

최 종
연구보고서

남해안 가두리양식장 동류 월동 사육기술 개발

-겨울철 가두리양식장 폐사원인구명 및 폐사방지기술개발-
The Technique of Wintering Culture of the Sea
Bream in Net-cage Culture System in the
Southern Sea, Korea

2008. 8

주관연구기관 : 국립수산과학원 남해수산연구소
협동연구기관 : 국립수산과학원 여수수산사무소
통영수산사무소
전 남 대 학 교

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “남해안 가두리양식장 돔류 월동사육기술개발” 과제
의 최종보고서로 제출합니다.

2008년 8월 일

주관연구기관명 : 국립수산과학원
남해수산연구소

주관연구책임자 : 황 형 규

연 구 원 : 김응오, 박민우
이운호, 김상수
김대현, 황진욱
정춘구, 박경현
김철원, 조재권
강용진, 김경덕
한석중, 윤성중
최혜승

협동연구기관명 : 여수수산사무소

협동연구책임자 : 임 여 호

연 구 원 : 주우형, 김용표
김기영, 박순호
서명배, 윤연미

협동연구기관명 : 통영수산사무소

협동연구책임자 : 김 금 조

연 구 원 : 김효근, 박정희
이용한, 전병석

협동연구기관명 : 전남대학교

협동연구책임자 : 김 흥 운

여 백

요 약 문

I. 제 목

남해안 가두리양식장 돔류 월동사육 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 목적

- 남해안 가두리양식장 돔류의 폐사 원인구명 및 방지기술 개발
 - 겨울철 양식 돔류의 폐사원인을 구명하여 안정적 양식 생산기반 구축
 - 겨울철 최적의 양식방법을 제시하고 남해안 환경특성에 맞는 양식어종 제시
 - 양식장의 사육현황조사를 실시하고 주변해역의 환경특성을 조사·분석하여 남해안 가두리 양식지침 마련
 - 돔류의 생리학적인 특성을 구명하여 현장사육에 적용
 - 돔류의 양성장과 월동장의 이원화로 효율적인 양식경영

2. 필요성

우리나라의 해산어류 양식은 1970년대 초부터 비교적 풍파가 적은 남해안 내만을 중심으로 방어, 참돔을 시작으로 하여 조피볼락, 농어, 감성돔 등 집중적이고 고밀도로 이루어지고 있다. 최근들어 남해안을 중심으로 한 가두리양식장은 수산물 수입자유화의 바람을 타고 중국 등으로부터 저가의 활어 수입증가로 심각한 경영수지 악화와 더불어 태풍, 적조, 저수온 등 매년 자연재해로 인하여 가두리 양식산업의 일대 위기에 직면해 있다. 특히 최근 들어 적조와 태풍 뿐만 아니라 겨울철 저수온 현상이 장기간 지속되어 남해안 연안 가두리 양식장에서 돔류를 중심으로 집단폐사하는 현상이 발생하고 있어 이에 대한 원인구명과 함께 대책이 시급한 실정이다. 우리나라 연안의 겨울철 수온은 참돔, 감성돔, 돌돔 등 온대성 어류의 양식 저해요인으로 작용할 뿐만 아니라 월동 제한요인으로 작용하여 양식어종의 다양화에 걸림돌로 작용하고 있다. 남해안 일부 해역에서 조피볼락, 농어, 기타 볼락류 등 월동이 가능한 어종도 일부 있으나 대다수의 어종은 10℃이상의 월동수온을 요구하기 때문에 연중 양식이 어렵고 겨울철 생리적인 장애로 인하여 대량폐사와 더불어 질병발생의 원인이 되기도 한다. 그러나 현재 가두리양식장에서 저수온 피해에 대한 정확하고 구체적인 원인구명이나 연구가 이루어지지 않고 있어 체계적이고 과학적인 자료가 부족하여 피해발생지역

에서는 돔류의 양식을 제한하는 행정적인 지도가 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 폐사가 집중되는 육지에 인접한 남해안 가두리양식장을 중심으로 지역별 양식현황을 정확하게 파악하고 지속적인 실시간 환경모니터링을 실시하여 폐사원인에 대한 기초적인 정보를 확보함과 동시에 겨울철 대체어종 탐색 및 양식방법의 개선에 관한 연구개발을 통해 동해 피해에 대한 원인 및 실질적인 대안을 제시하고자 한다.

Ⅲ. 연구개발 내용과 범위

1. 남해안 주요 가두리양식장 실태조사
 - 가. 여수연안 가두리양식장 실태조사 및 환경조사
 - 나. 통영연안 가두리양식장 실태조사 및 환경조사
2. 남해안 가두리양식장 돔류의 폐사원인 구명
 - 가. 병리학적, 생화학적 조사
 - 나. 해양환경 및 기상변화 분석
3. 전남, 경남지역 돔류 월동장 적지조사
4. 돔류의 월동사육시험 및 가두리양식장 환경조사
 - 가. 여수연안 주요 가두리양식장 환경조사
 - 나. 월동장과 비월동장 가두리 사육시험
 - 다. 실내 가온사육 효과 시험
5. 돔류 에너지 함량별 월동사육 및 면역력 특성 조사
 - 가. 지질함량에 따른 돔류의 월동사육 실험 및 면역력 조사
 - 나. 수온하강에 따른 참돔과 감성돔의 혈액학적 분석
6. 남해안 주요 양식 돔류 및 양식대상종 탐색
7. 남해안 가두리양식장 돔류의 경제성 분석
 - 가. 월동장과 비월동장의 돔류의 경제성 검토
 - 나. 통영과 여수에서 돔류의 경제성 검토
8. 월동시 돔류의 생리학적 특성 연구
 - 가. 돔류의 저수온 내성 특성
 - 나. 저수온기 돔류의 생리학적 특성
 - 다. 저수온에 노출된 돔류의 회복능력

IV. 연구개발 결과

1. 여수연안 가두리양식장 실태조사

2006년 여수지역의 해상가두리 어류양식 총 면적은 62건의 198 ha, 어업인은 520어가로서 '06년 11월 사육량은 1,185천만 마리 중 돔류는 26%의 303백만 마리 사육하고 있으며, 해상가두리 어업인의 대부분이 0.3~0.5 ha 면적으로 소규모로 사업 중이며, 대부분의 어업권은 어촌계 및 수협 어업권을 행사계약에 의해 사업중이다. 또한 여수지역은 연구기간인 2006년 11월부터 2007년 5월까지 돔류의 폐사는 예년에 비해 내만지역 수온은 8℃이하의 저수온 기간이 거의 없어 전체 폐사량이 적었다. 그러나 4월에 이동한 남면 안도지역(이야포)에서 내만양식장으로 이동하였던 돔류의 경우 월동기간동안 10%내외의 생존율을 보였다. 2008년 1~2월 내만지역의 수온 조건이 8℃이하로 내려가는 기간이 예년에 비해 12일이 길어 2007년 보다 저수온상을 보였다. 월동지(남면 장지)로 이동하였던 감성돔의 생존율을 살펴보면 총 6어가 중 밀식을 하였던 1어가에서 20%의 낮은 생존율을 보였고 5어가에서는 60% 내외의 생존율을 보였다. 남면 장지지역에서 2년생 감성돔은 90%이상 생존율을 보여 1년생과 대조를 이루었고 인근 남면 안도지역에서 1년생 감성돔이 90%의 생존율을 보여 남면 장지지역과 대조를 이루었다. 가막만 하단의 어류양식단지에서는 감성돔의 경우 11월 초 중순경 수온이 16℃내외로 내려가면 급이를 중단함으로써 월동기 이전에 비해 어체중이 9.3~12.8% 감량 되었으며, 대조구인 남면 안도와 삼산면 거문도 지역은 겨울철에 1주일에 1~2회를 1회 급이량 1/2~1/3씩 급이한 결과 월동기간에도 10~20%의 성장도를 나타냈다. 돔류의 질병은 알레라충, 닥티로자이루스충, 참돔 비바기나충 등 기생충이 많았으며, 11월부터 절식에 들어가면서 돔류에서 녹간증 증상이 심하게 나타났는데 이것은 장기간 절식에 따른 영양결핍과 적절한 단백질 공급이 되지 않아 나타나는 것으로 판단된다.

2. 통영연안 가두리양식장 실태조사

양식실태조사결과, 상습피해 발생지역의 최고 및 최저수심은 7.4~12.9 m로 비발생해역 8.6~15.6 m와 비교하여 비교적 낮은 수심을 유지하고 있었다. 특히 폐사지역의 돔류 사육량은 ha당 평균 229천미로 비발생해역 203천미와 비교하여 12% 높은 밀도를 유지하고 있었으며, 누적 폐사율(8개월) 또한 발생해역이 11.5%로 비발생해역 6.9%에 비해 높은 폐사율을 보이고 있었다. 해양환경조사 결과, 폐사상습해역의 연간 최저수온은 6.99~8.70℃로 돔류의 생리적 하한수온 이하를 일시적으로 유지하는 등 비발생해역과 비교하여 최대 2.51℃의 저수온 현상을 보이고 있었다. 어류질병 조사 결과, 특이한 세균성 및 바이러스성질병은 관찰되지 않았으나 아가미 기생충성 질병이 개체에 따라 최소 20%에서 최대

100% 감염되어 있었으며, 돔류의 주요 생리장애병변인 녹간증과 낮은 섭이율에 의한 지방 소실이 전 개체에서 관찰되어 어체 면역력 약화 및 생리기능장애를 동반하고 있음을 알 수 있었다.

3. 돔류의 폐사원인 구명 연구

최근 주기적으로 겨울철에 대량폐사가 발생하여 남해안 가두리양식장에서는 3년(2000~2006년)에 걸쳐 돔류를 중심으로 약 2,500만마리, 350억의 피해가 발생하였다. 남해안 가두리양식장에서 2006년 1~3월에 걸쳐 참돔, 돌돔, 감성돔 등 돔류의 대량폐사와 관련하여 폐사원인에 관하여 분석하였다. 장기수온 변동특성을 분석한 결과 2000년에는 1월중순부터 5~7°C의 저수온이 20일 이상 지속, 2003, 2006년은 1월초부터 6°C내외의 저수온이 20일 정도 지속되었다. 특히, 2006년 여수연안 1월 평균수온 6.3°C, 2월은 6.4°C로서 평년수온에 비해 0.56~0.96°C 저온상을 보였고, 폐사가 집중된 1월하순부터 2월중순까지 평균 5.76°C로서 극한 저수온을 보였다. 해황분석 결과 북서계절풍이 폐사시기에 5~8 m/sec로 평년에 비하여 2~5 m/sec로 강하게 불었고, 특히 수심이 7~15 m로 낮은 장소로서 수층간 수온변동폭이 0.2~1.4°C로서 높은 편이었다. 폐사어의 병리학적 조사 결과 기생충 감염은 없었으며, 병원성세균은 검출되지 않아 질병을 유발할만한 병리학적 요인은 없었다. 따라서 온수성 어류인 돔류(참돔, 돌돔, 감성돔 등)의 대량폐사 원인은 1~2월에 걸쳐 생존하한수온(6°C내외) 이하의 저수온이 장기간 지속되어 돔류의 체내 대사율 상승에 의한 에너지 소진으로 연안어장을 중심으로 대량폐사가 발생하였다.

4. 월동장 적지조사

전남과 경남지역을 대상으로 돔류의 월동장 적지를 조사하였다. 여수 남면 심장리 장지해역과 안도해역은 겨울철 월동장으로서는 수온 등(9°C 이상) 해양환경조건이 양호하고 피해어장으로부터 지리적으로 접근성이 뛰어나서 월동장 후보지로 적합하다고 판단되었다. 전남 여수지역 월동장 면적은 기존 어장을 포함하여 약 57 ha 정도이다. 경남지역은 미 FDA 지정해역과 기존 굴양식과 명게양식장 등이 밀집되어 있어 월동장을 확보하지 못하였다.

5. 돔류의 월동사육 시험 및 가두리양식장 환경조사

가. 여수연안 가두리양식장 주변해역 환경조사

여수연안 가두리양식장 주변해역의 화학적산소요구량(COD)을 조사한 결과 대부분 수질 1등급 기준(1 mg/L 이하) 내외의 수질을 보였으며 총인(TP)은 대체로 수질 1등급 기준

(0.03 mg/L)과 수질 3등급 기준(0.09 mg/L 이하) 사이의 수질상태를 보여주고 있었으며 거문도 해역에서 1월에 조사한 결과를 제외하고는 수질 3등급 기준을 초과하는 결과는 나타나지 않았다. 그러나 총질소(TN)의 경우, 주변 양식장에서 사용한 사료의 찌꺼기 또는 양식생물의 배설물 등을 통하여 수시로 공급됨으로 인해 조사시기 및 정점과는 무관하게 수질 3등급 기준(1.0 mg/L 이하) 내의 또는 초과하는 경우가 대부분이었다. 퇴적물의 환경상태를 조사한 결과에서는 대부분의 대상 해역 퇴적물의 COD농도와 AVS의 농도는 일본 양식장 퇴적물 오염기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 해역에서 적조발생에 필요한 영양염류 농도의 하한(下限) 조건으로는 질소가 0.05~0.2 mg/L, 인은 0.007~0.03 mg/L 로 알려지고 있으며, 질소의 농도가 0.1 ppm, 인의 경우에는 0.015 ppm 이상인 경우 적조발생 조건에 해당되는 것으로 알려지고 있다. 본 연구에서 조사한 결과, 조사해역의 대부분에서 총질소, 총인의 농도는 대부분 수질 3등급 또는 2등급 기준(각각 0.6 mg/L 및 0.05 mg/L)을 각각 초과하는 것으로 나타났을 뿐만 아니라 적조발생이 우려되는 농도인 것으로 나타났으나, 본 연구의 대상 해역, 특히 안도주변해역과 거문도 후보지 해역의 경우, 주로 동계에 양식생물의 월동장으로 이용하게 될 것이라는 점을 감안한다면 월동장으로 활용되는 동계에 적조가 발생할 가능성과 이로 인한 어류폐사 발생 가능성은 매우 낮을 것으로 판단되었다.

나. 해상가두리 사육시험

남해안 가두리양식장에서 돔류(참돔, 감성돔)의 월동가능성을 조사하기 위하여 2006년 11월부터 2008년 7월까지 사육하면서 성장, 생존율을 조사하였다. 감성돔, 참돔을 대상으로 여수연안 가두리 양식장에서 사육실험 결과 12월까지 예교지선에서 높은 성장을 보였고, 1월부터 전체적으로 성장이 정체되어 3월까지 체중감소 경향을 보였다. 최종적으로 여름철 수온조건이 양호한 군내어장에서 참돔, 감성돔 모두 성장이 가장 빨랐으며, 반면 안도어장에서는 전체적으로 성장이 가장 저조하였다($P<0.05$), 생존율은 참돔에 있어서 전 시험어장에서 52~65%범위였고, 감성돔은 45~71%범위로서 시험어장간 유사한 경향을 보였다. 사육기간 중(1~3월) 연안수온이 8~10℃일때는 사료를 거의 먹지 않아 성장은 정지되고 5~10%정도의 체중이 감소하였다. 따라서 여수연안에서 돔류의 양식은 성장 적수온(20~25℃) 조건이 장시간 유지되는 군내와 예교에서 양성하고, 겨울철 수온조건이 양호한 남면 안도지역에서 월동사육을 하는 것이 가장 경제적인 양식방법으로 판단된다.

다. 실내사육 월동사육 시험

실험은 자연수온 조건을 유지하면서 사육한 대조구와 자연수온이 10℃로 하강한 12월 10일부터 실험종료시까지 10℃(±1.0℃)로 유지한 가온구로 설정하였으며, 실험기간은 2006년 12월 1일부터 3월 27일까지 약 117일간 실시하였다. 실험기간 동안 가온 실험구

에서 참돔의 체중감소율(body weight inflection rate)은 82.9%, 자연수온구에서는 76.1%까지 감소하여 가온구와 유의차가 나타났으며($P < 0.05$), 감성돔에 있어서는 유의차는 나타나지 않았다($P > 0.05$). 생존율은 참돔에 있어서 자연수온구 85.3%, 가온구 93.2%였으며, 감성돔은 자연수온구에서 78.3%, 가온구에서는 93.2%로서 자연수온구에서는 참돔에 비하여 더 낮은 생존율을 보였다. 따라서 돔류의 사육에 있어 겨울철 체중감소를 억제하고 지속적인 성장을 유지하기 위해서는 사육수온이 최소 10°C 이상은 유지되는 장소가 적합할 것으로 판단된다.

6. 돔류 에너지 함량별 월동사육 및 면역력 특성 연구

가. 지질함량에 따른 돔류의 월동사육 실험

사료의 지질 함량을 10%, 17% 및 22%로 달리한 3종류의 실험사료로 평균체중 79 g의 참돔 치어를 25주간 사육 실험하였으며, 사육기간 동안의 평균수온은 $9.9 \pm 2.5^\circ\text{C}$ 였다. 생존율은 지질 10% 실험구가 67%로 가장 낮은 결과를 보였으며, 지질 22% 실험구(85%)와는 통계적인 차이가 없었으나 지질 17% 실험구(88%)에 비해 유의하게 낮았다. 최종체중 및 증체량은 사료의 지질 함량이 10%에서 17%로 증가함에 따라서 증가하였으나, 지질 22% 실험구에서는 더 이상 증가하지 않았다. 사료효율과 단백질효율은 지질 17% 실험구가 가장 높은 값을 보였으나, 모든 실험구간에 통계적인 차이는 없었다. 일일 사료섭취율, 비만도, 간중량지수 및 장중량지수도 사료의 지질 함량에 영향을 받지 않았다. 등근육의 조단백질 함량을 제외한 전어체, 간 및 내장의 일반성분은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 전어체의 16:0, 18:0, 20:4n-3 및 20:5n-3은 실험구간에 유의한 차이를 보였다. 이상의 결과로 볼 때, 겨울철 저수온기에 참돔 치어의 성장을 위한 사료의 지질 함량은 17%가 적합할 것으로 판단된다.

나. 에너지 함량별 돔류의 면역력 측정

참돔과 감성돔 모두 저수온 상태에서 사육 기간이 증가할 수록 GPT와 GOT 수치는 증가하였으나, ALB과 TP는 감소함이 관찰되었다. 사료 내 지질 함량의 차이에 의한 면역력의 차이는 감성돔과 참돔 모두 통계적으로 유의성 있는 결과를 나타나지 않았다. 감성돔의 경우 lysozyme activity는 2006년 12월의 경우 모든 실험구에서 평균 1.5 U/ml였으나 조사 말미인 2007년 4월초에는 급격히 상승하여 BHE의 경우 3.0 U/ml까지 증가하여 낮은 농도의 지질 함유 사료보다 면역력이 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 혈액내 단백질 농도의 경우 지질함량이 높은 시료에서 상대적으로 높은 값을 나타내었다. 그러나 지질함량을 강화한 사료 효과는 혈장의 lysozyme activity와 총 단백질 함량 측정을 이용한 방법으로는 확인되지 않았다.

7. 남해안 가두리양식장 돔류의 경제성 분석

여수지역을 대상으로 한 들돔양식의 수익률은 39.02%로 나타났고, 내부수익율은 46%, 편익비용분석결과는 1.64로 나타나 매우 경제성이 뛰어난 것으로 조사되었다. 참돔양식에 있어서 비월동지역의 양식장에서의 수익률은 15.49%로 나타난 반면에 월동지역에서의 양식장 수익률은 31.93%로 높게 나타났는데 이는 월동을 통하여 생존율을 크게 향상시킨데 기인한다. 내부수익률도 비월동장 32%에 비해 월동장은 44%로 높게 나타났다.

월동사육기술시스템 개발의 경제성분석에 있어서 감성돔의 경우 비월동장에서의 수익률이 14.58%, 월동장으로 이동 사육한 경우의 수익률이 27.95%, 내부수익률 또한 비월동장 양식장이 46%, 월동장 이동 양식장이 62%로 월동시스템 적용 양식장이 수익률이나 경제성면에서 높은 것으로 조사되었는데, 이는 월동사육시스템으로 생존율을 크게 향상시켰기 때문이다. 본 연구에 있어서 월동사육의 경제성은 겨울철 한파로 인해 폐사를 거듭해 온 돔류 해상가두리양식 경영의 안정성을 저해해 온 동해피해를 동절기 동안 수온이 상대적으로 높은 월동지로 이동하여 사육을 함으로써 월동지에서 생존율을 얼마나 높여 양식경영의 안정성을 제고하느냐에 달려 있다.

8. 월동시 돔류의 생리학적 특성 연구

돔류의 저수온 내성 특성 조사 결과 저수온 5℃에 노출된 참돔과 감성돔의 생존율 조사 결과, 저수온에 노출 후 4일 동안 관찰된 당년생 돔류의 경우 6시간 내에 5℃로 구배된 저수온 조건에서 관찰된 생존율은 10~20%였다. 이에 반하여 하루에 1℃ 수온을 낮춘 5℃ 저수온(10℃→5℃, 1℃ 하강/일) 조건에서는 일년생 참돔과 감성돔에 비하여 높은 생존율을 보여주었다. 절식시간에 따른 내성 조사 결과 돔류에서 절식이 약 30일 이상 진행되면 혈당 감소가 수반되었고, 장기간의 저수온 노출과 기아상태에서 생체유지에 필요한 최소한의 대사기능이 수반됨으로 인하여 어체의 산소소비 및 질소배설률은 감소한 것으로 추정된다. 참돔의 치사하한수온은 4.3℃~5.6℃, 실험개시 시의 수온이 10.3℃~10.8℃인 조건에 노출되어진 감성돔의 치사하한수온은 4.8~5.1℃ 범위인 것으로 평가되었다.

V. 연구개발 결과의 활용계획

1. 남해안 가두리양식장 경쟁력 확보를 위한 정책자료 제시
2. 겨울철 돔류의 폐사원인을 구명하여 안정적 양식산업 기반 마련
3. 새로운 월동사육기술개발로 돔류의 월동방법을 제시하여 남해안 연안해역의 효율적 활용방안 제시
4. 돔류의 안정된 생산으로 수입대체 효과 및 국제 경쟁력 제고
5. 남해안 가두리양식장 관리 및 지도지침서 제공
6. 돔류의 월동장 적지조사 자료를 바탕으로 월동장을 지정·고시하여 수산피해를 최소화하여 생산성 제고
7. 남해안 돔류의 양식적지를 제시하여 자연재해 피해보상 기준 자료로 활용
8. 연구결과의 국내 및 국제학술지 논문발표 및 게재 : 4건

SUMMARY

I. Title

The Technique of Wintering Culture of the Sea bream in Net-cage Culture System in the Southern Sea, Korea

II. Results and Discussion

1. Investigation of net-cage aquafarm of Yeosu coastal

The total area of net-cage culture ground in Yeosu was 198 ha of 62 points in 2006, the number of fisher families were 520. The quantity of cultured fishes were 11,85 million fish in November 2006, the cultured sea bream was 303 million fish and took 26% in the total quantity. Most of the fisher's net-cage aquafarm had the little size which were amount 0.3~0.5 ha and most of them worked for the fish villages or the fisheries society. The material of net-cage were wood, anti-wave materials and wood+anti-wave materials, the wood was most used as the net-cage material. The study in Yeosu was carried on in the ordinary year of perish of sea bream from November 2006 to May, 2007, and the lower water temperature of inland sea were below than 8°C, and there was almost had not very low water temperatures appeared and the death rate of sea bream were also low. But in the stage after the extermination of disease of *Alella macrotrachelus* and *Benedenia seriola* and four month before the strength recovery after winter, the number of sea bream transfer from Ando (Yiyapo) to culture ground which located in the inland sea was decreased from 1.5 million to 150 thousand, the survival rate was 10%. The period of the water temperature lower than 8°C during Jan. to February 2008 was longer than the same time in 2007. The winter survival rate of *Acanthopagrus schlegelii* of one which cultured in high density (5 m×5 m×5 m /30,000 fish) of the investigated 6 net-cage culture ground was 20%, and the survival rates of other 5 points were 60%. In the area of Jangji, the survival rate of two-year old *Acanthopagrus schlegelii* was 90% contrasted to the one-year old ones, and in the area of Ando, the survival rate of one-year old *Acanthopagrus schlegelii* was 90% in contrasted to the Jangji area. The *Acanthopagrus schlegelii* cultured in the net-cage culture ground located in the lower

part of Gamak bay were stopped to be feed after the water temperature dropped to about 16°C in about first to middle November so the fish weight were decreased about 9.3~12.8%, contrasted to the *Acanthopagrus schlegelii* cultured in the net-cage culture ground located in Ando and Geomundo at where the fish were feed once to twice one week and once were feed 1/2~1/3, the fish cultured in these areas had the growth rate about 10~20% even in the winter. During the investigation, the range of water temperature were 8.4~20.1°C, and the average water temperature was 7.8°C in Songdo, Gunnea, Dolsan, in Feb. 2008. The results of disease causes investigation shows that *Alella macrotrachelus* and *Dactylogyrus* sp. were parasitic on the gill of *Acanthopagrus schlegelii*, and *Bivagina tai* was parasitic on *Pagrus major*. In the unfeed period from November the disease of green liver syndrome happened on most of the cultured fishes. The reason of the disease was that the lacked of nutrition and short of the apply of protein in the long unfeed period, contrast to this, there were foreign materials were discovered in stomach and intestine of fishes cultured at Ando and Geomundo. We can tell form this that even in low water temperatures, the digestion of feed was discovered in the stomach of fishes, so, the unfeed method in the low water temperatures was not fitness, and the fishes must be feeding even in the low water temperature period. During the water temperature rising period from Apr. to May, most of the ones of cultured fishes which stored fat in their abdomen because of the over feed were died.

2. Investigation of net-cage aquafarm of Tongyeong coastal

In korea, about 758 million fish has cultivated in marine fish farm in December 2006. Among them, the sea bream inclusive of a red sea bream, a black porgy and a parrot fish has occupied amount of 13% and it was suggested that the sea bream was important species. However, large portion of the coast water temperature during winter season was below the lowest limit of the physiological temperature for the temperate zone fishes. For this reason, it has been badly damaged in 2003 and 2006. The cause of the sea bream winter death was presumed that low temperature brought a physiological dysfunction. However, it was lacked that the investigate of cause which help a winter death and a properties of aquafarm which led to more easily death. Therefore, this research was investigate the source material of dead cause through the that examine a aquatic condition and a aquatic environment from net-cage aquafarm

with habitual damage and continuous environment monitoring. The average scale of the higher and lower water depth was corresponded to 7.4 and 12.9 m in aquafarm which led to more easily death. It is shallow than that non-easily death. The average number of livestock were 229,000 fish per a ha in aquafarm which led to more easily death. It is 12% high density than non-easily dead aquafarm. Especially, accumulate mortality was 11.5% which to higher (6.9%) that. In environmental examination of aquafarm with easily death, the lowest water temperature was 6.99~8.70°C below the limit of the physiological temperature. It was lower (2.51°C) than non-easily dead aquafarm. In clinical examination of farmed red sea bream, bacterial and viral infection was not observed. But, the incidence rates of parasitic infection was observed from 20 to 100% among them. Green liver syndrome by physiological malfunction and disappearance of interior fat by low feed rates was clearly observed all through the winter season. Conclusively, it lead to serious depression of immune and physiological function.

3. Studies on the winter mass mortality of the sea bream in net-cage

All the data were analyzed for the determination of the causatives for the fishes mass mortalities in the net cage of Southern sea coastal water (Yeosu, Tongyong, Namhae, and Geojea) during the wintering season (January to March) of 2000, 2003 and 2006. In the analysis of long term temperature variation, low water temperature (5-7°C) persisted for over 20 days from the middle of 2000. The low water temperature around 6°C lasted around 20 days from early January of 2003 and 2006. The low temperature of 2006 was 6.3°C for January and 6.4 for February, both of which were 0.56-0.96°C lower than average temperature. The water temperature on average was 5.76°C from late January to middle February, 2006, during which most significant mortality was noticed. During the mass mortality, a northwesterly wind persisted with the velocity of 5~8m/sec, which was 2~5m/sec higher than normal velocity. In the pathological analysis, none of significant pathogenic agents that might be a causative of mass mortality were determined. Conclusively, the mass mortalities of the sea breams in the survey period were probably due to persisted lower water temperature (around 6°C) during the wintering season (January to February).

4. Investigation on wintering place for sea bream

The results of investigation on wintering place for sea bream in net cage culture of Southern sea coastal is follows;

Jangji and Ando coastal, Simjang-ri, Nammyeon, Yeosu city is recommend for the wintering place of the sea bream due to suitable environmental condition (over 9°C) and easy approach from damaged aqua farms. The total area of the wintering ground in Yeosu area is approximately 60 ha. However, no wintering ground in KyungNam Province was available due to the US FDA designated area and high densities of oyster and squirt culture farms.

5. Wintering experiment of sea bream

From December, 2006 to June, 2008, seawater quality around Dolsan, Ando and Geomundo in Yeosu city were monitored to select the proper place for the wintering of sea bream. Aquaculture complex around Dolsan is known as a big producing center of sea bream. Ando and Geomundo were chosen as candidate places for over-wintering of sea bream or other species. During the survey period, Almost all the data of chemical oxygen demand(COD) were near the 1st grade of Seawater Classification Standard(below 1 mg/L) and the concentrations of total phosphate(TP) did not exceed the 3rd grade of Seawater Classification Standard of Korea(below 0.09 mg/L). However, almost all the values of total nitrogen(TN) concentrations exceeded of 3rd grade of Seawater Classification Standard of Korea and it was assumed that the residues of feeding materials and feces of fish could contribute to the higher TN concentrations. And almost all the COD and AVS concentrations of the sediments around Dolsan, Ando and Geomundo are above the "quality standard of aquaculture farm sediment of Japan", respectively. It is concluded that the intensive management policies should be taken to care the polluted sediments. As it is reported that nitrogen concentrations of 0.05 mg/L to 0.2 mg/L and phosphate of 0.007 to 0.03 mg/L are needed as the low limit of nutrients for the outbreaks of red tides, nitrogen and phosphate concentrations above 0.1 mg/L and 0.015 mg/L are respectively adequate conditions for the red tide outbreaks. Even though the nitrogen and phosphate concentrations of this survey around Dolsan, Ando, and Geomundo show the highly polluted status and the sufficient possibilities for the outbreaks of red tides around those areas, it could be concluded that there is a bare possibility for the outbreaks of

red tide around those areas if we take into account of the usage of those areas as the over-wintering places for the sea breams.

In order to understand the wintering feasibility of red sea bream, *Pagrus major* and black porgy, *Acanthopagrus schlegeli* in the southern coastal waters of the Korean Peninsula, the two candidate species were kept in the net cages located in the coastal waters for a year starting from November of 2006. Wintering potentials such as fish growth and survival and environmental parameters surrounding the culture place were, then, determined along the culture. In the sea bream growths in the candidate sites, the fish growth in Yeagyoo site was evident until December. Thereafter it declined showing reduction in body weight in March. Overall, best growth was obtained in the fish grown in Gunnae site where summer temperature was agreeable for the fish, while the growth of Ando fish was worst ($P < 0.05$). Survivals of the fish were 52-65% for red sea bream and 45-71% for black porgy. None of the fishes at water temperatures of 8-10°C showed feeding activity for the wintering period (from January to March), resulting in a reduction in body weight (5-10%). The experiment was conducted from Dec 2006 to Mar 2007. In the experiment, the control group was maintained as the natural water temperature recorded while the test group (heat supplied) was maintained at 10°C ($\pm 1.0^\circ\text{C}$) until the end of the experiment. The rate of body weight loss of the red sea bream in the heat supplied group was 82.9%, while that of the control group was 76.1% ($P < 0.05$). However, no statistically significant difference of the body weight loss was recorded in the black porgy ($P > 0.05$). Survival rates of both sea bream and black porgy were higher in the heat-supplied group (93.5% and 93.2%, respectively) than the controls (85.3% and 78.3%, respectively).

The experiment of indoor culture was conducted from Dec 2006 to Mar 2007. In the experiment, the control group was maintained as the natural water temperature recorded while the test group (heat supplied) was maintained at 10°C ($\pm 1.0^\circ\text{C}$) until the end of the experiment. The rate of body weight loss of the red sea bream in the heat supplied group was 82.9%, while that of the control group was 76.1% ($P < 0.05$). However, no statistically significant difference of the body weight loss was recorded in the black porgy ($P > 0.05$). Survival rates of both sea bream and black porgy were higher in the heat-supplied group (93.5% and 93.2%, respectively) than the controls (85.3% and 78.3%, respectively).

6. Effect of dietary energy level and measurement of immunological activities of sea bream during the winter Season

This study was conducted to investigate the effect of dietary lipid level on growth and body composition of juvenile red sea bream during the winter season. Three isonitrogenous diets (47% crude protein) containing three dietary lipid levels (10%, 17% and 22%) were fed to duplicate groups of fish (initial body weight of 79 g) for 25 weeks during the winter season. The highest weight gain and survival of fish fed 17% lipid diet were significantly higher than those of fish fed 10% lipid diet ($P < 0.05$), but not significantly different from those of fish fed 22% lipid diet. Feed efficiency, protein efficiency ratio, daily feed intake, condition factor, hepatosomatic index and viscerasomatic index were not affected by dietary lipid level. Proximate composition of the whole body, liver, viscera and dorsal muscle were not significantly different among all groups except for crude protein content of dorsal muscle. The contents of 16:0, 18:0, 20:4n-3 and 20:5n-3 of the whole body were significantly affected by dietary lipid level ($P < 0.05$). Based on the results of this study, a diet containing 17% lipid should be optimal for the growth of juvenile red sea bream during the winter season.

Recently mortalities of commercially important fishes such as red sea bream and black sea bream have occurred on the southern coast of Korean in winter period. In the present study we investigated blood chemical analysis for the fishes reared in low water temperature from Dec 2006 through Mar 2007. In addition, efficiency of the lipid enriched artificial feeds was tested in the two species of sea breams using measurement of immunological activities during the period of low water temperature. Our results showed that GOT and GTP increased during the experiment, while ALB and TP decreased. For fishes fed on the lipids enriched feeds showed no significant changes in lysozyme activity and total protein concentration. Our study indicates that both *Pagrus major* and *Acanthopagrus schlegeli* got physiological stress and such stress was expressed several hematological parameters.

7. The economic analysis of wintering farming system for sea bream

This study is aimed to analyze the economic feasibility of rockfish (*sebastes schlegeli*) which is a major species for coastal-cage farming in south sea, red sea bream (*pagrus major*), black porgy (*Acanthopagrus schlegeli*), and parrot fish

(*Oplegnathus fasciatus*) farming. In addition, it estimated the economic performance of wintering farming for sea bream followed by development of the wintering farming system for cold wave in south sea.

In the profitability analysis of rockfish coastal-cage farming by region, it was evaluated that the profitability was 13.33% and 1.76% in Yeosu and Tongyeong, respectively. Considering the production of both regions takes over 60%, the low profitability of rockfish farming seems to decrease total average profitability of coastal-cage farming in south sea. This is mainly because that market price in Yeosu is relatively lower than that in other regions, while feed cost in Tongyeong is much higher than that in other regions.

The profitability of black porgy farming in Yeosu was estimated to be 39.02%, an internal rate of return (IRR) was 46%, and a benefit-cost ratio was shown to be 1.64, which indicates the economic feasibility is quite high.

While the profitability of red sea bream farming in the non-wintering region was shown to be 15.49%, it was estimated at 31.93% in the wintering region. This is because the survival rate was greatly increased through wintering. The IRR was also higher shown to be 44% in the wintering region than that in the non-wintering region. For black sea bream, its profitability of farming was estimated to be 14.58% in the non-wintering region, while it was 27.95% in the wintering region. The IRR (62%) was also higher in the wintering region than 46% in the non-wintering region. It is mainly because the survival rate was greatly increased by the wintering farming system.

In conclusion, the economic feasibility of wintering farming in this study depends upon an increase in survival rate by moving to the wintering farming region where the temperature is relatively high during the winter season, avoiding damages in the business condition of coastal-cage sea bream farming by winter cold wave.

여 백

CONTENTS

Chapter 1. Summary of research and development project	27
Chapter 2. Present state of domestic and international technical development	30
Chapter 3. Results of research	32
Section 1. Investigation of net-cage aquafarm of Yeosu coastal	32
1. Materials and Methods	32
1) The actual state of net-cage aquafarm in Yeosu	32
2) Investigation and analysis of water temperature	32
3) Investigation and analysis of fish disease	32
4) Fish growth	32
2. Results and Discussion	36
1) The actual state of net-cage aquafarm in Yeosu	36
2) Analysis of water temperature	38
3) Analysis of fish disease	41
4) Fish growth	44
3. Summary	47
Section 2. Investigation of net-cage aquafarm of Tongyeong coastal	48
1. Materials and Methods	48
1) The actual state of net-cage aquafarm in Tongyeong	48
2) Analysis of seawater quality	51
3) Fish disease and growth	51
2. Results and Discussion	53
1) The actual state of net-cage aquafarm in Tongyeong	53
2) Analysis of seawater quality	55
3) Fish disease and growth	58

3. Summary	63
Section 3. The winter mass mortality of the sea bream in net-cage	64
1. Materials and Methods	64
1) Methods	64
2) The pathological and biochemical analysis	64
3) The coastal sea environment and atmospheric analysis	64
2. Results and Discussion	65
1) The mass mortalities status	67
2) The pathological and biochemical analysis	67
3) The coastal sea environment and atmospheric analysis	69
3. Summary	80
Section 4. Investigation on wintering place for sea bream	81
1. Materials and Methods	81
1) Investigation schedules	81
2) Investigation places	81
3) Investigation methods	81
2. Results and Discussion	85
1) Actual result of wintering place	85
2) Wintering place investigation in Jeonnam province	88
3) Wintering place investigation in Gyeongnam province	94
3. Summary	103
Section 5. Wintering experiment of sea bream	116
1. Materials and Methods	116
1) Environment research of Yeosu coastal sea	116
2) Culture in net-cage	117
3) Culture in indoor tank	120
2. Results and Discussion	121
1) Environment research of Yeosu coastal sea	121

2) Culture in net-cage	146
3) Culture in indoor tank	149
3. Summary	152
Section 6. Effect of dietary energy level and immunological activities	
of sea bream	154
1. Materials and Methods	155
1) wintering experiment on dietary lipid level	155
2) Measurement of immunological activities	159
3) Blood chemical analysis	160
2. Results and Discussion	161
1) Wintering experiment on dietary lipid level	161
2) Measurement of immunological activities	166
3) Blood chemical analysis	169
3. Summary	172
Section 7. Research of aquaculture species	173
1. Analysis of major aquaculture sea bream	173
2. Analysis of promising aquaculture species	176
Section 8. The economic analysis of wintering farming system	
for sea bream	182
1. Analysis method	182
2. A state analysis by aquaculture species	184
3. Analysis result	190
1) Economic analysis of rockfish (<i>Sebastes schlegeli</i>) aquaculture	190
2) Economic analysis of parrot fish (<i>Oplegnathus fasciatus</i>) aquaculture	191
3) The economic performance of wintering farming system of sea breams	192
4. Summary	195

Section 9. Studies on the Physiological characteristics of sea breams for wintering period	197
1. Materials and Methods	198
1) Experimental fish	198
2) Control of experimental temperature and culture	198
3) Analysis methods	199
2. Results and Discussion	201
1) Tolerable characteristics to low temperature of sea breams	201
2) Physiological characteristics of sea breams exposed to low temperature	209
3) Recovery levels of sea breams exposed to low temperature	214
3. Summary	220
Chapter 4. Reference	221

목 차

제1장 연구개발 과제의 개요	27
제2장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보	30
제3장 연구개발수행 내용 및 결과	32
제1절 여수연안 가두리양식장 실태조사	32
1. 재료 및 방법	32
가. 일반 실태조사	32
나. 어장환경 수온조사	32
다. 질병발생 현황 조사	32
라. 성장도 조사 및 분석	32
2. 결과 및 고찰	36
가. 일반 실태조사	36
나. 해양환경 및 수온조사	39
다. 질병발생 현황 조사	41
라. 성장도 조사 및 분석	44
3. 요약	47
제2절 통영연안 가두리양식장 실태조사	48
1. 재료 및 방법	48
가. 일반실태조사	48
나. 어장환경조사	51
다. 어류질병 및 성장도조사	51
2. 결과 및 고찰	53
가. 일반실태조사	53
나. 어장환경조사	55
다. 어류질병 및 성장도조사	58
3. 요약	63
제3절 돔류의 폐사원인 구명 연구	64
1. 재료 및 방법	64
가. 조사방법	64

나. 병리학적, 생화학적 조사	64
다. 해양환경 및 기상변화 분석	64
2. 결과 및 고찰	65
가. 피해 현황	65
나. 병리학적, 생화학적 조사	67
다. 해양환경(수온자료) 분석	69
3. 요약	80
제4절 월동장 적지 조사	81
1. 재료 및 방법	81
가. 조사일시	81
나. 조사장소	81
다. 조사방법	81
2. 결과 및 고찰	85
가. 돛류 월동장 추진 실적	85
나. 전남지역 월동장 조사(여수)	88
다. 경남지역 월동장 조사	94
3. 요약	103
제5절 돛류의 월동사육 시험 및 가두리양식장 환경조사	116
1. 재료 및 방법	116
가. 여수연안 가두리양식장 환경조사	116
나. 해상가두리 사육시험	117
다. 실내 월동 사육시험	120
2. 결과 및 고찰	121
가. 여수연안 가두리 양식장 환경조사	121
나. 해상가두리 사육시험	146
다. 실내 월동 사육시험	149
3. 요약	152
가. 여수연안 가두리양식장 환경조사	152
나. 해상가두리 사육시험 및 실내 월동 사육시험	153
제6절 돛류 에너지 함량별 월동사육 및 면역력 특성 연구	154
1. 재료 및 방법	155

가. 지질함량에 따른 돔류의 월동사육 실험	155
나. 지질 함량별 돔류의 면역력 측정	159
다. 수온하강에 따른 참돔과 감성돔의 혈액학적 분석	160
2. 결과 및 고찰	161
가. 지질함량에 따른 돔류의 월동사육 실험	161
나. 에너지 함량별 돔류의 면역력 측정	166
다. 수온하강에 따른 참돔과 감성돔의 혈액학적 분석	169
3. 요약	172
가. 지질함량에 따른 돔류의 월동사육 실험	172
나. 에너지 함량별 돔류의 면역력 측정	172
제7절 남해안 가두리양식장 양식대상종 탐색	173
1. 남해안 주요 양식 돔류	173
가. 참돔	173
나. 감성돔	174
다. 돌돔	175
2. 남해안 유망 양식대상 품종	176
가. 볼락	176
나. 황점볼락	177
다. 붉은썸뱅이	178
라. 농어(민농어)	179
3. 남해안 지역별 양식품종 제시	180
가. 지역별 양식 대상품종	181
제8절 돔류 월동사육의 경제성 평가	182
1. 분석방법	182
2. 분석대상 품종 현황분석	184
3. 분석결과	190
가. 조피볼락양식의 경제성분석	190
나. 돌돔양식의 경제성분석	191
다. 돔류 월동양식시스템의 경제성평가	192
4. 요약	195

제9절 월동시 돛류의 생리학적 특성 연구	197
1. 재료 및 방법	198
가. 실험어	198
나. 동계수온과 저수온 구배 및 순치사육	198
다. 측정방법	199
2. 결과 및 고찰	201
가. 돛류의 저수온 내성 특성	201
나. 저수온기 돛류의 생리학적 특성	209
다. 저수온에 노출된 돛류의 회복능력	214
3. 요약	220
제4장 참고문헌	221

제1장 연구개발 과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

돔류 동사가 집중적으로 발생하는 남해안 해상가두리양식장을 중심으로 지역별 양식현황을 파악하고 지속적인 환경 및 어류질병 모니터링을 통해 폐사원인에 대한 기초적인 자료를 확보하여 안정적 양식 생산 기반을 구축하고자 한다.

또한 남해안 해상가두리 양식장 환경특성을 분석하여 돔류의 월동장 적지를 조사하여 겨울철 안정사육 기반을 마련하고, 돔류의 생리적인 특성을 구명하고 월동사육 기술개발 연구로 고급 어종인 돔류의 양식기반 조성으로 양식품종의 다양화를 유도하여 남해안 가두리 양식산업의 경쟁력을 확보하고자 한다.

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 기술적인 측면

우리나라의 해산어류 양식은 1970년대 초부터 비교적 풍파가 적은 남해안 내만을 중심으로 방어, 참돔을 시작으로 하여 조피볼락, 농어, 감성돔 등 집중적이고 고밀도로 이루어지고 있다. 1980년대부터는 국립수산물과학원을 중심으로 넙치 인공종묘생산기술이 개발되면서 우리나라의 양식 산업은 해상가두리 양식장과 제주도와 남해안에서 넙치를 중심으로 한 육상양식장의 2가지 양식형태로 이루어지고 있다. 최근들어 남해안을 중심으로 한 가두리양식장은 수산물 수입자유화의 바람을 타고 중국 등으로부터 저가의 활어 수입증가로 심각한 경영수지 악화와 더불어 태풍, 적조, 저수온 등 매년 자연재해로 인하여 가두리 양식산업의 일대 위기에 직면해 있다. 특히 최근들어 적조와 태풍 뿐만아니라 겨울철 저수온 현상이 장기간 지속되어 남해안 연안 가두리양식장에서 돔류를 중심으로 집단폐사하는 현상이 발생하고 있어 이에 대한 원인구명과 함께 대책이 시급한 실정이다. 최근 5년 이내 남해안 가두리양식장에서 동해 피해발생 현황을 보면 2000년, 2003년 그리고 2006년에 대량 폐사가 발생하였는데, 2003년에 전남, 경남지역에서 송어, 참돔, 감성돔 등 약 1,200만마리의 어류가 폐사하였고 피해액은 209억원, 2006년에는 이상한파와 폭설 등으로 인하여 1월초부터 저수온현상이 장기간 지속되어 돔류가 약 1,100만마리가 폐사하였고, 피해액은 약 130억원에 달해 갈수록 피해양상이 대형화하는 추세에 있다. 우리나라 연안의 겨울철 수온은 참돔, 감성돔, 돌돔 등 온대성 어류의 양식 저해요인으로 작용할 뿐만 아니라 월동 제한요인으로 작용하여 양식어종의 다양화에 걸림돌로 작용하고 있다. 남해안 일부 해역에

서 조피볼락, 농어, 기타 볼락류 등 월동이 가능한 어종도 일부 있으나 대다수의 어종은 10℃이상의 월동수온을 요구하기 때문에 연중 양식이 어렵고 겨울철 생리적인 장애로 인하여 대량폐사와 더불어 질병발생의 원인이 되기도 한다.

그러나 현재 가두리양식장에서 저수온 피해에 대한 정확하고 구체적인 원인구명이나 연구가 이루어지지 않고 있어 체계적이고 과학적인 자료가 부족하여 피해발생지역에서는 돔류의 양식을 제한하는 행정적인 지도가 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 폐사가 집중되는 육지에 인접한 남해안 가두리양식장을 중심으로 지역별 양식현황을 정확하게 파악하고 지속적인 실시간 환경모니터링을 실시하여 폐사원인에 대한 기초적인 정보를 확보함과 동시에 겨울철 대체어종 탐색 및 양식방법의 개선에 관한 연구개발을 통해 동해 피해에 대한 원인 및 실질적인 대안을 제시하고자 한다.

2. 경제·산업적 측면

우리나라 양식산업은 특정 어종에 국한되어 과잉생산과 생산원가의 상승 및 저가의 활어 수입증가로 인한 국내 가격하락으로 경영압박을 가중시키고 있다. 이와 같이 국내 생산원가가 높게 형성되는 원인은 여러 가지 들 수 있으나 생산규모의 영세성으로 인해 경영의 효율성을 기할 수 없다는데 그 주된 원인을 찾을 수 있다.

우리나라 양식산업은 1980년대 후반부터 종묘생산기술의 발달로 인하여 가두리양식장, 육상양식장 및 축제식양식장으로 생산시스템이 다양화되고 생산량의 증대를 가져왔다. 그러나 주요 넙치와 조피볼락이 전체 양식생산량의 70%이상을 차지하는 기형적인 구조는 양식 생산성을 떨어뜨리고 경쟁력을 약화시켜왔다. 특히 해상가두리양식장에서는 조피볼락이 주종을 이루고 있는데, 다소 수익성이 높은 참돔, 돌돔, 감성돔 등 돔류의 양식은 우리나라 연안환경 특성상 수온조건이 월동사육 하는데 제한요소로 작용하기 때문에 일부지역에 국한되어 소규모로 양식이 이루어지고 있다. 어류양식업계가 안고 있는 구조적인 문제중 하나는 특정어종에 집중되어 자연재해에 따른 복구비가 일시에 책정되어 동시다발적으로 조피볼락과 같은 특정어종 중심의 대량 입식이 이루어져 판매시 가격폭락을 초래하는 경향이 있다. 최근에는 과잉생산, 수입증가, 국내 소비부진과 맞물려 1990년대에는 평균 12,000원/kg을 유지하던 조피볼락 판매단가가 최근들어 6,000원/kg로 절반가까이 하락하는 등 경영수지가 최악의 상황을 보이고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 대안으로 외해수중가두리를 도입하여 제주도와 전남도 등 일부지역에서 시험양식을 시도하고 있으며 어류양식업의 안정화와 환경수용능력 등을 고려하여 적정 양식규모가 도출될 필요성이 제기되어 향후 구조조정에 대한 정책적인 대안 제시도 필요한 시점이다. 그리고 양식단지별로 실시간 환경모니터링시스템을 설치하고 지속적인 연안수질 조사를 실시하여 구체적이고 과학적인 환경측정자료를 확보하고, 지금까지

동해피해가 상습적으로 발생한 어장에 대한 피해조사 자료를 면밀히 분석한다면 어장별 맞춤형 양식대상어종을 선정하여 안정된 양식경영이 가능할 것으로 판단된다. 또한, 어종에 따른 생리·생태적인 특성을 파악하여 저수온에 대처할 수 있는 기본적인 자료를 축적하는 것이 필요하다.

따라서 남해안 가두리양식장에서 겨울철 동해피해에 대한 원인구명과 함께 월동대책을 제시하고 경쟁력있는 양식품종을 적극 발굴한다면 매년 50억원에 달하는 한파와 동해피해를 줄일 수 있어 안정적인 양식경영과 더불어 지역경제 활성화에도 적극 기여할 것으로 판단된다.

3. 사회·문화적 측면

최근 우리사회는 핵가족화와 서구화 및 국가간 무역장벽이 무너지고 있어 중국산 활어와 같은 저가의 수산물이 무분별하게 수입되고 있어 국민들의 수산물에 대한 선호도가 떨어질 뿐만 아니라 외국산 활어와의 경쟁력 열위에 있는 우리나라 수산양식 산업도 매우 어려운 실정이다. 지난 30년간 우리나라 양식업은 남해안 가두리 양식장을 중심으로 비약적인 발전을 거듭해 왔다. 이처럼 지속적인 발전을 거듭해 오던 양식업도 1990년대 중반 이후부터 전체적으로 감소추세에 있으나 어류양식은 국민소득과 식생활 수준의 향상 등으로 기초 식품으로 선호도가 높아 꾸준히 증가하고 있다. 그러나 양식수산물에 대한 국민들의 불신과 더불어 적조, 태풍, 동해로 인한 대량 폐사가 발생하여 생산성이 크게 떨어지고 있고, 환경오염으로 인한 양식업에 대한 대국민 이미지가 실추될 가능성이 제기되어 저수온 피해와 같은 자연재해에 적극적으로 대처하는 노력이 절실히 필요한 시점이다. 또한 남해안 가두리 양식장은 어촌계 및 수협 면허를 받아 행사계약에 의해 양식이 이루어지고 있어 대부분 영세한 가계경영을 위주로 하고 있으며 이러한 여건하에서 자연재해로 인한 막대한 피해를 입을 경우 경영압박을 받아 결국 사업을 포기하는 경우가 발생한다.

그러나 남해안을 중심으로 한 가두리 양식업은 국민들에게 양질의 고단백질원 공급원으로서 반드시 안정적인 산업으로서 재도약이 필요하며 수산업에서도 포기할 수 없는 중요한 위상을 차지하고 있으며, 어가소득 향상과 풍요로운 어촌을 위해서도 자연재해에 적극적으로 대처하여 경쟁력 있는 어류 양식산업으로의 재도약이 필요한 시점이다. 이를 위해 여수, 남해, 통영을 중심으로 가두리양식장이 밀집된 해역의 겨울철 월동대책 연구로 고급 어종인 돔류의 안정된 양식기반을 조성하므로써 양식품종의 다양화를 유도하여 양식산업화 경쟁력을 높일 수 있을 것이다.

제2장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보

국립수산과학원 여수수산사무소에서는 2005부터 3년간 남해안 여수연안 가두리양식장에서 사육하는 감성돔을 대상으로 겨울철 월동시 생존율 향상을 위한 방안으로 실내수조에서 지하해수를 이용하여 순환가온을 실시하면서 월동사육을 시도하였다(농림수산식품부, 2008). 실험 결과 가두리 월동이동 사육에 비하여 성장이나 생존율에 있어서는 양호한 결과를 보였으나, 별도의 육상사육 시설을 확보해야 하고, 일정한 염분농도의 지하해수의 확보문제, 수용밀도의 제한, 유류비 등 추가비용 부담으로 인하여 산업적인 규모로 월동사육하기에는 한계가 있다고 판단된다. 그리고 월동기 돔류의 절식시험에 따른 생리적인 특성 및 저수온기 에너지 요구량을 구명하기 위하여 참돔과 돌돔을 대상으로 실험을 실시하였다(주, 2000).

국내에서 돔류에 대한 이와 같은 다양한 형태의 저수온 변화에 따른 어류의 생리반응과 같은 기초적인 실험은 이루어지지 않은 실정이다. 다만 여름철 동해안에서 발생하는 냉수대로 인한 급격한 수온변화로 따른 육상양식장의 넙치의 스트레스에 따른 피해원인을 구명하기 위하여 실험수조에서 수온변화를 주면서 어체의 생리적인 반응을 조사하였다(박 등, 1999). 그리고 국립수산과학원에서는 1998년에 남해안 가두리양식장에 아열대성 어종인 큰민어양식을 보급하기위하여 겨울철 월동에 제한요소로 작용할 것으로 예상하여 저수온 내성실험을 하였다(이, 1999). 큰민어에 대한 저수온기의 사육관리 방법과 월동가능해역을 탐색하기 위한 순간적 저수온노출에 대한 내성, 수온하강에 따른 내성실험 등 기초적인 실험을 실시하였다.

국외에는 수온의 급변 등 심한 외부 스트레스는 어체의 생리활성을 떨어뜨림으로써 어체의 건강도를 약화시키고 어체의 생리적 변화를 야기시켜 과도한 에너지를 소모하여 성장의 둔화 및 폐사를 가중시킨다는 보고가 있다(Ishioka, 1980; Barton and Iwama, 1991; Schreck, 1982). 그러나 이러한 연구는 실험적인 수준에서 구명된 사실일 뿐 광범위한 남해안 가두리양식장의 생태계의 특성을 고려하여 저수온에 대한 피해원인을 구명하고 대안을 제시한 연구자료는 미미한 실정이다.

수중생활을 하는 어류에 있어서 수온은 생존에 직결되는 일차적인 환경요인이고, 내성수온의 범위 내에서도 급격한 수온변동은 어체에 심각한 스트레스를 수반하면서 단시간에 치사에 이르게 한다(Ishioka, 1980; Thomas et al., 1986). 환경변화에 따른 어류의 스트레스 반응은 일반적으로 3단계의 생리적 변화를 보이고 있다. 즉, 1차적으로는 혈중 카테콜아민과 코르티코스테로이드의 분비가 증가하여 스트레스에 의한 긴장상태에서 적응하려는 반응을 보이며, 2차적으로는 환경변화에 대한 생존 가능성을 높이기 위해 삼투압 조절과 탄수화물 대사 변화 및 혈액학적 성장변화가 나타나며, 3차적으로는 성장 감소와 질

병에 대한 감수성이 증가하는 현상을 보인다(Mazeud et al., 1977; Barton and Schreck, 1987; Pickering, 1992; Chang et al., 2001). 특히, 환경변화가 급격하거나 어체에 스트레스가 장기간 지속되면 체내 항상성(homeostasis) 유지능력의 저하와 더불어 다른 외적요인에 대한 저항력 감소가 어체에 가중되어 생존에 악영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Sindermann, 1996). 어류가 환경수온의 변화에 내성하는 정도는 일차적으로 적응(순치)기간과 생체대사에 수반되는 각종 효소반응과 관련되며, 서식지의 경험수온 범위를 과도하게 초과하는 수온범위에 도달하면 치사 상한수온과 하한수온에 이르는 것으로 보고하고 있다(Fry, 1971; Ishioka, 1980; Woo and Fung, 1980). 해산어류의 생리상태에 미치는 수온의 영향에 관해서는 Ishoka (1980)의 참돔에 대한 스트레스 반응 및 넙치와 쥐노래미에 대한 Chang et al. (1999, 2001)과 Park et al. (1999)의 보고 외에는 극히 희소하다. Ishoka (1980)는 일정수온에 적응된 참돔, *Pagrus major* (Temminck et Schlegel)을 극심한 수온조건으로 상승 또는 하강시켰을 때의 스트레스 반응을 조사하였다. 표층 평균수온 29℃와 동계 표층수온이 16℃ 전후로 분포되는 홍콩 연안 해역산 참돔(*Chrysophrys major*)을 대상으로 저수온과 고수온 내성특성을 생존율을 지표로 조사한 결과, 치사상한수온(ultimate upper lethal temperature)은 32℃, 치사하한수온(ultimate low lethal temperature)은 5.5℃인 것으로 보고하였고, 저수온 13℃에서 절식지속기간에 따른 혈액화학적 조사 및 간(liver tissue)의 체물질 조성변화를 조사한 결과를 볼 수 있다. 또한, Ishioka (1980)는 일정수온에 적응된 실험군을 10℃ 전후의 급격한 수온변동 조건으로 온도를 상승 또는 하강시켰을 때 참돔의 스트레스 반응을 보고하였다.

현재까지 동계 저수온기 월동사육 시에 우리나라 남해안 해역에서 형성되는 저수온대(4~6℃)에 노출된 돔류의 생존율 및 저수온에 노출된 돔류의 생리상태 변화를 파악할 수 있는 연구보고는 국내외적으로 희소한 상황이다.

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 여수연안 가두리양식장 실태조사

1. 재료 및 방법

가. 일반 실태조사

여수연안 해상가두리양식장 중 겨울철 상습피해 발생지역의 일반실태를 조사하기 위해 동사 발생해역과 비발생해역에서 22개소 어장을 선정하여 양식지역, 양식규모, 양식어종, 양식방법, 사육기간, 성장상태, 월별 폐사량 등에 대한 양식현황을 현장 청취 및 통계자료를 인용하여 조사하였다. 조사해역은 동사피해가 발생해역에서 18개소, 동사가 비발생해역 내에서 4개소를 선정하여 조사하였다(그림 1).

나. 어장환경 수온조사

겨울철 상습피해지역의 수온을 2006년 10월부터 2008년 6월까지 월간 수온분포를 여수시 어류양식장 주산단지 중 5개 지점을 현지 어업인의 위탁 봉상온도계를 이용하여 측정 조사 하였다(그림 2).

다. 질병발생 현황 조사

여수지역의 상습피해지역의 질병발생 현황을 조사하기 위하여 겨울철을 중심으로 어류양식 주산단지 5개 지점을 선정하여 월별 돔류 세균성 질병, 기생충성 질병 및 바이러스성 질병 등 발생 경향을 조사하였다(그림 2).

라. 성장도 조사 및 분석

성장도 조사 실시를 위하여 겨울철을 중심으로(10월~6월) 5개 지점에 대한 돔류 20마리를 샘플링하여 현장에서는 MS-222로 마취하여 전장과 체고는 1 mm 눈금 계측판을 이용하여 계측하였으며, 체중은 0.1 g 전자저울을 이용하여 측정하였다 또한 증중량, 폐사량을 청취하여 조사하였다(그림 2).

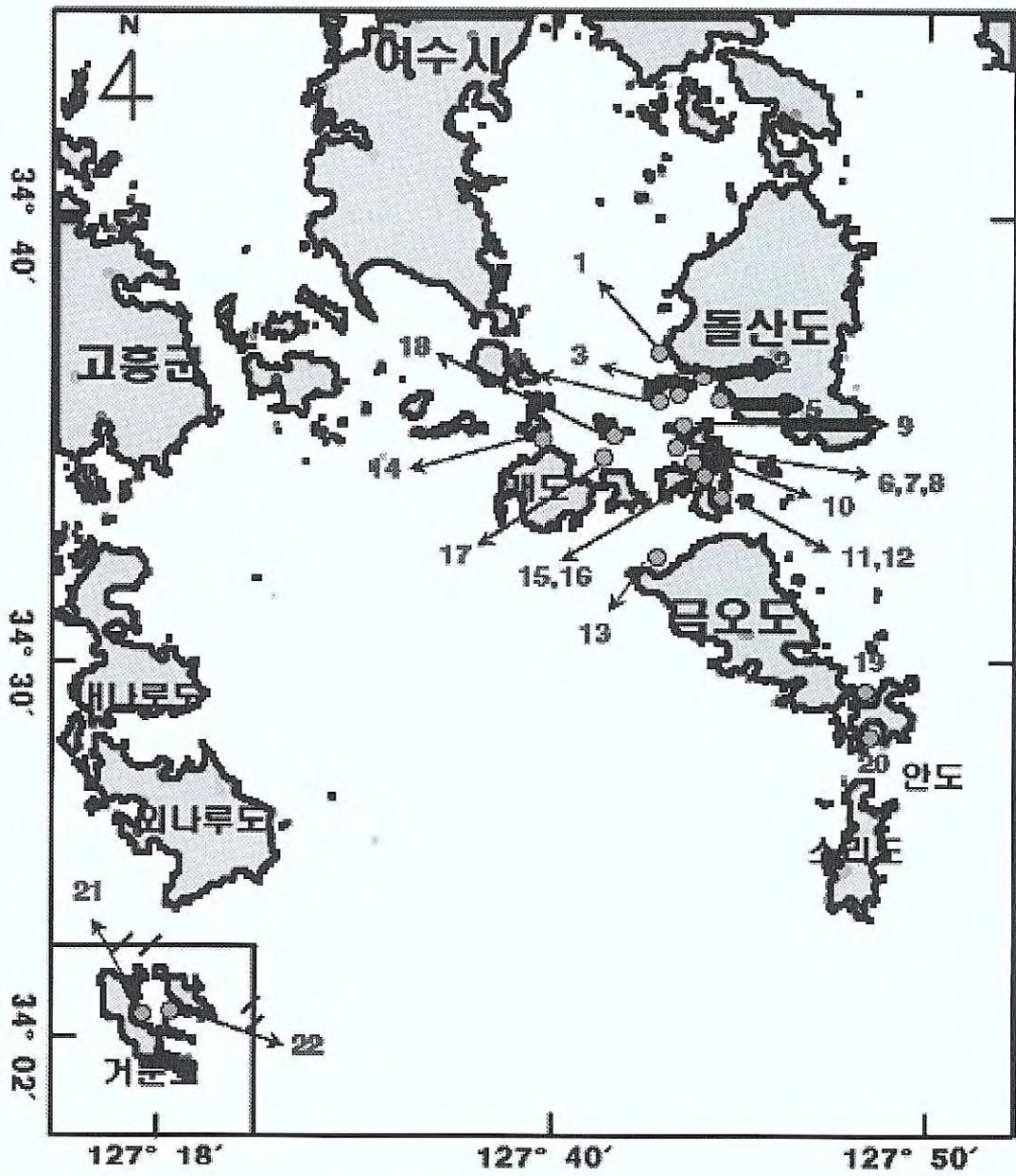


그림 1. 여수 가두리양식장 일반실태조사 지점.

표 1. 여수 가두리양식장 일반실태조사 지점

도면지점	어장위치	면허면적 (ha)	양식형태	소유주
1	돌산읍 군내 서편	0.74	내파성	행사계약
2	돌산읍 군내 동편	0.36	내파성	"
3	돌산읍 군내 송도	0.38	내파성+목재	"
4	돌산읍 군내 송도	0.45	목재	"
5	돌산읍 신복리 예교	0.25	내파성	"
6	남면 화태 독정어	0.27	내파성	"
7	남면 화태 독정어	0.23	내파성+목재	"
8	남면 화태 독정어	1.0	내파성+목재	개인
9	남면 화태 개머리	0.23	목재	행사계약
10	남면 두라	0.37	목재	"
11	남면 나밭	0.17	목재	"
12	남면 나밭	0.45	목재	"
13	남면 송고	0.86	목재	"
14	화정면 제도	0.54	내파성	"
15	화정면 월호	0.39	목재	"
16	화정면 월호	0.56	내파성	"
17	화정면 화산	0.32	목재	"
18	화정면 자봉	0.22	목재	"
19	남면 안도	0.45	목재	"
20	남면 안도 이야포	0.42	목재	"
21	삼산면 거문리	0.50	내파성	협업
22	삼산면 동도리	0.30	내파성+목재	행사계약

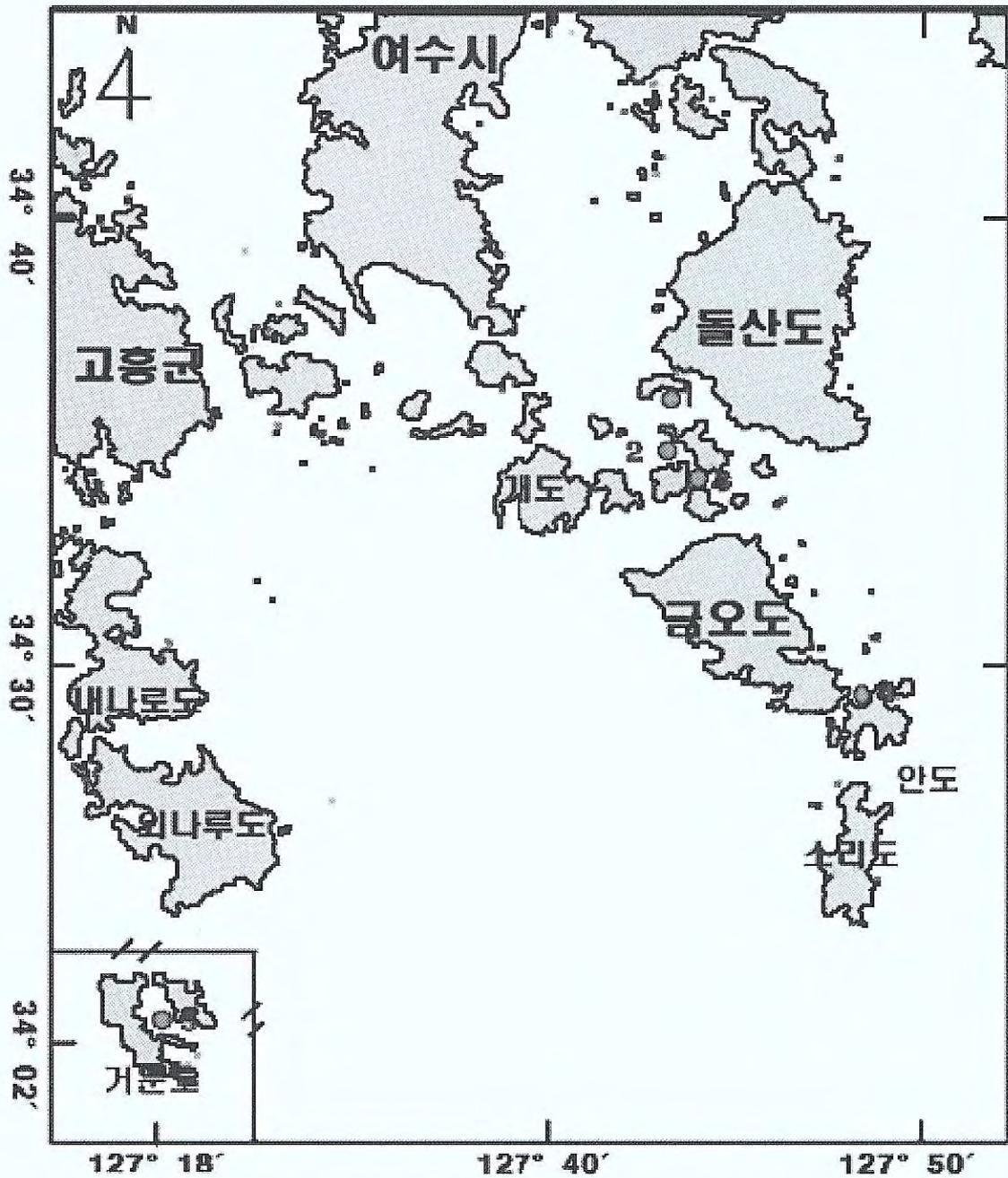


그림 2. 어장환경조사, 질병발생, 성장도조사 지점

(1. 돌산 송도: 2. 남면화태: 3. 화경 월호: 4. 남면 안도: 5. 삼산 거문)

2. 결과 및 고찰

가. 일반 실태조사

여수연안의 해상가두리양식장 중 겨울철 상승피해 발생지역의 일반실태조사는 2006년 10월 관내 양식어장 22개소(표 1)를 선정하여 가막만 일원에 18개소 남면 하단 2개소, 삼산면 2개소를 선정하여 조사하였으며, 사육규모로는 0.3 ha이하 6개소 27.2%, 0.3~0.5 ha 11개소 50%, 0.5 ha이상 5개소로 22.8%로 여수지역은 0.3~0.5 ha에 소유주가 50%로 행사계약 20개소, 개인 1개소, 협업 1개소를 나타냈으며, 양식방법으로는 해상가두리양식 목재가두리 11개소 50%, 내파성가두리 7개소 31.8%, 목재 및 내파성 혼용 4개소로 18.2%를 나타내고 있었으며, 2006년 10월 중 가막만 일원의 사육어종은 6종으로 총 사육량은 118,516천미 중 조피블락 60.2%, 돔류 25.6%, 농어 7.4%, 블락 4.6%, 넙치 0.34%, 기타 0.24% 등은 그림 3에 나타냈으며, 여수지역의 돔류 사육량은 30,304천미 중 감성돔 62.2%, 참돔 28.4%, 기타 9.3%로 그림 4에 가막만 하단 남면 화태, 화정면 월호, 개도, 나면 안도 등에서의 돔류 사육량은 그림 5에 나타내었고, 삼산면 거문도 지역의 사육량은 그림 6에 나타내었고, 그 밖의 기타 지역의 돔류 사육량은 그림 7과 같다. 한편 가막만 하단의 사육수심은 6~10 m, 폐사현황으로는 2006년 11월에서 2007년 3월중 수온이 평년에 비하여 높은 수온을 유지하여 폐사량은 20%수준으로 적었으나 월동 이후 수온이 상승하면서 가막만 하단 및 지역에 따라 폐사가 많은 곳은 최고 90%까지 폐사한 것으로 조사되었다.

2007년 월동실태조사 결과 여수 연안지역에서 2006년 11월부터 2007년 5월까지 돔류의 폐사는 다른 해에 비해 내만 가두리에서 8℃이하의 저수온을 보였다. 이와는 대조적으로 경남 하동 가두리에서 남면 안도 북단 지역으로 이동하였던 돔류의 경우 40만마리에서 35만마리가 살아 87.5%의 생존율을 보였다. 내만에서 남면 안도로 이동하지 않았던 돌산읍 신복리 및 송도 가두리에서는 5%내외의 생존율을 보였고 또한 화정면, 남면 인근어장에서 가두리 칸 마다 10~60%의 생존율을 나타내 동일지역에서도 차이가 아주 심하였다.

2008년 월동실태조사 결과 내만지역의 수온 조건은 8℃이하로 내려가는 기간이 길어 2007년에 비해 저수온을 보였다. 월동지로 이동 사육하였던 1년생 감성돔의 생존율을 살펴보면 남면 금오도 장지지역으로 이동한 6어가 중 밀식(5m×5m×5m/30,000마리)을 하였던 1어가에서 20%의 낮은 생존율을 보였고 5어가에서도 그다지 높지 않은 60% 내외의 생존율을 보였다. 동 지역에서 2년생 감성돔과 참돔은 90%이상 생존율을 보여 1년생과 대조를 이루었고 인근 남면 안도지역에서는 1년생 감성돔이 90%의 생존율을 보여 남면 장지지역과 대조를 이루었다.

여수 내만지역에서는 2008년 2월초 수온이 급격히 하강하여 돌산읍 군내(서외)에서 3.6℃, 신복리 6.7℃이하, 돌산읍 송도지선은 7.7℃로 나타남에 따라서 2006년 보다 심하진

않지만 유사하게 동해피해가 발생하였다. 2008년 4월 돌산읍, 남면, 화정면 일원의 10어가에서 피해를 조사한 결과 2어가에서 50%내외 생존하였고 5어가에서 30%, 3어가에서 10%가 생존하였다. 이는 가막만 내측의 연안에서는 겨울철 수온 및 북서풍 바람의 영향, 조류 수심 등을 고려하여 월동지 등을 고려하여야 할 것으로 판단된다.

가막만 지역은 월동기 이전에 비해 전중량이 9.3~12.8% 감량을 나타내었으며, 급이중단은 11월 초순에서 중순에 급이를 중단하였다.

가막만 하단지역은 11월 10일에서 15일 수온 16℃내외로 내려가면 급이를 중단함으로써 월동기 이전에 비해 전중량이 9.3~12.8% 감량은 나타냈으며, 남면하단의 수심 10~15 m로써 월동기 폐사는 미미하였으나, 수온상승기 질병 발생으로 인한 폐사가 많은 것으로 나타났으며, 월동사육현황은 월동기 이전에 비해 11.5% 증중 어체중의 0.5%내외로 먹이를 월동기내에도 꾸준히 줌으로써 성장이 조금 이루어지고 있었다. 삼산면 거문도지구의 경우 사육수심은 15 m 이상을 나타내고, 폐사현황으로는 월동기에는 폐사가 없음을 나타냈고 월동사육현황은 월동기 이전에 비해 8~43% 증중하여 겨울철에는 평상시 급이량의 1/3을 급이하여 성장이 꾸준히 이루어지는 것을 나타냈다.

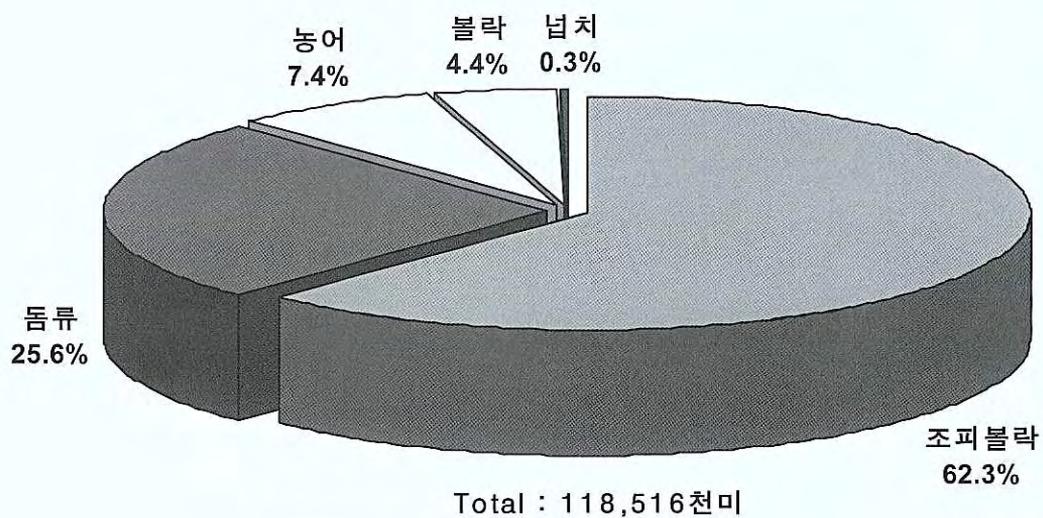


그림 3. 2006년 여수지역 품종별 사육량.

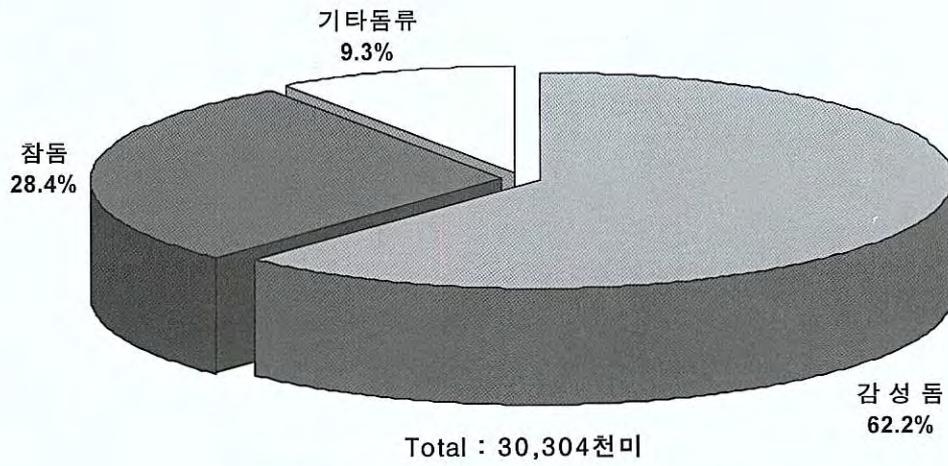


그림 4. 2006년 여수지역 돔류 사육량.

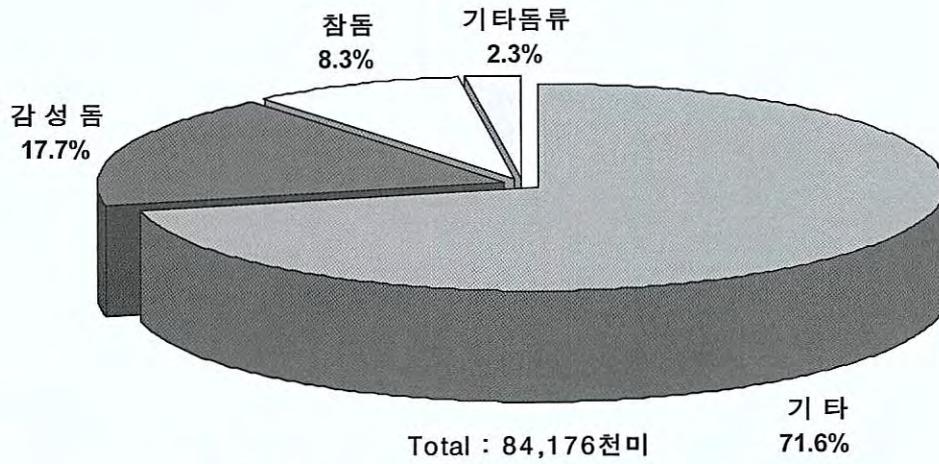


그림 5. 2006년 가막만 하단 지역 돔류 사육량.

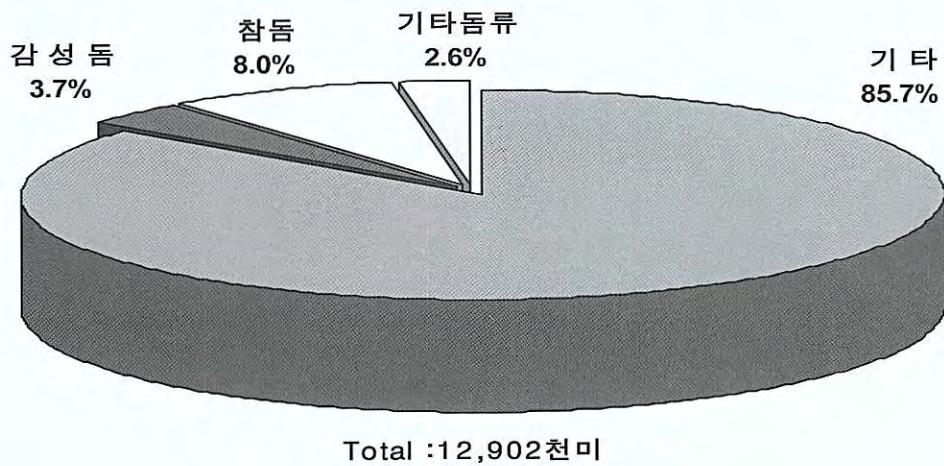


그림 6. 2006년 거문도 지역 돔류 사육량.

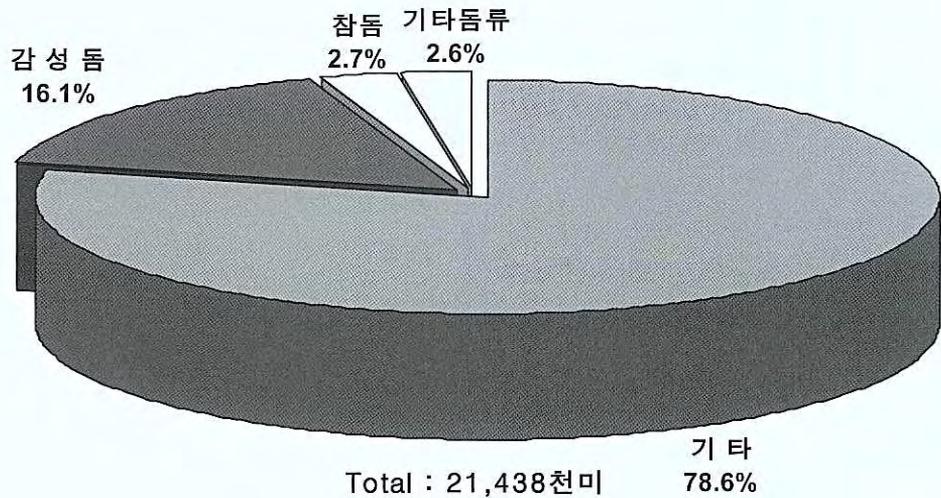


그림 7. 2006년 기타 지역 돔류 사육량.

