 표층과 저층으로 갈수록 적은 부착량을 보였다. 채묘기 재질별로는 나이론 그물이 가장 많은 부착량을 보였고 팜사와 굴패각 및 구라론사 순으로 많이 부착하였다.

2차년도인 1997년에는 1차년도의 실험결과를 토대로 4~8m에 수하하여 수층별 채묘조사를 실시한 결과는 표 4-6와 같다.

4m 수하연 1연당 총 2,794마리가 부착하였으며 수심 4.5~6.0m에서 가장 높

표 4-5. 미더덕 산란유발 실험결과

시험구	난(ml^{-1})	난수(ind. $^{-1}$)	총중량(g)	평균중량(g)	사란립
A1	32	32,000	360.4	18.0	2
A2	29	29,000	218.4	15.9	3
A3	17	17,000	358.4	17.9	1
A4	28	28,000	373.3	18.7	1
A5	9	9,000	-	-	2
B1	12	12,000	261.5	13.1	2
B2	18	18,000	264.2	14.2	1
B3	32	32,000	309.8	15.5	0
B4	18	18,000	-	-	0
B5	10	10,000	-	-	2
C1	4	4,000	392.9	19.7	1
C2	7	7,000	-	-	1
C5	1	1,000	-	00	0

표 4-6. 수층별 미더덕 자연채묘 실험결과

수층별(m)	부착미수(마리)	부착율(%)
4.0~4.5	293	10.5
4.5~5.0	519	18.6
5.0~5.5	576	20.6
5.5~6.0	450	16.1
6.0~6.5	325	11.6
6.5~7.0	324	11.6
7.0~7.5	192	6.9
7.5~8.0	115	4.1
계	2,794	100

은 부착율을 보여 16.1~20.6%로 채묘연 30×50cm당 450~576마리가 부착하였으며 저층인 7~8m층에서는 부착율이 4.1~6.9%로 30×50cm당 200마리 이하의 부착량을 보였다.

제 5 장 미더덕과 주요 양식품종의 양식시험

제 1 절 서 설

미더덕은 우리나라 연안에 분포하고 있으나 주로 남해안의 진해만을 중심으로 많이 분포하고 있다. 진해만은 육지로 둘러싸여 있는 반폐쇄성만으로서 산업의 발달과 인구 도시 집중현상이 지속됨에 따라 생활하수 및 산업폐수가 유입됨으로써 수질 환경의 오염이 점차 심화되고 있으며 또한, 양식장의 장기연작으로 인한 양식장 환경 악화, 먹이생물 부족 등의 복합요인으로 인하여 양식생물의 폐사가 증가하여 어장 생산성이 매년 저하되고 있는 실정이다.

이 장에서는 미더덕의 양성 적정해역을 파악하고, 양성시 적정 수층과 수하연 간격을 조사하며 또한, 미더덕이 굴, 진주담치 등 타 양식품종에 미치는 영향을 파악하기 위하여 단독과 복합으로 양성시험을 실시하여 비교 분석하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 미더덕 양성 가능해역과 수층 및 수하연 간격조사

가. 해역별 성장비교시험

미더덕의 양성 가능해역을 파악하기 위하여 부영양해역인 진해만과 외만어장인 통영, 한산만을 대상으로 모두 4개소를 시험어장으로 설정하여 1995년 11월부터 1996년 6월까지 비교시험을 실시하였다.

진해만은 거제시 사등면 가조도 지선(St. 2)과 마산시 합포구 진동만(St. 1)의 지도소 시험어장을 설정하였고, 통영·한산만에는 한산만 내의 봉암도 예곡리(St. 6)과 통영 산양면 영운리 신전포(St. 5)의 시험어장을 설정하여 12월부터 6월까지 매월 1회씩 각 시험어장의 수하연을 1연씩 채취하여 상·하 30cm씩 절단하여 성장도와 생존율, 아울러 부착생물의 부착상황을 비교·조사하였다.

1, 3, 5월에는 어장 중앙의 수하연을 채취하여 미더덕의 전수를 계수계량하였고, 상·하 30cm씩을 절단하여 30cm내의 모든 개체를 계수계량하였다.

또한 미더덕 20개체를 무작위 추출하여 체고, 체폭을 digital vernier calipers를 이용하여 0.01mm까지 측정하였고, 전중량과 육중량은 digital 전자 저울로 0.01g까지 평량하였다.

2, 4월에는 어장 외측의 수하연을 채취하여 계수계량하였고, 상·하 60cm를 절단하여 모든 개체를 측정하고, 미더덕 40개체에 대해 체고, 체폭, 전중량, 육중량을 앞에 언급한 방법과 동일하게 측정하였다.

실험이 종료되는 6월에는 시험어장의 중앙·좌·우에서 각각 1연씩 각 시험구별 3연을 채취하여 전체에 대한 계수계량을 실시하였고, 상·하 60cm씩을 절단하여 전체 생물을 계수계량하였고, 미더덕 40개체를 무작위 추출하여 위와 동일하게 측정하였다.

나. 수층별 성장비교시험

경남 통영시 한산면 예곡리 봉암도 시험양식어장(St. 6)에서 미더덕의 적정 양식 수층을 조사하기 위하여 1995년 11월부터 1996년 6월까지 실험을 실시하였다.

수하연 수층은 그림 5-1와 같이 4m길이의 수하연을 수표면으로부터 2m이심(수

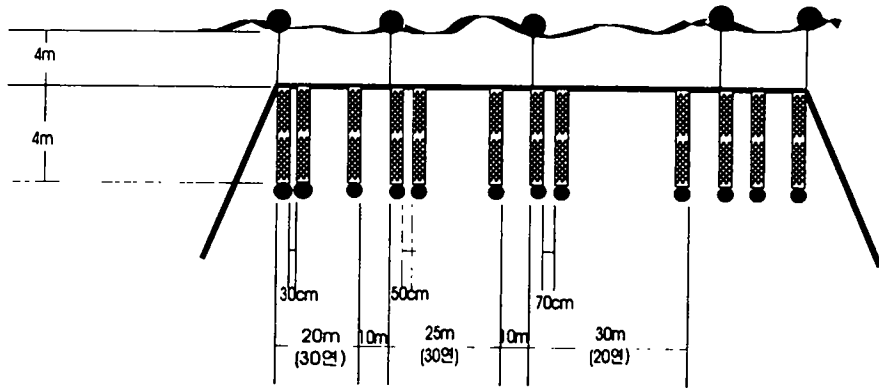
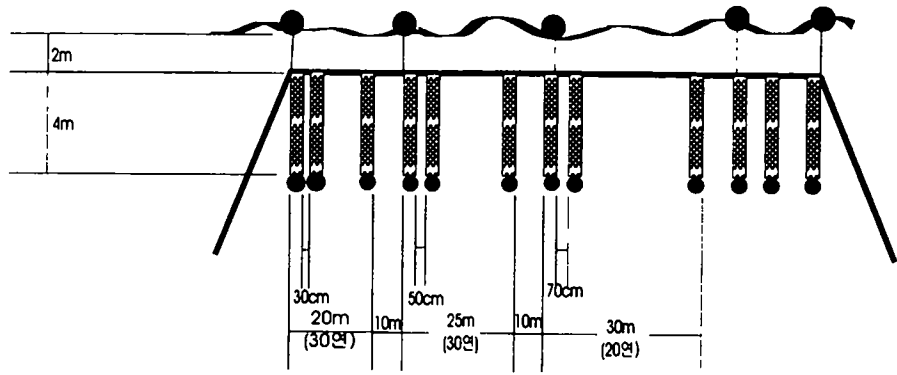


그림 5-1. 수층 및 수하연 간격별 시험어장 시설도

하 수심 2~6m층)과 4m이심(수하 수심 4~8m층)에 수하하여 양 수층간의 성장도와 생존을 그리고 부착생물의 부착율을 전과 동일한 방법으로 조사하였다.

다. 수하연 간격별 성장비교시험

일정한 수면적내에서 양식생물을 밀식하여 양식하게 되면 밀도효과에 따라 어느 범위를 넘어서면 생산량이 감소하게 된다. 따라서 한정된 수면적에서 최대한 지속적 생산을 하기 위해서는 적정수준으로 시설하여 양식하지 않으면 안된다.

미더덕의 적정양식 시설량을 조사하기 위한 실험으로 경남 통영시 한산면 예곡리 봉암도 시험양식장에서 1995년 11월부터 1996년 6월까지 수하연 간격을 30cm, 50cm, 70cm의 3개구를 설정하여 2m수층과 4m수층에 2반복으로 실험(그림 5-1)을 실시하여 간격간의 성장도와 생존을 그리고 부착생물의 부착율 조사는 가, 나항과 동일한 방법으로 하였다.

2. 단독·복합 양식시험

미더덕, 굴, 진주담치의 단독과 복합양식시험을 1995년 12월부터 1996년 6월까지 진해만 내 진동해역의 지도소 시험양식장(St. 1)에서 실시하였다. 그림 5-2과 같이 미더덕, 굴, 진주담치 3개 품종을 각각 단독 시설한 구와 복합구로서 미더덕과 굴 그리고 미더덕과 진주담치를 2개 품종씩 혼합 시설하여 비교하였다. 단독 및 복합 양식 방법별 성장도 조사는 각 어장내의 좌·우·중앙의 3개 조사지점에서 1개 지점당 수하연 상·하층별로 각 30cm내의 생존개체를 조사하였고, 각 조사 지점별 20~40개체씩의 시료를 측정하였다.

생산성조사는 미더덕 수하연(4m)을 각 구간별 3개 수하연 전량을 채취하여 부착생물, 폐사량 등을 조사하여 수하연별 생산량을 산정하였다.

1차년도에는 신규어장에 굴, 진주담치를 시설함으로써 채취, 수송, 재시설 과정에서 일부 탈락이 있었기 때문에 2차년도에는 진해만 가조도 신전(St. 3)해역의 양식 중인 굴어장에 그림 5-3에서 보는 바와 같이 중간 부분에 굴을 따내고 미더덕, 흰명게를 시설하여 비교시험을 실시하였으나 흰명게는 시설 시기인 1월부터 폐사 유실이 많았다.

또한, 거제 연초면 석포(St. 4)해역의 미더덕과 진주담치 양식장에서 미더덕과

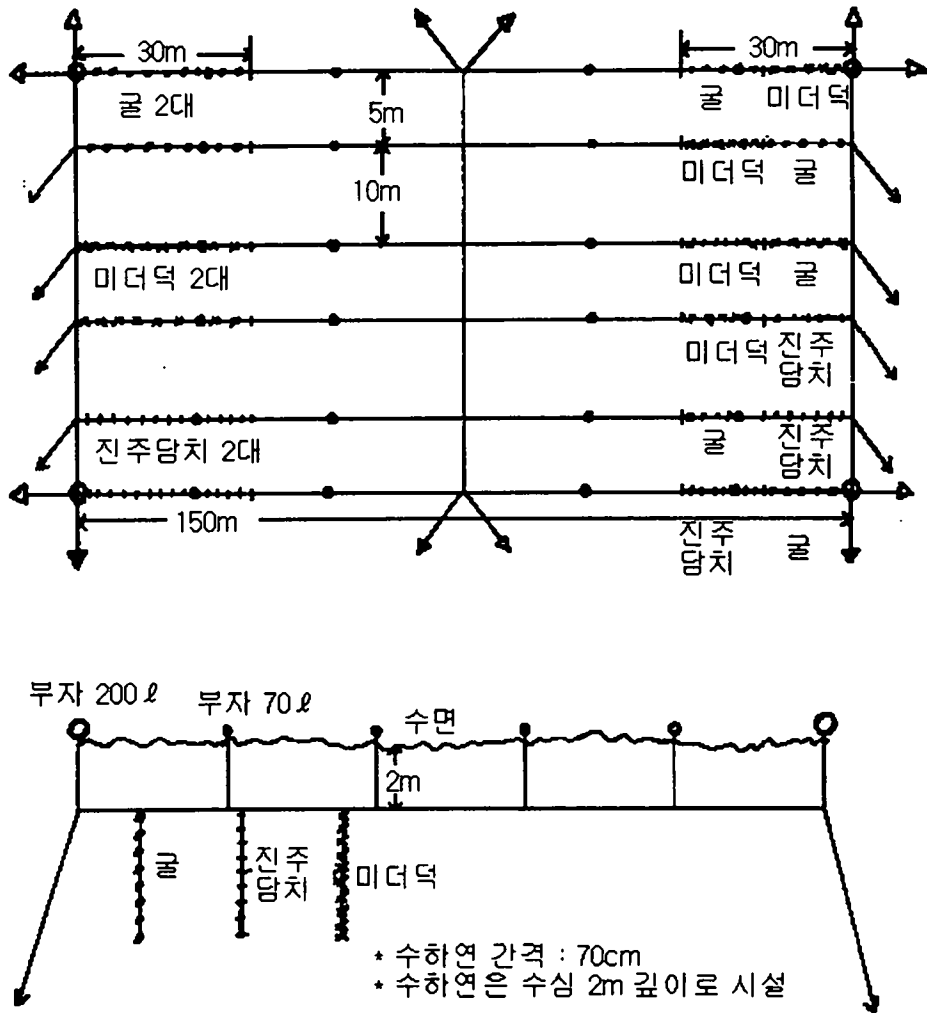


그림 5-2. 1차년도 단독 및 복합어장 시설도

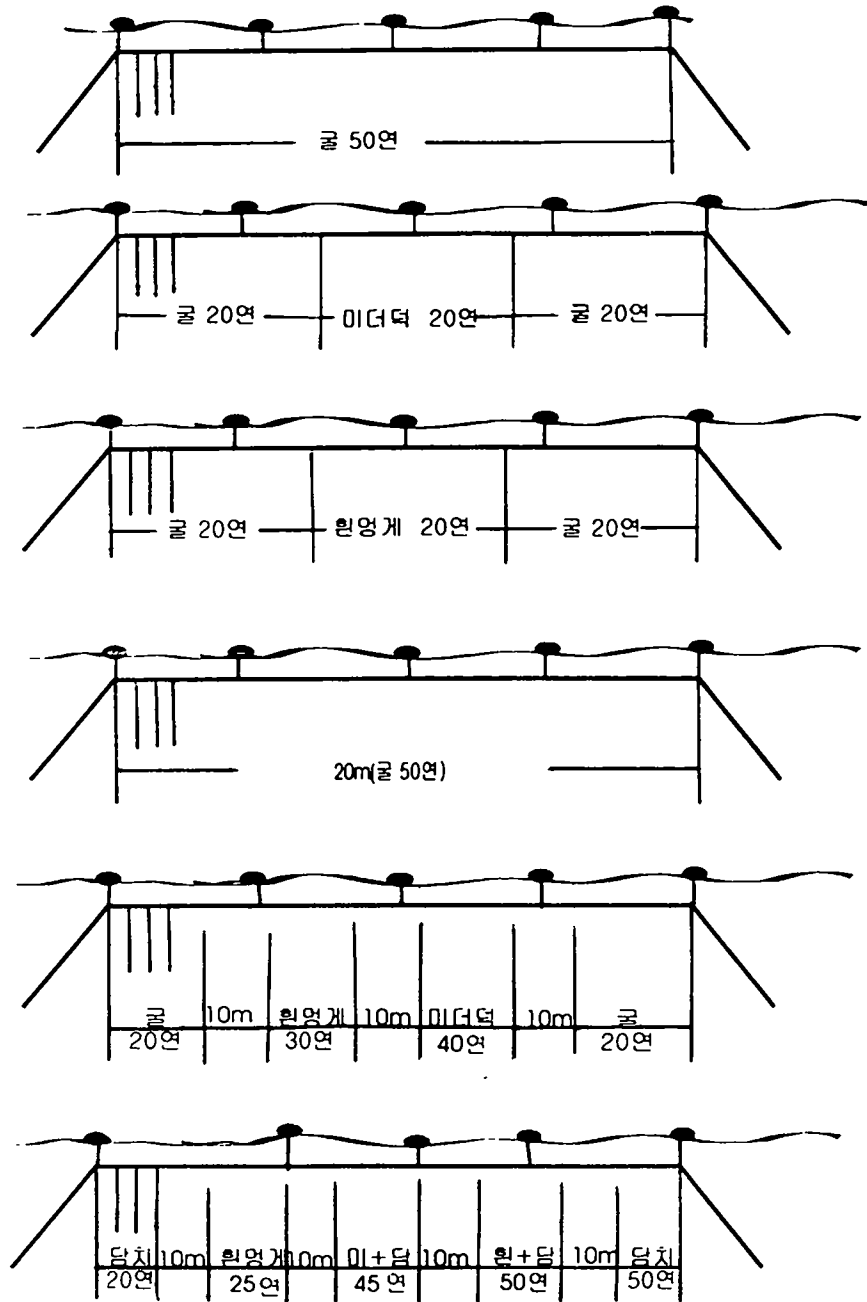


그림 5-3. 2차년도 단독 및 복합어장 시설도

진주담치를 단독 및 혼합하여 비교시험을 실시하였으나 1월 이후부터 진주담치의 대량폐사가 발생하였다.

성장도와 생산성조사는 1차년도와 같은 방법으로 실시하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 미더덕 양성 가능해역과 수층 및 수하연 간격조사

가. 해역별 성장비교시험

미더덕 양성가능 해역을 조사하기 위하여 진해만 2개소(진동 St. 1, 가조도 St. 2)와 다소 외해에 면한 통영해역 2개소(통영영운 St. 5, 한산예곡 St. 6) 모두 4개소에 대한 성장도 비교조사를 1995년 11월 29일에 체고 $20.4 \pm 6.7\text{mm}$, 체중량 $1.5 \pm 1.1\text{g}$ 크기의 종묘를 수하하여 1996년 6월까지 8개월에 걸쳐 양성시험 결과는 표 5-1과 같다.

12월에는 통영만의 영운 해역이 체고 30.7mm, 체중량 3.4g, 생존율은 100%로 가장 좋았고, 2월에는 진동 해역이 체고 44.3mm, 체중량 10.6g으로 가장 우수하였으며, 그 다음이 한산예곡 해역으로 체고 42.8mm, 체중량 9.8g이었다(그림 5-4, 5).

표 5-2. 해역별 양식생물 및 부착생물중량 비교

(단위 : %)

월 별	진동만		가조도		한산예곡		통영영운	
	A	B	A	B	A	B	A	B
95.12	30.2	69.8	38.6	61.4	36.1	63.9	74.8	25.2
96. 1	62.4	37.6	50.8	49.2	42.7	57.4	85.0	15.0
2	61.3	38.7	55.0	45.0	73.2	26.4	86.5	13.5
3	67.5	22.5	76.1	23.9	84.5	15.5	96.7	3.3
4	81.0	19.0	83.9	16.1	68.0	32.0	95.6	4.4
5	83.7	16.3	89.5	10.5	58.1	41.9	93.8	6.2
6	40.6	53.4	82.9	17.1	62.7	37.3	66.3	33.7

A : 양식생물중량 비율

B : 부착생물중량 비율

표 5-1. 해역별 성장비교 시험결과

조사해역	년 월	체고 (mm)	체폭 (mm)	체중량 (g)	육중량 (g)	수율 (%)	폐사율 (%)
진동	'95. 12	26.7±5.1	12.7±2.6	3.3±1.8	0.6±0.4	18.50	0
	'96. 1	37.7±6.6	16.9±2.8	8.1±3.3	1.7±0.8	20.90	0
	2	44.3±7.8	17.5±3.0	10.6±4.8	2.7±1.2	24.81	0
	3	58.3±10.5	20.5±3.5	20.0±7.8	4.7±2.0	23.64	0
	4	66.4±8.7	20.4±3.2	23.4±8.0	6.6±2.3	28.16	0
	5	67.1±8.3	19.4±3.1	23.8±7.7	6.7±2.4	28.23	1.6
	6	64.8±8.6	24.3±2.6	28.3±6.7	6.3±1.5	22.15	6.6
가조도	'95. 12	25.3±6.5	10.8±1.9	2.2±1.2	0.5±0.3	19.00	0
	'96. 1	28.7±5.8	13.0±2.6	4.0±2.3	0.9±0.5	21.16	0
	2	38.0±6.7	15.7±2.9	7.6±3.4	1.9±1.0	24.42	0
	3	51.7±6.6	19.3±4.0	17.4±5.6	4.2±1.6	24.08	0
	4	66.2±8.0	18.0±2.1	19.0±5.4	5.5±1.8	28.80	0
	5	61.0±6.9	17.9±2.5	18.1±5.4	4.2±1.4	22.91	2.5
	6	62.4±6.2	22.4±2.2	26.2±5.0	5.2±1.1	19.93	5.4
한산예곡	'95. 12	26.5±5.2	11.1±2.1	2.7±1.4	0.5±0.3	15.30	0
	'96. 1	33.3±5.1	14.3±1.9	5.0±2.0	0.9±0.4	16.30	0
	2	42.8±7.5	16.5±2.3	9.8±3.9	1.9±0.9	18.66	1.5
	3	53.3±8.1	17.9±2.3	13.2±3.4	3.5±1.1	26.31	8.7
	4	58.5±7.1	17.0±2.3	16.2±4.5	5.2±1.7	31.49	18.2
	5	61.9±8.0	17.5±2.3	19.4±5.0	5.6±1.8	28.98	32.7
	6	60.7±6.7	18.3±2.9	20.2±4.6	4.6±1.1	22.66	29.6
통영영운	'95. 12	30.7±5.2	12.2±2.0	3.4±1.5	0.6±0.3	17.46	0
	'96. 1	37.0±7.3	15.7±2.6	6.5±2.7	1.2±0.6	18.33	0
	2	42.1±8.6	16.4±2.6	9.5±4.3	1.9±1.0	20.03	0
	3	59.7±8.6	18.7±1.8	15.4±3.4	3.5±1.0	22.74	2.3
	4	61.1±9.1	19.6±2.6	21.9±7.3	4.7±1.9	21.27	8.3
	5	63.6±8.1	18.7±2.1	21.8±5.7	6.6±1.8	29.94	21.8
	6	66.1±7.5	18.1±2.3	22.8±6.5	6.1±1.6	26.62	33.6

수하시 크기 : 체고 20.4±6.7mm, 체고 1.5±1.1g (11월 29일)