나. 해양환경 및 수온조사

조사기간 중(2006. 11~2008. 6) 겨울철을 중심으로 관내 해역의 수온범위는 7.7~22.7℃내외를 나타내었으며 여수시 돌산읍 군내 송도지선의 수온은 7.7~18.6℃, 동기간 동안 최저수온은 2008년 2월 19일 7.0℃, 남면 화태지선의 수온은 9.1~22.7℃, 최저수온은 2008년 2월 19일 8.2℃, 화정면 월호지선의 수온범위는 8.9~21.9℃를 나타냈으며 최저수온은 2008년 2월 20일 8.0℃, 남면 안도지선의 수온은 9.9~18.8℃를 나타냈으며 최저수온은 2008년 2월 18일 9.91℃, 삼산면 거문리 지선의 수온은 11.2~20.1℃를 나타냈으며 최저수온은 2008년 2월 20일 9.6℃를 나타내어 조사기간 중 여수지역의 최저수온은 2008년 2월 중순 여수시 돌산읍 군내 송도지선에서 7.0℃로 2월 중순에 최저수온을 나타내었다(그림 8).

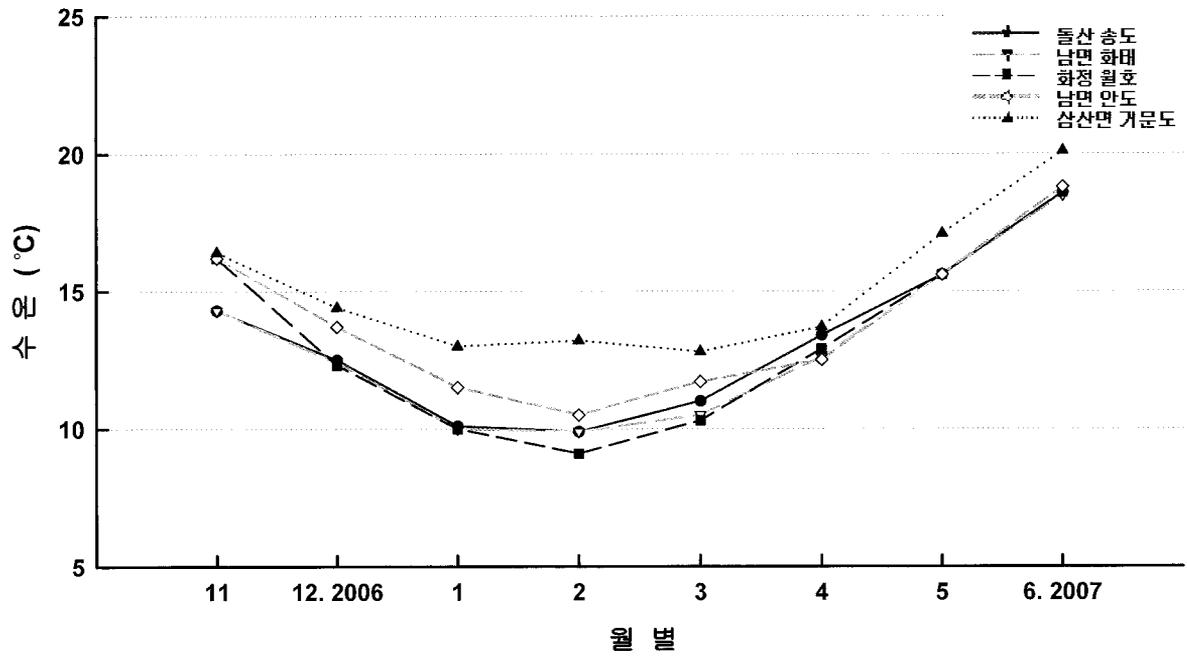


그림 8. 여수연안 가두리양식장 주변 수온조사(2006. 11~2007. 6).

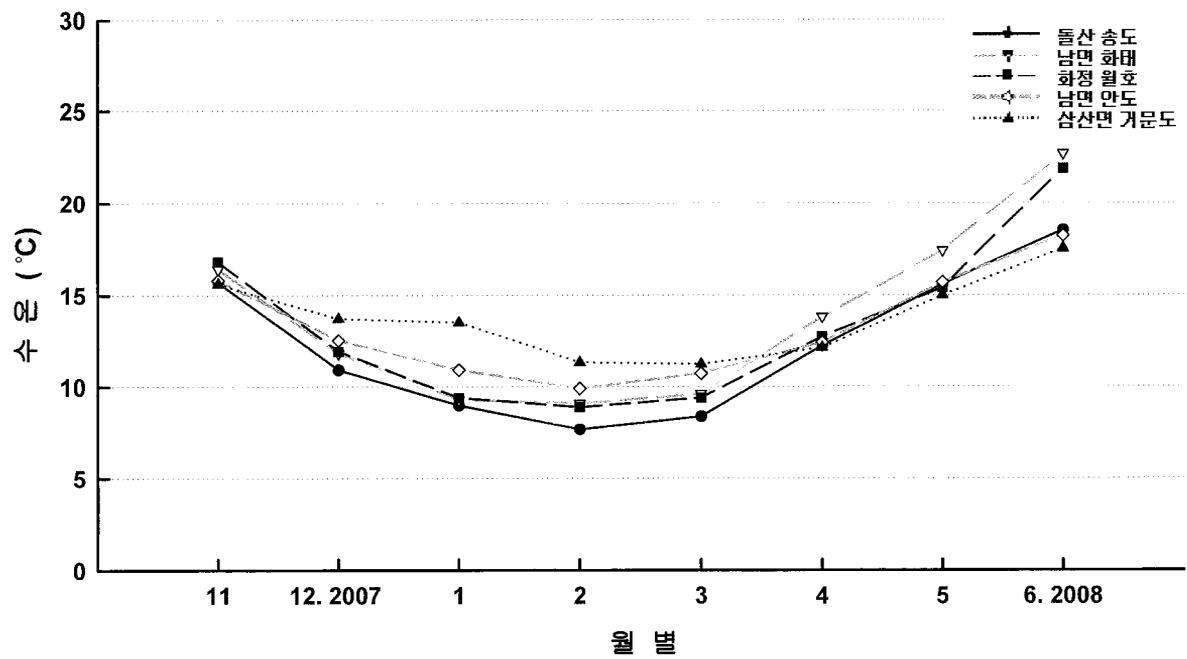


그림 9. 여수연안 가두리양식장 주변 수온조사(2007. 11~2008. 6).

다. 질병발생 현황 조사

질병발생 현황 조사기간은 2006. 11~2008. 6월까지로 겨울철을 중심으로 조사하였다. 11월에는 전 지역에서 감성돔 아가미에 알레라, 닥티로자이루스충, 돌돔 베네데니아, 참돔 비바기나충 등 기생충 감염이 많이 나타났으며, 남면 상단지선과 돌산읍 지선에서는 조피볼락이 마이크로코타일충과, 활주세균의 복합감염 형태를 보였다. 12월에는 돌산읍 지선에서 돔류 알레라충이 여전히 기생하고 있었으며, 녹간증 증상이 서서히 관찰되었다.

2007년 1월과 2008년 1월의 경우 화정면지선과 돌산읍 지선에서 돔류 저수온성 비브리오로 인한 궤양이 발생하여 폐사가 발생하였으며, 돌산읍 지선에서 농어 닥티로자이루스와 저수온성 비브리오로 안구백탁 증상이 나타났다. 2월중에는 남면 상단에서 돔류 알레라와 저수온성 비브리오의 복합감염과 녹간증 증상이 심하게 발생하였으며, 조피볼락은 저수온성 비브리오로 표피 발적 및 궤양이 발생하였다.

3월 돌산읍 지선과 남면 상단부 지선에서 월동기간동안 절식으로 녹간증 증상이 많이 나타났으며, 기생충은 여전히 알레라, 닥티로자이루스가 기생하고 있었다. 조피볼락의 경우 돌산읍, 남면 상단 지선에서 마이크로코타일충과 저수온 비브리오의 복합감염 등을 나타내고 있었으며, 4월에는 돌산읍 송도지선에서 돔류에서 아가미기생충과 활주세균으로 인한 아가미부식증상을 보였으며, 조피볼락은 남면 상단 지선에서 아가미부식증상으로 아가미 세엽 붕괴현상을 보였다. 5월중에는 남면상단지선과 돌산읍 송도지선에서 돔류 활주세균증으로 인하여 비늘탈락, 지느러미 결손증상이 발생하였으며, 조금씩 급이가 되면서 녹간증 증상은 좋아지고 있었으며, 남면상단지선에서 조피볼락의 경우 마이크로코타일충 기생이 많아졌으며, 활주세균으로 인한 아가미 부식증상을 보이고 있었다. 6월중에는 화정면지선, 남면 상단부 지선에서 5월부터 수온상승에 의한 급이를 시작하면서 장내 복수, 설사 증상을 동반하고 있었으며, 돌산읍 송도지선 및 남면 상단부에서는 조피볼락의 경우 마이크로코타일충으로 인하여 아가미퇴색 및 빈혈 증상을 보였다.

표 2. 2006년 11월 2008년 6월 겨울철 월별 어류질병조사 결과

월 별	어장위치	증 상	기 생 종	세 균	바이러스
11월	돌산송도	녹간증 10%	알레라 60% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 20%	미검출	미검출
	남면화태	녹간증 5%	알레라 60% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 20%	미검출	미검출
	화정월호	녹간증 10%	알레라 60% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 20%	미검출	미검출
	남면안도	-	알레라 20% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 20%	미검출	미검출
	삼산거문	-	비바기나충 20%	미검출	미검출
1월	돌산송도	녹간증 40% 표피궤양 20%	알레라 20% 탁티로자이루스충 10% 비바기나충 20%	비브리오	미검출
	남면화태	녹간증 20% 표피궤양 10%	알레라 20% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 10%	비브리오	미검출
	화정월호	녹간증 20% 표피궤양 10%	알레라 60% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 20%	비브리오	미검출
	남면안도	녹간증 10%	알레라 60% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 20%	미검출	미검출
	삼산거문	-	비바기나충 20%	미검출	미검출
3월	돌산송도	녹간증 80% 표피궤양 30%	알레라 20% 탁티로자이루스충 10% 비바기나충 10%	비브리오	미검출
	남면화태	녹간증 60% 표피궤양 30%	알레라 20% 탁티로자이루스충 10% 비바기나충 10%	비브리오	미검출
	화정월호	녹간증 60%	알레라 20% 탁티로자이루스충 10% 비바기나충 5%	미검출	미검출
	남면안도	녹간증 50%	알레라 40% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 20%	미검출	미검출
	삼산거문	녹간증 20%	비바기나충 5%	미검출	미검출
5월	돌산송도	녹간증 20% 지느러미결손 10% 표피궤양 20%	알레라 60% 탁티로자이루스충 30% 비바기나충 30%	활주세균 비브리오	미검출
	남면화태	녹간증 5% 지느러미결손 15% 표피궤양 20%	알레라 60% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 30%	활주세균 비브리오	미검출
	화정월호	녹간증 5% 지느러미결손 15% 표피궤양 10%	알레라 60% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 20%	활주세균 비브리오	미검출
	남면 안도	지느러미결손 10% 표피궤양 10%	알레라 60% 탁티로자이루스충 20% 비바기나충 20%	활주세균	미검출
	삼산 거문	표피궤양 10%	비바기나충 10%	비브리오	미검출



〈아가미에 기생한 알레라충〉



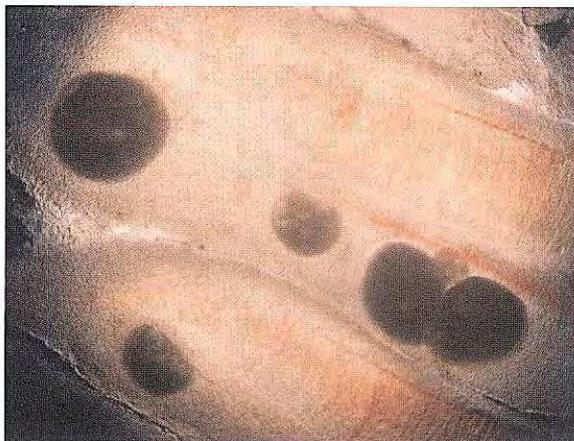
〈아가미에 새엽에 부착된 알레라충〉



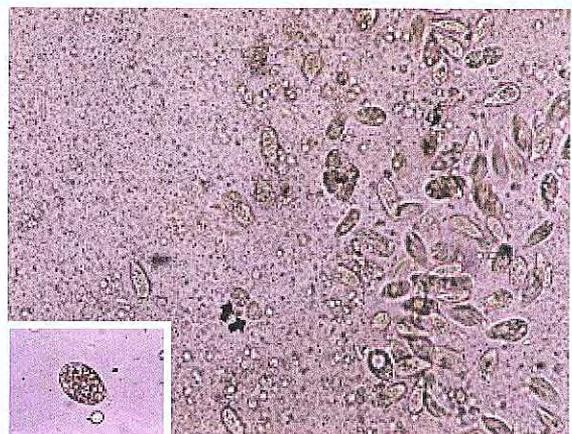
〈아가미 기생한 흡충〉



〈아가미흡충〉



〈아가미에 기생하는 백점충〉



〈스쿠티카충〉

그림 10. 감성돔에 감염되는 기생충.

라. 성장도 조사 및 분석

성장도 조사는 체장 및 전중량을 중심으로 조사기간은 2006. 11~2008. 6월까지 겨울철을 중심으로 매월 5개 지점에 대하여 성장도 조사를 실시하였다. 가막만 내만어장인 여수시 남면 화태, 화정 월호, 돌산 송도지선의 성장도(그림 12)는 월동가능지역 대조구인 남면 안도지역의 성장도(그림 13), 그리고 삼산면 거문지역의 성장도를 그림 14에 나타냈다.

남면 화태 양식어장의 2006년 11월부터 2007년 6월까지 성장도는 체장 10.0~11.8 cm, 평균 체장은 10.7 cm이었으며, 전중량은 17.8~22.2 g 평균체중은 16.8 g이었다. 2007년 11월부터 2008년 6월까지의 전중량이 30.8~64.3 g으로서 평균중량은 52.1 g이었다. 돌산읍 송도지선에서는 2006년 11월부터 2007년 6월까지 성장도는 체장은 9.2~10.9 cm, 평균 체장은 10.0 cm이었으며, 전중량은 16.2~22.9 g으로서 평균 체중은 17.5 g을 나타냈으며, 또한 2007년 11월부터 2008년 6월까지의 전중량은 25.9~62.5 g이었으며, 평균체중은 38.2 g이었다. 또한 화정면 월호지선에서 2006년 11월부터 2007년 6월까지 성장도 체장은 9.61~11.6 cm, 평균체장은 10.2 cm을 나타냈으며, 전중량은 17.2~21.8 g으로써 평균체중은 17.4 g을 나타냈다, 또한 2007년 11월부터 2008년 6월까지 체중은 38.5~59.8 g 이었으며 평균체중은 45.8 g이었다. 또한 대조구를 이룬 남면 안도 지역의 2006년 11월부터 2007년 6월까지 성장도는 체장이 15.1~17.1 cm, 평균 체장은 16.3 cm이었으며, 전중량은 73.1~86.4 g이었으며 평균중량은 81.3 g을 나타냈으며, 2007년 11월부터 2008년 6월까지의 전중량은 73.1~109.9 g 평균체중이 84.3 g이었다. 또한 삼산면 거문지선의 성장도는 2006년 11월부터 2007년 6월까지 성장도는 체장은 2년산 참돔의 경우 17.2~33.6 cm 전중량은 108.5~140.2 g을 나타냈다. 또한 2007년 11월부터 2008년 6월까지의 전중량은 456.3~592 g 평균체중이 514.6 g을 나타냈다. 따라서 돌류의 월동기 피해는 수온상승기까지 장기간 사료공급 중단으로 체력이 저하되어 질병에 대한 저항성이 낮아졌기 때문으로 판단된다.

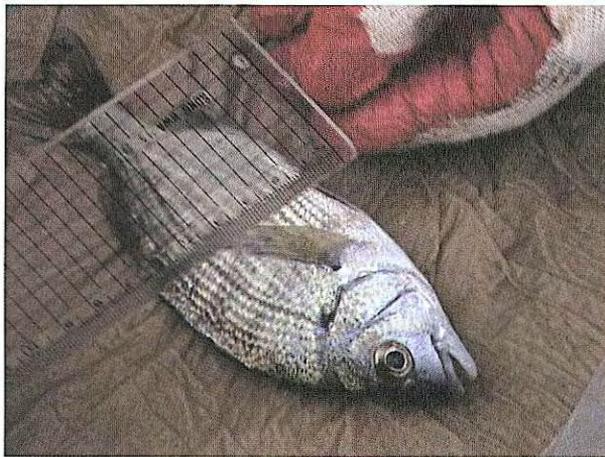


그림 11. 감성돔 마취 후 성장조사.

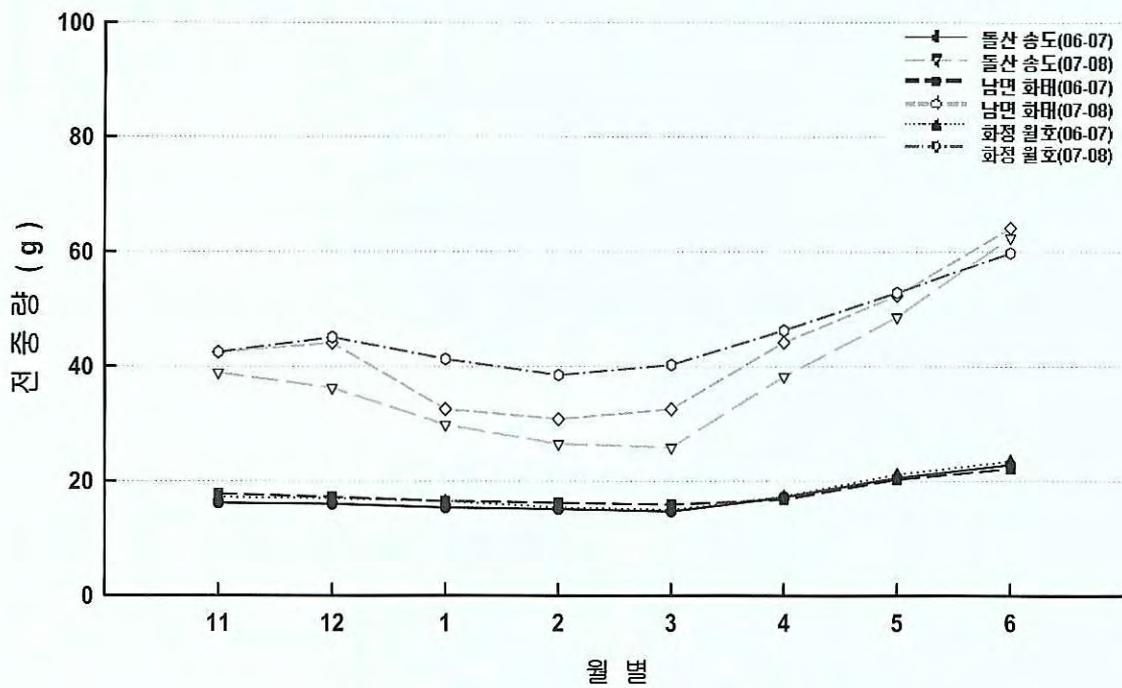


그림 12. 가막만 하단 성장도 조사 결과(감성돔).

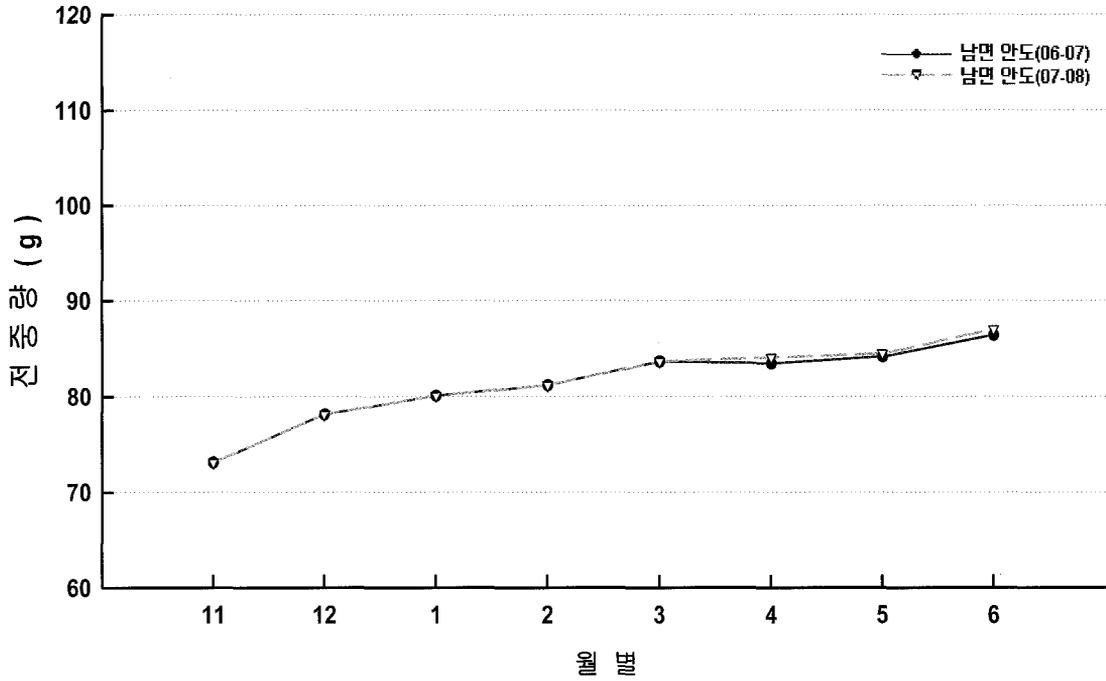


그림 13. 남면 안도 성장도 조사 결과(감성돔).

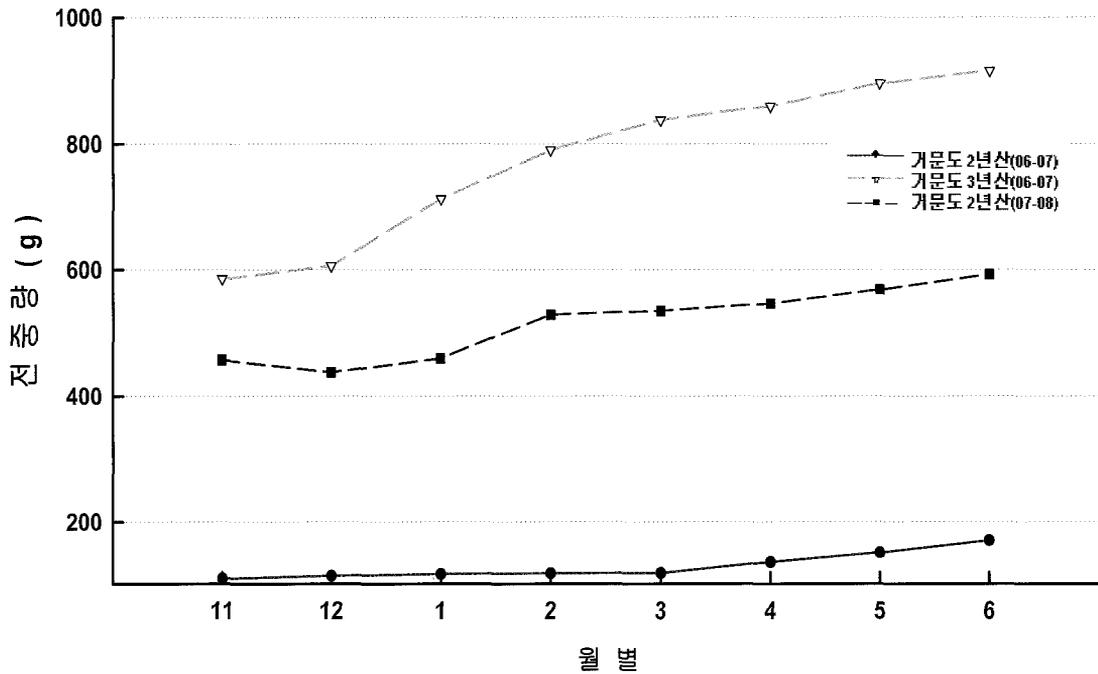


그림 14. 거문도 지역의 성장도 조사 결과(참돔).

3. 요약

2006년 여수지역의 해상가두리 어류양식 총 면적은 62건의 198 ha, 어업인은 520여가로서 '06년 11월 사육량은 1,185천만 마리 중 돔류는 26%의 303백만 마리 사육하고 있으며, 해상가두리 어업인의 대부분이 0.3~0.5 ha 면적인 소규모로 사업 중이며, 대부분의 어업권은 어촌계 및 수협 어업권을 행사계약에 의해 사업중이다. 양식시설방법은 목재, 내파성, 목재+내파성가두리 순서로 목재시설 방법이 가장 많이 이루어지고 있다.

또한 여수지역은 연구기간인 2006년 11월부터 2007년 5월까지 돔류의 폐사는 예년에 비해 내만지역 수온 8℃이하의 저수온 기간이 거의 없어 전체 폐사량이 적었다. 그러나 아가미기생충(알레라)과 피부흡충(베네데니아)의 구체작업과 월동기 이후 체력회복 되기전 4월에 이동한 남면 안도지역(이야포)에서 내만양식장으로 이동하였던 돔류의 경우 월동기간 동안 약 150만 마리에서 15만 마리가 살아 10%내외의 생존율을 보였다.

2008년 1~2월 내만지역의 수온 조건이 8℃이하로 내려가는 기간이 예년에 비해 12일이 길어 2007년 보다 저수온상을 보였다. 월동지(남면 장지)로 이동하였던 감성돔의 생존율을 살펴보면 총 6어가 중 밀식(5 m×5 m×5 m/30,000마리)을 하였던 1어가에서 20%의 낮은 생존율을 보였고 5어가에서는 그다지 높지 않은 60% 내외의 생존율을 보였다. 남면 장지지역에서 2년생 감성돔은 90%이상 생존율을 보여 1년생과 대조를 이루었고 인근 남면 안도지역에서 1년생 감성돔이 90%의 생존율을 보여 남면 장지지역과 대조를 이루었다.

가막만 하단의 어류양식단지에서는 감성돔의 경우 11월 초 중순경 수온이 16℃내외로 내려가면 급이를 중단함으로써 월동기 이전에 비해 어체중이 9.3~12.8% 감량 되었으며, 대조구인 남면 안도와 삼산면 거문도 지역은 겨울철에 1주일에 1~2회를 1회 급이량 1/2~1/3씩 급이한 결과 월동기간에도 10~20%의 성장도를 나타냈다.

조사기간 중 수온범위는 8.4~20.1℃내외였으며, 조사지역중 여수시 돌산읍 군내리 송도 지선에서는 2008년 2월 평균수온이 7.8℃로 조사되었다.

질병발생 또한 돔류의 경우 감성돔 아가미에 알레라, 닥티로자이루스충, 참돔 비바기나충 등 기생충이 많았으며, 11월부터 절식에 들어가면서 돔류에서 녹간증 증상이 심하게 나타났는데 이것은 장기간 절식에 따른 영양결핍과 적절한 단백질 공급이 되지 않아 나타나는 것으로 판단되며 이와 대조로 안도와 거문도 지역의 월동기 해수에서 감성돔 위와 장에서 이물질이 들어 있는 것을 확인 하였다. 이는 낮은 수온에서도 위에 먹이 부산물이 확인되는 것을 보아, 돔류에 있어서 동지역에서는 저수온의 장기간 절식 방법은 적합하지 않고, 낮은 수온에서도 영양 공급할 수 있어야 할 것으로 판단된다.

제2절 통영연안 가두리양식장 실태조사

우리나라 연안의 겨울철 수온은 참돔, 감성돔, 돌돔과 같은 온대성 어류의 생리적 하한선인 10℃이하까지 떨어짐에 따라 양식품종 다양화에 걸림돌로 작용할 수 있으며, 이로 연중 양식이 가능한 품종은 조피볼락과 농어 등 극히 일부 품종에 국한되어 있는 실정이다. 특히, 통영지역의 경우 2003년 겨울철 한파로 1,077천미 폐사(피해액 1,447백만원), 2006년 1,814천미(피해액 1,193백만원)가 폐사하는 등 겨울철 한파피해는 돔류의 완전양식을 위협하는 요인으로 작용하여 매년 막대한 피해를 주고 있는 실정이다.

돔류는 서식 적수온이 13~28℃로 온수성어류에 속하며, 수온이 10℃이하가 되면 사료섭이활동과 어체 면역력이 현저히 떨어지고, 7~8℃에서는 몸의 균형을 상실하거나 체색흑화를 동반하고 7℃이하에서는 폐사되는 등 저수온에 특히 취약한 품종이다. 돔류의 겨울철 폐사원인은 저수온 생리적 기능장애로 인한 폐사로 추정되고 있으나, 겨울철 폐사를 가속화시킬 수 있는 원인 조사는 물론 폐사발생어장의 특성과 동사 폐사율 증가와의 관계에 대한 조사는 전무한 실정으로 돔류 동사의 대안 방안 또한 한계수온 이상 수역으로의 이동양식만이 제시되고 있어 수동적인 입장을 고수하고 있는 수준이다.

이에 폐사가 집중적으로 발생하는 남해안 해상가두리양식장을 중심으로 지역별 사육실태 및 사육환경을 파악하고 지속적인 환경모니터링을 통해 폐사원인에 대한 기초적인 자료를 확보하고자 하며, 이를 통해 겨울철 폐사의 가속 인자와 실질적인 대안을 마련하고자 한다. 따라서 본 연구는 돔류 동사가 집중적으로 발생하는 남해안 해상가두리양식장을 중심으로 지역별 양식현황을 파악하고 지속적인 환경 및 어류질병 모니터링을 통해 폐사원인에 대한 기초적인 자료를 확보함은 물론 이를 통해 동사피해의 가속인자와 실질적인 대안을 마련하고자 한다.

1. 재료 및 방법

가. 일반실태조사

통영연안 해상가두리양식장중 겨울철 상습피해 발생지역의 일반실태를 조사하기 위해 동사 발생해역과 비발생해역에서 20개소 어장을 선정하여 양식규모, 육지와와의 거리 및 수심 등과 같은 해상가두리양식장의 특성과 양식어종 및 폐사율 등 양식현황을 조사하였다.

조사해역은 그림 15와 같으며, 발생해역에서 12개소(1~12번), 비발생해역내에서 8개소(13~20번)를 선정하여 조사하였다. 조사에 사용된 어장은 표 3과 같다.

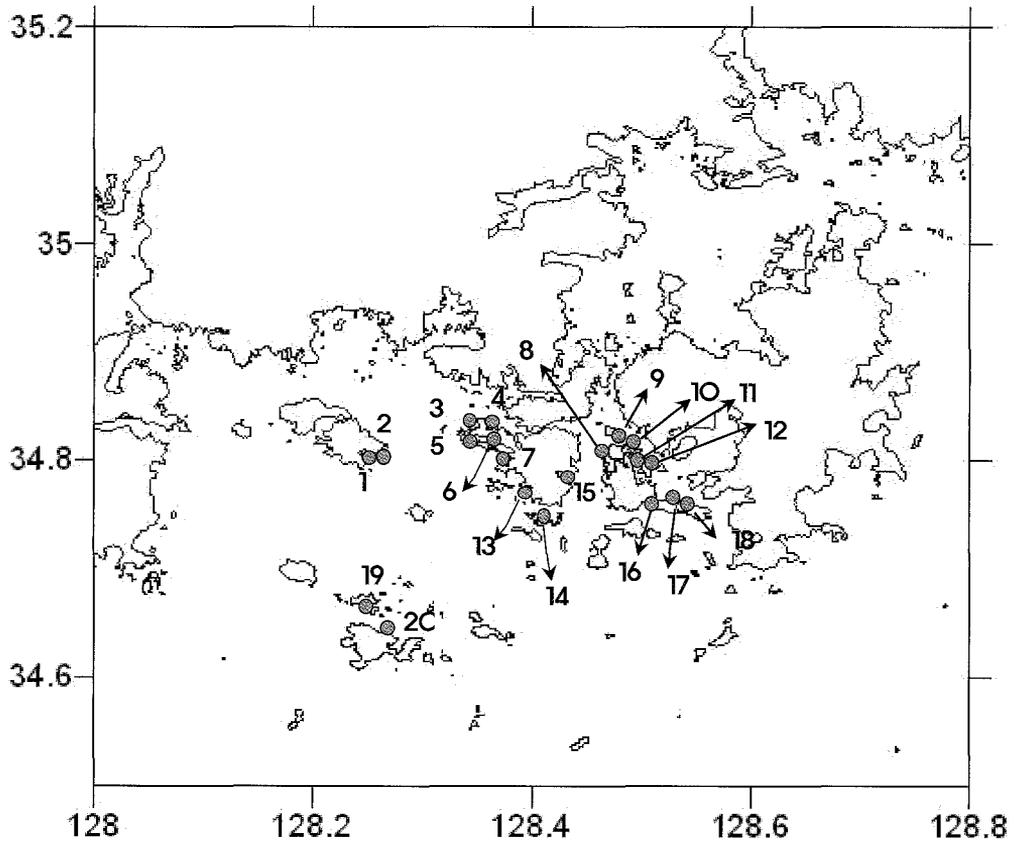


그림 15. 통영 가두리양식장 일반실태조사 지점.

표 3. 통영 가두리양식장 일반실태 조사 지점

도면지점	어장위치	면허면적 (ha)	육지와 거리(m)	최저수심 (m)	최고수심 (m)
1	사랑양지	0.1	20	7.8	13.9
2	사랑양지	0.5	20	7.8	13.9
3	한산염호관암	1.0	100	8.1	14.0
4	산양풍화향촌	0.5	50	7.5	8.1
5	산양풍화중부	0.4	60	6.2	8.4
6	산양풍화오비	1.0	20	5.4	8.4
7	산양삼덕원항	2.27	30	9.8	10.1
8	삼양풍화함박	1.0	80	7.8	17.3
9	한산염호여차	0.5	300	11.4	16.4
10	한산염호비산	1.0	150	5.7	16.8
11	한산창좌장곡	0.5	30	5.7	7.6
12	한산창좌동좌	0.4	10	6.0	20
13 ^{a)}	산양미남미남	0.4	20	8.1	13.5
14 ^{a)}	산양학림	0.5	60	9.0	22.0
15 ^{a)}	산양영운	0.5	200	12.6	14.6
16 ^{a)}	한산추봉봉암	0.1	50	9.0	14.8
17 ^{a)}	한산추봉추원	0.35	20	7.5	14.6
18 ^{a)}	한산추봉예곡	0.5	20	7.5	14.6
19 ^{a)}	육지하노대	0.3	10	7.2	14.9
20 ^{a)}	육지옥동산내	0.3	20	7.6	16.3

a) 돌류 겨울철 폐사 비발생해역

나. 어장환경조사

1) 조사항목

겨울철 상습피해지역의 어장환경평가를 위해 상습피해 발생해역과 비발생해역에서 5개소를 선정하여 2006년 9월부터 2008년 6월까지 월간 수온분포 및 수질조사를 실시하였다. 해상가두리 해역별로 수질측정기(CTD, SBE 19plus 및 YSI, 600QS)를 이용하여 수온, 염분 및 용존산소를 측정하고 수질의 영양염류(암모니아성질소, 아질산성질소, 질산성질소, 인산염)와 화학적산소요구량(COD)을 측정하였다. 조사에 사용된 지점은 그림 16과 같으며, 발생해역에서 4개소(1~4번), 비발생해역에서 1개소(5번)를 선정하여 조사하였다.

2) 조사방법

일간 수온분포를 조사하기 위해 어장별로 오전 10시를 기준하여 일일 수온을 측정하였으며, 월간 변화를 관찰하기 위해 수질측정기(CTD, SBE 19plus 및 YSI, 600QS)를 이용하여 지점별로 수온, 염분과 용존산소를 측정하였으며, 영양염류($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$)는 표층과 저층(수심 10 m)에서 해수를 채수하여 유리섬유여과지(Whatman GF/C)로 여과한 후 분석용 시료로 사용하였다.

암모니아질소($\text{NH}_4\text{-N}$)는 Indophenol법, 아질산질소($\text{NO}_2\text{-N}$)는 Sulfamilamide- NED법, 질산질소($\text{NO}_3\text{-N}$)는 Cadmium reduction법에 따라 비색 정량하였으며, 인산인($\text{PO}_4\text{-P}$)은 Ascorbic acid법에 따라 비색 정량하여 용존무기질소(Dissolved Inorganic Nitrogen, DIN)를 mg/L로 표시하였다. 화학적산소요구량(COD)은 시료 해수에 일정량의 NaOH와 KMnO_4 를 첨가하여 항온수조에서 1시간 가열 반응시킨 후 과량의 KMnO_4 를 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 로 적정하여 mg/L로 표시하였다.

다. 어류질병 및 성장도조사

겨울철 상습피해지역의 어체 상태를 점검하기 위해 동 해역내에서 5개소 어장을 선정하여 2006년 9월부터 2008년 6월까지 격월로 참돔의 세균성 질병, 기생충성 질병 및 바이러스성 질병의 발생경향과 어체 성장도 조사를 실시하였다. 조사에 사용된 지점은 그림 17과 같다.

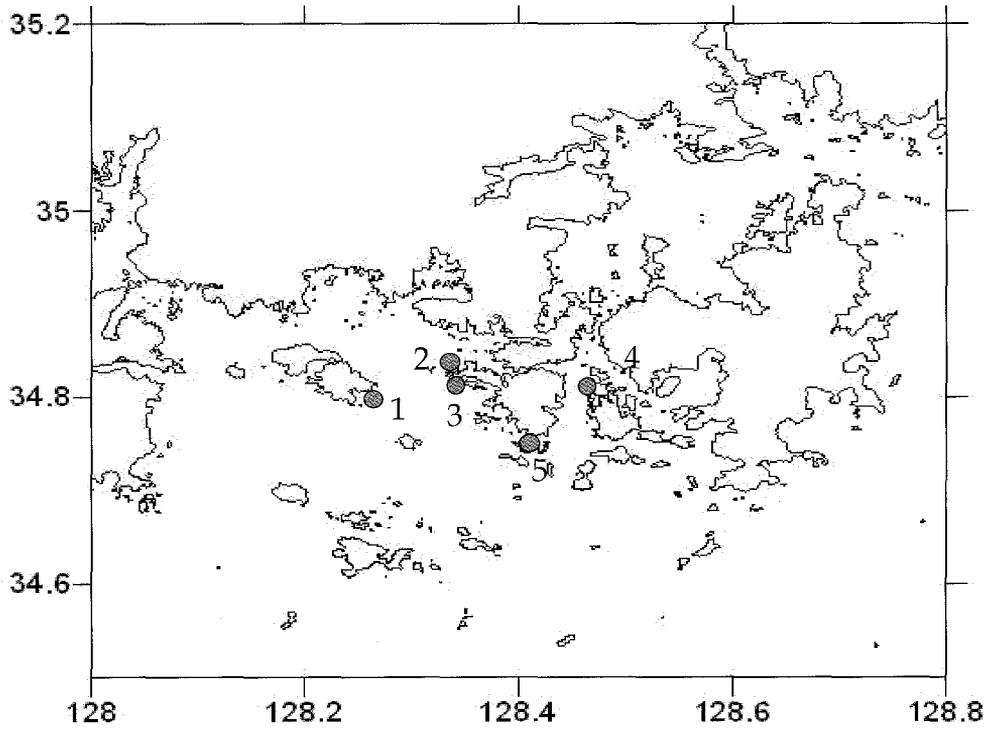


그림 16. 통영해역 어장환경 조사지점.

(1, 사랑양지 ; 2, 산양명지 ; 3, 산양오비 ; 4, 한산염호, 5, 산양학립)

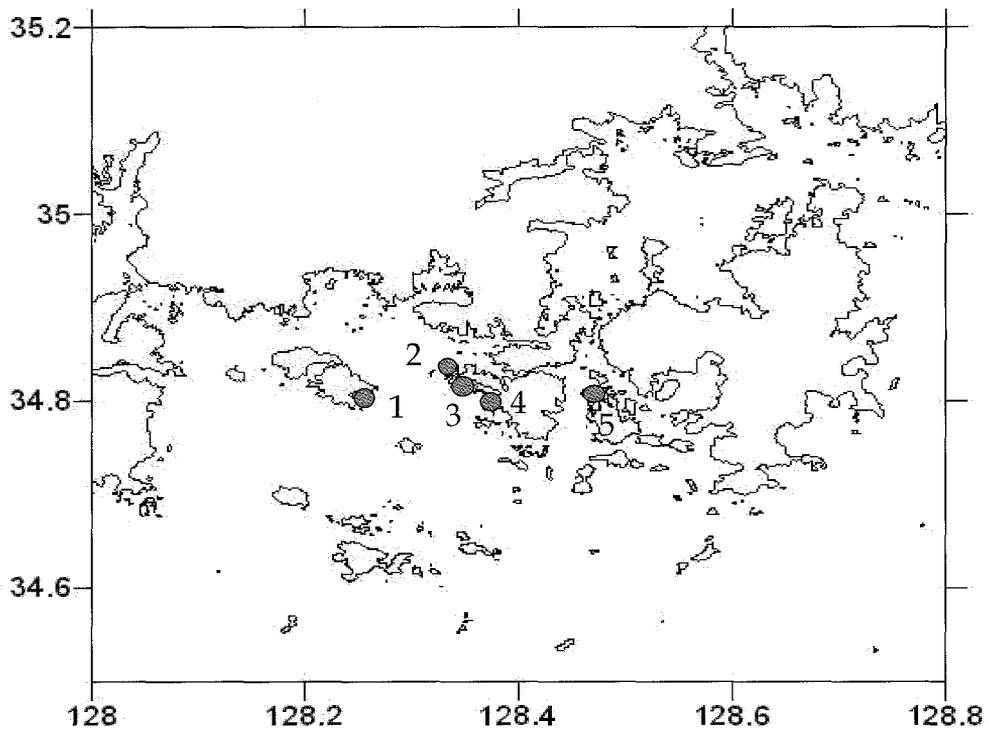


그림 17. 통영해역 어류질병 및 성장도 조사지점.

(1, 사랑양지 ; 2, 산양명지 ; 3, 산양오비 ; 4, 산양삼덕, 5, 한산염호)

2. 결과 및 고찰

가. 일반실태조사

통영연안 해상가두리양식장 중 겨울철 상습피해 발생지역의 일반실태를 조사하기 위해 피해발생해역과 비발생해역내에서 20개소 어장을 선정하여 양식규모, 육지와와의 거리, 수심 등과 같은 어장특성과 양식어종 및 폐사율 등 양식현황을 조사하였다.

조사에 사용된 어장은 표 3과 같으며, 그림 18에서 표시된 2003년과 2006년 겨울철 상습피해 발생해역에서 12개소를 선정하였고, 대조구로 비발생해역에서 8개소를 임의적으로 선정하여 조사하였다.

조사결과 겨울철 상습피해지역의 개인별 평균 어장면적은 0.8 ha로 0.3 ha이하 0%, 0.3~0.5 ha 50%, 0.5 ha이상 50% 수준을 보이고 있었다. 이는 통영 전해역 해상가두리양식장의 개인별 어장면적 보유율(0.2~0.3 ha, 33.8%차지)과 비교하여 다소 높은 수준을 유지하고 있었다.

육지와와의 거리는 상습피해 발생해역이 평균 72.5 m로 비발생해역 50 m보다 오히려 원 거리에 위치하고 있는 반면, 최고 및 최저수심은 상습피해 발생해역이 7.4~12.9 m로 비발생해역 8.6~15.6 m와 비교하여 비교적 낮은 수심을 유지하고 있는 것으로 조사되었다. 특히 상습피해 발생어장의 대부분은 만내에 위치하는 내만성 어장으로 육지와와의 거리는 다소 먼 것으로 조사되었으나, 최고수심이 12.9 m 수준으로 수온 및 풍파의 직접적인 영향을 받을 수 있는 조건을 가지고 있고, 조류 소통이 원활하지 못한 것으로 조사되었다.

사육어종은 조피볼락이 69%로 가장 높은 비율을 차지하고 있었으며, 그 다음 참돔, 감성돔, 전어 순으로 통영 전체 해상가두리 사육어류의 점유율과 유사한 패턴을 보이고 있었다. 특히 폐사상습해역의 돔류 사육량은 ha당 평균 229천미로 비발생해역의 평균 사육량 203천미와 비교하여 12% 높은 밀도를 유지하고 있었으며, 2006년 10월부터 실시한 누적폐사율 조사결과 2007년 5월 현재, ha당 26천미가 폐사하여 11.5% 누적폐사율을 보여 비발생해역의 누적폐사율 6.9%에 비해 높은 폐사율을 보이고 있었다. 이는 고밀도 사육이 수온하강기 여체 스트레스 요인으로 작용하여 폐사를 가중시킬 수 있음을 지적할 수 있었다.

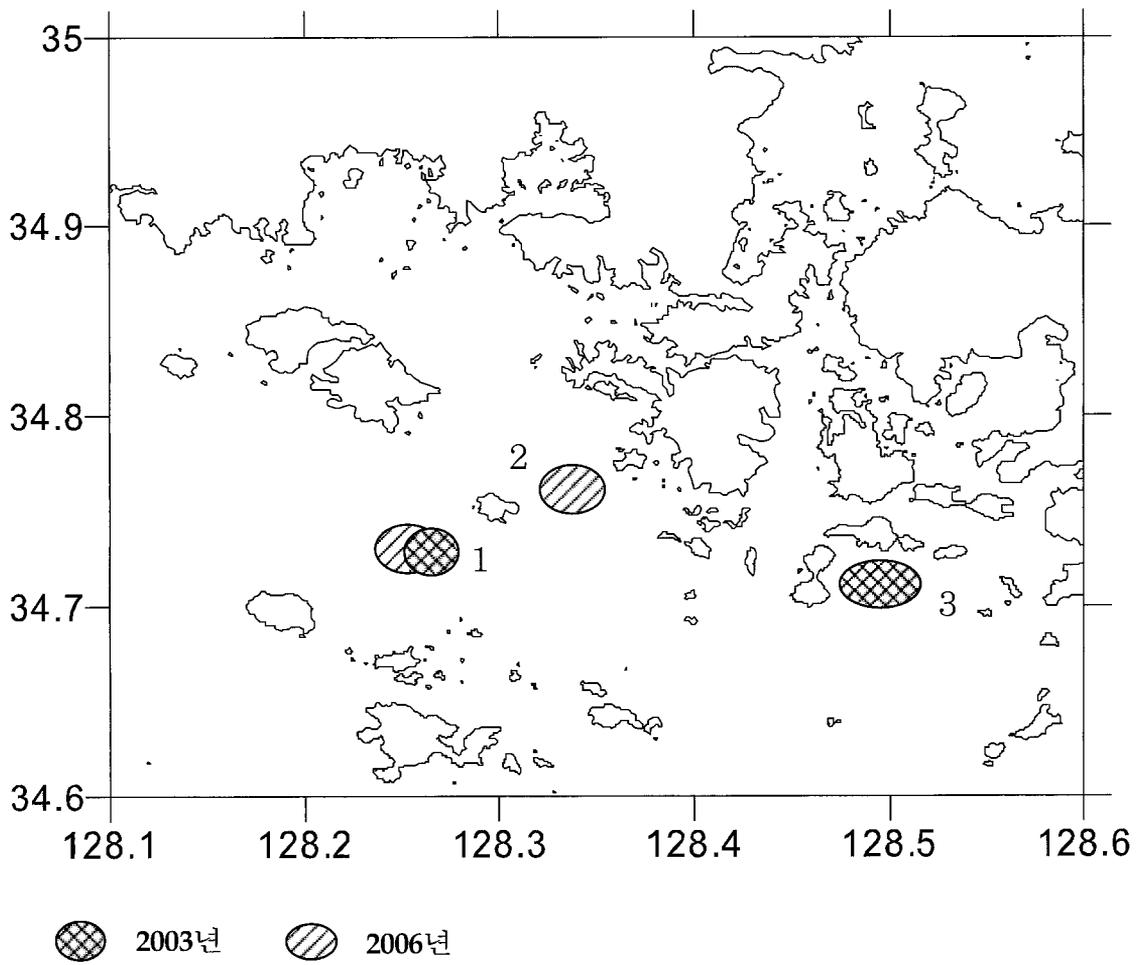


그림 18. 통영해역 겨울철 상습피해해역 (2003, 2006).
 (1, 사랑양지 , 2, 산양풍화(명지~오비) ; 3, 한산염호)

표 4. 일반실태조사 결과

구 분	육지와와의 거리(m)	최저수심 (m)	최고수심 (m)	동류사육량 (ha당)	동류폐사량 (ha당)
상습피해 발생해역	72.5	7.4	12.9	229천미	11.5%
상습피해 비발생해역	50	8.6	15.6	203천미	6.9%

나. 어장환경조사

겨울철 상습피해지역의 어장환경평가를 위해 피해발생해역에서 4개소, 비발생해역에서 1개소 어장을 선정하여 총 5개소 해역을 대상으로 2006년 9월부터 2008년 6월까지 수온 분포 및 수질조사를 실시하였다.

연간 수온분포를 살펴보면, 대부분 조사해역에서 11월 하순을 접어들면서 급격히 하강하기 시작하여 12월 하순에 10~12℃내외까지 하강하는 현상을 보이고 있다. 연중 최저수온은 해역에 따라 다소 차이는 있으나, 1월 상순과 2월 상순사이에 7~9℃내외까지 떨어지는 경향이 있었다. 특히, 2006년 11월부터 이듬해 3월까지의 수온분포보다 2007년 11월부터 이듬해 저수온기 동안의 수온분포가 다소 저수온 현상을 보이는 경향이 있었다.

해역별 수온분포를 살펴보면, 조사해역 중 사량 양지에서 2008년 2월 최저수온인 6.99℃를 나타내었으며, 저수온기간 상습피해해역에서는 최저 수온이 6.99~8.70℃ 내외로 9℃ 미만의 수온분포를 유지하고 있는 반면, 월동기 폐사가 전무한 산양 학림지선의 경우에는 2008년 2월 상순에 최저 수온 9.50℃를 나타내어 상습피해해역과 비교하여 최대 2.51℃의 수온 차이를 보이고 있었으며 대부분 기간동안 10℃이상을 유지하고 있었다(그림 19).

국립수산과학원 한국해양자료센터의 실시간연안정보 수온관측자료를 참고해 보면, 자동관측시스템이 설치된 통영관내 해역 중, 본 조사해역과 동일한 3개소의 지난 3년간(2005년 11월~2008년 3월)의 수온 관측자료를 분석한 결과, 2005년 11월부터 2008년 3월까지의 최저 수온분포양상은 상습피해해역인 사량 양지와 산양 풍화의 경우, 각각 6.40℃, 7.00℃인 반면 비상습피해해역인 산양 학림의 경우에는 9.13℃를 나타내어 최대 2.73℃의 수온 차이를 보이고 있었다.

지역별 수질조사결과, DIN은 조사 기간 중 0.010~0.451 mg/L 범위로 2007년 11월 조사 전 해역과 2006년 12월 상순 산양 오비지선을 제외하고 대부분 해역에서 0.300 mg/L이하로 조사되어 1등급 수질을 유지하고 있었다. 월별 변화를 살펴보면, 매년 9월부터 이듬해 3월까지 0.100 mg/L이상으로 다소 높게 측정되었고, 11월과 12월 상순 조사시 가장 높은 수치를 나타냈었으며, 4월 이후에는 0.050 mg/L이하로 낮게 조사되었다. 지역

간 차이를 살펴보면, 피해발생해역과 비발생해역간의 유의적인 차이는 볼 수 없었으나, 비교적 내만성 어장인 산양 오비지선에서 조사 전 기간동안을 통해 가장 높은 수치를 유지하고 있었다.

DIP의 경우, 2006년 9월부터 2008년 6월까지의 조사 기간 중 0.001~0.029 mg/L로 조사되어 대부분 기간과 해역에서 수질 1등급 수준을 유지하고 있었으며, 매년 4월 이후에는 0.010 mg/L내외로 비교적 낮은 수치를 나타내고 있었다. 지역간 차이를 살펴보면, 피해발생해역과 비발생해역간의 뚜렷한 차이는 볼 수 없었으나, 산양 오비지선에서 비교적 높은 수치로 조사되었다.

COD의 경우에는 2006년 9월부터 2008년 6월까지 대부분 1,000 mg/L이상 조사되어 2, 3등급 수질을 유지하고 있었으나, 2월 이후부터 표 7과 같이 점차 감소하기 시작하여 1,000 mg/L이하의 수질 1등급 수준을 유지하고 있었다. 지역간 차이를 살펴보면, 피해발생해역과 비발생해역간의 뚜렷한 차이는 볼 수 없었으며 오히려 비발생해역에서 높은 수치를 나타내는 경향이 있었다.

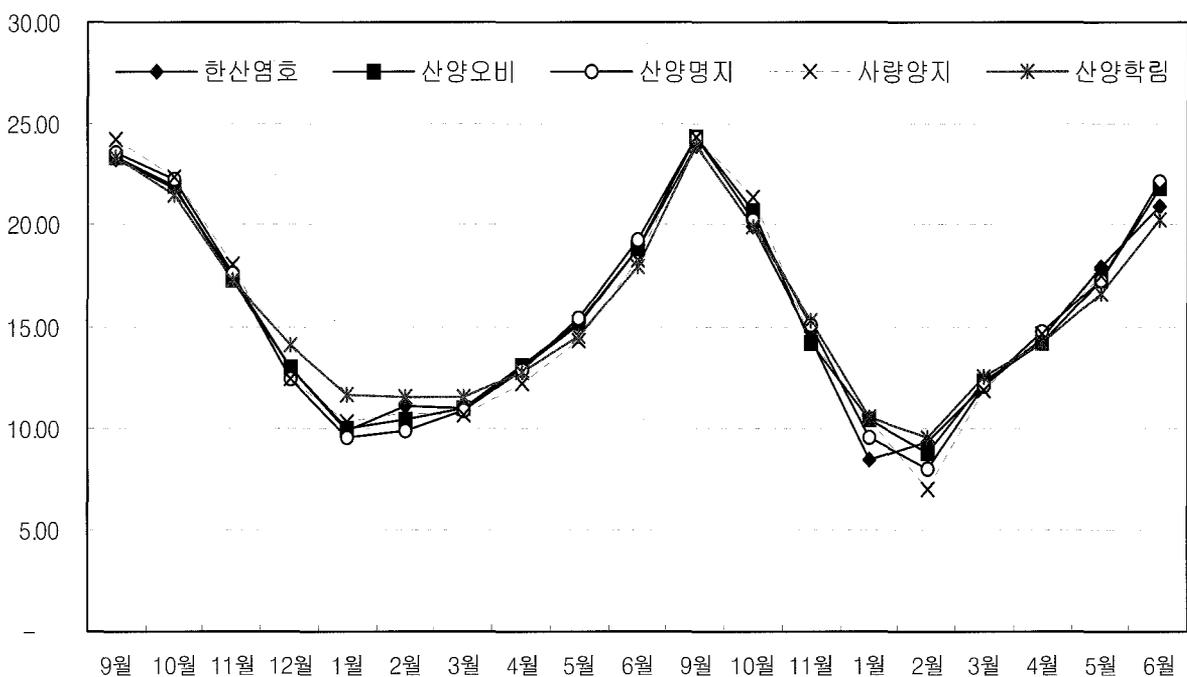


그림 19. 수온분포도.

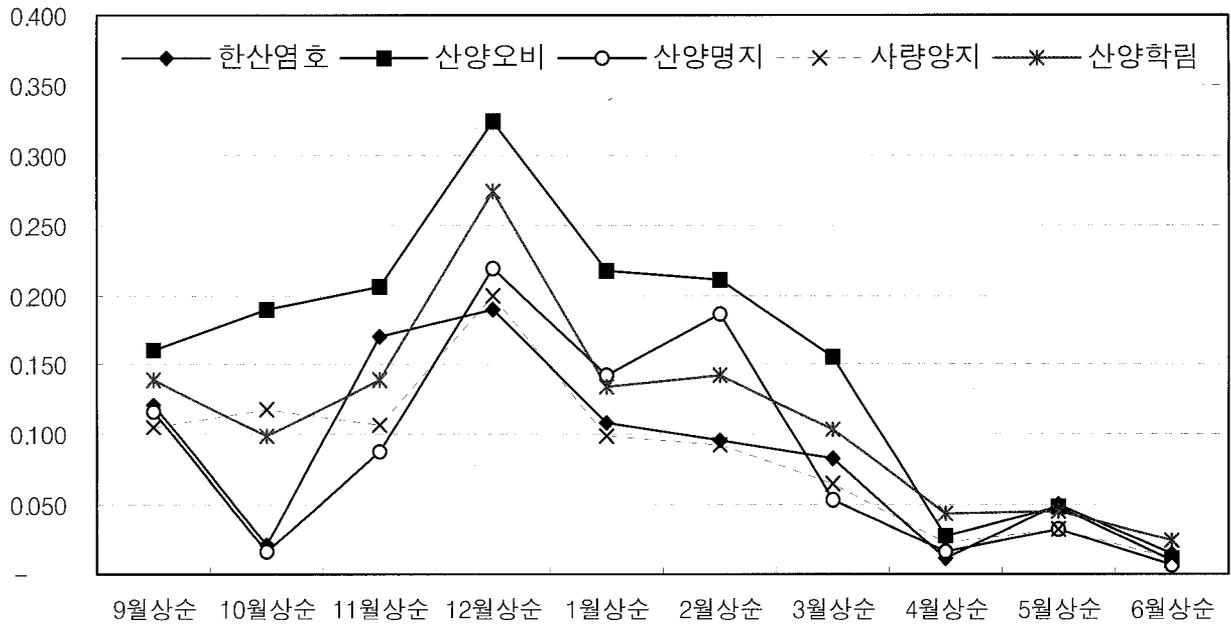


그림 20. DIN 조사결과.

표 5. 통영해역 월별 DIN 조사 결과

구분	2006.9월 상순	10월 상순	11월 상순	12월 상순	2007.1월 상순	2월 상순	3월 상순	4월 상순	5월 상순	6월 상순
한산염호	0.121	0.021	0.170	0.189	0.108	0.095	0.082	0.012	0.051	0.014
산양오비	0.160	0.190	0.206	0.324	0.217	0.210	0.155	0.027	0.049	0.010
산양명지	0.116	0.016	0.087	0.219	0.142	0.187	0.054	0.017	0.032	0.006
사랑양지	0.106	0.118	0.107	0.200	0.099	0.093	0.064	0.023	0.032	0.011
산양학림	0.140	0.098	0.139	0.273	0.135	0.143	0.103	0.043	0.046	0.025

구분	2007.9월 상순	10월 상순	11월 상순	2008.1월 상순	2월 상순	3월 상순	4월 상순	5월 상순	6월 상순
한산염호	0.052	0.021	0.443	0.220	0.084	0.084	0.084	0.011	0.023
산양오비	0.054	0.190	0.451	0.426	0.028	0.326	0.326	0.016	0.020
산양명지	0.055	0.016	0.450	0.317	0.035	0.405	0.405	0.009	0.011
사랑양지	0.021	0.118	0.437	0.349	0.039	0.574	0.574	0.017	0.011
산양학림	0.135	0.098	0.443	0.301	0.040	0.618	0.618	0.015	0.020

표 6. 통영해역 월별 DIP 조사 결과

구분	9월 상순	10월 상순	11월 상순	12월 상순	1월 상순	2월 상순	3월 상순	4월 상순	5월 상순	6월 상순
한산 염호	0.008	-	0.027	0.028	0.015	0.187	0.006	0.003	0.078	0.002
산양 오비	0.013	0.008	0.021	0.029	0.043	0.016	0.035	0.007	0.007	0.007
산양 명지	0.026	0.002	0.013	0.028	0.074	-	0	0.001	0.001	0.001
사랑 양지	0.011	0.010	0.015	0.029	0.065	0.020	0.002	0.001	0.001	0.001
산양 학립	0.008	0.001	0.016	0.026	0.037	0.020	0.011	0.001	0.004	0.012

표 7. 통영해역 월별 COD 조사 결과

구분	9월 상순	10월 상순	11월 상순	12월 상순	1월 상순	2월 상순	3월 상순	4월 상순	5월 상순	6월 상순
한산 염호	4.380	0.840	2.480	1.520	1.360	0.320	0.280	0.090	0.720	0.800
산양 오비	0.040	0.280	0.040	2.060	2.000	0.360	0.200	0.070	-	0.760
산양 명지	2.300	2.640	0.040	1.840	0.040	0.080	0.960	0.020	-	0.200
사랑 양지	0.060	0.004	0.040	1.400	0.360	0.040	1.360	0.290	0.880	0.120
산양 학립	6.600	1.760	0.840	0.040	1.640	0.840	0.360	0.050	0.280	0.760

다. 어류질병 및 성장도조사

겨울철 돔류의 어류질병발생경향 및 성장도 조사를 위해 상습피해 발생해역내에서 5개소 어장을 선정하여 2006년 9월부터 2008년 6월까지 격월로 조사하였다.

해역별 겨울철 돔류의 질병발생경향은 어장에 따라 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며, 대부분 아밀오디늄, 아가미흡충, 에피시리오시스티스와 같은 아가미 질병을 동반하고 있었으며, 별다른 세균성 및 바이러스성질병은 관찰되지 않았다(그림 21, 22).

또한, 돔류의 주요 생리장해 병변인 녹간증은 수온하강기인 12월부터 수온상승기인 이듬해 5월까지 조사대상 모든 어장 및 개체에서 지속적으로 발생되고 있었으며, 경우에 따라서는 7월까지 지속되는 개체도 관찰되어 녹간증의 장기화가 관찰되었다(표 8, 그림 23).

뿐만 아니라 12월부터 관찰된 아가미 기생충성 질병과 맞물려 이듬해 7월까지 아가미빈혈 및 내장빈혈 증상이 두드러지게 관찰되었으며, 2월 조사부터는 내장지방이 대부분 소실

되어 있어 장기간 사료섭이 장애로 인한 어체약화가 상당히 진행되어 있음을 알 수 있었다.

특히, 3~5월 관찰된 내장지방소실은 어체 약화로 이어져 아가미병변과 맞물린 만성적 질병을 초래할 수 있으며, 환경적 스트레스에 의한 능동적 방어기작 상실로 종국에는 폐사로 이어질 수 있을 것으로 사료된다.

어체성장도 조사결과 어장간의 유의적인 차이는 볼 수 없었으며, 조사시작 시점인 10월에는 전장 14.4~17.5 cm(평균 15.36 cm), 중량 55.5~81.0 g(평균 66.0 g)이었으며, 월동기간 동안에는 성장둔화 및 일시적 감소현상을 보이다가 이듬해 2월부터 다시 증가하기 시작하여 7월 조사시에는 전장 17.6~19.5 cm(평균 18.28 cm), 중량 84.6~103.0 g(평균 91.6 g)로 조사되어 평균 전장 2.9 cm, 중량 25.6 g 증가한 것으로 조사되었다(그림 24).

표 8. 통영해역 월별 어류질병 조사 결과

해역	어종	증상	기생충	세균	바이러스
2006년 11월	한산염호	녹간증 60%, 내부장기빈혈 20%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 20%	미검출	미검출
	산양오비	녹간증 100%, 비장비대 100%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 40%	미검출	미검출
	산양명지	아가미빈혈 20%	아가미흡충 40%	미검출	미검출
	산양삼덕	녹간증 80%, 비장비대 80%	에피시리오시스티스 50% 아가미흡충 50%	미검출	미검출
	사랑양지	녹간증 80%, 간출혈 20%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 20%	미검출	미검출
2007년 1월	한산염호	녹간증 80%, 내부장기빈혈 20%, 아가미빈혈 20%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 20%	미검출	미검출
	산양오비	녹간증 40%, 간출혈 40%, 아가미빈혈 40%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 40%	미검출	미검출
	산양명지	녹간증 60%, 간출혈 40%	아가미흡충 40%	미검출	미검출
	산양삼덕	녹간증 80%, 지방소실 40%, 비장비대 80%	에피시리오시스티스 80% 아가미흡충 100%	미검출	미검출
	사랑양지	녹간증 80%, 비장비대 20% 간위축 및 지방소실 20%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 20%	미검출	미검출
3월	한산염호	녹간증 100%, 내부장기빈혈 20%, 아가미빈혈 20%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 20%	미검출	미검출
	산양오비	녹간증 100%, 간출혈 100%, 아가미빈혈 60%	에피시리오시스티스 50%, 아가미흡충 40%	미검출	미검출
	산양명지	아가미, 간빈혈 40%	아가미흡충 100%	미검출	미검출
	산양삼덕	녹간증 80%, 지방소실 40%, 비장비대 80%	에피시리오시스티스 80% 아가미흡충 100%	미검출	미검출

표 8. 계속

해역	여종	증상	기생충	세균	바이러스
	사랑양지	녹간증 80%,비장비대 20% 간위축 및 지방소실 20%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 20%	미검출	미검출
5월	한산염호	녹간증 100%, 내부장기빈혈 40%, 아가미빈혈 20%	에피시리오시스티스 60%, 아가미흡충 40%	미검출	미검출
	산양오비	녹간증 100%, 지방소실 100%, 아가미빈혈 60%	에피시리오시스티스 100%, 아가미흡충 40%	미검출	미검출
	산양명지	녹간증 100%, 지방소실 100%, 아가미, 간빈혈 40%	아가미흡충 100%	미검출	미검출
	산양삼덕	녹간증 80%,지방소실 40%, 아가미빈혈 40%, 이물질과다 20%	에피시리오시스티스 80% 아가미흡충 40%	미검출	미검출
	사랑양지	녹간증 80%, 비장비대 20%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 20%	미검출	미검출
2007년 11월	한산염호	녹간증 60%, 내부장기빈혈 20%	아가미흡충 20%	미검출	미검출
	산양오비	녹간증 40%, 비장비대 100%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 40%	미검출	미검출
	산양명지	간출혈 20%	아가미흡충 40%	미검출	미검출
	산양삼덕	녹간증 40%, 비장비대 80%	에피시리오시스티스 50% 아가미흡충 20%	미검출	미검출
	사랑양지	녹간증 40%, 간출혈 20%	에피시리오시스티스 40%, 아가미흡충 20%	미검출	미검출
2008년 2월	한산염호	녹간증 80%, 지방소실 100%	트리코디나 40%	미검출	미검출
	산양오비	녹간증 100%, 간출혈 100%, 아가미빈혈 40%	에피시리오시스티스 80%, 아가미흡충 80%	미검출	미검출
	산양명지	녹간증 100%, 지방소실 100%	에피시리오시스티스 80%	미검출	미검출
	산양삼덕	녹간증 80%, 지방소실 40%	아가미흡충 80%, 베네데니아 100%	미검출	미검출
	사랑양지	간출혈 80% 지방소실 100%	아가미흡충 80%	미검출	미검출
2008년 5월	한산염호	녹간증 40%, 지방소실 80%	트리코디나 40%, 칼리구스 60%	미검출	미검출
	산양오비	녹간증 60%, 지방소실 60%	아가미흡충 60%	미검출	미검출
	산양명지	녹간증 60%, 지방소실 60%	에피시리오시스티스 60%	미검출	미검출
	산양삼덕	녹간증 40%, 지방소실 40%	칼리구스 40%, 베네데니아 40%	미검출	미검출
	사랑양지	간출혈 80% 지방소실 60%	아가미흡충 40%, 칼리구스 40%	미검출	미검출

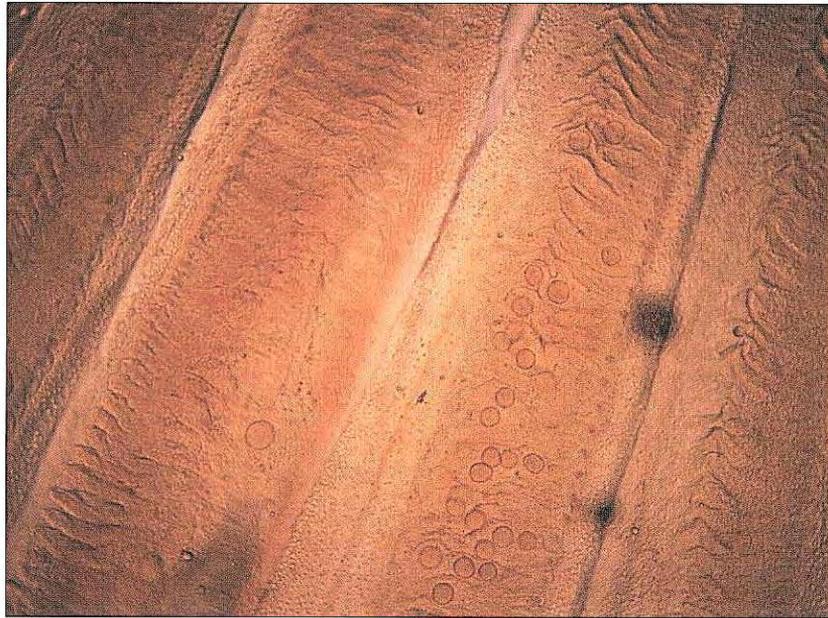


그림 21. 참돔 아가미에 기생한 에피시리오시스티스.



그림 22. 참돔 아가미에 기생한 아가미흡충.



그림 23. 녹간증을 동반한 참돔.

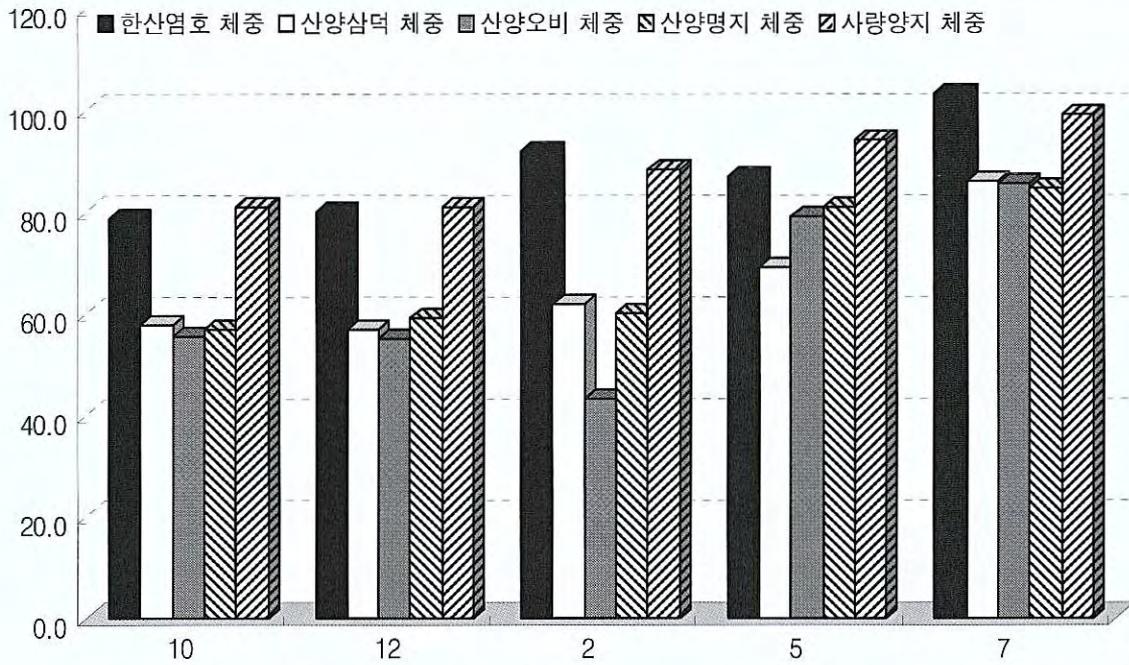


그림 24. 어체성장도 조사결과.

3. 요약

2006년 12월말 기준 우리나라 해산어류의 양식현황을 살펴보면, 조피볼락, 넙치 등 총 758,220천미가 양식되고 있다. 이중 참돔을 비롯한 감성돔, 돌돔과 같은 돔류의 사육량은 95,722천미로 총 사육량의 13%를 차지하고 있다.

그러나, 우리나라 연안의 겨울철 수온은 참돔, 감성돔, 돌돔과 같은 온대성 어류의 생리적 하한선인 10℃이하까지 떨어지는 사례가 많아 2003년과 2006년에는 동사피해로 막대한 피해를 낳은 바 있다. 현재 돔류의 겨울철 폐사원인은 저수온 생리적 기능장애로 인한 폐사로 추정되고 있으나, 겨울철 폐사를 가속화시킬 수 있는 원인조사는 물론 폐사발생어장의 특성과 동사 폐사율 증가와의 관계에 대한 조사는 전무한 실정이다. 이에 폐사가 집중적으로 발생하는 남해안 해상가두리양식장을 중심으로 지역별 사육실태 및 사육환경을 파악하고, 지속적인 환경모니터링을 통해 폐사원인에 대한 기초적인 자료를 확보하고자 한다.

양식실태 조사결과, 상습피해 발생지역의 최고 및 최저수심은 7.4~12.9 m로 비발생해역 8.6~15.6 m와 비교하여 비교적 낮은 수심을 유지하고 있었다. 특히 폐사지역의 돔류 사육량은 ha당 평균 229천미로 비발생해역 203천미와 비교하여 12% 높은 밀도를 유지하고 있었으며, 누적 폐사율(8개월) 또한 발생해역이 11.5%로 비발생해역 6.9%에 비해 높은 폐사율을 보이고 있었다.

해양환경 조사결과, 폐사상습해역의 연간 최저수온은 6.99~8.70℃로 돔류의 생리적 하한수온 이하를 일시적으로 유지하는 등 비발생해역과 비교하여 최대 2.51℃의 저수온 현상을 보이고 있었다. 지역별 수질조사에서는 상습피해해역과 비발생해역간의 뚜렷한 차이를 보이지 않아 폐사와는 직접적인 연관성이 적은 것으로 조사되었다.

어류질병 조사결과, 특이한 세균성 및 바이러스성질병은 관찰되지 않았으나 아가미 기생충성 질병이 개체에 따라 최소 20%에서 최대 100% 감염되어 있었으며, 돔류의 주요 생리장애병변인 녹간증과 낮은 섭이율에 의한 지방소실이 전 개체에서 관찰되어 어체 면역약화 및 생리기능장애를 상당히 동반하고 있음을 알 수 있었다.

제3절 돔류의 폐사원인 구명 연구

1. 재료 및 방법

가. 조사방법

남해안 가두리양식장에서 돔류의 겨울철 대량폐사 원인을 조사하기 위하여 피해가 집중된 2000~2006년 여수와 통영의 양식장을 대상으로 조사하였다. 그리고 폐사 당시 시료를 채집하여 병리학적 조사를 실시하였고, 연안 해양환경 자료를 분석하였으며, NOAA 인공위성 자료 등을 분석하였다.

나. 병리학적, 생화학적 조사

1) 육안 및 해부적 진단

채집된 시료의 외관 및 내부 기관의 병변 여부를 관찰하였다.

2) 세균 검사

시료는 간, 신장 및 비장 부위를 TSA 배지에 도말하여 25℃에 24~48시간 배양한 후, 순수분리하고 API Kit (bio Merieux)를 이용하여 분리 검색하였다.

3) 기생충 검사

각각 채집된 시료의 아가미 및 체표를 떼어 내어 입체 현미경 및 광학 현미경으로 기생충 유무를 관찰하였다.

4) 바이러스 검사

조사당일 채집한 시료의 신장 및 비장 부위를 균질여과 처리후 돌돔류의 대표적 바이러스성 질병인 이리도바이러스병, 버나바이러스병, 바이러스성 신경괴사증에 대하여 PCR기법을 이용하여 검사하였다.

5) 빈사어의 혈액을 채취 후 전혈을 이용하여 Ht, Hb를 측정, ALB외 10종은 혈장을 분리 후, 건식 자동혈액분석(Fuji Dri-Chem 3000)을 이용하여 분석하였다.

다. 해양환경 및 기상변화 분석

1) 연안 수온관측 자료

남해안(여수, 통영 등) 장·단기 연안정지관측 자료 및 남해수산연구소 연안정지 관측 자료('99~'05), 남해수산연구소 돌산해역 수온관측자료('06. 1~2월)를 이용하였다. 또한 국립수산과학원 한국해양자료센터(KODC)에서 남해안 가두리양식장에 설치한 실시간 연안어장 환경정보 제공시스템을 이용한 자료를 활용하여 분석하였다.

2) 기상자료

KMA의 기상자료(풍속, 계절풍, 폭설, 풍향 등) 분석을 통하여 대량폐사 해역의 수온과 기상상황을 비교 분석하였다.

3) 인공위성 자료

NOAA 인공위성자료를 이용하여 남해안 표층수온을 분석하여 대량폐사 시기에 표층수온의 변동을 비교 분석하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 피해 현황

표 9. 남해안 가두리양식장 겨울철 어류 피해 현황

(단위: 천마리, 천원)

연도	지역	폐사량	피해액	어종
2000년	전남	6,308	5,961	참돔, 감성돔, 돌돔
	경남	-	-	
2003년	전남	2,642	2,504	참돔, 감성돔, 돌돔
	경남	4,006	12,300	참돔, 돌돔 등
2006년	전남	7,375	9,444	참돔, 감성돔, 돌돔
	경남	3,890	5,100	참돔, 감성돔, 쥐치 등
합 계		24,221	35,309	

최근 남해안 가두리양식장에서 겨울철 저수온기에 돔류를 중심으로 대량폐사가 발생하여 막대한 피해가 발생하였다. 2000년 이후 피해 상황을 살펴보면 2000년, 2003년, 2006년 3년에 걸쳐서 가두리양식장이 밀집되어 있는 전남과 경남지역에서 피해가 집중되어 발생하였다. 특히 겨울철(1~3월) 저수온기에 갑작스런 한파가 엄습하여 참돔, 감성돔 등 돔류의 피해규모가 컸으며, 3년간 총 24,221천마리, 35,309천원의 피해가 발생하였다(표 9).

지역별로는 전남은 여수지역, 경남은 통영을 중심으로 거제와 남해에서 주로 발생하였다. 어종별 폐사 상황을 보면 전남지역은 주로 참돔, 감성돔, 돌돔에서 피해가 컸으며, 특히 2006년의 경우 참돔은 거의 전량 폐사하였으며, 감성돔은 피해 어장에서 약 70~80%정도 폐사한 것으로 조사되었다(그림 25~26). 경남지역은 참돔, 감성돔, 돌돔 이외에 쥐치, 방어, 전갱이 등 온대성 양식어류는 대부분 피해가 발생한 것으로 조사되었다.

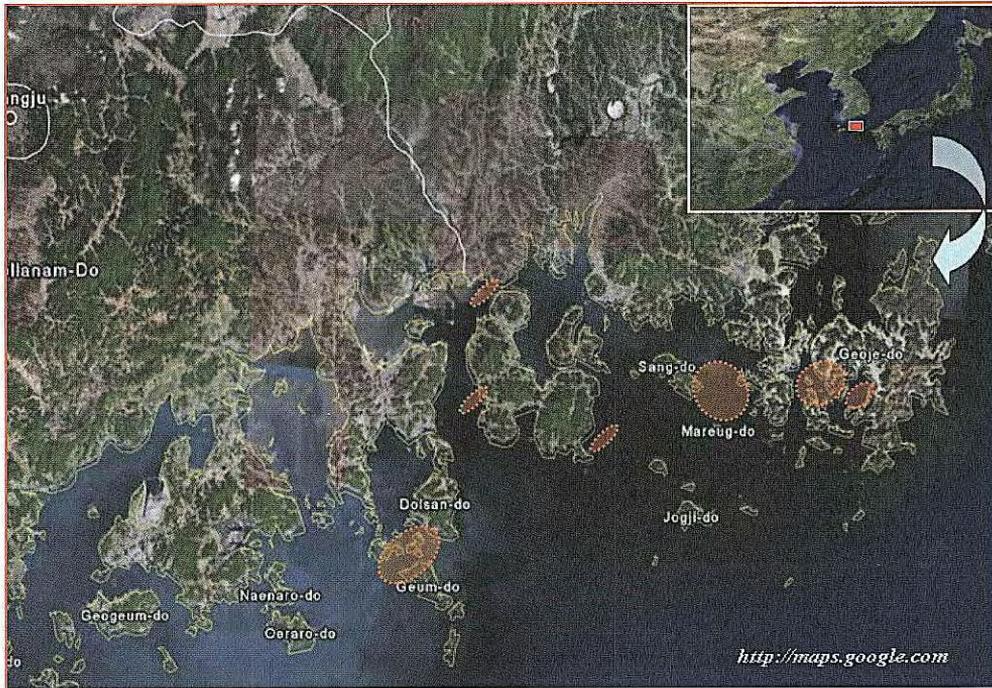


그림 25. 남해안 가두리양식장 동류의 피해발생 해역.



그림 26. 남해안 가두리양식장 동류의 대량폐사.

나. 병리학적, 생화학적 조사

전남 여수지역 가두리양식장을 대상으로 겨울철 돌류의 대량폐사 시기에 시료를 채집하여 내·외부적으로 육안 및 해부학적으로 관찰한 결과, 일부 활력이 저하된 개체는 관찰되었으나 특이한 증상은 없었다(표 10). 해부학적인 관점에서 관찰한 결과 아가미 부식, 장출혈, 녹간증상을 나타내었으나 대량폐사를 일으킬 만한 요인은 관찰되지 않았다. 세균검사 결과 전반적으로 *Vibrio* 속, *Alteromonas* 속 및 *Moraxella* 속의 세균이 검출되었으나, 이들 세균은 해수에 상존하는 세균으로서 대량폐사와는 큰 관련성이 없는 것으로 판단되었다. 아울러 채집된 시료에서 돌류의 대표적 바이러스성 질병인 이리도바이러스, 노다바이러스, 벵나바이러스가 검출되지 않았다. 이러한 결과는 통영지역에서 조사한 결과와 거의 유사하게 나타났다.

참돔을 대상으로 생화학적 조사를 실시한 결과는 표 11에 나타내었다. Glucose는 정상어에 비해 빈사어가 1.7배 높은 값을 나타내어 어체가 저수온 쇼크에 노출된 것으로 판단할 수 있었다(Gordon, 1968). 간의 활성효소인 GOT와 GPT수치가 정상어에 비해 각각 약 2배, 4배 증가한 것으로 보아, 간의 손상에서 기인한 것으로 보이며, 녹간증 현상과도 관련성이 있는 것으로 판단되었다. 총 콜레스테롤, 중성지방, 총단백질은 정상에 비해 낮은 값을 나타내는 것으로 보아, 참돔은 10℃이하에서는 먹이활동을 거의 하지 않고, 수온저하에 따른 생리적 약화로 어체의 체력이 약화된 것으로 판단되었다.

표 10. 가두리양식장 동류의 병리학적 조사 결과

Date (Site)	Species	TL (cm)	External signs	Internal sings	pathogen		
					parasite	bacteria	virus
Feb.20. 2006 (Namyoon, Hwatae)	Red sea bream	15~25	normal	erosion of gill, Green liver syndrome	Bibagiana tai	Not detect	Not detect
	Black porgy	12~23	normal	Green liver syndrome, ascites	-	"	"
	Parrot fish	15~25	normal	Green liver syndrome	-	"	"
Feb. 20. 2006 (Hwajung, Gedo)	Red sea bream	12~25	normal	erosion of gill, green liver syndrome	Bibagiana tai	"	"
	Black porgy	15~23	normal	Green liver syndrome,ascites	-	"	"
	Parrot fish	16~20	normal	Green liver syndrome	-	"	"
Feb. 20. 2006 (Dolsan, Gunnae)	Red sea bream	15~25	normal	erosion of gill, Green liver syndrome	Bibagiana tai	"	"
	Black porgy	12~23	-	Green liver syndrome, ascites	-	"	"
Mar. 05. 2006 (Namyoon, Hwatae)	Red sea bream	17~26	normal	erosion of gill, Green liver syndrome	Bibagiana tai	"	"
	Black porgy	12~20	normal	Green liver syndrome, ascites	-	"	"
	Parrot fish	15~20	normal	Green liver syndrome	-	"	"
Mar. 05. 2006 (Hwajung, Gedo)	Red sea bream	13~25	normal	erosion of gill, Green liver syndrome	Bibagiana tai	"	"
	Black porgy	15~20	normal	Green liver syndrome, ascites	-	"	"
	Parrot fish	15~20	normal	Green liver syndrome	-	"	"
Mar. 05. 2006 (Dolsan, Gunnae)	Red sea bream	13~25	normal	erosion of gill, green liver syndrome	Bibagiana tai	"	"
	Black porgy	12~24	-	green liver syndrome, ascites	-	"	"

11. 참돔의 혈액학적 성상 조사 결과

(자료 . 양식환경연구센터)

구분	Ht	Hb	ALB	ALP	BUN	GLU	GOT	GPT	LDH	TCHO	TG	TP
건강어 (11~12월)	24.2	4.3	0.6	165.7	5.82	266.8	210.7	10.2	754.2	200	302.6	3.2
빈사어 (1월)	30.7	8.4	1.0	55.3	5.7	477.0	400.0	40.0	900.0	145.3	80.3	2.4

다. 해양환경(수온자료) 분석

1) 장기수온 변동 특성

남해안 주요 어장의 20년간(1986~2006) 수온자료를 분석한 결과 겨울철(1~3월) 수온은 여수와 통영해역이 평균 5~7°C의 범위로서 가장 낮았고 거문도, 소리도, 옥지도해역이 높게 나타났다(그림. 27). 그러나 여름철(5~8월)로 접어들면서 수온의 역전현상이 나타나 여수와 통영을 중심으로 연안의 수온이 높게 형성되는 것으로 조사되었다. 따라서 여수와 통영연안은 겨울철 주기적으로 저수온에 따른 동류의 피해가 우려되지만 봄부터 가을까지의 수온이 상승하면서 동류의 성장에 적합한 수온조건을 유지하기 때문에 양식어업인들이 연안에서 동류의 양식을 선호하는 것으로 판단된다.

남해수산연구소의 1999~2006년도 여수 연안 수온자료를 분석해 본 결과 그림 28과 같다. 여수연안 가두리양식장에서 저수온 피해가 발생한 2000년과 2003년을 비교해 보면 2000년의 경우는 1월말까지는 평년수온을 유지하다가 2월초부터 2월말까지 수온이 하강하였고, 2003년은 1월초부터 점진적으로 하강하여 2월초까지 6°C내외의 낮은 수온이 유지되었다. 2006년의 경우 여수 돌산 연안을 중심으로 1월초부터 급격한 저수온 현상이 나타났으며, 이후에도 2월초까지 이러한 현상이 2회 정도 더 반복적으로 나타났으며, 1월부터 2월까지의 연안수온은 7년 중 가장 낮은 수준을 보였다.

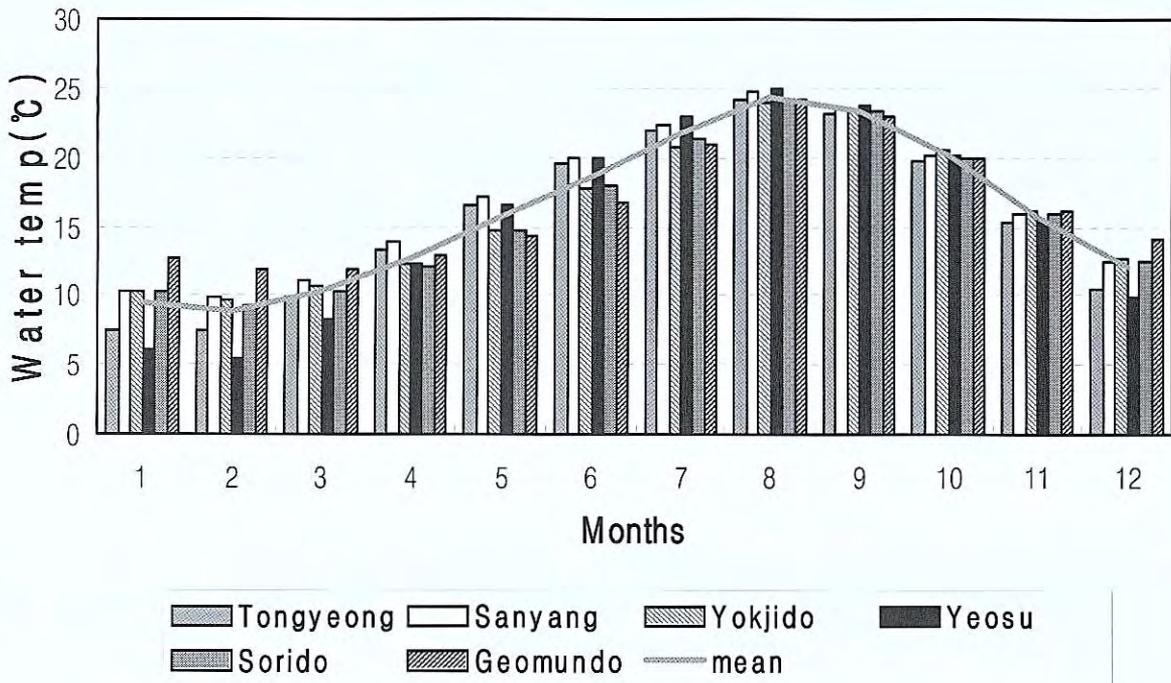


그림 27. 남해안 연안정지 관측 분석자료('86~'06).

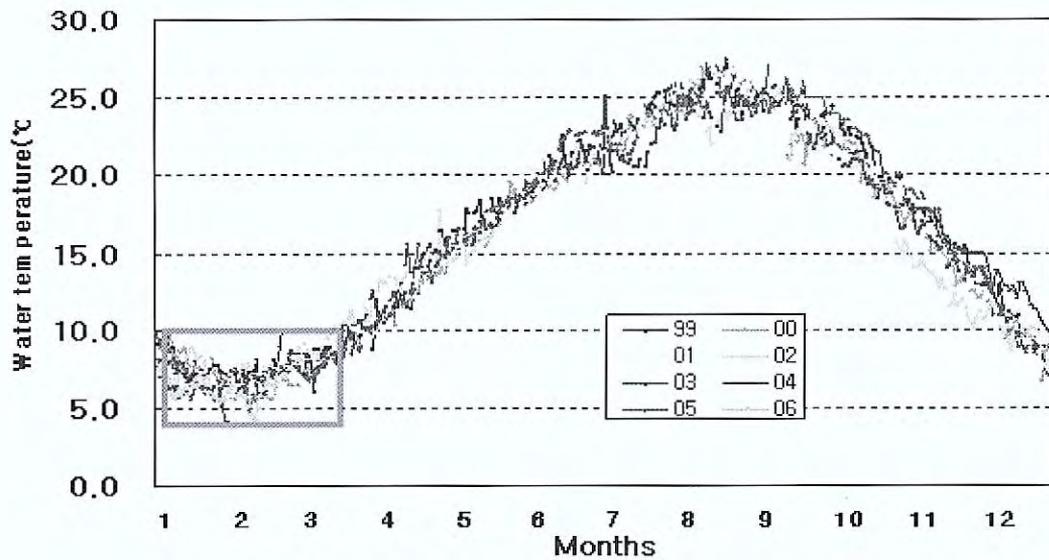


그림 28. 여수연안 최근 7년간 월별 표층수온 변화.

2) 연안정지관측 수온 분석 결과

2006년도 1월부터 2월까지 여수 연안 수온변화를 분석해 본 결과 1월의 평균수온은 6.34°C였고, 2월의 평균수온은 6.37°C로서 최근 7년간 수온관측자료('99~'05)에 비해 평균 0.56~0.96°C 저온상을 보였으며, 2005년에 비해 0.69~0.97°C 정도 낮은 수온을 보였다(표 12, 그림 29). 2005년 12월부터 북서계절풍의 영향과 기온의 급강하로 인하여 1월 초순부터 2월 중순까지는 여수 돌산연안 수온은 4.2~6.2°C(평균 5.76°C)의 낮은 수온 범위를 보여 평년대비 2.1~2.3°C 낮았으며, 여수 신월연안은 3.4~3.5°C로 더욱 낮은 것으로 조사되었다. 실시간 연안환경 모니터링 결과에서도 가두리양식장 보다 다소 가막만 상단에 위치한 신월어장의 경우 2월 7일부터 12일까지 약 5일간 수온이 4°C이하로 급격히 하강하는 경향을 보여주고 있다(그림 29-30). 신월주변 어장은 평년의 경우 최저수온이 4°C이하로 떨어지는 경우가 거의 희박하고, 이 지역은 겨울철에는 대부분 월동가능해역으로 돌류를 이동시켜 관리하는 것으로 조사되었으며, 이 때 저수온 피해는 발생하지 않았다. 참돔, 감성돔 등 피해가 심한 돌산 군내연안에서는 이와 같은 주기적인 급격한 저수온 현상이 2~3회 반복해서 발생하였으며, 특히 2월 8일부터는 수온이 5°C이하로 급격히 떨어져서 2월 12일에는 4.2°C까지 하강하여 연중 최저수온을 보였고, 돌류의 생존 하한수온(6°C 내외)이하로 하강한 일수가 21일 동안 지속되어 어류가 수온 스트레스를 강하게 받아 생리적으로 약화되어 폐사한 것으로 추정되었다.

표 12. 여수연안 수온 관측 결과(2006년).

지역	1월		2월					
	상순	중순	하순	평균	상순	중순	하순	평균
여수 돌산 (여수 신월)	6.69 (4.29)	6.51 (4.81)	5.84 (4.82)	6.34 (4.64)	5.62 (4.86)	5.84 (4.95)	7.52 (6.08)	6.37 (5.30)
평년	8.16	7.22	6.58	7.30	6.59	6.62	7.62	6.93
전년('05)	8.73	6.94	6.25	7.31	6.43	7.18	7.58	7.06
평년대비	-1.47	-0.71	-0.74	-0.96	-0.97	-0.78	-0.10	-0.56

※ 조사지점 : 여수 돌산 군내연안

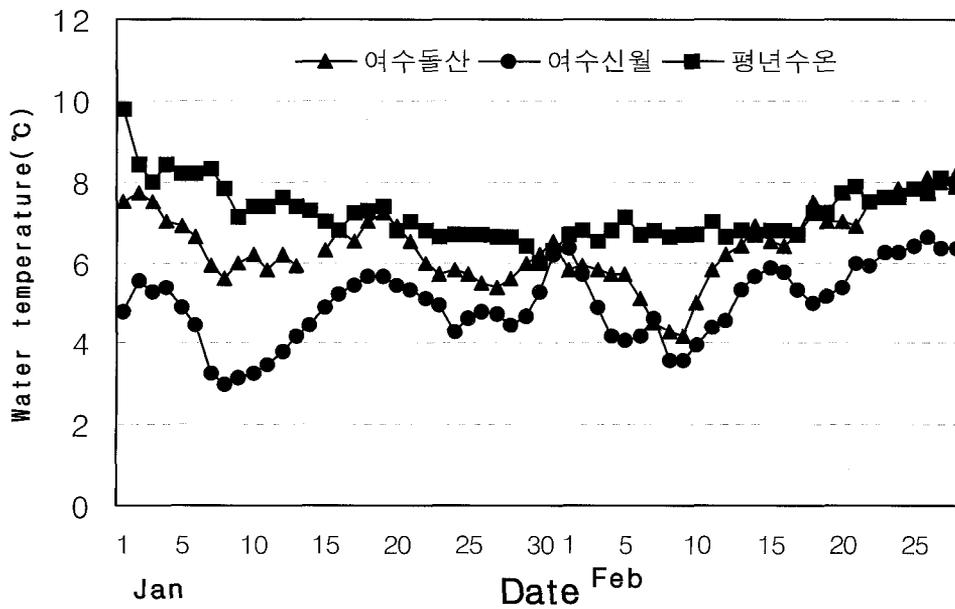


그림 29. 2006년도 동계 여수연안 수온변동(남해수산연구소, KODC).

여수(신월) 실시간 무인수온측정 자료 비교('06-'07)

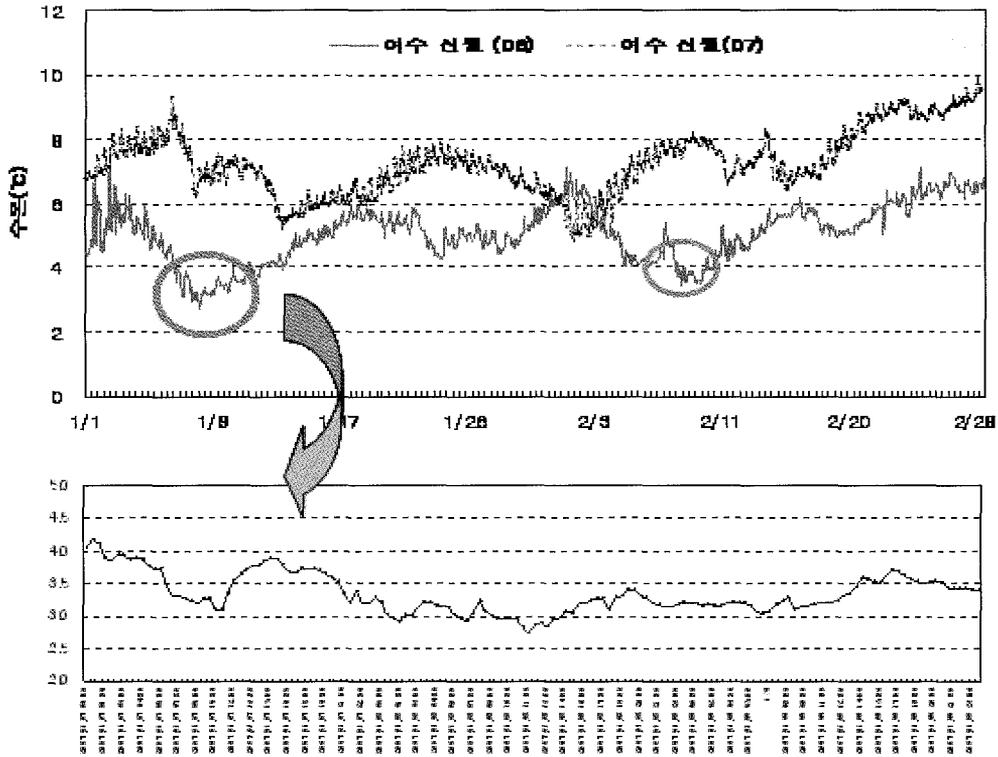


그림 30. 실시간 연안환경 모니터링 시스템 수온자료(2006)

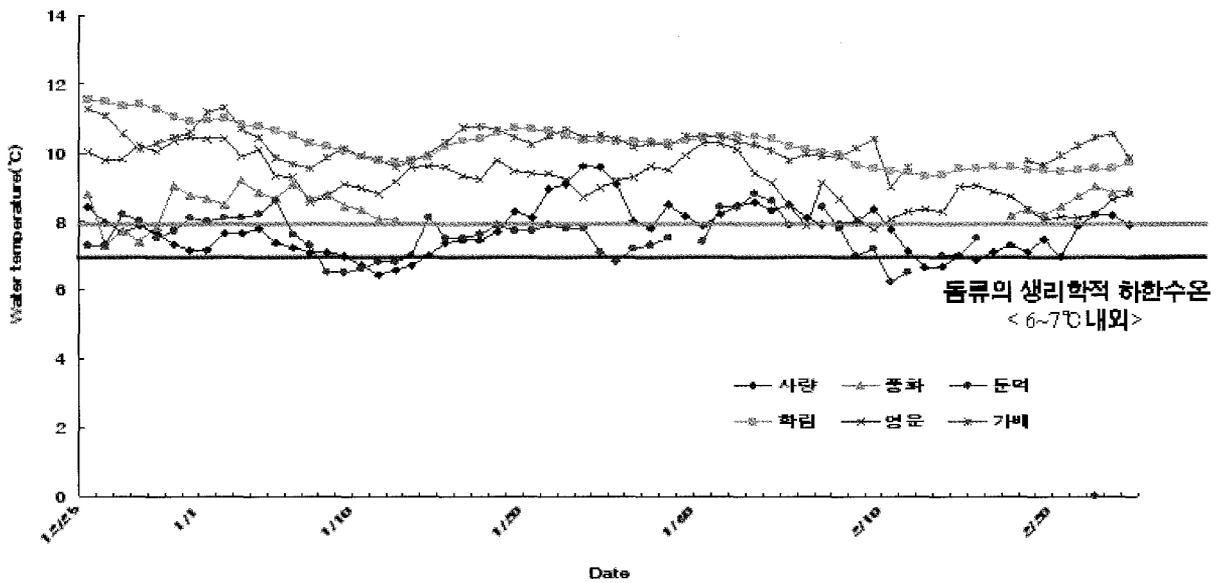


그림 31. 경남 가두리양식장 주변해역의 겨울철 수온 변화(2006, 통영수산사무소).

한국해양자료센터(KODC)의 실시간 양식어장 환경정보시스템(CORI) 자료에 따르면 2005년 12월부터 2006년 2월까지 통영연안 지역별(사량, 학림, 풍화, 영운, 가배) 수온은 사량도 해역은 8°C이하의 수온이 42일간, 7°C이하의 수온이 9일간 지속되어 참돔의 서식수온(10~28°C) 이하의 기간이 장기간 지속되었다(그림 31). 특히 일시적으로 한파가 몰아닥쳐 강한 바람과 기온의 영향을 받아 폐사지역의 연안수온은 돔류의 생리학적 하한수온(6~7°C)에 근접하는 극히 낮은 수온을 유지하여 대량폐사가 발생한 것으로 판단된다. 일반적으로 돔류는 온수성 어류로서 수온이 10°C이하로 떨어지면 먹이를 잘 먹지 않으며 7~8°C내외로 하강하면 활력이 급격히 저하되고 폐사가 발생하기 시작하고 5~6°C에서는 생존하한수온에 도달하면서 어종에 따라서 일시에 대량폐사가 발생한다. 따라서 참돔의 양식에 적합한 수온은 연중 최저수온이 10°C이상, 최고수온이 29°C이하인 지역을 선정할 것을 권장한다(山口, 1977). 그러므로 돔류는 수온이 하강하는 12월 하순부터 3월초순까지는 먹이공급을 일시 중단하고 그물망 같이 등 물리적인 자극을 최대한 억제하면서 월동 사육관리에 들어가는데, 금년 1~2월 연안수온이 5~6°C의 저수온기가 장기간 지속되어 이 시기에 체력이 저하된 돔류에 있어서는 다른 어종에 비해 치명적인 영향을 미친 것으로 추정된다.

3) 기상자료 분석

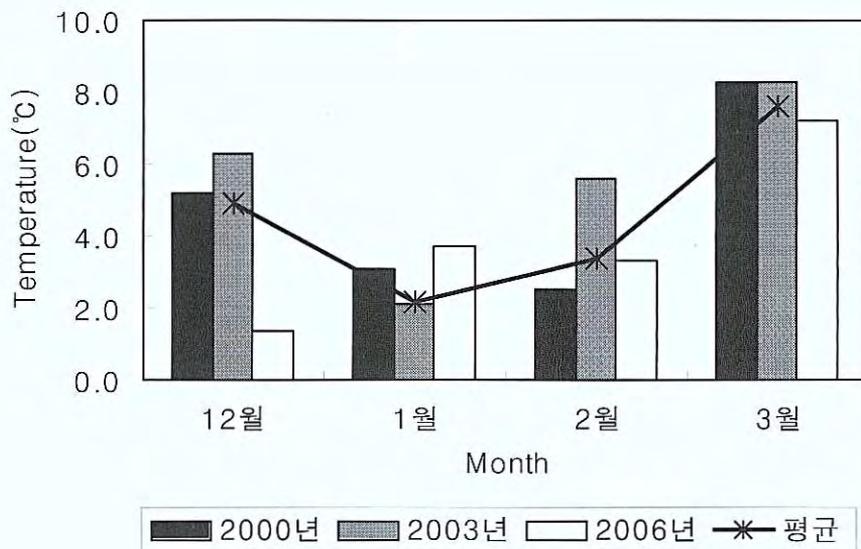


그림 32. 여수연안 월평균 기온 변화(2003~2006).

기상청 자료를 분석한 결과 폐사가 집중으로 발생한 2000년, 2003년, 2006년에 있어 겨울철 여수지방 월평균 기온은 그림 32와 같다. 2000년은 2월에 평년기온에 비해 약 1°C정도 낮은 기온을 보였고, 12월, 1월, 3월은 평년기온과 비슷하거나 높은 수준을 유지하였다. 2003년은 평년기온에 비해 비슷하거나 높은 수준을 유지하였으며, 2006년은 12

월에 평년대비 3~4℃정도 낮은 기온분포를 보였으며, 그 이후부터는 평년기온과 거의 유사한 수준을 유지하였다. 그리고 이 시기에 수온과 기온과의 연관성을 분석한 결과 기온이 하강하면서 점진적으로 수온이 동반 하강하여 장시간 저수온상태가 누적됨으로써 폐사가 발생한 것으로 판단되었다(그림 34-36).

이러한 결과는 통영해역에서도 비슷한 경향을 보여주고 있는데(그림 33), 특히, 2006년 12월 월평균 기온이 평년대비 약 3℃내외로 낮아 연안수온의 하강과 관련성이 있을 것으로 판단되지만 전체적으로 상관관계가 다소 부족하다. 따라서 폐사가 발생한 당해연도 겨울철 월평균 기온에 있어 평년기온과 그다지 큰 차이를 보이지 않아 단기적으로 일시적인 한파와 추위에 따른 기온하강이 수온변화에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

2003년과 2006년 여수와 통영해역의 바람의 영향은 그림 37과 같으며, 2003년의 경우 여수는 평년 풍속이 4~5 m/sec인데 비해 폐사가 발생한 시점의 풍속은 7~9 m/sec로서 평균 3~4 m/sec정도 강한 바람이 불었으며, 통영지역은 평년에 비해 2~3 m/sec정도 높았다. 2006년의 경우는 폐사시점에 여수지역의 풍속이 평년에 비해 약 4~5 m/sec 높았고, 통영지역은 약 3~4 m/sec로서 2003년에 비해 약 1~2 m/sec정도 높은 풍속으로 인하여 바람의 영향이 연안 가두리양식장의 돛류의 대량폐사를 일으키는 간접적인 요인으로 작용하였던 것으로 판단된다.

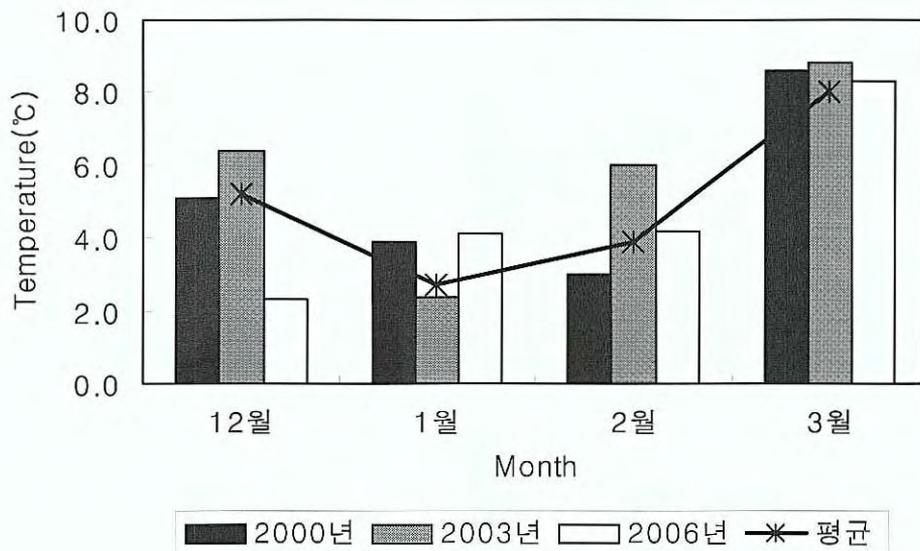


그림 33. 통영연안 월평균 기온 변화.

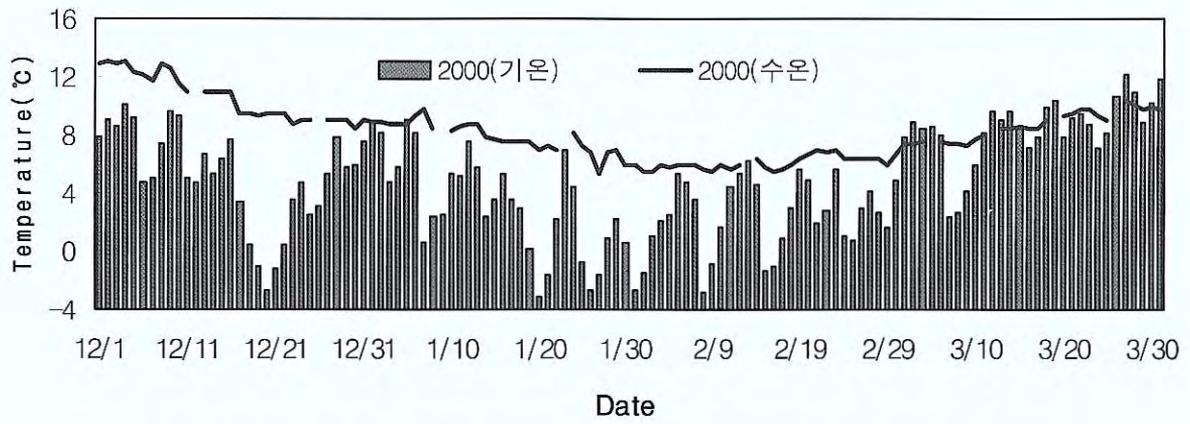


그림 34. 여수연안 동계 수온 및 기온의 변화(1999~2000).

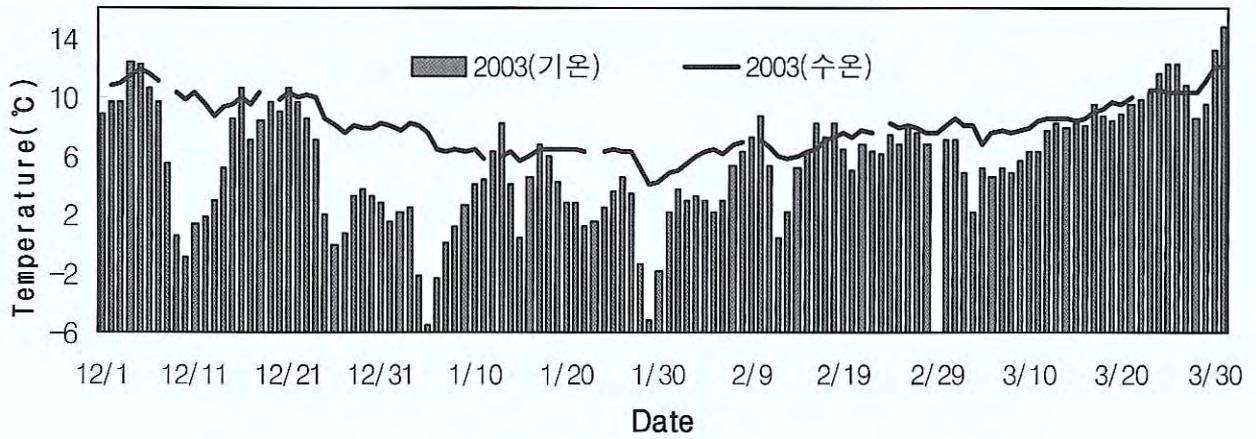


그림 35. 여수연안 동계 수온 및 기온의 변화(2002~2003).

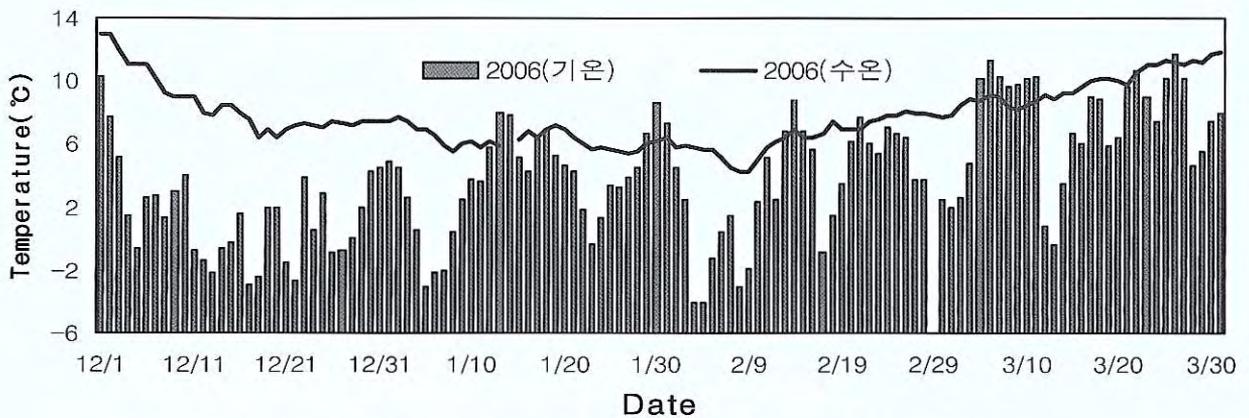


그림 36. 여수연안 동계 수온 및 기온의 변화(2005~2006).

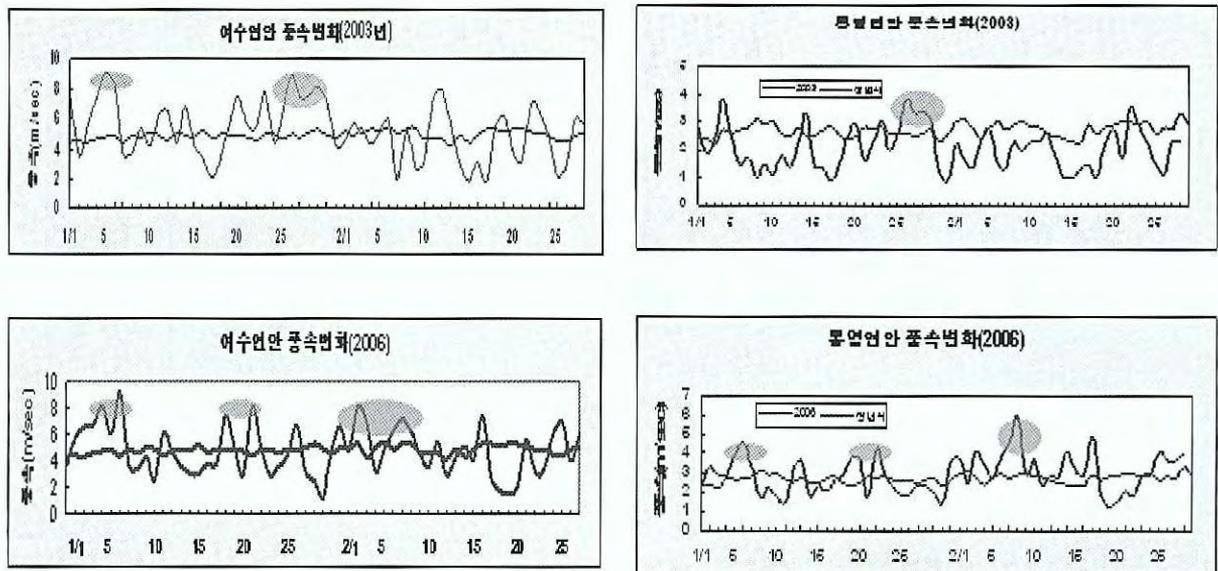


그림 37. 여수와 통영 가두리양식장 주변의 바람의 영향.

4) NOAA 인공위성 자료 분석

국립수산과학원의 NOAA 위성 사진분석을 통한 남해안 연안 가두리양식장 주변해역의 표면수온 분포는 그림 38과 39에 나타내었다. 2000년과 2006년 1~2월의 표층수온을 분석한 결과 2000년의 경우 여수, 통영, 거제 등 가두리양식장이 위치한 연안 어장주변은 6~7°C였고, 2006년의 경우에는 7~8°C로서 평년에 비해 1~2°C정도 낮은 저수온 현상을 보였다. 2006년 2월 7~9일에 걸쳐서 가두리 주변어장에 6~7°C의 저수온대가 폭넓게 분포하고 있으며, 특히 일시적인 한파와 폭설로 인하여 수심이 7~10 m로서 얇은 내만어장의 표층수온이 4~5°C의 극심한 저수온대가 형성되었고, 아울러 강한 북서풍의 영향과 결부하여 대량폐사가 발생한 것으로 추정하였다.

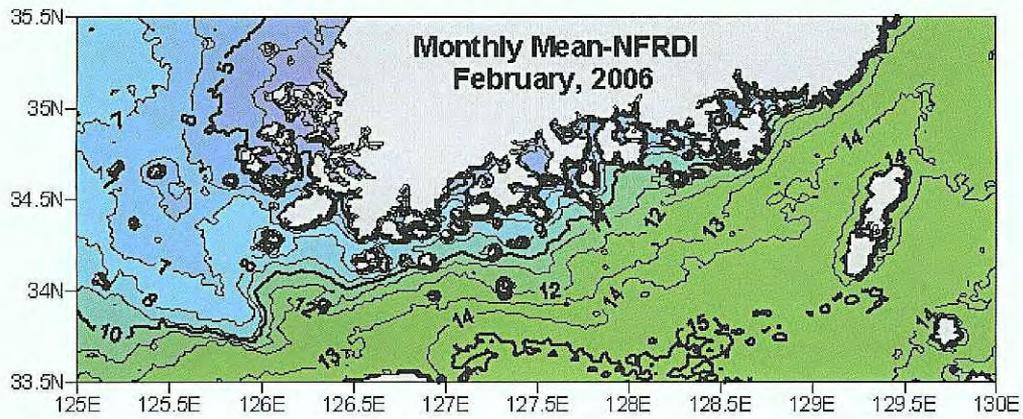
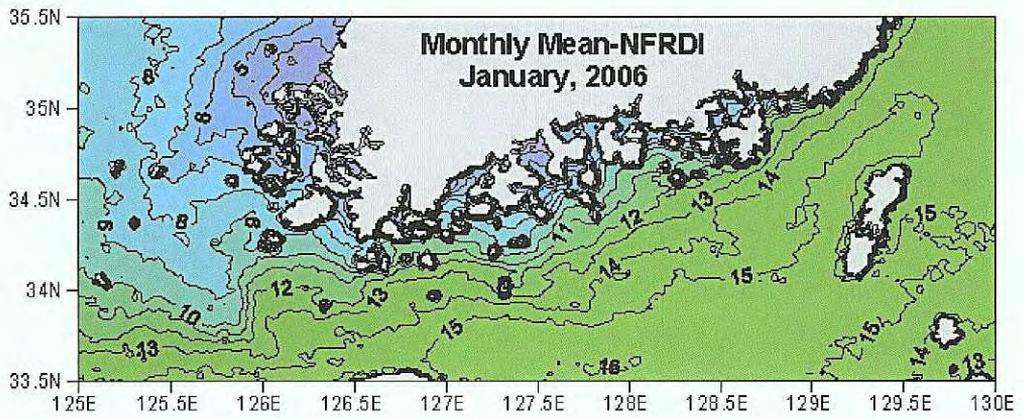
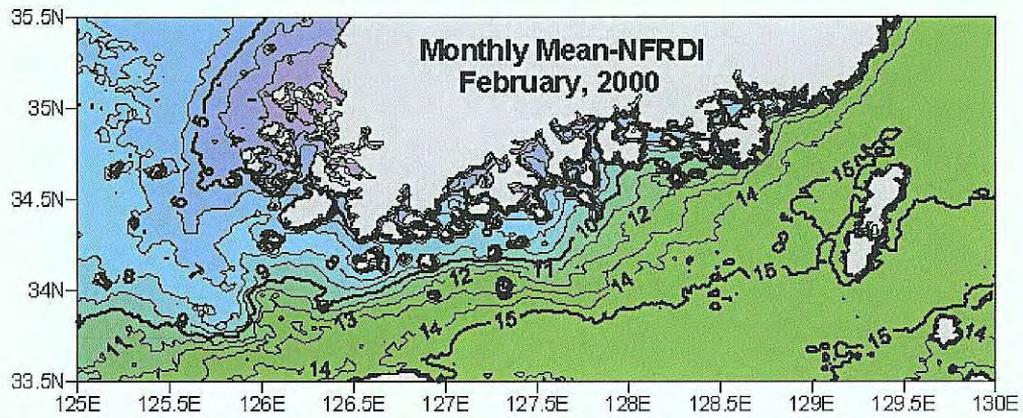
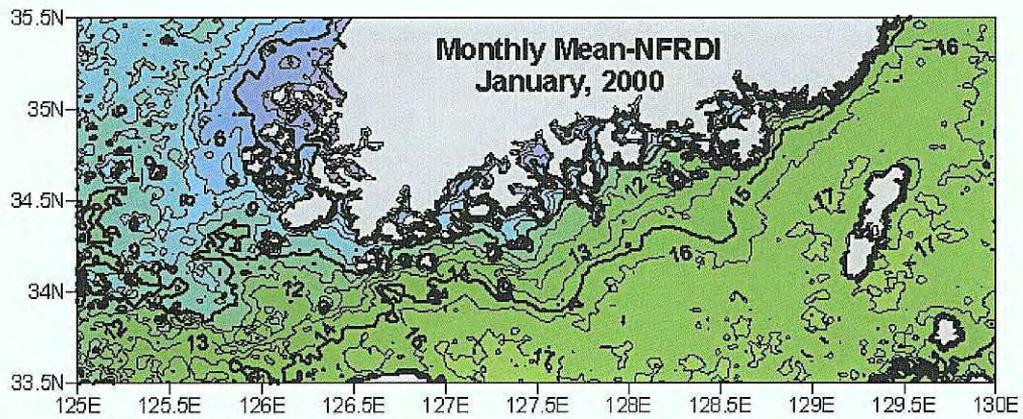


그림 38. 인공위성 수온자료 분석(2000, 2006년, KODC).

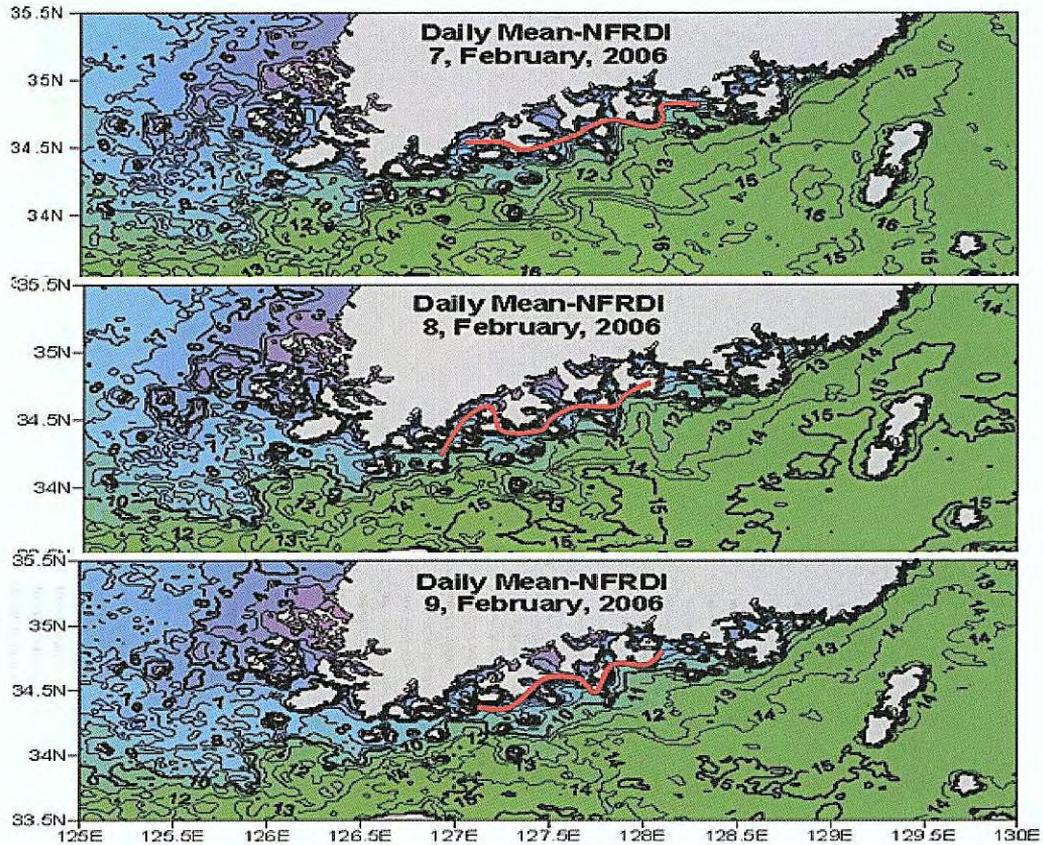


그림 39. 2006년 집중폐사시기 인공위성 수온자료 분석(KODC).

5) 가두리양식장 수심의 영향

주로 피해가 많이 발생한 여수 돌산 및 남면 화태연안의 양식장이 시설된 해역은 수심이 9~12 m로 비교적 낮아 육상으로부터의 기상변화에 직접적인 영향을 받아 수층별 수온변화가 심한 것으로 판단된다(그림 40). 통영의 경우 비폐사해역인 삼덕, 학림, 저도해역은 수심이 9~19.4 m, 수층별 수온변화는 0.1°C내외로 적었으나, 폐사해역인 한산, 풍화, 사랑 해역은 양식장 수심이 7.5~11 m, 수층별 수온변화가 0.2~1.4°C로 수온변화가 큰 것이 특징이었으며, 염분이나 용존산소는 참돔 서식에 적합한 농도였다(그림 41). 그리고 육지로부터의 폭설이나 강우로 인한 담수유입이 수온 하강과 더불어 양식생물에 미치는 영향에 관하여도 앞으로 연구가 필요할 것으로 판단된다.

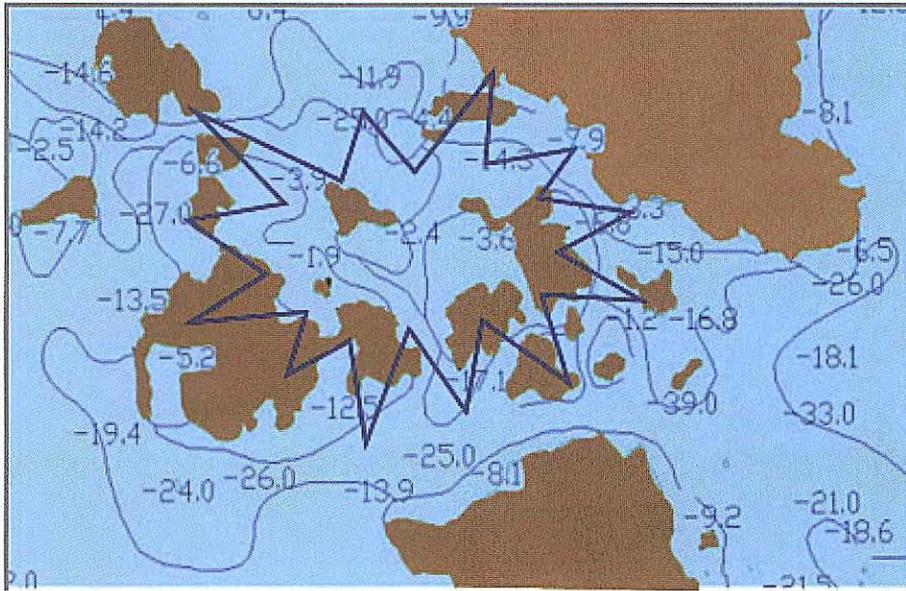


그림 40. 여수연안 가두리양식장 주변해역 수심.

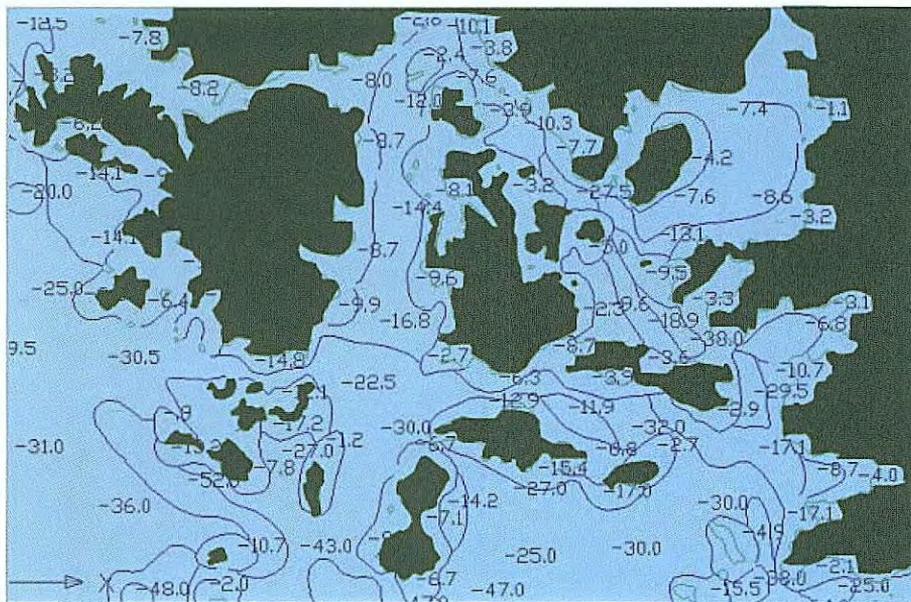


그림 41. 통영연안 가두리양식장 주변해역 수심.

3. 요약

남해안 가두리양식장에서 주로 양식되고 있는 돔류(참돔, 돌돔, 감성돔 등)는 산업적인 양식어종으로서 중요한 위치를 차지하고 있다.

그러나 최근 주기적으로 겨울철에 대량폐사가 발생하여 남해안 가두리양식장에서는 3년(2000~2006년)에 걸쳐 돔류를 중심으로 약 2,500만마리, 350억의 피해가 발생하였다. 따라서 이러한 대량폐사를 방지하여 가두리양식의 안정화를 기하기 위하여 돔류의 폐사원인을 과학적으로 구명하는 연구가 필요하다. 조사방법은 현장조사 분석자료, 연안정지관측자료, 한국해양자료센터(KODC), 한국해양환경 조사연보, 기상청 해양기상센터 자료, NOAA 인공위성자료를 분석하였다. 병리학적조사는 육안 및 해부적 진단, 세균검사, 기생충검사, 바이러스 검사 등을 실시하였다.

남해안 가두리양식장에서 2006년 1~3월에 걸쳐 참돔, 돌돔, 감성돔 등 돔류의 대량폐사와 관련하여 폐사원인에 관하여 분석하였다. 장기수온 변동특성을 분석한 결과 2000년에는 1월중순부터 5~7°C의 저수온이 20일이상 지속, 2003, 2006년은 1월초부터 6°C내외의 저수온이 20일정도 지속되었다. 특히, 2006년 여수연안 1월 평균수온 6.3°C, 2월은 6.4°C로서 평년수온에 비해 0.56~0.96°C 저온상을 보였고, 폐사가 집중된 1월하순부터 2월중순까지 평균 5.76°C로서 극한 저수온을 보였다.

해황분석 결과 북서계절풍이 폐사시기에 5~8 m/sec로 평년에 비하여 2~5 m/sec로 강하게 불었고, 특히 수심이 7~15 m로 낮은 장소로서 수층간 수온변동폭이 0.2~1.4°C로서 높은 편이었다.

폐사어의 병리학적조사 결과 기생충 감염은 없었으며, 병원성세균은 검출되지 않아 질병을 유발할만한 병리학적 요인은 없었다.

따라서 온수성 어류인 돔류(참돔, 돌돔, 감성돔 등)의 대량폐사 원인은 1~2월에 걸쳐 생존하한수온(6°C내외) 이하의 저수온이 장기간 지속되어 돔류의 체내 대사율 상승에 의한 에너지 소진으로 연안어장을 중심으로 대량폐사가 발생하였다.

제4절 월동장 적지 조사

남해안 가두리양식장에서 겨울철 양식 동류의 대량폐사가 빈번하게 발생하여 이러한 피해를 사전에 예방하기 위한 조치로서 동류 월동장을 지정하기 위하여 동류양식이 중점적으로 이루어지고 있는 경남과 전남지역을 대상으로 월동장 적지조사를 실시하였다. 아울러 전문가 그룹협의체를 구성하여 수시로 협의회를 통하여 원활한 연구업무 수행을 지원하였다.

1. 재료 및 방법

가. 조사일시

- 1차조사 . 2006. 12. 11~12. 12
- 2차조사 : 2008. 2. 21~2. 22

나. 조사장소

- 전남지역(4개소)
 - 여수시 남면 심장리 장지, 안도리 안도, 안도리 서고지, 안도리 이야포
- 경남지역(13개소)
 - 통영시 산양읍 풍화, 산양읍 삼덕, 산양읍 연곡, 한산면 추봉, 옥지면 연화
 - 남해군 미조면 본촌, 미조면 조도, 미조면 목과도, 미조면 사도
 - 거제시 동부면 가배, 동부면 울포, 일운면 구조라, 거제면 아지랑

다. 조사방법

- 관계기관 합동 현장조사 남해연구소, 경남, 전남 지자체, 해양사무소, 수협, 어업인
- 조사지점 및 경위도 조사
- 주변어업권 및 양식대상종 조사
- 어업인 의견청취
- 전문가그룹회의 및 어업인 설명회 개최
 - 전문가그룹을 지정·운영하면서 월동장 적지조사에 대한 자문과 협의를 통해 효율적인 조사 및 객관적인 연구결과 도출
- 문헌 및 자료조사
 - 한국해양자료센터(KODC, NFRDI), 실시간 연안어장 환경정보 시스템
 - NOAA인공위성 분석자료
 - 남해수산연구소 연안정지관측자료(1999~2005년)
 - 한국해양환경 조사연보(2006년)

- 1) 조사해역도 및 경위도
- 가) 조사 해역도



그림 42. 남해안 월동장 조사 해역도.

전남(여수) 월동장 조사 해역도

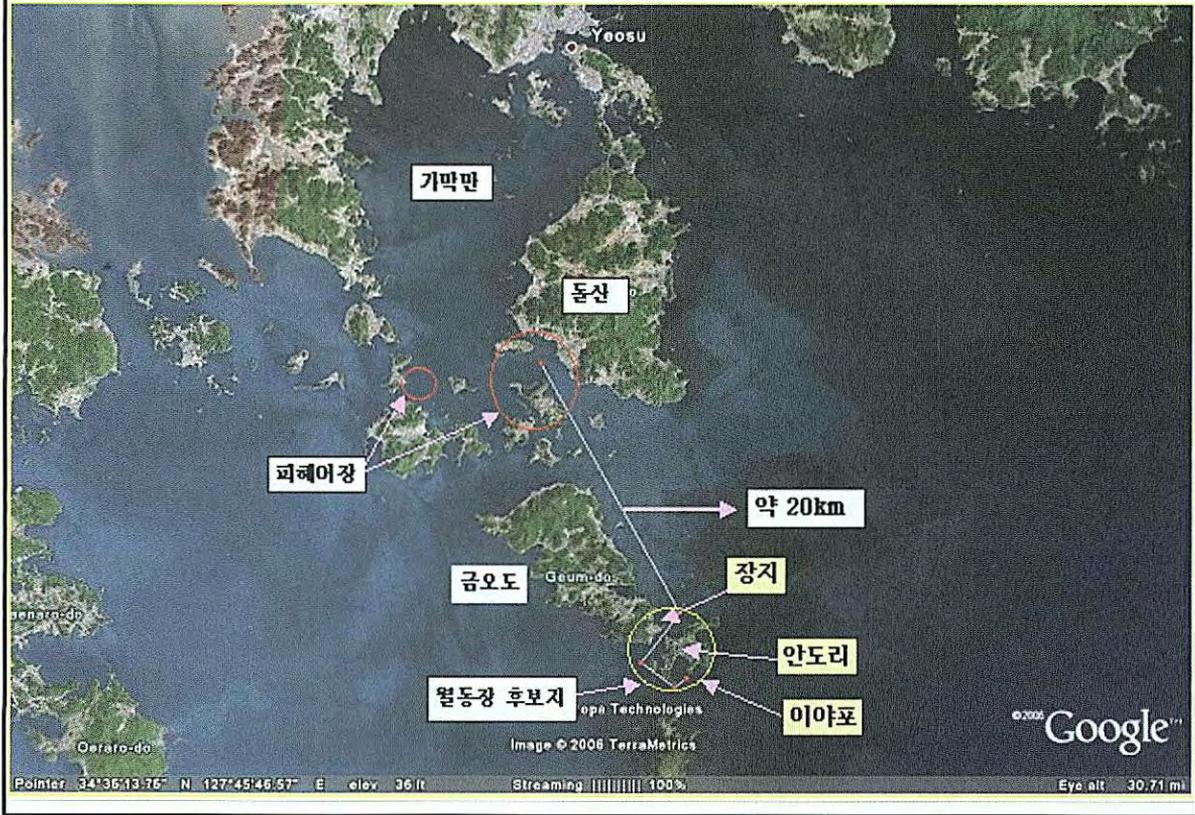


그림 43. 전남 여수지역 월동장 조사 해역도.

경남지역 월동장 조사 해역도

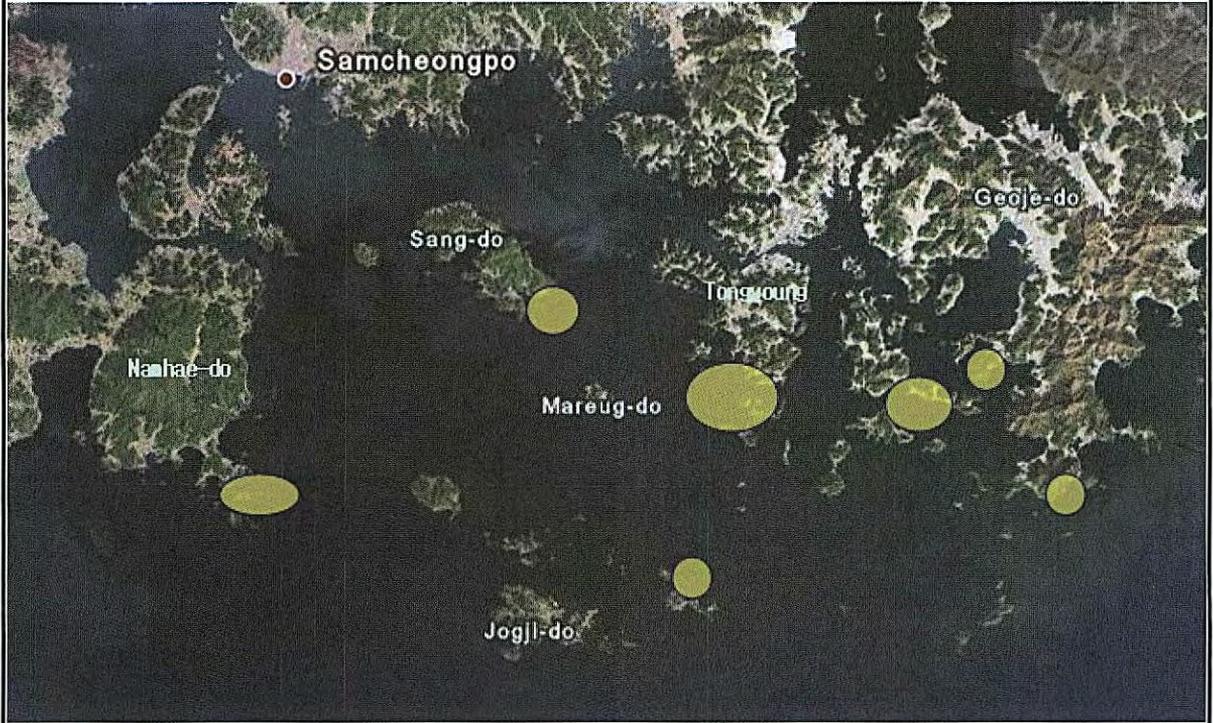


그림 44. 경남지역 월동장 조사 해역도.

나) 조사 지점별 경위도

도별	지역	위치	장소 및 해역
전남 (4개소)	여수(4)	34° 29'N, 127° 47'E	남면 심장리 장지
		34° 29'N, 127° 48'E	남면 안도리 안도
		34° 28'N, 127° 47'E	남면 안도리 서고지
		34° 28'N, 127° 48'E	남면 안도리 이야포
경남 (13개소)	통영(5)	34°48' N, 128°21' E	산양읍 풍화
		34°47' N, 128°22' E	산양읍 삼덕
		34°44' N, 128°24' E	산양읍 연곡
		34°45' N, 128°30' E	한산면 추봉
		34°38' N, 128°21' E	옥지면 연화
	거제(4)	34°46' N, 128°33' E	동부면 가배
		34°45' N, 128°34' E	동부면 울포
		34°48' N, 128°40' E	일운면 구조라
		34°48' N, 128°31' E	거제면 법동 아지랑
	남해(4)	34°42' N, 128°03' E	미조면 본촌
		34°41' N, 128°03' E	미조면 조도
		34°41' N, 128°03' E	미조면 목과도
		34°41' N, 128°01' E	미조면 사도

2. 결과 및 고찰

가. 돔류 월동장 추진 실적

- 연구용역 전문가그룹 구성('06. 9. 22, 해수부)
 - 총 17명 : 해수부, 연구소, 해수청, 지자체, 대학, 수협, 어업인
- 제1회 연구자 협의회('06. 10. 18일, 남해수산연구소)
 - 참석대상 : 남해연구소, 여수해양수산청, 통영사무소, 전남대
 - 협의내용 : 연구내용 검토 및 결과도출에 관한 협의
예비월동장 지정에 따른 자료 및 조사협조
- 제1회 전문가그룹 협의회('06. 11. 2일, 여수지방청)
 - 참석대상 : 세부연구책임자, 전문가그룹 17명
 - 협의내용 : 예비월동장 지정에 관계기관 적극 협조요청
객관적인 자료 확보 및 어업인과의 의견수렴

- 경남지역 월동장지정 관련 협의회('06. 11. 14일, 통영사무소)
 - 참석대상 : 남해연구소, 경남도, 통영시, 거제시, 남해군, 해양사무소(통영, 거제, 남해)
 - 협의내용 : 해역별(통영, 거제, 남해) 월동장 예비적지 검토
월동장 후보지추천, 합동현장조사 실시 협의

- 1차 월동장 적지조사('06. 12. 4~12. 12)
 - 장 소 : 전남 여수 남면 심장리 장지, 안도리 안도, 서고지, 이야포
 - 조사내용 : 해양환경, 입지조건, 주민의견 수렴, 관련기관 협의

- 연구용역 중간보고회 및 전문가회의('07. 4. 5, 남해수산연구소)
 - 참석대상 : 연구 참여기관 연구원 및 전문가그룹
 - 협의내용 : 연구 중간발표회(4개기관 발표)
월동장 적지조사 자료를 근거로 월동장지정(전남도)

- 월동장 후보지 1차조사 보고서 제출('07. 5. 22)
 - 보고서제출 : 해양수산부, 전남도, 여수시
 - 내 용 : 남면 안도리, 심장리 4개소 월동장 후보지 선정(약 60 ha)

- 월동장 지정 어업인 설명회('07. 7. 4, 남면 안도 어촌계회관)
 - 참석대상 : 남해연구소, 전남도, 여수시, 여수지방청, 서남해수어류수협, 안도 주민
 - 협의내용
 - 월동장적지조사 결과 연구추진 과정 및 최종 결론 설명
 - 월동장 월동장지정 배경 및 현황설명
 - 월동장 지정시 지선 어업인들에게 행정적 지원과 제도 설명
 - 월동장과 관련하여 여수시와 주민들간의 협의체를 구성, 관계 규정을 마련
 - 월동장 지정시 겨울철 동사피해에 대한 정부 지원방침 설명

- 경남 지역 2차 월동장 조사('08. 2. 21~2. 22)
 - 장 소 : 경남 거제 거제면 아지랑
 - 조사내용 : 해양환경, 입지조건, 주민의견 수렴, 관련기관 협의



그림 45. 전문가그룹 회의 (2006~2007).



그림 46. 월동장 지정 어업인 설명회(2007. 7월, 여수시 남면 안도).

나. 전남지역 월동장 조사(여수)

위치	심장리 장지해역	수심	8-19 m
월동장 면적	약 12.7 ha	동사피해	없음
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 9~10℃ - 북서풍의 영향은 받지 않고, 북동풍의 영향을 다소 받고, 항로가 인접하여 유희면적이 많지 않음 - 유속은 0.46~0.56 m/s로서 완만하고, 해저지형은 평탄한 사니질로 이루어진 해역임 - 어장과의 거리 : 약 16 km 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 가두리양식장에 조피불락, 참돔, 돌돔 등 양식 - 마을어업권이 설정되어 미역, 모자반, 툇, 우뭇가사리가 풍부함 - 외측으로 자망, 통발어업, 이각망 등 어업 		
어업인의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 월동장 지정 찬성(1차조사) - 기존어업권을 포함한 월동장 지정 요구 : 수용(2차조사) 		
조사자의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 수온조건이 양호하고 계절풍의 영향이 적고, 주변 어업권에 의한 민원발생 소지가 적고, - 양식어장과와의 이동거리가 20 km 이내로 접근성이 용이하여 월동장으로 적합하다고 판단됨 		

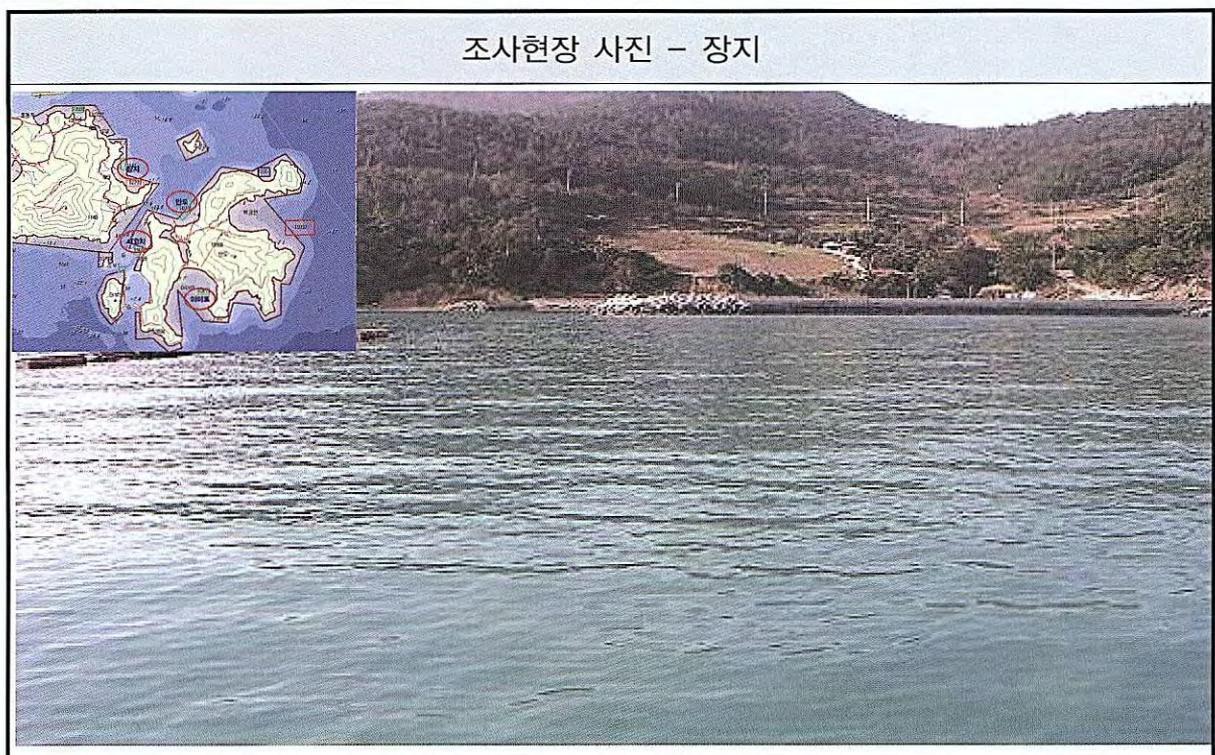


그림 47. 전남 월동장 후보지 조사장소(심장리 장지).

위치	안도리 안도해역	수심	10-15 m
월동장 면적	약 13 ha	동사피해	없음
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 9~10℃, 유속 0.32~0.40 m/sec - 북서풍의 영향은 받지 않고, 북동풍 및 남동풍의 영향을 다소 받고, 조류 소통이 양호함. 내만에 위치한 기존어장 외측에 월동장 포함 - 어장과의 거리 : 약 20 km 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 가두리양식장에 조피볼락, 참돔, 돌돔, 감성돔, 능성어 등 양식 - 마을어업권이 설정되어 있어 전복방류 및 잘피 등 해조류 식생발달되어 기초생산력 높음(자율관리어업) - 전남바다목장화 해역(인공어초 및 해조장 조성) - 외측으로 자망, 통발어업, 이각망 등 어업 		
어업인의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 기존어업권을 포함한 월동장 지정 요구 : 수용(2차조사) - 월동장 지정 유보적인 입장(1차 반대의견) 		
조사자의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 수온조건이 양호하고, 주변 가두리양식장을 포함한 월동장 지정으로 민원발생소지 적음 - 양식어장과의 이동거리가 20 km 이내로 접근성이 용이하여 월동장으로 적합하다고 판단됨 		

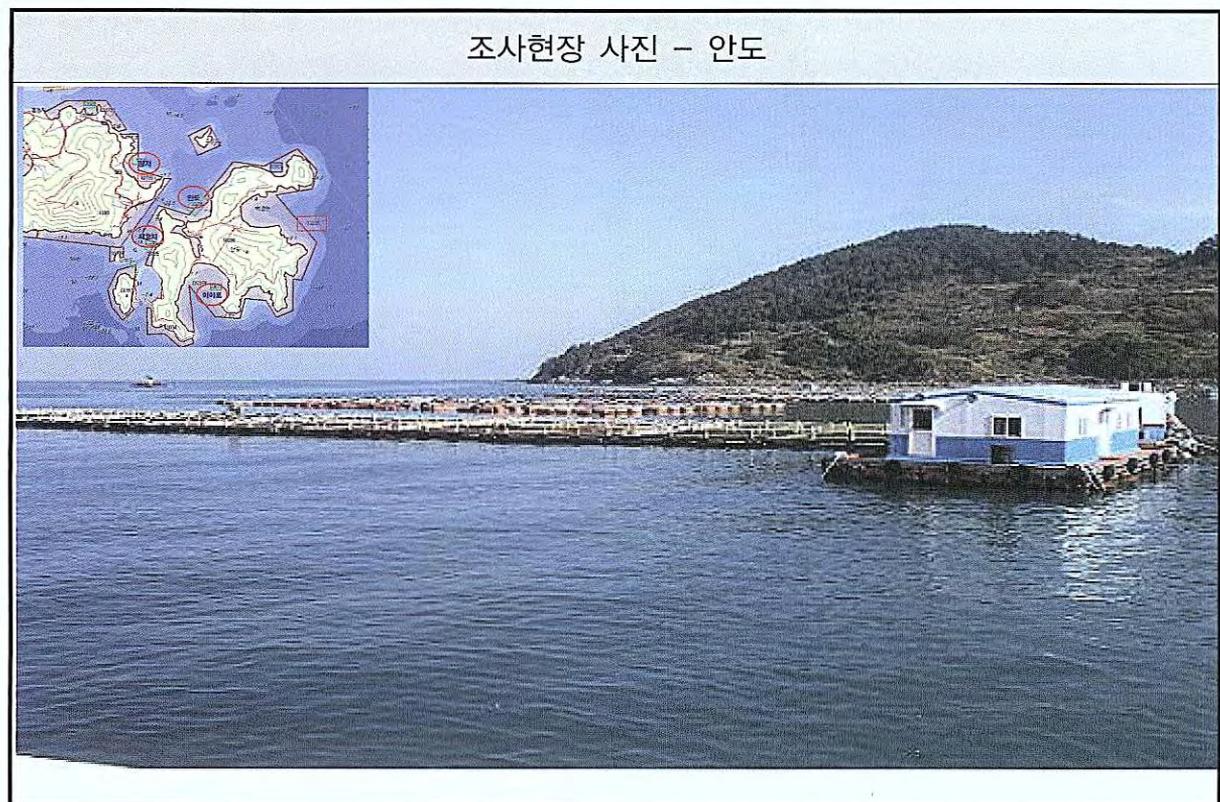


그림 48. 전남 월동장 후보지 조사장소(안도리 안도).

위치	안도리 서고지해역	수심	10-15 m
월동장 면적	약 8 ha	동사피해	없음
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 9~10℃, 유속 0.42~0.60 m/sec - 북서풍의 영향을 다소 받고, 외측은 북동풍의 영향과 조류소통이 양호함. 내만에 위치한 기존어장 외측에 월동장 포함 - 수질은 양식에 적합한 조건을 유지 - 여름철 일부 적조피해 발생 - 어장과의 거리 : 약 20 km 내외 - 금오도, 안도간 연륙교 공사 진행중 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 가두리양식장에 참돔, 돌돔, 감성돔, 조피볼락, 말쥐치 등 양식 - 마을어업권이 설정되어 있어 전복 및 해조류 채취 - 외측으로 자망 및 통발어업 등 어선어업 		
어업인의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 기존어업권을 포함한 월동장 지정 요구 : 수용(2차조사) - 월동장 지정 유보적인 입장(1차 반대의견) 		
조사자의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 수온조건이 양호하고 양식어장과의 이동거리가 20 km 이내로 접근성이 용이하여 월동장으로 적합하다고 판단됨 		



그림 49. 전남 월동장 후보지 조사장소(안도리 서고지).

위치	안도리 이야포해역	수심	13~25 m
월동장 면적	약 23 ha	동사피해	없음
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 10℃내외, 여름철 최고수온 24℃내외 ※ 여름철 일간 수온변동폭이 다소 높은 상태(2~4℃) - 유속 : 0.21~0.36 m/sec - 북서풍 및 남동풍에 안전하고 조류소통이 양호(20~30 m/sec) - 수심이 완만하고 일부 지역이 용기되어 있고 저질은 주로 자갈과 사니질로 이루어져 있음 - 수질은 양식에 적합한 조건을 유지(수질등급 II 수준) - 해조류의 식생이 잘 발달되어 있어 마을어장 조성이 잘됨(전복, 성게, 해조류 번무) - 서쪽 연안으로 바다목장화 인공어초 시설지역 위치 - 어장과의 이동거리 : 23 km - 북서풍의 영향을 거의 받지 않고, 마을어장과 양식 어업권이 1건으로 기존 어업권과 민원발생 소지 적음 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 가두리양식장에 참돔, 돌돔, 감성돔, 말쥐치, 참전복을 양식 - 마을어업권이 설정되어 있어 전복 등을 방류 - 외측으로 자망 및 통발어업 등 어선어업 ※ 현재 경남 하동, 여수 가막만 등지에서 참돔, 감성돔 등을 위탁사육 형태로 월동사육중 		
어업인의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 기존어업권을 포함한 안도 전체 월동장 지정 요구: 수용(2차조사) - 월동장 지정 유보적인 입장(1차 반대의견) ※ 피해어장 어업인 신속히 월동장 지정 요구 		
조사자의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 다소 원거리에 위치하나 기존 동사피해 발생 사례가 없고, 수온조건이 양호하고 계절풍의 영향이 거의 없어 월동장으로서 적지로 판단됨 		

조사현장 사진 - 이야포

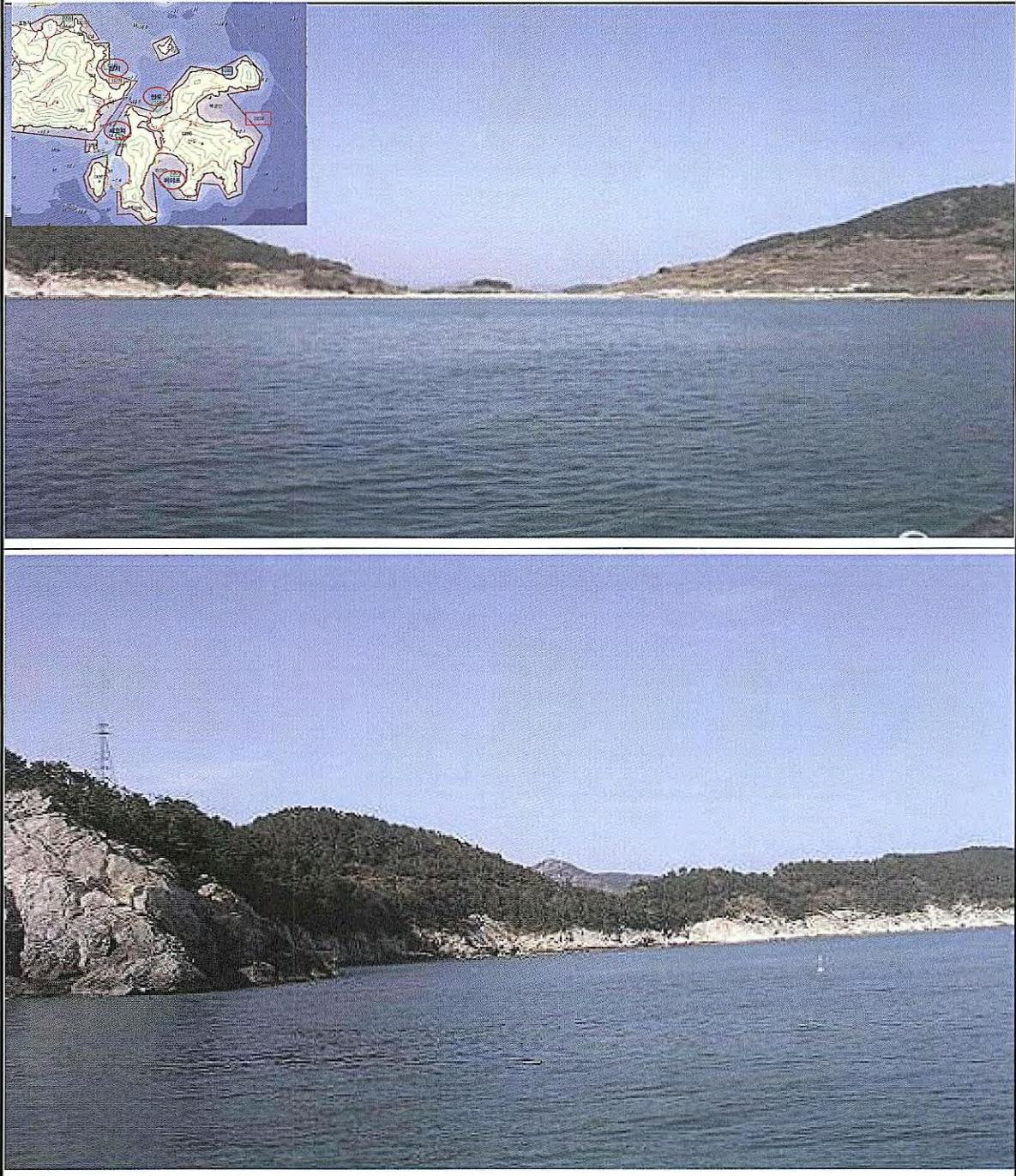


그림 50. 전남 월동장 후보지 조사장소(안도리 이야포).

□ 여수 월동장 최종 후보지

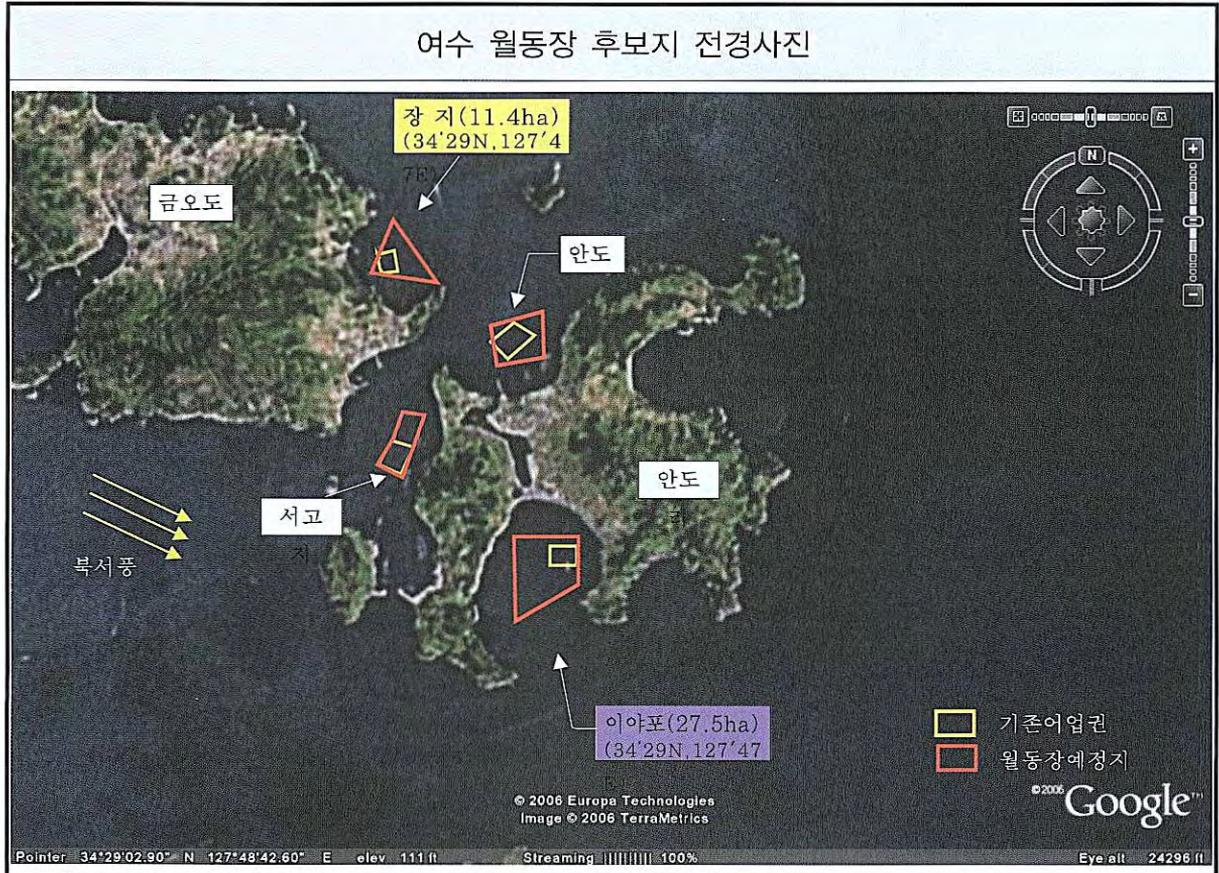


그림 51. 여수지역 최종 월동장 후보지.