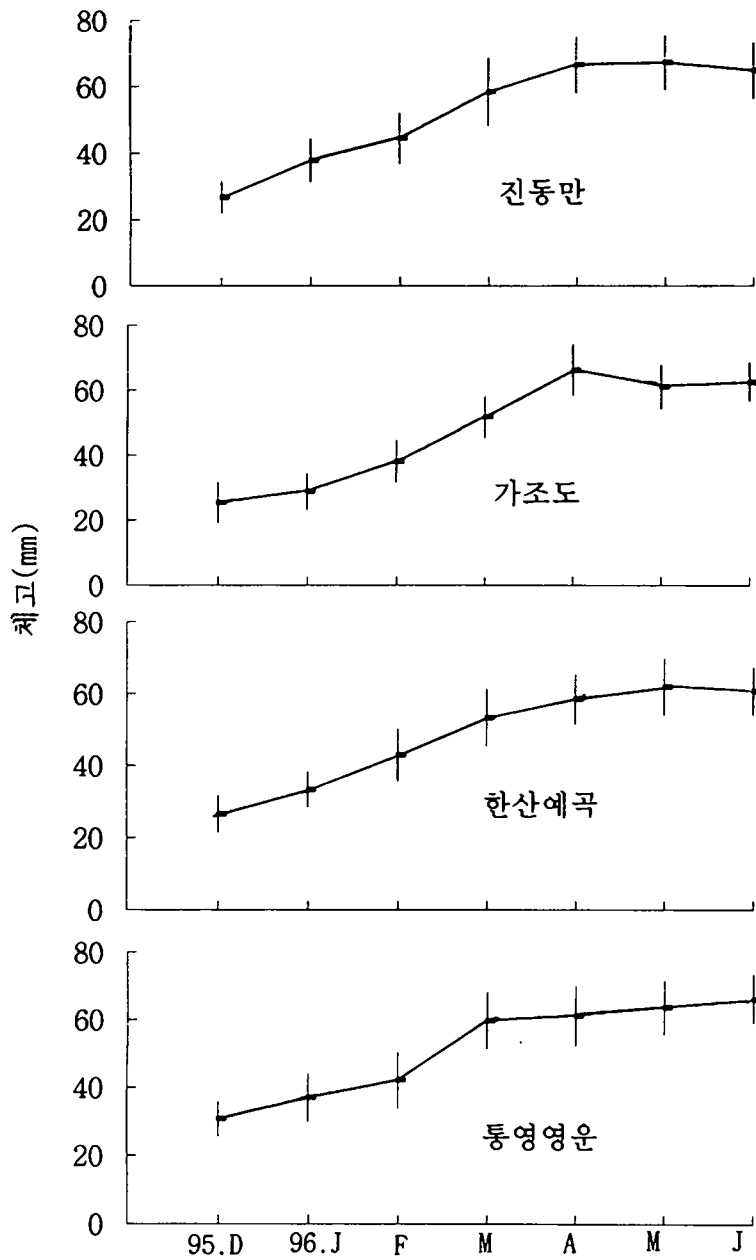


그림 5-4. 해역별 성장비교 시험결과(체고)

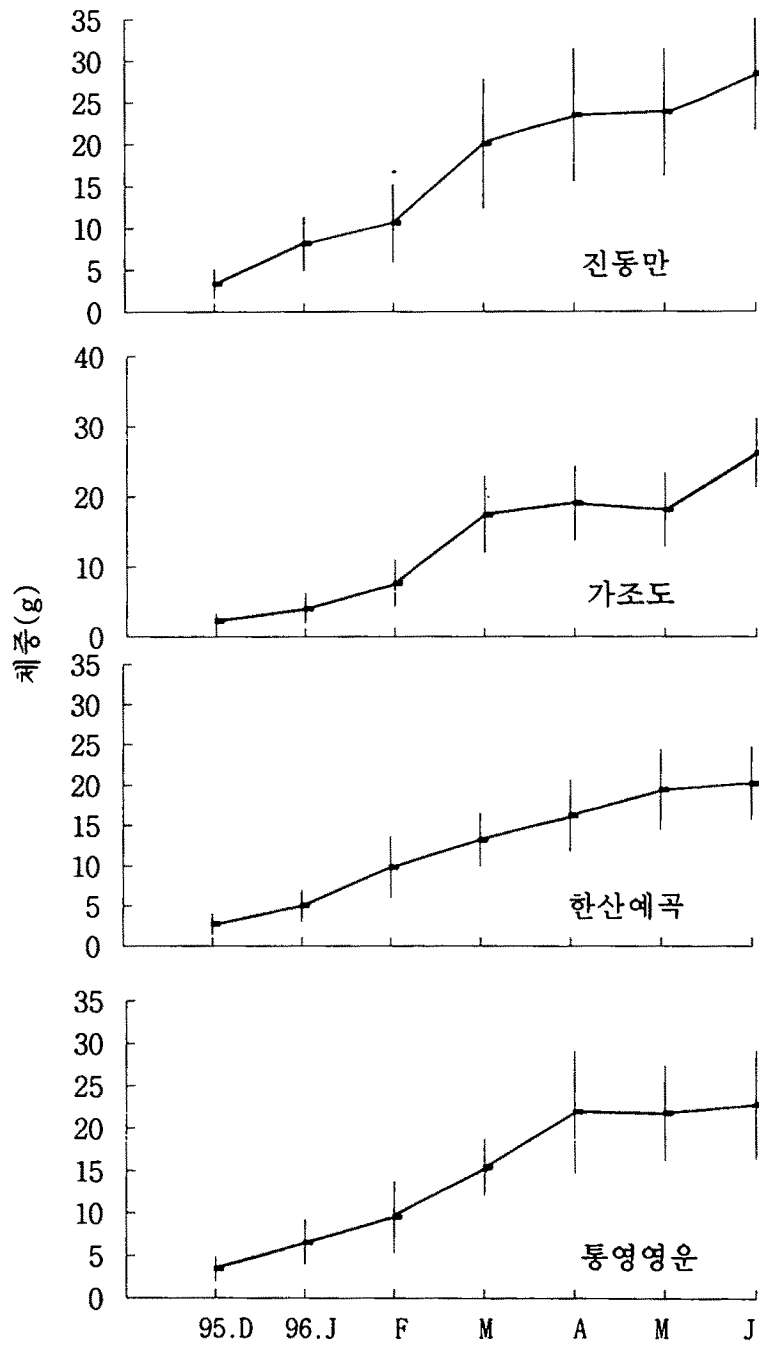


그림 5-5. 해역별 성장비교 시험결과(체중)

4월에는 진해만의 진동해역이 체고 66.4mm, 체중량 23.4g, 생존율 100%로 가장 우수하였고, 그 다음이 같은 진해만의 가조도 해역으로 체고 66.2mm, 체중량 19.0g, 생존율 100%였으며 통영의 2개소는 체고 58.5~61.1mm, 체중량 16.2~21.9g, 생존율 81.8~91.7%로 진해만에 비하여 다소 성장이 부진하였다. 최종 6월 조사시에도 통영 영운해역은 체고 66.1mm로 다른 해역에 비해 체고는 컸으나, 체폭과 체중은 오히려 적었으며, 생존율도 한산 예곡과 통영 영운이 66.4~70.4%로 진해만인 진동, 가조도 해역의 93.4~94.6%보다 낮았다(그림 5-6). 이와 같이 진해만 해역이 성장이 좋고 생존율이 높은 것은 환경조사 결과에서 보는 바와 같이 먹이생물의 지표인 Chlorophyll-a량이 진해만 1.1~6.4mg/m'(평균 3.1)으로 한산 예곡, 통영 영운의 0.0~5.2mg/m'(평균 1.8)에 비하여 1.7배 많았기 때문인 것으로 고찰되었다.

그러나, 수하연에 부착생물량의 중량 비율을 보면 진동이 16.3~69.8%로 가장 많이 부착하였고 그 다음으로 한산예곡이 15.5~63.9%, 가조도가 10.5~61.4%였으며, 통영영운 해역이 3.3~33.7%로 다른 해역에 비해 가장 적게 부착하였다(표 5-2. 그림 5-7).

나. 수층별 성장비교시험

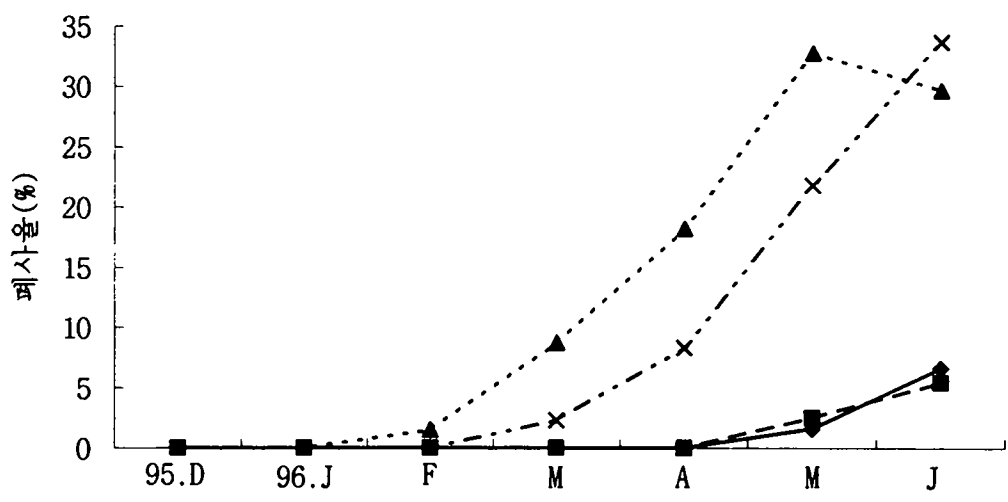
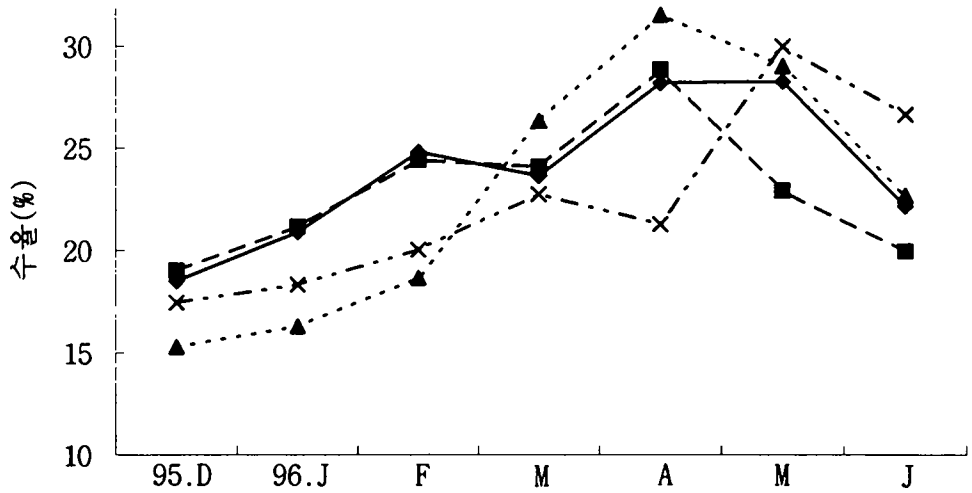
표 5-4. 수층별 양식생물 및 부착생물중량 비교

(단위 : %)

월 별	2m		4m	
	A	B	A	B
'95.12	32.2	67.8	32.0	68.0
'96. 1	41.4	58.6	46.4	53.6
2	71.5	28.5	64.0	36.0
3	85.5	14.5	83.3	16.7
4	76.2	23.8	73.3	26.7
5	55.6	44.4	62.8	37.2
6	67.5	32.5	64.1	35.9

A : 양식생물중량 비율

B : 부착생물중량 비율



◆ 진동 ■ 가조도 ▲ 한산예곡 × 통영영운

그림 5-6. 해역별 수율 및 폐사율 변화

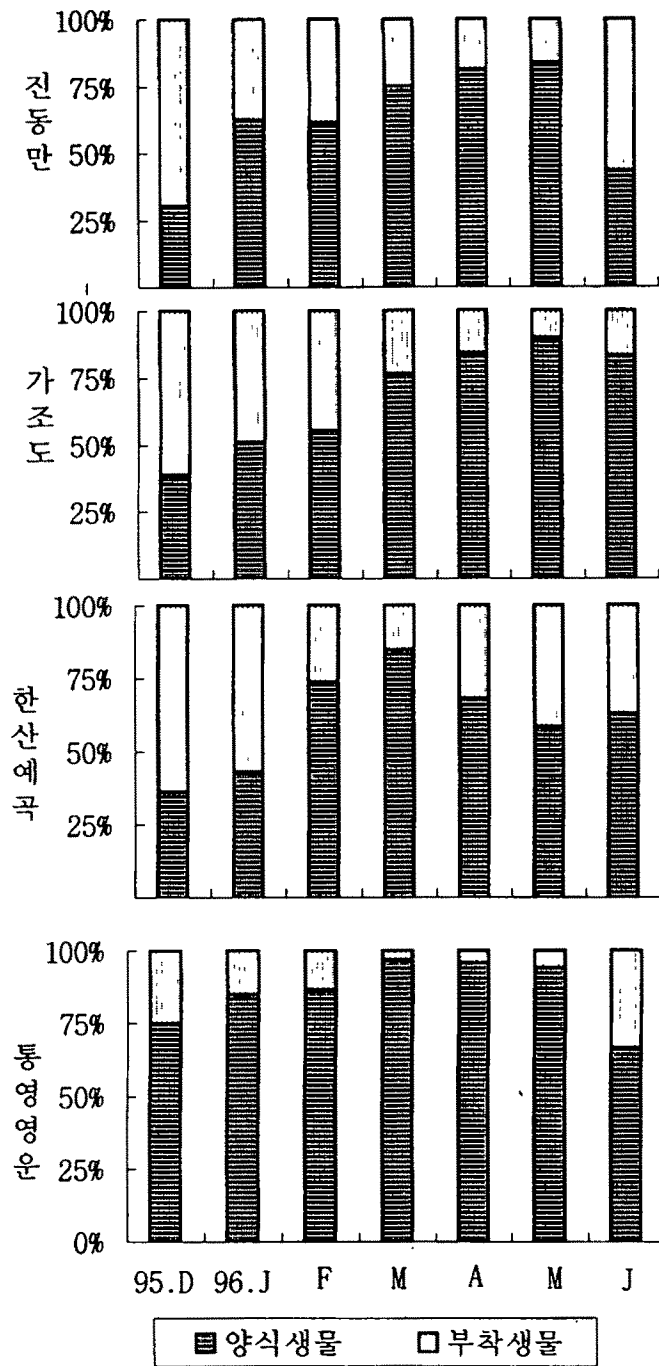


그림 5-7. 해역별 양식생물 및 부착생물량 비교

표 5-3. 수층별 성장비교 시험결과

수 층	년 월	체고 (mm)	체폭 (mm)	체중량 (g)	육중량 (g)	수율 (%)	폐사율 (%)
2m	'95. 12	25.6±4.9	11.3±2.1	2.7±1.3	0.5±0.3	15.50	0
	'96. 1	33.1±5.1	14.4±1.9	5.2±1.9	0.9±0.4	16.95	0
	2	41.6±6.8	15.8±2.2	8.7±3.1	1.7±0.7	19.14	1.1
	3	52.2±5.9	18.3±2.2	13.5±3.3	3.7±1.1	27.00	12.6
	4	57.9±7.0	17.3±2.2	17.1±4.2	5.1±1.5	30.42	13.6
	5	63.1±7.6	17.5±2.3	20.7±4.7	5.9±1.7	28.52	23.9
	6	62.2±6.0	18.4±2.8	21.2±4.7	4.6±1.1	21.70	31.5
4m	'95. 12	26.7±5.6	11.4±2.0	2.7±1.3	0.5±0.3	15.90	0
	'96. 1	34.0±5.5	14.3±2.2	5.3±2.0	0.9±0.4	16.79	0
	2	42.0±6.5	16.0±2.2	9.2±3.3	1.7±0.7	18.30	1.6
	3	54.3±7.6	18.2±2.3	13.5±3.5	3.5±1.0	25.52	8.0
	4	58.0±7.6	17.4±2.1	16.8±4.3	4.8±1.5	28.80	14.7
	5	60.6±7.4	16.9±2.1	18.0±5.0	5.3±1.7	29.44	30.4
	6	61.7±6.6	18.8±2.7	18.1±4.9	4.5±1.1	20.29	26.2

미더덕 양식의 적정 수층을 조사한 결과 2월까지의 저층 4m이심 수층(수심 4~8m)이 체고 42.0mm, 체중량 9.2g으로 표층 2m 수층(수심 2~6m)의 체고 40.9mm, 체중량 8.7g보다 성장이 빨랐으나, 수온이 10℃이상으로 상승하는 3월부터는 표층 2m 수층이 성장이 빨라지기 시작하여 4월에는 체고는 57.9mm로 4m층의 58.0mm와 차이가 없었고, 체중량은 17.1g으로 4m층의 16.8g보다 오히려 빨리 성장한 것으로 나타났으며, 6월 실험 종료시에는 2m 수층이 체고 62.2mm, 체중량 21.2g으로 4m 수층의 체고 61.7mm, 체중량 18.1g보다 성장이 좋았다(표 5-3, 그림 5-8, 9). 한편, 수하연에 부착한 미더덕과 부착생물양의 비율을 보면 2m층이 16.3~66.5%, 4m층이 14.6~60.6%로 표층에 부착생물이 많이 부착함을 알 수 있었다(표 5-4, 그림 5-10).

다. 수하연 간격별 성장비교시험

1995년 11월에 시설하여 1996년 6월까지의 실험결과를 보면 표 5-5과 그림 5-11, 12에서 보는 바와 같이 한산만에 있어서의 미더덕은 5월까지의 양의 성장을 보였으나 수온이 15℃이상으로 상승하는 6월부터는 오히려 음의 성장을 보였고 수온이 10℃이상으로 상승하는 3월부터 폐사가 발생하기 시작하여 5~6월에는 폐사율이 최대를 보였다.

각 구간별 양의 성장을 하는 5월까지의 성장을 보면 30cm 구간은 11~2월까지의 저수온 기간에는 성장이 가장 느렸으나 수온이 10℃이상으로 상승하는 3월에는 30cm구가 체고 52.7 ± 6.3 mm, 체중량 13.4 ± 3.6 g, 50cm구가 체고 53.3 ± 8.1 mm, 체중량 13.2 ± 3.4 g, 70cm구가 체고 53.8 ± 5.9 mm, 체중량 13.8 ± 3.3 g으로 각 구간별 성장 차이가 거의 없이 비슷하였으며 4월에는 30cm구의 성장이 빨라져 체고 57.0 ± 7.4 mm, 체중량 17.8 ± 3.8 g, 육중량 4.8 ± 1.3 g이었으며 50cm구는 체고 58.5 ± 7.1 mm, 체중량 16.2 ± 4.5 g, 육중량 5.2 ± 1.7 g이었고, 70cm구는 체고 58.0 ± 7.4 mm, 체중량 16.8 ± 4.6 g, 육중량 5.0 ± 1.6 g으로 수율은 50cm구가 31.5%로 가장 높았다(그림 5-13).

5월 이후부터는 간격이 넓은 50, 70cm구의 성장이 더 빨라져 5월에는 30cm구 체고 62.1 ± 7.2 mm, 체중량 18.5 ± 4.9 g, 50cm구 체고 61.9 ± 8.0 mm, 체중량 19.4 ± 5.0 g, 70cm구 체고 61.6 ± 7.3 mm, 체중량 20.1 ± 4.7 g으로 수하양성 간격이 넓을수록 성장이 빨라짐을 알 수 있었다.

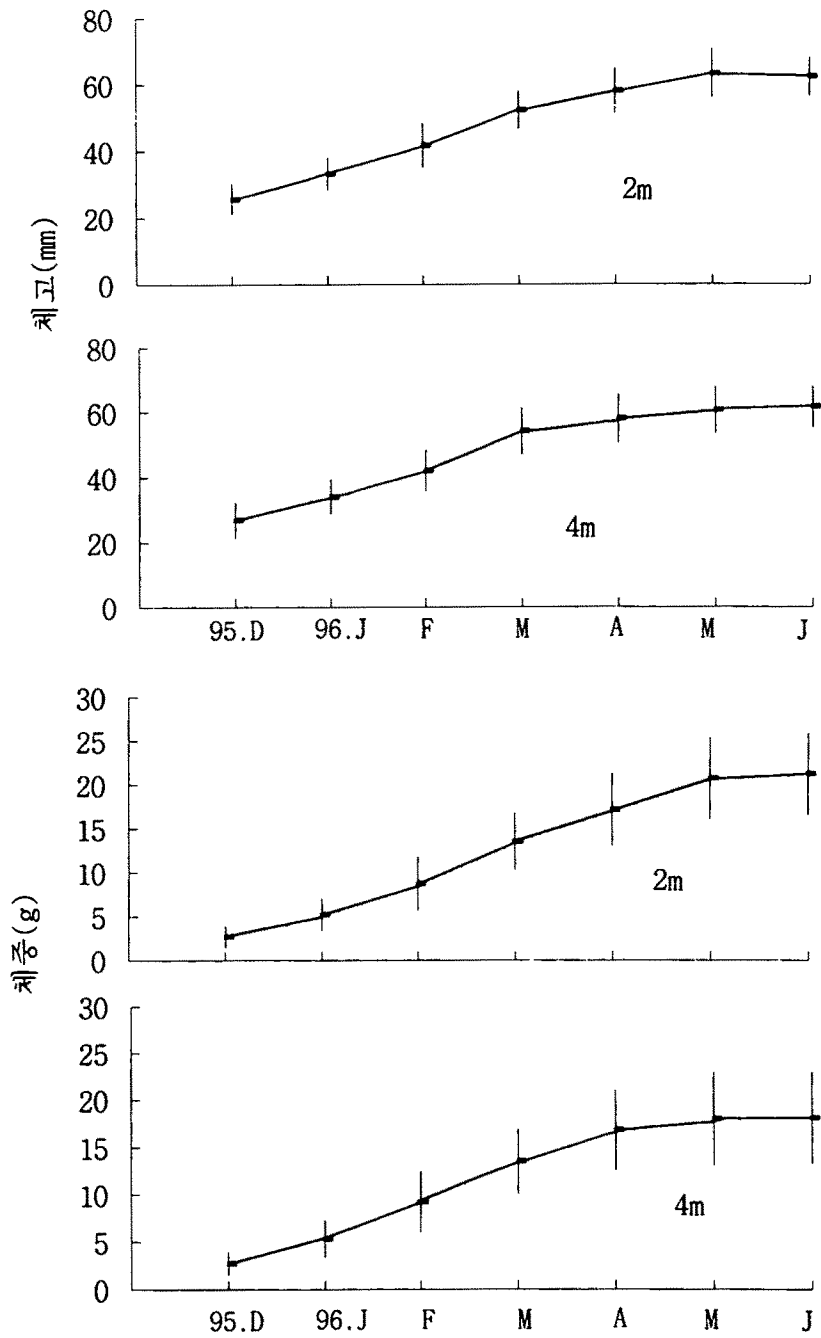


그림 5-8. 수층별 성장비교 시험결과

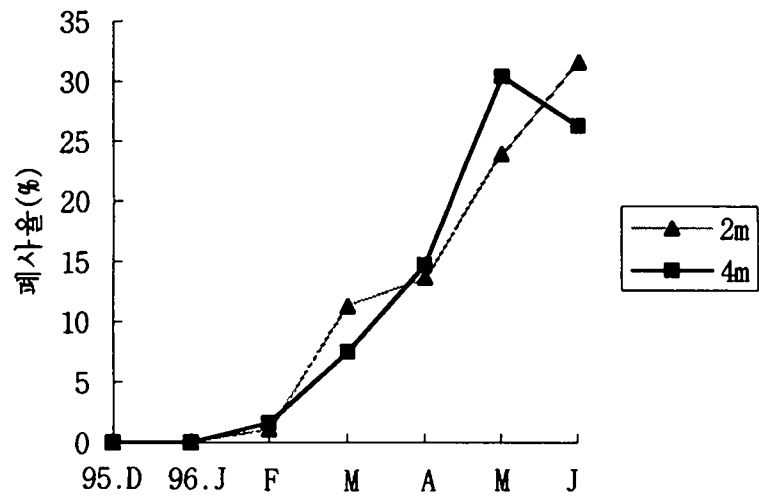
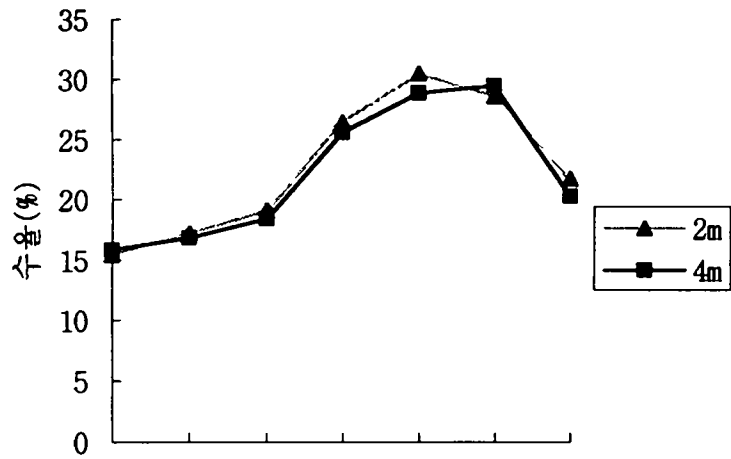


그림 5-9. 수층별 수율 및 폐사율 변화

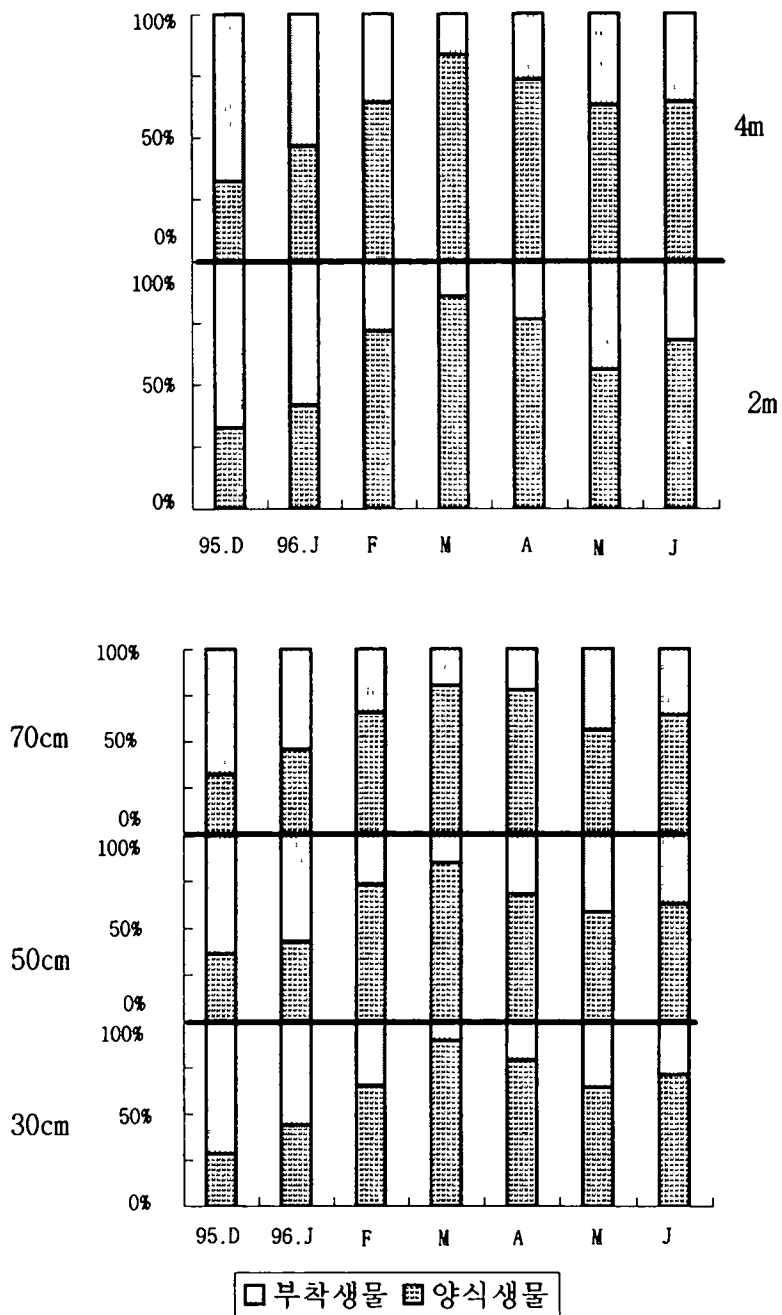


그림 5-10. 수하연 간격별, 수층별 양식생물 및 부착생물량 비교

표 5-5. 수하연 간격별 성장비교 시험결과

간 격	년 월	체고 (mm)	체폭 (mm)	체중량 (g)	육중량 (g)	수율 (%)	폐사율 (%)
30cm	'95. 12	25.8±4.8	11.1±1.9	2.5±1.1	0.5±0.3	16.20	0
	'96. 1	33.7±5.6	14.3±2.1	5.2±2.0	0.9±0.4	17.95	0
	2	40.5±6.6	15.7±2.2	8.5±3.0	1.7±0.8	19.16	1.0
	3	52.7±6.3	17.8±2.5	13.4±3.6	3.7±1.1	27.09	11.3
	4	57.0±7.4	17.9±2.1	17.8±3.8	4.8±1.3	26.92	13.4
	5	62.1±7.2	16.7±2.1	18.5±4.9	5.4±1.7	29.14	22.3
	6	61.8±6.0	18.6±2.8	21.1±4.8	4.0±0.9	19.40	24.0
50cm	'95. 12	26.5±5.2	11.1±2.1	2.7±1.4	0.5±0.3	15.30	0
	'96. 1	33.3±5.1	14.3±1.9	5.0±2.0	0.9±0.4	16.30	0
	2	42.8±7.5	16.5±2.3	9.8±3.9	1.9±0.9	18.66	1.6
	3	53.3±8.1	17.9±2.1	13.2±3.4	3.5±1.1	26.31	9.1
	4	58.5±7.1	17.0±2.3	16.2±4.5	5.2±1.7	31.49	15.5
	5	61.9±8.0	17.5±2.3	19.4±5.0	5.6±1.8	28.98	33.1
	6	60.6±6.7	18.3±2.8	20.2±4.5	4.6±1.1	22.65	29.6
70cm	'95. 12	26.3±5.7	12.0±2.3	3.0±1.5	0.5±0.3	15.60	0
	'96. 1	33.8±5.3	14.5±2.2	5.5±2.0	0.9±0.4	16.35	0
	2	41.2±6.0	15.5±2.2	8.7±2.9	1.6±0.6	18.30	1.5
	3	53.8±5.9	19.1±2.2	13.8±3.3	3.6±1.1	25.39	12.2
	4	58.0±7.4	17.2±2.2	16.8±4.6	5.0±1.6	30.44	13.6
	5	61.6±7.3	17.5±2.2	20.1±4.7	5.9±1.7	28.83	28.2
	6	63.4±6.2	18.9±2.6	24.2±5.2	5.0±1.2	20.68	25.6

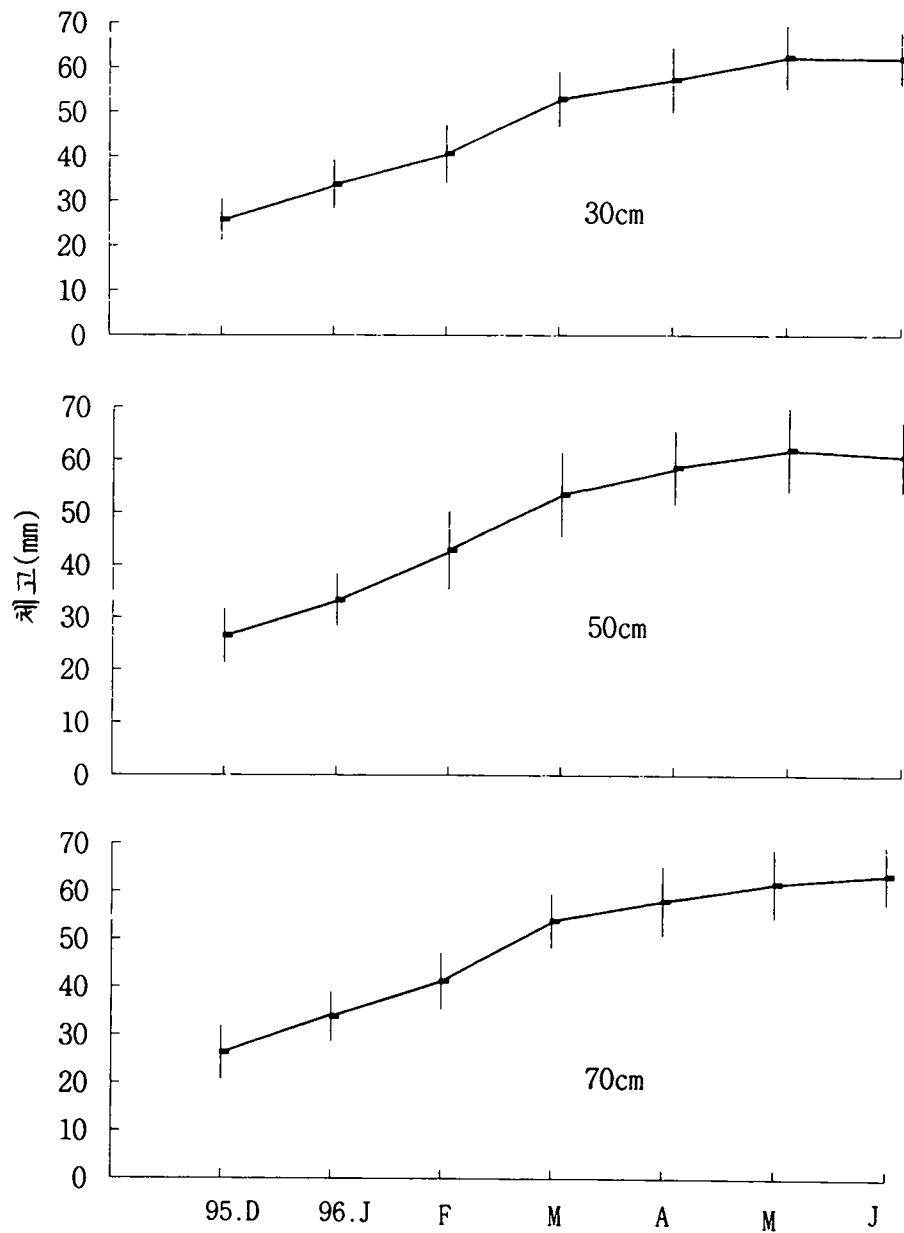


그림 5-11. 수하연 간격별 성장비교 시험결과(체고)

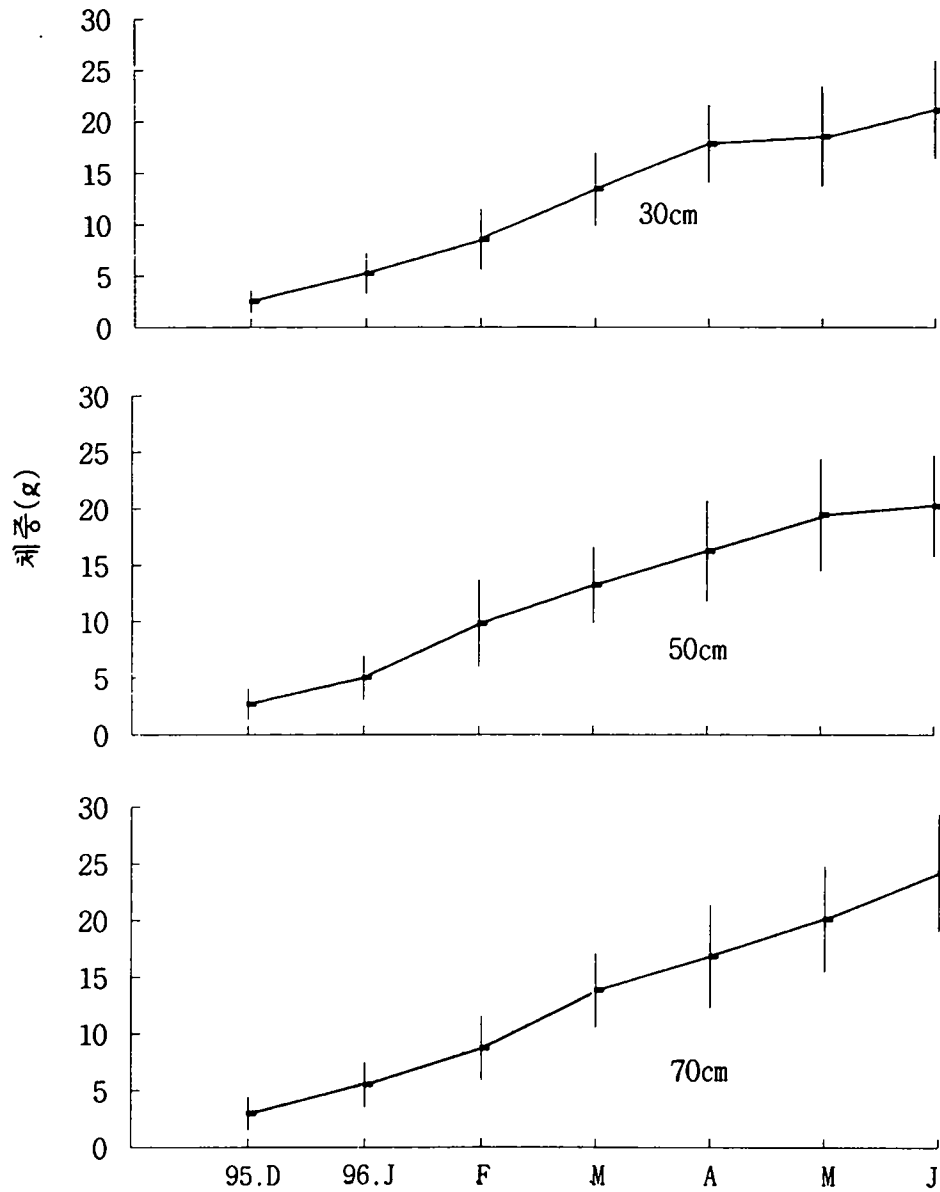


그림 5-12. 수하연 간격별 성장비교 시험결과(체중)

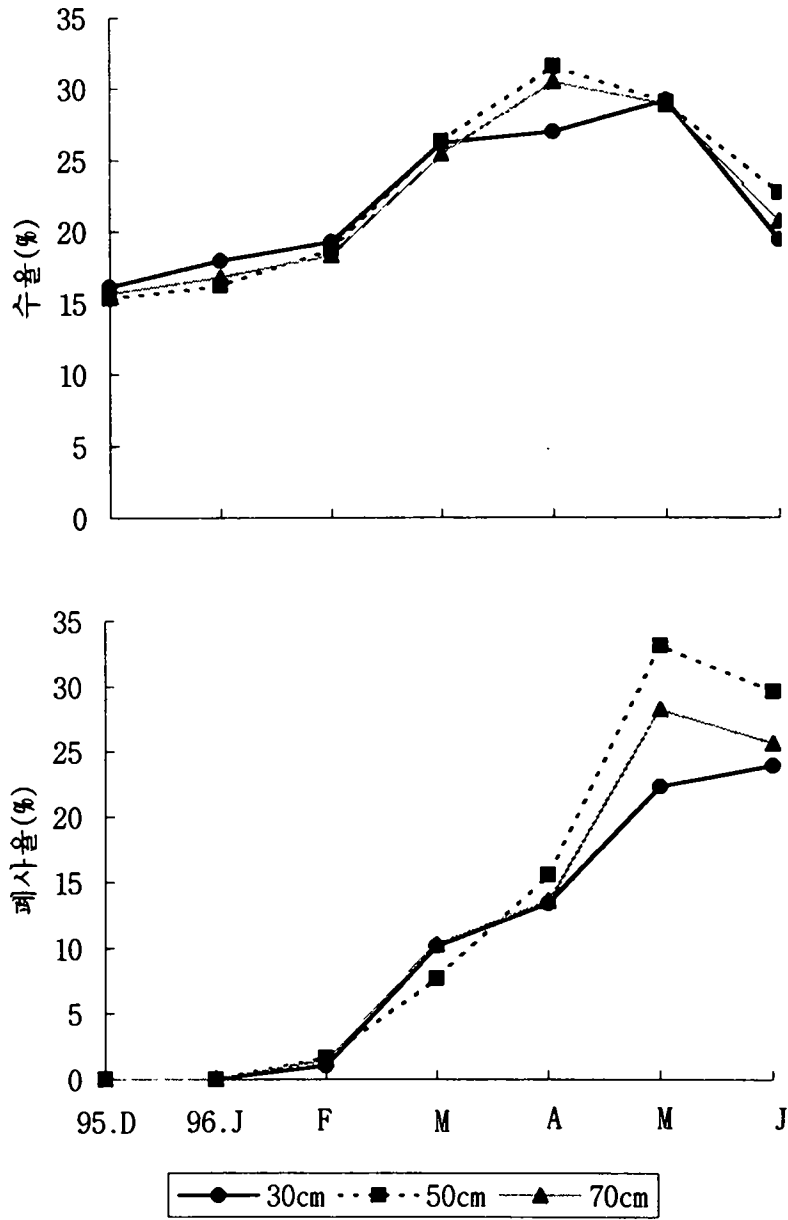


그림 5-13. 수하연 간격별 수율 및 폐사율 변화

표 5-6. 수하연 간격별 양식생물 및 부착생물중량 비교

(단위 : %)

월 별	30cm		50cm		70cm	
	A	B	A	B	A	B
95.12	28.2	71.8	36.1	63.9	32.1	67.9
96. 1	43.6	56.4	42.7	57.3	45.6	54.4
2	64.8	35.2	73.2	26.8	65.3	34.7
3	89.0	11.0	84.5	15.5	79.8	20.2
4	78.7	21.3	68.0	32.0	77.5	22.5
5	63.7	36.3	58.1	41.9	55.9	44.1
6	70.7	29.3	62.7	37.3	64.1	35.9

A : 양식생물중량 비율

B : 부착생물중량 비율

이러한 성장 경향은 저수온기에는 먹이생물을 섭취하는 양이 상대적으로 많지 않기 때문에 좁은 공간에서도 먹을 수 있는 먹이량이 크게 부족하지 않았으나 수온 상승으로 인하여 성장으로 인하여 생체량이 증가 하면서 한정된 공간내의 먹이에 영향을 받았기 때문인 것으로 사료된다.

그리고 수하연 간격에 따라 부착생물의 비율은 30cm구가 11.0~71.8%, 50cm구가 15.5~63.9%, 70cm구가 20.2~67.9%로 넓은 공간을 점유하고 있는 70cm구가 성장뿐만 아니라 부착생물도 많이 부착함을 알 수 있었다(표 5-6, 그림 5-10).

이상의 결과로서 한산 거제만에서는 5월 이후는 15℃이상으로 수온이 상승하면 미더덕의 폐사가 증가하고 성장도 부진해지기 때문에 4월까지의 실험결과에 의하면 수하연 간격은 50cm 간격이 적당할 것으로 사료된다.

2. 1차년도 단독·복합 양식시험

미더덕을 굴 또는 진주담치와 혼합하여 양식하였을 경우 성장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 마산 진동해역에서 조사한 결과는 표 5-7, 8과 같다.

가. 미더덕과 굴의 복합양식시험

미더덕은 단독구의 경우 그림 5-14에서 보는 바와 같이 12월에 체고 29.4mm, 체중량 3.1g, 수율 37.4% 이던 것이 계속 성장하여 4월에 체고 71.5mm, 체중량 27.9g, 수율 26.0%로 최고의 성장을 보였으나 이후로는 성장이 감소하는 경향을 보였고 수율도 22.2%로 낮아졌다. 그러나 복합구의 미더덕은 단독구보다 늦은 성장을 보여 5월이 체고 67.7mm, 체중량 24.5g, 수율 30.8%를 나타내었고, 폐사율은 5월까지 단독이나 복합구 모두 폐사가 거의 없었다. 6월에는 폐사가 발생하여 단독구는 6.6%, 복합구는 26.4%로 미더덕과 굴을 혼합하여 양식하면 영향이 있는 것으로 나타났다.

한편, 굴의 경우는 채취시기인 4월까지의 성장을 보면 단독구는 각고 61.5mm, 각부중량 28.6g, 수율 24.3%, 폐사율 1.1%였고, 복합구는 각고 62.5mm, 각부중량 30.4g, 수율 24.2%, 폐사율 0.8%로 거의 거의 비슷한 성장을 보였으며 생식소가 발달하는 6월까지의 최종결과를 보면 단독구는 각고 62.7mm, 각부중량 34.6g, 수율 18.7%, 폐사율 28.4%이었고, 복합구는 각고 62.5mm, 각부중량 36.2g, 수율 19.8%, 폐사율 29.6%로 단독구와 복합구간에 성장 차이가 거의 없었다.

1차년도의 굴과 미더덕을 복합으로 양식 하였을 경우 굴에 미치는 영향을 파악하기 위하여 육중량을 그림 5-15의 관계식으로 비교해 보면 굴 단독구는 $y = 5.6 + 0.3x$, 복합구는 $y = 3.21 + 0.83x$ (y : 육중량, x : 양성기간)로 나타나 단독과 복합구간에 뚜렷한 차이가 인정되지 않았다.