다. 경남지역 월동장 조사

위치	통영시 산양읍 풍화	수심	10-13 m
월동장 면적	-	동사피해	2003, 2006 피해발생
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 7~8°C 하강 - 유속 : 0.31~0.39 m/sec - 북서풍의 영향을 다소 받고, 외측은 북동풍의 영향과 조류소통이 양호 - 여름철 일부 적조피해 발생 - 수심이 다소 낮아 겨울철 철저한 사육관리 요구됨 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 가두리양식장에 조피블락, 참돔, 돌돔, 감성돔, 말쥐치 등 양식 - 굴양식, 멍게양식장 분포 - FDA지정해역 1 km 이내에 대부분 어장 위치 - 월동장 가용면적 확보 곤란 		
어업인의 견	- 기존 어업인들의 반대 민원		
조사자의 견	- 수온조건이 불리하고 수심이 낮아 수온변동이 심하고, 가두리 주변에 다른 어업권이 밀집되어 있어 활용할 면적을 확보하기 곤란하여 월동장으로 부적합하다고 판단됨		

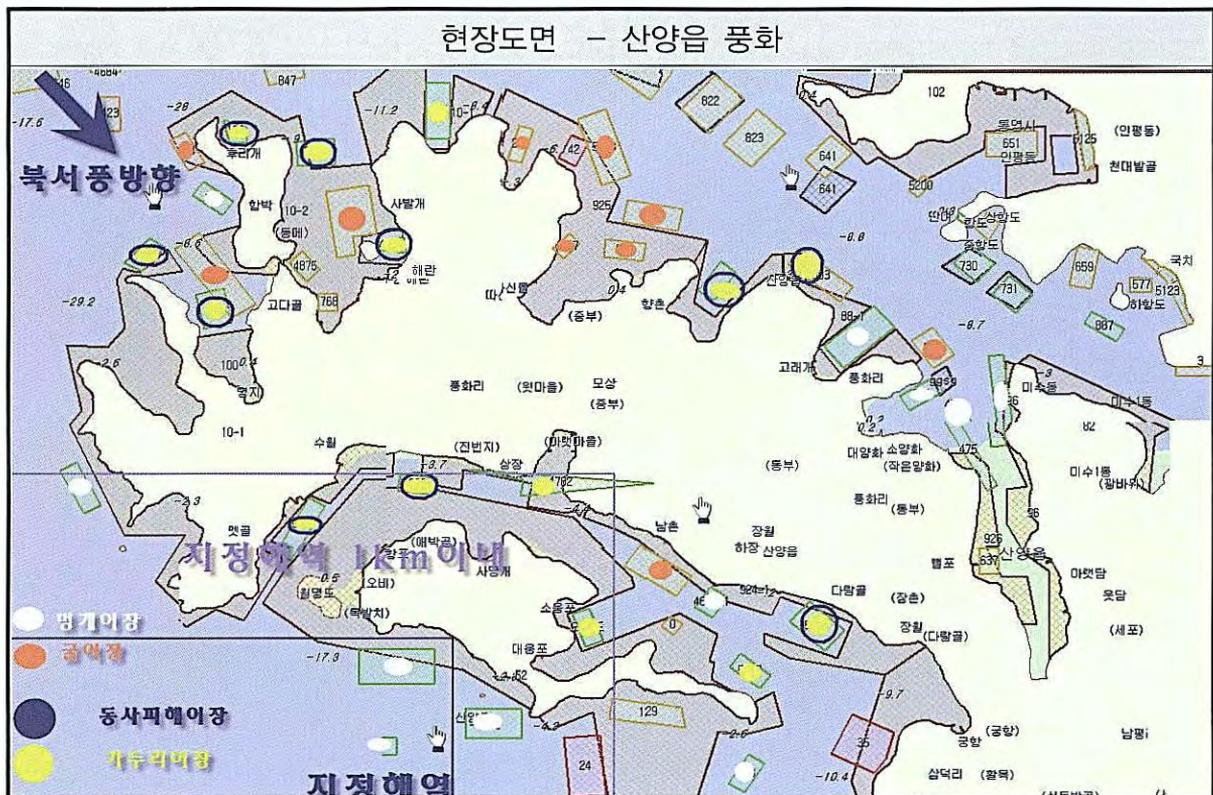


그림 52. 경남 월동장 후보지 조사장소(통영 산양 풍화).

위치	통영시 산양읍 삼덕	수심	15-20 m
월동장 면적	-	동사피해	소량 발생
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 9℃내외로 하강 - 유속 : 0.71~0.90 m/sec - 겨울철 북서풍영향을 다소 받으나 수심이 깊어 급격한 수온 변동 가능성 낮음 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 가두리양식장에 조피볼락, 참돔, 돌돔, 감성돔, 말쥐치, 방어 등 양식 - 굴양식, 명게양식장 분포 - FDA지정해역 1 km 이내에 대부분 어장 위치 - 월동장 가용면적 확보 곤란 		
어업인의 견	- 기존 어업인들의 반대 민원		
조사자의 견	- 수온조건은 타지역에 비해 다소 양호하지만, 어장이 밀집되어 있고, 외해는 계절풍의 영향이 우려되어 부적합하다고 판단		

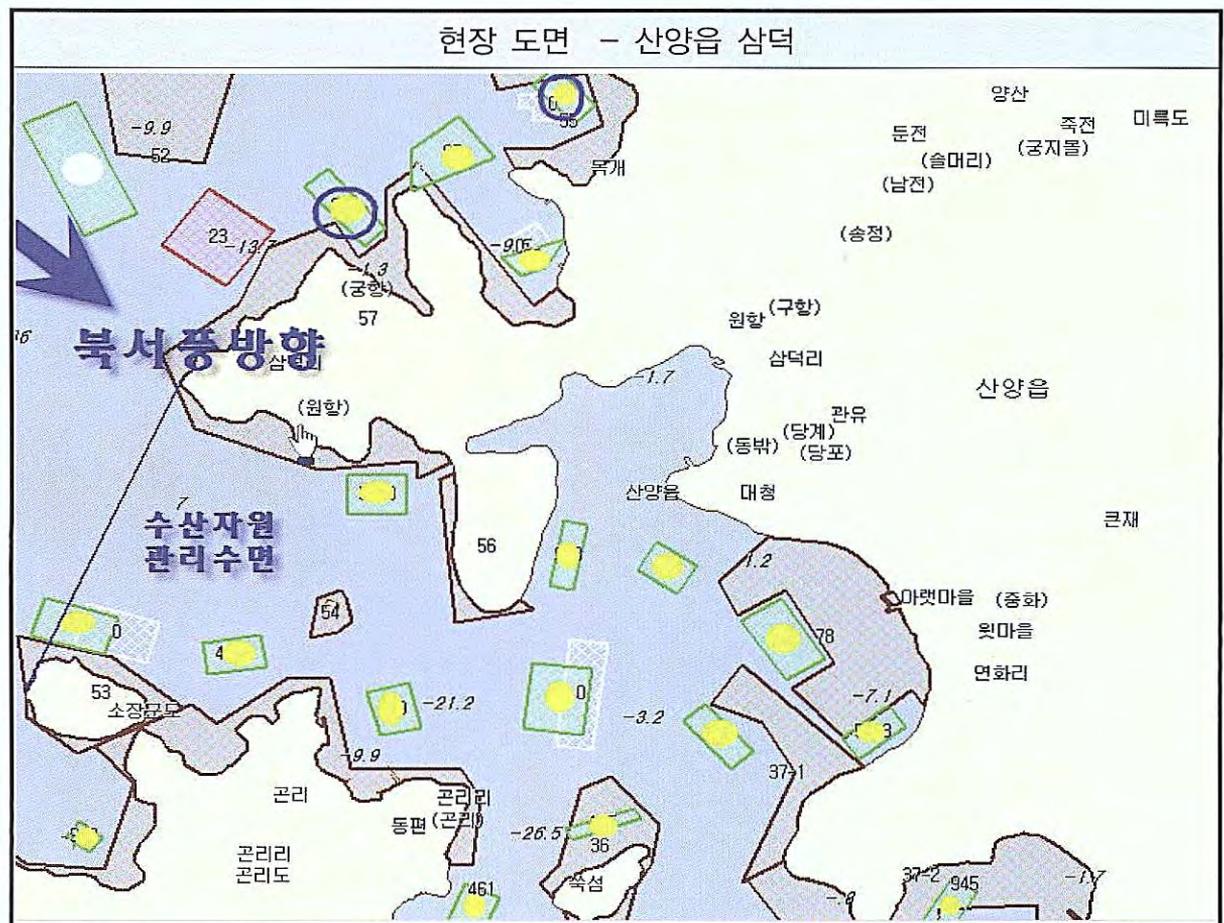


그림 53. 경남 월동장 후보지 조사장소(통영 산양 삼덕).

위치	통영시 산양읍 연곡	수심	20-25 m
월동장 면적	-	동사피해	소량 발생
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 10℃내외 - 유속 : 0.46~0.59 m/sec - 북서풍으로부터 학림도는 안전하지만 연대도는 다소 영향을 받음 - 돛류의 양식에 적합한 환경조건 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 가두리양식장에 조피볼락, 참돔, 돌돔, 감성돔, 말쥐치, 방어 등 양식 - 월동장 가용면적 확보 곤란 		
어업인의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 어업인들의 반대 민원 		
조사자의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 환경조건은 타지역에 비해 양호하여 돛류의 월동장 적지로 판단 - 내만은 어장이 밀집되어 있고, 외해는 계절풍의 영향이 우려되어 시설장소 확보가 곤란함. 		

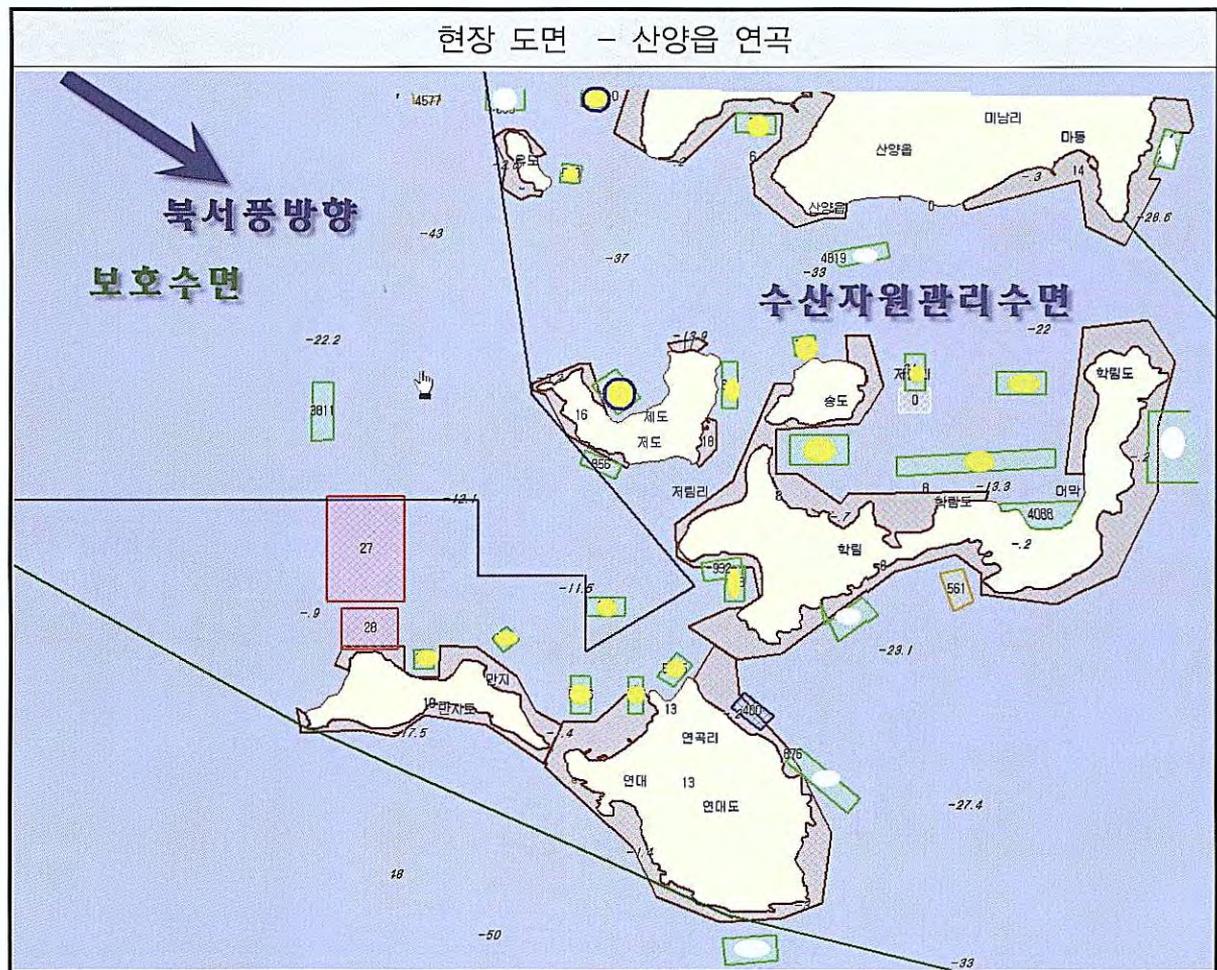


그림 54. 경남 월동장 후보지 조사장소(통영 산양 연곡).

위치	통영시 한산면 추봉	수심	25-40 m
월동장 면 적	-	동사피해	소량 발생
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 10℃내외 - 유속 : 0.45~0.90 m/sec - 겨울철 북서풍 및 북동풍의 영향이 다소 많이 받음 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 주변에 어업권은 거의 설정되어 있지 않으나 소형 어선어업 - 주변에 몽돌해수욕장이 위치하고 있어 주민 민원발생 예상 		
어업인의 견	- 기존 어업인 및 지역주민 반대 민원		
조사자의 견	- 수온조건 및 수심이 양호하지만 계절풍의 영향을 많이 받고, 주변에 해수욕장이 위치하여 민원발생이 우려됨		

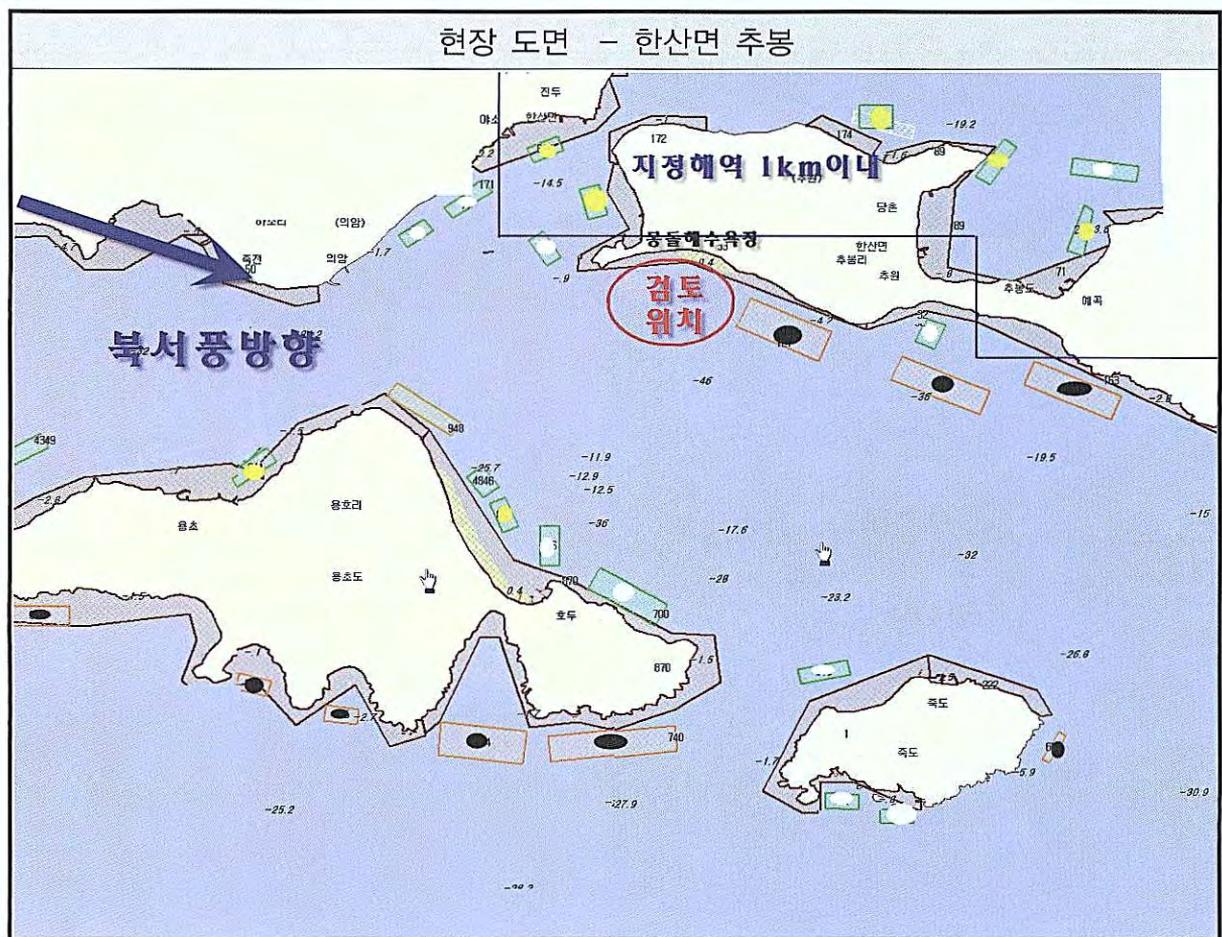


그림 55. 경남 월동장 후보지 조사장소(통영 한산 추봉).

위치	통영시 옥지면 연화	수심	20-30 m
월동장 면 적	-	동사피해	없음
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 10℃내외 - 유속 : 0.87~1.3 m/sec - 겨울철 북서풍의 영향을 다소 받음 - 외측은 외양성으로 계절풍이나 너울성 파도로 인한 시설물 유지 곤란 - 피해어장으로부터 원거리(약 1~2시간 이상)에 위치 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 가두리양식장에 조피불락, 참돔, 돌돔 등 양식 - 주변에 가두리양식을 제외하고 소형 어선어업 		
어업인의 견	- 기존 어업인들의 반대 민원		
조사자의 견	- 수온 등 환경조건이 양호하지만 계절풍의 영향이 많고, 거리가 떨어져 월동장으로서 부적합		

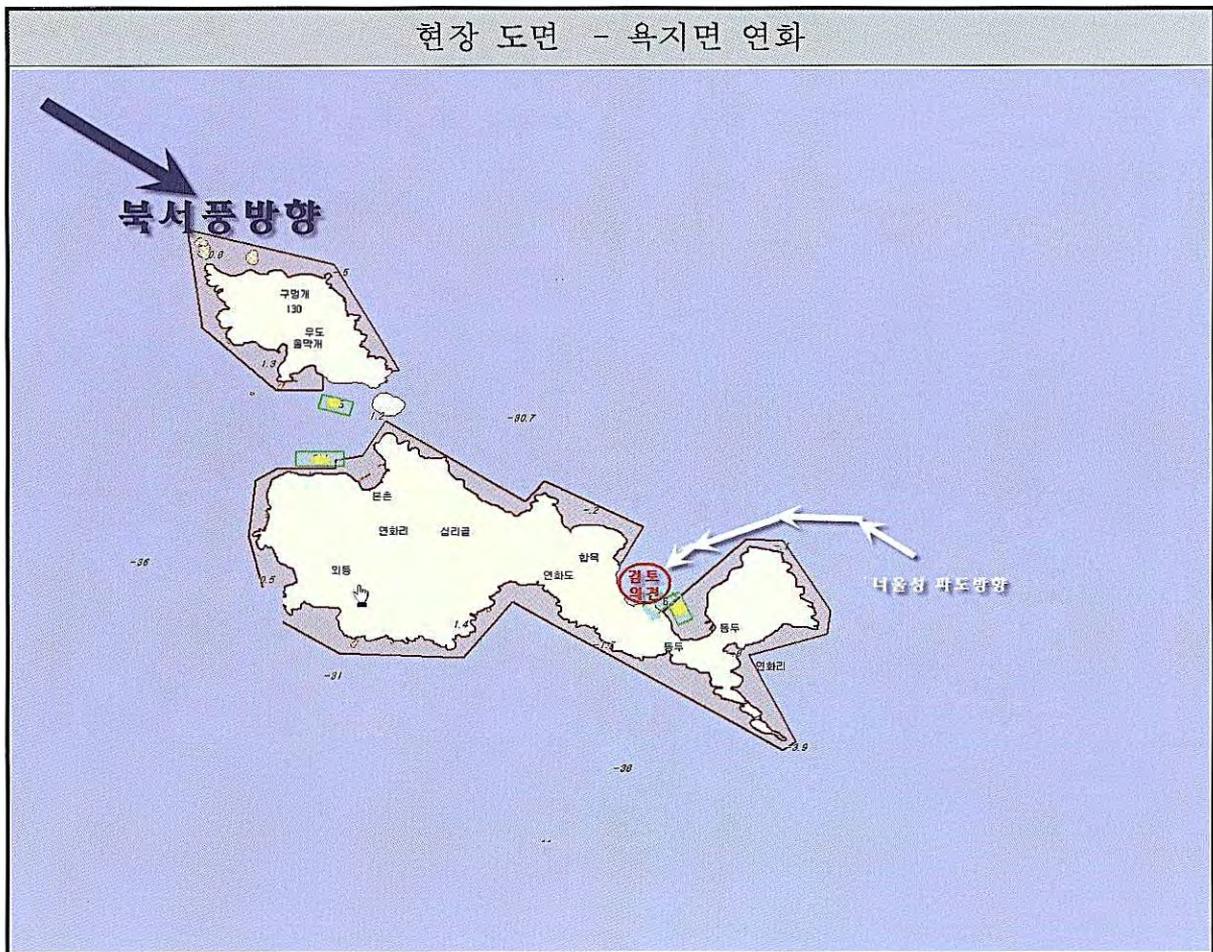


그림 56. 경남 월동장 후보지 조사장소(통영 옥지 연화).

위치	거제시 동부면 가배, 울포	수심	12-20 m
월동장 면 적	-	동사피해	소량 발생
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 9℃내외 - 유속 : 0.47~0.76 m/sec - 전체적으로 내만으로 형성, 계절풍의 영향은 거의 없으며, 수면이 협소, 조류의 흐름이 빨라 시설물 유지가 곤란 (40~50 m/sec) 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 피해어장인 둔덕만 어업인들은 신속하게 본 장소로 월동장 지정 요구 - 가배, 울포만 주변 어업인들은 어촌계 면허 주위에 월동장 시설반대 - 미 FDA지정해역 인근에 위치하여 재개발 불가능 - 굴양식장과 가두리양식장 밀집 		
어업인의 견	- 기존 어업인 및 지역주민 반대 민원		
조사자의 견	- 수온조건 및 수심이 양호하고 계절풍의 영향이 적은 내만으로 가배만 일부지역은 월동이 가능하다고 판단되지만 지정해역 내에 위치, 항로와 인접하고 주변 어업인의 반대		



그림 57. 경남 월동장 후보지 조사장소(거제 동부 가배, 울포.).

위치	거제시 일운면 구조라	수심	12-20 m
월동장 면 적	-	동사피해	소량 발생
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 10-11℃ 유지 - 유속 : 0.33~0.45 m/sec - 전체적으로 내만으로 형성, 대마난류의 영향으로 양호한 수온조건 - 겨울철 계절풍의 영향은 거의 없으며, 선박의 항로구역으로 수질상태 불량 - 피해어장에서 월동장으로 이동하는데 외양성 파도로 인하여 어려움 예상 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 피해 어업인들 본 위치에 월동장 지정 반대(활어수송의 어려움) - 항로구역으로 어선어업 어업인 반대 		
어업인 의 견	- 기존 어업인 및 지역주민 반대 민원		
조사자 의 견	- 거제지역에서 수온조건은 가장 양호한 조건을 갖추고 있으나, 원거리에 위치하고 있고, 항로와 인접하고 주변 어업인의 반대		

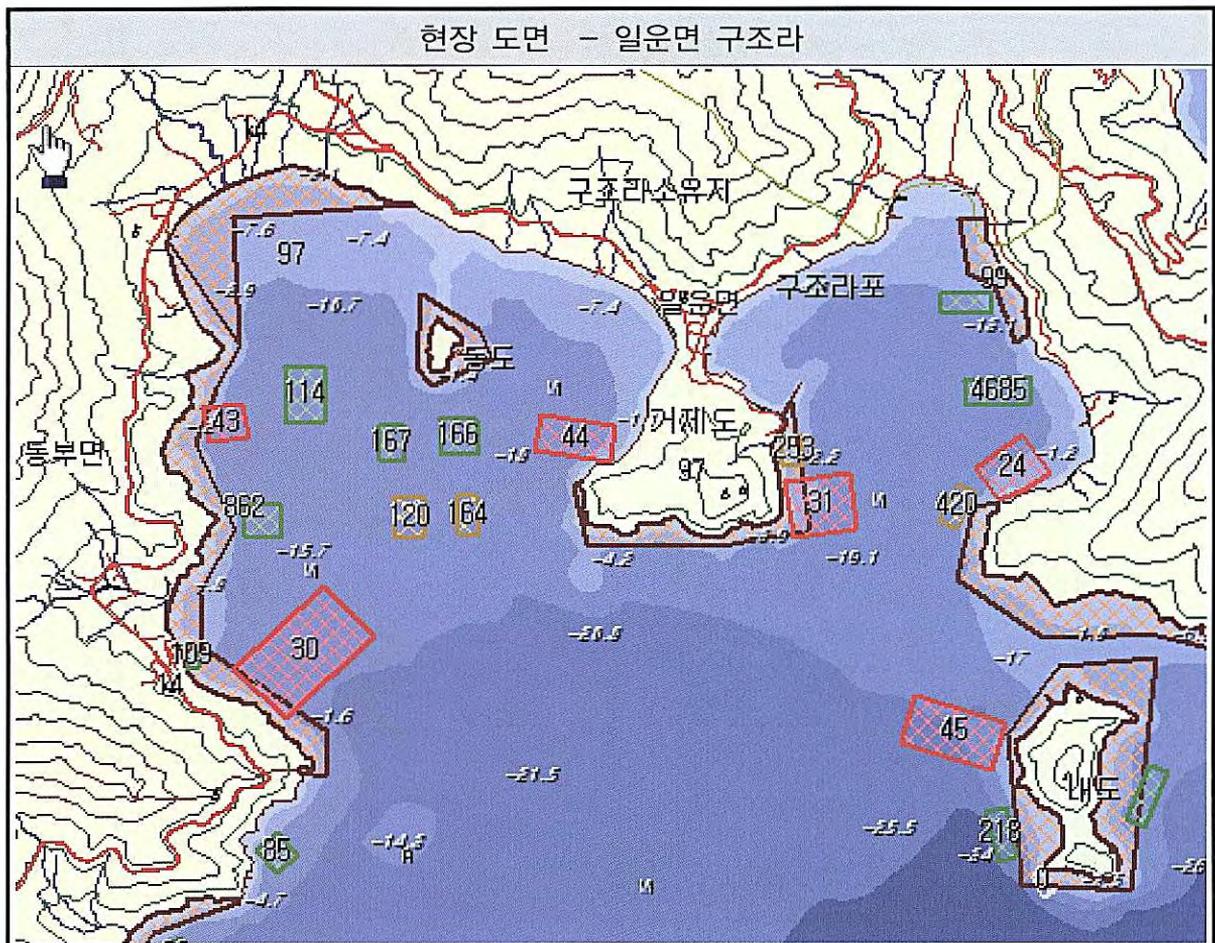


그림 58. 경남 월동장 후보지 조사장소(거제 일운 구조라).

위치	거제시 거제면 범동 아지랑	수심	12-20 m
월동장 면 적	-	동사피해	소량 발생
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 10-11℃ 유지 - 유속 : 0.65~0.99 m/sec - 전체적으로 내만으로 형성, 대마난류의 영향으로 양호한 수온조건 - 겨울철 계절풍의 영향은 거의 없으며, 선박의 항로구역으로 수질상태 불량 - 피해어장에서 월동장으로 이동하는데 외양성 파도로 인하여 어려움 예상 		
어업권	<ul style="list-style-type: none"> - 피해 어업인들 본 위치에 월동장 지정 반대(활어수송의 어려움) - 항로구역으로 어선어업 어업인 반대 		
어업인의 견	- 기존 어업인 및 지역주민 반대 민원		
조사자의 견	- 거제지역에서 수온조건은 가장 양호한 조건을 갖추고 있으나, 원거리에 위치하고 있고, 항로와 인접하고 주변 어업인의 반대		



그림 59. 경남 월동장 후보지 조사장소(거제 범동 아지랑).

위치	남해군 미조면 조도, 목과도, 사도, 본촌	수심	14-15 m
월동장 면 적	-	동사피해	2006년도 발생
해양환경 입지조건	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 최저수온이 7-8.5℃ 유지 - 유속 : 0.34~0.76 m/sec - 본촌이 가장 낮았으며, 야간 7℃이하로 하강, 내만으로 형성되어 북서계절 풍의 영향은 거의 없음 - 본촌지선 이외에는 조류소통이 양호 		
어업권	- 주변에 다른 어업권 설정은 거의 없음		
어업인의 견	<ul style="list-style-type: none"> - 월동장 지정에 따른 외부어업인 월동사육 반대 - 인근 하동 등지에서 일부 월동장으로 활용(기존 어업권) 		
조사자의 견	- 겨울철 최저수온이 동류의 생존 한계수온인 7℃내외를 보여 월동장으로 서 안전하다고 판단하기 곤란하고, 일시적인 한파로 인한 수온변동으로 인한 대량폐사 가능성으로 월동장으로 부적합하다고 판단됨		

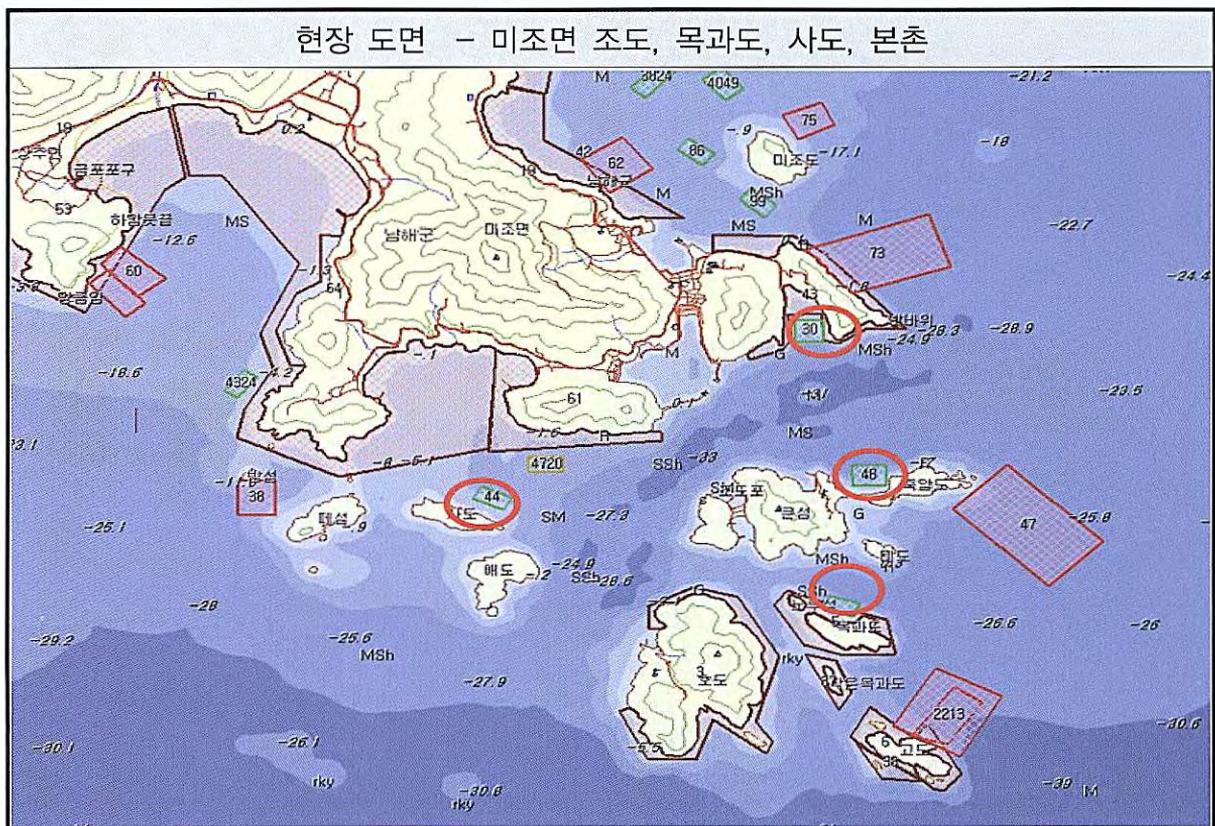


그림 60. 경남 월동장 후보지 조사장소(남해 미조 조도, 목과, 사도, 본촌).

3. 요약

도 별	지 역	환경조건	활용면적(ha)	주민의견	
전남	여수	남면 심장리 장지	적합	12.7	동의
		남면 안도리 안도	적합	13	동의
		남면 안도리 서고지	적합	8	동의
		남면 안도리 이야포	적합	23	동의
계	4개소		56.7		

○ 여수 남면 심장리 장지해역은 겨울철 월동장으로서 수온 등(9℃ 이상) 해양환경조건이 양호하고 피해어장으로부터 지리적으로 접근성이 뛰어나고 현지어업인 동의로 1차 월동장 후보지로 적합하다고 판단됨.

○ 남면 안도지선(이야포, 안도, 서고지)도 해양환경조건이 양호하여 기존 어업권을 포함하여 월동장으로서 적합하다고 판단됨.

현재까지 조사결과 여수시 남면 심장리 및 안도리 지선이 월동장으로서 적합하다고 판단되나 지정된 월동장에서도 향후 기상이변 및 이상 해양환경 변동 등으로 인한 양식생물의 피해 가능성은 상존하고 있다고 사료됨.

수면의 위치와 구역도

축척 : 1/25,000

전남 여수양식 수산통식물 월동구역 제 호

1. 어업의 종류: 양식수산통식물 월동구역
2. 어업 방법:
3. 수면의 위치: 전라남도 여수시 남면 심장리 장지 지선
4. 기점 및 각점

보조기점 및 특정기점: 전라남도 여수시 남면 심장리 장지

육상기점(여수시 남면 심장리 장지 기점: X= 111 294.0185 Y= 272 592.9197

(가): 26도 564 미터의 점 및 X, Y 좌표 (나): 95도 628 미터의 점 및 X, Y 좌표

(다): 52도 113 미터의 점 및 X, Y 좌표

5. 수면의 구역: 아래 도면에서 (가)(나)(다)를 순차로 연결한 선에 의하여 둘러싸인 수면 (차면적: 127,000 m²)



각 좌표(T.M)		각 위도(DEC)	
가	X 111 798.4569 Y 272 846.1645	가	N 84° 29' 54.958"
나	X 111 294.8319 Y 279 217.8220	나	E 127° 47' 46.133"
다	X 111 963.2838 Y 272 682.4632	다	N 34° 29' 40.577"
			E 127° 47' 39.583"

부호	거리(M)
가-나	675m
나-다	551m
다-가	485m

청우기술(주)
건설교통부, 국토지리정보원등록
연안조사측량업(제01-2012호)
전남 여수시 덕충동 475-2번지
TEL. 061)662-3889 FAX. 061)662-8967
H.P 017-602-3889
문사: (02) 453-7055-6
측량및지형공간정보특급기술자 한상수
(등록번호: 80018765)



그림 61. 월동장 후보지 도면(여수시 남면 심장리 장지).

수면의 위치와 구역도

축척 : 1/25,000

전남 여수양식 수산동식물 활동구역 제 호

1. 어업의 종류 : 양식수산동식물 활동구역
2. 어업 방법 :
3. 수면의 위치 : 전라남도 여수시 남면 안도리 안도리천
4. 기점 및 각점

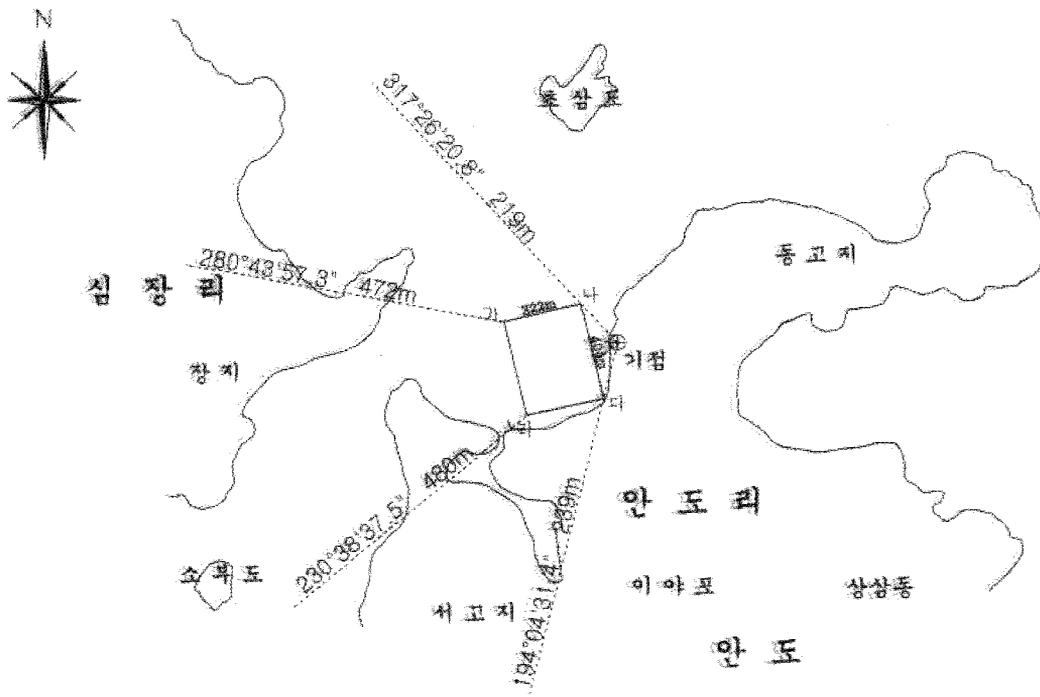
보조기점 및 특점기점 : 전라남도 여수시 남면 안도리 안도

육상기점(여수시 남면 안도리 안도 기점: X= 110 826.3764 Y= 274 124.2056

(가): 280도 472 미터의 점 및 X, Y 좌표 (나): 317도 219 미터의 점 및 X, Y 좌표

(다): 194도 239 미터의 점 및 X, Y 좌표 (라): 230도 480 미터의 점 및 X, Y 좌표

5. 수면의 구역 : 아래 도면에서 (가)(나)(다)(라)를 순차로 연결한 선에 의하여 둘러싸인 수면
(차면적 : 130,000 ㎡)



좌표값(COORD)		경·위도(DEGREE)	
가	Y 110 818.2485	가	N 35° 29' 26.054"
	Y 273 660.8107	가	E 127° 48' 17.784"
	X 110 987.7822	나	N 34° 29' 38.359"
나	Y 273 973.9886	나	E 127° 49' 00.168"
	X 110 894.3624	다	N 34° 29' 15.568"
다	Y 274 666.3337	다	E 127° 48' 33.575"
	X 110 522.1531	라	N 33° 29' 11.306"
라	Y 273 753.2605	라	E 127° 48' 21.255"

부호	거리(M)
가-나	329m
나-다	484m
다-라	222m
라-가	464m

청유 기술(주)

간척기술부, 국유지라정보원등록
 연안조사측량업(제01-2012호)
 전남 여수시 덕흥동 475-2번지
 TEL. 061)662-3889, FAX. 061)662-8967
 H.P. 017-602-3889
 본 사 : (02) 453-7055-0
 특허원자특출간정보특급기술자-안삼수
 (등록번호 : 60018755)



그림 62. 월동장 후보지 도면(여수시 남면 안도리 안도).

수면의 위치와 구역도

축척 : 1/25,000

전남 여수시의 수상동식물 월동구역 제 호

1. 사업의 종류 : 양식수상동식물 월동구역
2. 사업 방법 :
3. 수면의 위치 : 전라남도 여수시 남면 안도리 서고지 지선
4. 기점 및 각점

보조기점 및 특장기점 : 전라남도 여수시 남면 안도리 서고지

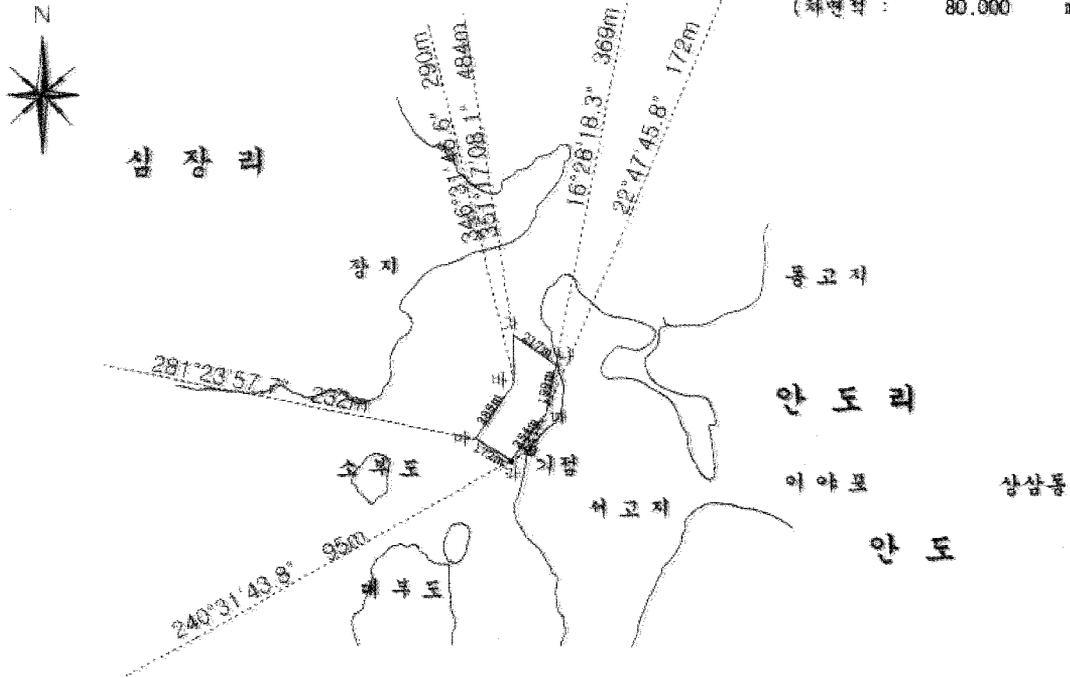
육상기점(여수시 남면 안도리 서고지) 기점 : X= 109 950.2827 Y= 273 128.4291

(가) : 351도 484m 마리의 점 및 X, Y 좌표 (나) : 16도 369m 마리의 점 및 X, Y 좌표

(다) : 22도 172m 마리의 점 및 X, Y 좌표 (라) : 240도 95m 마리의 점 및 X, Y 좌표

(마) : 281도 232m 마리의 점 및 X, Y 좌표 (바) : 346도 290m 마리의 점 및 X, Y 좌표

5. 수면의 구역 : 아래 도면에서 (가)(나)(다)(라)(마)(바)를 순차로 연결한 선에 의하여 둘러싸인 수면 (차면적 : 80.000 ㎡)



계측점(POINT)		경도(UTM)	
가	Y	110 428 82851	34° 29' 10.462"
	X	273 056 89896	127° 47' 53.903"
나	Y	110 303 92280	34° 29' 06.257"
	X	273 232 98442	127° 48' 00.886"
다	Y	110 108 98963	34° 29' 00.888"
	X	273 196 09995	127° 47' 58.289"
라	Y	108 903 4722	34° 28' 53.469"
	X	273 948 58445	127° 47' 53.382"
마	Y	108 908 1357	34° 28' 56.463"
	X	273 901 0165	127° 47' 47.729"
바	Y	110 238 1132	34° 29' 04.071"
	X	273 060 9211	127° 47' 54.069"

구분	거리(m)
가-나	237m
나-다	196m
다-라	294m
라-마	172m
마-바	386m
바-가	197m

창우기술(주)
 건설교통부 국토지리정보원등록
 연안조사측량업(제01-2012호)
 전남 여수시 덕충동 475-2번지
 TEL. 061)662-3889 FAX. 061)662-8967
 H.P. 017-602-3888
 통 사 : (02) 453-7055-8
 축양및자형공건생태환경기술자 협상회
 (등록번호 : 80018765)



그림 63. 월동장 후보지 도면(여수시 남면 안도리 서고지).

수면의 위치와 구역도

모적 : 1/25,000

전남 여수양식 수산동식물 월동구역 개 호

1. 어업의 종류 : 양식수산동식물 월동구역
2. 어업 방법 :
3. 수면의 위치 : 전라남도 여수시 남면 안도리 이야포 지선
4. 기점 및 각점

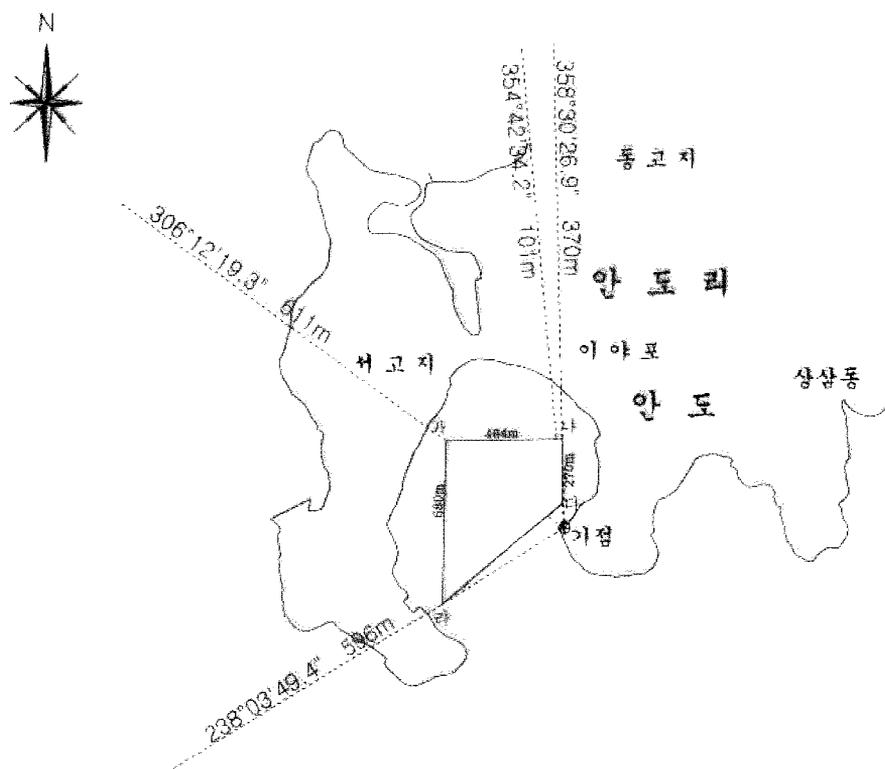
보조기점 및 특점기점 : 전라남도 여수시 남면 안도리 이야포

육상기점(여수시 남면 안도리 이야포) 기점 : X= 109 025.5651 Y= 274 243.8021

(가) : 306도 611 미터의 점 및 X, Y 좌표 (나) : 358도 370 미터의 점 및 X, Y 좌표

(다) : 354도 101 미터의 점 및 X, Y 좌표 (라) : 238도 596 미터의 점 및 X, Y 좌표

5. 수면의 구역 : 아래 도면에서 (가)(나)(다)(라)를 순차로 연결한 선에 의하여 둘러싸인 수면 (차면적 : 230,000 ㎡)



기점좌 (기, M)		점 좌도 (DEGREE)	
가	X 109 386.000 Y 273 750.4707	가	N 34° 28' 35.458"
나	X 109 396.3087 Y 274 234.1686	나	E 127° 48' 29.631"
다	X 109 126.6385 Y 274 204.4478	다	N 34° 28' 14.531"
라	X 108 710.3475 Y 273 739.0613	라	E 127° 48' 29.716"
		의	N 34° 28' 14.531"
		의	E 127° 48' 29.716"

구	거리(M)
가-나	494m
나-다	270m
다-라	650m
라-가	390m

청우기술(주)

거성군농무국토지리정보원등록
면적조사측량업(제01-2012호)
전남 여수시 덕충동 475-2번지

TEL. 061)662-3889 FAX. 061)662-8967

H.P. 017-602-3889

본사 : (02) 453-7055-6

측량및지형공간정보측량기술자 한정수

(등록번호 : 60018765)



그림 64. 월동장 후보지 도면(여수시 남면 안도리 이야포).

【별첨자료 1】 여수연안 수질환경 측정자료(10년)

연.월	층별	수온 Temp (°C)	염분 Salinity	수소이온 농도 PH	용존 산소량 DO (mg/L)	화학적산 소요구량 COD (mg/L)	용존 무기질소 DIN (mg/L)	총질소 T-N (mg/L)	용존 무기인 DIP (mg/L)	총 인 T-P (mg/L)	규산규소 SiO2-Si	부유 입자물질 SPM (mg/L)	클로로필 Chl-a (µm/L)
1997	표층	15.8	32.56	8.13	8.30	1.42	0.106		0.043			11.9	
1998	표층	17.2	29.50	8.12	9.12	1.77	0.088		0.044			10.7	
1999	표층	17.0	29.94	8.18	9.25	2.22	0.079		0.036			8.4	
2000	표층	16.8	31.58	8.31	8.16	1.21	0.075		0.039			14.2	1.89
	저층	15.5	32.58	8.20	7.17	1.49	0.105		0.041				
2001	표층	16.7	32.60	8.14	8.83	1.85	0.086		0.047			16.2	1.29
	저층	15.4	33.15	8.12	8.41	1.61	0.082		0.044				
2002	표층	15.5	30.63	8.08	8.61	1.63	0.215	0.464	0.032	0.061		23.9	1.61
	저층	15.1	32.61	8.07	8.14	1.21	0.168	0.350	0.028	0.062			
2003	표층	16.2	31.69	7.99	10.66	2.39	0.067	0.228	0.011	0.041		7.4	2.67
	저층	15.0	32.55	7.90	9.88	1.75	0.063	0.229	0.010	0.042			
2004	표층	16.2	33.01	7.82	8.77	1.30	0.078	0.369	0.011	0.067	0.272	6.7	3.02
	저층	15.3	33.13	7.90	8.61	1.09	0.074	0.327	0.011	0.061	0.284		
2005	표층	17.1	31.94	8.14	8.72	1.27	0.076	0.481	0.012	0.042	0.239	5.3	7.08
	저층	15.3	33.25	8.06	8.56	0.88	0.079	0.402	0.013	0.044	0.366		
2006	표층	16.3	31.71	8.17	10.38	1.38	0.198	0.559	0.018	0.051	0.666	12.0	3.10
	저층	14.4	33.06	8.02	8.86	1.21	0.218	0.523	0.020	0.052	0.917	15.7	2.04
2	표층	7.3	33.37	8.35	11.43	1.08	0.092	0.668	0.011	0.055	0.348	9.4	0.47
	저층	7.3	33.47	8.32	11.16	1.06	0.074	0.568	0.010	0.052	0.279	10.3	0.73
5	표층	14.0	33.91	8.22	10.53	1.72	0.098	0.431	0.008	0.045	0.699	17.4	7.90
	저층	13.3	34.01	8.17	10.18	1.91	0.120	0.477	0.009	0.046	1.029	22.8	5.29
8	표층	25.2	26.74	8.05	10.08	1.81	0.196	0.501	0.006	0.037	0.959	3.8	2.99
	저층	18.6	31.88	7.55	4.46	0.96	0.316	0.388	0.014	0.042	1.692	6.3	1.37
11	표층	18.8	32.84	8.07	9.46	0.94	0.407	0.636	0.047	0.066	0.660	17.4	1.04
	저층	18.6	32.88	8.06	9.63	0.91	0.363	0.658	0.046	0.066	0.670	23.5	0.78

(자료: KODC, NFRDI)

【별첨자료 2】 여수연안 월별 수질환경 측정자료(2006년)

월	정점	층별	수온 Temp (°C)	염분 Salinity	수소이온 농도 PH	용존 산소량 DO (mg/L)	화학적산 소요구량 COD (mg/L)	용존 무기질소 DIN (mg/L)	총질소 T-N (mg/L)	용존 무기인 DIP (mg/L)	총 인 T-P (mg/L)	부유 입자물질 SPM (mg/L)	클로로필 Chl-a (µm/L)
2 Feb.	1	표층	6.6	33.24	8.35	11.52	1.05	0.092	0.682	0.010	0.056	11.4	0.50
		저층	6.7	33.37	8.31	11.48	1.02	0.082	0.543	0.010	0.057		
	2	표층	6.7	33.30	8.27	11.92	1.05	0.090	0.805	0.015	0.064	11.2	0.48
		저층	6.7	33.33	8.24	11.09	1.02	0.076	0.518	0.010	0.058		
	3	표층	7.6	33.59	8.37	11.05	1.00	0.076	0.590	0.013	0.049	8.8	0.69
		저층	7.8	33.34	8.35	11.13	1.29	0.071	0.466	0.010	0.052		
	4	표층	7.8	33.57	8.37	11.27	1.40	0.145	0.787	0.010	0.051	9.4	0.25
		저층	7.9	33.59	8.36	11.08	1.11	0.065	0.502	0.008	0.051		
	5	표층	7.8	33.43	8.37	11.38	0.87	0.055	0.478	0.007	0.054	6.2	0.41
		저층	7.6	33.71	8.32	11.00	0.86	0.076	0.811	0.011	0.042		
5 May.	1	표층	13.9	33.89	8.20	11.00	2.17	0.119	0.624	0.006	0.063	18.0	5.27
		저층	13.8	33.87	8.18	10.88	2.39	0.115	0.610	0.004	0.070		
	2	표층	14.9	33.80	8.14	10.32	0.99	0.132	0.296	0.008	0.042	16.0	7.44
		저층	14.0	33.90	8.09	9.93	2.09	0.146	0.328	0.012	0.047		
	3	표층	14.0	33.84	8.15	8.87	1.79	0.120	0.491	0.013	0.038	11.4	6.28
		저층	13.0	33.99	8.13	8.76	1.96	0.134	0.571	0.021	0.029		
	4	표층	13.9	34.05	8.29	10.11	1.77	0.055	0.407	0.009	0.049	25.4	10.32
		저층	12.5	34.13	8.19	9.50	1.48	0.123	0.407	0.005	0.036		
	5	표층	13.5	33.99	8.31	12.36	1.88	0.065	0.339	0.003	0.033	16.2	10.32
		저층	13.0	34.14	8.26	11.84	1.61	0.080	0.468	0.002	0.047		
8 Aug.	1	표층	25.1	27.34	8.24	10.97	1.83	0.093	0.529	0.008	0.036	3.4	3.63
		저층	18.6	31.85	7.38	4.07	0.42	0.304	0.414	0.009	0.042		
	2	표층	24.1	25.53	8.35	10.31	0.54	0.253	0.450	0.007	0.041	4.4	2.02
		저층	18.8	31.79	7.72	5.17	2.62	0.350	0.562	0.023	0.030		
	3	표층	26.0	25.57	7.25	11.14	2.74	0.264	0.815	0.005	0.042	3.4	3.63
		저층	18.8	32.07	8.16	6.90	0.41	0.304	0.342	0.009	0.042		
	4	표층	24.8	27.78	8.16	8.89	1.98	0.231	0.415	0.007	0.033	4.4	2.02
		저층	17.8	32.28	7.21	3.80	0.55	0.316	0.253	0.022	0.054		
	5	표층	26.0	27.48	8.24	9.29	1.94	0.139	0.296	0.005	0.032	3.4	3.663
		저층	19.0	31.42	7.28	2.38	0.78	0.304	0.370	0.009	0.042		
11 Nov.	1	표층	18.6	32.82	8.03	9.73	0.85	0.533	0.735	0.060	0.079	25.0	1.65
		저층	18.5	32.83	8.02	9.70	1.04	0.561	0.736	0.065	0.075		
	2	표층	19.0	32.66	8.07	9.07	0.90	0.429	0.741	0.049	0.059	19.2	1.11
		저층	19.0	32.66	8.06	9.47	1.07	0.418	0.833	0.041	0.079		
	3	표층	18.8	32.70	8.08	9.36	1.14	0.462	0.536	0.044	0.066	16.2	0.85
		저층	18.7	32.96	8.07	9.62	0.82	0.291	0.619	0.050	0.066		
	4	표층	19.0	32.94	8.09	9.56	0.96	0.293	0.575	0.042	0.064	15.4	0.93
		저층	18.5	33.08	8.08	9.56	0.74	0.322	0.577	0.036	0.046		
	5	표층	18.6	33.06	8.08	9.56	0.83	0.320	0.591	0.040	0.063	11.4	0.65
		저층	18.1	32.89	8.07	9.80	0.88	0.223	0.527	0.036	0.066		

(자료: KODC, NFRDI)

【별첨자료 3】 여수 남면 소리도 등대 수온측정 자료 (2000.10~2001. 4)

(관측시간 10:00)

일\년	2000. 10	2000. 11	2000. 12	2001.1	2001. 2	2001. 3	2001. 4
1	19.8	17.6	14.2	12.2	결측	10.5	9.6
2	19.7	결측	14.0	결측	결측	10.4	9.5
3	19.7	17.5	14.0	12.0	11.2	10.6	9.4
4	19.5	17.4	14.0	결측	11.1	결측	9.6
5	19.7	17.2	결측	11.0	11.5	결측	9.7
6	19.7	17.1	14.0	10.8	11.3	결측	9.7
7	19.7	17.0	14.0	결측	결측	결측	9.8
8	결측	16.8	13.9	10.6	결측	결측	10.0
9	20.1	16.8	13.8	결측	10.2	결측	9.9
10	20.1	16.6	결측	10.6	10.8	결측	10.1
상순	19.78	17.11	13.99	11.20	11.02	10.50	9.73
11	20.1	결측	결측	10.8	11.1	9.3	결측
12	20.0	결측	결측	11.2	10.0	9.4	결측
13	20.0	16.3	13.5	결측	9.8	9.6	12.2
14	19.8	16.0	13.6	결측	결측	9.6	결측
15	19.7	15.8	13.3	결측	9.8	결측	11.8
16	19.5	결측	13.0	결측	결측	9.4	12.0
17	19.5	결측	13.0	10.8	9.6	9.5	12.2
18	19.2	15.4	결측	10.6	9.5	9.7	12.3
19	19.1	15.2	결측	10.4	10.0	9.9	12.4
20	19.0	결측	12.8	결측	10.3	9.6	결측
중순	19.59	15.74	13.20	10.76	10.01	9.56	12.15
21	18.8	15.0	12.7	10.4	9.4	9.8	결측
22	18.7	15.0	12.5	10.4	9.5	9.6	13.0
23	결측	14.9	결측	10.2	결측	9.7	13.9
24	18.5	14.9	12.4	10.2	10.0	9.7	14.2
25	18.3	14.8	결측	10.1	10.0	9.7	14.4
26	18.1	14.6	결측	결측	10.2	결측	14.6
27	18.1	결측	12.4	10.1	10.3	9.8	14.9
28	18.0	14.6	12.4	결측	10.5	9.7	14.0
29	18.0	14.5	12.4	10.1		9.7	결측
30	17.9	14.4	12.2	10.0		9.6	14.1
31	17.8		결측	10.0		결측	
하순	18.22	14.74	12.43	10.17	9.99	9.70	14.14
계	556.1	365.4	278.1	212.5	216.1	204.8	283.0
평균	19.18	15.89	13.24	10.63	10.29	9.75	11.80

【별첨자료 4】 여수 남면 소리도 등대 수온측정 자료 (2001.10~2002. 4)

(관측시간 10:00)

일	년	2001. 10	2001. 11	2001. 12	2002. 1	2002. 2	2002. 3	2002. 4
1		23.2	18.9	14.7	결측	10.8	10.6	12.3
2		23.3	18.7	14.9	결측	10.7	10.5	12.2
3		23.2	18.6	14.9	10.8	10.5	10.6	12.3
4		23.0	18.5	15.0	결측	10.6	10.4	12.0
5		22.7	18.4	15.0	결측	10.4	결측	12.1
6		22.5	18.2	결측	11.0	10.2	결측	결측
7		22.3	18.1	14.7	결측	10.0	9.9	12.2
8		22.1	18.0	14.8	결측	9.7	10.0	12.4
9		결측	18.0	14.6	9.4	9.8	10.1	12.6
10		결측	17.8	14.4	9.6	9.6	10.1	12.9
상순		22.79	18.32	14.78	10.20	10.23	10.28	12.33
11		21.8	17.6	14.2	9.8	결측	10.1	13.2
12		21.7	17.3	14.1	9.8	10.3	10.2	13.2
13		21.4	17.0	결측	10.0	10.5	10.3	13.3
14		21.0	16.8	결측	10.1	10.5	결측	13.5
15		20.7	16.4	결측	결측	10.4	10.2	결측
16		20.4	16.2	15.4	9.8	10.5	10.5	결측
17		20.4	16.2	15.0	9.6	10.6	10.8	13.1
18		20.5	16.0	14.5	9.4	결측	11.0	13.2
19		20.6	16.0	13.8	9.5	결측	11.2	13.2
20		20.6	15.9	13.3	9.7	9.4	결측	13.3
중순		20.91	16.54	14.33	9.74	10.31	10.54	13.25
21		결측	15.8	12.8	9.6	9.9	결측	13.3
22		결측	15.7	12.8	결측	10.0	결측	결측
23		20.0	15.6	12.9	결측	10.1	11.0	13.4
24		20.2	15.4	13.1	9.9	10.1	11.0	결측
25		20.3	15.3	13.1	10.1	10.2	11.1	13.4
26		20.4	15.2	12.9	결측	10.2	11.1	13.6
27		20.4	15.0	12.4	10.5	10.4	11.0	13.7
28		20.3	14.9	11.8	결측	10.6	11.0	13.9
29		20.3	결측	11.0	결측		결측	13.9
30		20.4	결측	10.6	결측		12.1	결측
31		20.4		10.1	10.3		12.6	
하순		20.30	15.36	12.14	10.08	10.19	11.36	13.60
계		574.1	471.5	366.8	178.9	256.0	257.4	312.2
평균		21.26	16.84	13.59	9.94	10.24	10.73	13.01

【별첨자료 5】 여수 남면 소리도 등대 수온측정 자료 (2002.10~2003. 4)

(관측시간 10:00)

일 \ 년	2002. 10	2002. 11	2002. 12	2003. 1	2003. 2	2003. 3	2003. 4
1	22.7	결측	14.0	11.1	9.5	결측	결측
2	22.9	16.2	14.1	11.1	10.0	11.3	결측
3	22.9	결측	14.0	11.0	10.2	결측	11.2
4	23.0	결측	결측	결측	10.2	11.0	11.1
5	23.0	16.0	13.9	결측	결측	11.1	11.1
6	결측	16.0	14.0	결측	10.1	결측	11.0
7	21.1	16.1	13.9	10.0	10.1	결측	11.0
8	21.3	결측	결측	10.1	결측	9.7	결측
9	21.1	결측	결측	10.0	9.9	9.8	11.3
10	21.1	15.3	13.7	10.0	9.8	9.8	11.3
상순	22.12	15.92	13.94	10.47	9.97	10.45	11.14
11	21.2	15.2	13.5	10.1	9.7	10.2	결측
12	21.1	15.1	13.4	10.0	결측	10.2	결측
13	21.2	15.2	13.0	10.0	9.5	10.3	11.8
14	21.2	15.0	12.5	결측	9.6	10.3	12.0
15	20.7	15.0	12.6	9.9	9.6	10.5	12.1
16	20.4	14.8	결측	9.7	9.9	결측	12.1
17	20.2	14.8	12.7	9.6	9.9	10.7	12.2
18	20.1	결측	12.6	9.7	10.0	10.7	12.2
19	결측	14.1	12.6	9.7	10.0	10.9	12.3
20	결측	14.2	결측	결측	9.9	10.9	결측
중순	20.76	14.82	12.86	9.84	9.79	10.52	12.10
21	19.5	14.4	결측	8.7	9.8	11.0	12.4
22	19.4	14.5	12.8	8.5	결측	11.0	12.5
23	19.0	14.5	12.6	결측	9.0	10.9	결측
24	18.8	14.6	12.6	8.8	9.0	10.8	12.4
25	18.6	결측	결측	9.0	9.3	10.9	결측
26	결측	결측	결측	결측	9.5	10.9	12.5
27	결측	결측	결측	결측	9.5	결측	12.6
28	결측	14.0	12.3	결측	9.7	10.8	12.6
29	16.7	14.0	12.0	결측		10.8	결측
30	16.8	13.9	11.4	결측		10.9	12.8
31	17.0		11.0	9.4		10.9	
하순	18.23	14.27	12.10	8.88	9.40	10.89	12.54
계	511.0	312.9	285.2	196.4	233.7	266.3	250.5
평균	20.44	14.90	12.96	9.82	9.74	10.65	11.93

【별첨자료 6】 여수 남면 소리도 등대 수온측정 자료 (2003.10~2004. 4)

(관측시간 : 10:00)

일	년	2003. 10	2003. 11	2003. 12	2004. 1	2004. 2	2004. 3	2004. 4
1		22.3	16.9	15.6	10.9	10.6	9.3	결측
2		22.3	17.4	15.5	11.2	결측	9.3	결측
3		22.3	17.4	15.7	11.3	10.1	9.2	12.2
4		22.1	16.8	16.0	12.0	10.0	9.1	12.6
5		21.9	16.6	15.7	12.5	결측	결측	12.4
6		21.6	16.5	결측	11.0	10.1	결측	12.3
7		21.5	16.3	15.7	11.0	결측	8.7	12.1
8		21.4	16.3	15.5	10.7	10.1	9.0	12.1
9		21.4	결측	15.5	10.8	10.1	9.2	12.1
10		21.3	결측	15.6	10.8	10.3	9.0	12.1
상순		218.1	134.2	140.8	112.2	71.3	72.8	97.9
11		21.3	15.8	결측	10.7	10.5	8.9	12.1
12		21.2	16.1	15.5	10.7	10.3	8.9	12.3
13		결측	16.2	15.3	결측	10.0	9.0	12.3
14		21.0	17.0	15.3	결측	결측	9.0	12.4
15		21.1	16.7	15.0	10.8	9.9	9.2	12.6
16		20.8	16.4	14.8	11.0	10.3	9.2	12.7
17		20.6	16.1	결측	10.5	10.8	결측	13.0
18		20.5	16.0	12.2	10.6	10.7	10.0	12.9
19		20.2	결측	결측	10.6	10.5	10.0	결측
20		20.1	결측	결측	10.8	10.5	10.2	결측
중순		186.8	130.3	88.1	85.7	93.5	84.4	100.3
21		20.0	결측	12.0	11.1	10.5	10.5	13.7
22		20.0	결측	11.9	11.5	결측	11.0	13.6
23		19.5	16.0	11.9	11.2	결측	10.6	13.6
24		18.9	16.0	11.7	11.0	10.5	10.2	13.5
25		18.7	15.9	11.6	결측	10.5	10.1	14.0
26		18.1	15.9	결측	10.1	10.9	10.2	결측
27		17.7	15.8	결측	10.5	11.2	10.6	결측
28		17.3	결측	11.0	10.5	11.2	10.6	13.5
29		17.0	15.6	11.0	10.8	결측	10.7	13.7
30		16.5	15.5	10.8	10.8		10.6	14.0
31		16.5		10.7	11.0		10.9	
하순		200.2	110.7	102.6	108.5	64.8	116	109.6
계		605.1	375.2	331.5	306.4	229.6	273.2	307.8
평균		20.17	16.31	13.81	10.94	10.43	9.757	12.825

【별첨자료 7】 여수 남면 소리도 등대 수온측정 자료 (2004.10~2005. 4)

(관측시간 : 10:00)

일	년	2004. 10	2004. 11	2004. 12	2005. 1	2005. 2	2005. 3	2005. 4
1		22.1	18.4	15.4	결측	결측	10.5	10.5
2		22.1	결측	15.4	15.7	결측	10.5	10.4
3		22.8	18.0	15.4	15.3	9.0	10.2	결측
4		22.6	17.8	결측	결측	9.1	10.1	결측
5		21.5	17.8	15.8	14.5	9.1	10.1	10.5
6		21.4	17.8	16.0	13.4	9.4	10.0	결측
7		21.2	17.8	16.1	13.2	9.5	10.1	10.4
8		21.2	17.9	15.8	12.7	9.8	10.0	10.3
9		21.3	17.9	15.6	결측	10.3	10.0	10.5
10		21.2	17.9	15.6	12.0	결측	10.0	결측
상순		21.74	17.92	15.68	13.83	9.46	10.15	10.43
11		20.7	17.9	15.3	11.7	10.5	결측	11.5
12		20.2	결측	15.0	11.5	10.0	결측	11.0
13		20.0	17.1	14.9	11.5	10.1	9.4	11.5
14		19.5	17.0	14.7	11.3	10.2	9.7	11.7
15		19.4	16.5	14.0	11.2	결측	9.9	11.7
16		19.2	16.1	14.0	결측	결측	9.8	11.9
17		19.3	16.1	14.0	10.6	11.0	결측	12.0
18		결측	16.0	14.1	10.9	결측	결측	12.4
19		결측	15.9	14.5	10.9	12.5	9.7	결측
20		결측	15.7	결측	결측	12.0	9.5	결측
중순		19.76	16.48	14.50	11.20	10.90	9.67	11.71
21		19.5	15.8	15.7	11.4	11.7	9.7	12.5
22		19.3	15.6	15.4	11.0	11.4	결측	12.7
23		19.1	15.5	15.4	10.8	11.4	10.0	12.7
24		19.1	15.5	15.2	10.7	11.2	결측	12.7
25		19.0	15.5	15.2	결측	11.1	결측	12.7
26		18.5	결측	15.4	10.6	결측	9.8	12.7
27		18.3	15.3	15.2	10.5	10.5	결측	13.2
28		18.1	15.3	15.4	10.5	10.6	결측	13.5
29		18.0	15.2	15.4	10.4		10.0	13.7
30		18.0	15.2	15.9	10.5		10.2	14.1
31		17.9		결측	10.5		10.4	
하순		18.62	15.43	15.42	10.69	11.13	10.02	13.05
계		560.5	448.5	425.8	293.3	220.4	219.6	286.8
평균		20.01	16.61	15.17	11.732	10.495	9.981	11.95

【별첨자료 8】 여수 남면 소리도 등대 수온측정 자료 (2005. 10~2006. 4)

(관측시간 10:00)

일\년	2005. 10	2005. 11	2005. 12	2006. 1	2006. 2	2006. 3	2006.4
1	결측	18.2	15.4	10.5	결측	결측	결측
2	결측	18.0	15.4	10.8	10.8	9.7	결측
3	23.6	17.8	15.0	11.0	결측	9.6	10.6
4	23.5	17.7	결측	11.2	결측	9.5	11.0
5	23.5	17.7	결측	11.0	10.3	결측	결측
6	23.4	결측	14.0	10.8	10.4	결측	12.6
7	23.3	17.9	13.7	10.5	결측	10.5	12.0
8	22.7	17.9	결측	10.0	결측	10.2	12.2
9	결측	결측	결측	9.7	10.0	10.5	결측
10	22.5	결측	결측	9.5	9.9	10.4	결측
상순	23.21	17.89	14.70	10.50	10.28	10.06	11.68
11	결측	결측	결측	9.5	10.0	10.2	결측
12	결측	16.9	결측	결측	결측	결측	12.7
13	22.7	16.9	결측	결측	결측	10.2	12.7
14	결측	16.9	12.5	결측	결측	결측	12.7
15	21.6	16.7	12.4	결측	결측	10.2	13.0
16	21.3	16.5	12.4	결측	10.7	결측	13.0
17	20.8	16.2	12.3	결측	결측	10.5	13.0
18	20.4	16.0	12.2	11.3	10.8	결측	결측
19	20.1	15.9	12.2	11.3	10.8	9.4	13.1
20	20.2	15.4	12.1	11.4	11.0	10.0	결측
중순	21.01	16.38	12.30	10.88	10.66	10.08	12.89
21	20.2	결측	결측	11.2	10.5	10.7	12.2
22	20.0	16.0	결측	결측	9.7	10.4	12.1
23	19.8	15.8	결측	10.8	9.8	10.4	12.2
24	결측	결측	결측	10.8	결측	10.2	12.2
25	결측	결측	결측	10.7	결측	10.3	12.4
26	결측	결측	결측	10.7	결측	결측	결측
27	결측	15.6	결측	결측	결측	10.4	13.2
28	결측	15.2	10.4	결측	결측	결측	13.2
29	18.8	결측	10.4	결측		10.5	결측
30	18.6	15.4	10.4	결측		결측	13.5
31	18.5		10.5	결측		결측	
하순	19.32	15.60	10.43	10.84	10.00	10.41	12.63
계	425.5	350.6	201.3	202.7	134.7	203.8	249.6
평균	21.27	16.69	12.581	10.66	10.36	10.19	12.48

제5절 돔류의 월동사육 시험 및 가두리양식장 환경조사

현재 우리나라의 해산어 양식은 넙치와 조피볼락 위주이며, 이외 어종의 양식 생산량은 미약한 실정이다. 양식어종이 넙치 및 조피볼락에 편중되어 이들 생산량이 전체의 90% 내외를 차지하기 때문에 일시 대량 출하시 가격 하락 등의 문제점을 초래할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 넙치나 조피볼락을 대신할 수 있는 양식어종을 다양화 하려는 추세이다. 그 중 참돔과 감성돔은 맛이 뛰어나 소비자들에게 인기가 좋은 고급어종이며, 또한 가격이 높아 양어가들이 선호하는 어종이다. 따라서 남해안 가두리양식산업의 위기를 타개하여 새로운 활로를 모색하기 위하여 참돔과 감성돔을 대상으로 하여 월동사육시험을 실시하였으며, 가두리양식장 주변해역의 수질 및 퇴적물의 상태를 정기적으로 조사하였다.

1. 재료 및 방법

가. 여수연안 가두리양식장 환경조사

1) 실시간 수온 모니터링 자료 분석

각 시험어장에 실시간 수온모니터링 장치(Optic Stow Away -TEMP, ONSET)를 설치하여 30분 간격으로 수온을 측정하였다.

2) 해수 중 이화학적 성분 분석

해수 중 이화학적 성분의 분석은 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2005)에 준하여 분석하였다. 먼저 현장에서 YSI (6600, USA) 측정장비를 이용하여 해수면 아래의 1 m 깊이(표층)과 해저면 위의 1 m 깊이(저층)에서 각각 수온(water temperature), 염분(salinity), 용존산소(dissolved oxygen), 수소이온농도(pH)를 측정하였으며, 이 때 각 수층(표층과 저층)에서 각각 채취한 해수를 실험실로 즉시 운반하여 화학적산소요구량(chemical oxygen demand, COD), 영양염류, 부유입자물질(SPM), 클로로필-a 등의 일반성분을 분석하였다.

이 중 화학적산소요구량(COD)은 알칼리성 과망간산칼륨법으로 측정하였으며 부유입자물질(suspended particulate matter, SPM/SS)은 whatman GF/F 여과지를 이용, 일정량의 시료를 여과하고 여과된 여과물을 105±2℃의 건조기(dry oven)에서 2시간 동안 건조시킨 후 무게를 측정하여 분석하였다.

또한 영양염류 중 암모니아 질소(NH₄-N)는 인도페놀법으로, 질산질소(NO₃-N)는 cadmium 환원관법으로 분석하였으며, 규산규소는 몰리브덴 청법으로 분석하였다. 아질산 질소(NO₂-N)와 인산인(PO₄-P)은 sulfanilamide-NED법과, ascorbic acid법으로 각각 비색 정량(Varian Cary 300, USA)하여 분석하였다.

그리고 클로로필 a (chlorophyll a, Chl-a)의 경우에는 90% 아세톤으로 24시간 냉암소에서 추출하고 가시-자외선 분광광도계(Varian Cary 300, USA)를 이용하여 4개 파장(750 nm, 665 nm, 645 nm, 630 nm)에서 흡광도를 측정한 다음, 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2005)에 명시된 계산식을 이용하여 농도를 계산하였다.

3) 퇴적물의 일반성분 분석

채취된 퇴적물의 일반성분의 분석은 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2005)에 준하여 분석하였다. 먼저, COD는 알칼리성 과망간산칼륨법으로 측정하였으며, 강열감량(ignition loss, IL)은 시료를 dry oven (105±2°C)에서 건조하여 항량을 구한 후, 건조된 시료를 다시 550±5°C의 회화로(Furnace; Thermolyne USA)에서 2시간동안 가열, 회화(灰火)시켜 회화 전후의 무게 차이를 이용하여 dry oven 건조중량에 대한 무게 감량을 %단위로 계산하였다.

그리고 산 휘발성 황화물(acid volatile sulfide, AVS) 농도는 황화수소 발생관에 퇴적물 시료를 넣고 황산을 첨가한 후 황화수소 검지관(Gastec, JAPAN)을 연결하여 감압 흡입한 다음, 검지관의 눈금변화를 이용하여 산출하였다.

4) 배합사료에 의한 영양염 용출량 분석

어류 양식에 사용되는 사료에 의해 용출되는 영양염류의 농도를 분석하였다. 동류양식용 사료를 여과지(GF/F, Whatman)로 여과한 해수 100 mL에 일정 비율(1, 3, 5 및 10 gr)이 되게 칭량하여 넣고 항온(25±2°C)에서 24시간동안 방치한 후, 원심분리(3000 rpm×약 10분)하여 입자물질을 제거한 다음, 원심분리된 상정액을 여과지(Whatmann 5A, USA)로 여과하여 여액 중 영양염류 농도를 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2005)에 준하여 분석하였다.

5) 자료의 통계분석

월별로 조사된 수질자료의 종합적인 평가를 위하여 다변량 통계분석 소프트웨어(CANOCO ver. 4.5; Microcomputer, USA)를 사용하여 주성분분석(principal component analysis)을 실시하였다.(van den Brink et al., 1998; ter Braak et al., 2002)

나. 해상가두리 사육시험

1) 시험어장 선정

시험어장은 전남 여수시 돌산읍 2개소(군내, 예교), 남면 1개소(안도)를 선정하여 사육 실험을 실시하였다(그림 65, 66). 월동이 가능한 어장으로 전남 여수시 남면 안도리 가두

리양식장(6×6×3.5 m, 목재) 1조와 비 월동지역으로 여수시 돌산읍 예교 가두리양식장(6×6×3.5 m, 내파성) 1조를 선정하여 시험 종료 시까지 사육하였다. 또한 비 월동지역으로서 11~12월경 월동지역으로 이동하여 이듬해 4월경까지 월동사육 후 다시 본 어장으로 옮겨서 사육하는 형태로서 여수시 돌산읍 군내 가두리양식장(6×6×3.5 m, 내파성) 1조를 선정하여 비교 실험을 실시하였다. 남면 가두리양식장은 겨울철 최저수온이 9℃ 이하로 떨어지는 경우가 희박하고, 복서풍의 영향을 다소 적게 받아 월동사육이 가능한 것으로 알려져 있다. 돌산읍 예교와 군내어장은 육지로부터 약 500 m 정도 떨어진 곳으로 수심이 10~15 m로서 비교적 얇고, 겨울철 수온이 6~7℃까지 하강하는 경우도 발생하여 안정적인 월동사육이 불가능하다고 판단되는 장소이다.

2) 시험어

시험어는 2006년산 종묘로서 5월경에 입식하여 사육중인 참돔(평균전장 14.7±0.8 cm, 평균체중 34.5±5.5 g)과 감성돔(평균전장 12.2±0.5 cm, 평균체중 34.5±5.5 g)을 2006년 11월 20일에 가두리 1조(6×6×3.5 m)에 각각 20,000마리를 수용하여 사육실험을 실시하였다. 먹이는 돔류용 EP (Extrude pellet)사료를 1일 1회 공급하였으며, 겨울철 저수온기에는 섭이상황을 관찰하면서 먹이공급을 중단하였다.

3) 성장 및 생존율 조사

각 시험어장별 시험어의 성장조사는 매월 25일경 시험어장에서 약 20마리씩 채집하여 MS-222에 마취한 후 전장, 체중, 체고, 체중 등을 측정 후 재 수용하였다. 생존율은 수시로 폐사개체를 계수하여 환산하였다.