나. 미더덕과 진주담치 복합양식시험

그림 5-16에서 보는 바와 같이 미더덕과 진주담치를 복합으로 양식 하였을 경우 미더덕은 5월까지의 성장이 계속되어 체고 64.9mm, 중량 25.0g으로 최고의 성장을 보였다. 진주담치는 6월까지의 각이 성장하고, 각부중량은 5월이 최고로 되었으나 육중량은 3월에 8.0g 으로 수율이 51.4%로 최대를 나타내었다. 이는 진주담치가 4

표 5-7. 1차년도 진동해역의 미더덕과 굴 단독, 복합양식 시험결과

년 월		체고 (mm)	체장 (mm)	체폭 (mm)	체중량 (g)	육중량 (g)	수율 (%)	폐사율 (%)	양식생물량 (kg)	부착생물량 (kg)	부착생물 부착율(%)	
1995.	단독	미더덕	29.4		12.1	3.1	1.2	37.4	0			
		굴	59.4	37.0		24.4	5.4	22.1	7.7			
12	복합	미더덕	28.2		12.2	3.4	1.3	37.5	0			
		굴	56.0	34.0		21.8	4.1	18.6	9.4			
1996.	단독	미더덕	37.6 ± 6.5		17.0 ± 2.7	8.1 ± 3.3	1.7 ± 0.8	21.3	0			
		굴	63.0 ± 6.3	38.4 ± 4.4	21.1 ± 4.0	30.5 ± 9.3	6.9 ± 2.4	22.7	4.9			
1	복합	미더덕	40.9 ± 6.2		18.4 ± 3.7	8.2 ± 3.9	1.7 ± 0.7	20.9	0			
		굴	61.7 ± 6.4	36.0 ± 7.8	20.5 ± 5.2	23.6 ± 8.1	4.8 ± 1.7	21.3	3.3			
2	단독	미더덕	45.2 ± 8.1		17.9 ± 3.2	9.7 ± 4.5	2.8 ± 1.3	28.6	0	13.1	18.6	58.7
		굴	58.9 ± 7.2	37.1 ± 6.3	20.0 ± 4.1	26.7 ± 7.9	5.8 ± 2.0	21.7	12.7	12.2	3.6	22.8
	복합	미더덕	43.4 ± 8.1		17.5 ± 3.3	9.1 ± 4.4	2.8 ± 1.4	30.9	0	11.2	19.2	5.2
		굴	61.5 ± 8.2	38.0 ± 6.4	20.6 ± 5.0	29.1 ± 9.7	5.7 ± 1.9	19.7	12.7	11.9	3.6	23.2
3	단독	미더덕	61.9 ± 8.1		23.7 ± 2.5	23.3 ± 6.4	6.5 ± 1.8	27.8	0			
		굴	60.9 ± 7.5	41.7 ± 7.8	21.8 ± 3.8	29.8 ± 11.0	7.7 ± 2.8	25.8	11.5			
	복합	미더덕	60.2 ± 6.6		23.3 ± 3.2	22.6 ± 6.5	6.6 ± 2.3	28.1	0			
		굴	56.7 ± 6.0	39.1 ± 6.3	20.8 ± 5.1	26.7 ± 9.0	6.5 ± 2.5	24.7	9.8			

표 5-7. 계속

년 월		체고 (mm)	체장 (mm)	체폭 (mm)	체중량 (g)	육중량 (g)	수율 (%)	폐사율 (%)	양식생물량 (kg)	부착생물량 (kg)	부착생물 부착율(%)	
4	단독	미더덕	71.5 ± 9.6		26.2 ± 3.6	27.9 ± 9.0	7.1 ± 2.7	26.0	0.3	31.0	9.1	22.7
		굴	61.5 ± 6.6	38.4 ± 6.0	20.3 ± 3.5	28.6 ± 5.7	6.9 ± 2.0	24.3	1.1	10.2	2.9	22.1
	복합	미더덕	64.4 ± 9.4		22.8 ± 3.5	21.1 ± 3.7	5.4 ± 2.3	25.6	0.2	27.9	3.2	10.3
		굴	62.5 ± 7.0	38.6 ± 6.1	21.1 ± 3.7	30.4 ± 7.2	7.4 ± 2.4	24.2	0.8	10.6	2.5	19.1
5	단독	미더덕	66.3 ± 8.9		21.9 ± 3.3	22.6 ± 8.9	6.2 ± 2.7	27.7	0.9			
		굴	61.8 ± 6.7	39.1 ± 5.6	21.6 ± 3.9	36.0 ± 11.1	7.1 ± 3.1	19.6	6.5			
	복합	미더덕	67.7 ± 9.1		22.1 ± 3.2	24.5 ± 8.6	7.6 ± 3.2	30.8	0.9			
		굴	62.2 ± 7.4	38.4 ± 5.2	20.6 ± 4.7	34.4 ± 12.0	6.6 ± 2.5	19.3	6.4			
6	단독	미더덕	64.8 ± 8.6		24.3 ± 2.6	28.3 ± 6.7	6.3 ± 1.5	22.2	6.6	18.2	26.6	59.4
		굴	62.7 ± 6.8	38.3 ± 6.3	21.6 ± 3.7	34.6 ± 11.1	6.5 ± 2.4	18.7	28.4	10.0	1.9	16.0
	복합	미더덕	60.2 ± 6.6		22.0 ± 3.2	20.2 ± 5.2	6.2 ± 1.6	30.8	26.4	25.4	1.9	7.0
		굴	62.5 ± 6.9	38.7 ± 5.2	22.6 ± 3.8	36.2 ± 10.8	7.2 ± 2.9	19.8	29.6	10.2	1.6	13.6

표 5-8. 1차년도 진동해역의 미더덕과 진주담치 단독, 복합양식 시험결과

년 월		체고 (mm)	체장 (mm)	체폭 (mm)	체중량 (g)	육중량 (g)	수율 (%)	폐사율 (%)	양식생물량 (kg)	부착생물량 (kg)	부착생물 부착율(%)	
1995.	단독	미더덕	29.4		12.1	3.1	1.2	37.38	0			
		진주담치	46.2	25.3		8.6	3.9	45.01	10.5			
	12 복합	미더덕	27.9		12.5	3.3	1.0	31.07	0			
		진주담치	47.1	24.1		8.4	3.0	36.10	9.4			
1996.	단독	미더덕	37.6 ± 6.5		17.0 ± 2.7	8.1 ± 3.3	1.7 ± 0.8	21.25	0			
		진주담치	57.8 ± 4.7	30.3 ± 2.8		16.0 ± 3.06	7.3 ± 1.9	45.59	21.4			
	1 복합	미더덕	40.7 ± 5.9		19.0 ± 3.3	7.9 ± 2.9	2.1 ± 0.9	26.26	0			
		진주담치	56.0 ± 4.45	31.2 ± 8.3		13.5 ± 2.7	5.8 ± 1.1	43.20	21.0			
2	단독	미더덕	45.2 ± 8.1		17.9 ± 3.2	9.7 ± 4.5	2.8 ± 1.3	28.55	0	13.1	18.6	58.7
		진주담치	59.7 ± 6.1	30.2 ± 3.7	21.9 ± 2.4	17.2 ± 5.24	7.2 ± 2.2	42.72	9.2	19.6	1.5	7.1
	복합	미더덕	45.8 ± 9.5		17.5 ± 3.3	9.5 ± 4.6	3.0 ± 1.6	30.92	0	11.1	18.2	62.1
		진주담치	58.1 ± 5.9	29.9 ± 2.2	21.5 ± 2.1	15.6 ± 3.92	6.7 ± 2.0	42.94	7.8	19.3	1.6	7.7
3	단독	미더덕	61.9 ± 8.1		23.7 ± 2.5	23.3 ± 6.4	6.5 ± 1.8	27.80	0			
		진주담치	60.9 ± 6.2	31.6 ± 3.2	23.4 ± 2.8	19.0 ± 5.0	8.9 ± 2.4	47.24	6.5			
	복합	미더덕	61.7 ± 6.0		23.0 ± 2.8	21.5 ± 5.8	6.2 ± 1.7	29.34	0			
		진주담치	56.9 ± 6.2	29.5 ± 3.0	22.0 ± 2.4	15.7 ± 4.0	8.0 ± 2.2	51.36	8.1			

표 5-8. 계속

년 월		체고 (mm)	각장 (mm)	체폭 (mm)	체중량 (g)	육중량 (g)	수율 (%)	폐사율 (%)	양식생물량 (kg)	부착생물량 (kg)	부착생물 부착율(%)		
4	단독	미더덕	71.5 ± 9.6		26.2 ± 3.6	27.9 ± 9.0	7.1 ± 2.7	25.95	0.3	31.0	9.1	22.7	
		진주담치	62.8 ± 7.6	31.8 ± 2.5	23.6 ± 1.9	18.7 ± 4.6	7.7 ± 2.1	41.47	1.0	19.8	0.6	2.9	
	복합	미더덕	64.4 ± 10.1		22.3 ± 3.4	19.1 ± 8.4	5.4 ± 2.4	28.79	0.2	27.8	9.0	24.5	
		진주담치	61.1 ± 6.8	31.3 ± 2.5	22.7 ± 2.1	19.2 ± 5.2	7.2 ± 1.7	42.13	0.7	16.9	0.6	3.4	
	5	단독	미더덕	66.3 ± 8.9		21.9 ± 3.3	22.6 ± 8.9	6.2 ± 2.7	27.73	0.9			
			진주담치	62.7 ± 4.1	32.8 ± 2.4	23.7 ± 2.3	21.9 ± 5.0	8.5 ± 2.0	39.62	2.4			
복합		미더덕	64.9 ± 7.8		22.3 ± 3.1	25.0 ± 7.4	7.3 ± 2.5	29.56	0				
		진주담치	61.5 ± 4.8	31.8 ± 2.6	22.6 ± 2.1	19.8 ± 4.3	7.8 ± 1.6	39.89	2.5				
6	단독	미더덕	64.8 ± 8.6		24.3 ± 2.6	28.3 ± 6.7	6.3 ± 1.5	22.15	6.6	18.1	26.6	59.5	
		진주담치	63.1 ± 6.8	32.2 ± 2.6	23.8 ± 1.9	19.1 ± 4.64	7.6 ± 1.9	40.15	13.6	17.6	0.8	4.3	
	복합	미더덕	59.3 ± 5.6		22.5 ± 2.4	20.8 ± 4.3	6.5 ± 1.5	31.63	28.0	24.8	16.8	40.4	
		진주담치	62.6 ± 6.5	31.5 ± 2.4	23.3 ± 1.9	18.2 ± 3.9	6.9 ± 1.8	38.11	14.8	18.2	0.8	4.2	

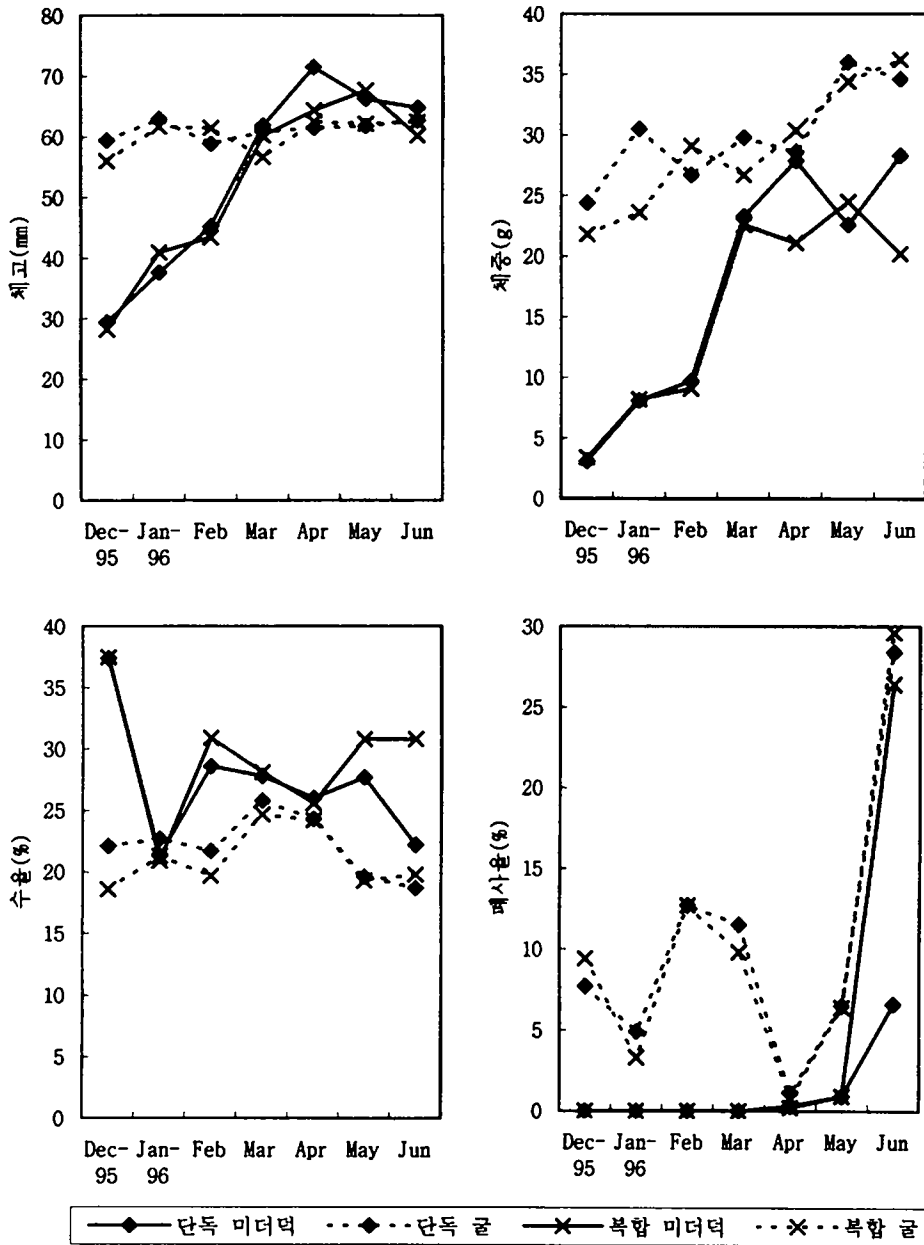


그림 5-14. 1차년도 미더덕과 굴의 단독 및 복합양식 시험결과

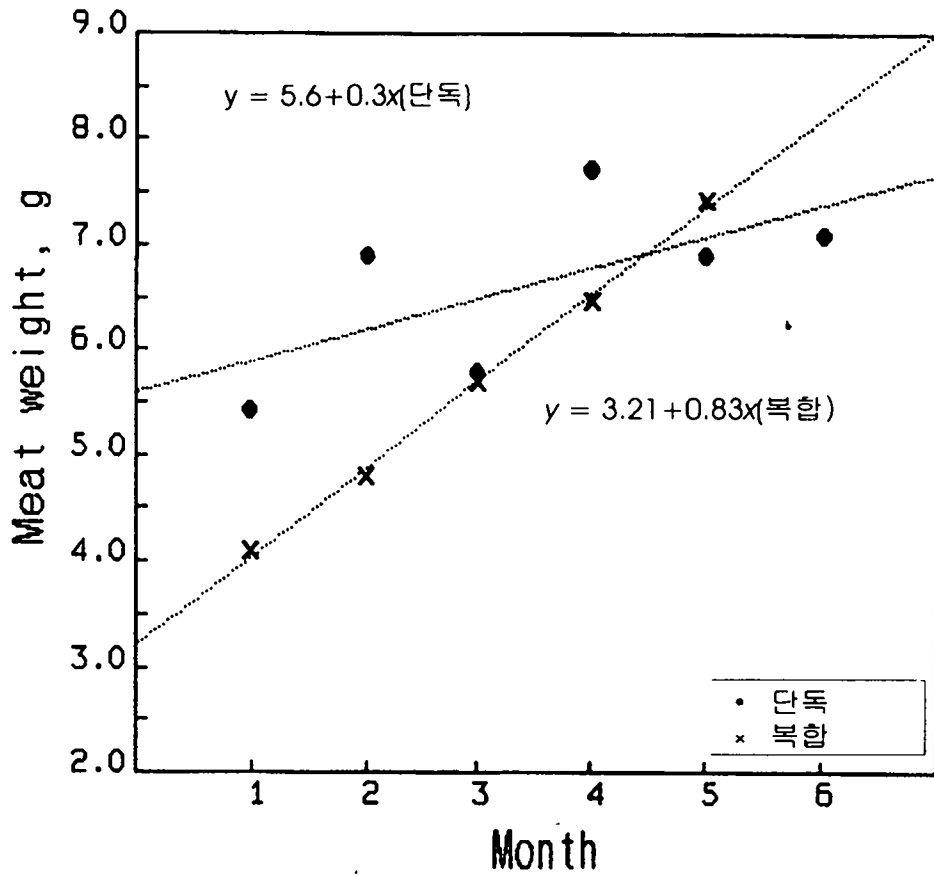


그림 5-15. 1차년도 미더덕과 굴 단독 및 복합양식시 굴의 육중량

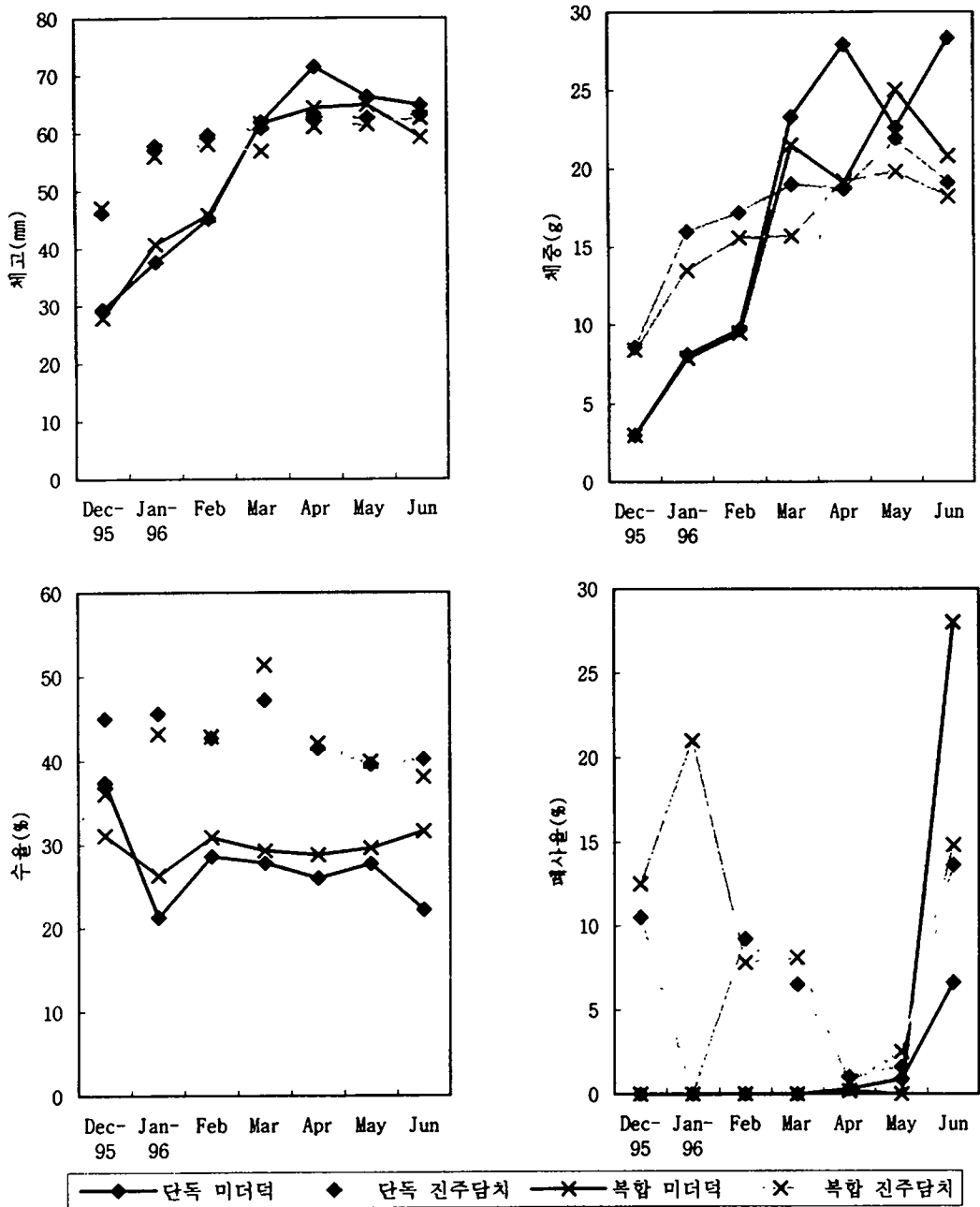


그림 5-16. 1차년도 미더덕과 진주담치의 단독 및 복합양식 시험결과

월부터는 생식소 성숙과 산란으로 인하여 체중이 줄어드는 것으로 판단된다.

그러므로, 미더덕과 진주담치의 복합시험은 3월까지의 자료로 비교하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

진주담치의 미더덕과 복합양식에 의한 영향을 파악하기 위하여 3월까지 진주담치의 육중량을 비교해 보면 단독구와 복합구간에 실험 시작시의 육중량 차이가 3월까지 그대로 유지되어 단독구와 복합구간에는 성장 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

또한, 인근어장의 담치의 성장도를 보면 12월에 4.9g이던 것이 4월에는 7.7g으로 성장하여 2.8g의 성장을 보였고, 같은 기간 단독구와 복합구는 3.8g과 4.2g의 성장을 보여 시험구가 인근어장 보다 더 좋은 결과를 얻어 진주담치의 실험은 실험외적인 요소에 의한 영향은 없었던 것으로 생각된다.

3. 2차년도 미더덕과 굴의 복합양식시험

1차년도 진동만에서의 복합 양식시험을 실시한데 이어 2차년도에는 굴 양식 단지인 진해만 서부의 거제 가조도 신전해역에 굴의 성장에 미치는 영향을 조사하였다.

2차년도에는 굴 양식장에서 굴을 이동시키지 않고 어미줄 중간부분에 있는 굴 수하연을 떼어내고 미더덕을 수하시켜 단독 및 복합양식시험을 실시한 결과는 표 5-9와 그림 5-17과 같다.

미더덕의 성장은 최초 1997년 1월에 체고 26.6mm, 각부중량 3.2g, 육중량 1.0g, 수하연당 미더덕 무게가 3.4kg되는 것을 수하하여 양식한 결과, 단독구에서는 4월 시험종료시 체고 47.6mm, 각부중량 13.0g, 육중량 3.0g, 수율 22.9%, 수하연당 미더덕의 무게는 평균 21.3kg이었고, 복합구의 미더덕은 체고 54.3mm, 각부중량 15.3g, 육중량 3.9g, 수율 25.7% 이었고, 수하연당 미더덕 무게는 22.1kg으로 복합구의 성장이 오히려 좋았다. 한편, 굴의 성장을 보면 1월의 최초 시설시 각고 62.0mm, 각부중량 35.0g, 육중량 4.9g, 수율 28.0%, 수하연당 14.4kg의 굴을 수하하여 주 성장기인 3월까지의 복합구가 각고 68.9mm, 각부중량 53.0g, 육중량 7.0g, 수하연당 굴 무게가 15.2kg으로 단독구의 육중량 6.7g, 수하연당 굴 무게 14.2kg보다 성장이 좋았다. 시험 종료시인 4월에는 육중량이 단독구가 9.1g, 복합구가 8.5g으로 단독구의 성장이 빨랐으나 수율은 단독구가 17.2%, 복합구가 18.0%로 복합구가 높았다. 폐사율은 단독구가 13.2%, 복합구가 22.3%로 복합구가 높았고, 생산량은 수하연당 굴의 무게는 단독구가 15.6kg(알굴 2.68kg), 복합구는 14.2kg(알굴 2.56kg)으로 단독구가 알굴로 120g이 많았으나 큰 차이는 없었다(그림 5-18). 부착생물의 부착율도 단독구가 31.3%로 복합구의 45.5%보다 다소 낮았다. 그림 5-19은 1월부터 4월까지의 굴 단독구와 복합구의 실험결과에서 육중량의 변화를 식으로 나타낸 것으로 단독구는 $y=3.45+1.31x$, 복합구는 $y=4.25+1.06x$ (y: 육중량, x:양성기간)로 단독구와 복합구간에 성장 차이는 인정되지 않았다(그림 5-19).

표 5-9. 2차년도 가조도해역의 미더덕과 굴 단독, 복합양식 시험결과

년 월		체고 (mm)	각장 (mm)	체폭 (mm)	체중량 (g)	육중량 (g)	수율 (%)	폐사율 (%)	양식생물량 (kg)	부착생물량 (kg)	부착생물 부착율(%)		
1997.	1	단독	미더덕	26.6 ± 4.0		9.7 ± 1.6	3.2 ± 1.1	1.0 ± 0.4	29.68	0	3.4	6.1	64.2
			굴	62.0 ± 12.0	38.6 ± 5.9	25.9 ± 4.8	35.0 ± 12.0	4.9 ± 2.0	28.03	19.5	14.4	1.2	7.7
		복합	미더덕	26.6 ± 4.0		9.7 ± 1.6	3.2 ± 1.1	1.0 ± 0.4	29.63	0	3.4	6.1	64.2
			굴	62.0 ± 12.0	28.6 ± 5.9	25.9 ± 4.8	35.0 ± 12.0	4.9 ± 2.0	28.03	19.5	14.4	1.2	7.7
	2	단독	미더덕	34.6 ± 4.4		13.7 ± 1.4	6.3 ± 1.5	1.4 ± 0.4	21.53	0	7.6	4.7	38.2
			굴	71.2 ± 9.5	43.4 ± 5.5	28.3 ± 5.6	50.3 ± 12.6	6.5 ± 1.8	16.0	6.8	18.9	3.6	16.0
		복합	미더덕	35.3 ± 7.9		14.1 ± 3.7	5.8 ± 2.8	1.6 ± 0.6	27.67	0			
			굴	72.4 ± 12.5	45.9 ± 6.2	27.2 ± 9.0	47.4 ± 14.1	7.2 ± 6.2	15.11	5.2			
	3	단독	미더덕	43.1 ± 4.6		14.9 ± 1.5	9.1 ± 1.6	2.5 ± 0.7	27.23	0	17.4	1.5	7.9
			굴	68.3 ± 13.4	43.4 ± 7.1	28.1 ± 5.9	46.9 ± 16.4	6.7 ± 2.7	14.17	7.9	14.2	2.5	15.0
		복합	미더덕	45.3 ± 5.2		15.5 ± 1.7	10.0 ± 2.0	2.2 ± 0.6	22.20	0.2	9.1	1.7	15.7
			굴	68.9 ± 10.1	45.1 ± 5.0	31.8 ± 5.9	53.1 ± 15.2	7.0 ± 1.9	13.14	13.9	15.2	2.7	15.1
4	단독	미더덕	47.6 ± 7.9		17.6 ± 2.5	13.0 ± 1.3	3.0 ± 1.3	22.87	0	21.3	2.2	9.4	
		굴	79.5 ± 12.6	49.2 ± 6.1	28.0 ± 4.0	53.0 ± 13.9	9.1 ± 3.2	17.20	13.2	15.6	7.1	31.3	
	복합	미더덕	54.3 ± 4.5		18.7 ± 1.9	15.3 ± 2.4	3.9 ± 0.9	25.67	0.1	22.1	11.2	33.6	
		굴	78.1 ± 9.4	45.2 ± 6.4	26.3 ± 5.2	47.3 ± 12.4	8.5 ± 2.8	17.96	22.3	14.2	10.2	41.8	

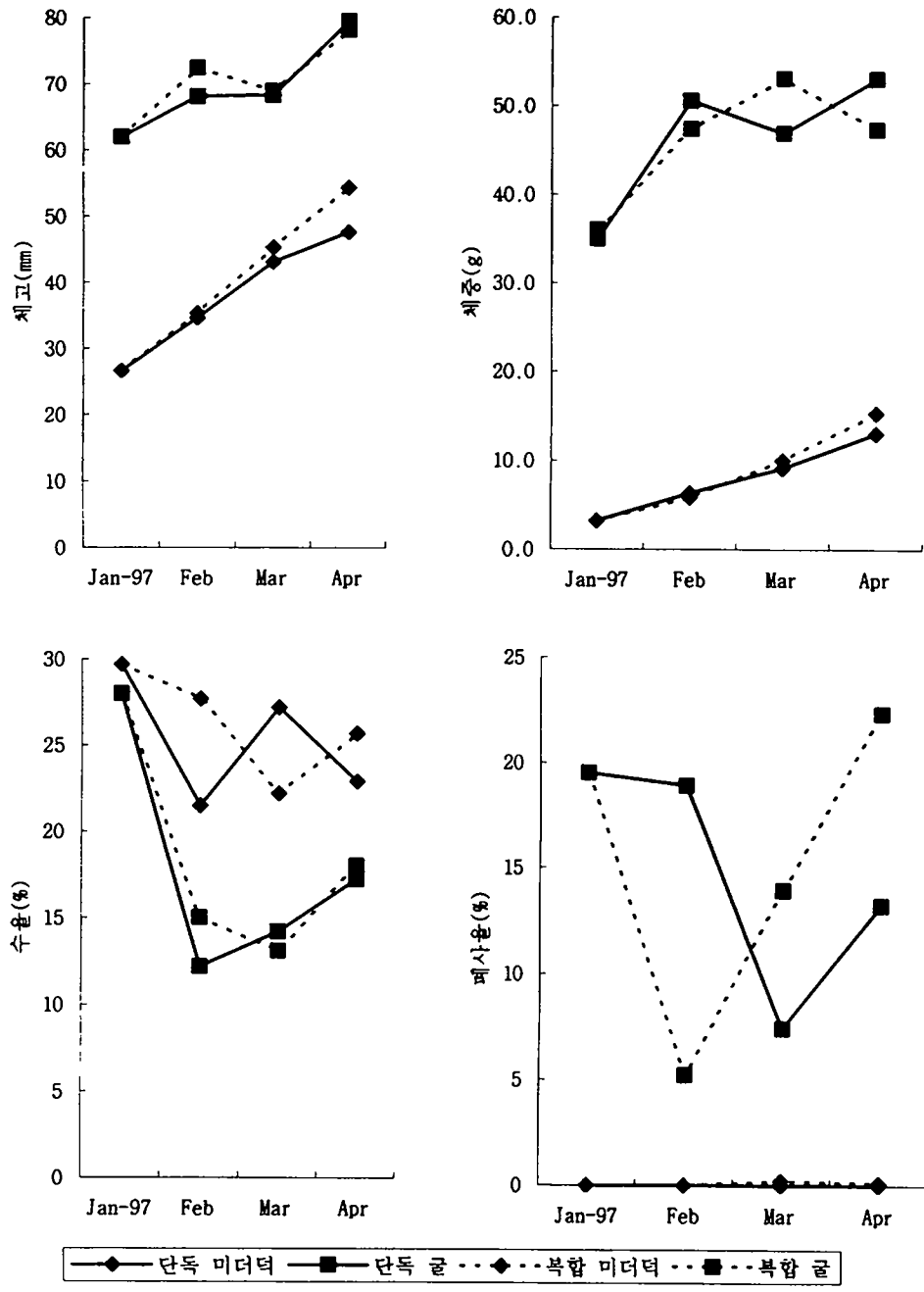
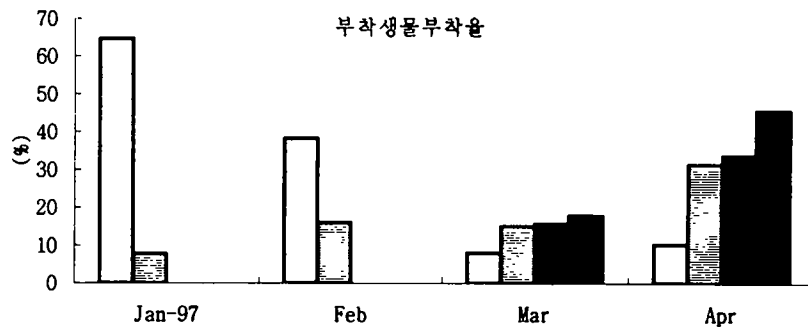
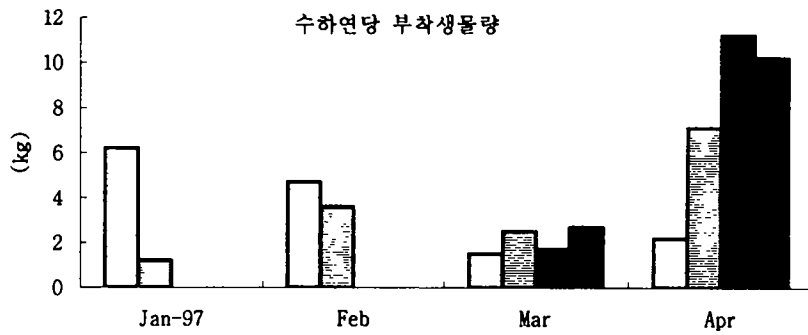
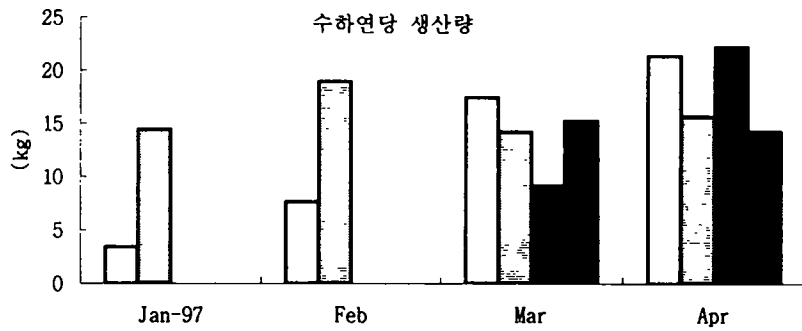


그림 5-17. 2차년도 가조도해역의 미더덕과 굴의 단독 및 복합양식시 성장과 폐사율



□ 단독 미더덕 □ 단독 굴 ■ 복합 미더덕 ■ 복합 굴

그림 5-18. 2차년도 미더덕과 굴의 단독 및 복합양식시 생산량과 부착생물

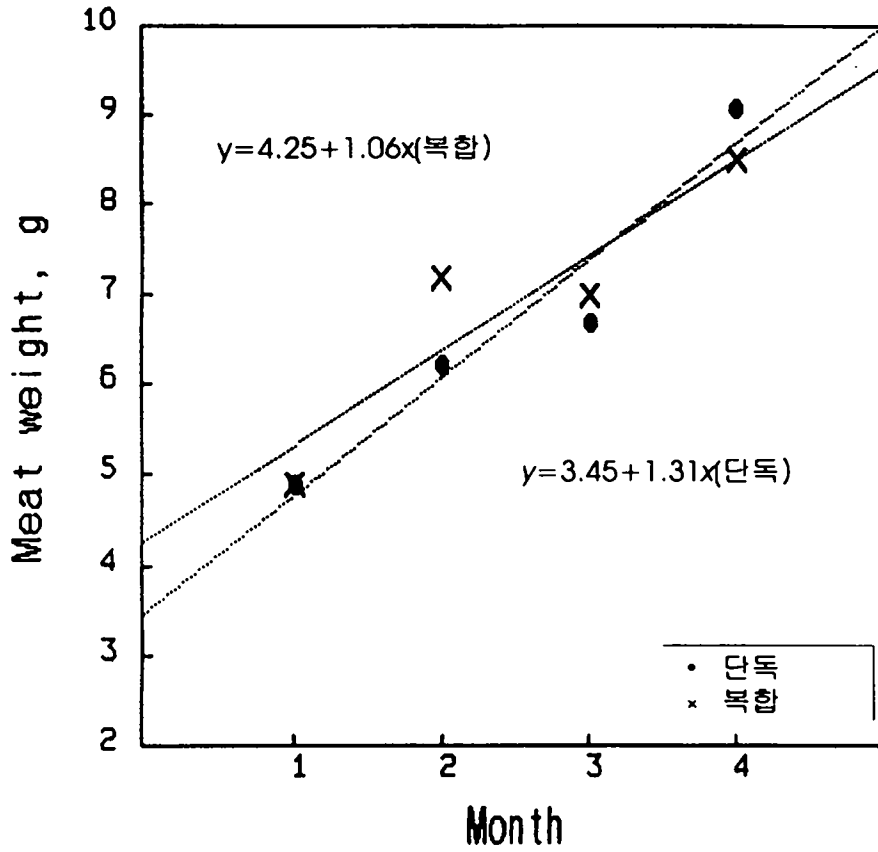


그림 5-19. 2차년도 미더덕과 굴 단독 및 복합양식시 굴의 육중량

제 6 장 미더덕 양식실험 해역의 어장환경 특성

제 1 절 서 설

미더덕 양식의 주 시험수역인 진해만은 마산시, 창원시, 거제시, 고성군 등으로 둘러싸여 있으며 가덕수로와 견내량 해협을 통하여 외해로 연결되는 폐쇄성이 강한 내만이다. 수심은 10~30m되는 천해로 해안선의 굴곡이 심하고 주변 육지부에 의해 차단되어 있으므로 조용한 수심이 유지되며 태풍과 같은 자연재해를 예방할 수 있어 양식 시설물의 설치에 유리한 곳이기도 하다. 이와 같이 자연적 조건으로 인하여 오래전부터 굴, 피조개, 진주담치 양식어장이 개발되어 이용해 오고 있으나 최근에는 부영양화로 인하여 생산성이 저하되고 있는 수역이다. 반면 비교해역인 통영일원 수역은 많은 섬들에 의해 차단되어 있기는 하나 외해와의 조류 소통이 양호하고 폐쇄성 정도가 적다. 유역내 특별한 오염원이 없어 깨끗한 수질이 유지되어 오는 곳으로서 굴 양식이 성행하고 있는 곳이다. 미더덕은 어류 양식과 같이 인위적인 사료에 의한 것이 아니라 자연상태의 먹이를 여과하여 성장하는 종이므로 생산력은 어장환경에 크게 의존할 것으로 보인다. 본 장에서는 미더덕의 시험 수역인 진해만 3개 지점과 비교 수역인 통영일원 2개 지점에 대해 1995년 11월부터 1997년 4월까지 수질 환경과 저질환경 그리고 식물성 플랑크톤을 조사하여 해역 특성을 비교해 보고자 한다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 수질조사

일반수질조사는 1995년 11월부터 1997년 4월까지 미더덕 시험해역인 진해만의 진동, 가조도 및 석포와 비교구로써 통영해역의 영운, 한산 예곡 등 5개소를 조사하였다.

조사시기는 매월 1회씩 국립수산진흥원 해양오염 및 적조감시 조사지침에 의하여 아래와 같은 항목을 조사하였다.

가. 수온(W.T) : 현장에서 하이드로랩(Hydrolab survey 3)으로 1/100℃까지 측정하였다.

나. 염분(Sal.) : 현장에서 하이드로랩(Hydrolab survey 3)으로 1/10‰까지 측정하였다.

다. 투명도(Turb) : 현장에서 투명도판(직경 30cm)을 사용하여 조사하였다.

라. 수소이온농도(pH) : 현장에서 하이드로랩(Hydrolab survey 3)으로 0.01까지 측정하였다.

마. 용존산소(DO) : 현장에서 하이드로랩(Hydrolab survey 3)으로 0.01mg/ℓ까지 측정하였다.

바. 화학적산소요구량(COD) : 알카리성 과망간산 칼륨법으로 측정하였다.

사. 영양염류(PO_4 -P, NH_4 -N, NO_2 -N, NO_3 -N) : 현장에서 시료를 채취하여 실험실로 운반하여 인산염은 Ascorbic Acid법, 아질산 질소는 Sulfanilamide와 NED법으로 질산질소는 Cadmium Reduction법으로 비색 정량하였다.

아. 클로로필-a : 현장에서 채수 여과하여 실험실에서 Scor-UNESCO working group 방법에 의해 정량하였다.

2. 저질조사

1995년 12월부터 1997년 4월까지 조사해역에서 시료를 채취하여 국립수산진흥원 해양오염 및 적조감시조사지침에 의해 분석하였다.

가. 총황화물(T-S) : 시료 0.5~2.0g을 정확히 달아 검지관 방법으로 측정하였

다.

나. 화학적산소요구량(COD) : 알카리성 과망간산 칼륨법으로 측정하였다.

다. 강열감량(IL) : 건조 시료 정량을 정확히 도가니에 취해 550℃에서 3시간 가열한 후 데시케이트에서 약 1시간 방냉하여 무게를 달아 백분율로 표시하였다.

3. 식물성 플랑크톤조사

미더덕 주서식지인 가조도 시험어장과 진동, 석포, 신전 및 한산예곡, 통영영운 시험어장에서 1995년 12월부터 1997년 4월까지 매월 1회씩 표·저층수를 1ℓ 폴리에틸렌 병에 채수하여 Lugol용액으로 고정한 다음 실험실로 옮겨 1일 정도 침전시켜 일정액으로 농축시킨후 광학 현미경(Olympus BH-2)으로 식물성 플랑크톤의 종류와 양을 조사하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 수질조사

가. 수온(W.T)

조사 기간을 통하여 진해만 조사어장들의 수온변동은 표층에서 4.5~27.6℃, 저층에서 4.5~24.7℃ 범위였다. 통영일원 해역은 표층이 6.1~24.6℃, 저층이 6.1~22.6℃ 범위로 수온의 변동폭은 통영일원이 훨씬 적었다. 월 분포 특징을 살펴보면 진해만의 경우 통영해역에 비해 겨울철의 수온은 낮고, 여름철의 수온은 높은 것을 볼 수 있었다. 수온의 성층은 진해만에서는 4월부터 형성되기 시작하여 8월에는 표, 저층의 수온차가 7.9℃에 달하는 등 뚜렷한 성층이 형성되었고, 10월부터 점차 해소되는 경향을 보였다. 그러나 통영일원 해역에서의 성층 형성시기는 7월부터였으며 최성기인 8월에도 표, 저층의 수온차가 4℃에 불과해 성층의 정도가 미약하였으며 9월부터 해소되기 시작하였다. 이와 같은 두 조사해역의 수온분포 차이는 진해만의 경우 조류 소동이 불량한 호소와 같은 특성을 지니고 있으므로 외부 기상 변화에 따른 영향을 많이 받기 때문인 것으로 생각되었다(그림 6-1).

나. 염분(Salinity)

염분의 농도 분포는 진해만의 조사어장에서 표층의 경우 28.80~34.50(평균: 32.28)‰, 저층에서 31.90~34.20(평균: 33.40)‰이었고 통영일원 조사어장에서는 표층이 32.20~34.90(평균: 33.78)‰, 저층이 32.33~35.00(평균: 33.96)‰로 평균 농도로 볼 때 진해만이 낮은 농도 분포였다. 월별 분포 양상은 두 해역 모두 여름철에 낮고 겨울철에는 높아지는 양상을 보였으나 진해만에서 96년 7월에 28.80‰의 낮은 값을 보이는 것이 특징적이었다. 이와 같이 진해만해역이 통영해역에 비해 염분농도가 낮고 계절적으로 낮은 값을 보이는 것은 강우시 육지로부터 유입된 담수가 외해로 쉽게 희석 확산되지 않기 때문인 것으로 보인다(그림 6-1).

다. 용존산소(DO)

용존산소는 진해만의 조사어장에서 표층은 5.30~11.44mg/ℓ, 저층은 0.30~10.78mg/ℓ로 평균적으로 볼 때 수산생물 서식에 적합한 5.0mg/ℓ 이상의 양호한 값을

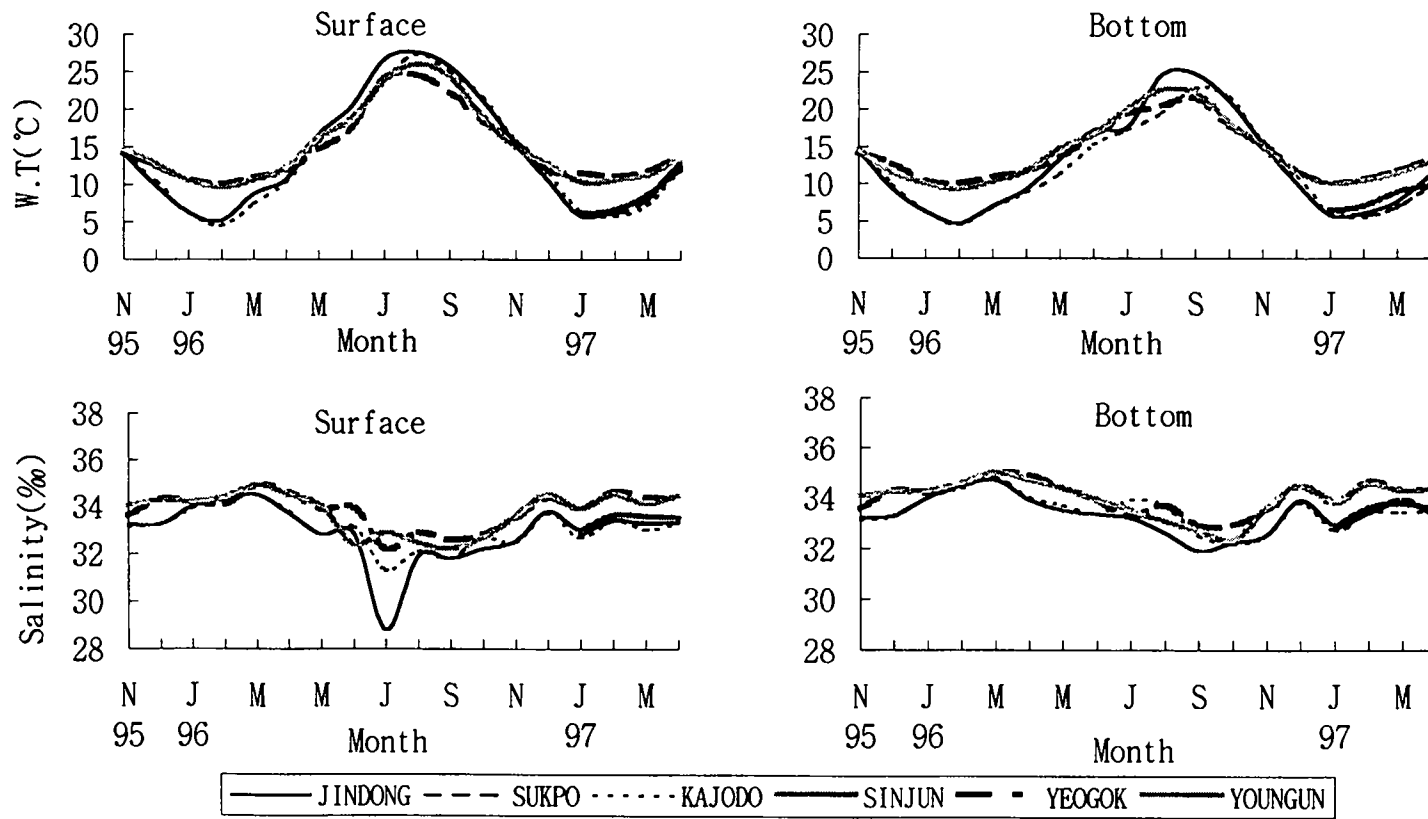


그림 6-1. 해역별 수온과 염분

보였다. 그러나 저층에서의 월별 분포 특징을 살펴보면 5월부터 용존산소 농도가 저하되기 시작하여 여름철인 7~9월에는 2mg/l 이하의 강한 빈산소 수괴가 지속되는 것으로 나타나고 있으며, 10월에 이르러 5.0mg/l 이상으로 회복 되는 것을 볼 수 있었다. 한편, 통영일원 해역은 표층에서 6.03~11.33mg/l, 저층에서 3.55~11.42mg/l로 3.0mg/l 이하의 빈산소 수괴는 형성되지 않았다(그림 6-2).

라. 화학적 산소요구량(COD)

유기오염의 지표인 COD는 진해만의 표층에서 0.45~4.24(평균: 1.57)mg/l, 저층에서 0.53~2.37mg/l였으며 통영해역은 표층이 0.14~2.54(평균: 1.39)mg/l, 저층이 0.21~2.6mg/l로 평균농도로 볼 때 두 해역 모두 해역Ⅱ등급인 2.0mg/l 이하의 양호한 상태를 보였으나, 진해만이 높은 농도를 나타내었다(그림 6-2).

마. 인산인(PO_4-P)

영양염류 중 인산인의 농도는 진해만의 표층에서 0.09~1.16(평균: 0.39) $\mu g-at/l$, 저층에서 0.14~1.16(평균: 0.43) $\mu g-at/l$ 범위였고, 통영해역은 표층이 0.05~1.46(평균: 0.43) $\mu g-at/l$, 저층이 0.13~1.25(평균: 0.43) $\mu g-at/l$ 로 평균 농도로 볼 때 해역Ⅱ등급 이하의 양호한 상태였고, 통영해역이 다소 높은 농도 분포 경향을 보였다. 계절별로는 두 해역 모두 겨울철의 조사에서 표층이 높은 농도를 보여 영양염이 축적되는 양상을 보였고, 봄철로 접어 들면서 점차 감소하였다. 저층에서는 전반적으로 표층에 비해 농도가 높을 뿐 아니라 여름철에는 증가폭이 뚜렷하여 저질로부터의 인산인 공급도 큰 비중을 차지하는 것으로 생각되었다(그림 6-3).