그림 65. 해상가두리 사육시험 어장 위치도.

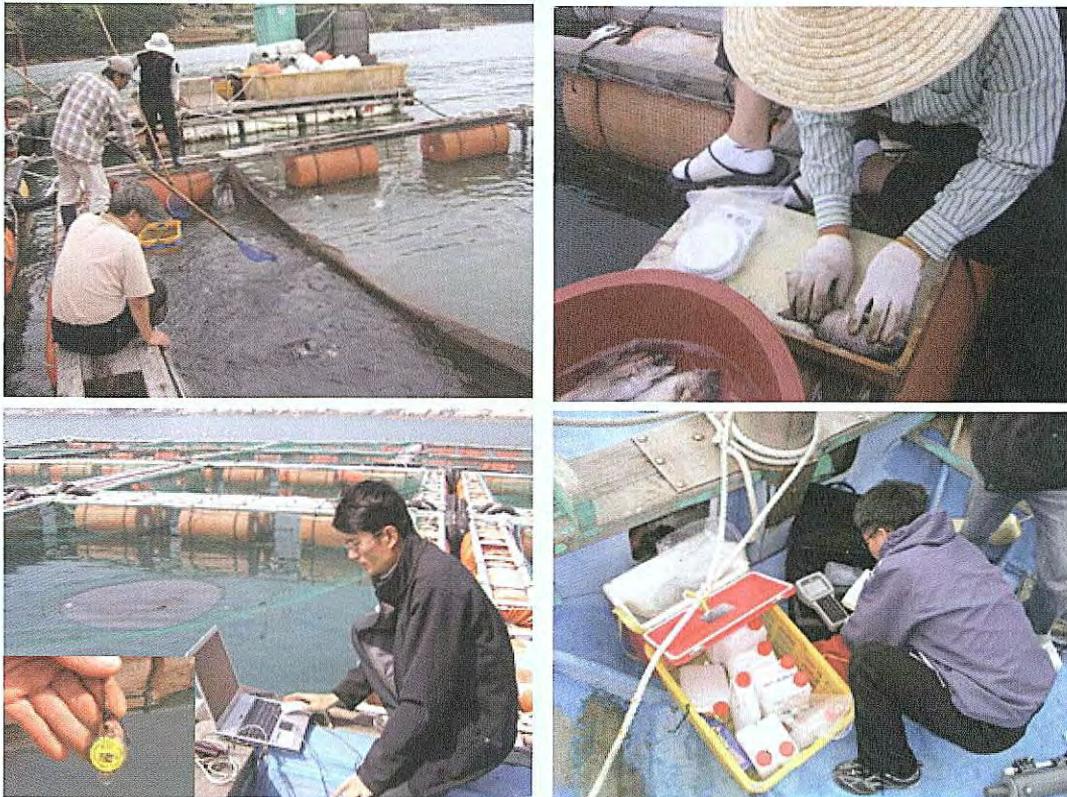


그림 66. 가두리양식장 성장도 조사 및 환경조사.

다. 실내 월동 사육시험

1) 시험어

시험어 2006년산 종묘로서 5월경에 입식하여 여수시 돌산읍 소재 가두리양식에서 사육 중인 참돔(평균전장 15.2 ± 0.9 cm, 평균체중 70.5 ± 11.4 g)과 감성돔(평균전장 13.3 ± 0.4 cm, 평균체중 40.2 ± 6.5 g)을 사용하였다. 시험어는 11월 중순경 남해수산연구소 생물사육동 2톤 원형 FRP 수조로 옮겨 약 1개월간 예비사육을 실시하였다.

2) 사육관리

실험은 자연수온 조건을 유지하면서 사육한 대조구와 자연수온이 10°C 로 하강한 12월 10일부터 실험종료시까지 $10^{\circ}\text{C}(\pm 1.0^{\circ}\text{C})$ 로 유지한 가온구로 설정하였으며, 실험구는 2반복으로 실험을 실시하였다(그림 67). 실험기간은 2006년 12월 1일부터 3월 27일까지 약 117일간 실시하였다. 시험어는 참돔과 감성돔을 각각 1톤 원형 FRP수조에 50마리씩 수용하였으며, 30일간격으로 전장 및 체장을 측정하였다. 가온실험구는 전기 히터(1kw)를 사용하여 수온을 유지하였으며, 실험기간 동안 주수량은 3 L/min로 유지하였다. 먹이는 돌류용 EP (Extrude pellet)사료를 1일 1회 공급하였으며, 겨울철 저수온기에는 섭이상황을 관찰하면서 먹이공급을 중단하였다. 실험기간 동안 자연수온은 $6.6 \sim 12.7^{\circ}\text{C}$ (평균 9.1°C)였다.

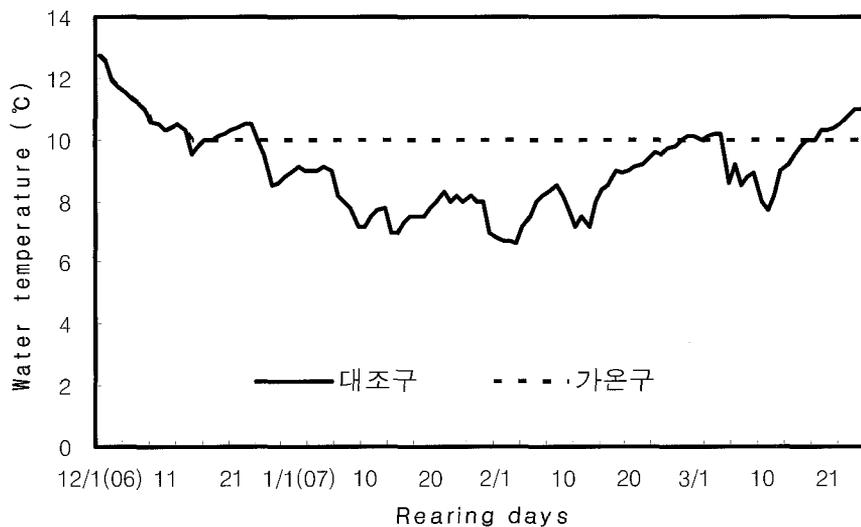


그림 67. 실내수조에서 실험기간동안 수온변화.

2. 결과 및 고찰

가. 여수연안 가두리 양식장 환경조사

1) 실시간 수온모니터링 조사

여수 가막만 하단에 위치하고 있는 가두리양식장 주요 정점 4개소(여수 돌산 군내, 돌산 예교, 남면 안도, 남면 이야포)를 선정하여 2007년 1월 2008년 3월까지 실시간 수온모니터링시스템을 이용하여 30분단위로 수온을 연속측정 하였다. 2007년 2월부터 측정한 군내어장에서는 2월초에 일시적으로 8℃이하로 하강하였으나 3월까지 8℃이상을 유지하였고, 2월 평균수온이 8.9℃, 3월은 10.1℃였으며, 인근에 위치한 예교어장은 2월에 평균 9.6℃, 3월에 10.8℃로서 군내에 비하여 각각 0.7℃정도 높았다(그림 68). 금오도 남단에 위치하고 있는 안도와 이야포어장은 1~3월에 평균 11℃이상을 유지하여 평년대비 약 1℃정도 높은 수준을 유지하였다.

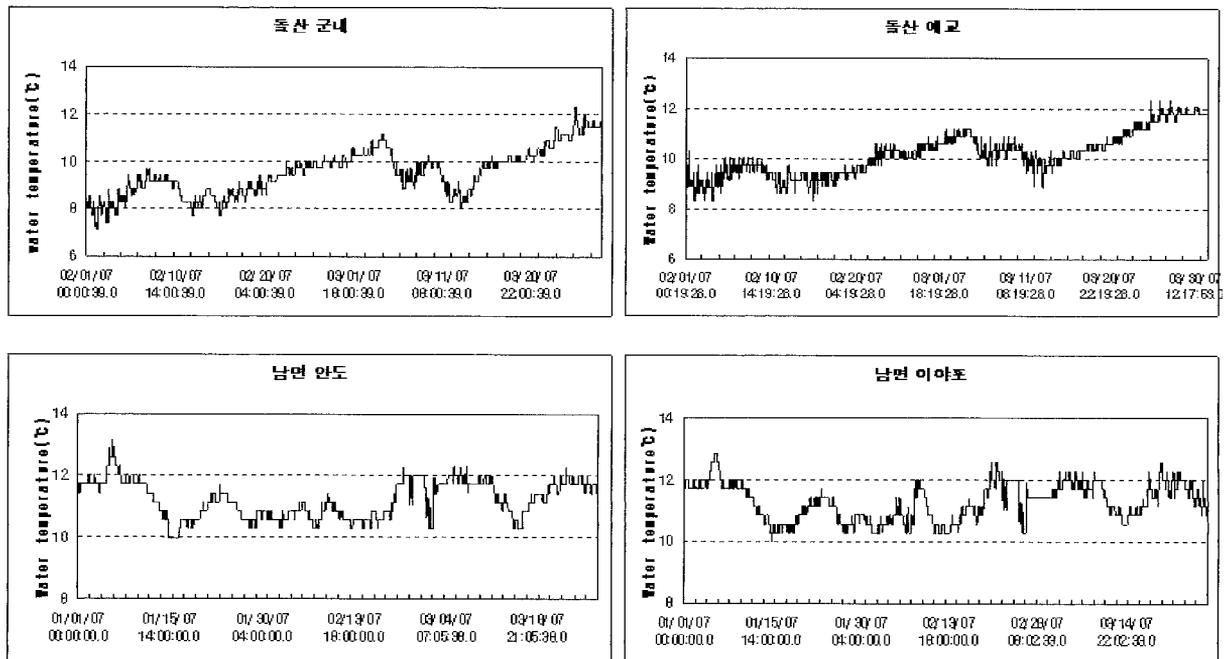


그림 68. 여수 가두리양식장 주변 실시간 수온 자료(2007. 1~3월).

2007년 하계수온(7~8월)은 군내에서 22.3~24.6℃로서 8월중순에 가장 높은값을 보였으며, 예교는 22.1~24.1℃였고, 안도와 이야포는 7~8월의 평균수온이 군내와 예교어장에 비하여 약 0.5~1.0℃정도 낮았다(그림 69). 이러한 원인은 안도와 이야포는 외양수의 영향을 받기 때문에 내만어장에 비하여 여름철 일간 수온변동 폭이 다소 크고 낮은 수온분포를 유지하는 것으로 돌류의 양성장으로는 적합하지 않다고 판단된다. 2008년 동계수온은 안도와 이야포어장은 2007년에 비하여 큰 차이는 없었으나, 군내와 예교어장에 있어서는 특히 2월에 1~1.5℃정도 낮은 수준을 보였으며, 2월 15~17일사이에는 군내어장

에서 3.9~6.0℃로 하강하여 동류의 생존하한수온에도 미치지 못하는 극심한 저온현상을 보였다(그림 70). 이 지역은 수심이 8~15 m로서 얕고 북서풍의 영향을 정면으로 받는 어장으로서 외부기온에 따라서 수온의 변동폭이 커지는 경향을 보여 동류를 월동하기에는 부적합한 장소로 판단된다.

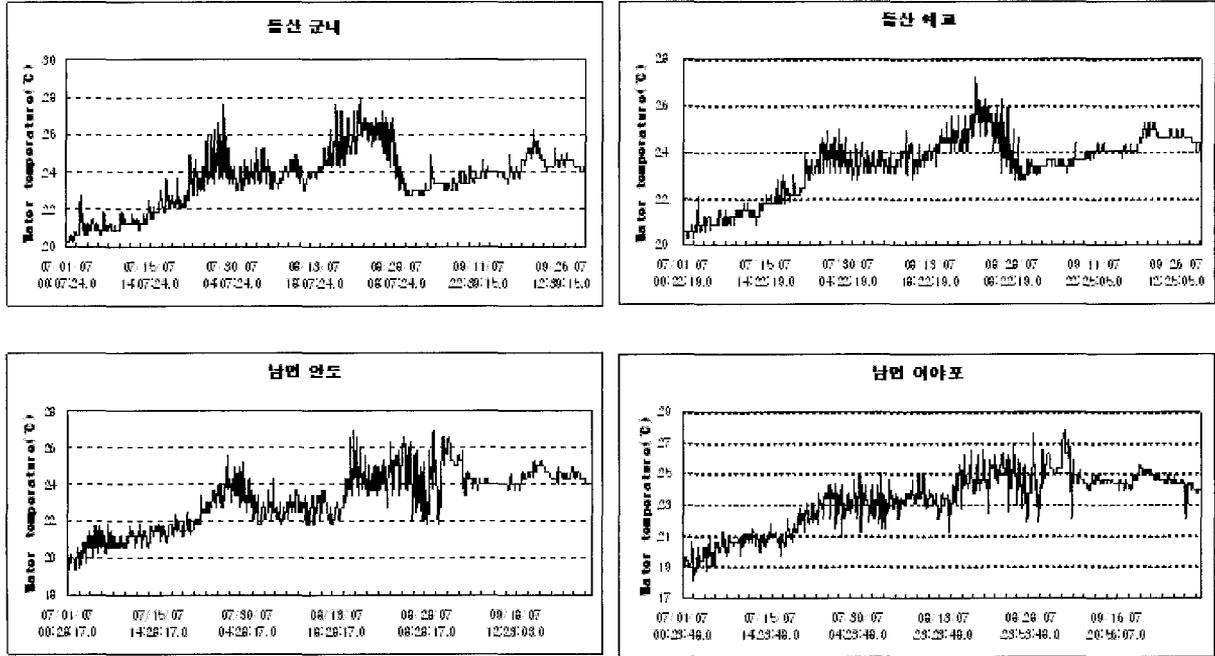


그림 69. 여수 가두리양식장 주변 실시간 수온 자료(2007. 7~9월).

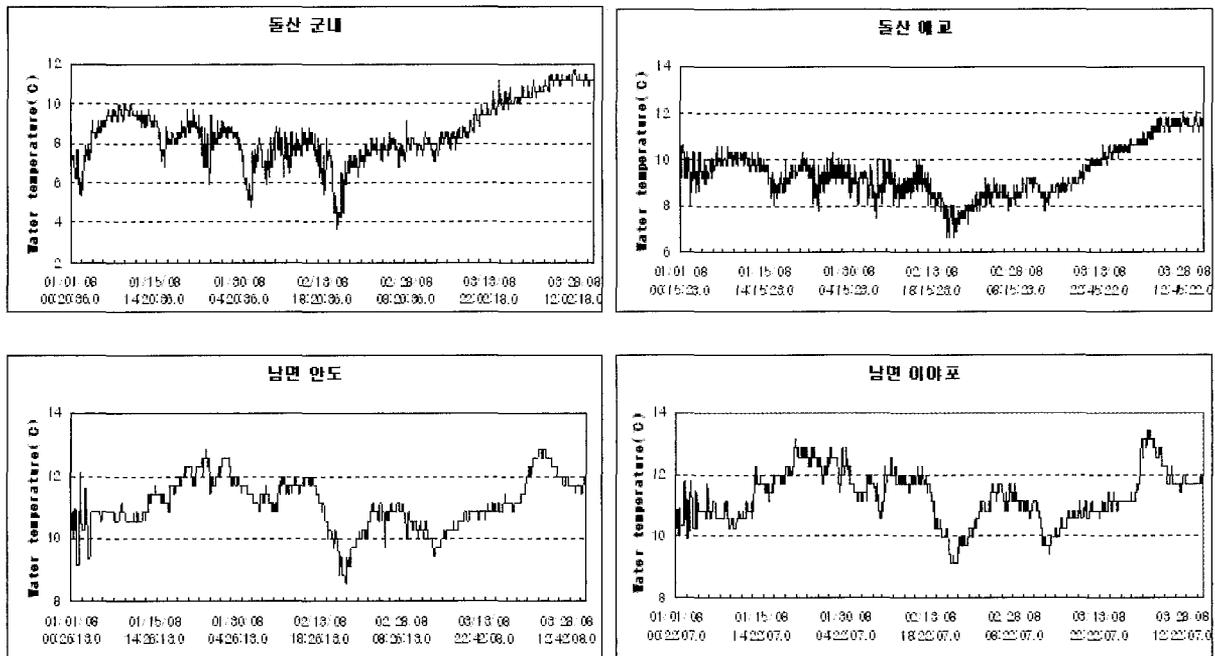


그림 70. 여수 가두리양식장 주변 실시간 수온 자료(2008. 1~3월).

2) 여수 돌산 주변 가두리양식장 수질조사

가두리 양식이 활발히 행해지고 있는 여수 돌산 주변 가두리양식장 주변 해역에 있어 동류의 폐사가 발생한 바 있는 군내, 예교 및 화태도를 중심으로 한 돌산 주변해역의 표층과 저층해수의 수질을 조사한 결과는 그림 71~96과 같다.

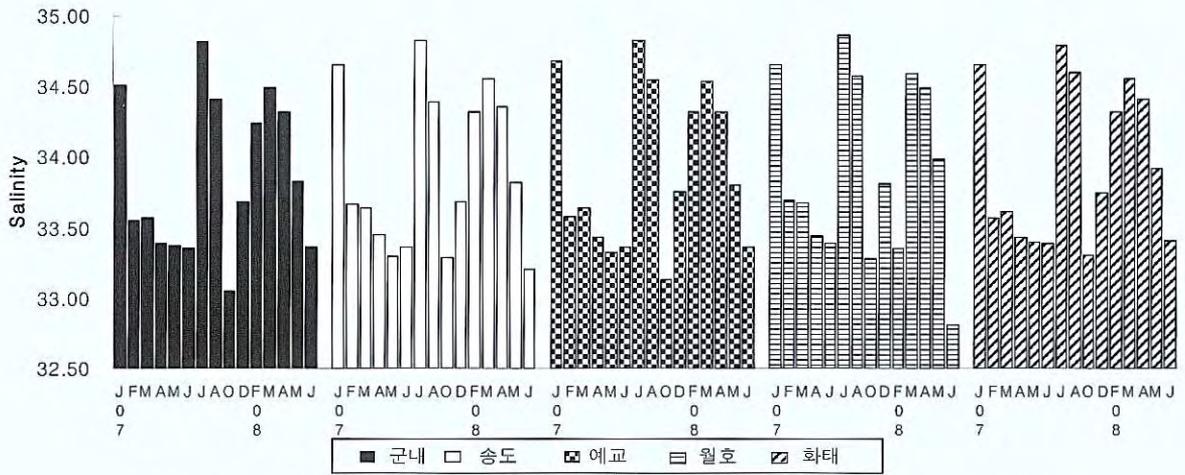


그림 71. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 염분 변화.

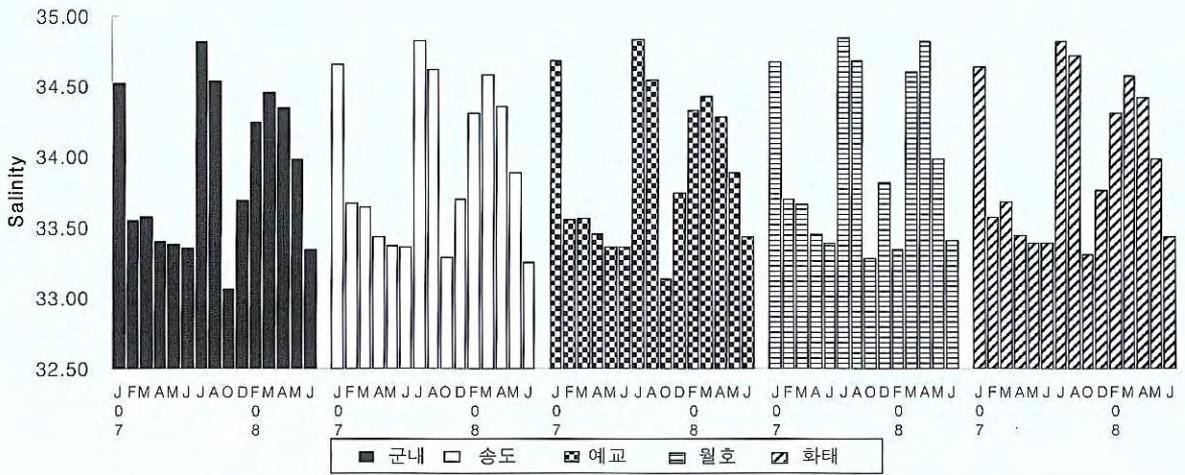


그림 72. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 염분 변화.

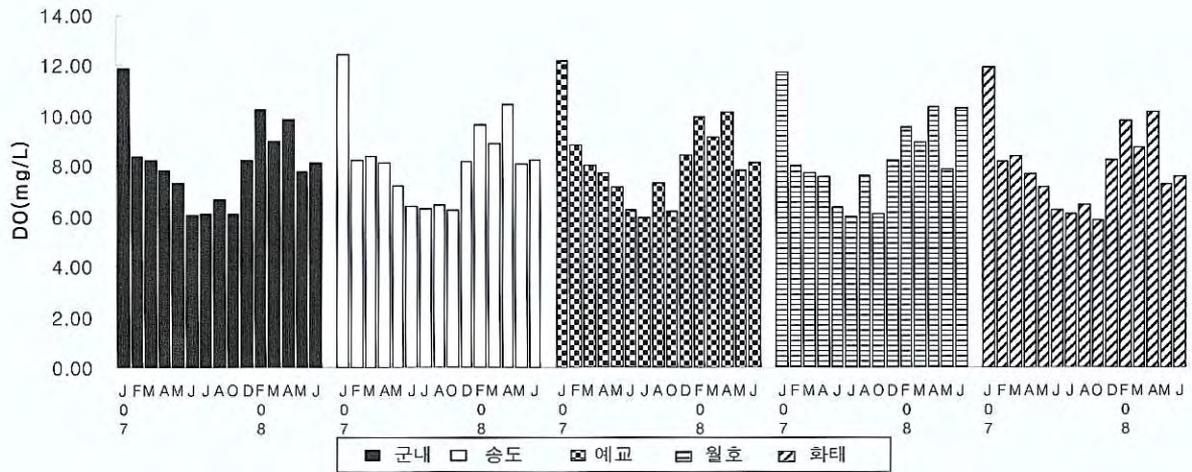


그림 73. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 용존산소 농도 변화.

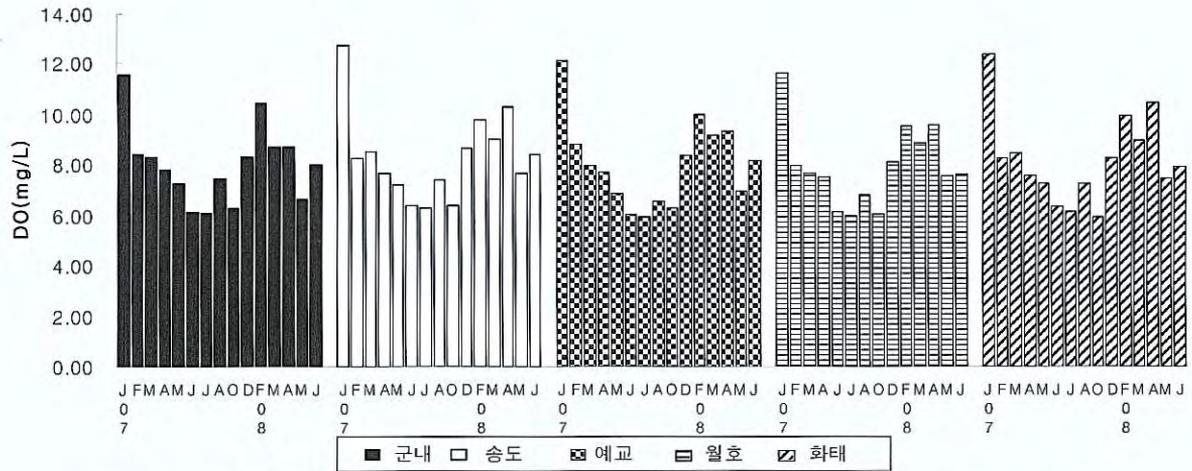


그림 74. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 용존산소 농도 변화.

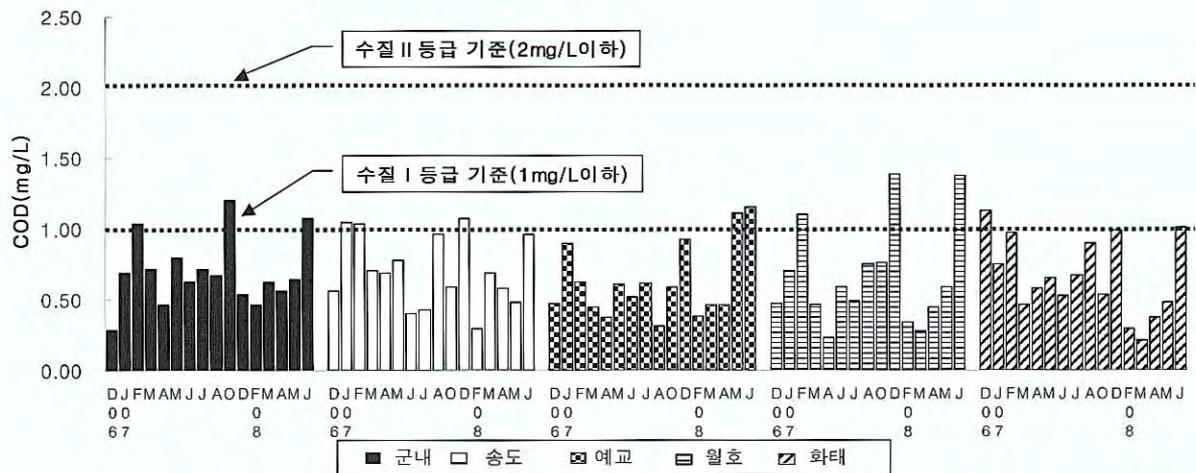


그림 75. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 화학적산소요구량 변화.

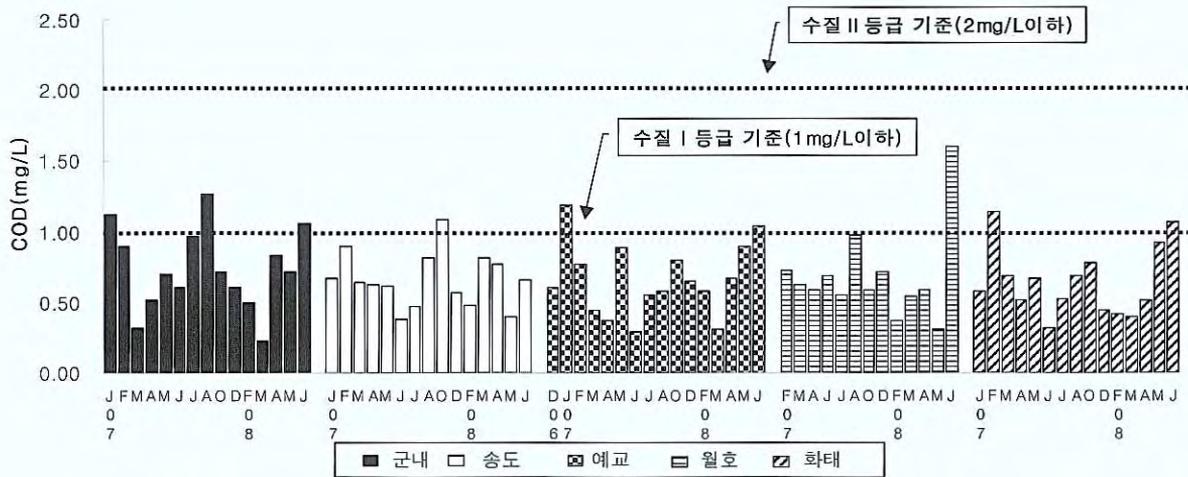


그림 76. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 화학적산소요구량 변화.

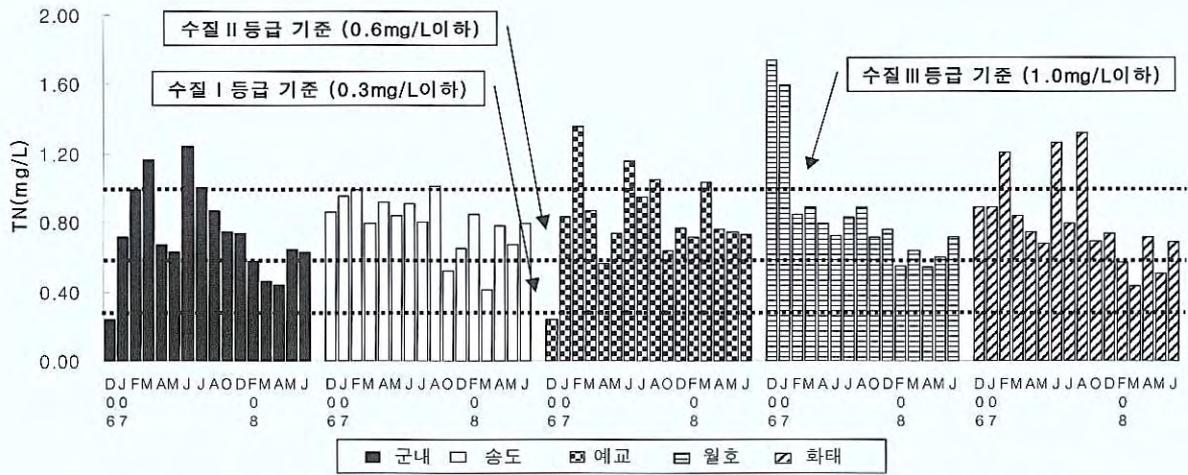


그림 77. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 총질소 변화.

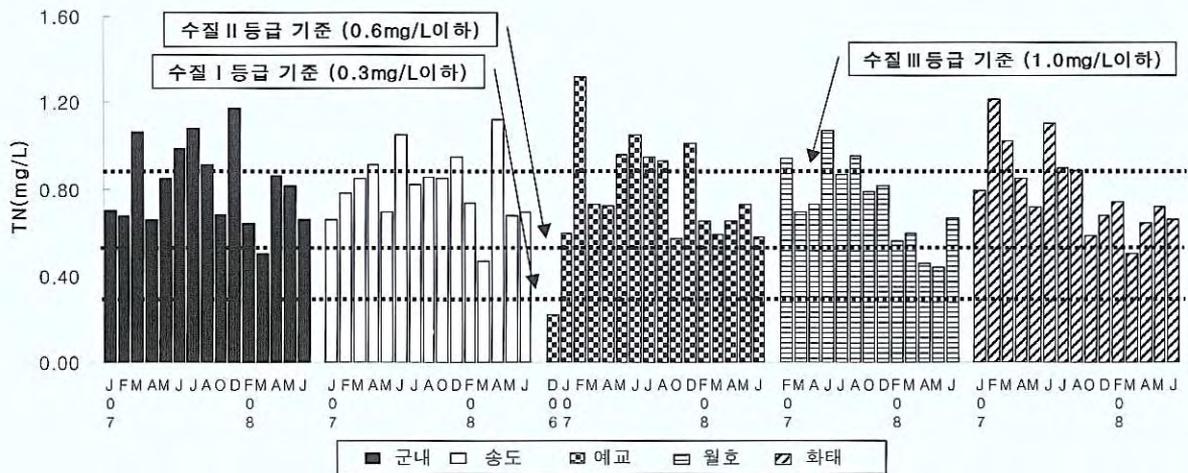


그림 78. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 총질소 농도 변화.

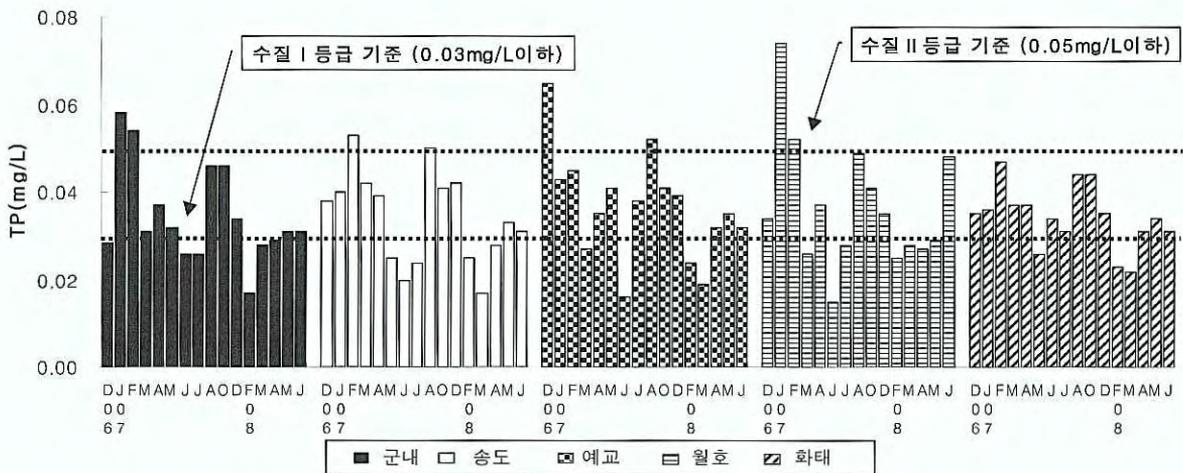


그림 79. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 총인 농도 변화.

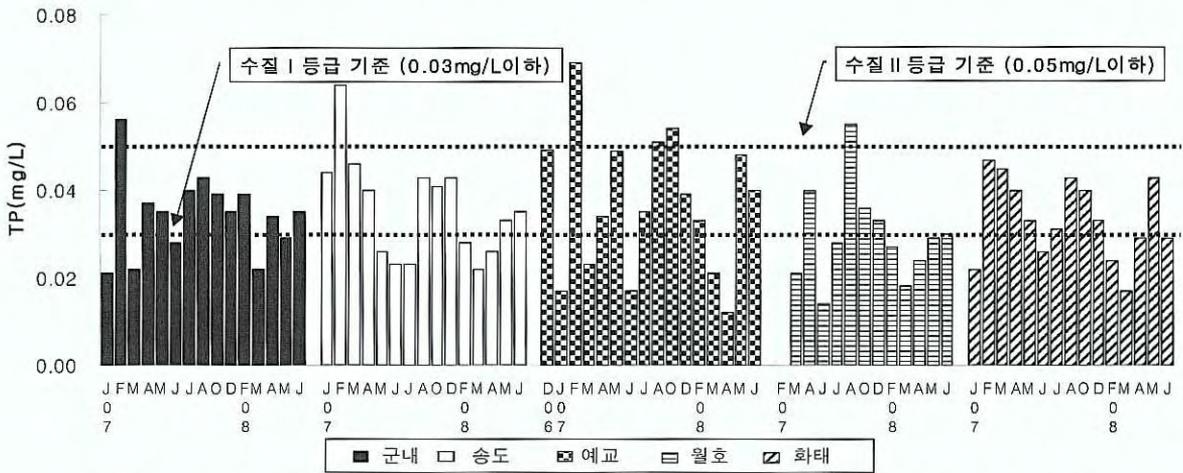


그림 80. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층해수의 월별 총인 농도 변화.

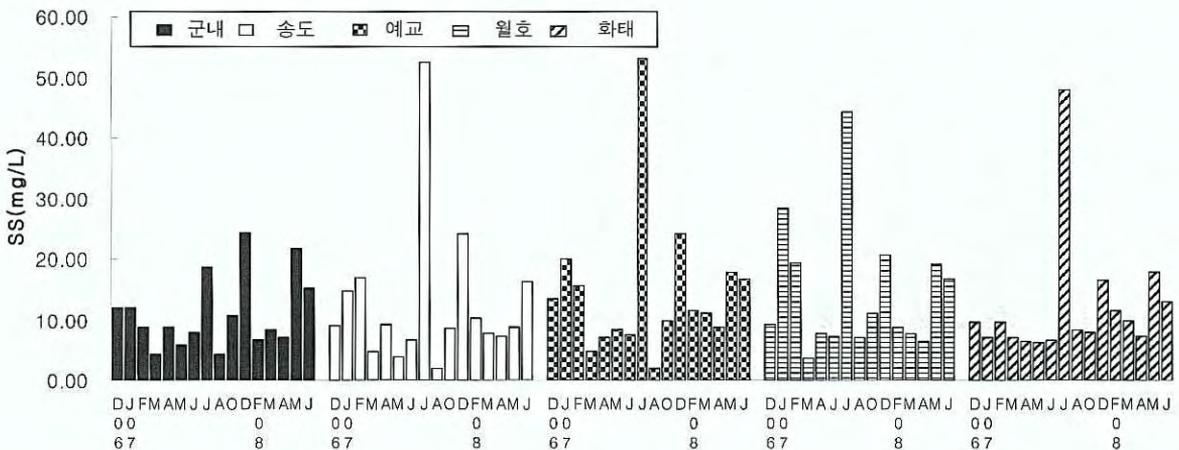


그림 81. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 부유물질 농도 변화.

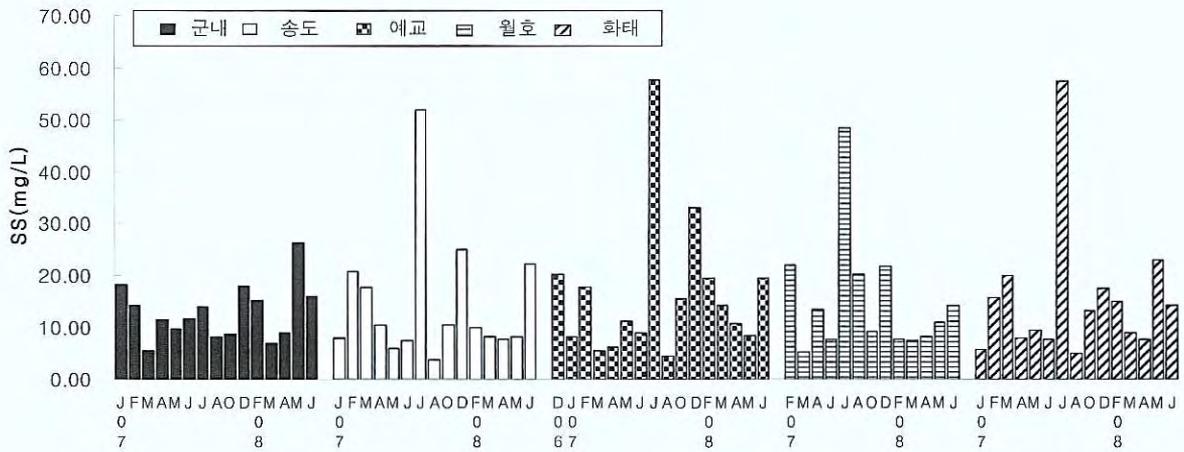


그림 82. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 부유입자물질 농도 변화.

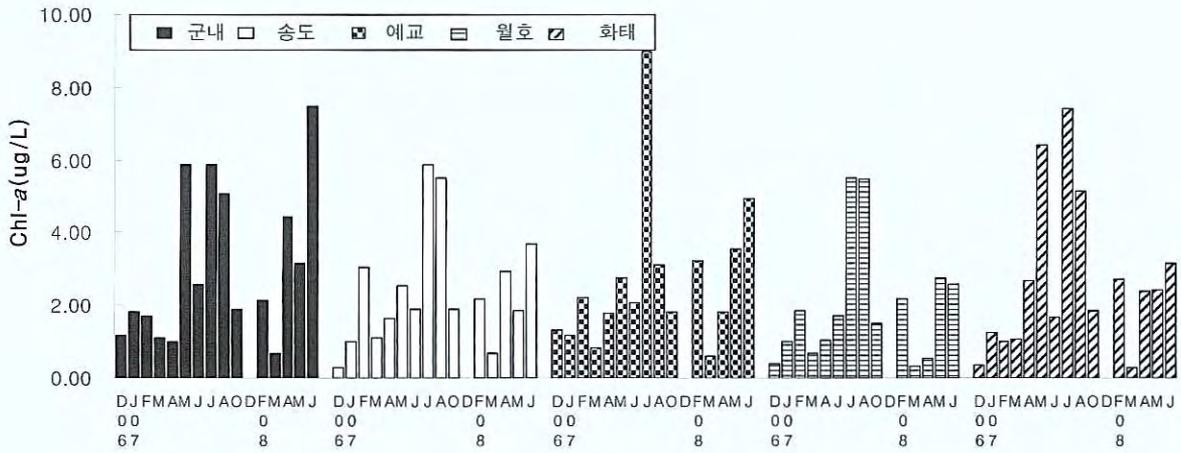


그림 83. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 클로로필-a 농도 변화.

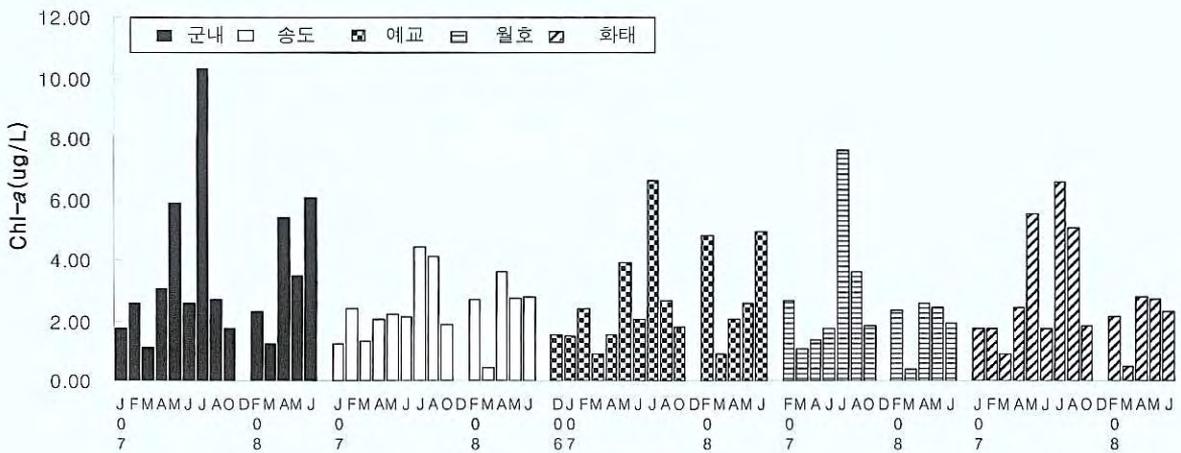


그림 84. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 클로로필-a 농도 변화.

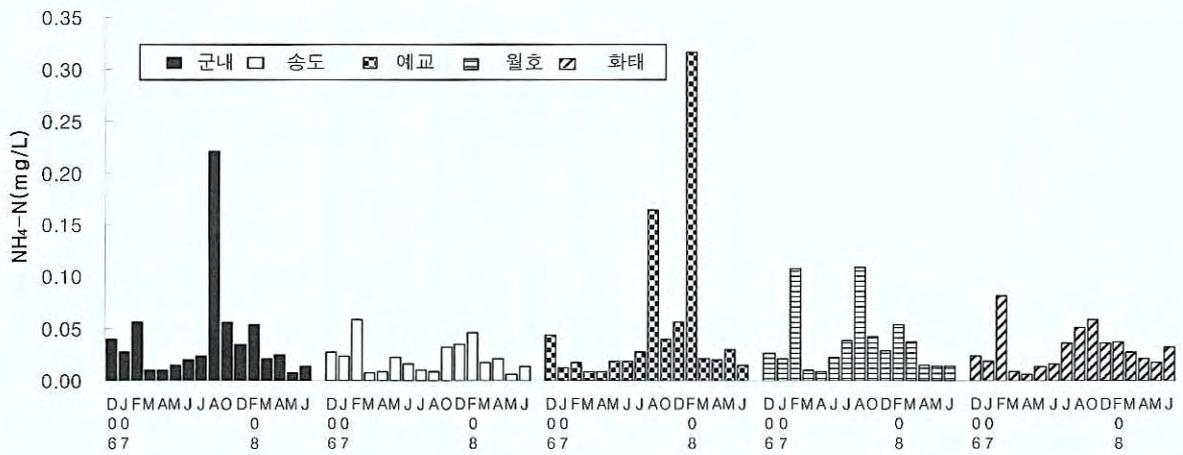


그림 85. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 암모니아질소 농도 변화.

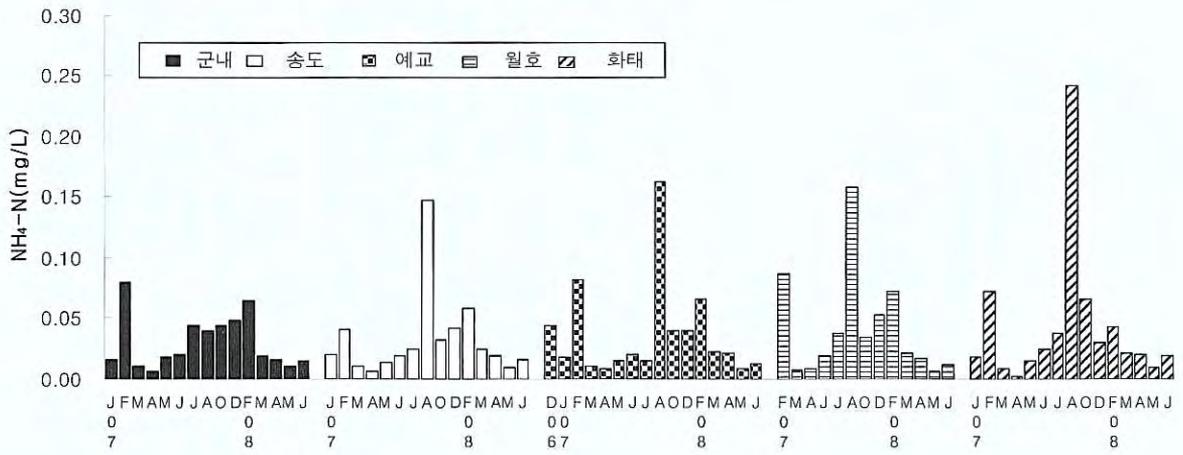


그림 86. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 암모니아질소 농도 변화.

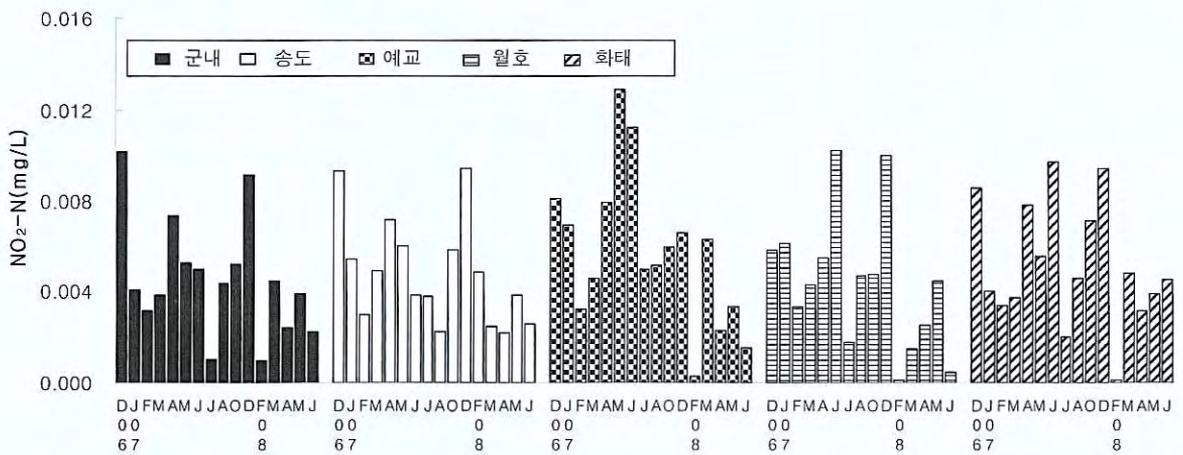


그림 87. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 월별 아질산질소 농도 변화.

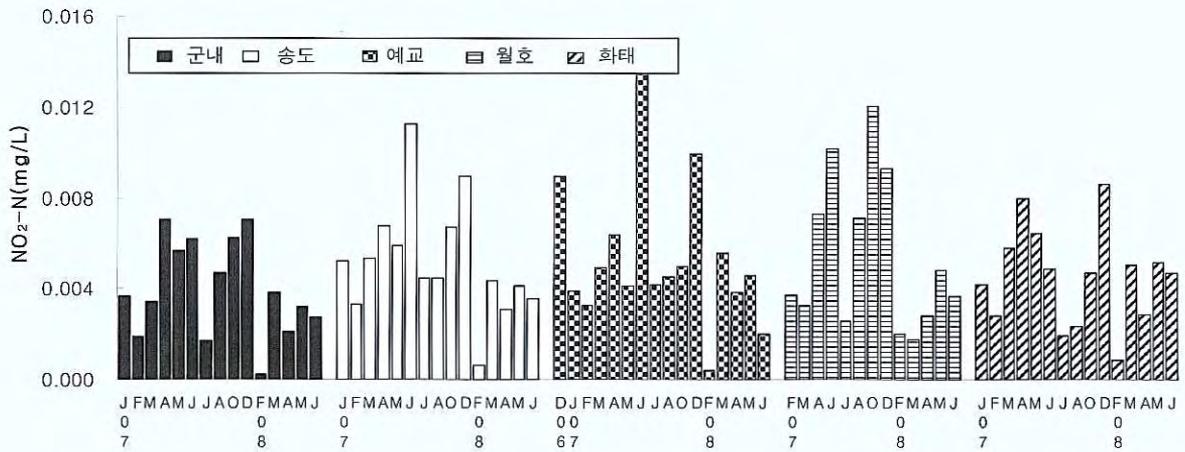


그림 88. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 아질산질소 농도 변화.

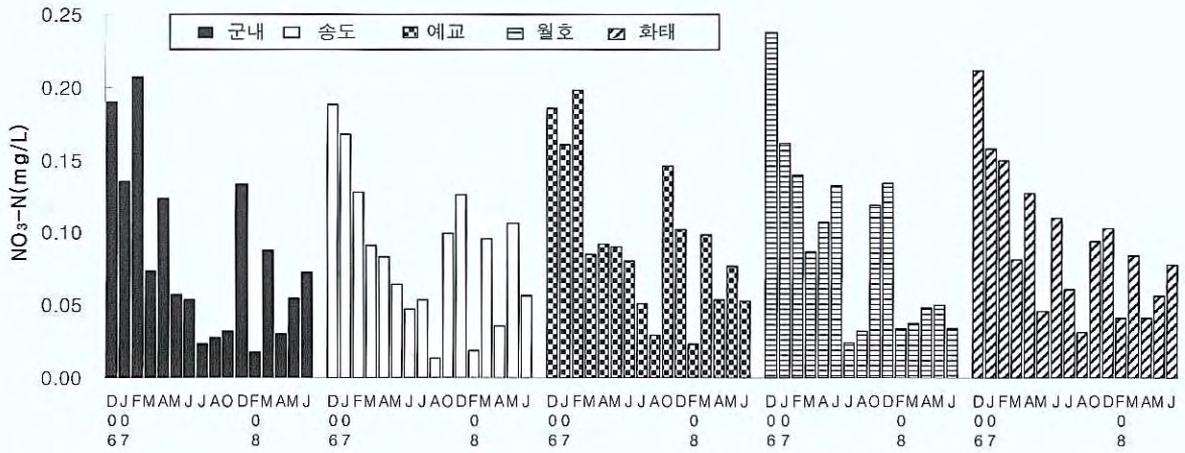


그림 89. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 질산질소 농도 변화.

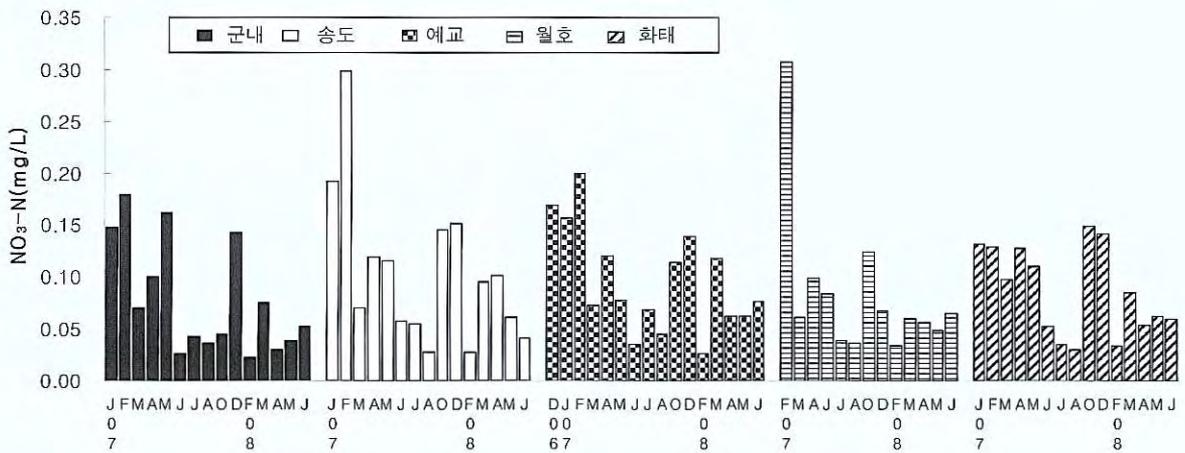


그림 90. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 질산질소 농도 변화.

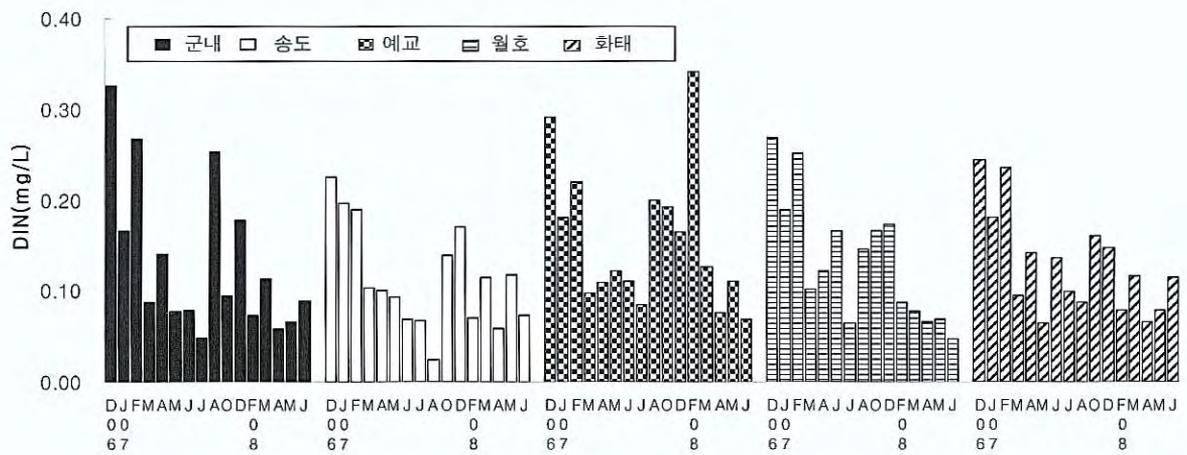


그림 91. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 용존무기질소 농도 변화.

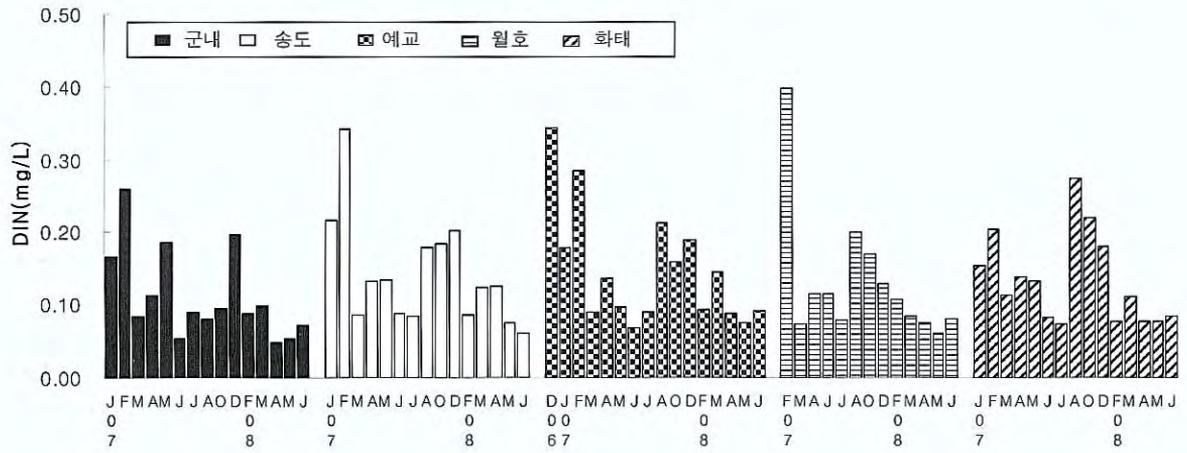


그림 92. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 용존무기질소 농도 변화.

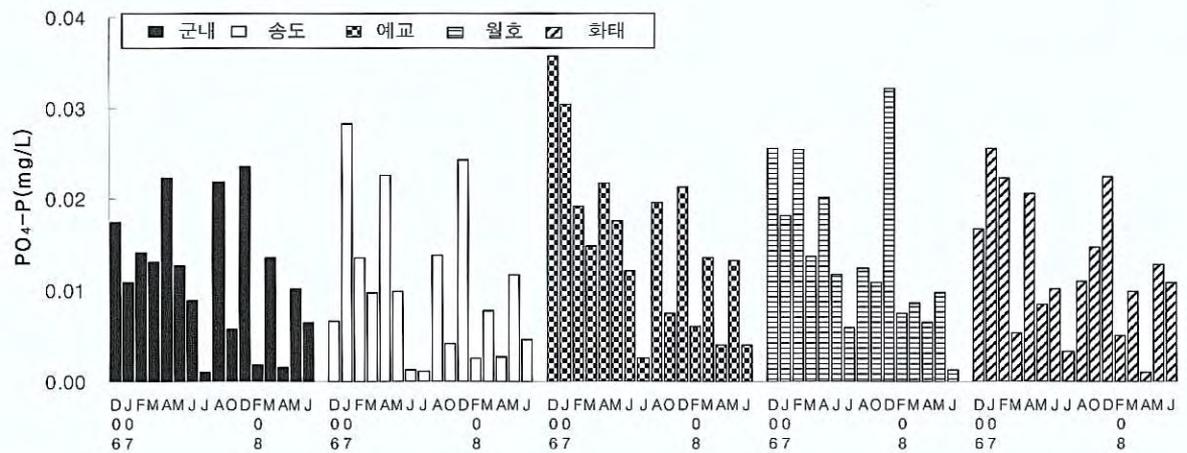


그림 93. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 인산인 농도 변화.

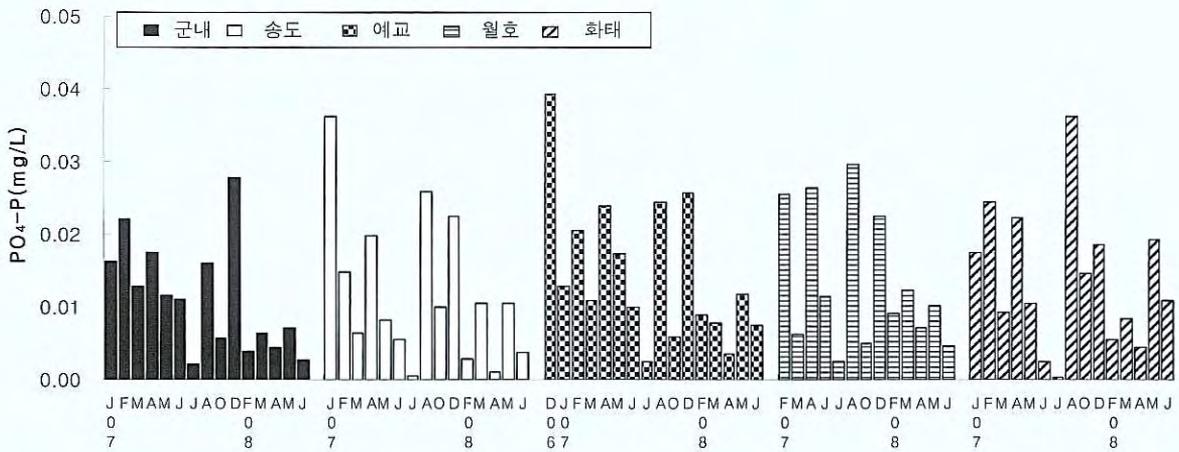


그림 94. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층해수의 월별 인산인 농도 변화.

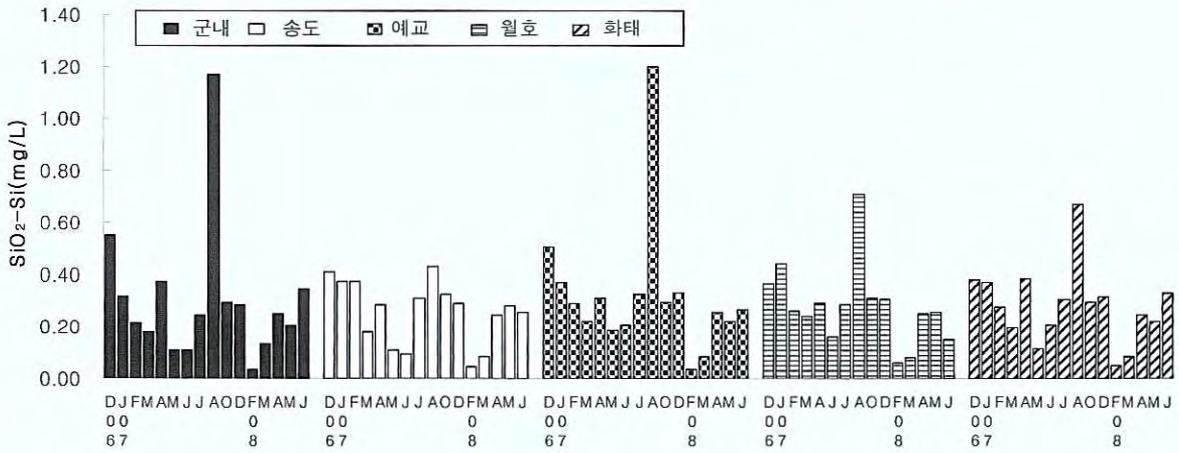


그림 95. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 표층수의 월별 규산규소 농도 변화.

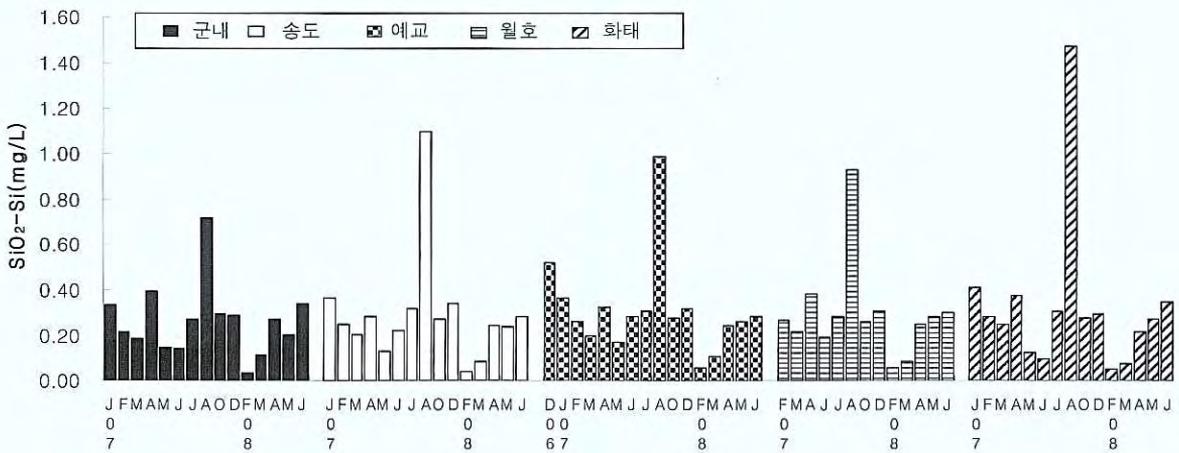


그림 96. 여수 돌산주변 가두리양식장 해역 저층수의 월별 규산규소 농도 변화.

여수 돌산주변 해역에서 조사기간 중 표층의 수온(water temperature, °C)은 7.8°C에서 23.4°C의 범위를 보였으며 평균은 15.3°C인 것으로 나타났고, 저층에서는 7.8~23.1°C(평균 15.1°C)를 범위를 보였다(자료 미제시). 조사기간 중 표층과 저층의 수온차이는 최대 약 2°C를 넘지 않는 것으로 나타났다. 염분(salinity)의 경우에는 표층에서 32.8~34.9의 범위였으며 평균값은 33.9인 것으로 나타났고 저층에서는 33.1~34.9의 범위를 보였고 평균값은 표층과 마찬가지로 33.9인 것으로 나타났다.

한편, pH는 표층의 경우에는 7.74~8.41의 범위인 것으로 나타났으며 평균값은 8.07인 것으로 나타났고 저층 pH는 7.56~8.40의 범위인 것으로 조사되었으며, 평균은 8.08인 것으로 나타났다(자료 미제시). 용존산소(dissolved oxygen)는 조사기간 중 표층에서 5.83 mg/L에서 12.45 mg/L의 범위를 보였으며 평균값은 8.16 mg/L인 것으로 나타났다. 저층에서의 농도는 5.9 mg/L에서 12.8 mg/L의 범위를 보였으며 평균 농도는 8.1 mg/L인 것으로 나타났다.

화학적산소요구량(COD, chemical oxygen demand)의 농도는 0.21~1.39 mg/L의 범위였으며 평균값은 0.67 mg/L 인 것으로 조사되었다. 저층의 화학적산소요구량의 최저값은 0.22 mg/L인 것으로 나타났고 최고값은 2.26 mg/L인 것으로 나타났으며 평균값은 0.70 mg/L이었다. 표층과 저층에서 조사된 COD 농도는 대부분 수질 1등급 기준이내인 것으로 나타났으며 조사시기별 차이는 조사가 주로 양식장 주변 또는 양식장에 근접한 정점에 이루어졌기 때문에 조사당일 또는 전일의 사료공급량 또는 어류의 배설물 발생량의 차이에 의해 시기별로 다소 차이가 있었던 것으로 판단되었다.

표층의 부유입자물질(SPM, suspended particulate matter) 조사결과의 최저값은 2.0 mg/L이었으며, 최대값은 53.2 mg/L이었고 평균 농도는 13.0 mg/L 인 것으로 나타났다. 저층의 경우에는 3.8~57.8 mg/L의 범위였으며 평균은 14.9 mg/L이었다. 또한, 클로로필 a(Chl-a, chlorophyll a)의 표층 농도는 0.27~9.01 µg/L의 범위였으며, 평균농도는 2.57 µg/L인 것으로 조사되었고 저층에서의 농도는 0.38~10.33 µg/L의 범위였으며 평균값은 2.79 µg/L인 것으로 나타났다.

영양염류 중 먼저 암모니아 질소(NH₄-N, ammonium nitrogen)를 표층에서 조사한 결과, 농도는 0.007~0.317 mg/L의 범위였으며 조사기간 중 평균농도는 0.036 mg/L이었다. 저층에서는 0.002~0.242 mg/L의 범위였으며 평균값은 0.036 mg/L인 것으로 조사되었다. 대상해역의 표층에서 조사한 아질산 질소(NO₂-N, nitrite nitrogen)의 농도는 0.000~0.013 mg/L의 범위로 나타났으며, 평균값은 0.005 mg/L이었고 저층에서는 최저값이 0.000 mg/L로 나타났으며 최고값은 0.013 mg/L이었다. 이 때 평균값은 0.005 mg/L이었다. 아질산 질소보다 산화된 형태인 질산 질소(NO₃-N, nitrate nitrogen)의 표층에서의 농도는 0.013~0.237 mg/L의 범위였으며, 평균값은 0.090 mg/L인 것으로 조사되었으며, 저층에서는 0.023~0.307 mg/L의 범위였으며, 평균값은 0.090 mg/L이었다.

앞에서 조사된 암모니아 질소, 아질산 질소 및 질산 질소 농도의 합으로 표시되는 용존무기질소(DIN, dissolved inorganic nitrogen)의 표층에서의 농도는 0.025~0.341 mg/L의 범위였으며, 평균 농도는 0.132 mg/L인 것으로 나타났다. 저층의 경우에는 최저값은 0.049 mg/L로 나타났으며, 최고값은 0.398 mg/L이었고 평균은 0.133 mg/L인 것으로 조사되었다. 해수 중의 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소, 유기성질소, 입자성질소등을 화학적으로 분해하여 질산질소로 산화시킨 후 비색 정량하는 총질소(TN, total nitrogen)의 표층에서의 농도는 0.237~1.738 mg/L의 범위였으며, 평균 농도는 0.802 mg/L인 것으로 나타났고 저층의 조사결과는 0.222~1.319 mg/L의 범위였으며 평균값은 0.786 mg/L이었다. TN의 경우 대부분의 조사결과가 수질 2등급 기준(0.6 mg/L이하)을 초과하고 있었으며 일부 결과는 3등급 기준(1.0 mg/L 이하)도 초과하는 것으로 나타났다. 이는 급이된 사료가 어류에 의해 섭취되지 못하여 발생한 사료 찌꺼기가 주 원인일 것으로 판단되었으며(아래 “배합사료에 의한 영양염 용출량” 실험 결과 참조), 어류 배설물에 의한 기여도 있을 것으로 판단되었다.

무기태로 존재하는 인의 한 형태인 인산염($\text{PO}_4\text{-P}$, phosphatic phosphate)을 조사해역의 표층에서 조사한 결과는 0.001~0.036 mg/L의 범위인 것으로 조사되었으며 평균 농도는 0.013 mg/L인 것으로 나타났다. 한편 저층에서 조사된 결과의 범위는 0.000~0.039 mg/L이었으며, 평균값은 0.013 mg/L이었다. 그리고 해수 중 용존, 입자 형태 또는 무기, 유기형태 등 모든 인 화합물을 산화제로 분해하여 인산염 형태로 변화시킨 후 비색 정량하는 총인(TP, total phosphate)의 경우에는 조사기간 중 표층에서의 농도는 0.015~0.074 mg/L의 범위로 나타났으며 평균값은 0.035 mg/L이었다. 한편, 저층에서의 농도는 0.012~0.069 mg/L의 범위였으며 평균값은 0.034 mg/L인 것으로 나타났다. 조사된 총인의 농도는 계절별로 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나 주로 수질 1등급 기준(0.03 mg/L 이하) 또는 2등급 기준(0.05 mg/L 이하)을 보이고 있었으며 조사시기에 따라 수질 3등급 기준(0.09 mg/L 이하) 내외의 결과도 나타났다.

대상해역에서 조사기간 중 표층 해수의 규산규소($\text{SiO}_2\text{-Si}$, silicate) 농도 범위는 최저 0.034 mg/L에서 최고 1.198 mg/L의 범위였으며 평균 농도는 0.286 mg/L인 것으로 조사되었으며 저층에서는 0.034~1.472 mg/L의 범위였으며 평균값은 0.299 mg/L이었다.

3) 여수 남면 안도주변 해역 수질조사

월동장 후보지로 선정된 안도, 이야포 등 남면의 안도주변 해역은 돌산 주변해역보다 상대적으로 수심이 깊고, 돌산주변 해역보다 외해에서 유입되는 쿠루시오 난류의 영향을 받을 것으로 예상될 뿐만 아니라, 수온이 돌산 주변해역보다 상대적으로 높아 동사(凍死) 피해 발생 가능성이 낮을 것으로 예상되어 이 해역을 동사피해에 대비한 돛류의 월동장 예비후보지로 선정하여 해수 수질을 조사한 결과는 그림 97~122와 같았다.

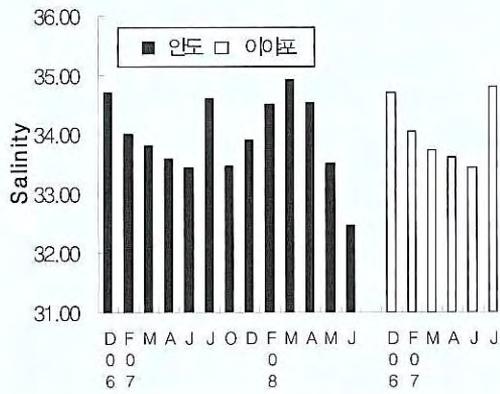


그림 97. 여수 남면 안도주변 후보지 해역 표층의 염분 변화.

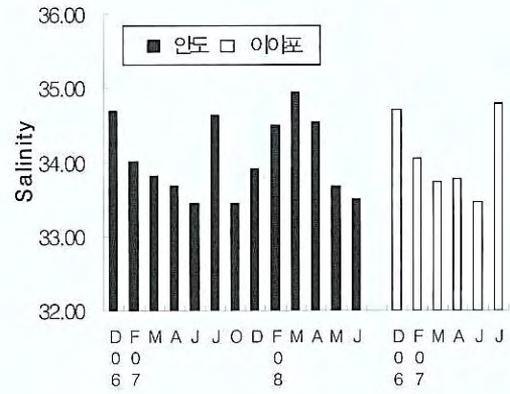


그림 98. 여수 남면 안도주변 후보지 해역 저층의 염분 변화.

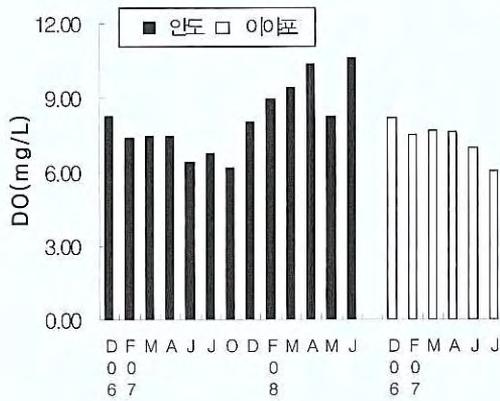


그림 99. 여수 남면 안도주변 후보지 해역표층의 용존산소 농도 변화.

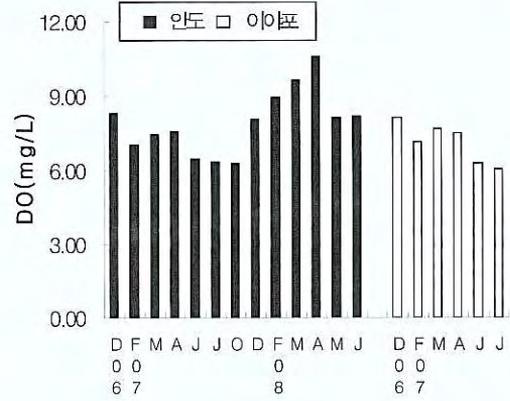


그림 100. 여수 남면 안도주변 후보지 해역 저층의 용존산소 농도 변화.

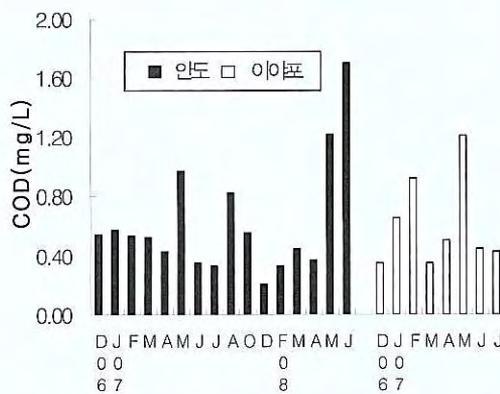


그림 101. 여수 남면 안도주변 해역 표층의 화학적산소요구량 농도 변화.

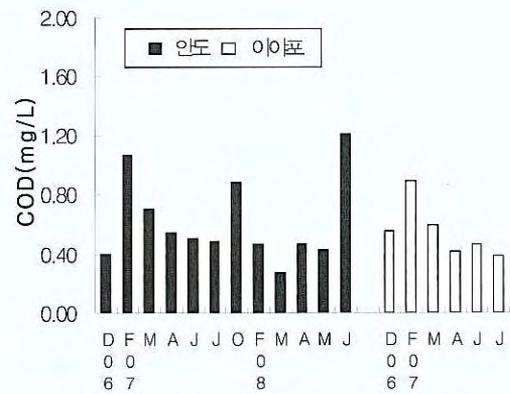


그림 102. 여수 남면 안도주변 해역 저층의 화학적산소요구량 농도 변화.

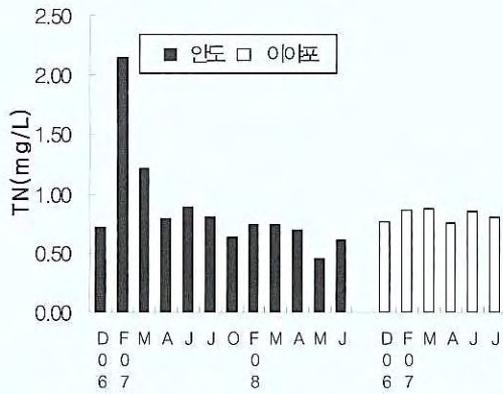


그림 104. 여수 남면 안도주변 해역 저층의 총질소 농도 변화.

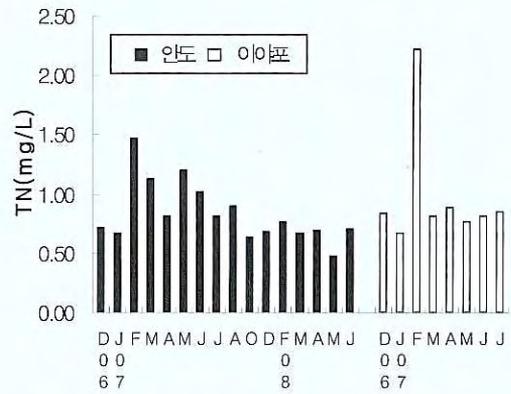


그림 103. 여수 남면 안도주변 해역 표층의 총질소 농도 변화.

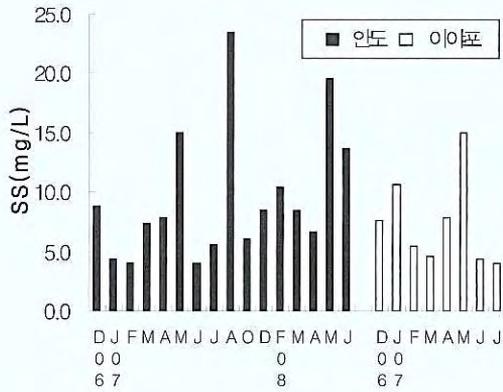


그림 107. 여수 남면 안도주변 해역 표층의 부유입자물질 농도 변화.

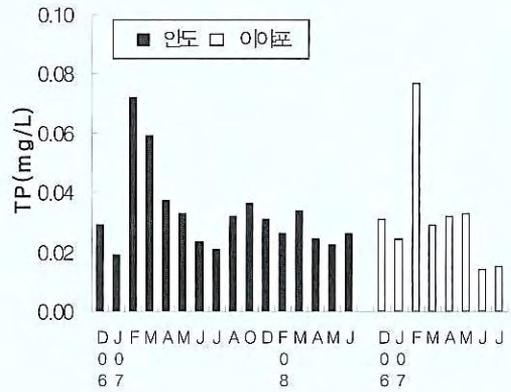


그림 105. 여수 남면 안도주변 해역 표층의 총인 농도 변화.

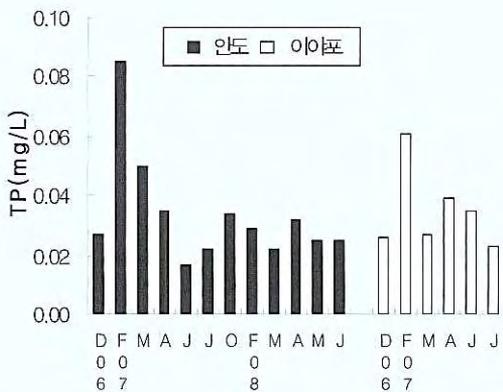


그림 106. 여수 남면 안도주변 해역 저층의 총인 농도 변화.

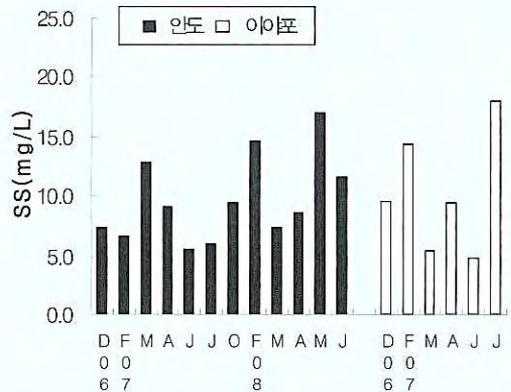


그림 108. 여수 남면 안도주변 해역 저층의 부유입자물질 농도 변화.

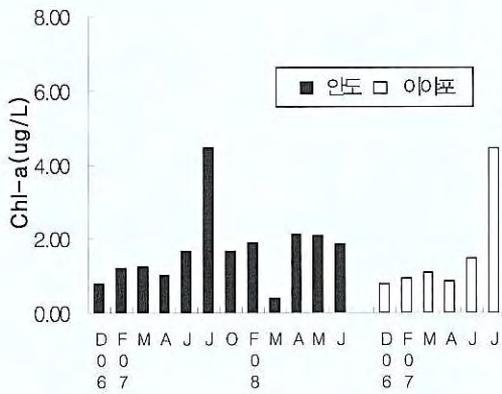


그림 110. 여수 남면 안도주변 해역 저층의 클로로필 a 농도 변화.