마. 용존 무기질소(DIN))

조사 기간을 통하여 진해만의 표층에서 0.68~13.39(평균: 4.67) $\mu g-at/l$, 저층에서 0.36~10.27(평균: 3.25) $\mu g-at/l$ 였으며, 통영해역에서는 표층이 0.42~17.54(평균: 5.73) $\mu g-at/l$, 저층이 1.19~13.09(평균: 5.11) $\mu g-at/l$ 로 평균 농도로 볼 때 해역Ⅱ등급인 7.14 $\mu g-at/l$ 이하의 양호한 수질을 보였으며, 통영해역이 다소 높은 분포 경향이였다. 계절별로는 겨울철과 여름철에 높고 저층에 비해 표층이 높게 나타났는데 이것은 질소성분의 경우 수중의 식물성 플랑크톤양과 강우에 크게 영향을 받기 때문으로 생각되었다(그림 6-3).

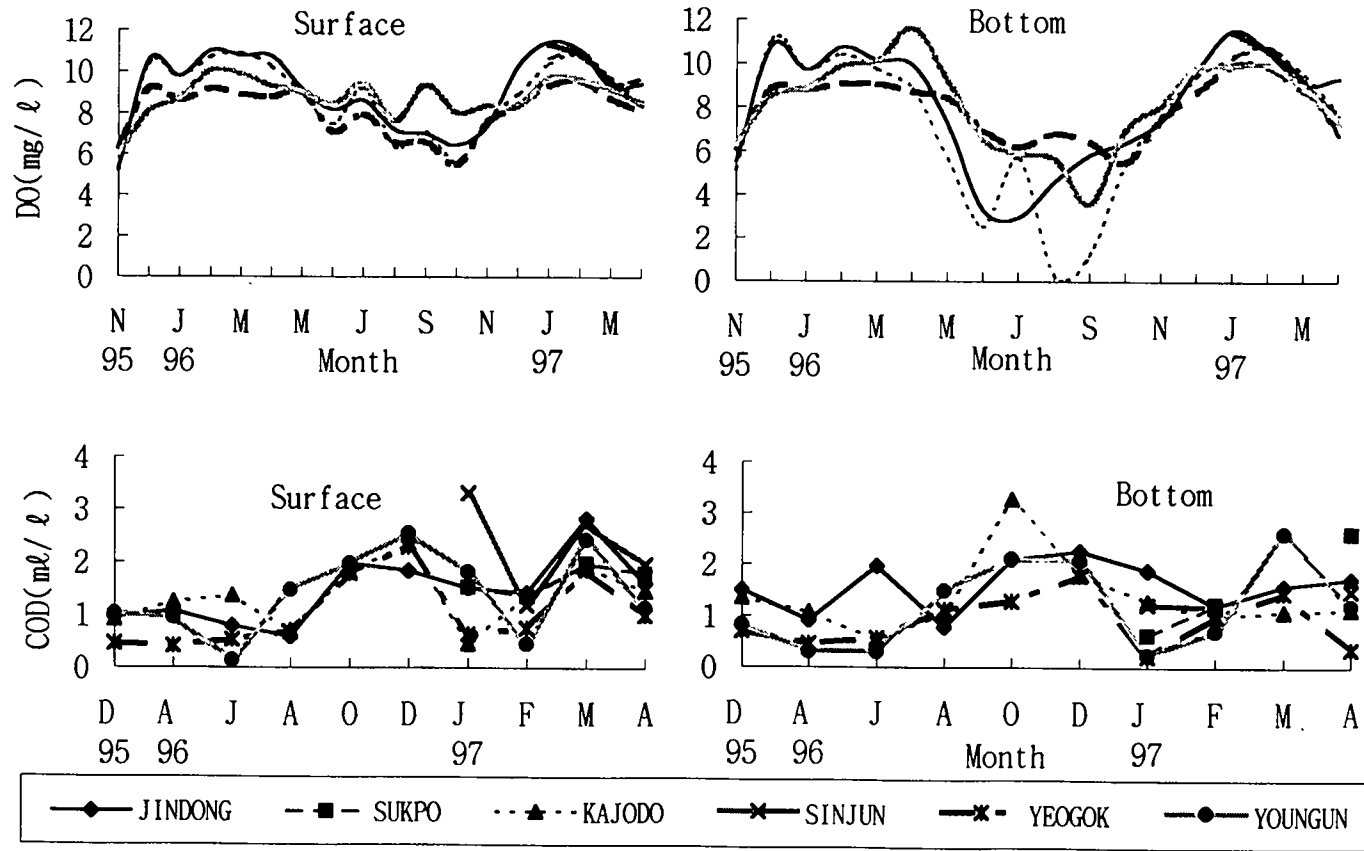


그림 6-2. 해역별 DO와 COD

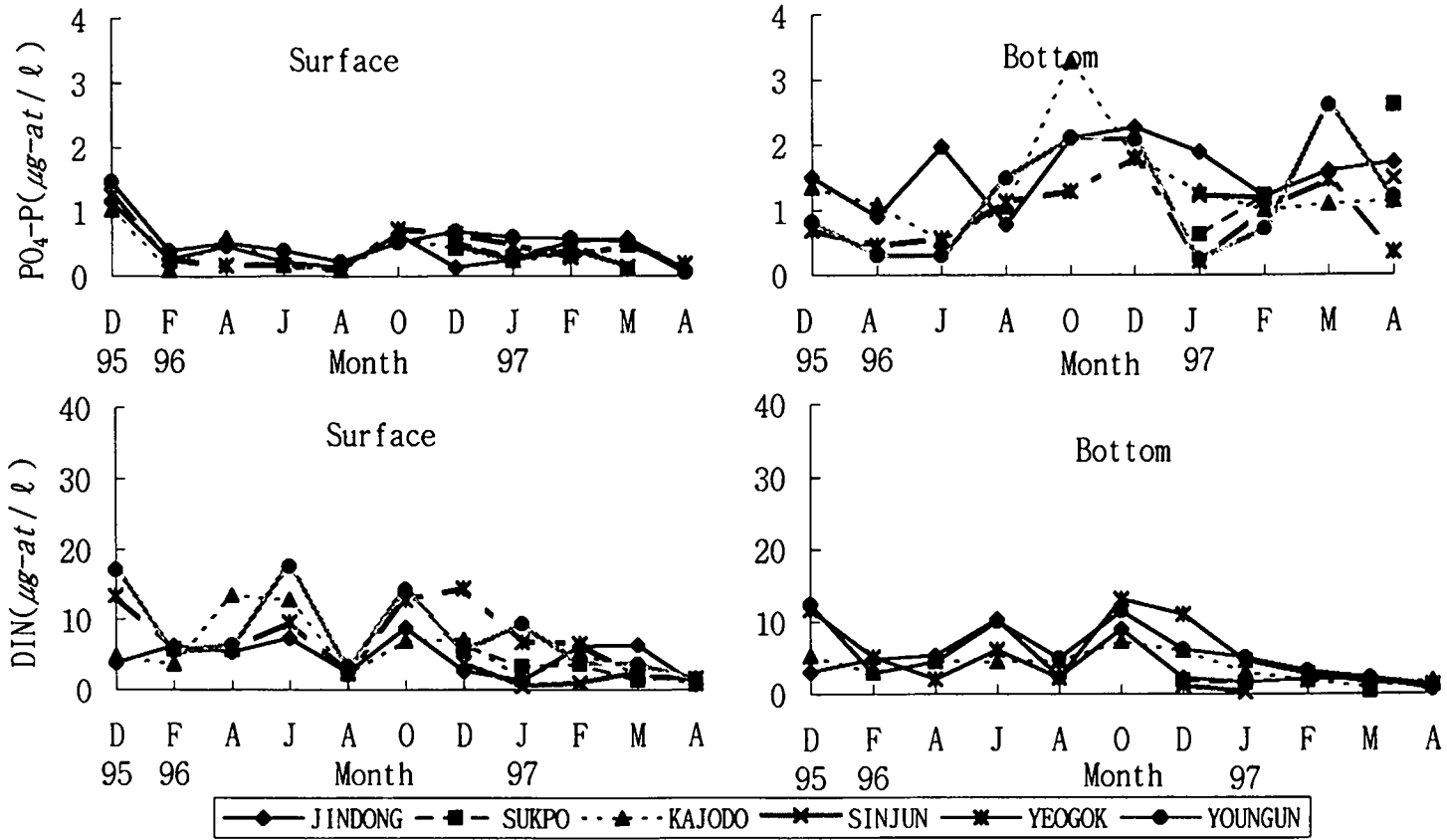


그림 6-3. 해역별 PO₄-P와 DIN

마. 클로로필-a

양식생물의 먹이량을 간접적으로 나타낸다고 생각되는 클로로필-a의 분포는 진해만의 3개 조사어장에서 표층이 0.03~6.38(평균: 1.92)mg/m³, 저층이 0.27~6.38(평균: 2.47)mg/m³ 범위였으며 통영일원의 조사지점에서는 각각 0.04~7.71(평균: 2.18)mg/m³, 0.85~3.94(평균: 2.14)mg/m³으로 표층의 경우에는 통영해역이 저층의 경우 진해만 해역이 높은 값을 보였으며 표,저층 평균값은 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 이와 같은 클로로필-a 농도는 마산만의 4.08~212.50(평균: 56.39)mg/m³나 가막만의 0.68~9.82(평균: 2.34)mg/m³보다 낮은 값이 었으나, 한산·거제만의 0.56~9.08(평균: 1.70)mg/m³보다는 다소 높은 농도를 보였다. 클로로필-a는 계절변화가 나타내는 것이 일반적이거나 본 조사에서는 조사시기와 지점에 따라 변화 폭이 심하였다. 진해만의 진동지점과 육지와 인접하고 반폐쇄적 만의 형태를 지닌 통영해역의 신전정점에서는 연중 평균 3.0mg/m³ 이상의 높은 농도 분포를 보이는 반면 진해만의 서부해역에 속하는 석포정점과 한산·거제만의 입구부에 위치한 통영의 예곡정점에서는 평균 1.5mg/m³ 이하의 농도 분포를 보여 큰 대조를 이루었다(그림 6-4).

2. 저질조사

가. 화학적 산소요구량(COD)

진해만 조사지점들의 화학적 산소요구량은 14.25~58.53(평균: 33.32)mg/g, 통영해역에서는 6.29~35.93(평균: 20.42)mg/g으로 평균 농도로 볼 때 두 해역 모두 부영양화 기준인 20mg/g을 초과하는 상태였으며 특히 진해만의 경우 오염의 기준인 30mg/g(수질오탁조사지침, 1980) 초과하여 저질오염이 심각함을 알 수 있었다. 저질에 축적된 유기물의 분해 과정에서 산소가 소모되므로 진해만 서부해역의 빈산소수괴 형성에는 저질오염이 큰 역할을 하고 있음을 보고한 바 있고(최, 1994) 산소가 부족한 상태에서 유기물이 분해될 경우 H₂S와 같은 유해물질이 발생하므로 심각한 저질오염은 어장환경의 질을 저하시킬 수 있는 요인으로 생각되었다(그림 6-5).

나. 황화물(Sulfide)

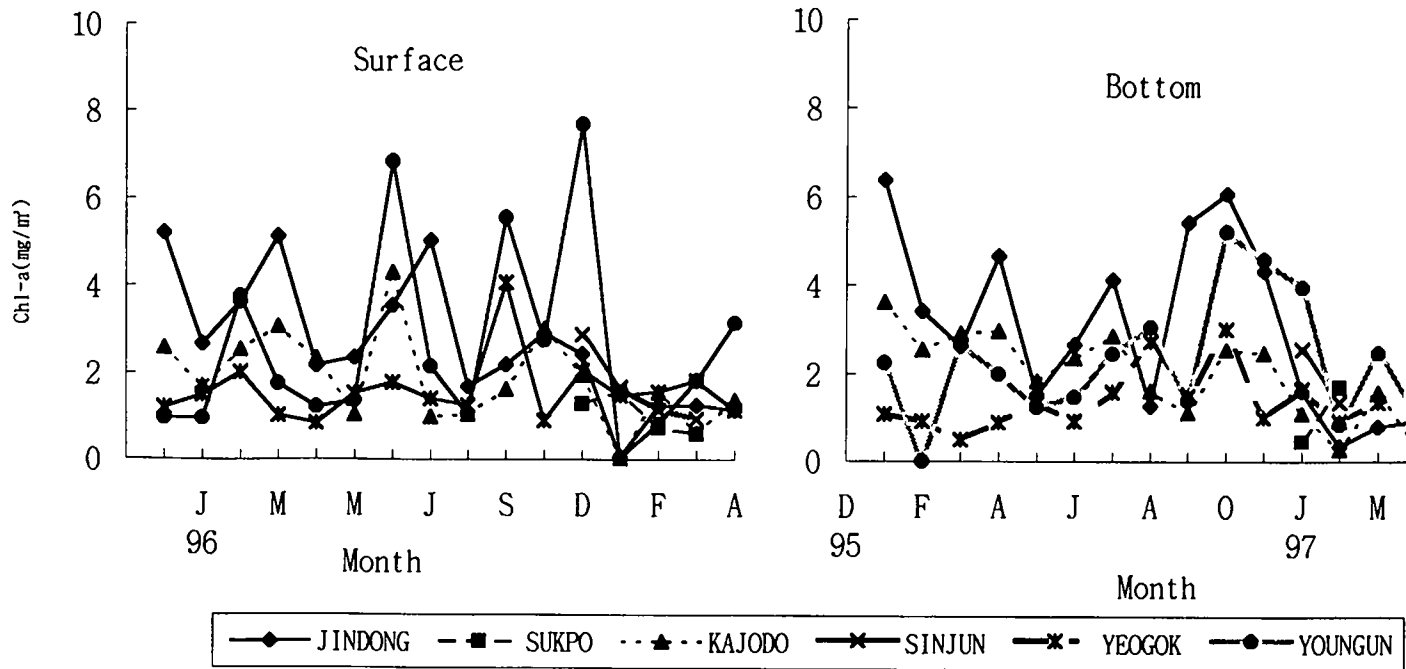


그림 6-4. 해역별 Chlorophyll-a량

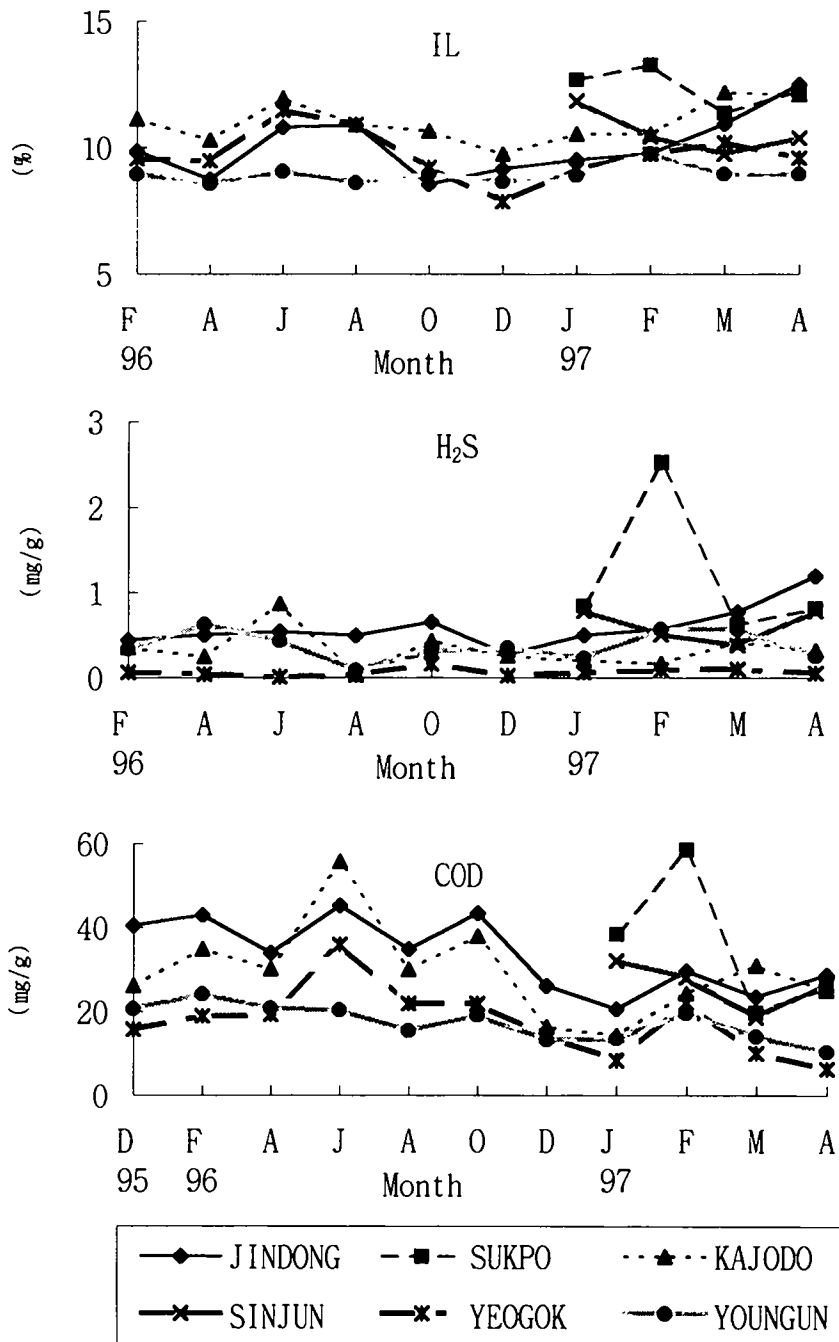


그림 6-5. 저질 조사 결과

황화물은 진해만의 조사지점들에서 0.04~2.52(평균: 0.72)mg/g, 통영일원에서는 0.01~0.78(평균: 0.35)mg/g으로 평균 농도로 볼 때 진해해역이 통영해역에 비해 2배이상 오염이 심하였다(그림 6-5).

다. 강열감량(I.L.)

COD와 같이 유기물의 간접지표로 이용될 수 있는 강열감량은 진해만 조사지점들에서 8.7~13.2(평균: 11.2)%, 통영해역에서 3.4~11.8(평균: 9.7)%로 강열감량 역시 진해만에서 높게 나타나 저질오염이 심각함을 나타내고 있었다(그림 6-5).

이상에서와 같이 진해만 중서부해역은 통영일원 해역에 비해 폐쇄성이 강해 외해와의 조류 소통이 불량하고 유속이 느려 호소와 같은 특징을 가지고 있으므로 계절에 따른 수온 및 염분 변동이 심하고 수온 성층이 강하게 형성되는 특징을 지니고 있었다. 여름철에는 빈산소수괴가 장기간 지속되고 저질오염이 심한 환경적인 문제점을 지니고 있으며 영양염 수준이나 먹이생물의 간접지표로 이용되는 클로로필-a양은 두 해역이 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 진해만의 진동정점과 통영해역의 예곡정점을 비교하여 볼 때 진동의 클로로필-a 농도가 뚜렷이 높았다.

3. 식물성 플랑크톤조사

가. 1차년도의 식물성 플랑크톤조사

미더덕의 해역별 양식시험과 품종별 성장비교시험을 위하여 진해만의 마산 진동과 거제 가조도해역 그리고 통영의 영운리 신전포, 한산만에 대하여 1995년 12월부터 1996년 6월까지 표층과 저층의 식물성 플랑크톤의 조성과 농도를 조사한 결과는 표 6-1, 2와 같다.

미더덕 4개소 시험양식장의 표층수의 월별 농도분포는 12월이 가장 낮아 60~1,910(평균: 683)cells/ℓ 이었고, 2월에는 1,000~59,600(평균: 30,895)cells/ℓ, 4월에는 1,060~589,650(평균: 183,790)cells/ℓ로 가장 높은 농도분포였고 6월에는 750~50,800(평균: 17,143)cells/ℓ 이었다.

한편, 해역별로는 진해만 중부해역인 진동만이 600~127,100(평균: 59,525)cells/

표 6-1. 1차년도 시험양식장 표층의 식물성 플랑크톤 조성(1995. 12~1996. 6)

(Unit : cells/ ℓ)

Species	Dec. '95		Jan. '96			Feb.			Mar.			Apr.			May		June				
	St.1	St.2	St.5	St.6	St.6	St.1	St.2	St.5	St.6	St.2	St.6	St.1	St.2	St.5	St.6	St.2	St.6	St.1	St.2	St.5	St.6
<i>Actinoptychus</i> sp.					100				50						30	400		100			50
<i>Amphora</i> sp.										50				100							
<i>Asterionella glacialis</i>																					400
<i>Ceratium furca</i>		80			80						30	100	50		30			300	180		
<i>Ceratium fusus</i>							940			50		600	200					46000	1230		50
<i>Chaetoceros</i> spp.	100	500	40	100	30	23000	310	17000	30	100			200	8000	100	100	4350	400	750	4800	250
<i>Codonellopsis</i> sp.																					50
<i>Coscinodiscus megalomma</i>		100																			
<i>Coscinodiscus</i> spp.	200	980		30	200				30	50	100		1850	100	30		350	200	280		
<i>Cylindrotheca closterium</i>					30								100					100	30	1600	
<i>Dictyocha fibula</i>																					200
<i>Dinophysis acuminata</i>													50			100		100			
<i>Diploneis splendida</i>					30						30										
<i>Ditylum brightwellii</i>									50				50	100	80		100				
<i>Eucampia zodiacus</i>							2000				3780				80		100				
<i>Eutreptiella gymnastica</i>										50											
<i>Fragilaria</i> sp.										50	30							100	30	400	
<i>Guinardia flaccida</i>															80						200
<i>Gymnodinium</i> spp.	100		20		1300	200	520	17000	680		480	200	300	4500	50		50				200
<i>Landeria borealis</i>					10																

St. 1 : 진동, St. 2 : 가조도, St. 5 : 영운, St. 6 : 한산도

표 6-1. 계속

	<i>Leptocylindrus danicus</i>										300		100		100	300		50	800			
	<i>Licmophora paradoxa</i>														200							
	<i>Melosira</i> sp.			50		500		100								100						
	<i>Nitzschia</i> spp.	80	15000	210	400		36060	100	123000	585000	2200	100	800	1700	200	30	1000	250				
	<i>Odontella sinensis</i>	30					50															
	<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>				100											500						
	<i>Paralia sulcata</i>					500																
	<i>Pleurosigma</i> spp.	30		1250			50					150		200	100	30	200					
	<i>Prorocentrum</i> spp.	30	200						1300	650			300	200	1200	1850	800	50				
170	<i>Protoperidinium</i> spp.	30	600	210	9000		100		1400	350	800	50			1200	580	600					
	<i>Rhizosolenia setigera</i>									50												
	<i>Rhizosolenia stolterforthii</i>								50													
	<i>Rhizosolenia</i> spp.	100		10	1200	2500	100	30	100		50	100		100				200	50			
	<i>Scrippsiella trochoidea</i>																		50			
	<i>Skeletonema costatum</i>	100	250	10		520	600		30			200		100								
	<i>Stauroneis membranacea</i>					200		100	350				100	200								
	<i>Stephanopyxis palmerina</i>				600				200	150												
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	30	17000	2610	1200	30	350	100				800	180		300	300	150	200				
	<i>Thalassiosira</i> spp.	80	1800	830		50	100				350	400		400	300	100	80					
	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>				4480																	
	Total	600	1910	60	160	2130	59600	14480	48500	1000	37210	5180	127100	589600	17400	1060	2500	8150	50800	5620	11400	750
	Species	5	5	2	5	15	9	12	11	9	13	12	8	17	12	13	9	13	14	16	13	7

표 6-2. 1차년도 시험어장 저층의 식물성 플랑크톤 조성(1995. 12~1996. 6)

(Unit : cells/ ℓ)

Species	Dec. '95		Jan. '96		Feb. '96		Mar. '96		Apr. '96		May '96		June '96	
	St.2	St.6	St.2	St.6	St.2	St.6	St.2	St.6	St.2	St.6	St.2	St.6	St.2	St.6
<i>Actinoptychus</i> sp.							100		650	80	150	200	30	180
<i>Alexandrium</i> sp.									300					
<i>Asterinella glacialis</i>													50	50
<i>Ceratium furca</i>	150		80		150				150	50			230	
<i>Ceratium fusus</i>					300	50			250		50		3350	
<i>Chaetoceros lorenzianum</i>		30												
<i>Chaetoceros mitra</i>	6850													
<i>Chaetoceros</i> spp.	50	10					500	400	6600		800	13150	2130	3450
<i>Codonellopsis</i> sp.													30	
<i>Coscinodiscus</i> spp.	250	10	80		50				150			1050		30
<i>Cylindrotheca closterium</i>							50		150			5400	50	150
<i>Dictyocha fibula</i>												200	500	
<i>Dinophysis acuminata</i>							50		50					
<i>Distephanus speculum</i>					50				50					
<i>Ditylum brightwellii</i>														30
<i>Eucampia zodiacus</i>							80	50						
<i>Eutreptiella gymnastica</i>									150					
<i>Gymnodinium</i> spp.			1900	600	780	30	100	1450	50			200		80

St. 2 : 가조도, St. 6 : 한산도

표 6-2. 계속

	<i>Leptocylindrus danicus</i>							180		600	50		2500	100	100
	<i>Licmophora paradoxa</i>										80		600		
	<i>Melosira</i> sp.		200						100				200		
	<i>Nitzschia longissima</i>												600		
	<i>Nitzschia</i> spp.	30	50	30	50220				67500	50	550		13700	150	580
	<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>													30	
	<i>Panalia sulcata</i>													250	150
	<i>Pleurosigma</i> spp.	30	100	30	150					500			1250	130	
	<i>Prorocentrum</i> spp.		30	100	480				1600		100		850	430	450
172	<i>Protoperidinium</i> spp.	10		30	50			180	50	450	50			250	30
	<i>Rhizosolenia stolterforthii</i>								450				650		
	<i>Rhizosolenia</i> spp.		30	650	30			50	550		50		400	80	30
	<i>Skeletonema costatum</i>	250	10						100				400		380
	<i>Stauroneis membranacea</i>								50	350					
	<i>Stephanopyxis palmerina</i>				100										
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>			150	500	950				250			400	130	
	<i>Thalassiosira</i> spp.			150	30	180	50	300	80	200			1300	30	
	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>			2850					100				200		
	<i>Thalassiothrix</i> spp.	100													
	Total	7950	70	-	2210	5250	1150	52700	2300	81200	1590	1900	43250	7980	5660
	Species	6	5	-	8	12	8	13	10	20	11	7	19	19	13

ℓ, 진해만 서부해역인 가조도는 1,910~592,450(평균: 108,553)cells/ℓ이었으며, 통영 영운리는 60~48,500(평균: 19,340)cells/ℓ, 한산만은 160~8150(평균: 2,633)cells/ℓ로 통영 해역보다 진해만이 높은 농도 분포였다.

진해만과 한산만 저층수의 식물성 플랑크톤에 있어서도 표 6-2에서 보는 바와 같이 진해만이 1,900~81,500(평균: 26,163)cells/ℓ, 한산만이 70~43,250(평균: 8,033)cells/ℓ로 진해만이 한산만 보다 높은 농도 분포였고, 표층이 저층보다 높은 농도 분포였다.

나. 2차년도의 식물성 플랑크톤 조사

미더덕 양식이 주로 이루어지고 있는 진해만의 가조도 치섬 부근(St. 2)과 신전의 굴 양식장(St. 3) 그리고 거제 연초면 석포 진주담치 양식장(St. 4)에서의 미더덕과의 성장을 비교하기 위하여 실험을 실시한 결과는 표 6-3, 4와 같다.

3개 시험양식장의 표층의 1997년 1~4월까지의 해역별 월별 농도분포를 보면 미더덕양식장인 가조도 치섬은 2,300~60,500(평균: 18,950)cells/ℓ로 2월이 가장 높았으며 굴 양식장인 가조도 신전양식장은 7,600~372,000(평균: 102,400)cells/ℓ로 1월이 가장 높았고 진주담치 양식장인 석포양식장은 2,800~42,600(평균: 23,700)cells/ℓ로 2월이 가장 높았다. 해역별로는 가조도 신전양식장이 가장 높은 농도 분포였으며 월별로는 동계에 높은 분포를 보였다. 한편, 저층의 농도 분포는 가조도 치섬 4,100~92,000(평균: 31,050)cells/ℓ, 신전은 2,100~68,000(평균: 24,775)cells/ℓ, 석포 2,200~34,200(평균: 12,950)cells/ℓ로 표층과 비슷한 경향을 나타내었다.

1996년부터 1997년까지 2년 동안의 식물성 플랑크톤의 조사결과를 종합하면 1차년도의 해역별 분포는 진해만이 표층에서 평균 59,525~108,553cells/ℓ, 통영해역이 평균 2,633~19,340cells/ℓ로 굴 양식장이 밀집해 있는 한산만이 가장 낮은 분포를 보였고, 진해만에서도 흰명게를 집중 양식하고 있는 진해만 중부의 진동만이 피조개 채묘 양식장이 집중되어 있는 진해만 서부의 가조도 해역보다 낮은 개체 분포를 보였으며 저층에서도 비슷한 경향을 보였다.

2차년도의 해역별 분포는 같은 진해만 서부해역에서도 표층의 경우 굴 양식장이 밀집에 있는 가조도 내만쪽의 신전해역이 평균 102,400cells/ℓ로 가장 높

표 6-3. 2차년도 시험양식장 표층의 식물성 플랑크톤 조성 (1996. 12 ~ 1997. 4)

(Unit : cells/ l)

Species	Dec. '96			Jan. '97			Feb.			Mar.			Apr.		
	St.2	St.3	St.4	St.2	St.3	St.4	St.2	St.3	St.4	St.2	St.3	St.4	St.2	St.3	St.4
<i>Alexandrium</i> sp.					500		2000	1000		100	200	1300	400	2200	2600
<i>Asterionella glacialis</i>	500						2000		2200						
<i>Ceratium furca</i>					1500	200									
<i>Ceratium fusus</i>				2000	4500	400	9500	400	3400	700	1400	1900	4000	4000	34400
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	201000				7500		4500	2000	1400					400	
<i>Chaetoceros danicus</i>	2500			1800		600	9500	200	3200						
<i>Chaetoceros debilis</i>	7000								4000						
<i>Chaetoceros didymus</i>	7000								400						
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>						600	9500	400							
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	33500														600
<i>Chaetoceros</i> sp.	4500							1200	1200		1000		800		
<i>Coscinodiscus gigas</i>	2000			1800		400	500								
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1500								200						
<i>Dictyocha fibula</i>							500								
<i>Dinophysis acuminata</i>												200			
<i>Ditylum brightwellii</i>	1000														
<i>Eucampia zodiacus</i>					500										

St. 2 : 가조도, St. 3: 신전, St. 4 : 석포

표 6-3. 계속

175

<i>Grammatophora marina</i>									200							
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	3000		400	322500	200		6400	2400	600	6400	2800					
<i>Gymnodinium</i> sp.			200									400			100	
<i>Gyrodinium</i> sp.				10500			3400	600		1400	1600	200	200		600	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	3500			1000		1500	800	5400								
<i>Licmophora</i> sp.			200					200			600					
<i>Melosira</i> sp.	8000							1600								
<i>Nitzschia pungens</i>	8000			500				800		1000		200			600	
<i>Nitzschia sigma</i>														200		
<i>Navicula incerta</i>	2000					1000		800	100						100	
<i>Protoperidinium conicoides</i>						1000		1400								
<i>Protoperidinium</i> sp.	500									200		200			100	
<i>Rhizosolenia setigera</i>						12500	600	10400								
<i>Rhizosolenia stolterforthii</i>	7000															
<i>Rhizosolenia</i> sp.				500												
<i>Skeletonema costatum</i>				22000			1000			600						
<i>Stauroneis membranacea</i>	500															
<i>Thalassionema nitzschioides</i>				500				200								
<i>Thalassiosira rotula</i>	7000					400				100	400					
<i>Thalassiosira</i> sp.	500					2000	400	2800				200	400		2300	
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	1000					4500				100						
Total	301500	-	-	6400	372000	2800	60500	18000	42600	2300	12000	8600	6600	7600	40800	
Species	21	-	-	6	12	7	14	13	19	7	8	7	8	6	8	

표 6-4. 2차년도 의 시험양식장 저층의 식물성 플랑크톤 조성(1996. 12~1997. 4)

(Unit : cells/ ℓ)

Species	Dec. '96			Jan. '97			Feb.			Mar.			Apr.		
	St.2	St.3	St.4	St.2	St.3	St.4	St.2	St.3	St.4	St.2	St.3	St.4	St.2	St.3	St.4
<i>Actinoptychus serarius</i>						400	200		400						
<i>Amphora</i> sp.	100												200		
<i>Alexandrium</i> sp.					500					300	200		9000	1000	200
<i>Asterionella glacialis</i>	300						1400	400							
<i>Bacteriastrum</i> sp.						600									
<i>Ceratium furca</i>				200											
<i>Ceratium fusus</i>				1900	1500	400	1800		1600	2500	100	700	74800	5800	4400
<i>Chaetoceros curvisetus</i>							500	400	2000				600	600	
<i>Chaetoceros danicus</i>	200					2000	3400	200	3200						
<i>Chaetoceros debilis</i>	9500						700								
<i>Chaetoceros decipiens</i>							500								
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>						600	1500	600	400		200			1200	1000
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	18900														
<i>Chaetoceros</i> sp.	2100			1200		200	2700	4000	2600			500			200
<i>Coscinodiscus gigas</i>				200											
<i>Cylindrotheca closterium</i>							1100								
<i>Dinophysis acuminata</i>					500	400				400					
<i>Eutreptiella gymnastica</i>							100	200							
<i>Fragilaria</i> sp.							700	400	600					400	
<i>Gymnodinium sanguineum</i>				100	55000	200	700	3200			1300		400	600	

St. 2 : 가조도, St. 3: 신전, St. 4 : 석포

표 6-4. 계속

177

<i>Gymnodinium</i> sp.				200					600	700		400		1200	1200
<i>Gyrodinium</i> sp.					7000		100	400		100	100	200	1400		600
<i>Leptocylindrus danicus</i>	400						1900	600	3000						800
<i>Melosira</i> sp.	200														200
<i>Nitzschia pungens</i>	400								1000				200		2000
<i>Nitzschia sigma</i>						200									
<i>Navicula incerta</i>						800	200		200					600	
<i>Paralia sulcata</i>														1600	
<i>Pleurosigma</i> sp.					500		300								
<i>Prorocentrum triestinum</i>	300													200	
<i>Protoperidinium</i> sp.									1600	400	200	300	1000	200	200
<i>Rhizosolenia setigera</i>							1000	600	14200						
<i>Rhizosolenia</i> sp.						200	300		400						
<i>Scrippsiella trochoidea</i>				100											
<i>Skeletonema costatum</i>	300				2000		600	2600	800						
<i>Stauroneis membranacea</i>	200														
<i>Thalassionema nitzschioides</i>					1000	1200	800					100			
<i>Thalassiosira hyalina</i>							200								
<i>Thalassiosira rotula</i>						400	1000	1200							
<i>Thalassiosira</i> sp.	1500			200			700		400				2000	200	
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	700						1300		1200						
Total	35100	-	-	4100	68000	7600	23700	14800	34200	4400	2100	2200	92000	14200	7800
Species	14	-	-	8	8	13	25	13	17	6	6	6	12	12	7

은 개체 분포를 보였고, 진주담치 양식장이 밀집한 거제 석포 양식장은 평균 23,700cells/ℓ 였고, 피조개 채묘 양식장이 밀집한 가조도 치섬은 평균 18,950cells/ℓ 로 가장 낮은 개체 분포를 보였다.

제 7 장 미더덕 영양성분

제 1 절 서 설

미더덕(*Styela clava*)은 분류학적으로 척추동물과 무척추동물의 중간적 위치를 가진 원색동물의 미색류에 속하는 부착생물로서 단단한 패각이나 바위 등에 부착하여 생활한다. 이 때문에 남해연안에서 양식하고 있는 굴, 진주담치 등의 양식물에 부착하는 부착생물로서 문제가 되기도 한다. 그러나 미더덕은 단단한 외피를 벗기고 잘 씻어서 찜 또는 된장찌개로 조리하면 향긋한 향기와 함께 독특한 맛이 있어서 옛부터 남해안의 명산물로 알려져 있다.

미더덕에 대한 영양성분 연구는 이 등(1975, 1983, 1985)이 유리아미노산에 대한 분석, 흰명게의 정미성분에 관한 연구, 우렁쉥이 및 미더덕의 지방질 성분에 대한 단편적인 영양성분 조성에 관한 연구를 실시한 바 있다.

본 연구에서는 미더덕의 계절 및 양식해역에 따른 식품, 영양학적 가치 및 적정이용의 기초자료를 얻고자 일반성분, 지방산 및 유리아미노산을 분석하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 시료

본 실험에 사용한 미더덕은 한산만, 통영만, 진동만 및 가조도의 미더덕 시험양식장에서 시기별로 채취하여, 껍질을 벗기고 펄을 씻은 다음 실험재료로 사용하였다.

2. 실험방법

가. 일반성분의 분석

수분은 상압가열건조법, 조단백질은 semi-micro kjeldahl법, 조지방은 soxhlet법, 회분은 건식회화법으로 정량하였다.

나. 글리코겐의 정량

대형 시험관 중에 30% 수산화 칼륨용액 10ml를 취해 가온하여 놓고, 여기에 시료육 5g을 취해 유리막대로 잘 저어서 완전히 액화시킨다. 냉각후 에탄올 20ml를 가하여 잘 혼합시킨 후 방치하여 두면 글리코겐의 침전이 생기므로 원심분리(3,000rpm, 15분)하여 상등액을 버리고 소량의 물로 씻고, 포화 염화칼슘용액을 1방울 가하고 에탄올 1.5배량을 가해서 정치후 원심분리하여 상등액을 제거하고 위의 조작을 2~3회 반복하고, 수욕중에서 에탄올을 완전히 제거한다. 물 2ml를 가해 침전물을 용해하고, 2N 황산 1ml를 가해서 비등수욕중에서 2~2.5시간 가열하고 냉각후 페놀프탈레인 용액 1방울을 떨어뜨리고, 0.5N 수산화 나트륨용액으로 약간 홍색이 될 때까지 중화하고 50ml로 정용한다.

Hagedorn-Jensen법용 시약을 가하여 가열후 냉각하여 1% 전분 지시약을 가하고 0.01N 티오 황산나트륨으로 적정하여 육중의 Glucose의 mg수를 계산하고 여기에 분자량비에 따라 0.9를 곱하여 글리코겐양으로 계산하였다.

다. 지질분획 및 지방산 조성의 분석

Bligh and Dyer의 방법에 따라 시료의 총지질을 추출하고, 추출된 총지질은 藤野의 방법에 따라 silicic acid column chromatography법으로 비극성지질 및 극성지질로 분획하였다. 이들 각 획분을 감압농축하여 용매를 제거한 후 중량법에 의하여 비극성 및 극성지질의 조성비를 구하였다. 시료 총지질 및 분획된 지질의 지방산 조성은 각 지질을 1.0N/95% ethanol용액으로 검화한 다음 14% BF_3 -methanol을 3ml가하여 95°C에서 30분간 환류가열하여 지방산 methylester를 조제한 후 GLC로써 분석하였다.

라. 유리아미노산의 분석

시료 10g을 정칭하여 10% TCA 40ml를 가한 후 원심분리(4,000rpm, 10min)하였다. 상층액중 30ml를 취하여 동량의 ether로써 세정한후 농축하여 물로서 50ml로 하였다. 이 중 20ml를 취하여 Amberlite IR-120수지에 흡착시켜 세정한 다음 2.0N NH_4OH 로 용출시켜 이를 감압농축하였으며, pH 2.2 citrate buffer로서 25ml로하여 아미노산 자동분석계로서 분석정량하였다. 이때의 분석 조건은 표 7-1과 같다.

표 7-1. 아미노산 자동분석기 분석조건

Instrument	Hitach 835 amino acid analyzer
Column size	2.6mm×150m i.d
Resin	Sharp 2610, 2619(Na ⁺ form)
Mobile phase	1. 0.2N Sodium citrate buffer (pH 3.2) 2. 0.2N Sodium citrate buffer (pH 3.3) 3. 0.2N Sodium citrate buffer (pH 4.3) 4. 1.2N Sodium citrate buffer (pH 4.9)
Analysis cycle	70min
Flow rate	Buffer 0.225ml/min Ninhydrin 0.3ml/min
Pressure	Buffer 80~130kg/cm ² Ninhydrin 15~35kg/cm ²
Column Temperature	53℃
Range of optical density	640nm

제 3 절 결과 및 고찰

1. 일반성분의 변화

한산만, 통영만, 진동만 및 가조도에서 채취한 미더덕의 월별 일반성분은 표 7-2와 같다. 3월에 채취한 한산만 미더덕의 경우 수분함량이 84.1%이었고, 조지방 및 조회분이 모두 2.6%이었으며, 계절에 따른 이들 성분변화는 거의 없었다. 그러나 글리코젠함량은 3.8%이었으나 수온의 증가로 생식소가 발달함에 따라 서서히 감소하여 산란직전이라 판단되는 7월에 2.2%로 최소치에 이르렀고, 산란후라 판단되는 8월에는 다시 증가하는 경향을 나타내었다. 계절에 따른 단백질 함량은 3월이후에 서서히 증가하여 7월에 8.4%로 최대치를 나타내었고, 그 후 8월에는 감소하여 글리코젠 함량과는 역상관관계를 나타내었다. 한편, 서식지에 따른 미더덕의 일반성분은 거의 차이가 없었다.

2. 비극성 지질 및 극성지질의 함량

6월에 채취한 한산만, 통영만, 진동만 및 가조도에서 채취한 미더덕의 총지질을 분획하여 얻은 비극성 지질 및 극성 지질의 함량은 표 7-3과 같다. 비극성지질 조성비의 경우 진동만에서 채취한 시료가 69.2%로 가장 높았고, 통영만, 가조도에서 채취한 시료는 약 61%였으며, 한산만에서 채취한 시료는 53.3%로 다른 시료에 비하여 다소 낮았다.

표 7-3. 총지질에 대한 미더덕의 극성 지질 및 비극성 지질 함량

	(wt %)			
	A*	B	C	D
Non-polar lipid	53.3	61.1	69.2	61.9
Polor lipid	46.6	38.9	30.8	38.1

* Refer to the footnote in Table 2.

표 7-2. 미더덕의 계절별 일반성분 변화

		Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.
Moisture	A*	84.1	84.9	85.0	85.4	84.2	85.2
	B	83.2	83.1	84.7	84.8		
	C	83.8	82.9	83.8	83.4		
	D	83.5	83.9	84.3	83.6		
Lipid	A	2.6	2.6	2.2	2.5	2.8	2.6
	B	2.3	2.4	2.1	2.0		
	C	2.5	3.1	2.7	2.5		
	D	2.5	2.7	2.6	2.8		
Protein	A	7.4	7.8	7.3	8.2	8.4	7.0
	B	8.3	8.4	8.0	7.8		
	C	8.0	8.6	8.4	9.2		
	D	7.1	7.3	8.3	8.4		
Ash	A	2.6	2.5	2.2	2.4	2.5	2.5
	B	2.2	2.4	2.3	2.3		
	C	2.3	2.6	2.5	2.6		
	D	2.6	2.5	2.4	2.3		
Glycogen	A	3.8	3.0	2.6	2.3	2.2	2.8
	B	3.8	3.6	3.2	2.5		
	C	3.9	3.2	3.0	2.6		
	D	4.3	3.1	2.8	2.6		

- * A; Cultred in Hansanman
 B; Cultled in Tongyongman
 C; Cultled in Jindongman
 D; Cultled in Kajodo

3. 총지질의 지방산 변화

3월 및 6월에 채취한 서식지별 미더덕의 총지방산 조성은 표 7-4와 같다. 총지질을 구성하는 지방산 조성은 서식지 및 계절에 관계없이 폴리엔산이 53.6~58.8%로 절반이상을 차지하여 가장 높았고, 다음으로 포화산(21.9~26.1%) 및 모노엔산(17.5~21.0%)의 순이었으며, 주요 구성지방산으로는 16:0, 16:1n-7, 20:5n-3 및 22:6n-3등이었다. 주요 구성지방산중에서도 특히 혈중 콜레스테롤치 개선과 성인병 예방에 탈월한 효과⁴⁾가 있다고하여 근년에 기능성 성분으로 상당히 각광을 받고 있는 EPA, DHA 20:5n-3 및 22:6n-3 조성비의 경우 45%내외로 멸치, 정어리 및 고등어 등과 같은 등푸른 생선의 20:5n-3 및 22:6n-3 조성비 보다 높아 영양면으로 볼 때 미더덕의 지질조성은 상당히 우수하다고 판단되었다. 한편 3월에 채취한 미더덕의 경우 진동만 및 가조도에서 채취한 것이 한산만 및 통영만에서 채취한 것보다 포화산 및 모노엔산의 조성비는 낮았고, 폴리엔산의 조성비는 높았다. 채취지역에 관계없이 3월에 채취한 시료와 6월에 채취한 시료간에 지방산 조성의 변화는 미미하였다.

4. 극성 지질 및 비극성 지질의 지방산 조성 변화

미더덕의 채취시기별 및 해역별 중성 지질 및 극성 지질의 지방산 조성은 표 7-5와 같다. 채취지역에 관계없이 중성 지질 및 극성 지질이 모두 폴리엔산이 절반이상을 차지하여 조성비가 가장 높았고, 다음으로 포화산 및 모노엔산의 순이었으며, 주요 구성 지방산으로는 16:0, 16:1n-7, 20:5n-3, 22:6n-3으로 총지질의 지방산 조성과 큰 차이는 없었다.