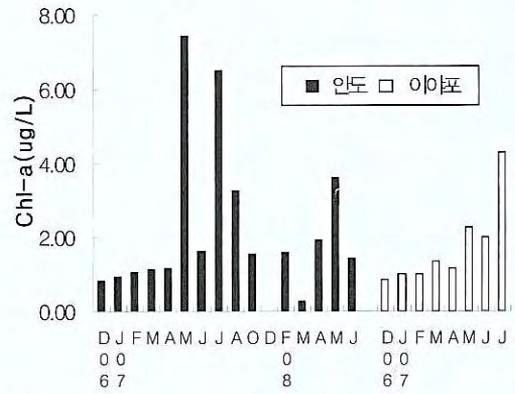


그림 109. 여수 남면 안도주변 해역 표층의 클로로필 a 농도 변화.

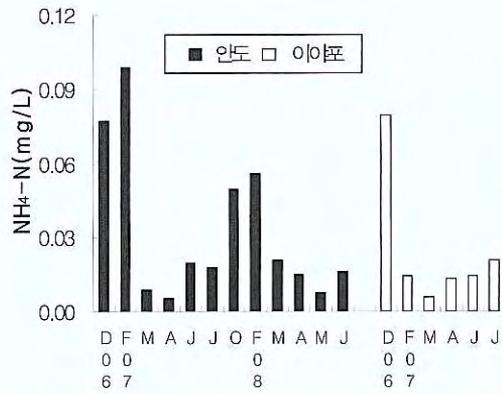


그림 112. 여수 남면 안도주변 해역 저층의 암모니아질소 농도 변화.

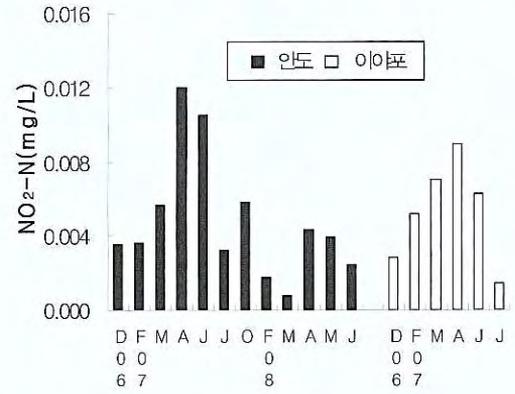


그림 114. 여수 남면 안도주변 해역 저층의 아질산질소 농도 변화.

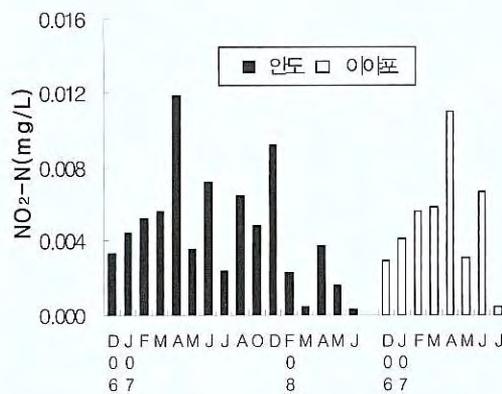


그림 113. 여수 남면 안도주변 해역 표층의 아질산질소 농도 변화.

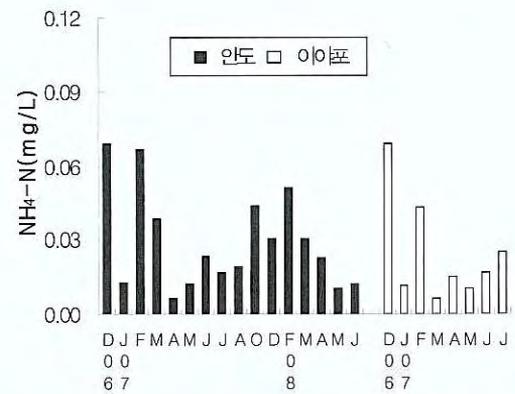


그림 111. 여수 남면 안도주변 해역 표층의 암모니아질소 농도 변화.

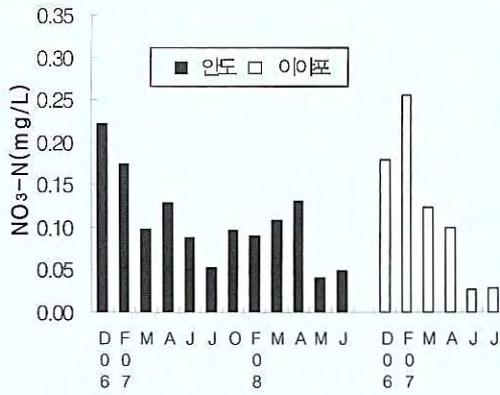


그림 116. 여수 남면 안도주변 해역 저층의 질산질소 농도 변화.

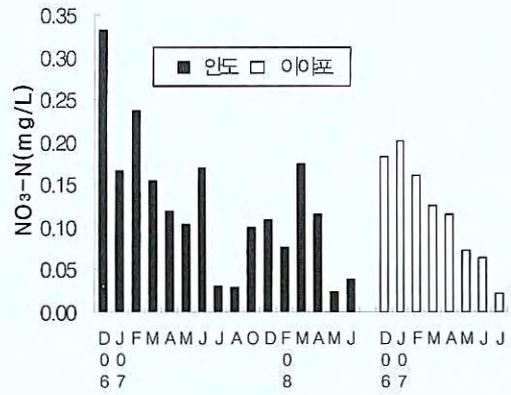


그림 115. 여수 남면 안도주변 해역 표층의 질산질소 농도 변화.

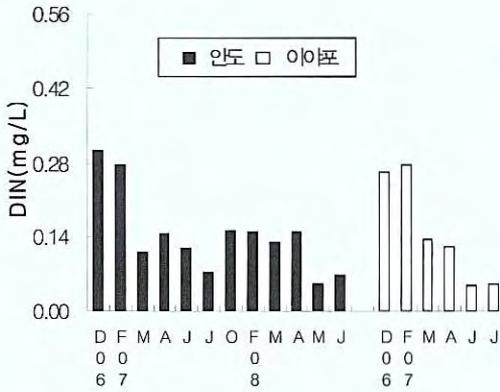


그림 118. 여수 남면 안도주변 해역 저층수의 용존무기질소 농도 변화.

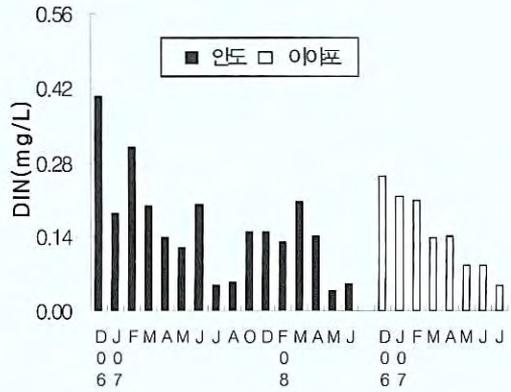


그림 117. 여수 남면 안도주변 해역 표층수의 용존무기질소 농도 변화.

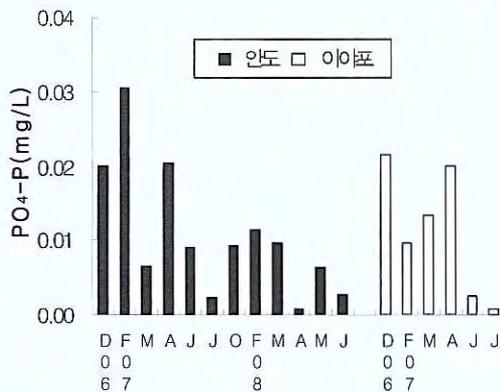


그림 120. 여수 남면 안도주변 해역 저층수의 인산인 농도 변화.

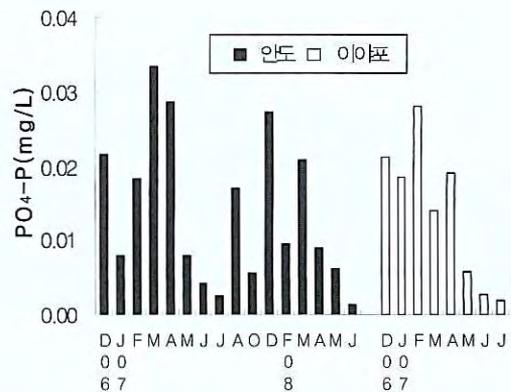


그림 119. 여수 남면 안도주변 해역 표층수의 인산인 농도 변화.

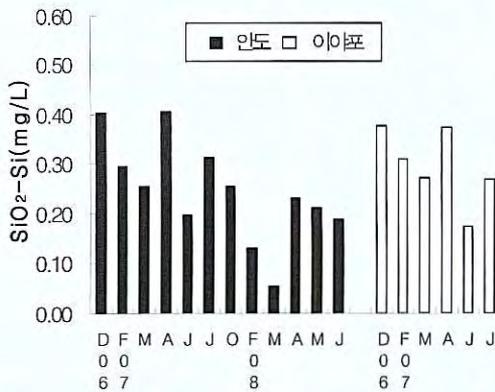


그림 122. 여수 남면 안도주변 해역 저층수의 규산규소 농도 변화.

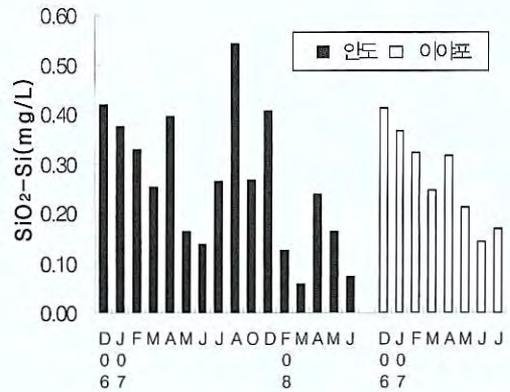


그림 121. 여수 남면 안도주변 해역 표층수의 규산규소 농도 변화.

여수 남면 안도주변의 월동장 예비후보지 해역에서 조사기간 중 표층의 수온은 11.00℃에서 23.34℃의 범위였으며, 평균값은 15.30℃인 것으로 나타났다. 저층의 수온은 10.79~23.36℃의 범위였으며 평균값은 15.12℃이었다(자료 미제시). 조사기간 중 표층과 저층의 최대 수온차이는 약 0.8℃를 넘지 않는 것으로 나타났다.

염분의 경우에는 표층에서 32.5~34.9의 범위인 것으로 나타났으며, 34.0이 평균값으로 나타났다. 저층의 경우에는 33.5에서 35.0의 범위인 것으로 조사되었으며 평균값은 34.1이었다.

한편, pH는 표층의 경우에는 7.63~8.43의 범위인 것으로 나타났으며 평균값은 7.97인 것으로 나타났고 저층은 7.52에서 8.43의 범위였으며 평균값은 7.94인 것으로 조사되었다(자료 미제시). 용존산소는 조사기간 중 표층에서 최소값이 6.0 mg/L인 것으로 나타났고 최고값은 10.57 mg/L인 것으로 나타났다. 평균값은 7.85 mg/L이었다.

또한 안도 주변해역에서 조사한 표층 해수중의 COD농도는 0.20~1.70 mg/L의 범위였으며 평균값은 0.62 mg/L 인 것으로 나타났다. 저층의 경우에는 최소값이 0.27 mg/L이 있었으며 최대값은 1.21 mg/L이었고 평균값은 0.60 mg/L이었다. 대체로 돌산주변의 양식산단지 해역과 유사한 결과를 보이고 있었다.

부유입자물질은 표층에서 최저값이 4.0 mg/L이었으며, 최대값은 23.4 mg/L이었고 평균 농도는 8.9 mg/L 인 것으로 나타났다. 저층의 부유입자물질은 4.8~18.0 mg/L의 범위였으며, 9.9 mg/L가 평균값이었다. 식물플랑크톤 현존량에 대한 간접적 지표가 될 수 있는 Chl-a의 농도는 표층의 경우 0.27~7.43 μg/L의 범위였으며, 저층의 경우에는 0.37~4.46 μg/L의 범위였다. 표층과 저층에서의 평균농도는 각각 2.10 μg/L과 1.66 μg/L인 것으로 나타났다.

그리고 표층에서 NH₄-N의 농도는 0.007~0.069 mg/L의 범위였으며 조사기간 중 평

균농도는 0.028 mg/L이었다. 저층 농도는 0.005 mg/L에서 0.099 mg/L의 범위였고, 평균값은 0.03 mg/L이었다. NO₂-N은 표층에서 0.000~0.012 mg/L의 범위인 것으로 나타났고, 저층에서는 0.001~0.012 mg/L의 범위인 것으로 조사되었으며, 표층과 저층의 평균값은 모두 0.005 mg/L이었다. NO₃-N의 농도는 표층에서는 0.023~0.331 mg/L의 범위였으며, 평균값은 0.122 mg/L였고 저층에서는 0.027~0.255 mg/L의 농도 범위였고 평균값은 0.111 mg/L인 것으로 조사되었다.

또한 표층의 DIN 농도는 0.037~0.404 mg/L의 범위였으며, 평균 농도는 0.154 mg/L인 것으로 나타났고 저층의 농도는 0.047 mg/L에서 0.303 mg/L의 범위였으며, 평균 0.145 mg/L의 농도를 보였다. TN의 농도는 표층에서는 0.477~2.224 mg/L의 범위였으며, 평균 농도는 0.883 mg/L인 것으로 나타났고 저층에서의 농도 범위는 0.443 mg/L에서 2.149 mg/L이었고 평균값이 0.851 mg/L인 것으로 나타났다.

그리고 무기태 인의 형태인 PO₄-P는 표층에서는 0.001~0.034 mg/L의 농도범위를 보였으며, 저층에서는 0.001 mg/L에서 0.031 mg/L의 범위였고, 평균값은 표층과 저층에서 각각 0.014 mg/L과 0.011 mg/L이었다. 또한, 표층의 TP 농도는 0.014~0.077 mg/L의 범위로 나타났으며 평균값은 0.032 mg/L이었고 저층은 최저 0.017 mg/L에서 최고 0.085 mg/L의 범위를 보였으며 평균은 0.011 mg/L이었다. 마지막으로 규산규소의 농도 범위는 표층에서 0.057 mg/L가 가장 낮은 값으로, 0.542 mg/L가 가장 높은 값인 것으로 조사되었으며(평균은 0.266 mg/L), 저층에서는 평균값이 0.262 mg/L 이었으며 농도 범위는 0.055 mg/L에서 0.407 mg/L의 범위를 보였다.

4) 거문도 해역 수질조사

거문도는 월동장 후보지로 선정된 안도와 이야포보다 남쪽에 위치하고 있어 또 다른 월동장으로서의 가능성이 있을 것으로 판단하고, 이러한 가능성을 모색하기 위하여 거문도의 서도 주변에 위치한 양식장 인근 해역을 후보지로 선정한 후, 이 해역의 수질을 조사한 결과는 그림 123~135와 같았다.

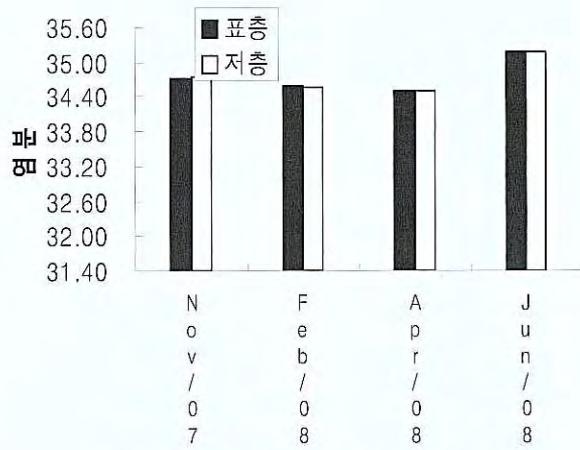


그림 123. 거문도해역의 염분 농도 변화.

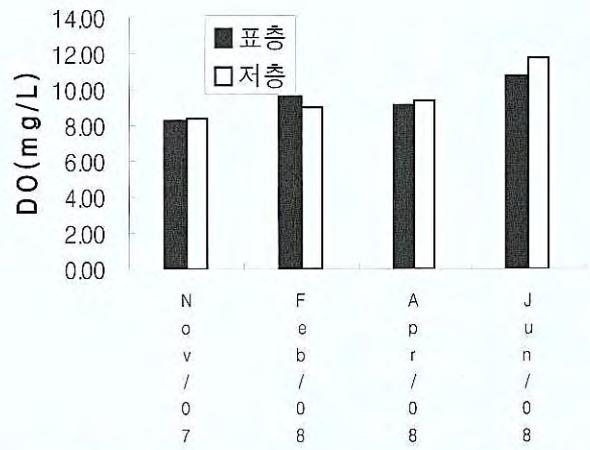


그림 124. 거문도해역의 용존산소 농도 변화.

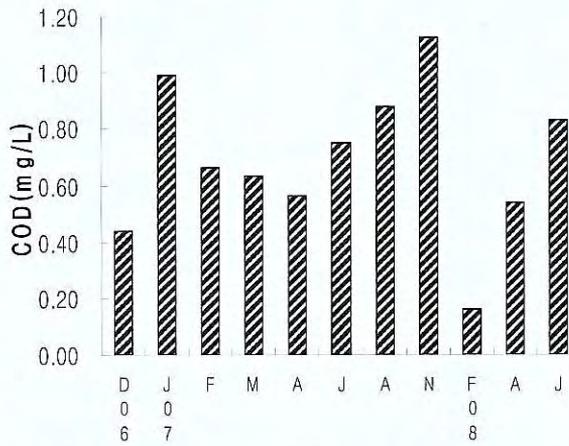


그림 125. 거문도해역의 화학적산소 요구량 농도 변화.

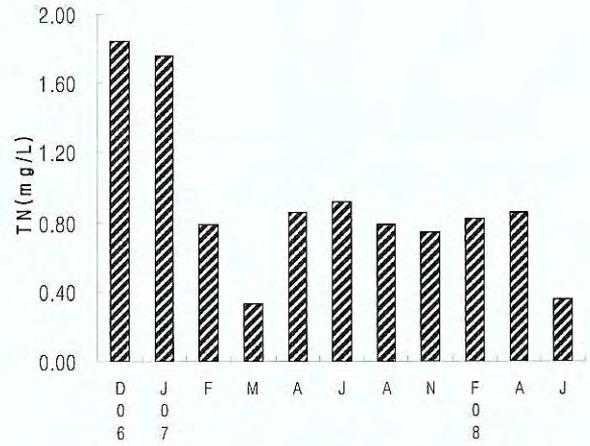


그림 126. 거문도해역의 총질소 농도 변화.

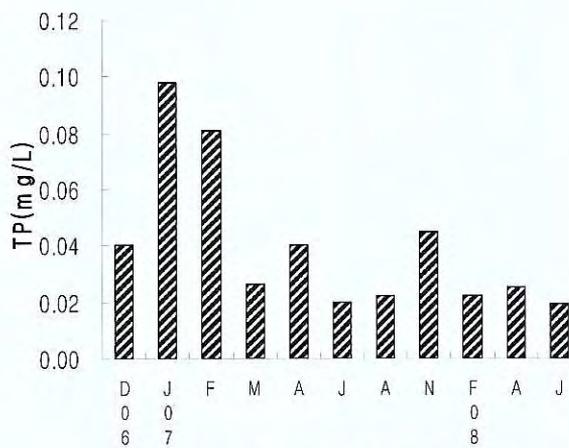


그림 127. 거문도해역의 총인 농도 변화.

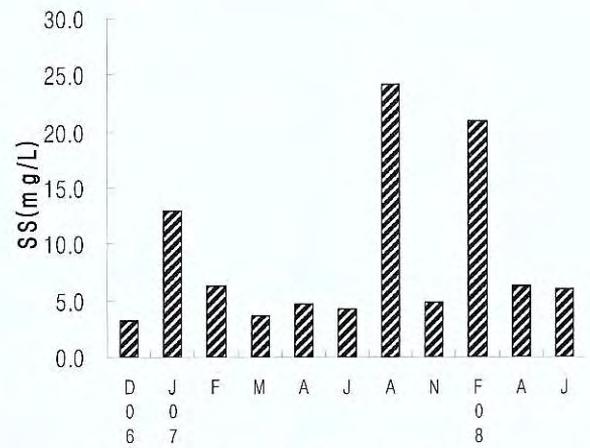


그림 128. 거문도해역의 부유입자물질 농도 변화.

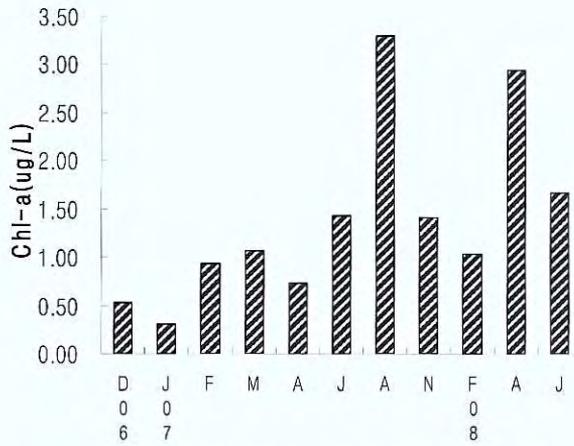


그림 129. 거문도해역의 클로로필-a 농도 변화.

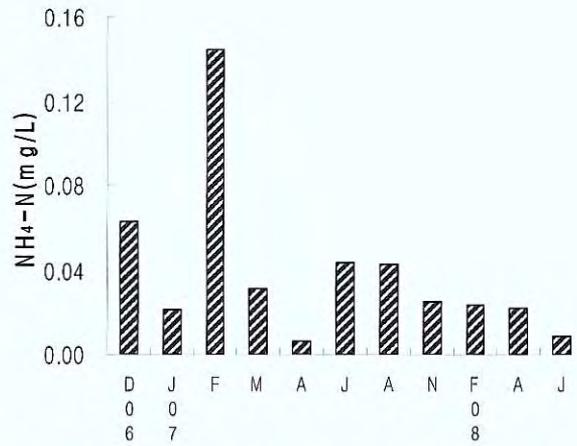


그림 130. 거문도해역의 암모니아질소 농도 변화.

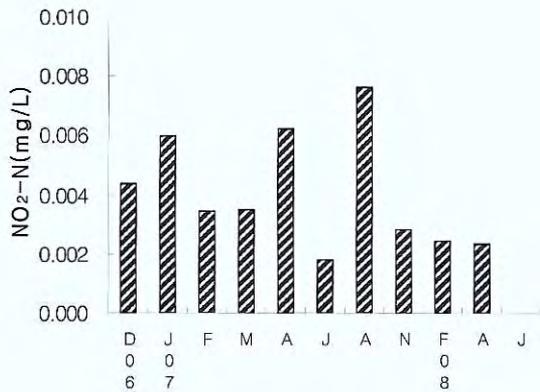


그림 131. 거문도해역의 아질산질소 농도 변화.

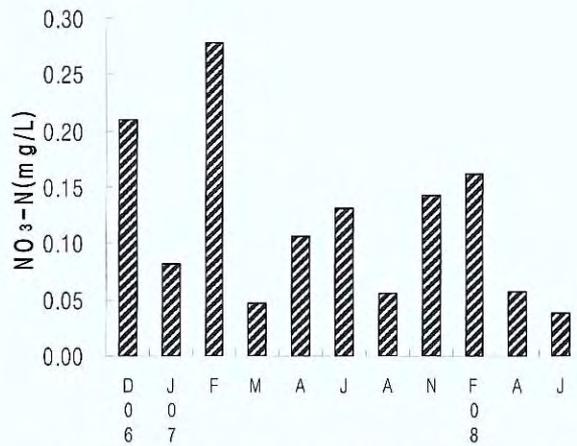


그림 132. 거문도해역의 질산질소 농도 변화.

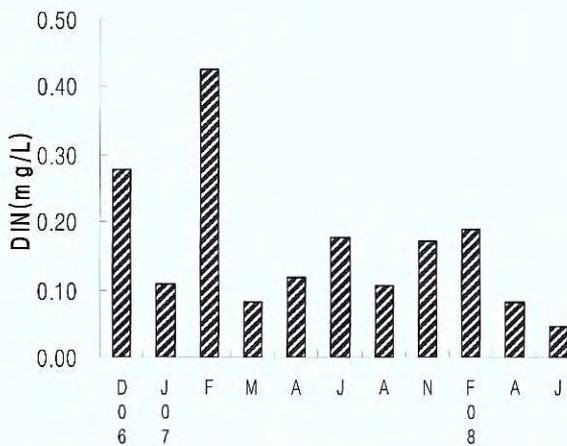


그림 133. 거문도해역의 용존무기질소 농도 변화.

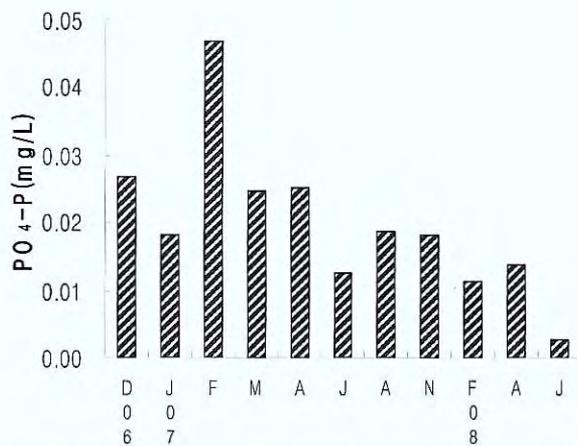


그림 134. 거문도해역의 인산인 농도 변화.

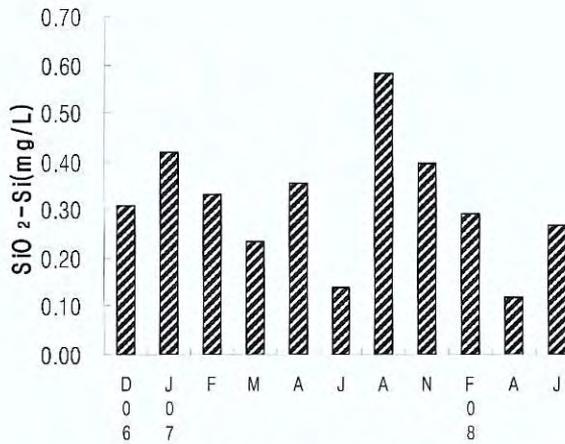


그림 135. 거문도해역의 규산규소 농도 변화.

거문도 해역에서 2007년 11월부터 2008년 6월까지 측정된 표층의 수온은 13.4℃에서 17.5℃의 범위를 보였으며 평균값은 14.7℃인 것으로 나타났고 저층의 수온은 13.1~17.0℃(평균 14.4℃)를 범위를 보였다(자료 미제시). 조사기간 중 표층과 저층의 수온차이는 최대 약 0.6℃를 넘지 않는 것으로 조사되었으며 돌산 주변해역이나 안도 주변 해역보다 낮게 나타난 것이 특징적이었다. 염분은 표층에서 34.5~35.2의 범위였으며 평균값은 34.8인 것으로 나타났고 저층에서는 34.5~35.2의 범위를 보이고 있었으며 평균값은 34.8인 것으로 조사되었다.

한편, pH는 표층의 경우에는 8.13~8.24의 범위인 것으로 나타났으며 평균값은 8.18인 것으로 나타났고 저층은 8.13~8.23의 범위인 것으로 조사되었으며, 평균은 8.18인 것으로 나타났다(자료 미제시). 용존산소는 조사기간 중 표층에서 8.3 mg/L에서 10.7 mg/L의 범위를 보였으며 평균값은 9.4 mg/L정도인 것으로 나타났다. 저층의 용존산소 농도는 8.3 mg/L에서 11.7 mg/L의 범위를 보였으며 평균 농도는 9.6 mg/L인 것으로 나타났다.

조사기간 동안 측정된 거문도 해역의 COD의 농도는 0.16~1.13 mg/L의 범위였으며 평균값은 0.69 mg/L 인 것으로 나타났다. 부유입자물질의 경우에는 최저값이 3.2 mg/L 인 것으로 나타났으며, 최대값은 24.2 mg/L이었고, 평균 농도는 8.8 mg/L 인 것으로 나타났다. Chl-a의 농도는 0.31~3.29 $\mu\text{g/L}$ 의 범위였으며, 평균농도는 1.39 $\mu\text{g/L}$ 인 것으로 조사되었다.

그리고 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도는 0.006~0.144 mg/L의 범위였으며 조사기간 중 평균농도는 0.039 mg/L이었다. $\text{NO}_2\text{-N}$ 의 농도 범위는 0.000~0.008 mg/L 인 것으로 나타났으며, 평균값은 0.004 mg/L이었고, $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 농도는 0.038~0.278 mg/L의 범위였으며, 평균값은 0.119 mg/L인 것으로 조사되었다. 또한 DIN의 농도는 0.047~0.426 mg/L의 범위였으며, 평균 농도는 0.162 mg/L인 것으로 나타났다. TN의 농도는 0.325 mg/L에

서 1.847 mg/L의 범위였으며, 평균 농도는 0.162 mg/L인 것으로 나타났다.

그리고 PO₄-P의 농도는 0.003~0.047 mg/L의 범위인 것으로 조사되었으며 평균 농도는 0.020 mg/L인 것으로 나타났다. TP의 농도는 0.019~0.098 mg/L의 범위로 나타났으며 평균값은 0.040 mg/L이었다. 또한 조사기간 중 규산규소의 농도 범위는 0.118 mg/L에서 0.580 mg/L의 범위였으며 평균 농도는 0.313 mg/L인 것으로 조사되었다.

5) 여수연안 가두리양식장 주변 해역의 퇴적환경

돔류의 양식이 활발히 이루어지고 있는 돌산주변 해역의 양식 산단지 및 월동 후보해역의 퇴적물의 화학적산소요구량, 강열감량 및 산취발성황화물 농도를 조사한 결과는 그림 136~138과 같이 나타났다.

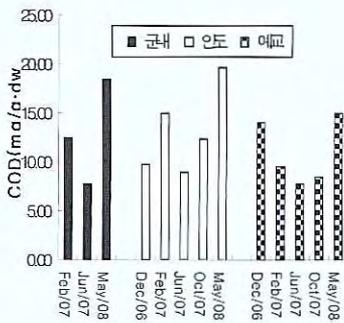


그림 136. 가두리 양식장 주변해역 퇴적물의 COD 농도 변화.

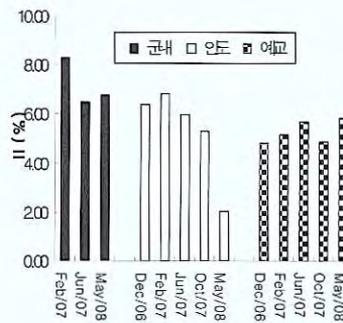


그림 137. 가두리 양식장 주변해역 퇴적물의 강열감량 변화.

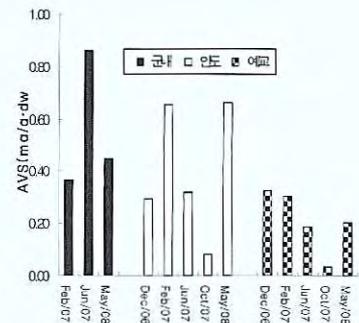


그림 138. 가두리 양식장 주변해역 퇴적물의 AVS 농도 변화.

돌산 군내와 예교 그리고 월동 후보해역인 안도의 퇴적물 중 화학적산소요구량, 강열감량 및 산취발성황화물 농도는 시공간적으로 다소 큰 변이를 보였다. 군내에서 조사한 퇴적물의 COD는 7.7~18.4 mg/g·dw의 범위였으며 평균값은 12.9 mg/g·dw이었고, 예교의 경우에는 9.0 mg/g·dw에서 19.7 mg/g·dw의 범위인 것으로 나타났으며 평균치는 13.2 mg/g·dw 정도인 것으로 나타났다. 월동장 후보해역인 안도의 경우 7.7 mg/g·dw이 최저치로 나타났고, 15.0 mg/g·dw이 최고치로 나타났으며 평균치는 11.0 mg/g·dw인 것으로 조사되었다.

조사된 결과에서처럼 퇴적물의 화학적산소요구량의 경우에는 지역적으로 큰 변동을 보이지 않았으며 같은 시기에 조사된 결과에서도 큰 차이를 보이지 않았을 뿐만 아니라 대부분 일본 양식장 퇴적물 오염 기준(30 mg/g·dw, 일본수산자원보호협회, 1980)을 초과하는 해역은 나타나지 않았다.

강열감량은 군내에서는 6.5~8.3%(평균 7.2%)의 범위이었으며, 예교의 경우에는 2.0~6.8%(평균 5.3%)인 것으로 조사되었고 안도에서는 4.8~5.8%(평균 5.3%)인 것으로 조사되었다. 군내의 조사정점에서 약간 높은 값을 보였으나 유의한 차이는 없는 것으

로 판단되었다.

한편 AVS의 농도는 군내에서 0.37 mg/g·dw에서 0.86 mg/g·dw의 범위이었으며 평균치는 0.56 mg/g·dw인 것으로 나타났으며 예교에서는 0.084 mg/g·dw에서 0.665 mg/g·dw의 범위였고 평균은 0.21 mg/g·dw이었다. 안도의 경우에는 0.034~0.325 mg/g·dw의 농도 범위와 평균값이 0.40 mg/g·dw인 것으로 나타났으며 대부분 해역에서 일본 양식장 퇴적물 오염기준(0.2 mg/g·dw, 일본수산자원보호협회, 1980)을 초과하고 있는 것으로 나타났다.

AVS의 경우, 해역으로 유입된 유기물이 혐기적 상태에서 황산염 환원박테리아의 작용에 의해 생성되는 것으로 알려져 있다(Froelich et al., 1979). 군내, 예교 및 안도해역 모두에서 다소 높은 값을 보이고 있는 것은 양식장 또는 양식장 주변의 퇴적물로 유입되는 유기물은 주로 양식사료 찌꺼기 또는 어류 배설물이며 이런 종류의 유기물은 상대적으로 쉽게 분해될 수 있는 유기물로서 분해되는 과정에서 저층에 저산소 또는 빈산소가 형성되고 이러한 상황에서 쉽게 황화염의 환원작용에 의해 손쉽게 생성되는 것으로 판단되었다(현 등, 2003).

조사결과를 종합적으로 볼 때 화학적산소요구량 및 강열감량의 결과에서 간접적으로 유추할 수 있는 유기물 함량의 이들 3개 해역에서의 공간적 차이는 이들 3개 해역에서 이루어지고 있는 양식규모 및 밀도의 차이에서 기인하는 것으로 판단되며, 같은 공간이라도 양식 밀도의 변동이나 일정 기간 동안의 사료 공급량이 달라짐으로 인하여 사료 찌꺼기 발생량 또는 양식 생물의 배설량 등의 차이가 시공간적으로 발생하게 되고 해역의 조류 및 조석 변화에 따라 분포 및 축적도가 달라지는 것으로 판단되었다. 또한 해역으로 유입된 유기물이 황산염 환원 박테리아에 의해 분해되는 과정에서 주변의 산소가 고갈됨에 따라 축적되어 있던 황산염으로부터 주로 생성되는 AVS도 유기물 분포와 유사한 원인으로 인하여 시공간적 변동이 다소 크게 그리고 높게 나타난 것으로 판단되었다(현 등, 2003).

6) 배합사료에 의한 영양염 용출량

어류 양식에 사용되는 사료에 의해 용출될 가능성이 있는 영양염류의 농도를 조사하고자 여과된 해수와 양식사료를 일정비율로 혼합한 후 24시간 정치 후 용출량을 조사한 결과는 그림 139와 같이 나타났다.

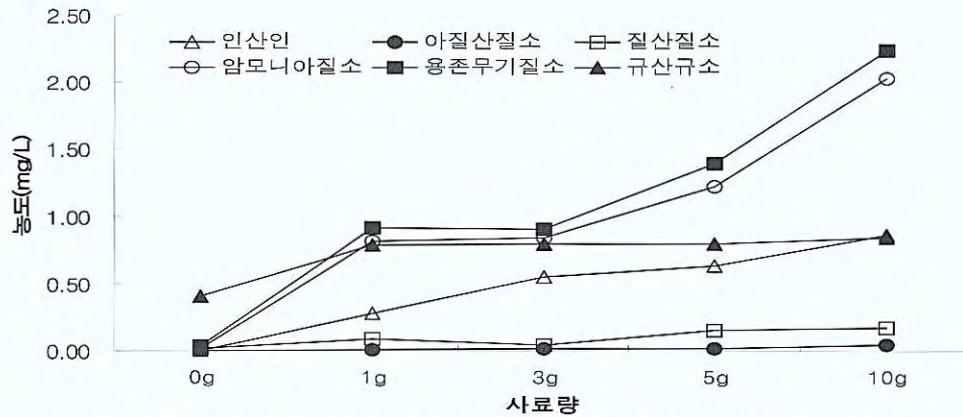


그림 139. 해수에 대한 양식사료 비율별 영양염 용출량의 변화.

해수에 대한 사료의 비율이 증가할 수록 대부분의 영양염류의 용출량은 증가하는 경향을 보였다. 특히 용존무기질소와 암모니아질소의 용출량 증가가 현저하게 나타났으며, 특히 사료를 넣지 않은 시험구(0 g)보다 각각 최대 약 580배와 약 148배가 증가하였다. 또한 아질산질소의 경우에는 무첨가구(0 g)보다 약 770배가 증가하는 결과를 보였다.

그리고 암모니아질소의 증가로 인한 용존무기질소의 증가도 관찰되었으며, 사료의 양이 변화함에 따라 영양염류가 용출되는 패턴은 1 g과 3 g 간에는 용출되는 농도가 대부분 차이가 적었으나 3 g 이상에서는 양이 증가할 수록 용출되는 영양염류의 농도도 큰 폭으로 증가하는 양상을 보였다.

7) 대상해역의 수질 평가

해수의 수질은 다양한 인자들에 의해 조절되며 수질의 상태도 여러 인자에 의해 영향을 받게 된다(김 등, 2004; 김 등, 2005). 이러한 경우 수질을 분석한 결과를 이용한 다변량 통계분석이 요구되며 특히, 다변량통계분석 기법 중 주성분분석법은 수질은 일견하여 평가할 수 있는 결과를 제시하는 경우가 많다(김과 조, 2004). 여수 돌산 주변해역, 안도 주변해역 및 거문도 후보지 해역의 수질조사 결과를 이용하여 다변량통계분석기법을 활용하여 주성분분석을 실시한 결과, 그림 140과 같이 분류되었다.

그림에서와 같이 주성분분석을 통해 연구대상으로 삼은 3개 해역을 가장 설명할 수 있는 항목을 분류한 결과 제 1축은 부유입자물질(SS)인 것으로 나타났고 제 2축은 클로로필 a(Chl-a)인 것으로 나타났다. SS의 경우에는 연구대상 해역을 대부분 양식장 또는 주변에 양식장이 위치하고 있는 해역을 대상으로 선정하였기 때문에 양식장에서 수시로 발생하고 있는 사료 찌꺼기 또는 양식어류의 배설물 등과 같은 부유물질에 의한 것으로 판단되며 클로로필 a도 SS의 경우에서처럼 주변 양식장에서 상시 발생하는 유기성 또는 무기성 영양물질이 공급됨으로 인해 계절적으로 춘계 또는 하계에 플랑크톤 번식속도가 상대적으로 높아지기 때문으로 판단되었다.

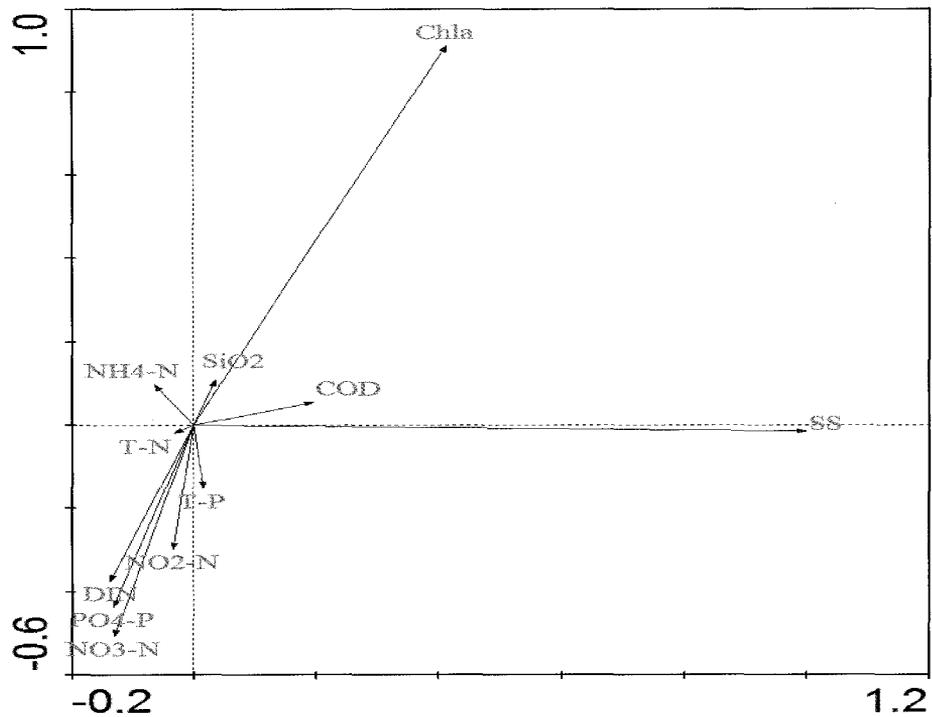


그림 140. 수질조사 결과를 이용한 주성분분석 (principal component analysis) 결과.

나. 해상가두리 사육시험

1) 성장 및 생존율

참돔, 감성돔을 대상으로 약 20개월간 여수 연안 가두리양식장에서 사육실험을 실시하였다. 1차실험은 2006년 11월부터 2007년 12월까지 조사하였으며, 2차실험은 2008년 1월부터 2008년 7월까지 구분하여 조사하였다. 1차 실험 결과 참돔의 성장은 11월에 입식 후 약 4개월간은 성장이 정체하여 시험어장별로 큰 차이를 보이지 않았으나, 5월 이후 연안수온이 17℃내외로 상승하면서 성장이 증가하는 경향을 보였다(그림 141). 안도 가두리 시험구에 비하여 군내와 예교 시험구에서 양호한 성장을 보였으며, 12월까지 군내 시험구에서 평균전장 29.6 ± 1.6 mm, 평균체중 457.8 ± 80.9 g으로서 가장 높은 성장을 보였으며, 안도 시험구는 평균전장 24.7 ± 0.9 mm, 평균체중 293.0 ± 48.3 g으로서 가장 낮은 성장을 보였다. 군내와 예교 시험구에서는 성장에 있어서 유의차는 발생하지 않았지만 ($P > 0.05$), 안도시험구는 군내와 예교시험구에 비하여 유의하게 낮은 성장차이를 보였다 ($P < 0.05$). 감성돔에 있어서도 참돔과 유사한 경향을 보였는데, 12월까지 사육결과는 그림 141과 같다. 군내 시험구에서 평균전장 23.7 ± 1.1 mm, 평균체중 251.3 ± 42.8 g으로서 3개 시험구 중에서 가장 양호한 결과를 보였으며, 그 다음으로 예교 시험구로서 두 시험구간에는 성장차이는 나타나지 않았지만 ($P > 0.05$), 안도 시험구에서는 평균전장 19.7 ± 1.3

mm, 평균체중 131.5 ± 27.0 g으로서 가장 낮은 성장을 보여 군내와 예교 시험구와 비교하여 유의하게 낮은 성장차이를 보였다($P < 0.05$). 이러한 결과는 겨울철 저수온기에 안도지역이 수온조건이 가장 양호하였으나 성장에는 큰 영향을 미치지 못하였고, 봄부터 수온이 상승하면서 가을까지 군내와 예교 시험구에서 동류의 성장에 적합한 $24 \sim 26^\circ\text{C}$ 수온조건을 장기간 유지함으로써 안도지역에 비하여 양호한 성장을 보인 것으로 판단된다.

2차 실험 결과 참돔에 있어서 1월부터 3월까지는 전장의 변화는 없었으며, 체중은 감소하는 경향을 보였으며, 4월부터 수온이 상승하면서 성장이 증가하는 경향을 보였다(그림 77). 최종적으로 안도 시험구에 비하여 군내와 예교 시험구에서 양호한 성장을 보였으며, 7월까지 군내 시험구에서 평균전장 31.6 ± 1.7 mm, 평균체중 605.4 ± 116.0 g으로서 가장 높은 성장을 보였으며, 안도 시험구는 평균전장 27.7 ± 1.4 mm, 평균체중 359.7 ± 59.2 g으로서 가장 낮은 성장을 보였다. 군내와 예교 시험구에서는 성장에 있어서 유의차는 발생하지 않았지만($P > 0.05$), 안도시험구는 군내와 예교시험구에 비하여 유의하게 낮은 성장차이를 보였다($P < 0.05$).

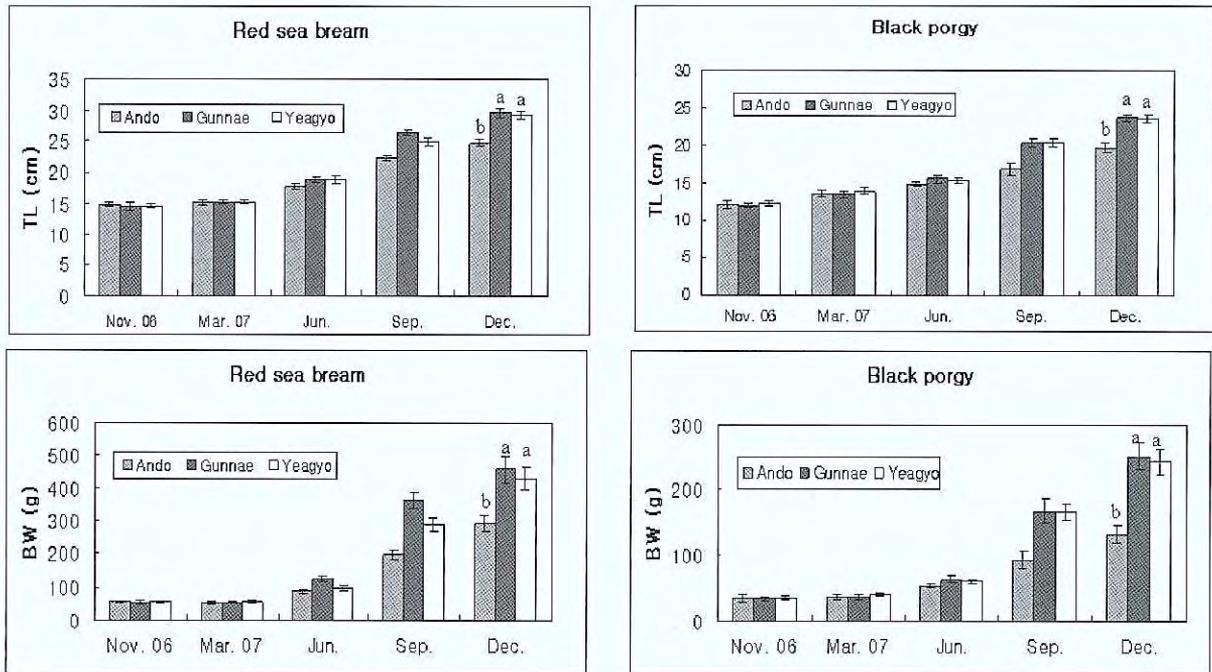


그림 141. 양식어장별 참돔과 감성돔의 성장 변화 (2006~2007).

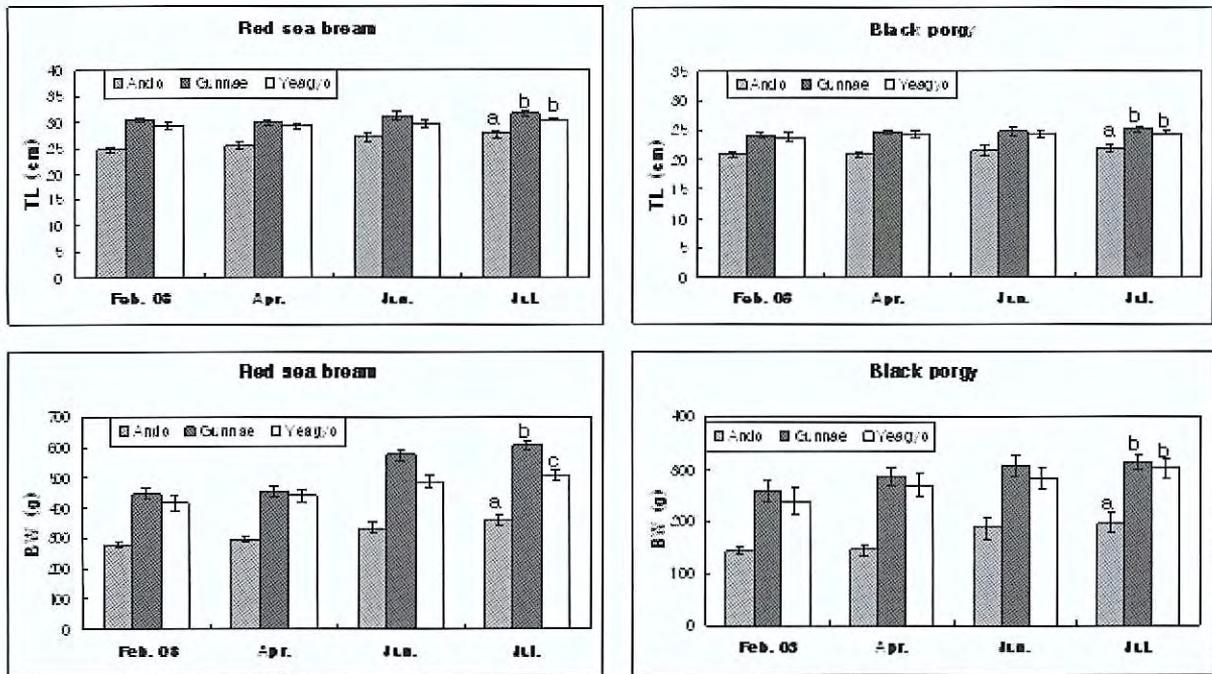


그림 142. 양식어장별 참돔과 감성돔의 성장 변화(2008).

감성돔에 있어서도 참돔과 유사한 경향을 보였는데, 최종적으로 7월까지 사육결과 군내 시험구에서 감성돔의 평균전장 25.2 ± 1.0 mm, 평균체중 314.5 ± 31.0 g로서 3개 시험구 중에서 가장 양호한 결과를 보였다(그림 142). 안도 시험구에서는 평균전장 21.9 ± 1.2 mm, 평균체중 195.9 ± 37.1 g으로서 가장 낮은 성장을 보여 군내와 예교 시험구와 비교하여 유의하게 낮은 성장차이를 보였다($P < 0.05$). 최종 생존율은 참돔의 경우 안도 시험구에서 65%, 군내 시험구에서 63%, 예교 시험구에서 52%로서 안도와 군내 시험구에서 다소 양호하게 나타났으며, 비월동 지역으로 선정된 예교 시험구에서 가장 낮았다(그림 143). 모든 시험구에서 겨울철에 월동기간에 체력저하로 면역력이 떨어져서 폐사가 증가하였으며, 특히 월동장으로 이동사육한 군내 시험구의 경우는 이동과정에서 스트레스에 의한 폐사가 발생하여 이동시기를 결정하는데 있어 수온이 13°C 이상이 적당할 것으로 판단된다. 감성돔의 경우 최종 생존율은 안도 시험구에서 71%, 군내 시험구에서 69%로 비슷한 경향이었고, 예교 시험구에서 45%로서 가장 낮은 생존을 보였다(그림 144). 참돔과 마찬가지로 주로 겨울철 월동사육 기간중 폐사가 발생하거나 수온이 상승하면서 생리적으로 활성이 증가하면서 폐사가 발생하여 겨울철 면역력 증강을 위한 사료의 에너지함량을 조절하여 철저한 사육관리가 요구된다. 특히 예교지역의 경우는 2007에 비하여 2008년에 겨울철 최저 수온이 $6 \sim 7^{\circ}\text{C}$ 로 하강하면서 폐사가 증가하는 것으로 보아 여수지역의 가막만 남단의 돌산 연안과 화정면, 남면 일부지역은 겨울철 급격한 수온하강에 의하여 돔류의 피해가 상존하고 있기 때문에 월동장으로 이동하여 관리하여야 할 것으로 판단된다.

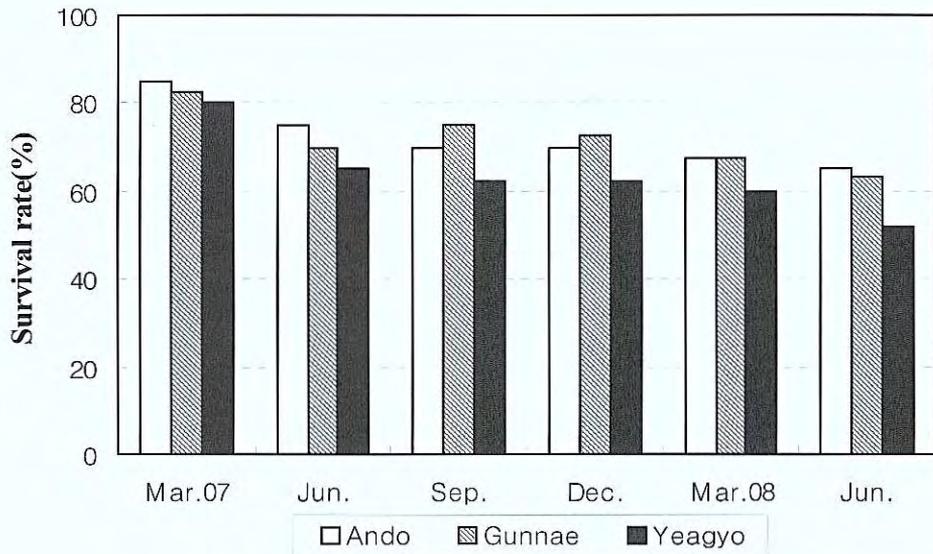


그림 143. 사육기간 동안 참돔의 생존율.

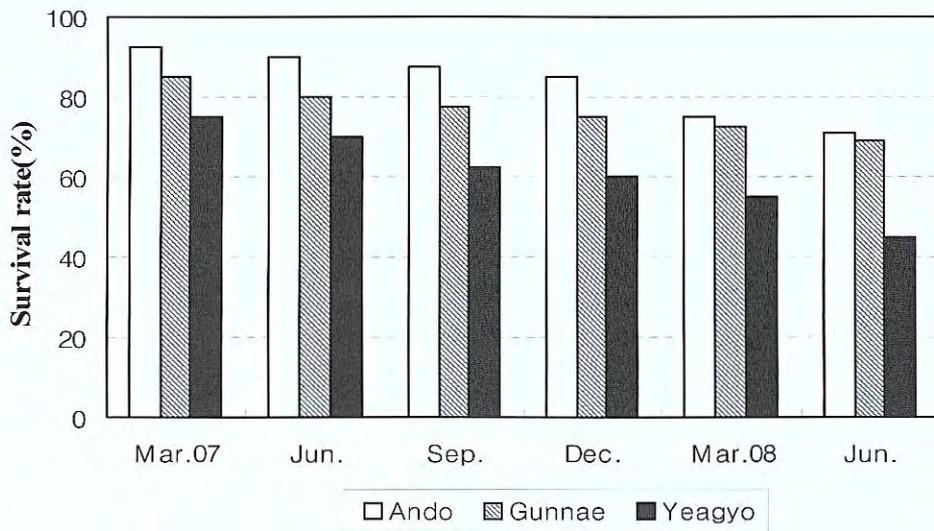


그림 144. 사육기간 동안 감성돔의 생존율.

다. 실내 월동 사육시험

참돔은 사육실험 시작시 부터 수온이 13℃로 하강까지는 활발하게 섭이하였으나, 12℃로 하강하면서 유영상태도 둔화되면서 섭이활동이 급격하게 떨어졌고, 대조구에서 10℃ 이하로 하강하면서 섭이행동을 거의 보이지 않았다. 그러나 10℃ 가운데에서는 일부 미약하게나마 섭이 개체를 확인할 수 있었으나 성장의 큰 영향을 미치지 못했다. 감성돔은 수온이 13℃로 하강하면서 유영상태가 둔화되고 먹이를 섭이하는 개체가 급격하게 감소하는 경향을 보여 참돔에 비하여 먹이활동에 있어 수온에 더 민감하게 반응하였다. 참돔의 전장과 체중의 변화를 통하여 어체중 감소율을 그림 145에 나타내었다. 가

온구에서는 실험개시시 평균체중이 76.8 g(100%)이었고, 30일째는 평균체중 71.2 g(92.7%)로 감소하였으며, 실험 종료시점인 90일째는 평균체중이 63.7 g(82.9%)으로서 체중 감소폭이 다소 증가하는 경향이였다. 대조구에서는 실험개시시 평균체중이 75.2 g(100%)이었고, 1월에 접어들면서 수온이 7℃까지 하강하면서 평균체중이 60.2 g(80.0%)까지 감소하여 가온구와 유의차가 나타났으며($P < 0.05$), 실험 종료시점인 90일까지 평균체중이 57.2 g(76.1%)으로 감소폭이 다소 둔화되었으며, 가온구와 비교하여 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). 감성돔은 가온구에서는 30일째는 평균체중 38.0 g(87.1%)으로 감소하였으며, 실험 종료시점인 90일까지 평균체중이 32.6 g(74.8%)으로서 체중 감소폭이 다소 증가하는 경향이였다(그림 146). 대조구에서는 종료시점에 평균체중이 34.8 g(87.1%)으로서 가온수조에 비하여 다소 체중 감소폭이 둔화되는 경향을 보였으나 시험구간 유의차는 나타나지 않았다($P > 0.05$). 참돔과 돌돔을 대상으로 절식상태에서 수온유지와 수온변화조건에 따라 체중감소율을 조사한 결과 수온이 상승하면서 대사율이 증가하면서 체중감소폭이 증가하는 경향이였다(주, 2000). 이 실험에서는 10℃ 수온 유지구와 자연수온 조건에서 체중 감소율에 있어 큰 차이는 없었으나 시간이 경과함에 따라 점진적으로 체중이 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 수온이 12℃내외로 하강하면서 감성돔에 이어 참돔에 있어서도 섭이를 중단함으로써 사육기간이 경과하면서 어체내의 영양분을 소진하여 지속적인 체중감소로 이어지는 것으로 판단된다.

생존율은 참돔에서는 실험개시에서부터 약 60일까지는 대조구와 가온구에서 거의 폐사는 발생하지 않았지만 60일 이후부터 수온이 상승하면서 폐사량이 급격히 증가하여 최종 생존율은 대조구에서 85.3%, 가온구에서는 93.2%였다(그림 147). 감성돔에서도 참돔과 유사한 경향이었는데, 최종 생존율이 대조구에서 78.3%, 가온구에서는 93.2%로서 대조구에서는 참돔에 비하여 더 낮은 생존율을 보였다(그림 148). 이러한 결과는 온대성어종인 참돔과 감성돔은 수온이 10℃이하로 하강하면서 섭이능력이 떨어지면서 장기간 절식상태로 접어들게 되는데, 이때 체내에 축적된 단백질과 지질 등을 에너지원으로 활용하여 생명을 유지하게 된다. 특히, 남해안의 경우 돔류에 있어 겨울철에 사료의 섭이가 거의 이루어지지 않은 채 12월부터 이듬해 3월까지 약 4개월 정도는 절식상태로 이어진다. 그러나 시간이 경과함에 따라 에너지원의 소진과 면역이 떨어진 상태에서 수온이 상승하면서 대사활동의 증가로 인하여 폐사가 증가하는 것으로 사료된다.

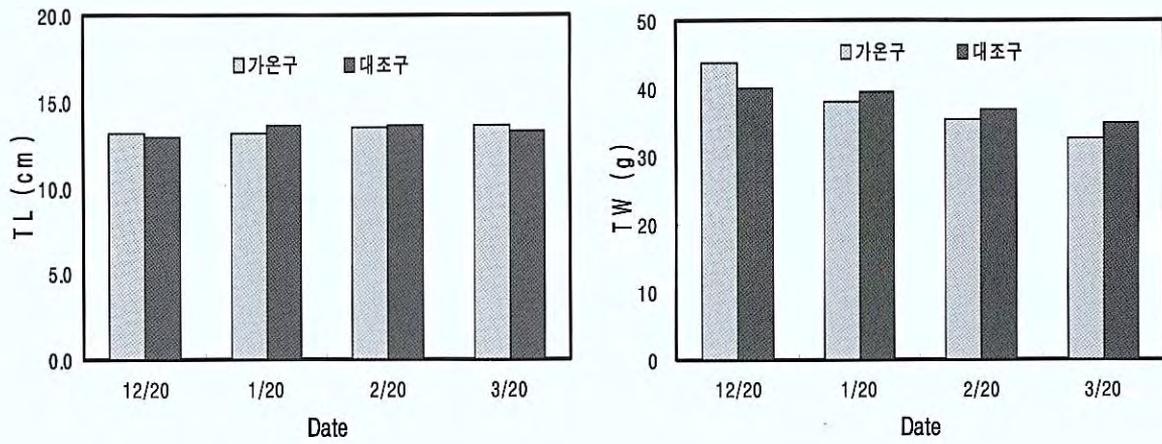


그림 145. 실내수조에서 감성돔의 가온사육 실험 결과.

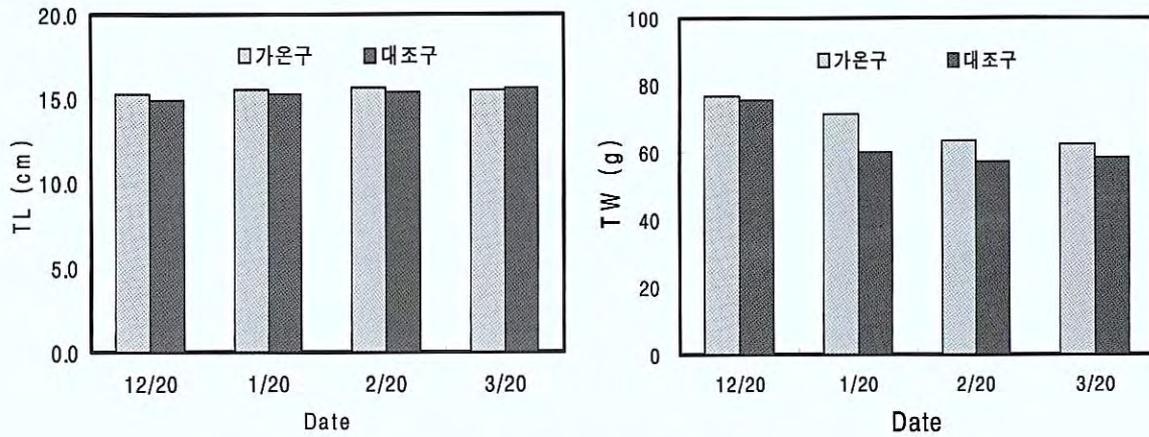


그림 146. 실내수조에서 참돔의 가온사육 실험 결과.

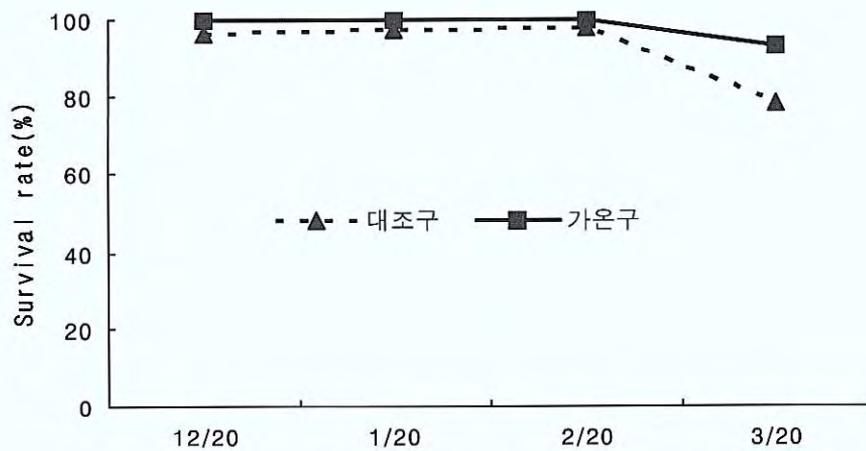


그림 147. 실내수조에서 감성돔의 가온사육시 생존율 변화.

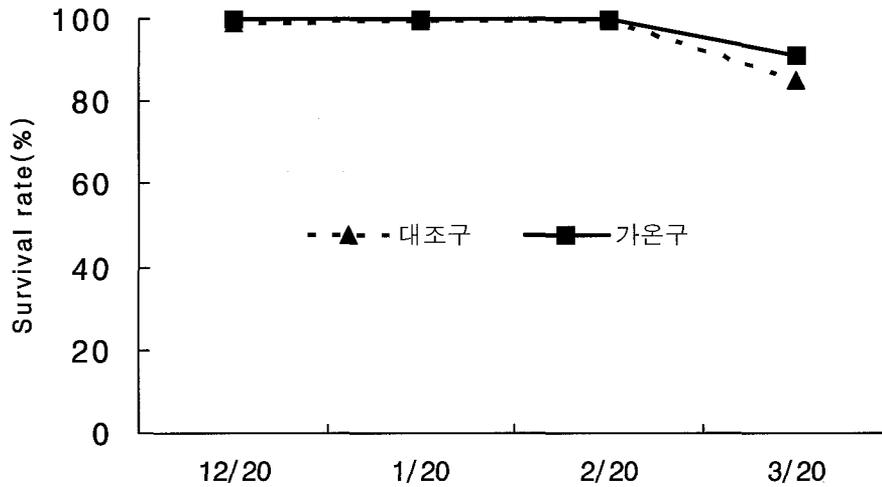


그림 148. 실내수조에서 참돔의 가온사육시 생존율 변화.

3. 요약

가. 여수연안 가두리양식장 환경조사

조사기간 중 화학적산소요구량(COD)을 조사한 결과로 볼 때, 대부분 수질 1등급 기준(1 mg/L 이하) 내외의 수질을 보였으며 총인(TP)은 대체로 수질 1등급 기준(0.03 mg/L)과 수질 3등급 기준(0.09 mg/L 이하) 사이의 수질상태를 보여주고 있었으며 거문도 해역에서 1월에 조사한 결과를 제외하고는 수질 3등급 기준을 초과하는 결과는 나타나지 않았다.

그러나 총질소(TN)의 경우, 주변 양식장에서 사용한 사료의 찌꺼기 또는 양식생물의 배설물 등을 통하여 수시로 공급됨으로 인해 조사시기 및 정점과는 무관하게 수질 3등급 기준(1.0 mg/L 이하) 내외 또는 초과하는 경우가 대부분이었으나, 출하 등 양식밀도의 변화 또는 사료 공급량의 변동 등으로 인한 것으로 판단되는 이유로 시기별로 다소 낮은 경향을 보이는 때도 있었다.

또한 퇴적물의 환경상황을 조사한 결과에서는 대부분의 대상 해역 퇴적물의 COD농도와 AVS의 농도는 일본 양식장 퇴적물 오염기준을 초과하고 있는 것으로 나타났으며, 악화된 퇴적물은 상층의 수괴로 영양염을 공급하는 제 2의 공급원 역할을 할 뿐만 아니라 양식 생산성도 저하시킬 우려가 있는 만큼 집중적인 관리가 필요하다고 판단되었다.

일반적으로 해역에서 적조발생에 필요한 영양염류 농도의 하한(下限) 조건으로는 질소가 0.05~0.2 mg/L, 인은 0.007~0.03 mg/L 로 알려지고 있으며, 질소의 농도가 0.1 ppm, 인의 경우에는 0.015 ppm 이상인 경우 적조발생 조건에 해당되는 것으로 알려지고 있다.

본 연구에서 조사한 결과, 조사해역의 대부분에서 총질소, 총인의 농도는 대부분 수질 3

등급 또는 2등급 기준(각각 0.6 mg/L 및 0.05 mg/L)을 각각 초과하는 것으로 나타났을 뿐만 아니라 적조발생이 우려되는 농도인 것으로 나타났으나, 본 연구의 대상 해역, 특히 안도주변해역과 거문도 후보지 해역의 경우, 주로 동계에 양식생물의 월동장으로 이용하게 될 것이라는 점을 감안한다면 월동장으로 활용되는 동계에 적조가 발생할 가능성과 이로 인한 어류폐사 발생 가능성은 매우 낮을 것으로 판단되었다.

나. 해상가두리 사육시험 및 실내 월동 사육시험

1) 해상가두리 사육시험

남해안 가두리양식장에서 돔류(참돔, 감성돔)의 월동가능성을 조사하기 위하여 2006년 11월부터 2008년 7월까지 사육하면서 성장, 생존율을 조사하였다.

감성돔, 참돔을 대상으로 여수연안 가두리 양식장에서 사육실험 결과 12월까지 예교지선에서 높은 성장을 보였고, 1월부터 전체적으로 성장이 정체되어 3월까지 체중감소 경향을 보였다. 최종적으로 여름철 수온조건이 양호한 군내어장에서 참돔, 감성돔 모두 성장이 가장 빨랐으며, 반면 안도어장에서는 전체적으로 성장이 가장 저조하였다($P < 0.05$), 생존율은 참돔에 있어서 전 시험어장에서 52~65%범위였고, 감성돔은 45~71%범위로서 시험어장간 유사한 경향을 보였다. 사육기간 중(1~3월) 연안수온이 8~10℃일때는 사료를 거의 먹지 않아 성장은 정지되고 5~10%정도의 체중이 감소하였다. 따라서 여수연안에서 돔류의 양식은 성장 적수온 조건(20~25℃)이 장시간 유지되는 군내와 예교에서 양성하고, 겨울철 수온조건이 양호한 남면 안도지역에서 월동사육을 하는 것이 가장 경제적인 양식방법으로 판단된다.

2) 실내 월동 사육시험

실험은 자연수온 조건을 유지하면서 사육한 대조구와 자연수온이 10℃로 하강한 12월 10일부터 실험종료시까지 10℃(± 1.0 ℃)로 유지한 가온구로 설정하였으며, 실험기간은 2006년 12월 1일부터 3월 27일까지 약 117일간 실시하였다.

실험기간 동안 가온 실험구에서 참돔의 체중감소율(body weight inflection rate)은 82.9%, 자연수온구에서는 76.1%까지 감소하여 가온구와 유의차가 나타났으며($P < 0.05$), 감성돔에 있어서는 유의차는 나타나지 않았다($P > 0.05$).

생존율은 참돔에 있어서 자연수온구 85.3%, 가온구 93.2%였으며, 감성돔은 자연수온구에서 78.3%, 가온구에서는 93.2%로서 자연수온구에서는 참돔에 비하여 더 낮은 생존율을 보였다. 따라서 돔류의 사육에 있어 겨울철 체중감소를 억제하고 지속적인 성장을 유지하기 위해서는 사육수온이 최소 10℃이상은 유지되는 장소가 적합할 것으로 판단된다.

제6절 **돔류 에너지 함량별 월동사육 및 면역력 특성 연구**

사료의 지질은 단백질이나 탄수화물보다 에너지 가가 높아 값비싼 사료 단백질을 절감시킬 수 있을 뿐만 아니라, 필수지방산 공급원으로 어류의 성장과 체내대사에 있어 중요한 영양소이다. 동일한 사료 단백질 함량에서 지질 함량을 조절함으로써 무지개송어(Takeuchi, 1982) 및 차넬메기(Garling and Wilson, 1976) 등 여러 어종에서 성장 및 사료효율이 개선되었다고 보고되었다.

어류의 영양소 이용률은 수온에 따라 달라질 수 있으며, 특히 사료의 지질 및 에너지 함량은 사육수온에 따라서 어류의 성장 및 사료이용률에 다르게 영향을 미칠 수 있다(Olsen and Ringø, 1998; Peres and Oliva-Teles, 1999). 참돔은 수온 20-26℃에서 성장이 잘되는 어종이며, 참돔의 영양요구에 관한 대부분의 연구들은 이들의 성장이 적합한 수온에서 수행되었다(Yone et al., 1971; Fujii and Yone, 1976). 그러나 우리나라의 참돔 양성장에서는 수온이 20℃ 보다 낮은 저수온을 상당기간 나타내고 있다. 따라서 사육수온 혹은 계절별로 참돔 사육에 적합한 사료제조를 위해서는 수온에 따른 영양소 이용성에 관한 연구들이 수행되어야 한다. 그러나 저수온기에 참돔을 대상으로 한 사료 영양소 이용에 관한 연구는 미비한 실정이다. 그래서 본 연구에서는 저수온기에 참돔 양식 생산성을 향상시키기 위한 사료연구의 일환으로, 사료의 지질함량이 겨울철에 사육된 참돔 치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향에 관하여 조사하였다.

돔류는 온수성 어족으로 15℃ 정도의 수온에서 잘 성장하는 것으로 알려져 있다. 그러나 돔류가 가장 많이 양식되는 남해안의 경우 15℃이하로 내려가는 기간이 5개월 이상이며 12월부터 익년 4월까지 돔류의 폐사가 발생하여 폐사율이 10-50%에 달하는 것으로 보고되고 있다 (최 등, 2002). 이러한 돔류의 폐사는 저수온으로 인한 생리적 균형의 붕괴가 그 원인인 것으로 판단되나 이에 대한 명확한 규명이 이루어지지 않은 실정이다. 현재까지 알려진 저수온에 의한 어류의 생리적 반응은 가송어의 경우 혈액학적 특성에 변화를 가져오고 (강 등, 2007), 넙치의 갑상선 호르몬의 변화를 가져오거나 백화 현상을 유발 (유 등, 2003)하며, 일부 돔류에서는 녹간증이 유발되는 것으로 알려져 있다 (최 등, 2002). 이러한 어류의 생리적 반응을 진단하는데 있어 비교적 간단하며 효과적인 방법으로써 혈액 내 각종 성분을 정량하는 기법이 개발되어 이용되고 있다. 이러한 기법은 특히 질병, 환경 오염, 영양 상태에 따라 민감하게 반응하는 성분들이 규명된 상태로써 어류의 생리적 상태를 진단하기 위해 광범위하게 이용되고 있다 (전 등, 1995).

본 연구는 최근 남해안 여수 일대 참돔과 감성돔 양식장에서 나타나고 있는 겨울철 저수온 환경이 이들 어류의 혈액학적 특성에 미치는 영향을 조사함으로써 저수온에 의한 어류의 생리적 스트레스를 진단하고자 하며 이러한 생리적 스트레스를 상쇄하는데 지질을 강화한 사료가 효용성이 있는지 조사하기 위하여 실시되었다.

1. 재료 및 방법

가. 지질함량에 따른 돔류의 월동사육 실험

1) 실험사료

실험사료는 표 13에 나타낸 바와 같이 단백질원으로 갈색어분을 사용하여 사료의 단백질 함량이 47% 전후가 되도록 하였으며, 지질원으로 오징어간유를 3%, 9% 및 15%로 증가시키는 대신 탄수화물원으로 α -전분을 28.5%, 22.5% 및 16.5%로 감소시킨 3종류의 실험사료를 설정하였다. 이와 같이 설계된 원료들을 잘 혼합한 후 원료 100 g 당 물 40 g 내외를 첨가하여 펠릿제조기로 사료를 성형한 후 실온에서 24시간 건조하였다. 제조된 사료는 -30°C 에 보관하면서 사용하였으며, 실험사료의 지방산 조성을 표 14에 나타내었다.

2) 실험어 및 사육관리

사육실험은 참돔 치어(평균체중 79 ± 0.3 g)와 감성돔 치어(17.5 ± 0.1 g)를 6개의 250 L 수조에 각각 30마리씩 각 사료마다 2반복으로 수용하였으며, 1주일에 6일간 하루에 2회 오전과 오후 (10:00, 17:00)에 실험사료를 반복 공급하였다. 사육수로 여과해수를 각 수조에 분당 10 L 내외로 조절하여 흘려주었으며, 2007년 11월 15일부터 2008년 4월 22일까지 25주간 사육하였다. 사육실험 기간 동안의 수온은 $5.9 \sim 16.7^{\circ}\text{C}$ ($9.9 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$)였으며, 사육실험 시작시와 종료시에는 측정 전일 절식시킨 후 각 수조에 수용된 모든 실험어의 전체무게를 측정하였다(그림 149).



그림 149. 에너지함량별 월동사육실험.

표 13. 실험사료의 영양조성과 성분

	Diets		
	10 L	17 L	22 L
Ingredient (%)			
Brown fish meal	64.0	64.0	64.0
α -Starch	28.5	22.5	16.5
Squid liver oil	3.0	9.0	15.0
Vitamin premix ¹	2.0	2.0	2.0
Mineral premix ²	2.0	2.0	2.0
Choline chloride	0.5	0.5	0.5
Nutrient contents (DM basis)			
Crude protein (%)	47.1	47.0	46.5
Crude lipid (%)	9.9	16.5	21.8
Ash (%)	11.5	11.4	11.3
Crude fiber (%)	2.2	2.2	2.0
Gross energy (cal/g)	4821	5090	5213

¹ Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg premix): L-ascorbic acid, 121.2; DL- α -tocopheryl acetate, 18.8; thiamin hydrochloride, 2.7; riboflavin, 9.1; pyridoxine hydrochloride, 1.8; niacin, 36.4; Ca-D-pantothenate, 12.7; myo-inositol, 181.8; D-biotin, 0.27; folic acid, 0.68; p-aminobenzoic acid, 18.2; menadione, 1.8; retinyl acetate, 0.73; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003.

² Mineral premix contained the following ingredients (g/kg premix): MgSO₄·7H₂O, 80.0; NaH₂PO₄·2H₂O, 370.0; KCl, 130.0; Ferric citrate, 40.0; ZnSO₄·7H₂O, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0.

표 14. 실험사료의 지방산 조성 비율

	Diets		
	10 L	17 L	22 L
Fatty acids			
C14:0	3.7	4.1	4.2
C16:0	19.5	18.1	15.9
C16:1n-7	5.9	6.8	8.2
C18:0	3.9	3.6	2.8
C18:1n-9	14.5	16.7	19.3
C18:2n-6	1.1	1.5	1.7
C18:3n-3	1.2	1.2	1.4
C18:4n-3	0.4	0.5	0.6
C20:1n-9	2.2	2.6	5.2
C20:3n-6	0.1	0.1	0.1
C20:4n-6	0.8	0.7	0.6
C20:4n-3	0.6	0.8	0.7
C20:5n-3	19.0	17.1	16.1
C22:1n-9	0.9	1.2	3.6
C22:2n-6	1.0	0.9	0.8
C22:3n-3	0.4	0.4	0.3
C22:5n-3	3.9	4.2	3.2
C22:6n-3	21.0	19.6	15.3
n-3 HUFA ¹	44.9	41.9	35.6

¹ Highly unsaturated fatty acids (C≤20).

3) 성분분석

어체 성분 분석용으로 사육실험 시작시 10마리를, 실험 종료시에는 각 실험수조에 수용된 모든 실험어를 샘플하여 냉동(-75℃) 보관하였다. 실험사료 및 어체의 수분은 105℃에서 6시간 건조하여 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP500T/TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방추출기(Velp SER148, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550℃의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다. 실험사료의 조섬유는 조섬유분석기(Fibertec, Tecator, Sweden)를 사용하여 분석하였으며, 에너지함량 열량측정기(Parr-6200, USA)를 사용하여 분석하였다. 지방산 분석은 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 메탄올과 클

로로포름 혼합액으로 지질을 추출하였으며, 14% BF₃-methanol (Sigma, USA)로 지방산을 methylation 시킨 후, capillary column (HP-INNOWax, 30 m×0.32 mm×0.5 μm, USA)이 장착된 gas chromatography (HP-6890, USA)로 분석하였다. Carrier gas는 헬륨을 사용하였으며, oven 온도는 170°C에서 225°C까지 분당 1°C씩 증가시켰고, injector의 온도는 250°C, detector (FID) 온도는 270°C로 설정하였다.

4) 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS 프로그램을 사용하여 ANOVA-test를 실시한 후, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다.

나. 지질 함량별 종류의 면역력 측정

1) 실험어 및 사육관리

사육실험은 사료의 지질함량에 따른 종류의 월동사육시험과 동일한 시험구에서 실험어를 사육하면서 15일마다 채혈을 실시하였다.

2) 채혈

혈액분석을 위하여 시험구당 5마리씩 무작위 선정하여 시험어의 미부동맥으로부터 헤파린 처리된 주사기(1 ml)로 채혈하였으며, 채취한 혈액은 원심분리 (1,500 rpm, 15분, 4°C)하여 혈장 (plasma)만을 취한 후 -70°C에서 분석전까지 냉동 보관하였다.

3) Lysozyme activity 분석

Lysozyme 활성도는 EnzChek[®] Lysozyme Assay Kit (E-22013, Molecular Probes, USA)를 이용하여 측정하였다. 이를 위하여 먼저 Standard 용액 (lysozyme from chicken egg white)을 희석하여 0, 15, 30, 63, 125, 250, 500 U/ml 농도로 제조하고 96well 형광용 plate에 25 μl씩 주입하였으며, 시료 역시 동일량을 주입한 후 25 μl의 buffer와 희석하였다. 여기에 substrate 50 μl를 주입하고 37°C에서 30분간 incubation 한 다음 형광 micro-plate reader (GENios)를 이용하여 excitation 485/emission 535 nm에서 흡광량 (optical density, OD)을 측정하였다. 시료의 OD는 standard의 OD 값에 따른 상관관계 수에 따라 최종 lysozyme 활성도를 결정하였다.

4) 혈장내 총 단백질 분석

혈장내 총단백질량은 BCA Protein Assay Kit (Pierce, USA)를 이용하였고, 이때 standard는 bovine serum albumin (BSA)을 이용하여 Microwell plate protocol에 따라 정량하였다.

5) 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS 프로그램을 사용하여 ANOVA-test를 실시한 후, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성($P < 0.05$)을 검정하였다.

다. 수온하강에 따른 참돔과 감성돔의 혈액학적 분석

1) 실험방법

저수온이 참돔과 감성돔의 혈액성상에 미치는 변화를 측정하기 위하여 폐사가 일어나는 해양환경의 수온 조건을 조성하였다. 실험기간 동안 자연수온은 6.6-12.7°C (평균 9.1°C)였으며 이를 바탕으로 실내 사육수온이 9.5°C (2006년 12월 15일), 7.0°C (2007년 1월 15일), 8.0°C (2007년 2월 15일), 9.0°C (2007년 3월 15일)에 도달하는 시점에 채혈을 하였다.

실험어는 참돔 (전장 15.0-15.6 cm, 체중 62-70.5 g)과 감성돔 (전장 12.9-13.6 cm, 체중 36.8-40.0 g)을 각각 2톤 원형 FRP수조에 100마리씩 수용하였으며, 30일 간격으로 전장 및 체장을 측정하였다. 실험기간 동안 주수량은 3 L/min로 유지하였다. 실험구는 2반복으로 실험을 실시하였다. 먹이는 돌류용 EP (Extrude pellet)사료를 1일 1회 공급하였으며, 겨울철 저수온기에는 섭이상황을 관찰하면서 먹이공급을 중단하였다.

2) 혈액 추출

혈액분석을 위하여 시험구당 5마리씩 샘플하여 시험어의 미부동맥으로부터 헤파린 처리된 주사기(1 ml)로 채혈하였으며, 채취한 혈액은 원심분리 (1,500 rpm, 15분, 4°C)하여 혈청만을 취한 후 -70°C에서 분석전까지 냉동보관하였다.

3) 혈액분석

혈장(plasma)중의 일반적 생화학 조성(general chemistry)으로써 albumin (ALB-P), glucose (GLU-PIII), triglyceride(TG-PIII), total protein(TP-PIII) 등을 분석하였고, 효소 활성(enzyme)은 creatine phosphokinase(CPK-PIII), glutamic oxalacetic transaminase(aspartate aminotransferase) (GOT/AST-PIII), glutamic pyruvic transaminase(alanine aminotransferase) (GPT/ALT-PIII) 등을 분석하였고, 전해물질 농도 (electrolytes)는 Na^+ , K^+ , Cl^- (Na-K-Cl)을 생화학분석기(FUJI DRI-CHEM 3500 analyzer, Japan)의 전용분석용 kit슬라이드를 사용하여 제조사의 설명대로 분석하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 지질함량에 따른 돔류의 월동사육 실험

지질 함량이 다른 사료로 참돔 치어를 25주간 사육한 결과를 표 15에 나타내었다. 생존율은 지질 10% 실험구가 67%로 가장 낮은 결과를 보였으며, 지질 22% 실험구(85%)와는 통계적인 차이가 없었으나 지질 17% 실험구(88%)에 비해 유의하게 낮았다($P<0.05$). 최종체중 및 증체량은 사료의 지질 함량이 10%에서 17%로 증가함에 따라서 증가하였으나, 지질 22% 실험구에서는 더 이상 증가하지 않았다. 사료효율과 단백질효율은 지질 17% 실험구가 가장 높은 값을 보였으나, 모든 실험구간에 통계적인 차이는 없었다. 일일 사료섭취율, 비만도, 간중량지수 및 장중량지수도 사료의 지질 함량에 영향을 받지 않았다. 지질 함량이 다른 실험사료로 감성돔 치어를 25주간 사육한 결과를 표 16에 나타내었다. 생존율은 모든 실험구에서 81%~91%였으며, 실험구간에 통계적인 차이는 없었다.

표 15. 지질함량별 참돔의 사육실험 결과

	Diets		
	10 L	17 L	22 L
Initial mean weight (g/fish)	79±0.2	79±0.3	79±0.3
Survival (%)	67±3.4 ^a	88±1.7 ^b	85±1.7 ^b
Final mean weight (g/fish)	55±3.5 ^a	147±31.5 ^b	108±13.5 ^{ab}
Mean weight gain (g/fish)	-24±3.8 ^a	68±30.9 ^b	29±13.5 ^{ab}
Feed efficiency (%) ¹	5±1.8	31±15.5	25±10.6
Daily feed intake ²	0.20±0.00	0.19±0.01	0.19±0.01
Protein efficiency ratio ³	0.10±0.04	0.66±0.33	0.53±0.23
Condition factor ⁴	1.52±0.07	1.58±0.01	1.58±0.07
Hepatosomatic index ⁵	1.36±0.17	1.05±0.02	1.14±0.24
Viscerasomatic index ⁶	4.46±0.05	4.23±0.21	4.24±0.47

Values (mean±SE of two replications) in each row with the different letter are significantly different ($P<0.05$).

¹ Fish wet weight gain × 100/feed intake (dry matter).

² Feed intake (dry matter) × 100/[(initial fish weight + final fish weight + dead fish weight) × days fed/2].

³ Fish wet weight gain × 100/protein intake.

⁴ Fish weight × 100/total length³.

⁵ Liver weight × 100/body weight.

⁶ Viscera weight × 100/body weight.

표 16. 지질함량별 감성돔의 사육실험 결과

	Diets		
	10 L	17 L	22 L
Initial mean weight (g/fish)	17.5±0.2	17.4±0.0	17.5±0.1
Survival (%)	81±3.3	91±2.2	91±0
Final mean weight (g/fish)	15.0±0.5	14.7±0.1	14.9±0.1
Mean weight gain (g/fish)	-2.6±0.3	-2.8±0.2	-2.7±0.2
Weight gain (%) ¹	-15±1.6	-16±0.7	-15±0.7
Feed efficiency (%) ²	0.4±0.3	-16±3.2a	-17±2.9
Daily feed intake ³	0.33±0.01	0.34±0.00	0.35±0.00
Protein efficiency ratio ⁴	0.01±0.01	-0.34±0.07	-0.39±0.06
Condition factor ⁵	1.28±0.02	1.26±0.06	1.24±0.03

Values (mean±SE of two replications) in each row with the different letter are significantly different (P<0.05).

¹ (Final body weight - initial body weight) × 100/initial body weight

² Fish wet weight gain × 100/feed intake (dry matter).

³ Feed intake (dry matter) × 100/[(initial fish weight + final fish weight + dead fish weight) × days fed/2].

⁴ Fish wet weight gain × 100/protein intake.

⁵ Fish weight × 100/total length³.

최종체중, 증체량 및 증체율은 사료의 지질 함량에 영향을 받지 않았으나, 최종체중은 최초실험어의 평균체중에 비하여 감소하는 결과를 보였다. 이는 본 사육실험이 수온이 낮은 겨울철에 이루어졌기 때문에, 사육기간 동안 실험어가 섭취한 사료량이 체중유지를 위하여 소요되는 유지에너지 요구량을 충족시키지 못한 결과인 것으로 판단된다. 사료효율 및 단백질효율 역시 모든 실험구간에 통계적인 차이가 없었다. 또한 사육기간 동안의 수온이 감소함에 따라서 사료섭취율도 감소하였으며, 수온 12℃이하에서는 실험어가 사료를 거의 섭취하지 않았다. 일일사료섭취율은 모든 실험구에서 0.33~0.35였으며, 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 실험어의 비만도 역시 사료의 지질 함량에 영향을 받지 않았다.

사육실험 종료 후 참돔의 전어체, 간, 내장 및 등근육의 일반성분 분석결과를 표 17에 나타내었다. 등근육의 조단백질 함량을 제외한 전어체, 간 및 내장의 일반성분은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 전어체의 지방산 분석결과(표 18), 16:0, 18:0, 20:4n-3 및 20:5n-3은 실험구간에 유의한 차이를 보였다. 감성돔의 경우 전어체의 일반성분은 사료의 지질 함량에 영향을 받지 않았다(표 19). 그러나 사육실험 종료시, 모든 실험구의 조단백질 및 조지질 함량은 최초 실험어에 비하여 감소한 결과를 보였는데, 이는 저수온기에 사육된 실험어의 사료섭취율이 감소함에 따라 체내에 축적되는 조단백질 및 조지질 함량이 감소하였기 때문인 것으로 판단된다. 전어체의 지방산 분석결과, 각 지방산 함량은 모든 실험

험구간에 통계적인 차이가 없었다(표 20). 이상의 결과로 볼 때, 사료의 지질 함량은 동절기 사육된 감성돔 치어의 성장 및 체조성에 영향을 미치지 않았으며, 수온이 낮은 동절기에는 체중 17g 전후 감성돔의 경우 오히려 체중이 감소하는 것으로 판단된다.

지질 함량이 다른 사료로 참돔 치어를 겨울철에 사육한 본 연구의 성장 결과로 볼 때 겨울철 저수온기에 참돔 치어의 성장을 위한 사료의 지질 함량은 17%가 적합할 것으로 판단된다. 그러나 Yone et al. (1971)은 수온 25°C에서 최초 체중 12 g의 참돔 치어를 지질 함량이 10% 및 20%인 사료로 사육한 결과, 지질 10% 실험구가 지질 20% 실험구에 비하여 높은 성장 및 사료효율을 보여 본 연구와 상반된 결과를 보였다. 이러한 차이는 사료 조성 및 사육 수온에 따른 사료섭취율이나 영양소 소화율 및 사료이용률 등의 차이에 의한 것으로 판단된다. 일반적으로 사료의 에너지 함량이 과다하면 어류의 사료 섭취량이 적어지고, 이에 따라 다른 필수 영양소를 충분히 공급받을 수 없게 되므로 오히려 성장이 저하될 수 있다(Lee et al., 2002). 그러나 본 실험은 겨울철 수온 10°C 전후에서 사육실험이 수행되었기 때문에 일일사료섭취율도 어체중의 0.2%로 매우 낮았으며, 이로 인하여 에너지 함량이 상대적으로 낮은 10% 지질 실험구의 경우 에너지가 제한적으로 공급되어 실험어의 성장이 저하된 것을 판단된다.

표 17. 지질함량별 참돔치어의 일반성분 분석 결과

	Initial	Diets		
		10 L	17 L	22 L
Whole body				
Moisture	62.2	71.8±2.29	72.4±1.60	68.6±0.38
Crude protein	17.5	15.2±0.86	16.21±0.10	16.6±0.57
Crude lipid	14.8	8.0±0.71	5.8±1.80	7.0±0.90
Ash	4.6	5.4±0.29	6.6±0.22	6.8±1.04
Liver				
Moisture	64.8	76.6±0.14	75.0±1.19	75.3±0.47
Crude protein	10.0	13.5±0.65	14.6±0.28	15.0±0.33
Crude lipid	17.0	7.6±0.67	6.4±0.67	6.9±0.45
Viscera				
Moisture	45.8	67.3±0.08	68.8±0.68	67.8±0.67
Crude protein	7.5	8.7±0.13	9.1±0.07	9.0±0.74
Crude lipid	43.0	23.0±1.81	19.5±1.62	21.1±1.32
Dorsal muscle				
Moisture	74.9	78.8±0.05	77.1±0.40	77.4±0.50
Crude protein	21.6	17.2±0.17 ^a	18.4±0.18 ^b	18.6±0.11 ^b
Crude lipid	2.0	1.9±0.33	2.4±0.85	2.9±0.81

Values (mean±SE of two replications) in each row with the different letter are significantly different (P<0.05).

표 18. 지질함량별 참돔치어의 지방산 분석 결과

	Initial	Diets		
		10 L	17 L	22 L
Fatty acids				
C14:0	1.9	2.2±0.0	2.5±0.3	2.9±0.1
C16:0	19.2	18.8±0.1 ^a	21.6±0.9 ^b	23.9±0.5 ^b
C16:1n-7	6.5	6.4±0.2	6.6±0.8	7.4±0.1
C18:0	6.5	6.6±0.0 ^a	7.7±0.4 ^{ab}	8.5±0.1 ^b
C18:1n-9	32.5	27.7±1.0	28.1±3.7	31.2±0.0
C18:2n-6	9.1	10.6±0.3	10.7±1.5	8.4±0.2
C18:3n-3	0.8	0.9±0.0	0.8±0.1	0.7±0.0
C18:4n-3	0.4	0.4±0.0	0.3±0.0	0.4±0.1
C20:1n-9	2.6	3.1±0.0	3.4±0.6	4.1±0.1
C20:3n-6	0.3	0.4±0.0	0.3±0.1	0.3±0.0
C20:4n-6	1.0	1.3±0.1	1.1±0.4	0.7±0.0
C20:4n-3	0.5	0.5±0.0 ^b	0.3±0.1 ^{ab}	0.2±0.0 ^a
C20:5n-3	4.1	4.0±0.0 ^b	2.9±0.7 ^{ab}	2.1±0.1 ^a
C22:1n-9	0.9	1.2±0.1	1.2±0.0	1.2±0.0
C22:3n-3	0.6	0.7±0.0	0.6±0.2	0.4±0.0
C22:5n-3	2.0	1.9±0.6	1.9±0.5	1.2±0.0
C22:6n-3	11.0	12.5±0.7	9.9±3.2	6.2±0.2
n-3HUFA ¹	18.1	19.6±1.3	15.7±4.7	10.1±0.4

Values (mean±SE of two replications) in each row with the different letter are significantly different (P<0.05).¹Highly unsaturated fatty acids (C≤20).

표 19. 지질함량별 감성돔치어의 일반성분 분석 결과

	Initial	Diets		
		10 L	17 L	22 L
Moisture	71.1	79.1±0.4	78.0±0.56	78.2±1.55
Crude protein	17.6	14.1±0.16	14.6±0.75	13.7±1.55
Crude lipid	5.2	1.5±0.21	1.4±0.135	1.9±0.65
Ash	5.0	5.5±0.38	5.8±0.31	4.9±0.14

Values are mean±SE of two replications.

표 20. 지질함량별 참돔치어의 지방산 분석 결과

	Initial	Diets		
		10 L	17 L	22 L
C14:0	3.2	2.3±0.1	2.4±0.1	2.4±0.2
C16:0	19.4	19.5±0.5	19.4±0.1	18.9±1.0
C16:1n-7	7.3	5.6±0.4	5.7±0.2	6.3±0.6
C18:0	6.6	6.3±0.2	6.0±0.1	6.0±0.2
C18:1n-9	30.0	23.0±2.4	22.7±0.1	24.4±2.5
C18:2n-6	10.5	9.0±0.0	8.9±0.3	9.5±0.8
C18:3n-3	0.9	0.6±0.1	0.6±0.1	0.7±0.1
C20:1n-9	2.6	0.9±0.3	1.0±0.1	1.4±0.9
C20:2n-6	0.7	0.3±0.3	0.5±0.1	0.4±0.4
C20:4n-6	0.8	2.0±0.3	2.1±0.1	1.8±0.5
C20:4n-3	0.5	0.2±0.2	0.4±0.0	0.3±0.3
C20:5n-3	3.9	5.2±0.2	5.0±0.2	4.9±0.8
C22:2n-6	0.3	0.2±0.2	0.2±0.1	0.4±0.2
C22:3n-3	0.2	0.5±0.0	0.6±0.0	0.4±0.0
C22:5n-3	2.6	4.9±0.2	5.0±0.1	4.4±0.2
C22:6n-3	8.7	19.2±2.7	19.4±0.2	16.8±3.7
n-3HUFA ¹	16.0	30.0±3.0	30.4±0.1	26.8±4.5

Values are mean±SE of two replications.

¹Highly unsaturated fatty acids (C≤20).

또한 지질 10% 실험구의 최종체중은 최초 실험어의 체중에 비하여 오히려 감소하였는데, 이는 본 연구의 사육실험이 수온이 낮은 겨울철에 이루어졌기 때문에, 사육기간 동안 실험어가 섭취한 사료량이 기초대사 유지를 위하여 소요되는 유지 에너지 요구량을 충족시키지 못한 결과인 것으로 판단된다. Lee et al. (2004)은 단백질 및 지질 함량이 다른 사료로 겨울철에 강도다리를 25주간 사육한 결과, 사료 에너지 함량이 가장 낮은 실험구에서 실험어의 체중이 감소하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

본 연구에서의 사료효율(5~31%)과 일일사료섭취율(0.19~0.20%)은 체중 7 g 참돔을 수온 21~29°C에서 사육 실험한 Jeong (1992)의 연구에서 보고된 사료효율(77~99%) 및 일일사료섭취율(2.73~2.96)에 비하여 상당히 낮은 값을 보였다. 겨울철 저수온에서

사료공급 횟수를 달리하여 넙치 치어를 사육 실험한 Kim et al. (2005)의 연구에서도 사료효율 및 사료섭취율이 여름철 적수온기에 비하여 감소하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 이러한 차이는 어체의 크기에도 영향을 받았겠지만, 겨울철의 낮은 수온으로 인하여 체내 대사율이 감소하였기 때문으로 판단된다. 수온은 어류의 대사와 성장에 영향을 미치는 중요한 요소이며(Iwata et al., 1994), 일반적으로 적정 수온 범위 내에서 수온이 높아질 경우 어류의 대사율 증가와 함께 사료 섭취량이 증가하여 성장 및 사료효율이 향상된다(Seikai et al., 1986).

본 연구에서 실험어의 체조성은 사료 지질 함량에 크게 영향을 받지 않았으나, 여름철에 참돔 치어를 사육 실험한 Jeong (1992)의 연구에서는 고지질 사료 실험구가 저지질 사료 실험구에 비하여 체내 지질 함량이 높아진 것으로 보고되어 본 연구와 차이를 보였다. 넙치의 경우에도 이들의 성장이 적합한 여름철 수온 22°C에 사육된 치어의 체조성은 사료의 영양소 함량에 따라서 유의한 차이를 보였으나(Lee et al., 2000), 겨울철 저수온기에 사육된 넙치 치어는 사료의 지질 함량에 따라 어체 성분에 차이를 보이지 않아 본 연구와 유사한 경향을 보였다(Kim et al., 2006). 어체의 지방산 조성이 사료 지질의 지방산 조성에 영향을 받는다는 것은 알려져 있다(Mugrditchians et al., 1981; Kim et al., 2002). 본 연구에서도 어체의 20:5n-3과 22:6n-3의 함량은 사료의 지질 함량이 증가함에 따라서 감소하는 경향을 보였으나, 16:0 및 18:0와 같은 포화지방산의 함량은 사료의 이들 지방산 함량과 달리 지질함량이 증가함에 따라서 증가하는 결과를 보였다. 이상의 결과로 볼 때, 겨울철 저수온기에 참돔 치어의 성장을 위한 사료의 지질 함량은 17%가 적합할 것으로 판단된다.

나. 에너지 함량별 돔류의 면역력 측정

본 실험에 이용된 사료는 다른 영양분은 고정시키고 지질원으로 오징어 간유를 3%, 9% 및 15%로 증가시킨 후 사육한 감성돔과 참돔의 lysozyme activity와 혈액중 총 단백질 농도를 조사한 결과를 그림 150-153에 나타내었다. 조사결과 사료 내 지질 함량의 차이에 의한 면역력의 차이는 감성돔과 참돔 모두 통계적으로 유의성 있는 결과를 나타나지 않았다. 감성돔의 경우 lysozyme activity는 2006년 12월의 경우 모든 실험구에서 평균 1.5 U/ml였으나 조사 말미인 2007년 4월초에는 급격이 상승하여 BHE의 경우 3.0 U/ml까지 증가하여 낮은 농도의 지질 함유 사료보다 면역력이 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 혈액 내 단백질 농도의 경우 지질함량이 높은 시료에서 상대적으로 높은 값을 나타내었다. 참돔의 경우 lysozyme activity와 단백질 함량 모두 사료 내 지질 함량의 차이에 의한 변화는 조사되지 않았다. 본 사육실험은 자연수온 조건하에서 실험을 실시하여 사육수온이 10°C내외의 저수온 조건으로서 사육기간 동안 돔류(참돔, 감성돔, 돌돔 등)의 생리적인 특성상 먹이를 정상적으로 섭취할 수 있는 조건이 될 수 없었다. 따라서 겨울철 영양결핍을

막고, 면역력을 증강시키기 위해서는 월동 전에 양질의 먹이를 공급하여 체내 지질을 축적하는 것이 겨울철 대량폐사를 억제시키는 하나의 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

최근 들어 지구 온난화와 원유 값 급등으로 인한 바이오 에너지 수요의 급증은 식량자원의 감소뿐만 아니라 동물 사료용으로 공급되던 양까지 축소됨으로써 사료값 급등을 유발하고 있다. 또한 각종의 질병의 증가로 나타나는 양식 어류의 대량폐사는 양식어민의 가장 큰 고충이 되고 있다. 이 같은 현실은 어류 성장을 위한 고효율 사료와 각종 질병에 저항 능력을 강화시킨 기능성 사료의 수요 증가로 이어지고 있으며 이에 대한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다 (장 등, 1999; 목 등, 2001; 강 등, 2004). 특히 오징어의 경우 가공과정에서 그 활용도가 낮아 환경오염의 문제까지 발생 하는 등 여러 문제점을 내포하고 있으나 최근 밝혀진 연구에 의하면 오징어의 간유에는 유지함량이 30-40%이며 EPA와 DHA가 40%이상 함유되어 있어 기능성 식품의 개발에 관심을 받고 있는 물질이다 (황 등, 2007). 따라서 오징어 부산물을 이용한 다양한 사료 효용성에 관한 연구가 보고되고 있으며 실제로 이를 섭취한 어류의 성장이 촉진됨이 밝혀지고 있다 (이 등, 1998). 보다 최근 들어서는 오징어 간유 추출물이 첨가된 사료를 급여한 어류의 성장이 빠름이 보고되고 있어 오징어 간유를 이용한 기능성 사료의 개발은 주목받을 것으로 사료된다 (Cho et al., 2004).

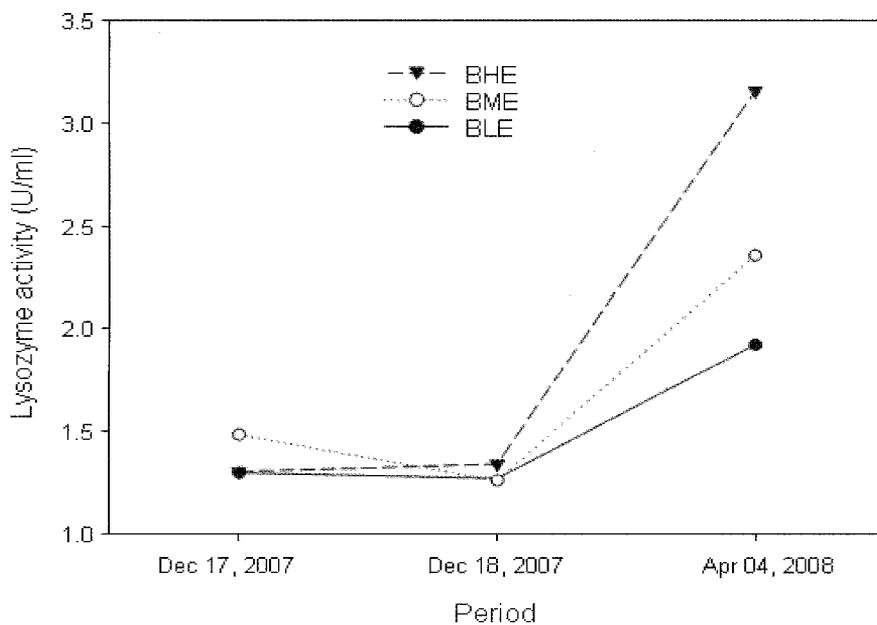


그림 150. 지질함량에 따른 감성돔의 lysozyme activities의 변화.
(BHE, 22%: BME, 17%: BLE, 10%)

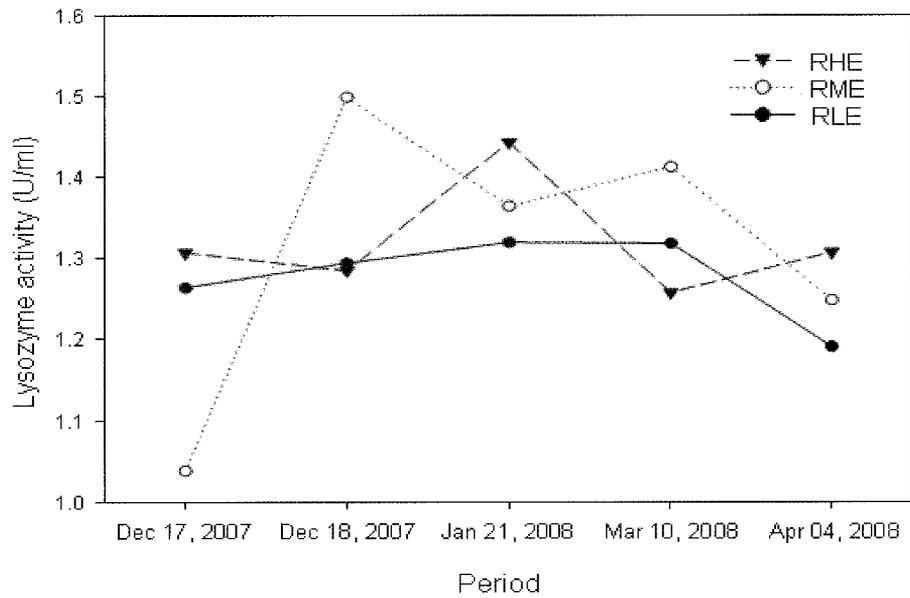


그림 151. 지질함량에 따른 참돔의 lysozyme activities의 변화.
(RHE, 22%; RME, 17%; RLE, 10%)

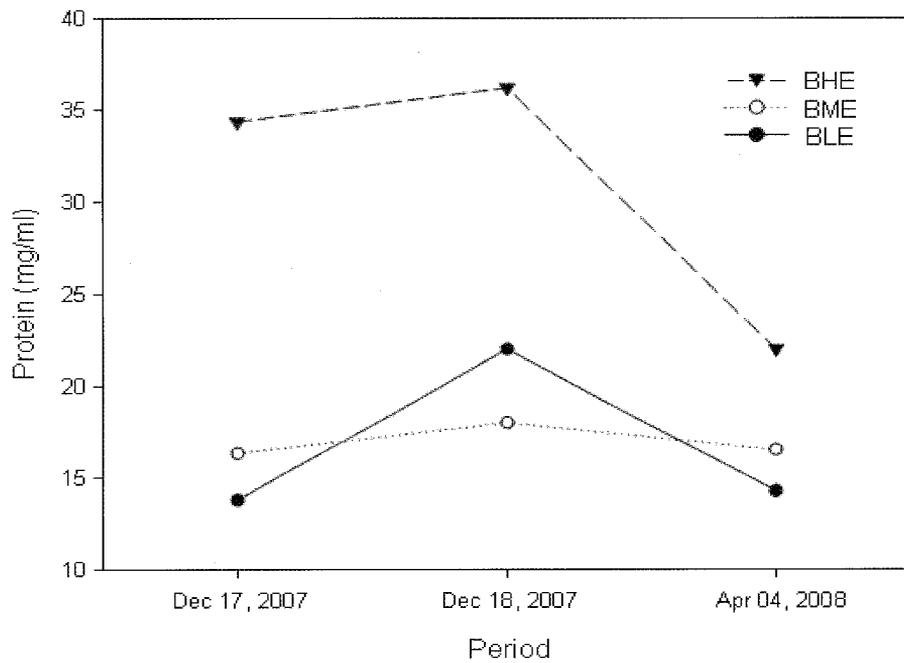


그림 152. 지질함량에 따른 감성돔의 총 단백질 함량의 변화.
(BHE, 22%; BME, 17%; BLE, 10%)

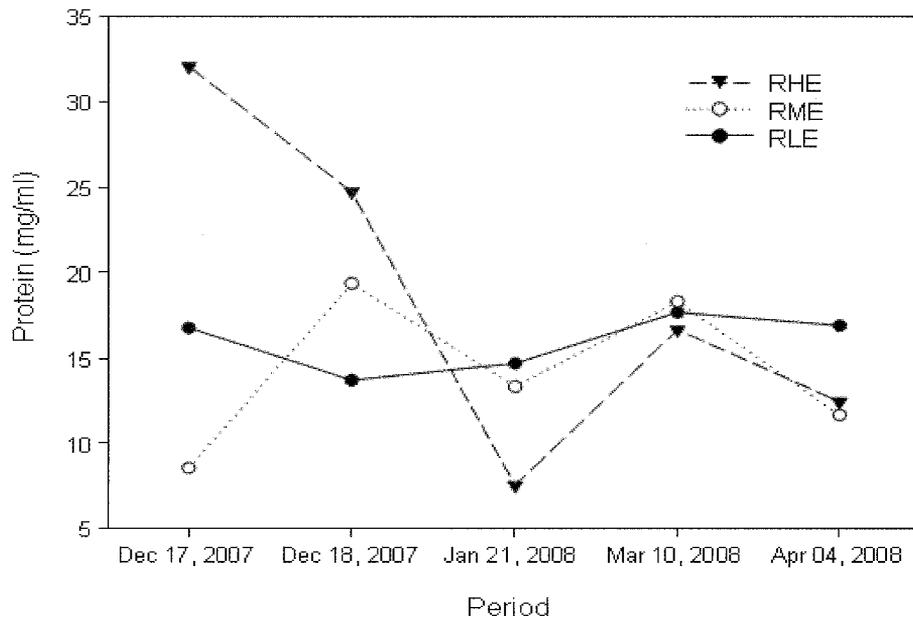


그림 153. 지질함량에 따른 참돔의 총 단백질 함량의 변화.
(RHE, 22%; RME, 17%; RLE, 10%)

다. 수온하강에 따른 참돔과 감성돔의 혈액학적 분석

저수온 환경에서 사육된 돔류의 혈액학적 분석을 실시한 결과 전해질 농도의 변화는 감성돔과 참돔 모두 전기간 동안 변화가 없었다. 그러나 생화학적 조성과 효소활성도의 변화는 두 종 모두 동일한 변화 패턴을 보인 가운데 효소활성의 경우 GPT와 GOT값은 각각 실험 초기인 12월에 가장 낮았으며 시간이 지날수록 약간 증가 한 반면, 생화학성분의 경우 분석 항목에 따라 농도 변화가 다르게 나타났다 (표 21-22, 그림 21-22). ALB, TG, TP 등은 시간에 따라 감소하였으나 GLU는 시간에 따른 변화가 뚜렷하게 나타나지 않았다. 참돔과 감성돔의 혈액성분의 변동을 비교할 때 유일하게 감성돔의 TG (중성지방)값이 참돔의 그것보다 더 높게 나타났다.

GPT와 GOT의 경우 강 등(2001)과 최 등 (2002)에 따르면 철 스트레스에 노출될 경우나 환경오염, 또는 저수온에 의한 녹간증에 발현 시 증감함이 보고된 바 있어 본 연구에서 관찰된 이들 효소활성의 증가는 실험기간동안 저수온에 따른 반응으로 판단된다. 반면 ALB와 TP는 시간의 경과에 따라 유의하게 감소하였는데 이들 항목은 환경오염 지표로써 특히 중금속 오염 등으로 간조직의 손상시 유발됨이 보고되고 있다 (Shen et al., 1997). 최 등 (2002)에 따르면 저수온기 녹간증을 보인 돔류의 혈액을 분석한 결과 TP가 유의하게 감소함을 보고 한 바 있으며 이러한 생리적 변화는 먹이 섭취의 저하로 인한 영양분의 결핍에 의한 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서 나타난 TP와 ALB의 감소 역시 이러한 저수온에 의해 유발되었음이 추정되었다.

따라서 저수온에 노출된 참돔과 감성돔의 혈액학적 분석결과 참돔과 감성돔 모두 GPT와 GOT 수치는 증가하였고, 반대로 ALB과 TP는 감소함이 관찰됨으로써 저수온에 의해 참돔과 감성돔은 다양한 형태의 생리적 스트레스에 노출되어 있음이 확인되었다. 또한 이 같은 혈액성분의 변화는 서식환경의 변화를 잘 반영하고 있어 향후 스트레스진단 마커로써 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

표 21. 저수온에 노출된 감성돔의 생화학적 성분 및 혈청학적 분석 결과

Period	Values	GPT U/l	GOT U/l	ALB g/dl	CPK U/l	GLU mg/l	TP g/dl	TG ng/dl	ALP- P III
Dec 2006	mean	3.88 ^a	7.00 ^a	0.75 ^b	2.13	104.13 ^a	2.78 ^c	140.75	32.38
	STD	1.90	0.00	0.09	1.45	11.17	0.35	35.08	12.92
Jan 2007	mean	5.00 ^{ab}	8.10 ^{ab}	0.63 ^a	11.20	127.60 ^a	2.18 ^b	131.50	32.50
	STD	1.10	1.14	0.12	8.46	48.21	0.38	58.99	16.70
Feb	mean	7.60 ^c	10.00 ^c	0.52 ^a	35.80	99.40 ^b	1.54 ^a	114.20	-
	STD	2.24	1.79	0.10	37.58	18.25	0.48	47.97	-
Mar	mean	6.30 ^{bc}	8.70 ^{bc}	0.56 ^a	12.40	93.60 ^a	1.55 ^a	93.60	-
	STD	1.85	1.10	0.08	19.21	19.21	0.35	27.67	-

표 22. 저수온에 노출된 참돔의 생화학적 성분 및 혈청학적 분석 결과

Period	Values	GPT U/l	GOT U/l	ALB g/dl	CPK U/l	GLU mg/l	TP g/dl	TG ng/dl	ALP- P III
Dec 2006	mean	4.38 ^a	7.00 ^a	0.84 ^b	15.38 ^a	112.00	2.95 ^b	90.50	46.38 ^a
	STD	1.11	0.71	0.11	25.70	23.78	0.29	51.78	26.31
Jan 2007	mean	6.20 ^{ab}	7.60 ^a	0.60 ^a	8.80 ^a	93.90	2.05 ^a	72.76	29.67 ^b
	STD	0.60	0.49	0.08	18.82	35.92	0.20	35.58	13.49
Feb	mean	7.40 ^c	9.60 ^b	0.60 ^a	129.80 ^b	114.60	1.92 ^a	83.20	-
	STD	0.49	1.62	0.06	186.42	28.51	0.19	15.42	-
Mar	mean	6.80 ^{bc}	8.30 ^a	0.62 ^a	48.20 ^b	103.90	2.14 ^a	75.80	-
	STD	1.17	1.00	0.06	44.02	34.58	0.19	21.87	-

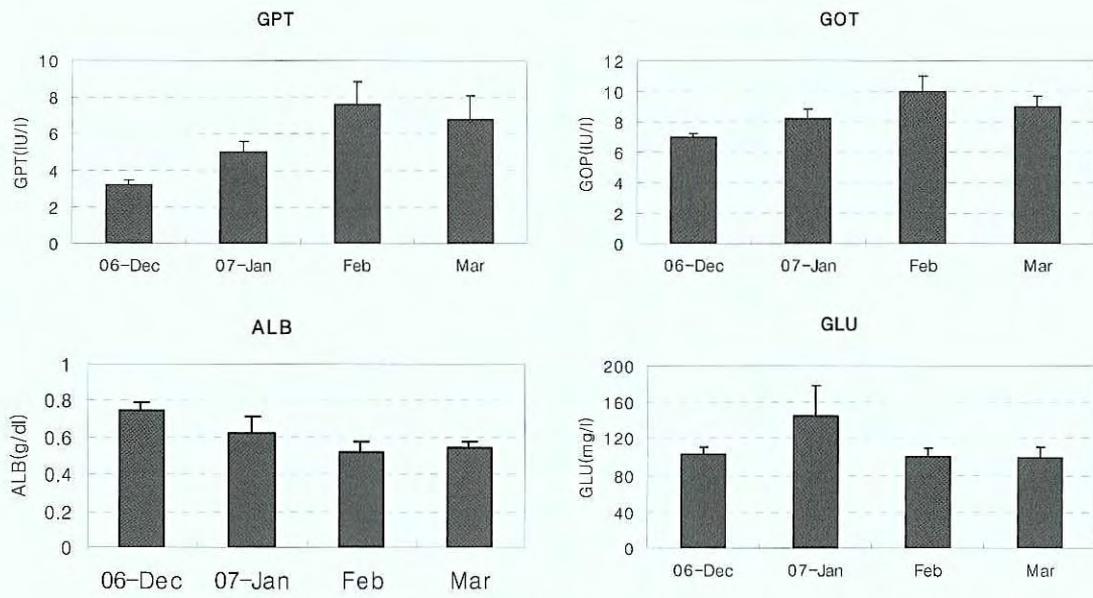


그림 154. 저수온에 노출된 감성돔의 생화학적 성분 및 혈청학적 분석 결과.

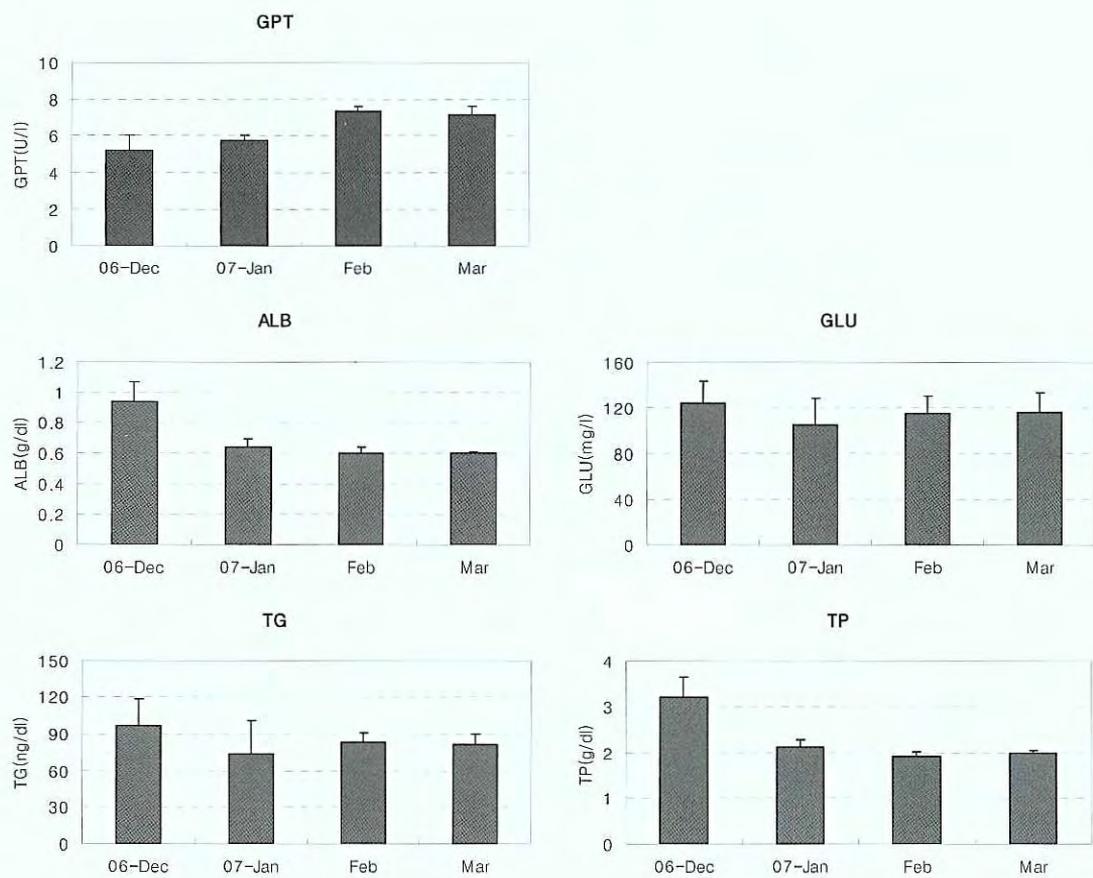


그림 155. 저수온에 노출된 참돔의 생화학적 성분 및 혈청학적 분석 결과.

3. 요약

가. 지질함량에 따른 돔류의 월동사육 실험

본 연구는 겨울철 저수온기 참돔 치어 사료의 적정 지질 함량을 구명하기 위하여, 사료의 지질함량이 겨울철에 사육된 참돔 치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향에 관하여 조사하였다. 사료의 지질 함량을 10%, 17% 및 22%로 달리한 3종류의 실험사료로 평균체중 79 g의 참돔 치어를 25주간 사육 실험하였으며, 사육기간 동안의 평균수온은 $9.9 \pm 2.5^\circ\text{C}$ 였다. 생존율은 지질 10% 실험구가 67%로 가장 낮은 결과를 보였으며, 지질 22% 실험구(85%)와는 통계적인 차이가 없었으나 지질 17% 실험구(88%)에 비해 유의하게 낮았다. 최종체중 및 증체량은 사료의 지질 함량이 10%에서 17%로 증가함에 따라서 증가하였으나, 지질 22% 실험구에서는 더 이상 증가하지 않았다. 사료효율과 단백질효율은 지질 17% 실험구가 가장 높은 값을 보였으나, 모든 실험구간에 통계적인 차이는 없었다. 일일 사료섭취율, 비만도, 간중량지수 및 장중량지수도 사료의 지질 함량에 영향을 받지 않았다. 등근육의 조단백질 함량을 제외한 전어체, 간 및 내장의 일반성분은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 전어체의 16:0, 18:0, 20:4n-3 및 20:5n-3은 실험구간에 유의한 차이를 보였다. 이상의 결과로 볼 때, 겨울철 저수온기에 참돔 치어의 성장을 위한 사료의 지질 함량은 17%가 적합할 것으로 판단된다.

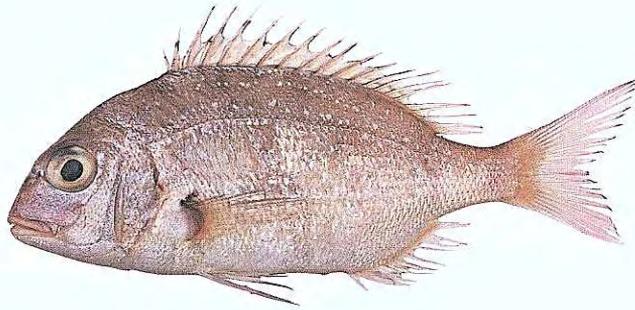
나. 에너지 함량별 돔류의 면역력 측정

최근 들어 남해안 일대 해안에서 나타나고 있는 겨울철 저온 현상이 이 지역에서 양식되는 온수성 어종인 참돔(*Pagrus major*)와 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)의 혈액학적 특성에 미치는 영향을 조사 하고자 2006년 12월부터 이듬해 3월까지 수온 $7-9^\circ\text{C}$ 에서 사육하면서 효소활성도(GOT, GPT)와 생화학적 특성(ALB, GLU, TG, TP)을 측정하였다. 또한 지질함량을 강화시킨 사료를 공급한 감성돔과 참돔의 면역력을 측정함으로써 동절기 저수온 상태에서의 사료 효율성을 제고 하기위한 기능성 사료의 가능성을 조사하였다. 실험 결과 참돔과 감성돔 모두 저수온 상태에서 사육 기간이 증가 할수록 GOT와 GPT 수치는 증가하였으나, ALB과 TP는 감소함이 관찰되었다. 사료내 지질 함량의 차이에 의한 면역력의 차이는 감성돔과 참돔 모두 통계적으로 유의성 있는 결과를 나타나지 않았다. 감성돔의 경우 lysozyme activity는 2006년 12월의 경우 모든 실험구에서 평균 1.5 U/ml였으나 조사 말미인 2007년 4월초에는 급격이 상승하여 BHE의 경우 3.0 U/ml까지 증가하여 낮은 농도의 지질 함유 사료보다 면역력이 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 혈액내 단백질 농도의 경우 지질함량이 높은 사료에서 상대적으로 높은 값을 나타내었다.

제7절 남해안 가두리양식장 양식대상종 탐색

1. 남해안 주요 양식 동류

가. 참돔



1) 생태적 특징

- 학명 : *Pagrus major*
- 영명 : Red seabream
- 분포 : 우리나라 전 연근해, 동중국해, 남중국해, 대만근해
- 산란 : 4~7월
- 성장 : 부화 후 1년 14 cm, 2년 19 cm, 3년 24 cm, 4년 28 cm, 5년 32 cm
- 서식수온 : 9~28℃
- 성장 적수온 : 18~25℃

2) 기술수준

- 종묘생산은 환경조절에 의한 조기산란 유도로 대량양산 체제 도입단계로서 양식용 종묘의 수급은 충분한 실정임

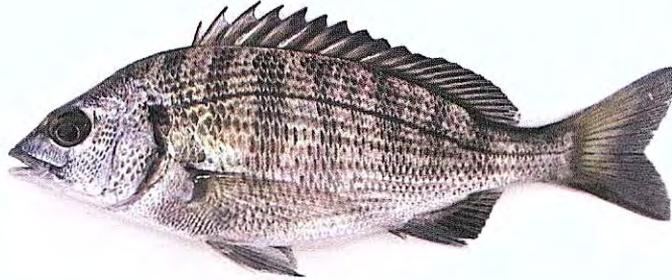
3) 월동가능해역

- 남해안 경남연안의 통영시 산양읍 연곡, 삼덕, 연화 해역 등과 거제시 일운면 구조라, 가배만, 울포만, 남해군 미조면 일부, 여수시 남면 안도해역, 거문도 등

4) 양식전망

- 남해안 가두리양식장 월동문제와 일본산 참돔의 수입에 의한 가격 경쟁력 확보
- 선발육종 등의 기술을 접목하여 고품질 참돔의 생산으로 브랜드화하고, 월동대책을 강구하면 안정적 생산기반 확보 가능
- 비월동 해역에서는 월동장을 확보하여 겨울철 월동사육 필수적이고, 앞으로 외해가두리 양식에 의한 경제성 분석이 필요할 것으로 판단됨

나. 감성돔



1) 생태적 특징

- 학명 : *Acanthopagrus schlegeli*
- 영명 : Black porgy
- 분포 : 우리나라 서·남해, 일본 북해도 이남, 발해, 동중국해,
- 산란 : 3~7월
- 성숙 : 2년, 전장 17~20 cm 내외로 성숙, 웅성선숙어 4~5년 후 완전 성분화
- 성장 : 부화 후 1년 15 cm, 2년 21 cm, 3년 26 cm, 4년 30 cm, 5년 33 cm
- 서식수온 : 9~27℃
- 성장 적수온 : 17~25℃

2) 기술수준

- 종묘생산이나 양성기술은 대량생산 산업화 단계에 접어들었고, 양식용 종묘의 수급은 충분한 상태임

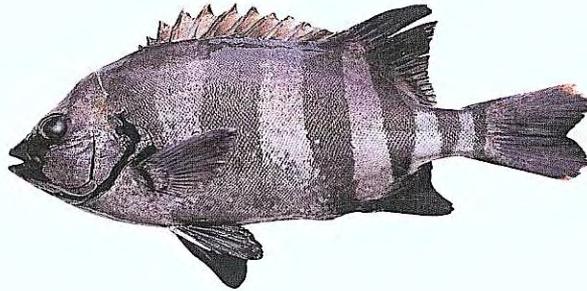
3) 월동가능해역

- 남해안 경남연안의 통영시 산양읍 연곡, 삼덕, 연화 해역 등과 거제시 일운면 구조라, 가배만, 울포만, 남해군 미조면 일부, 여수시 남면 안도해역, 거문도 등

4) 양식전망

- 감성돔은 양식산업화 단계에 접어들었지만 남해안 가두리양식장 월동문제와 양식용 종묘의 기형어 문제 해결이 관건
- 비월동 해역에서는 월동장을 확보하여 겨울철 월동사육이 필수적이고, 양질의 전용 배합사료의 개발에 의한 사육기간 단축이 시급한 실정임
- 적정 양식밀도를 준수하고, 월동전 면역증강제 및 영양제 투여
- 양성과 월동사육을 구분한 맞춤형 양식 시스템 적용 필요

다. 돌돔



1) 생태적 특징

- 학명 : *Oplegnathus fasciatus*
- 영명 : Striped beakperch, parrot fish
- 분포 : 우리나라 전 연근해, 동중국해
- 산란 : 5~7월
- 성장 : 부화 후 1년 20 cm, 2년 26 cm, 3년 28 cm, 4년 28.5 cm
- 서식수온 : 10~29℃
- 성장 적수온 : 22~26℃

2) 기술수준

- 종묘생산은 환경조절에 의한 조기산란 유도로 대량양산 체제 단계로서 양식용 종묘의 수급은 충분한 실정임

3) 월동가능해역

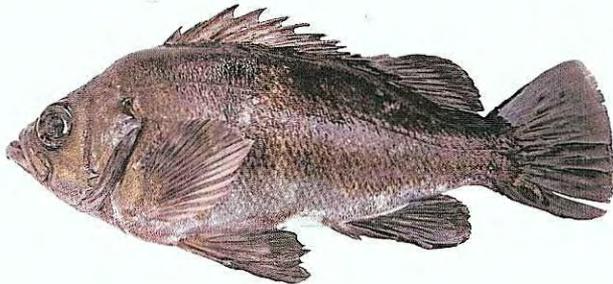
- 남해안 경남연안의 통영시 산양읍 연곡, 삼덕, 연화 해역 등과 거제시 일운면 구조라, 울포만, 여수시 남면 안도해역, 거문도 등

4) 양식전망

- 돌돔은 양식산업화 단계에 접어들었지만 남해안 가두리양식장 월동문제와 여름철 비브리오, 바이러스성 질병에 대비한 백신개발 필요
- 월동장을 확보하여 겨울철 월동사육 필수적이고, 영양요구량이 충분한 사료공급 및 표준 사육량 준수
- 외해가두리 양식의 대상품종으로 적합하다고 판단됨

2. 남해안 유망 양식대상 품종

가. 불락



1) 생태적 특징

- 학명 : *Sebastes inermis*
- 영명 : Black rockfish
- 분포 : 우리나라 전 연근해, 일본 북해도이남
- 서식 : 연안 정착성어류, 연안 암초지대
- 산란 : 11~12월, 난태생
- 성장 : 부화 후 1년 9 cm, 2년 13 cm, 3년 16 cm, 5년 19 cm
- 서식수온 : 5~27℃
- 성장 적수온 : 15~20℃

2) 기술수준

- 종묘생산기술은 확립되어 대량생산 체제 단계로서 양식용 종묘의 수급은 충분한 실정이고, 양성기술도 확립되었음

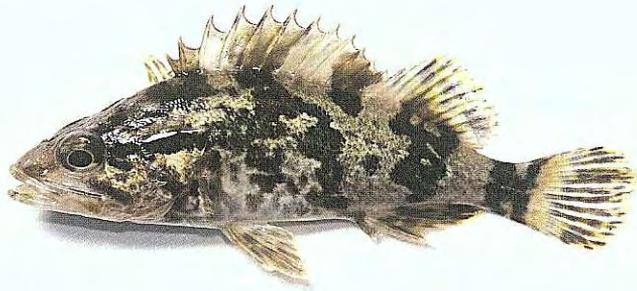
3) 월동가능해역

- 우리나라 전 연안에서 월동이 가능하고 여름철 고수온기에 사육관리에 주의

4) 양식전망

- 불락은 종묘생산 및 양식기술이 확립되었고, 월동이 가능하기 때문에 남해안 가두리양식장에서 양식되고 있는 고급어종이지만 성장이 다소 느려 산업화 단계에 이르지 못하고 있음. 양식품종 다양화를 위하여 지속적인 품종개량을 통한 양식활성화 기대

나. 황점볼락



1) 생태적 특징

- 학명 : *Sebastes oblongus*
- 영명 Oblong rockfish
- 분포 : 우리나라 남해안, 일본 큐우슈우 연안
- 서식 : 연안 정착성어류, 연안 암초지대
- 산란 : 12~2월, 난태생(3~5만 마리 출산)
- 성장 : 부화 후 1년 15 cm, 2년 20 cm, 3년 28 cm
- 서식수온 : 5~27℃
- 성장 적수온 : 17~21℃

2) 기술수준

- 1994년 종묘생산기술이 확립되어 1997년부터 대량생산 단계로서 양식용 종묘의 수급은 충분한 실정이고, 양성기술도 확립되었으나, 인공종묘생산과정에서 대부분 암컷만 생산되어 최근 수컷을 생산하는 기술개발에 착수

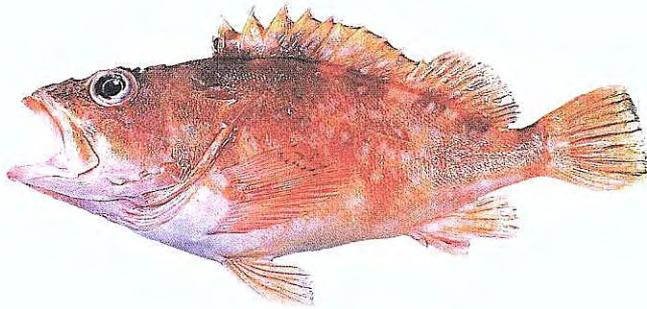
3) 월동가능해역

- 우리나라 전 연안에서 월동이 가능하고 여름철 고수온기에 사육관리에 주의

4) 양식전망

- 황점볼락은 종묘생산 및 양식기술이 확립되었지만 친어확보가 어렵고, 성장이 다소 느려 지금까지 자원조성용으로 인식되고 있지만, 고급어종으로서 유망한 양식 품종으로 향후 생식 메커니즘의 구명과 양식방법에 대한 연구가 필요할 것으로 사료됨

다. 붉은썸뱅이



1) 생태적 특징

- 학명 : *Sebastes tertius*
- 영명 : Black rockfish
- 분포 : 우리나라 남해안, 제주도, 일본
- 서식 : 연안 정착성어류, 연안 암초지대
- 산란 : 4~6월, 난태생
- 성장 : 전장 50 cm, 2 kg까지 성장하는 대형종
- 서식수온 : 7~25℃
- 성장 적수온 : 20~23℃

2) 기술수준

- 종묘생산기술은 확립되었으나 양식산업화에 도달하지 못하고 있는 실정임

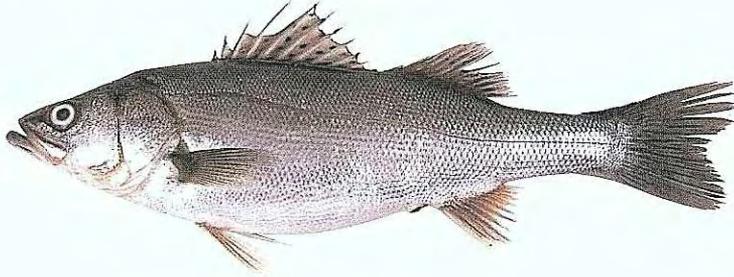
3) 월동가능해역

- 우리나라 전 연안에서 월동이 가능하고 여름철 고수온기에 사육관리에 주의

4) 양식전망

- 붉은썸뱅이는 고급 대형종으로서 종묘생산 및 양식기술이 확립되었고, 질병에 강하고 월동이 가능하기 때문에 남해안 가두리양식장에서 조피볼락 대체 품종으로서 양식 가능성이 높다고 판단됨

라. 농어(민농어)



1) 생태적 특징

- 학명 : *Lateolabrax japonicus*
- 영명 : sea bass
- 분포 : 우리나라 전 연안, 동중국해, 일본, 대만
- 산란 : 12~2월
- 성장 : 부화 후 1년 26 cm, 3년 45 cm, 5년 60 cm
- 서식수온 : 6~29℃
- 성장 적수온 : 20~26℃

2) 기술수준

- 점농어는 인공종묘생산 및 양식기술은 대량 산업화단계에 있으며, 민농어의 경우 양식용 종묘부족으로 중국으로부터 대량 수입에 의존. 어미의 성숙 및 산란유도 기술과 초기 자치어 사육에 관한 연구가 필요한 실정임

3) 월동가능해역

- 우리나라 전 연안에서 월동이 가능하여 종묘수급만 원활하게 이루어지면 경쟁력 있는 양식품종으로서 자리매김할 것임

4) 양식전망

- 종묘생산이 겨울철에 이루어지기 때문에 가온사육에 따른 연료비 부담으로 인하여 값싼 중국산 종묘를 무분별하게 수입하는 실정임
- 철저한 어미관리와 종묘생산 원가를 절감으로 국내에서 100% 종묘수급을 통하여 경쟁력 확보가 시급한 과제임
- 농어는 월동이 가능하고 성장이 빠르기 때문에 양식경영상 경비를 절감하여 생산성을 향상시키면 참돔, 감성돔 등과 더불어 가두리양식의 차세대 핵심어종으로 부각될 것임

3. 남해안 지역별 양식품종 제시

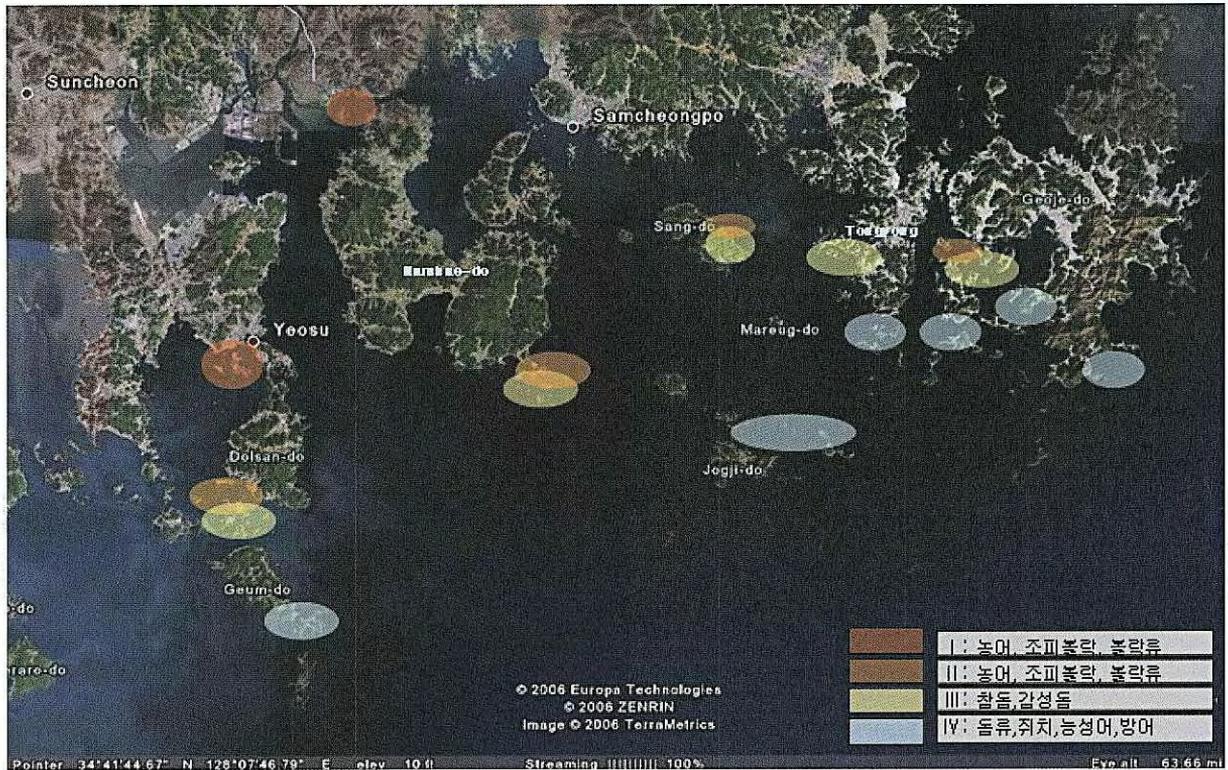


그림 156. 남해안 해역별 양식지형도.

가. 지역별 양식 대상품종

구분	해역	위경도	양식 대상어종 (돔류양식 구분)	수온조건	
I	여수 신월, 대교	34°43' N, 127°44' E 34°43' N, 127°42' E	조피볼락, 농어, 볼락, [돔류 양성장]	4~27°C	
	하동 금남	34°58' N, 127°59' E			
	남해 창선	34°54' N, 128°02' E			
II	여수 돌산 남단	34°35' N, 127°43' E	농어, 조피볼락, 볼락류 [돔류 양성장]	6~27°C	
	남해 미조 본촌	34°42' N, 128°02' E			
	통영 산양 사랑	34°50' N, 128°22' E			
	거제 둔덕	34°48' N, 128°34' E			
III	여수 화정	34°34' N, 127°44' E	참돔, 감성돔, 볼락류, [돔류 양성장]	8~27°C	
	남해 미조 조도, 목과도	34°41' N, 128°03' E 34°41' N, 128°02' E			
		통영 산양 풍화, 창좌			34°48' N, 128°29' E
	거제 둔덕, 법동	34°46' N, 128°33' E			
IV	여수 안도, 거문도	34°29' N, 127°47' E 34°02' N, 127°18' E	참돔, 감성돔, 돌돔 등 [돔류 월동장]	9~26°C	
	통영 옥지, 연곡, 삼덕	34°47' N, 128°22' E 34°45' N, 128°24' E 34°44' N, 128°23' E 34°39' N, 128°21' E			
		거제 가배, 울포, 구조라			34°46' N, 128°33' E 34°45' N, 128°34' E 34°48' N, 128°42' E

제8절 돔류 월동사육의 경제성 평가

본 분석의 목적은 첫째, 남해안 해상가두리양식의 주 품종인 조피볼락과 최근 양식품종 다양화 차원에서 점차 증가하고 있는 참돔, 감성돔 및 돌돔 양식의 경제성을 평가하고 둘째, 남해안 월동사육시스템 개발에 따른 돔류양식의 월동사육의 경제성을 조사하는데 있다.

분석에서는 남해안 해상가두리양식 품종에 대한 수익성과 경제성을 비교하고, 아울러 매년 한파로 인한 동사 피해가 매년 크게 발생하고 있는 문제점을 해결하기 위한 방안으로 연구한 돔류의 월동사육시스템의 경제성을 평가해 보았다.

1. 분석방법

수산시험연구사업의 경제성평가로서는 협의의 경제성분석과 경영분석으로 대별하여 생각해 볼 수 있다.

경제성분석은 수산시험연구사업에 대한 투자가 기술적·경제적 타당성을 가지고 있는지를 국민경제적 관점에서 분석하여 합리적인 의사결정을 내리는 방법이며, 경영분석은 개별 프로젝트의 측면에서 어업소득 또는 순이익을 극대화하는 목적을 토대로 경영성과를 측정·평가하는 방법이다.

경제성분석은 경제적 타당성분석(Economic Feasibility Analysis)이라고도 하며, 시험연구과제 수행과 관련된 모든 직·간접비용과 편익을 비교하여 국민경제적 관점에서 사회후생의 증감여부와 그 정도를 판정하고 있다.

반면에 경영분석은 수익성분석(Profitability Analysis) 또는 재무적 타당성분석(Financial Feasibility Analysis)이라고도 하며, 양식장 경영체 입장에서 사업수행의 결과로 기대되는 순이익을 추정하는 분석방법이다.

이상의 두 분석방법은 투입산출물의 적용가치, 노임의 평가, 감가상각비, 용지매수 보상비, 생산비 노임 등에 있어서 차이가 있지만, 크게 보면 다음과 같은 차이점을 나타내고 있다.

표 23. 경제성분석과 수익성분석

분석종류	경제성분석 (Economic Feasibility)	수익성분석 (Financial Feasibility)
평가관점	양식업 투자에 대한 투자수익률	양식업체의 양식경영 수익률
비 용	초기투자비용+ 초기 운영비 (투자로 인한 현금유출 부분)	양식 비용
편 익	양식투자 수익으로 인한 연간 현금유입 부분	양식 이익

본 연구에서는 수익성분석과 동시에 경제분석기법으로 많이 이용되는 순현재가법(NPV method)과 내부수익률법(IRR method)을 실시하였다.

순현재가법(net present value method : NPV)은 화폐의 시간적 가치를 고려하여 투자안들을 평가하는 방법을 현금흐름할인법(discounted cash flow method : DCF)의 일종으로서 순현재가(Net Present Value)는 투자의 결과 발생하는 현금유입(cash inflow)의 현재가에서 현금유출(cash outflow)의 현재가를 차감한 것을 의미한다. 즉, 순현재금유입(net cash flow)의 현재가치의 합계액이 순현재가이다.

투자안의 순현재가를 정의하면 다음과 같다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CI_t}{(1+k)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+k)^t}$$

선택기준 : 순현재가가 0보다 크면 투자안을 선택한다.

위 식에서 적정할인율(appropriate discount rate) k 는 해당 투자안이 가지는 투자위험에 상응하는 할인율을 뜻하며, 그 투자안이 벌어들여야 하는 최소한의 수익률로서 소요자본의 요구수익률(required rate of return)을 의미한다. 또한, 이것은 투하 자본의 기회비용으로서 자본비용(cost of capital)이라고도 한다. 순현재가법의 의사결정 기준으로는 순현재가가 0보다 큰 투자안을 채택하고, 순현재가 0보다 작은 투자안을 기각한다. 순현재가법은 투자에 대해 순현재금흐름을 파악하는 방법으로, 미래에 발생할 현금흐름에 대해 할인율의 개념을 적용하여 초기투자액을 차감함으로써 순현재금흐름의 현재가치를 산정하게 된다.

현재가법에서의 할인율 개념은 기회비용(opportunity cost)을 반영한 것이다. 현재가법은 미래의 현금흐름에 대해 현재가치를 판단하는 자료를 제공한다는 점에서 장점을 가지고 있으나 현금흐름에 대한 시장가치(이자율)를 반영하지 못하는 단점을 가지고 있다.

또한, 내부수익률법(internal rate of return : IRR)을 보면, 내부수익율이란 투자에 소요되는 현금유출액(cash outflow : CO)의 현재가치합계액과 투자로 인해 예상되는 현금유입액(cash inflow : CI)의 현재가치합계액을 일치시켜 주는 할인율로서 투자안의 평균 투자수익률을 의미하는데, 내부수익률은 다음의 식에 의해서 구할 수 있다.

$$\sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{CI_t}{(1+r)^t} \text{ 에서 } r \text{ 이 내부수익률이다.}$$

선택기준 : 내부수익율(r)이 최저기대수익율(k)보다 크면 투자안 선택한다.

NPV법에서는 할인율 r 이 시장에서 결정된 자본비용으로서 미리 결정되어 지는데 반하여, IRR법에서는 NPV를 0으로 만드는 특정 할인율 IRR의 값을 구한다. 내부수익률법의 의사결정 기준으로는 내부수익률 IRR이 자본비용 r 보다 높을 경우 투자안을 채택하고,

IRR이 자본비용 r 보다 낮을 경우 투자안을 기각한다.

즉, 내부수익율법은 미래의 현금흐름에 대해 현금의 시장가치를 고려하는 방법으로, 현금가법의 공식에서 초기투자액을 빼어 0이 되게 할인율을 구하게 된다. 내부수익율법은 현금의 시장가치를 고려하기 때문에 상호 배타적인 투자대안을 비교시에 유용한 방법으로 인정받고 있다. 하지만 할인율에 기회비용(opportunity cost) 개념이 반영되지 않는다는 것이 단점으로 지적되고 있다.

한편, 수익성분석은 남해안 해상가두리 양식품종에 대한 수익성을 측정해 봄으로써 경제적 실현가능성에 대한 정보를 양식경영자에게 제공해 주는데 목적이 있다. 본 수익성분석은 해상가두리양식의 특성상 단일 품종양식 보다는 가두리마다 여러 품종을 사육하고 있음에 따라 직접 원가는 입수가 용이하지만, 간접양식원가는 원가배분을 해야 하는 어려움이 있고, 같은 해역, 인근 양식장사이에서도 수익률이 상이한 점을 감안할 때 본 분석결과는 특정지역 양식장의 수익성을 대표한다고는 말할 수 없다. 그러나, 품종별 수익성 추세와 월동장 및 비월동 양식장간의 수익성비교에는 별 무리가 없어 보인다. 그리고 양식규모에 따른 품종별 수익과 비용자료의 왜곡을 피하기 위해서 품종별 공동손익계산서를 작성하여 백분율로 표시하였다.

2. 분석대상 품종 현황분석

가. 조피볼락 생산추이

조피볼락 양식생산량은 해마다 증가하고 있는 추세이나, 가격하락으로 총생산금액은 정체 상태에 있는 것으로 나타났다. 2007년의 경우 경남이 24,273톤으로 가장 많았고, 전남이 7,375톤으로 나타나 전체 생산량에서 경남과 전남지역이 90%를 차지하고 있다. 따라서 남해안 지역에서의 양식품종의 다변화가 필요하다는 것을 알 수 있다.

표 24. 조피볼락 연도별 생산현황

(톤, 천원)

시 도	구 분	2004년도	2005년도	2006년도	2007년도
합 계	생 산 량	19,576	21,297	27,517	35,564
	생산금액	175,521,350	197,335,143	187,177,938	197,549,072
부산시	생 산 량	0	19	19	46
	생산금액	0	156,400	206,900	265,900
울산시	생 산 량	0	2	0	55
	생산금액	0	10,440	0	340,000
경기도	생 산 량	54	29	8	25
	생산금액	557,000	288,600	66,000	148,500
강원도	생 산 량	4	0	3	2
	생산금액	39,870	0	57,000	11,784
충청남도	생 산 량	2,094	1,320	1,033	1,349
	생산금액	20,134,524	13,418,842	8,497,153	9,092,867
전라북도	생 산 량	7	0	0	0
	생산금액	88,190	0	0	0
전라남도	생 산 량	6,631	6,231	6,519	7,375
	생산금액	62,107,027	60,929,933	51,160,261	48,067,745
경상북도	생 산 량	786	1,358	1,706	2,439
	생산금액	7,460,340	14,814,013	14,833,177	17,480,528
경상남도	생 산 량	9,999	12,338	18,219	24,273
	생산금액	85,129,399	107,716,915	112,263,447	122,141,748
제 주 도	생 산 량	1	0	10	0
	생산금액	5,000	0	94,000	0

나. 참돔 생산추이

참돔 양식생산량은 해마다 큰 폭으로 증가하고 있는 추세이나, 생산금액은 격년별로 하락과 상승을 반복하고 있다. 2007년의 경우 경남이 6,897톤으로 가장 많았고, 전남이 246톤으로 나타나 전체 생산량에서 경남과 전남지역이 99%를 차지하고 있어서 남해안 지역에서의 참돔양식의 중요성을 알 수 있다.

표 25. 참돔 연도별 생산현황

(톤, 천원)

시 도	구분	2004년도	2005년도	2006년도	2007년도
합 계	생 산 량	3,988	5,816	4,386	7,213
	생 산 금 액	35,538,326	52,686,262	35,801,670	57,386,465
충 청 남 도	생 산 량	0	0	11	2
	생 산 금 액	0	0	88,000	12,600
전 라 남 도	생 산 량	117	322	326	246
	생 산 금 액	1,052,944	2,824,486	3,020,127	2,337,343
경 상 북 도	생 산 량	0	0	0	25
	생 산 금 액	0	0	0	300,000
경 상 남 도	생 산 량	3,846	5,473	4,024	6,897
	생 산 금 액	34,244,882	49,677,776	32,428,843	54,272,222
제 주 도	생 산 량	25	21	25	43
	생 산 금 액	240,500	184,000	264,700	464,300

표 26. 참돔 지역별 월별 생산현황(2007년도)

(단위 톤, 천원)

월별	전라남도			경상남도		
	생산량	생산금액	생산단가(원)	생산량	생산금액	생산단가(원)
1월	14	116,080	8,291	405	3,287,151	8,116
2월	22	225,025	10,228	547	4,403,819	8,051
3월	10	100,025	10,003	605	4,711,687	7,788
4월	17	177,723	10,454	721	5,374,726	7,455
5월	14	133,062	9,504	630	4,629,860	7,349
6월	6	46,480	7,747	732	6,003,198	8,201
7월	3	25,830	8,610	713	6,185,075	8,675
8월	20	209,920	10,496	687	4,913,265	7,152
9월	12	121,780	10,148	387	3,058,189	7,902
10월	15	117,620	7,841	476	3,838,586	8,064
11월	95	904,333	9,519	308	2,393,790	7,772
12월	18	159,465	8,859	686	5,472,876	7,978

다. 감성돔 생산추이

감성돔 양식생산량은 2005년 이전까지는 큰 폭으로 증가하였으나, 2005년도부터는 강보합속에서 조금씩 증가하고 있는 추세에 있다. 2007년의 경우 경남이 1,843톤으로 가장 많았고, 전남이 798톤으로 나타나 전체 생산량에서 경남과 전남지역이 93%를 차지하고 있어서 남해안 지역에서의 감성돔의 비중이 매우 높음을 알 수 있다.

표 27. 감성돔 연도별 생산현황

(톤, 천원)

시 도	구 분	2004년도	2005년도	2006년도	2007년도
합 계	생 산 량	1,379	2,671	2,705	2,841
	생산금액	14,790,056	25,697,148	24,043,443	26,418,358
울 산 시	생 산 량	28	0	0	0
	생산금액	280,000	0	0	0
충청남도	생 산 량	191	302	252	185
	생산금액	2,361,400	2,877,315	2,095,425	1,782,490
전라남도	생 산 량	125	519	648	798
	생산금액	1,510,318	5,047,268	5,988,157	7,676,423
경상북도	생 산 량	14	20	0	15
	생산금액	280,000	180,000	0	147,500
경상남도	생 산 량	1,021	1,830	1,805	1,843
	생산금액	10,358,338	17,592,565	15,959,861	16,811,945

표 28. 감성돔 지역별 월별 생산현황(2007년)

(단위 : 톤, 천원)

월별	전라남도			경상남도		
	생산량	생산금액	생산단가(원)	생산량	생산금액	생산단가(원)
1월	85	762,336	8,969	275	2,637,451	9,591
2월	125	1,139,384	9,115	302	2,748,105	9,100
3월	86	831,161	9,665	190	1,544,936	8,131
4월	100	975,807	9,758	78	623,650	7,996
5월	23	188,146	8,180	205	1,776,745	8,667
6월	40	345,669	8,642	74	623,945	8,432
7월	15	150,400	10,027	72	604,400	8,394
8월	2	25,187	12,594	13	97,500	7,500
9월	57	579,564	10,168	17	221,475	13,028
10월	58	639,754	11,030	196	1,750,950	8,933
11월	117	1,173,502	10,030	193	1,860,007	9,637
12월	90	865,513	9,617	228	2,322,781	10,188

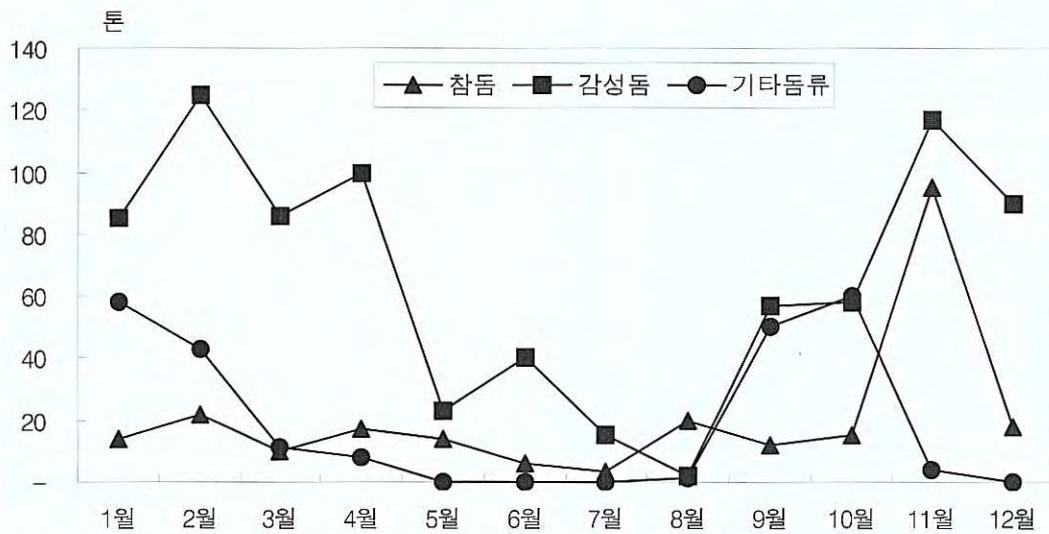


그림 157. 전남지역 품종별 월별 생산현황.

경남의 생산량을 보면 2007년도의 경우 전남과는 달리 참돔, 감성돔, 기타돔류 순으로 나타났고, 월별로 보면 참돔은 4월부터 8월사이가 가장 생산량이 많았고, 감성돔은 6월부터 9월까지가 가장 생산량이 적은 것으로 나타났다.

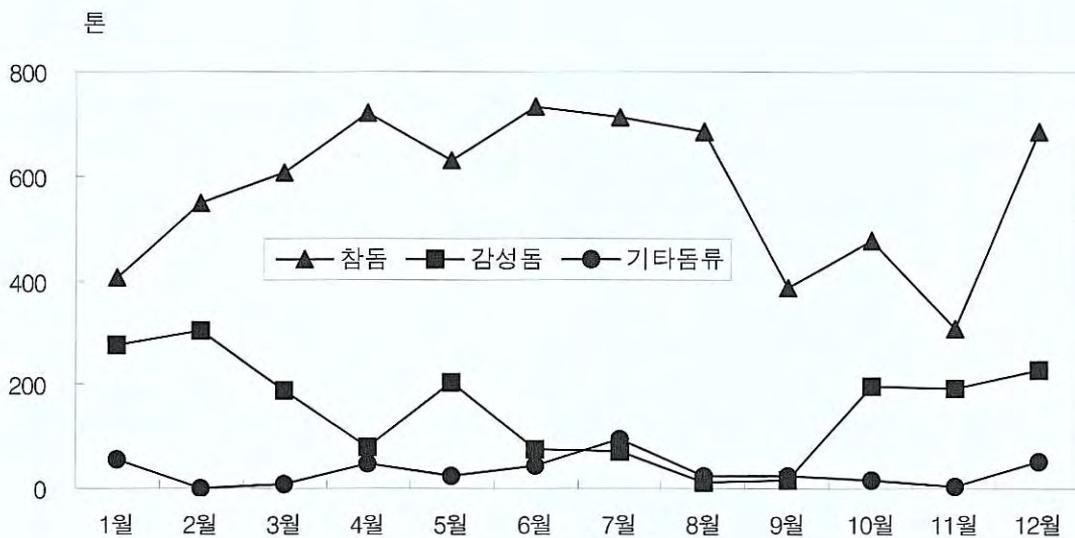


그림 158. 경남지역 품종별 월별 생산현황.

전남의 2007년을 기준으로 판매단가를 비교해 보면, 기타돔류, 감성돔, 참돔 순으로 나타났는데 감성돔과 참돔은 비교적 월별로 가격 진폭이 크지 않으나, 기타돔류는 가격 진폭이 매우 큰 것으로 나타났다.

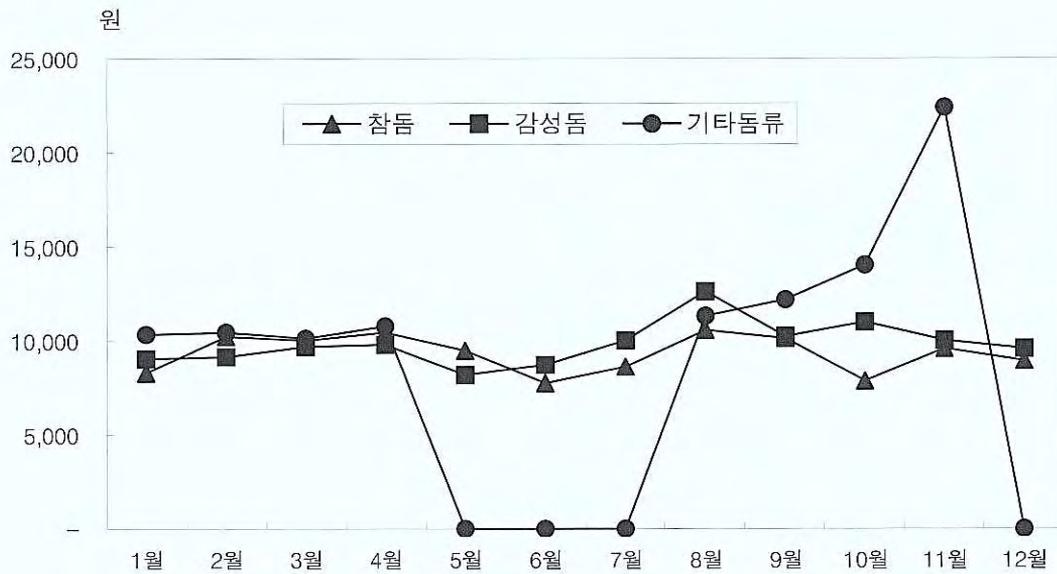


그림 159. 전남지역 품종별 월별 판매단가(2007).

경남지방의 돔류양식장을 2007년을 기준으로 판매단가를 비교해 보면, 전남지역과 동일하게 기타돔류, 감성돔, 참돔 순으로 나타났는데 감성돔과 참돔은 비교적 월별로 가격 진폭이 크지 않으나, 기타돔류는 가격 진폭이 매우 큰 것도 전남지역과 비슷한 양상을 나타내었다.