5. 유리아미노산 함량변화

일반적으로 수산물의 맛은 유리아미노산 함량에 의한 영향이 크므로 미더덕의 채취시기별 및 해역별 맛 성분의 함량을 유리아미노산 함량으로 살펴본 결과는 표 7-6과 같다. 3월에 채취한 미더덕의 유리아미노산의 함량은 진동만에

표 7-4. 총지질에 대한 미더덕의 지방산 조성

(area %)

Fatty acid	Mar.				Jun.			
	A*	B	C	D	A	B	C	D
14:0	3.7	3.7	3.9	3.3	3.6	2.9	4.5	3.0
15:0iso	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3
15:0	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.6	0.4
16:0iso	1.3	0.8	0.8	1.1	0.9	0.6	0.4	0.2
16:0	13.2	13.6	11.1	13.0	14.2	14.2	13.8	13.9
17:0iso	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5
17:0	0.8	0.8	0.7	0.6	1.1	1.0	0.8	0.7
18:0	4.8	5.2	4.0	4.5	6.6	5.8	5.1	4.3
Saturates	25.1	25.3	21.9	23.7	28.1	25.9	26.1	23.3
16:1n-7	7.2	6.8	7.8	6.7	5.9	7.5	8.4	6.9
16:1n-5	0.7	0.7	1.0	0.8	0.7	0.8	0.7	0.6
18:1n-9	6.8	6.2	3.9	4.6	4.8	3.9	3.1	4.9
18:1n-7	4.7	4.5	4.8	3.6	4.5	5.1	4.6	4.4
18:1n-5	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2
20:1n-11	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
20:1n-9	0.5	0.7	0.3	0.5	0.4	0.2	0.0	0.4
20:1n-7	0.4	0.6	0.2	0.4	0.5	0.4	0.2	0.4
22:1n-9	0.1	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0
22:1n-7	0.1	0.0	1.0	0.1	0.0	0.0	0.8	0.0
Monoenes	21.0	20.0	19.7	17.6	17.5	18.5	18.5	18.1

표 7-4. 계속

Fatty acid	Mar.				Jun.			
	A*	B	C	D	A	B	C	D
16:2n-4	0.3	0.2	0.0	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1
16:3n-4	0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
16:4n-3	0.2	0.1	2.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.0
16:4n-1	2.1	2.3	0.0	2.0	3.0	2.4	1.5	1.6
18:2n-6	1.4	1.9	1.9	1.8	1.7	2.0	2.0	2.3
18:2n-4	0.4	0.3	0.7	0.4	0.2	0.3	0.5	0.2
18:3n-6	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1
18:3n-4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2
18:3n-3	0.9	1.5	1.4	0.6	1.8	1.6	1.6	1.2
18:4n-3	2.9	4.2	3.2	2.3	3.1	3.9	3.0	2.2
20:2n-9	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2
20:2n-6	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1
20:4n-6	1.2	1.0	1.3	1.3	1.9	1.3	1.3	1.5
20:3n-3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:4n-3	0.3	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.3
20:5n-3	20.2	19.9	28.1	23.6	21.6	20.4	25.3	23.4
21:5n-3	0.5	0.5	0.0	0.6	0.5	0.5	0.0	0.4
22:4n-6	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
22:5n-6	0.2	0.2	0.1	0.2	0.5	0.4	0.4	0.3
22:5n-3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.7	0.6	0.6	0.4
22:6n-3	21.6	20.8	17.6	23.6	19.3	20.5	17.7	24.2
Polyenes	53.6	54.7	58.4	58.6	56.3	55.5	55.5	58.8
TUFA/TSFA	3.0	3.0	3.6	3.2	2.6	2.9	2.8	3.3
TPEA/TMEA	2.6	2.7	3.0	3.2	3.2	3.0	3.0	3.2
TEFA(%)	4.4	5.2	5.8	4.5	6.2	5.7	5.8	5.5

TUFA : total unsaturated fatty acid, TSFA : total saturated fatty acid

TPEA : total polyenes acid, TMEA : total monoenoic acid

TEFA : total essential fatty acid

* Refer to the footnote in Table 2

표 7-5. 미더덕의 극성 지질 및 비극성 지질의 지방산 조성

(area %)

Fatty acid	Nonpolar lipid				Polar lipid			
	A*	B	C	D	A	B	C	D
14:0	5.8	5.3	6.5	5.6	0.7	0.9	1.3	1.2
15:0iso	0.8	0.6	0.4	0.9	0.3	0.3	0.4	0.3
15:0	1.0	0.8	0.6	0.8	0.6	0.5	0.6	0.5
16:0iso	0.6	0.4	0.3	0.3	2.1	1.8	2.1	2.5
16:0	15.8	14.7	14.0	15.5	10.6	11.9	11.6	13.5
17:0iso	0.4	0.3	0.3	0.3	1.5	1.1	1.0	1.4
17:0	1.3	1.0	0.9	1.0	1.2	1.2	1.3	1.4
18:0	5.5	4.5	4.1	4.5	8.2	8.1	7.1	6.7
Saturates	31.2	27.6	27.1	28.9	25.2	25.8	25.4	27.5
16:1n-7	8.1	9.2	9.0	7.4	3.2	3.3	3.4	3.0
16:1n-5	1.0	0.8	0.7	0.8	1.2	1.1	1.1	1.0
18:1n-9	5.2	3.8	4.4	4.1	4.3	3.9	4.3	3.6
18:1n-7	4.4	4.9	4.2	3.6	4.3	4.7	3.1	2.8
18:1n-5	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2
20:1n-11	0.2	0.2	0.2	0.3	1.0	0.6	0.6	0.5
20:1n-9	0.5	0.2	0.2	0.3	0.7	0.0	0.3	0.0
20:1n-7	0.4	0.4	0.2	0.2	2.4	0.7	0.5	0.3
22:1n-9	0.3	0.2	0.3	0.2	0.0	0.3	0.3	0.4
22:1n-7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0
Monoenes	20.5	20.2	19.6	17.3	17.3	14.9	14.1	11.8

표 7-5. 계속

Fatty acid	Nonpolar lipid				Polar lipid			
	A*	B	C	D	A	B	C	D
16:2n-4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.5	0.2	0.7	0.5
16:3n-4	0.3	0.2	0.3	0.1	0.4	0.2	0.3	0.3
16:4n-3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.0	0.1	0.2	0.1
16:4n-1	0.2	0.2	0.2	0.2	7.1	6.0	5.1	6.9
18:2n-6	2.1	2.6	2.4	2.4	1.2	1.6	1.9	1.9
18:2n-4	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5	0.1	0.3	0.1
18:3n-6	0.4	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4
18:3n-4	0.5	0.2	0.2	0.1	1.1	0.2	0.6	0.4
18:3n-3	2.1	2.3	1.9	1.5	0.9	1.1	1.0	1.0
18:4n-3	4.3	5.5	4.3	3.7	0.4	1.2	0.8	1.2
20:2n-9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2
20:2n-6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.1
20:4n-6	1.2	0.8	0.9	0.8	2.4	2.2	3.0	2.2
20:3n-3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20:4n-3	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3
20:5n-3	15.9	18.0	20.3	19.1	23.7	24.4	26.0	22.0
21:5n-3	0.5	0.5	0.8	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3
22:4n-6	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0
22:5n-6	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	0.6	0.6	0.9
22:5n-3	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6
22:6n-3	17.8	18.9	18.5	23.0	17.0	19.2	18.2	21.0
Polyenes	48.2	52.1	53.2	53.9	57.6	59.3	60.8	60.4
TUFA/TSFA	2.2	2.6	2.7	2.5	3.0	2.9	2.9	2.6
TPEA/TMEA	2.4	2.6	2.7	3.1	3.3	4.0	4.3	5.1
TEFA(%)	6.8	6.8	6.5	5.4	6.6	5.6	7.2	6.0

TUFA : total unsaturated fatty acid, TSFA : total saturated fatty acid

TPEA : total polyenes acid, TMEA : total monoenoic acid

TEFA : total essential fatty acid

* Refer to the footnote in Table 2.

표 7-6. 미더덕의 유리아미노산 함량

Amino acid	(mg/100g)							
	Mar.				Jun.			
	A*	B	C	D	A	B	C	D
Taurine	588.6	549.1	551.6	540.8	407.7	353.7	314.4	307.3
Aspartic acid	25.5	42.6	43.0	42.1	14.6	17.3	12.6	14.2
Threonine	38.2	42.7	64.4	59.6	11.2	14.4	10.7	13.3
Serine	15.3	26.3	28.8	30.0	7.2	7.8	8.6	9.4
Glutamic acid	197.4	243.2	248.7	206.1	70.6	75.6	87.0	72.4
Glycine	197.6	200.2	122.4	120.0	82.3	74.4	57.6	54.1
Alanine	123.1	108.1	167.7	157.8	61.2	70.3	67.5	56.5
Cystine	24.4	21.4	28.2	29.0	20.3	19.4	19.0	12.8
Valine	26.5	28.7	39.5	41.1	15.2	15.1	13.2	14.2
Methionine	13.1	13.5	12.4	16.0	4.8	5.7	6.0	4.3
Isoleucine	10.4	12.8	13.6	18.2	5.7	5.6	5.2	6.3
Leucine	14.2	17.3	18.8	26.5	6.6	4.8	5.6	8.2
Tyrosine	7.2	6.0	8.7	11.4	3.6	3.5	3.7	3.8
Phenylalanine	16.8	17.0	21.0	30.8	10.1	9.8	8.0	9.1
Lysine	12.5	27.4	21.1	27.7	8.0	4.2	4.3	6.5
NH ₃	53.5	70.4	62.2	38.0	61.1	77.4	72.4	92.4
Histidine	5.8	8.0	7.5	6.4	2.0	1.1	13.1	10.1
Arginine	1.8	4.1	2.6	4.1	1.7	0.0	0.0	1.9
Proline	165.5	200.6	280.3	190.4	55.4	108.8	66.1	52.0
Total	1,537.4	1,639.4	1,742.5	1,596.0	849.3	868.9	775.0	748.8

* Refer to the footnote in Table 2.

서 채취한 것이 1,742.5mg/100g으로 가장 많았고, 다음으로 통영만(1,639.4mg/100g), 가조도(1,596.0mg/100g) 및 한산만(1,537.4mg/100g)의 순이었다. 채취해역에 관계없이 주요 유리아미노산으로는 동맥경화 및 혈전병 등에 탁월한 효과가 있어 주목받고 있는 taurine(540.8~588.6mg/100g)과 glutamic acid(197.4~248.7mg/100g), proline(165.5~280.3mg/100g) 및 glycine(120.0~200.2mg/100g) 등 이었다. 채취시기에 따른 유리아미노산 함량은 3월에 채취한 시료가 6월에 채취한 시료보다 훨씬 많아 유리아미노산 함량만으로 미루어 볼 때 미더덕의 맛은 3월에 채취한 시료가 6월에 채취한 시료보다 훨씬 농후하리라 판단되었다.

제 8 장 요약 및 결론

1. 요약

가. 서식생리 생태조사

미더덕의 서식환경 파악을 위하여 수온, 염분, 저산소에 대한 내성 및 산소소모량 실험을 실시한 결과, 서식 적수온은 2~15℃로서 20℃이상의 고수온에는 약하였고, 적정 염분농도는 30~35‰로서 29.1 ‰ 이상의 자연해수에 가까운 염분농도에서는 폐사가 발생되지 않았다. 그리고 저산소(1 ppm이하)에 대한내성은 굴과 진주담치보다 약하였으며, 산소소모량은 0.63 ml/hr로서 굴(0.58 ml/hr), 진주담치(0.61 ml/hr)보다 다소 높은 것으로 나타났다.

나. 섭식생리 생태조사

패류양식장에서 먹이경쟁관계에 있는 미더덕과 굴의 섭식생리 생태파악을 위하여 집단 여수율, 섭식량, 배설량 및 지방산조성을 비교한 결과, 미더덕이 굴에 비하여 집단여수율은 3.4배, 식물성 플랑크톤의 섭식량은 1.1배, 배설량은 1.7~2.6배 높게 나타났다. 그리고 지방산조성을 살펴보면 미더덕의 육과 변에는 TMTD(4,8,12-trimethyl-tridecanoic acid)가 존재하지 않았으나 굴의 육과 변에는 TMTD가 존재하였고, 미더덕이 굴에 비하여 아주 높은 홀수지방산의 함량을 나타내어 먹이에 대한 선택성, 기호성 내지는 소화기구에 차이가 있음을 알 수 있었다.

다. 생식생리 생태조사

미더덕의 생식생리 생태조사를 위하여 생식도 속도, 산란시기 및 유생분포조사를 실시한 결과, 미더덕의 생식소 난경은 168.3~229.7 μm 였으며 성숙개체 출현율은 5~9월이 100% 출현율을 나타내어 이 시기가 주 산란기로 판단되었다.

진해만 서부해역과 한산만 주변해역의 유생 주 출현시기는 6~9월로 나타났으며 6월하순~8월중순이 주 채묘 시기인 것으로 고찰되었다.

라. 미더덕과 주요 양식 품종의 양식시험

미더덕의 해역별 성장도와 수층별, 수하연 간격별 성장도를 비교하였으며, 또한 미더덕이 굴, 진주담치등 타 양식품종에 미치는 영향을 파악하기 위하여 단독·복합 양식시험을 실시하여 비교·분석하였다.

해역별 성장도를 비교해 보면 부영양 해역인 진해만 중서부의 진동, 가조도 해역이 통영 영운 및 한산해역에 비하여 성장이 우수하였으며, 수층별 성장도는 2월까지는 4m 이심 수층(4~8m)이 표층 2m 수층(2~6m)보다 성장이 다소 빨랐으나 3월에서 6월까지는 표층 2m 수층의 성장이 우수한 것으로 나타났다.

수하연 간격별(30, 50, 70cm) 성장도는 3월에는 각 시험구 모두 비슷하였으나 4월에는 50cm구가, 5월이후에는 70cm구의 성장이 다소 빨랐다. 그러나 5월 이후의 수온상승에 따른 폐사율 증가, 성장의 부진, 부착생물 부착율 증가등 여러 가지 요건을 감안하면 수하연 간격은 50 cm가 적절할 것으로 사료되었다.

마. 미더덕 양식실험 해역의 어장환경 특성

미더덕 양성해역인 진해만 중서부 해역의 수질은 화학적산소요구량(COD), 용존 무기질소(DIN)등이 해역Ⅱ등급 기준인 2.0 mg/l, 7.14 $\mu\text{g-at/l}$ 이하의 양호한 상태를 나타내었으며, 먹이생물의 지표인 클로로필-a양은 진해만 중서부 해역이 통영 한산해역보다 1.8~2.3 배 높은 것으로 나타났다.

저질의 화학적산소요구량은 진해만 33.32 mg/g, 통영해역 20.42 mg/g으로 모두 양식장 적지 기준인 20 mg/g을 초과하는 상태였으며, 황화물은 진해만 0.72 mg/g, 통영해역 0.35 mg/g, 강열감량은 진해만 11.2%, 통영해역 9.7%로 저질오염이 심각함을 알 수 있었다.

바. 미더덕 영양성분

미더덕의 계절별 양식해역에 따른 식품영양학적 가치를 평가하기 위하여 일반성분, 지방산 및 유리아미노산을 분석하였다.

글리코젠 함량은 3월에 3.8 %였으나 수온의 증가로 생식소가 발달함에 따라 서서히 감소하여 산란직전인 7월에는 2.2%로 최소값을 나타내었으며 단백질 함량은 3월이후 서서히 증가하기 시작하여 7월에는 8.4 %로 최대값을 나타내는 역상관관계를 나타내었다.

유리아미노산 함량과 EPA, DHA등 고도불포화지방산 함량은 6월산보다 3월산이 높았으며, 해역별 유리아미노산 함량은 진동만이 1742.5 mg/100g으로 가장 높았고 통영만(1639 mg/100g), 가조도(1596 mg/100g), 한산만(1537 mg/100g)의 순이었다.

2. 결론

미더덕의 해역별 양성시험 결과 부영양 해역인 진해만 중서부의 가조도 해역이 통영 영운 및 한산 해역에 비하여 성장도 뿐만 아니라 영양적으로도 다소 우수한 것으로 나타났다.

미더덕은 7~9월 하절기에 산란 채묘되어 익년 3~4월까지 성장하며, 수온이 20℃ 이상 상승하는 6월 이후에는 성장이 정지되고 폐사도 증가하므로 주수확기는 4~5월이며, 이 시기에 수확된 미더덕이 6월에 수확된 미더덕에 비하여 맛성분인 유리아미노산 함량이 1.8~2.2배 높았고, 고도불포화지방산인 EPA, DHA의 함량도 다소 높은 것으로 나타났다.

미더덕의 양성해역인 진해만 중서부 해역의 수질은 해역Ⅱ등급 수준이었고, 먹이생물의 지표인 클로로필-a 양이 통영 및 한산만보다 1.8~2.3배 높았고, 부착생물 양도 다소 높게 나타났다.

패류양식장에서 먹이 경쟁관계에 있는 굴, 미더덕 및 흰명게의 식성관계 구명을 위하여 집단 여수율을 비교한 결과 굴에 비해 미더덕은 3.4배, 흰명게는 28.6배 높았고, 먹이생물인 식물성플랑크톤 섭취량도 굴에 비해 미더덕은 1.1배, 흰명게는 3배 정도 높게 나타났으며, 아울러 배설량도 1.7~2.6배 높게 나타나 양식생물인 굴과의 먹이경쟁 뿐만 아니라 배설물에 의한 저질의 자가오염으로 하절기 저층 빈산소수괴 유발 등이 예상되었다.

또한, 진해만 중서부해역은 통영일원해역에 비해 폐쇄성이 강해 외해와의 조류소통이 불량하고 유속이 느려 호소와 같은 특징을 가지고 있으므로 계절에 따른 수온 및 염분 변동이 심하고 수온 성층이 강하게 형성되는 특징을 지니고 있었다. 여름철에는 빈산소수괴가 장기간 지속되고 저질오염이 심한 환경적인 문제점

을 지니고 있으며 영양염 수준이나 먹이생물의 간접지표로 이용되는 클로로필-a 양은 두 해역이 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 진해만의 진동정점과 통영해역의 예곡정점을 비교하여 볼 때 진동의 클로로필-a 농도가 뚜렷이 높았다.

따라서 미더덕의 양식에는 어장환경의 오염, 기존 패류양식 생물과의 먹이 경쟁, 어장환경 수용력 등에 대한 종합적이고 지속적인 연구·검토를 거쳐야 할 것으로 사료되었다.

참 고 문 헌

- 光琳, 1984. 食品分析法. 日本食品工業學會. pp 208~210.
- 國立水產振興院, 1994. 複合 養殖 開發에 關한 研究. PP. 451~490.
- 김용술, 1995. 수온과 크기의 영향을 고려한 양식굴 *Crassostrea gigas*의 여수율모형. 한수지 28(5), 589~598.
- 羅琪煥·李澤烈, 1977. 미더덕과 유령멍게의 初期發生 및 幼生出現 消長에 關하여. 釜山水大 海研報 10, 41~56.
- 藤野安彦, 1980. 脂質分析法入門. 學會出版センター, 東京, p. 68.
- 柳晟奎·李澤烈·陳平·洪性潤·劉明淑, 1975. 굴 養殖場의 保全을 위한 生態學的 環境調查. 釜山水大 海研報 8, 15~30.
- 柳晟奎, 1979. 淺海養殖. 새로出版, pp. 519~529.
- 이응호·오광수·안창범·김진수·지승길·김우준, 1987. 국내시판 수산건제품의 지방산 조성. 한국유화학회지, 4(1), 83~89.
- 李澤烈, 1976. 尾索類(Urochorda)의 生殖細胞形成過程 및 生殖週期 1. 흰멍게 *Styela plicata* (Lesueur). 釜山水大 海研報 9, 7~16.
- 李澤烈, 1977. 尾索類(Urochorda)의 生殖細胞形成過程 및 生殖週期 2. 미더덕 *Styela clava* Herdman. 釜山水大 海研報 10, 5~14.
- 최우정·박청길·이석모, 1994. 진해만의 빈산소 수괴 형성에 관한 수치실험. 한국수산학회지, 27(4), 413~433.
- 日本水產資源保護協會, 1980. 水質汚濁調查指針. 1~522.
- 日本水產學會, 1990. 魚肉의 營養成分とその利用. 恒星社厚生閣. pp 34~43.
- 中内光昭, 1977. ホヤの生物學. 東京.
- Ackman, R. G., Hooper, S. N., and Ke, P. T., 1971. The distribution of saturated and isoprenoid fatty acids in the lipids of three species of molluscs, *Littorina littorea*, *Crassostrea virginica* and *Venus mercenaria*, *Comp. Biochem. Physiol. B*, 39, 579, 1971.

- Ackman, R. G., *Progress in the chemistry of fats and other lipids*. Holman, R. T., Ed., Pergamon Press, London, 1972.
- Ackman, R. G., Safe, L., Hooper, S. N., Paradis, M., and Safe, S., 7-Methyl-7-hexadecenoic acid: Isolation from lipids of the ocean sunfish *Mola mola* (Linnaeus) 1758, *Lipids*, 8, 21, 1973.
- Ackman, R. G., Eaton, C. A., and Linke, B. A., Differentiation of freshwater characteristics of fatty acids in marine specimens of the Atlantic sturgeon, *Acipenser oxyrinchus*, *Fish Bull.*, 73, 838, 1975.
- Ackman, R. G. 1989. Marine biogenic lipids, fats, and oils. CRC Press, Inc., 2000 Corporate Blvd., N. W. , Boca Raton, Florida. 103-137.
- Bligh, E. G., and Dyer, W. J., 1959. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification, *Can. J. Biochem Physiol.* 37, 911-917.
- Christie, W. W., *Lipids analysis*. 2nd ed. Pergamon Press, Ltd. Headington Hill Hall, Oxford OX3 0BW, England, 1982.
- Cox, R. E., Maxwell, J. R., Ackman, R. G., and Hooper, S. N., Stereochemical studies of acyclic isoprenoid compounds. III. The stereochemistry of naturally occurring (marine) 2,6,10,14-tetramethylpentadecane, *Can. F. Biochem.*, 50, 1238, 1972.
- Hooper, S. N. and Ackman, R. G., Trans-6-hexadecenoic acid and the corresponding alcohol in lipids of the sea anemone *Metridium dianthus*, *Lipids*, 6, 341, 1971.
- Kang, S.-J., S. P. Lall, and R. G. Ackman., Digestion of the 1-O-Alkyl Diacylglycerol Ethers of Atlantic Dogfish Liver Oils by Atlantic Salmon *Salmo salar*. *Lipids* 32, 19-30, 1997.
- Konosu, S., Y. Maeda and T. Fujita. 1960. Evaluation of inosinic acid and free amino acids. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 26(1), 45
- Moal, J., J. F. Samain, S. Corre, J. L. Nicolas, and A. Glynn, 1996. Bacterial nutrition of great scallop larvae. *Aquaculture International* 4, 215-223.
- Pearce, R. E. and Stillway, L. W., Non-methylene-interrupted and w4 dienoic

- fatty acids of the white shrimp *Penaeus, setiferus*, *Lipids*, 12, 544, 1977.
- Rho, B. J., 1968. Some ascidians from the south sea of Korea. *Journal of Korean Research Institute for Better Living* 1, 87~99.
- Rontani, J.-F., Bertrand, J.-C., Blane, F., and Giusti, G., Gas chromatography and gas chromatography/mass spectrometry applied to the determination of a new pathway of pristane degradation by a marine mixed bacterial population, *Mar. Chem.*, 18, 9, 1986.
- Takagi, T., Itabashi, Y., and Kaneniwa, M., Fatty acid composition of bivalves from Japanese waters, *Yukagaku*, 35, 517, 1986.
- Zhukova, N. V. and Svetashev, V. I., Non-methylene-interrupted dienoic fatty acids in molluscs from the Sea of Japan, *Comp. Biochem. Physiol. B*, 83, 643, 1986.
- Zhukova, N. V., Biosynthesis of non-methylene-interrupted dienoic fatty acids from [14C] acetate in molluscs, *Biochim. Biophys. Acta*, 878, 131, 1986.