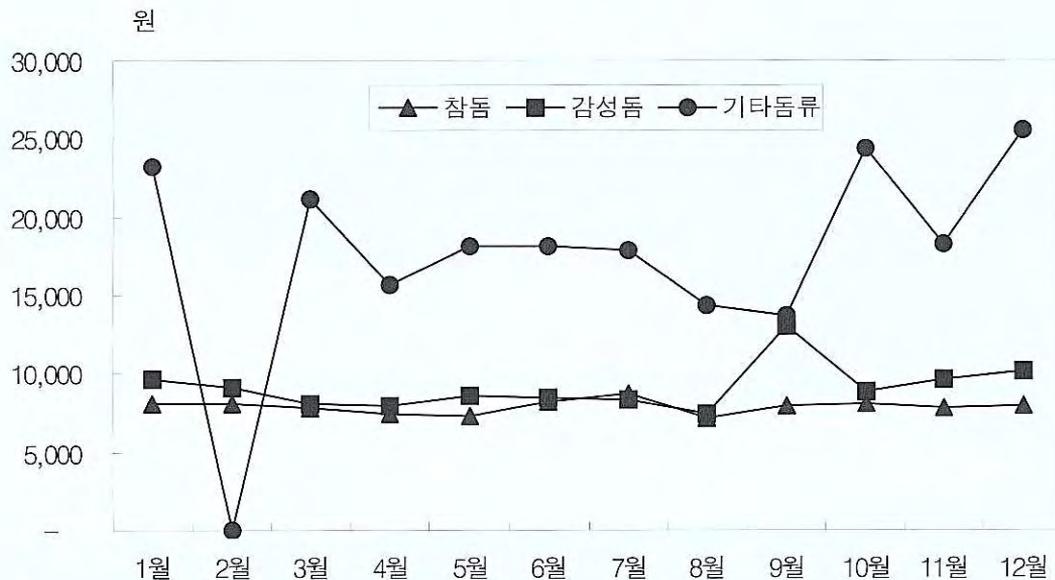


그림 160. 경남지역 품종별 월별 판매단가(2007).

3. 분석결과

가. 조피볼락양식의 경제성분석

표 29. 조피볼락양식의 지역별 수익성 비교

(단위 : %)

구 분	여수 양식장	통영 양식장
수 익	100.00	100.00
비 용	86.67	98.97
종 료 비	13.66	14.64
사 료 비	35.97	46.94
약 품 비	4.07	6.15
관 리 비	8.09	6.93
관 매 비	1.00	1.00
감 가 상 각 비	8.18	7.07
인 건 비	15.70	15.52
양 식 이 익	13.33	1.76

(자료 국립수산물과학원, 조피볼락 양식표준지침서)

조피볼락 해상가두리양식의 지역별 수익성분석에 있어서 1.25 ha 규모의 양식장을 대상으로 여수 양식장은 13.33%, 통영양식장은 1.76%로 나타났는데, 양식품종 중 조피볼락 해상가두리양식의 비중이 60%를 넘는 점을 감안 할 때, 낮은 조피볼락 양식수익률은 남해안 해상가두리양식의 평균 수익률을 전반적으로 저하시키고 있는 것으로 보인다. 전반적으로 수익률이 저조한 것은 여수양식장은 판매단가가 타지역에 비해 낮고, 통영 양식장은 사료비 비중이 다른 지역에 비해 높게 나타난데 기인하고 있다.

표 30. 조피볼락양식의 지역별 양식장의 경제성 평가

구 분	내부수익율 (IRR)	편익비용 (B/C)	순현재가치(NPV)		
			할인율 8%	할인율 10%	할인율 12%
여수 양식장	31%	1.15	568,645,994원	482,852,896원	407,727,100원
통영 양식장	9%	1.01	33,663,002원	적자전환	적자확대

조피볼락 양식업의 내부수익율은 여수지역 양식장이 통영지역에 비해 매우 높았고, 비용 대비 수익비율인 B/C비율도 1.15로 1보다 크므로 경제적 타당성이 있는 것으로 분석되었다. 현재의 투자액과 미래의 수익흐름을 현재가치로 환산한 결과 여수양식장은 할인율 8%의 경우 568,645천원의 순현재가치가 있는 것으로 나타났다.

나. 돌돔양식의 경제성분석

여수지역을 대상으로 한 돌돔양식의 수익률은 39.02%로 상당히 높게 나타났는데, 단기간의 양식으로 고수익을 얻을 수 있는 반면에 리스크도 큰 품종으로 알려져 있다. 내부수익율 또한 46%로 높았고, 편익비용분석(B/C) 결과는 1.64로 나타나 1보다 훨씬 상회함으로써 매우 경제성이 뛰어난 것으로 조사되었다. 본 분석대상 양식장에서 현재의 투자액과 미래의 수익흐름을 현재가치로 환산한 결과 돌돔양식은 할인율 8%의 경우 964,630천원의 순현재가치가 있는 것으로 나타났다.

표 31. 돌돔양식의 수익성

(단위 : %)

수	익	100.00
비	용	60.98
수	선 비	0.00
종	묘 비	16.67
유	류 비	0.01
사	료 비	30.00
약	품 비	0.01
전	기 요 금	0.00
조세공과 및 기타지출		2.60
감 가 상 각 비		3.15
인 건 비		6.94
양 식 소 득		39.02

표 32. 돌돔양식의 경제성

내부수익율 (IRR)	편익비용 (B/C)	순현재가치(NPV)		
		할인율 8%	할인율 10%	할인율 12%
46%	1.64	964,630,573원	846,819,460원	743,597,956원

다. 돛류 월동양식시스템의 경제성평가

1) 참돛양식의 경제성분석

표 33. 참돛양식의 월동지역과 비월동지역 양식장의 수익성 비교

(단위 %)

구 분	비월동지역 양식장 (여수 돌산)	월동지역 양식장 (여수 거문도)
수 익	100.00	100.00
비 용	84.10	68.07
수 선 비	1.56	0.01
중 료 비	5.00	3.17
유 류 비	0.00	0.00
사 료 비	33.75	44.44
약 품 비	3.13	2.08
전 기 요 금	0.00	0.00
주 부 식 비	1.56	1.43
조 세 공 과 금	0.01	0.00
기 타 지 출	2.40	3.00
감 가 상 각 비	6.67	2.45
인 건 비	29.22	10.00
양 식 이 익	15.49	31.93

참돛양식에 있어서 여수 돌산인 비월동지역의 양식장에서의 수익률은 15.49%로 나타난 반면에 월동지역인 거문도 양식장 수익률은 31.93%로 높게 나타났는데 이는 월동을 통하여 생존율을 크게 향상시킨데 기인한다. 즉, 비월동지역의 양식장 생존율이 45% 수준인데 비해, 월동지에서의 생존율은 70%로 나타나 수익성을 크게 개선시켰기 때문이다.

표 34. 참돛양식의 월동지와 비월동지 양식장의 경제성 평가

구 분	내부수익률 (IRR)	편익비용 (B/C)	순현재가치(NPV)		
			할인율 8%	할인율 10%	할인율 12%
비월동장	32%	1.19	244,344,253원	208,277,686원	176,546,265원
월동장	44%	1.47	2,026,451,100원	1,613,010,229원	1,387,060,889원

내부수익률 또한 비월동장 32%에 비해 월동장은 44%로 높게 나타났다. 편익비용비율도 월동장에서의 양식장 운영이 1.47로 매우 높게 나타났다. 순현재가치액에서 비월동장보다 월동장이 적게 나타난 것은 규모의 차이 때문이다. 즉, 월동지에서의 양식장이 비교적 적은 규모였음에도 내부수익율이 높아 절대 금액은 적지만 비용 대비 수익이 47% 초과로 나타났다.

2) 감성돔양식의 경제성분석

표 35. 감성돔양식의 비월동장과 월동장 경유 양식장의 수익성 비교

(여수, 1조(6×6 m), %)

구 분		비월동장(여수 돌산)	월동장 경유(안도-돌산)
수 익		100.00	100.00
비 용		85.42	72.05
수 선 비		4.50	3.60
종 묘 비		12.50	7.50
유 류 비		1.50	1.20
사 료 비		41.42	36.65
전기 요금		0.01	0.01
주 부식비		2.25	1.80
조세공과 및 기타지출		2.25	1.80
감가상각비		1.50	1.20
인 건 비		18.75	11.25
월동비용	계	-	6.65
	월동지 운반비	-	3.00
	월동지 사료비	-	0.95
	월동장 관리비	-	2.50
양 식 이 익		14.58	27.95

월동사육기술시스템 개발의 경제성분석에 있어서 가두리 1조를 기준으로 감성돔의 경우 비월동장에서의 수익률이 14.58%, 월동장으로 이동 사육한 경우의 수익률이 27.95%, 내부수익률 또한 비월동장 양식장이 46% 월동장 이동 양식장이 62%로 월동시스템 적용 양식장이 수익률이나 경제성면에서 높은 것으로 조사되었는데, 이는 월동사육시스템으로 생존

율을 크게 향상시켰기 때문이다.

여기서 월동사육시스템은 비월동지역 양식장에서의 양성후 4개월 내지 6개월간의 월동지역으로의 이동 후 현지 양식을 하고, 월동기간 이후 이전 양식장으로 돌아가는 시스템이다. 비월동지 양식장에서는 통상 1차 월동시 50% 생존율을 보이고 2차 월동시 80%의 생존율을 보여 전체적으로 40%(50%×80%)의 생존율을 보이는 반면, 월동지 경유 양식의 경우는 1차 월동시 80%의 생존율을 보이고 2차 월동시 80%의 생존율을 보여 통상 64% 내외(80%×80%)의 높은 생존율을 나타내고 있어서 수익성을 크게 높이고 있다.

월동비용은 월동지로의 운반비가 수익대비 3%수준이며, 양식장에서의 사료투입비용이 대략 0.95%(정상시 사료 투입수준의 2% 내외, 양식장에 따라서 10%까지 투입하는 곳도 있음), 월동지 임대료, 유류비 및 관리비용(주 3회 정도 관리) 2.5%수준으로서 전체적으로 월동비용은 수익대비 6.65% 수준인 것으로 조사되었다.

표 36. 감성돔양식의 월동장과 비월동장 양식장의 경제성 평가

(여수, 1조(6×6 m)단위)

구 분	내부수익율 (IRR)	편익비용 (B/C)	순현재가치(NPV)		
			할인율 8%	할인율 10%	할인율 12%
비월동장 양식	46%	1.17	37,312,504원	32,722,116원	28,706,464원
월동장 경유 양식 시스템	62%	1.40	81,451,139원	72,449,740원	64,578,204원

편익비용분석(B/C) 결과는 월동장 경유 양식인 월동시스템이 1.40로 나타나 1보다 상회함으로써 매우 경제성이 뛰어난 것으로 조사되었다. 본 분석대상 양식장에서 현재의 투자액과 미래의 수익흐름을 현재가치로 환산한 결과 감성돔양식은 할인율 8%의 경우 81,451천원의 순현재가치가 있는 것으로 나타났다.

3) 월동사육시스템의 경제성

월동사육시스템은 크게 육상월동식과 월동지 해상이동식으로 대별된다. 육상월동시스템은 ① 소형보일러를 이용 지하수 순환가온식으로서 연료비, 사료비, 전력비를 포함 1마리당 약 500원 정도로 추산되며, ② 히트펌프에 의한 순환가온식은 1마리당 약 280원정도로 추산되고 있다. 월동지 이동식으로는 ① 가두리를 직접 제작하여 월동지로 끌고가는 형태로서 앵커 및 견인선 등을 포함하여 1마리당 약 200원 정도로 추산되고, ② 활어운반선을 이용하여 월동하는 방법으로 운반선, 행사료(임대료), 사료비, 관리비 등을 포함하여 1마리당 약 170원 수준으로 추산된다. 그러나, 이러한 월동사육 경비는 운반하는 총 마리수와 사료

투입량에 따라 크게 달라지므로 추정치의 한계를 지니고 있다. 따라서 월동경비가 1마리당 최대 500원 내지 600원 수준이 된다 하더라도 그 비용이 생존율 증가 20% 내외(비월동지 40%(1차 월동 50%×2차 월동 80%) 생존율, 월동지 60% 내외(1차 월동 80%×2차 월동 80%) 생존율)와 비교해 볼 때 양식경영주에게 부담되는 비용이 아니므로 비월동지 인근 해역에 적지의 월동지역이 있을 경우 양식경영주 입장에서는 월동대책 활용이 경제적인 것은 분명하다고 할 수 있다.

표 37. 품종별 월동사육의 경제성 비교

구 분	참돔 (월동지와 비월동지 양식비교)			감성돔 (월동장과 비월동장 경유양식)		
	수익률(%)	내부수익율 (IRR)	편익비용 (B/C)	수익률(%)	내부수익율 (IRR)	편익비용 (B/C)
비월동장 양식	15.49%	32%	1.19	14.58%	46%	1.17
월 동 장 양식	31.93%	44%	1.47	27.95%	62%	1.40

4. 요약

본 분석에서는 첫째, 남해안 해상가두리양식의 주 품종인 조피볼락과 최근 양식품종 다양화 차원에서 점차 증가하고 있는 참돔, 감성돔 및 돌돔 양식의 경제성을 평가하고 둘째, 남해안 한파에 의한 월동사육시스템 개발의 돌돔양식의 월동사육의 경제성을 조사하였다.

조피볼락 해상가두리양식의 지역별 수익성분석에 있어서 여수 양식장은 13.33%, 통영양식장은 1.76%로 나타났는데, 조피볼락 해상가두리양식의 비중이 60%를 넘는 점을 감안할 때, 낮은 조피볼락 양식수익률은 남해안 해상가두리양식의 평균 수익률을 전반적으로 저하시키고 있는 것으로 보인다. 전반적으로 수익률이 저조한 것은 여수양식장은 판매단가가 타지역에 비해 낮고, 통영 양식장은 사료비 비중이 다른 지역에 비해 높게 나타났는데 기인하고 있다.

여수지역을 대상으로 한 돌돔양식의 수익률은 39.02%로 나타났고, 내부수익율은 46%, 편익비용분석결과는 1.64로 나타나 매우 경제성이 뛰어난 것으로 조사되었다.

참돔양식에 있어서 비월동지역의 양식장에서의 수익률은 15.49%로 나타난 반면에 월동지역에서의 양식장 수익률은 31.93%로 높게 나타났는데 이는 월동을 통하여 생존율을 크게 향상시킨데 기인한다. 내부수익률도 비월동장 32%에 비해 월동장은 44%로 높게 나타났다.

월동사육기술시스템 개발의 경제성분석에 있어서 감성돔의 경우 비월동장에서의 수익률이 14.58%, 월동장으로 이동 사육한 경우의 수익률이 27.95%, 내부수익률 또한 비월동장 양식장이 46%, 월동장 이동 양식장이 62%로 월동시스템 적용 양식장이 수익률이나 경제성면에서 높은 것으로 조사되었는데, 이는 월동사육시스템으로 생존율을 크게 향상시켰기 때문이다.

본 연구에 있어서 월동사육의 경제성은 겨울철 한파로 인해 폐사를 거듭해 온 돔류 해상가두리양식 경영의 안정성을 저해해 온 동해피해를 동절기 동안 수온이 상대적으로 높은 월동지로 이동하여 사육을 함으로써 월동지에서 생존율을 얼마나 높여 양식경영의 안정성을 제고하느냐에 달려 있다.

제9절 월동시 돔류의 생리학적 특성 연구

우리나라 남해안 연안에서 많이 양식되는 온대성 돔류는 주로 10℃이상의 월동수온을 요구하기 때문에 남해안의 지역에 따라 해상가두리에서 연중 양식에 어려움이 있으며, 급격한 저수온 조건에서 양식 어류는 활성저하와 생리적 장애로 인한 병변 등으로 대량 폐사되고 있다. 본 연구는 남해안의 겨울철 저수온이 돔류의 생리상태에 미치는 영향, 돔류의 저수온 내성 특성에 대한 기초적인 연구를 수행하여 돔류의 양식방법 개선을 위한 생리학적 기초 자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

국내 해상가두리양식장은 태풍, 적조 및 저수온 동사피해와 같은 자연재해에 매년 반복적으로 노출되고 있는 실정에 있다. 양식어류는 일시적이면서 완만한 환경변화에서는 생리적 항상성을 유지할 수 있지만, 환경변화가 급격하거나 반복되는 조건에서는 어류 생리상태의 불균형과 면역력 저하 등이 수반되어 발병 및 폐사단계에 이르게 된다. 환경요인 중에서 수온은 양식어류의 섭이, 소화, 성장, 대사 및 생존 등에 직접 영향을 미치는 요인이며, 돔류(참돔, 감성돔, 돌돔 등)와 같은 온대성 어류에 있어서 수온은 양식권역 제한 내지는 월동권역의 제한요인으로 작용할 수 있다. 특히, 최근 들어 국지적 또는 지역적으로 나타나는 동절기 폭한과 같은 기후변화에 따라 돔류가 대량 양식되는 남해안 가두리양식장의 돔류를 중심으로 집단 폐사하는 현상이 발생하고 있으며, 그 피해 규모가 점차 대형화되는 추세를 보이고 있어서 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 특히, 남해안 연안에서 많이 양식되는 온대성 돔류는 주로 10℃이상의 월동수온을 요구하기 때문에 해상가두리 양식어가에서는 연중 양식에 어려움이 있으며, 겨울철 급격한 저수온 조건에서는 양식어류의 생리적 장애로 수반되는 질병발생 및 대량 폐사의 원인이 되기도 한다.

남해안 해상가두리에서 양식되는 어류는 주로 조피볼락과 넙치를 중심으로 이루어지고 있으나 최근 수산물 수입자유화에 따른 저가 활어의 대량 수입으로 인해 경영상 심각한 위기를 맞고 있는 실정에 있다. 이어 FTA 협정이 미국, 일본 및 중국과 순차적으로 체결되어지면 생산원가가 높은 국내 양식업계의 경쟁력은 더욱 약화될 것으로 예상되고, 매년 반복되는 적조, 태풍, 동사 피해에 의한 자연재해는 국내 양식산업의 경쟁력 약화를 가중시키는 큰 요인으로 작용하고 있다. 남해안 해상가두리에서 양식되는 돔류는 수온조건이 월동사육에 제한요소로 작용하기 때문에 겨울철 수온조건이 양호한 연안 지역에서 양식되어 왔으나 최근에는 기상이변 현상과 연관되어 반복적으로 돔류의 대량 동사피해가 발생함으로 수산양식업계에 큰 경제적 손실을 초래하고 있다.

수산양식산업은 국민의 단백질 공급 및 건강식품으로서 높은 기호성 때문에 수요가 꾸준히 증가하고 있으나 적조, 태풍 및 동사 피해 등으로 인하여 생산성이 감소하고 있다. 남해안 가두리양식장은 주로 영세어민의 면허어업으로 양식되며, 자연재해로 인한 막대한 피해 발생시 지역사회 문제로 대두될 수 있어 동사피해와 같은 자연재해에 적극적으로 대처하

는 노력이 필요한 시점이다. 돔류(참돔, 감성돔, 돌돔 등)는 대국민 선호도가 높은 고급어종으로 양식어업의 중요한 위상을 차지하고 있을 뿐만 아니라 어가소득에 크게 기여하는 어종이다. 따라서 가두리양식장이 밀집된 남해안 해역에서는 자연재해로부터 안정된 양식기반 기술을 개발하고, 양식품종의 다양화를 유도하여 수산양식산업의 경쟁력을 높이는 것이 중요한 과제라 할 수 있다.

본 연구는 겨울철 저수온이 돔류의 생리상태에 미치는 영향 및 돔류의 저수온 내성에 대한 기초 연구를 수행하여 월동 양식방법의 개선에 관한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

1. 재료 및 방법

가. 실험어

실험에 사용한 참돔, *Pagrus major*(Temminck et Schlegel)과 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeker)은 해상 가두리 양식장에서 사육중인 것을 실험실로 운반하여 건강한 개체를 선별하여 순환여과식 사육수조(용량, 1톤)에 수용하고, 수온 15℃에서 사육하였다. 사육 시 먹이는 시판 부상사료를 매일 1회 공급하였으며, 사육수는 저장탱크의 해수 온도를 15℃로 맞추어 매일 총 순환수량의 약 5~10% 정도로 교환하였다. 사육동안 수온, pH, 염분 및 용존산소(DO, dissolved oxygen)는 각각 $14.9 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$, 7.9~8.2, 31.8~32.3‰ 및 6.1~6.8 mg O₂/l이었다. 실험에 사용한 어류의 전장은 당년생 참돔과 감성돔은 각각 14.2~17.3 cm 및 12.7~14.1 cm, 일년생은 각각 19.2~23.6 cm와 16.6~19.3 cm 범위였다. 저수온 노출시험에 사용된 실험어는 실험시작 24시간부터 절식시켰다.

나. 동계수온과 저수온 구매 및 순치사육

본 연구에서 겨울철 남해안에 출현되는 해역의 수온범위에서 10℃를 동계수온으로, 10℃이하의 수온대를 저수온으로 표기하였다. 실험에 사용된 돔류는 수온 15℃의 실험실 조건에서 예비 사육하였다. 동계수온(10℃) 및 저수온 조절은 cooler, heater 및 thermo-controller가 장치된 실험수조(저수용량, 0.5 ton)에 실험어를 수용하고, 하루 1℃씩 수온을 조절하여 동계수온 10℃로 조절하였다. 이후 각 실험어는 10℃에서 2주간 순치사육한 후 항목별 실험에 사용하였다.

다. 측정방법

1) 생존율

수온 10°C에 순치된 동류를 절식지속시간 및 저수온 조건별로 구분하여 실험구에 수용하고, 저수온 충격(low temperature shock)에 최소 96시간 이상 노출되도록 유지하였다. 폐사개체 판정은 유영활동이 정지되고, 아가미 뚜껑의 개폐활동이 멈춘 개체를 기준으로 하였다(Fry, 1971).

2) 호흡대사율 및 질소배설률

가) 호흡대사율

저수온 조건에 노출된 실험어의 호흡대사율 및 대사활성의 변동유형을 파악하고, 연속적인 수온하강 조건하에서 호흡작용이 정지되는 시점, 치사하한수온은 자동 호흡측정장치를 이용하였다(그림 161). 호흡실에는 실험수온으로 조절된 여과해수를 채우고 실험어 당년생 동류 2개체를 수용한 뒤 호흡실의 뚜껑을 밀폐하였다. 호흡측정장치에 생성된 기포는 기어 펌프 (REGLO-ZS, Swiss)로서 시수를 환수 순환시켜 저장조로 배출시켰고, 순환수류의 방향은 personal computer(PC)에서 연속 3분마다 송출되는 전기신호가 AD/DA convertor (AX5621H)와 solenoid valve control driver를 거쳐 3-way solenoid valve (Burkert 131, Germany) 작동을 제어하여 바뀌게 하였다. 호흡측정 장치는 compressor 분리형 저온배양기(JEIO TECH, BI-1000M)에 설치하였고, 호흡측정은 저온배양기내 암소조건에서 실시되었다. 순환시수의 DO는 산소전극 및 산소검량기(YSI 58)에서 송출되는 0~1 V(accuracy: $\pm 0.4\%$ of full scale in YSI 58 Manual) 전압을 분해능이 1.9×10^{-2} mV(= $0.38 \mu\text{g O}_2/\text{L}$)인 AD convertor로 수신하였다. 본 실험에서 실험생물의 호흡량은 시수가 폐쇄 순환하는 3분 동안에 소모한 산소량을 측정하도록 설정하였고, 이어서 3분 동안의 환수 순환과정에는 저수조의 산소포화 해수가 호흡실에 공급되도록 함으로서 연속 측정 동안 1회의 호흡 측정에는 6분이 소요되었다. 호흡실에 수용된 생물의 산소소모에 의한 DO 차이는 수류가 폐쇄 순환과 환수 순환경로로 전환하기 직전 각각 3초 동안에 감지된 100 data/sec의 DO 평균치 차이로부터 계산된 값이 실시간으로 PC에 display되고, 저장되었다. 호흡실에 실험어를 수용한 후 일정시간 동안은 실험어의 그물뜨기, 호흡실내 수류 흐름과 암소환경에 접한 실험어의 안정을 위해 환수순환 상태를 유지하였다. 호흡대사율 측정시 순환시수 교환은 실험개시 후 24시간이 경과한 시점에 순환수류가 폐쇄순환으로 바뀐 뒤 3분 동안에 저수조에서 순환시수 총량의 1/2을 배수시킨 다음 같은 수온의 미공 여과해수로 바꾸어 주었다. 호흡대사율의 결과는 건조체중 g당 1시간의 산소소비량($\text{mg O}_2/\text{g, dry wt./hr}$)으로 표시하였다.

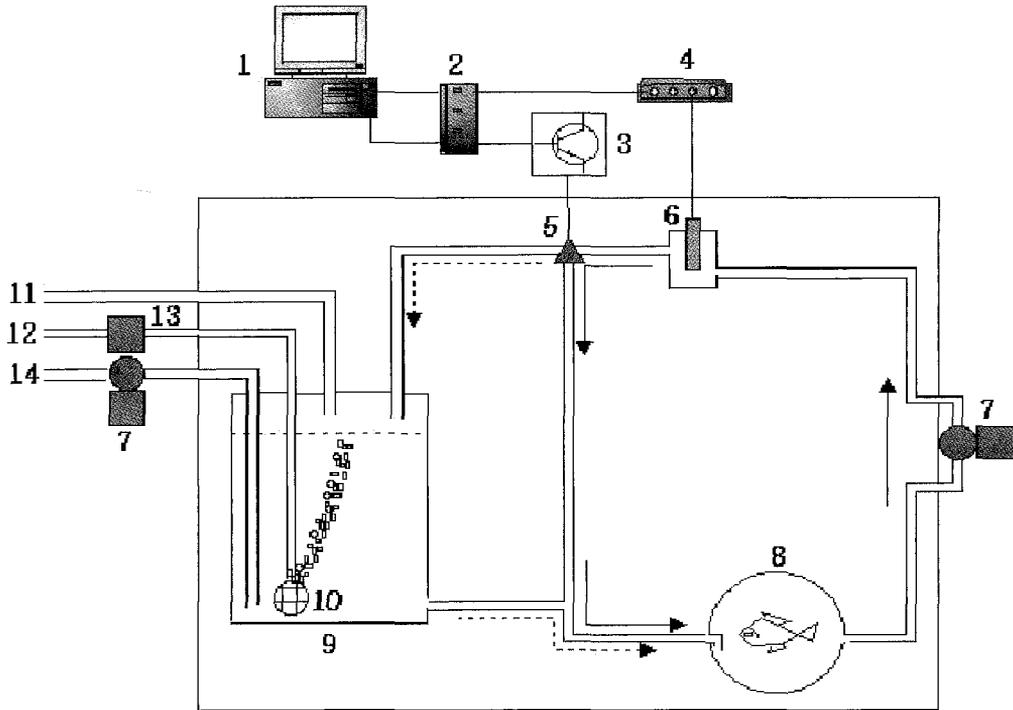


그림 161. 호흡측정에 사용한 자동 호흡측정 장치의 모식도. 점선 및 실선의 화살표는 각각 산소소비 측정 및 환수순환 동안의 수류방향을 나타낸다. 1: 장치제어 및 자료저장용 컴퓨터, 2: AD/DA 변환기, 3: 솔레노이드 밸브제어 드라이버 4: 산소측정기, 5: 3-way 솔레노이드 밸브, 6: 산소-온도 센서, 7: 기어펌프 및 정량 송액펌프, 8: 호흡실, 9: 저수조, 10: 에어스톤, 11: 공기 배출관, 12: 공기 공급관, 13: 공기필터, 14: 시수 교환용 튜브.

나) 질소배설

동계수온에 순치된 실험어류의 저수온 노출조건별 질소배설량을 평가하기 위하여 암모니아 질소배설률을 Solorzano (1969)의 페놀청범으로 분석하였다. 질소배설률은 용량 약 2 L의 시판되는 원형 PE병에 실험수온으로 조절된 여과해수를 채우고 실험어류 투입 전과 투입 후 6시간이 경과한 뒤의 용존 암모니아 농도 차이로부터 건조중량 g당 일간 질소배설률을 산출하였다.

3) 혈액성상 및 혈액생화학성분 분석

동계수온 및 저수온 조건에 노출된 돝류의 혈액성상과 혈액생화학성분의 농도변화를 조사하기 위하여 혈액을 채혈하였다. 혈액은 실험수조에서 어류를 포획하여 약 200 ppm의 MS-222 수용액에서 마취시킨 다음 미병부에서 채혈하였다. 채혈액의 일부는 항응고제 (10% EDTA)를 처리하여 혈중 적혈구용적률(hematocrit, Hct)과 혈색소함량(hemoglobin, Hb)을 분석하였다. 혈액의 나머지는 원심분리튜브에 넣어서 실온에 방치한 뒤 5,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 혈청을 분리하였고, 혈청은 -70℃에 보관하면서 생화

학성분 분석에 사용하였다. Hct는 micro-hematocrit법으로, Hb는 cyanomethaemoglobin 상법으로 측정하였다. 생화학성분은 혈당(glucose), 총빌리루빈(total bilirubin), 총단백질(total protein), 혈중 암모니아(NH₃) 및 GOT(glutamate oxaloacetate transaminase), GPT (glutamate pyruvate transaminase)를 혈액생화학분석기(FUJI DRI-CHEM 3500)로서 측정하였다.

4) 저수온에 노출된 돝류의 회복능력

저수온 노출조건별로 수온상승 시에 돝류의 회복능력을 파악하기 위하여, 동계수온 10℃에 순치된 실험어 및 저수온 7℃에 10일간 노출시킨 실험어를 대상으로 하루에 수온을 1~2℃씩 상승시켜 최종수온이 15℃에 이르도록 해서 20일 동안 생존율을 관찰하였다. 저수온 노출 후 수온상승조건에 유지된 돝류의 생리상태 변화는 7℃, 10℃ 및 15℃에 도달하는 시점에서 혈액성상, 혈액생화학적 성분농도 및 호흡대사율과 질소배설률을 측정하여 저수온 노출 후 수온상승 조건에서 돝류의 생리상태 변동을 조사하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 돝류의 저수온 내성 특성

1) 저수온 노출조건별 돝류의 생존율

돝류(참돔, 감성돔)에 대한 저수온 내성 특성을 조사하기 위하여 동계수온 10~11℃에 2주간 순치시킨 당년생 돝류를 대상으로 저수온 노출조건별(1일 1℃~3℃의 수온하강 및 반복적인 수온변동 조건)로 생존율을 조사한 결과는 표 38~40에 나타내었다.

동계수온 10℃에서 하루에 수온을 1℃씩 낮추어 5℃의 저수온 조건(10℃→5℃)에 5일간 노출된 당년생 참돔과 감성돔의 생존율을 살펴보면(표 38), 감성돔 대조군(10℃→10℃)에서는 1개체가 폐사하여 생존율은 97.5%였으나 참돔과 감성돔 실험구에서는 사망하는 개체가 없었다. 동계수온 10℃에서 수온을 하루 2℃ 하강(1℃ 하강/12 hr)시켜 저수온 조건(10℃→5℃)에 5일간 노출된 당년생 참돔과 감성돔의 경우 대조군(10℃→10℃)과 실험군(10℃→5℃)의 생존율 범위는 92.5%~97.5%로 관찰되었다(표 39). 이에 반하여, 동계수온 10℃에서 6시간 이내에 수온을 5℃ 하강(1℃ 하강/12시간)시킨 저수온 조건(10℃→5℃)에 5일간 노출된 당년생 참돔과 감성돔 실험군의 생존율은 각각 20%와 10%로 감소하였고, 대조군(10℃→10℃)에서는 사망개체가 관찰되지 않았다(표 40).

동계수온(10℃)에 2주간 순치시킨 일년생 참돔과 감성돔이 수용된 실험수조의 수온을 하루에 1℃씩 낮추어 저수온 5℃와 6℃에서 경과시간별 생존율을 조사하였다(표 41~42).

10℃에서 30일간 유지된 참돔과 감성돔 대조군(10℃→10℃)의 생존율은 각각 95%와 90%로 관찰되었다. 동계수온에서 5℃에 25일간 유지시킨 참돔 실험구(10℃→5℃)의 경

우 5℃로 구배된 직후 즉, 경과시간 5일째 생존율은 90%였으며, 10일과 20일째 생존율은 25%와 10%로 감소하였다. 감성돔 실험구(10℃→5℃)에서는 5℃로 구배된 직후의 경과시간 5일째와 10일, 20일째 생존율은 각각 75%, 45% 및 25%로 나타났고, 참돔과 감성돔 실험구의 30일째 생존율은 15%와 5%로 관찰되었다(표 41). 한편, 동계수온에서 6℃ 저수온 조건에 26일간 노출시킨 일년생 참돔 실험구(10℃→6℃)의 경우 경과시간 4일째 생존율은 90%였으며, 경과시간 10일과 20일째의 생존율은 60%와 35%로 감소되는 결과가 관찰되었다. 감성돔 실험구(10℃→6℃)에서는 6℃로 구배된 직후의 경과시간 4일, 10일 및 20일째 생존율은 각각 80%, 55% 및 42.5%였으며, 30일째에 저수온 6℃에 노출된 참돔과 감성돔 실험구(10℃→6℃)의 생존율은 32.5%와 40%로 나타났다(표 42).

저수온 5℃에 노출된 참돔과 감성돔의 생존율 조사 결과, 저수온에 노출 후 4일 동안 관찰된 당년생 돌류의 경우 6시간 내에 5℃로 구배된 저수온 조건에서 관찰된 생존율은 10~20%였다. 이에 반하여 하루에 1℃ 수온을 낮춘 5℃ 저수온(10℃→5℃, 1℃ 하강/일) 조건에서는 일년생 참돔과 감성돔에 비하여 높은 생존율을 보여주었다. 일반적으로 크기가 작은 개체는 큰 개체에 비하여 환경수와 접하는 어체의 비표면적(specific surface area)이 크고, 동일한 수온조건에서는 작은개체가 단위체중당 대사강도는 높아 어체의 대사에너지 상실이 많은 점을 감안하면 본 연구의 생존율 결과는 다소 의외의 결과로 나타났다. 이러한 현상이 환경수온에 따라 체온이 변하는 돌류에서 일반적인 현상인지는 추가 조사가 필요한 것으로 생각된다.

동계수온 10℃에서 5℃ 및 6℃ 저수온 조건(10℃→5℃ and 6℃, 1℃ 하강/일)에 25일간 노출된 일년생 참돔과 감성돔의 생존율 결과로부터 저수온 조건에 48시간~96시간 노출 시 50%가 사망하는 치사임계수온은 5.3~6.1℃범위로 평가되었다.

표 38. 동계수온에서 5℃ 저수온(10℃→5℃, 1℃ 하강/일)에 5일 동안 노출된 당년생 참돔과 감성돔의 생존율(%)

어종	구분 (수온변동)	노출수온(℃)									
		(경과시간, 일)									
		10.3 (0)	9.1 (1)	8.2 (2)	7.1 (3)	6.0 (4)	5.2 (5)	5.1 (6)	5.1 (7)	5.0 (8)	5.1℃ (9일)
참 돔	대조구 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	실험구 (10℃→5℃)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
감성돔	대조구 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	97.5	97.5	97.5	97.5
	실험구 (10℃→5℃)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

표 39. 동계수온에서 5℃ 저수온(10℃→5℃, 2℃ 하강/일)에 5일 동안 노출된 당년생 참돔과 감성돔의 생존율(%)

어 종	구 분 (수온변동)	노출수온(℃)							
		(경과시간, 일)							
		10.1 (0)	8.2 (1)	6.3 (2)	5.0 (3)	5.1 (4)	5.1 (5)	5.2 (6)	5.1℃ (7일)
참 돔	대조구 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	100.0	97.5
	실험구 (10℃→ 5℃)	100	100	100	100	100	100	97.5	97.5
감성돔	대조구 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	92.5	92.5
	실험구 (10℃→ 5℃)	100	100	100	100	100	100	95.0	95.0

표 40. 동계수온에서 6시간 이내에 수온을 5℃ 하강시킨 조건(10℃→5℃)에 5일간 노출된 당년생 참돔과 감성돔의 생존율(%)

어 종	구분 (수온변동)	노출수온(℃)							
		(경과시간, 일)							
		10.2 (0)	5.2 (0.25)	5.1 (0.5)	5.1 (1)	5.0 (2)	5.1 (3)	5.1 (4)	5.2℃ (5일)
참 돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	100	100
	실험군 (10℃→ 5℃)	100	100	60	45	25	20	20	20
감성돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	100	100
	실험군 (10℃→ 5℃)	100	85.0	45	20	10	10	10	5

표 41. 동계수온 10℃에서 5℃의 저수온 조건(10℃→5℃, 1℃ 하강/일)에 25일간 노출된 일년생 참돔과 감성돔의 생존율(%)

어 종	구 분 (수온변동)	노출수온(℃)									
		경과시간(일)									
		10.3 (0일)	9.2 (1 일)	8.0 (2일)	7.1 (3일)	6.0 (4일)	5.1 (5일)	5.1 (10일)	5.0 (15일)	4.9 (20일)	5.0 (30일)
참 돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	100	95	95	95
	실험군 (10℃→5℃)	100	100	100	95.0	95	65	35	35	15	15
감성돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	95	95	95	90	90
	실험군 (10℃→5℃)	100	100	95	95	90	75	45	25	25	5

표 42. 동계수온 10℃에서 6℃의 저수온 조건(10℃→6℃, 1℃ 하강/일)에 노출된 일년생 참돔과 감성돔의 생존율(%)

어 종	구 분 (수온변동)	노출수온(℃)									
		경과시간(일)									
		10.4 (0일)	9.3 (1일)	8.1 (2일)	7.2 (3일)	6.0 (4일)	6.1 (5일)	6.0 (10일)	6.1 (15일)	6.2 (20일)	6.0 (30일)
참 돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	100	97.5	97.5	97.5
	실험군 (10℃→6℃)	100	100	100	92.5	75	60	35	35	35	32.5
감성돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5
	실험군 (10℃→6℃)	100	100	97.5	95.0	80	62.5	55	50	42.5	40

2) 절식지속시간에 따른 저수온 내성

가) 생존율

수온 10℃에서 각각 15일과 30일간 절식시킨 참돔과 감성돔을 저수온 6℃(10→6℃, 1℃ 하강/일)에 노출시켜서 20일간의 생존율을 조사한 결과는 표 43과 표44에 나타내었다. 실험개시 전에 30일간 절식상태로 유지된 참돔과 감성돔의 생존율은 15일 절식군에 비하여 현저하게 감소하였으며, 절식 15일째 실험군과 절식 30일 실험군에서 경과시간 20일째 참돔의 생존율은 각각 35%와 13%를 보여 주었다.

나) 절식기간에 따른 생리상태의 변화

수온 15℃에서 사육중인 실험어를 순환냉각수조에 수용한 뒤 동계수온(10℃)에 노출시켜서 절식기간 0, 15, 30 및 45일째에 혈액성상과 혈액생화학 성분 농도를 조사하였다.

참돔과 감성돔의 혈액 적혈구용적율(Hct)과 혈색소 농도(Hb)는 절식지속시간에 따라 차이는 없는 것으로 나타났다(그림 162와 163). 혈액생화학적성분을 조사한 결과를 보면(표 45), 혈당농도는 절식 15일째의 참돔과 감성돔에서 실험시작 때의 실험군(대조군)에 비하여 유의하게 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 총 빌리루빈은 절식 45일째에는 다소 증가하였고, 절식 45일째의 GOT와 GPT는 대조군과 비교하여 유의하게 높은 수치를 보여 주었다($P<0.05$). 돔류가 절식이 지속되면 절식 15일경에는 장기 절식에 의한 체내 탄수화물 고갈에 의해 혈당(glucose)이 감소한 것으로 보여지며, 이후 절식 45일째에 혈당 상승은 생체유지를 위한 기초대사(표준대사)에 필요한 에너지 확보 수단으로 체지방과 체단백질 분해 및 에너지 이용기작에 의해 대조군과 유사한 혈당 농도를 유지한 것으로 보여진다. 또한, 절식 45일이 경과하면서 GOT와 GPT 및 총빌리루빈이 증가된 것은 저수온에 장기 노출되면서 담즙분비 기작의 장애 등에 의해 일부 개체에서 녹간증이 진행됨으로서 나타나는 결과이다.

수온 10℃에서 절식기간 0, 15, 30 및 45일째에 호흡대사율과 질소배설률을 측정된 결과는 각각 그림 164와 그림 165에 나타내었다. 절식기간 30일과 45일이 경과하면서 돔류의 호흡대사율은 절식기간 0일의 대조군에 비해 유의하게 낮은 값을 보여 주었고, 암모니아 질소배설률은 45일 동안 절식이 진행되면 대조군에 비해 유의하게 낮아지는 현상이 관찰되었다($P<0.05$). 돔류에서 절식이 약 30일 이상 진행되면 혈당 감소가 수반되었고, 장기간의 저수온 노출과 기아상태에서 생체유지에 필요한 최소한의 대사기능이 수반됨으로 인하여 어체의 산소소비 및 질소배설률은 감소한 것으로 추정된다.

표 43. 절식 13일째에 6℃의 저수온 조건(10℃→6℃, 1℃ 하강/일)에 노출된 일년생 참돔과 감성돔의 생존율(%)*

어 종	구분 (수온변동)	노출수온(℃)								
		경과시간(일)								
		10.0* (0)	8.3 (1)	6.1 (2)	6.2 (3)	6.1 (5)	6.1 (7)	6.1 (10)	6.2 (15)	6.0 (20일)
참 돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	실험군 (10℃→6℃)	100	100	85	70	65	50	50	45	35
감성돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	95	95	95
	실험군 (10℃→6℃)	100	100	100	100	100	70	48	43	40

* 15℃ 순치사육(1일 절식) → 실험구 수용 및 1일 1℃ 수온하강(4일 절식) → 10℃ 실험구에서 10일 동안 절식상태로 유지시킨 후 실험개시.

표 44. 절식 30일 후 6℃의 저수온 조건(10℃→6℃, 1℃ 하강/일)에 노출된 일년생 참돔과 감성돔의 생존율(%)*

어 종	구 분	노출수온(℃)								
		경과시간(일)								
		10.2* (0)	8.1 (2)	6.3 (4)	6.0 (5)	6.1 (7)	6.0 (10)	6.0 (15)	6.2 (20일)	
참 돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	100	100	95
	실험군 (10℃→6℃)	100	100	85	57	50	43	25	13	
감성돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	95	93	93	93	93	
	실험군 (10℃→6℃)	100	100	100	68	45	33	18	18	

* 15℃ 순치사육(1일 절식) → 실험구 수용 및 1일 1℃ 수온하강(4일 절식) → 10℃ 실험구에서 25일간 절식상태로 유지시킨 후 실험개시.

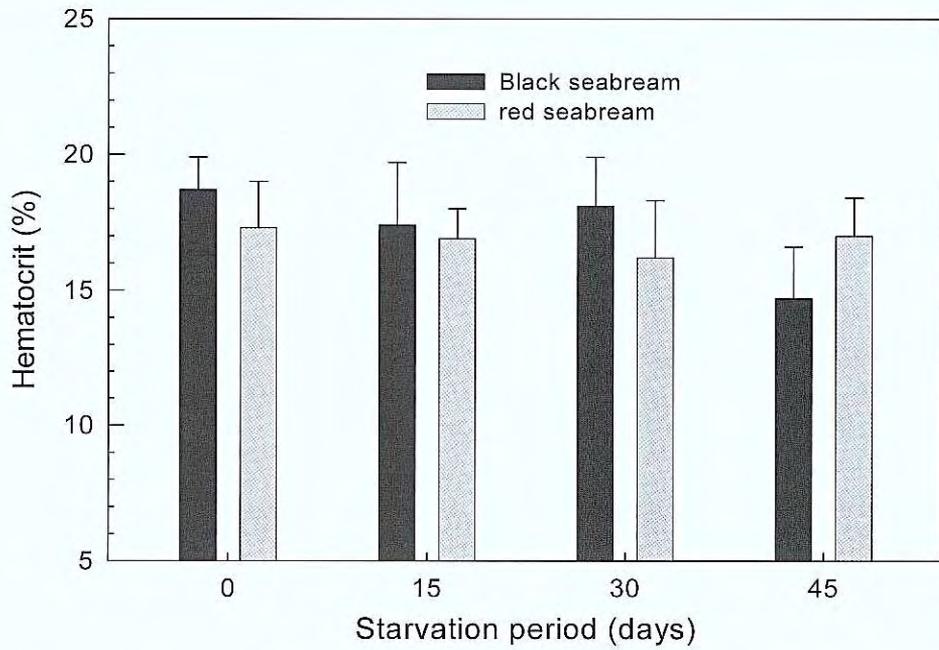


그림 162. 수온 10°C에서 절식기간별 참돔과 감성돔의 혈중 적혈구 용적율 (hematocrit, Hct).

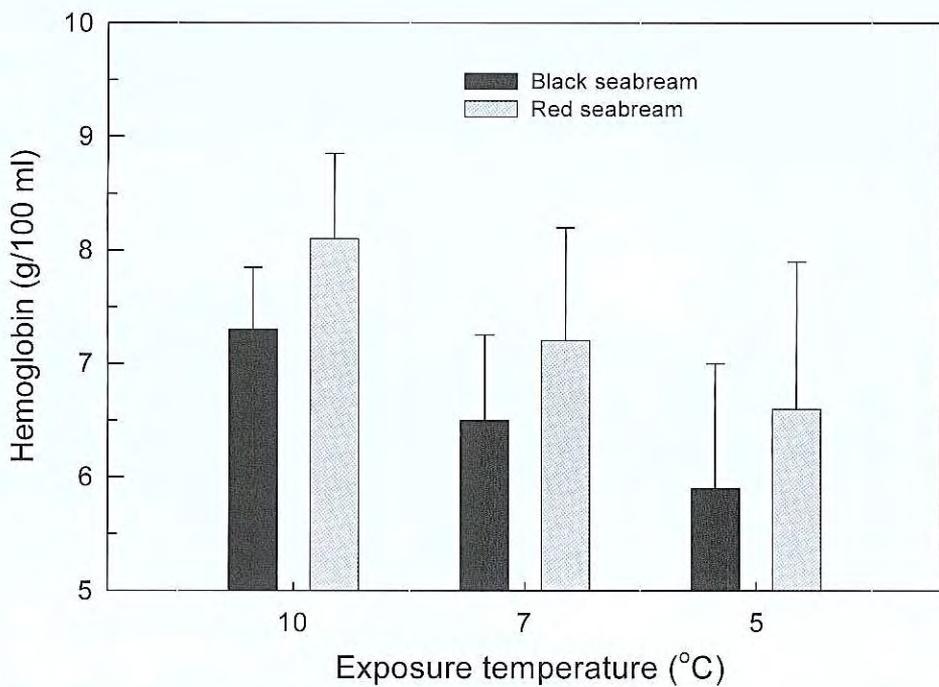


그림 163. 수온 10°C에서 절식기간별 참돔과 감성돔의 hemoglobin 농도.

표 45. 동계수온 10℃에서 절식기간에 따른 참돔과 감성돔의 혈액생화학성분 농도

어종	절식 기간 (일)	혈액생화학성분 농도					
		Glucose (mg/dL)	암모니아 (μg/dL)	총단백질 (g/dL)	총빌리루빈 (mg/dL)	GOT (U/L)	GPT (U/L)
참 돔	0	65.4 ~ 72.3	19 ~ 32	4.9 ~ 5.3	0.2 ~ 0.3	10 ~ 17	6 ~ 38
	15	39.5 ~ 42.7*	17 ~ 36	4.1 ~ 5.4	0.1 ~ 0.2	7 ~ 19	5 ~ 39
	30	59.4 ~ 67.8	13 ~ 35	3.4 ~ 4.9	0.1 ~ 0.3	6 ~ 16	8 ~ 42
	45	53.7 ~ 66.9	19 ~ 29	3.8 ~ 5.1	0.2 ~ 0.5	43 ~ 57*	54 ~ 71*
감성돔	0	61.4 ~ 69.7	22 ~ 36	3.8 ~ 5.0	0.1 ~ 0.3	6 ~ 21	7 ~ 22
	15	29.8 ~ 38.3*	19 ~ 39	3.5 ~ 4.8	0.1 ~ 0.2	12 ~ 19	9 ~ 29
	30	51.4 ~ 65.1	17 ~ 42	3.9 ~ 6.1	0.1 ~ 0.3	9 ~ 22	12 ~ 32
	45	50.4 ~ 62.7	16 ~ 41	3.2 ~ 5.1	0.2 ~ 0.4	46 ~ 63*	42 ~ 51*

* 절식기간 0일과 비교하여 유의한 차이가 있음을 나타낸다(P<0.05).

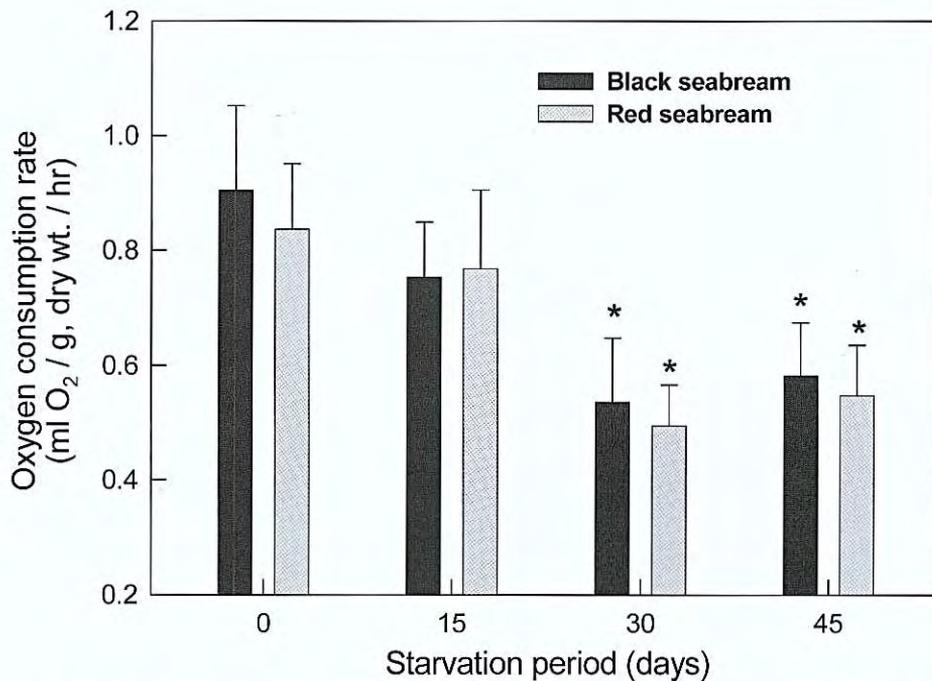


그림 164. 수온 10℃에서 절식기간별 참돔과 감성돔의 호흡대사율.

*는 0일째 실험군에 대비 유의한 차이가 있음을 나타낸다(P<0.05).

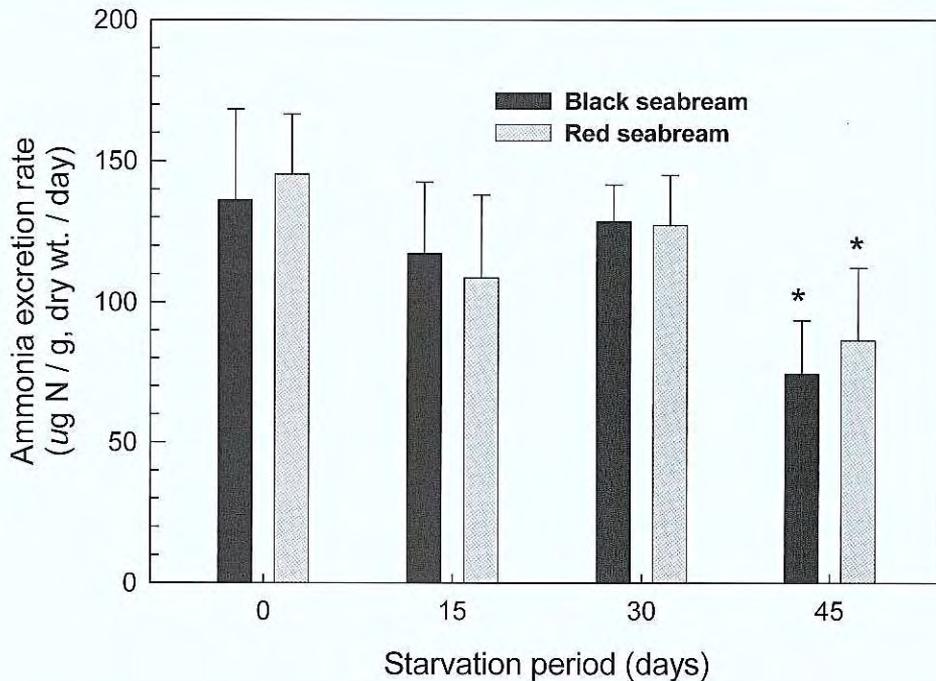


그림 165. 수온 10℃에서 절식기간별 참돔과 감성돔의 질소배설률.

*는 0일째 실험군에 대비 유의한 차이가 있음을 나타낸다(P<0.05).

나. 저수온기 동류의 생리학적 특성

1) 저수온에 노출된 동류의 생리상태 변화

가) 혈액성상 및 혈액생화학적 성분 조사

동계수온(10℃)에서 참돔과 감성돔을 2주간 순치시킨 다음 저수온 7℃와 5℃에 5일간 유지하면서 생존개체의 Hct를 측정한 결과는 그림 166과 같다. Hct는 7℃와 5℃의 저수온 조건에 노출되어도 동계수온에서 보이는 Hct값과 유의한 차이는 없는 것으로 관찰되었다(P>0.05). 혈색소(Hb) 농도에 있어서도 5℃에 노출된 참돔과 감성돔에서는 동계수온 10℃에 유지된 개체에 비하여 유의하게 낮은 함량을 보였으나(P<0.05) 저수온 7℃와 5℃에 노출된 개체 사이에는 차이가 없는 것으로 나타났다(그림 167). Hct와 Hb 측정결과로부터 본 연구에서 설정한 동계수온(10℃) 이하의 저수온에서 동류는 생활성이 현저하게 감소하고, 어체의 산소공급과 직접 관련되는 적혈구용적률과 혈색소 함량은 변화가 미미한 것으로 나타났다.

동계수온 10℃에서 5℃ 저수온 조건(10℃→5℃, 1℃ 하강/일)에 5일간 노출된 참돔과 감성돔의 혈액생화학적 성분 농도를 조사한 결과는 표 46과 같다. 저수온 노출 실험구(10℃→5℃)에서 측정된 참돔과 감성돔의 혈당(glucose), 혈중 암모니아, 총단백질, 총빌리루빈

및 GOT와 GPT level은 대조구(10℃→5℃)와 차이는 없었다. 그러나 실험실내 다른 수조에서 사육중이던 참돔과 감성돔에서 녹간증 증상을 개체의 총빌리루빈, GOT 및 GPT level은 동계수온에 10℃에 수용된 개체에 비하여 현저하게 높은 값을 보여주었다 ($P<0.01$).

나) 호흡대사율 변화와 치사하한수온

동계수온(10℃)에 순치시킨 참돔과 감성돔에 대하여 저수온 노출 시 호흡대사 활성을 평가하였다. 수온 10℃에서 48시간 동안 측정된 참돔의 건조중량 g당 총 평균호흡률은 0.502 ml O₂/hr이었고, 수온 10℃에서 7℃로 하강된 조건에서는 건조중량 g당 평균호흡률은 0.481 ml O₂/hr로서 동계수온 이하의 저수온 조건에서는 7℃로 하강하여도 호흡대사율이 감소되는 정도는 크지 않은 것을 보여주었다(그림 168). 그러나 수온 10℃에 수용된 참돔이 5℃의 급격한 저수온 조건에 노출되면 노출초기에는 호흡률 감소하였다가 이후에 다소 증가하였지만 5℃에 노출 후 45시간이 경과하면 당년생 참돔 2개체는 치사상태에 도달하여 호흡률은 0에 도달하였다(그림 169). 수온 10℃에서 12시간 주기로 1℃의 연속적인 수온변동 조건(10℃↔9℃)에 노출된 감성돔의 호흡대사율은 수온변동에 유형에 따라 증감이 반복되는 현상이 관찰되었다(그림 170). 수온 10℃에서 12시간 주기로 3℃의 연속적인 수온변동 조건(10℃↔7℃)에 노출된 감성돔의 호흡대사율변동 유형은 그림 171에 나타내었다. 3℃의 주기적인 수온변화에 노출된 감성돔은 수온변동이 시작된 후 48시간 동안에는 수온증가에 따라 호흡률이 변동하는 패턴을 보였으나 3℃의 수온변화가 주기적으로 반복되는 조건에 62시간이 경과하면 실험어 2개체는 모두 사망하였다. 이는 수온 10℃에서 3℃로 일정하게 하강된 조건(10℃→7℃)에 노출된 참돔의 호흡대사율과 비교할 때 동계수온에서 3℃ 범위의 반복적인 수온변동은 돔류의 생존을 위협하는 요인이 되는 것으로 보인다.

동계수온 10℃에서 매 6시간마다 수온이 1℃씩 하강하는 조건에 실험어를 노출시켜 호흡대사율을 연속적으로 측정하여 실험어의 호흡이 정지된 시점을 치사하한수온(ultimate lower lethal temperature)으로 표시한 결과는 각각 표 47과 표 48에 나타내었다. 참돔의 치사하한수온은 4.3℃~5.6℃, 실험개시 시의 수온이 10.3℃~10.8℃인 조건에 노출되어진 감성돔의 치사하한수온은 4.8~5.1℃ 범위인 것으로 평가되었다. 본 연구에서 평가된 치사하한수온은 Woo and Fung (1980)이 홍콩 연안산 참돔(*Chrysophrys major*)을 대상으로 수온 9℃, 14℃, 20℃ 및 24℃에 각각 순치시킨 개체를 5℃~17℃ 48시간 동안 노출시켜서 관찰한 폐사율 곡선에서 평가한 치사유발저수온(lower incipient lethal temperature)인 6.5℃에 비하여 낮으며, 순치수온에 관계없이 일정수온에 노출된 후 24시간 이상 생존하지 못하는 수온 즉, 극단적 치사하한수온 (ultimate lower lethal temperature)인 5.5℃에 근접하는 것으로 여겨진다.

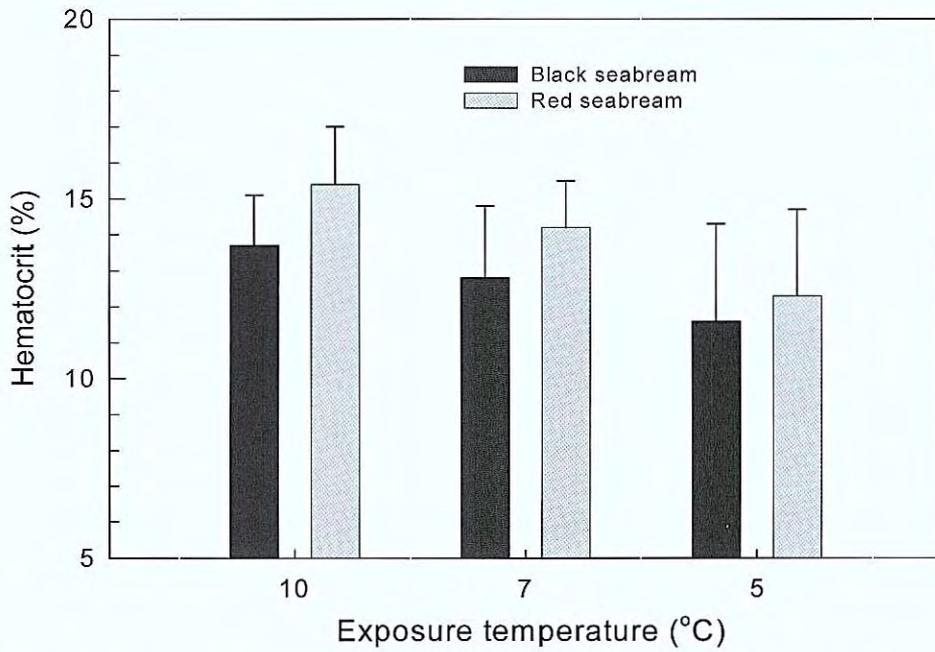


그림 166. 동계수온 10°C에서 저수온 7°C와 5°C에 5일간 노출된 참돔과 감성돔의 적혈구 용적률(hematocrit).

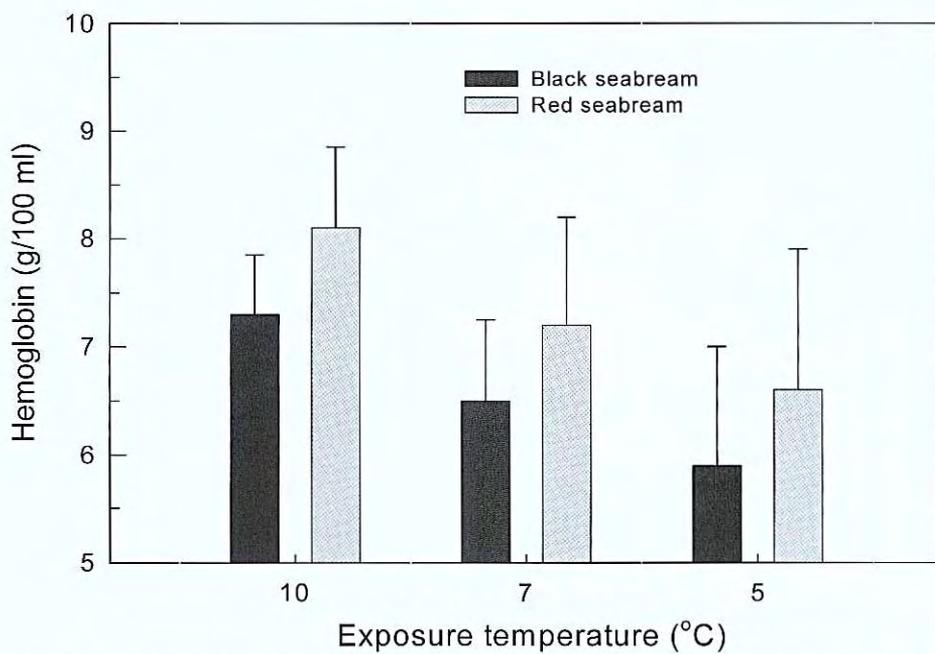


그림 167. 동계수온 10°C에서 저수온 7°C와 5°C에 5일간 노출된 참돔과 감성돔의 혈중 hemoglobin 농도.

표 46. 동계수온 10°C에서 5°C 저수온 조건(10°C→5°C, 1°C 하강/일)에 5일간 노출된 당년생 참돔과 감성돔의 혈액생화학성분 농도

어종	구분 (수온변동)	혈청 생화학성분					
		Glucose (mg/dl)	암모니아 (ug/dl)	총단백질 (g/dl)	총빌리루빈 (mg/dl)	GOT (U/l)	GPT (U/l)
참 돔	대조구 (10°C→10°C)	49~67	17~29	5.7~7.2	0.2~0.3	10~29	7~36
	실험구 (10°C→5°C)	47~59	14~35	5.6~7.8	0.1~0.3	9~16	6~40
감성돔	대조구 (10°C→10°C)	58~79	21~38	4.8~6.3	0.1~0.3	6~25	8~29
	실험구 (10°C→5°C)	53~68	15~39	3.9~6.1	0.2~0.4	8~34	12~31
참 돔	녹간증	32~51	39~62	5.7~7.2	0.3~0.6*	116~254*	53~89*
감성돔	녹간증	58~79	29~48	3.9~6.1	0.4~0.7*	89~172*	69~178*

*동계수온(10°C)에 노출된 대조구와 비교하여 유의한 차이가 있음을 나타낸다(P<0.05).

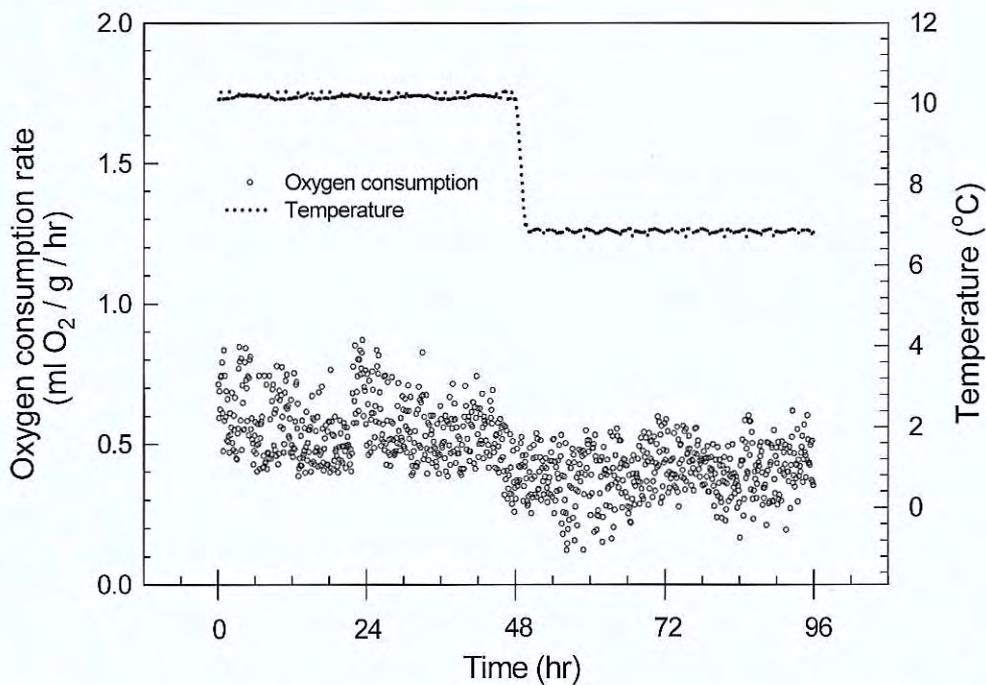


그림 168. 수온 10°C에서 7°C 저수온에 노출된 참돔의 호흡대사를 변화.

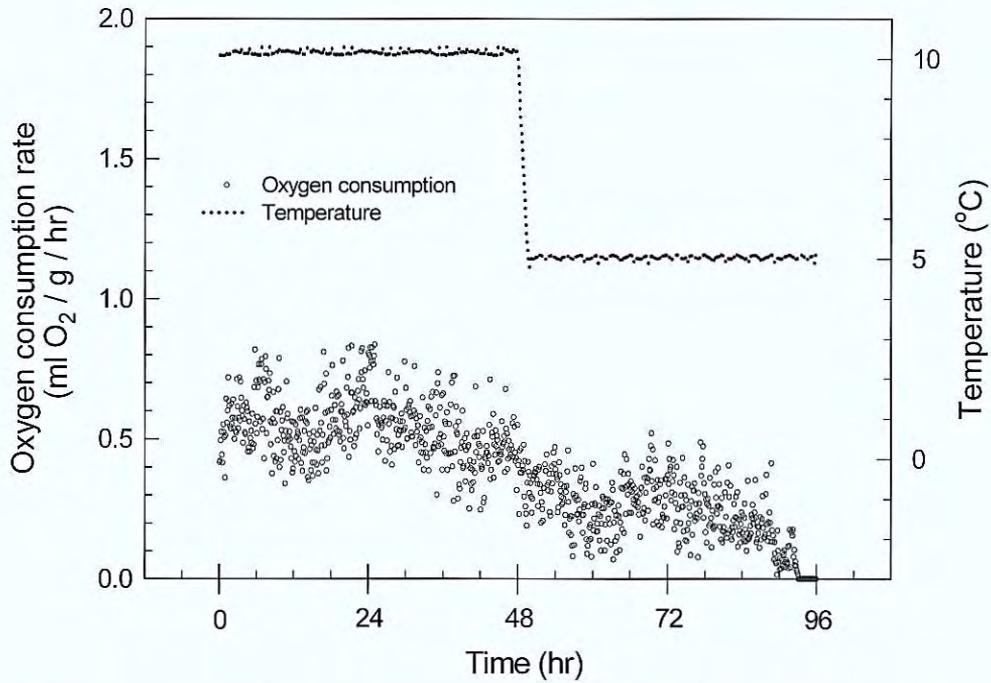


그림 169. 수온 10°C에서 5°C의 급격한 저수온 조건에 노출된 참돔의 호흡대사율 변화.

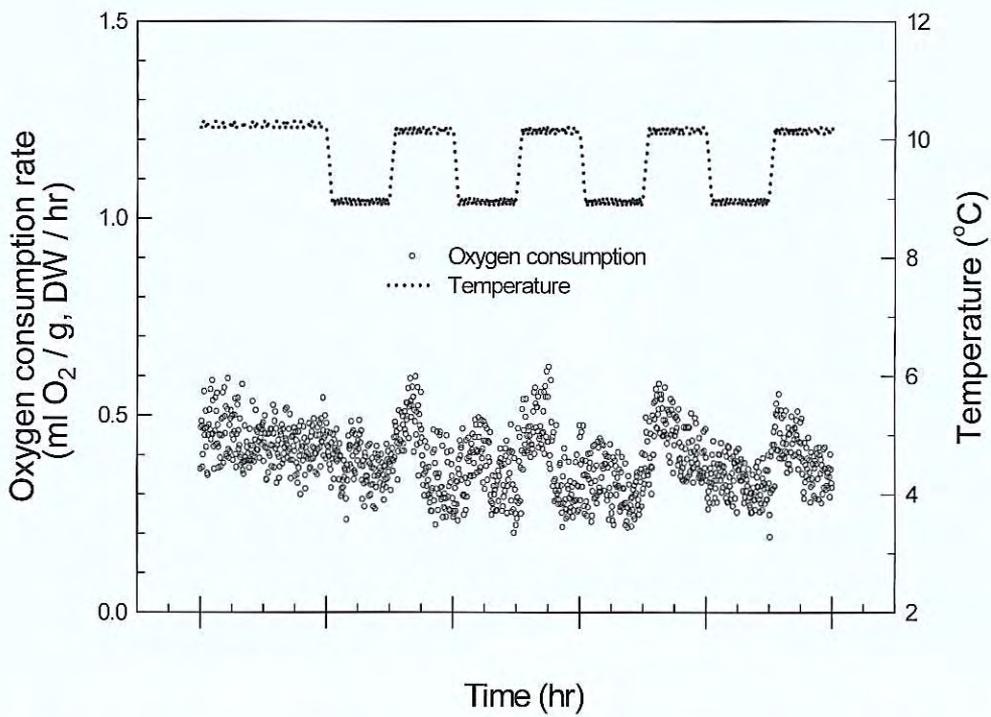


그림 170. 수온 10°C에서 12시간 주기로 1°C의 연속적인 수온변동 조건 (10°C↔9°C)에 노출된 감성돔의 호흡대사율.

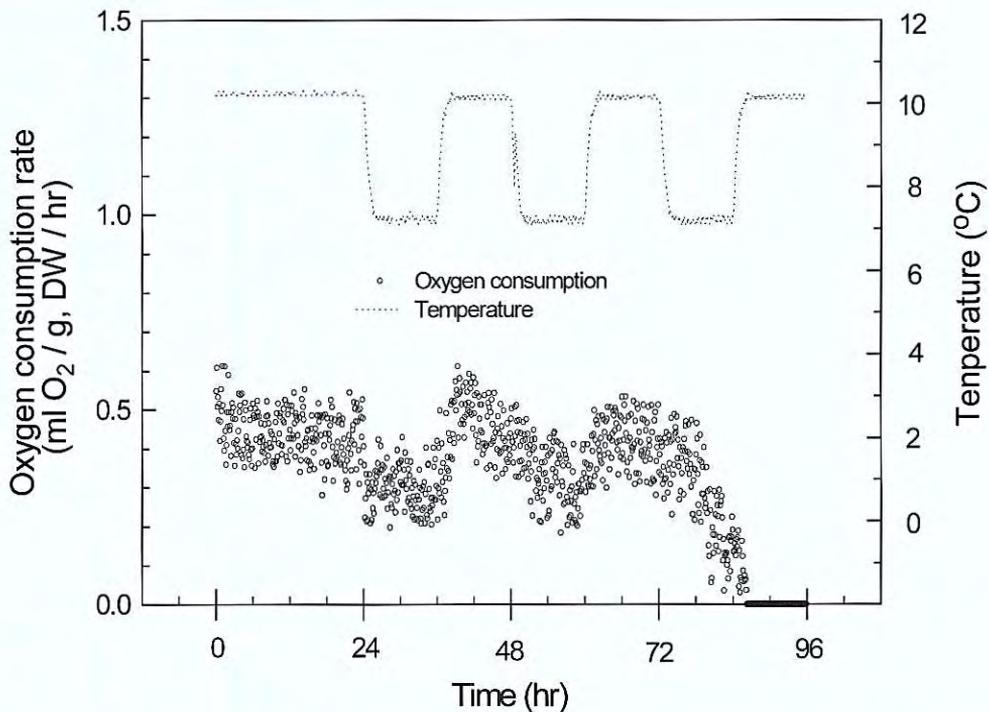


그림 171. 수온 10°C에서 12시간 주기로 3°C의 연속적인 수온변동 조건 (10°C↔7°C)에 노출된 감성돔의 호흡대사율.

다) 질소배설

동계수온에 2주간 순치시킨 다음 저수온 7°C와 5°C에 실험어를 5일간 노출 후의 암모니아질소 배설률을 측정하였다(그림 172). 동계수온 10°C에 유지된 당년생 참돔과 감성돔의 건조중량 g당 일간 질소배설률은 각각 85.6 $\mu\text{g N}$ 및 92.3 $\mu\text{g N}$ 이었다. 저수온 7°C에서 질소배설률은 동계수온 10°C 노출군의 배설량에 비하여 유의하게 낮았으며($P < 0.05$), 저수온 7°C와 5°C 노출군의 질소배설률 사이에는 5°C 실험구의 생존개체에서 낮았지만 유의한 차이는 없었다. 동계수온 10°C 이하의 저수온에 노출된 장기 절식상태의 실험어의 배설률로부터 평가하였을 때 저수온에서는 호흡률과 같은 체대사활성이 감소하는 현상이 있지만 절식어류의 체단백질 이화능력도 현저하게 저하되는 것으로 나타났다.

다. 저수온에 노출된 돔류의 회복능력

1) 수온상승조건에 따른 생존율

동계수온 10°C에 순치된 실험어를 하루에 수온을 1°C와 2°C씩 상승시켜 15°C에서 생존율을 조사한 결과는 각각 표 49와 표 50에, 수온 10°C에 순치된 실험어를 저수온 7°C (10°C→7°C, 1°C 하강/일)에 10일간 노출시킨 후 수온을 1°C씩 상승시킨 조건에 노출된

참돔과 감성돔의 생존율은 표 51에 나타내었다.

하루 1℃의 수온상승조건에 노출된 참돔과 감성돔의 경우 수온 15℃의 20일째 생존율은 각각 97.5%와 85%, 하루 2℃의 수온상승조건에 노출된 실험군은 각각 75%와 85% 였다. 수온 10℃에서 저수온 7℃에 10일 노출 후 1℃의 수온상승 조건에 유지된 참돔과 감성돔의 생존율은 각각 80%와 70%로 관찰되었다. 저수온(7℃ 및 10℃) 노출 후 수온상승조건에 따른 생존율 결과로부터 저수온에 노출된 돔류는 하루에 수온상승이 1℃ 또는 2℃의 조건이더라도 생존율에는 큰 차이가 없는 것으로 관찰되었고, 이는 수온상승조건에 노출된 사망개체는 어체의 아가미 상피세포의 병변과 녹간증 증상 등 수온상승 시 생리기능에 저하가 수반될 수 있는 개체인 것으로 파악되었다.

표 47. 수온 10℃에서 6시간 주기로 1℃씩 하강하는 조건에서 호흡활동 정지시점으로 평가한 참돔의 치사하한수온

구 분	실험개시 시의 수온 (℃)			
	10.5	10.7	11.2	10.7
실험개체수	2	2	2	2
평균 생체중량(g/indi.)	61.3	64.8	55.7	59.6
순환유량 (ml / min)	850	850	850	850
호흡실 용적(ml)	1,620	1,620	1,620	1,620
호흡 측정간격(분)	5	5	5	5
치사하한수온(℃)	4.3	4.6	5.6	4.5

표 48. 수온 10℃에서 6시간 주기로 1℃씩 하강하는 조건에서 호흡활동 정지시점으로 평가한 감성돔의 치사하한수온

구 분	실험개시 시의 수온 (℃)			
	10.8	10.3	10.6	10.4
실험개체수	2	2	2	2
평균 생체중량(g/indi.)	38.1	42.3	39.7	43.6
순환유량(ml / min)	850	850	850	850
호흡실 용적(ml)	1,620	1,620	1,620	1,620
호흡률 측정간격(분)	5	5	5	5
치사하한 수온(℃)	5.0	4.8	5.1	4.9

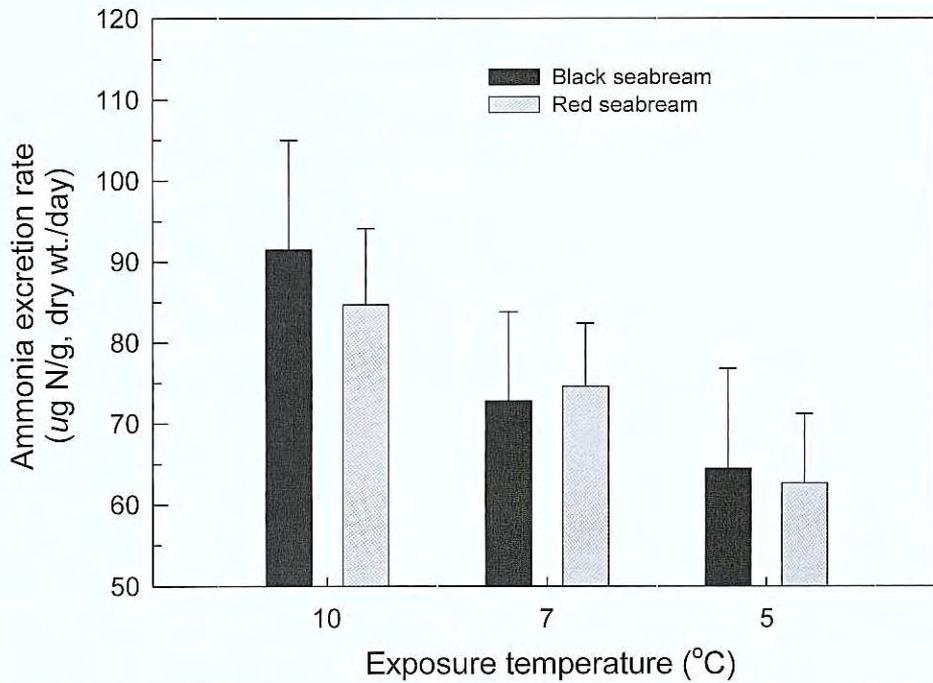


그림 172. 동계수온 10°C에서 저수온 7°C와 5°C에 10일간 노출된 참돔과 감성돔의 암모니아 질소배설률.

표 49. 수온 10°C에서 하루 1°C의 수온상승 조건(10°C→15°C, 1°C상승/일)에 노출된 참돔과 감성돔의 생존율(%)

어 종	구 분	노출수온(°C) / 경과시간(일)						
		10.2 (0)	11.3 (1)	12.2 (3)	15.1 (5)	15.2 (10)	15.2 (15)	15.1°C (20일)
참돔	대조군 (10°C→10°C)	100	100	100	100	100	100	100
	실험군 (10°C→15°C)	100	100	100	100	97.5	97.5	97.5
감성돔	대조군 (10°C→10°C)	100	100	92.5	95.0	95.0	95.0	95.0
	실험군 (10°C→15°C)	100	92.5	92.5	87.5	87.5	87.5	85.0

표 50. 수온 10℃에서 하루 2℃의 수온상승조건(10℃→15℃, 1℃/12 hr)에 노출된 참돔과 감성돔의 생존율(%)

어 종	구 분	실험수온(℃) / 경과시간(일)						
		10.2 (0)	12.1 (1)	14.0 (2)	15.1 (3)	15.1 (10)	15.0 (15)	14.9 (20)
참 돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	95	95
	실험군 (10℃→15℃)	100	100	100	87.5	75	75	75
감성돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	95	95	92.5	92.5	92.5
	실험군 (10℃→15℃)	100	95	92.5	85	85	85	85

표 51. 수온 7℃에서 하루 1℃의 수온상승 조건(7℃→15℃, 1℃상승/일)에 노출된 참돔과 감성돔의 생존율(%)

어 종	구 분	실험수온(℃)/ 경과일수							
		7.2 (0)	8.1 (1)	9.0 (2)	10.2 (3)	15.2 (8)	15.2 (10)	15.1 (15)	15.1℃ (20일)
참 돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	100	100	100	100	95	95
	실험군 (7℃→10℃→15℃)	100	100	90	85	80	80	80	80
감성돔	대조군 (10℃→10℃)	100	100	95	95	95	95	90	90
	실험군 (7℃→10℃→15℃)	100	100	85	75	70	70	70	70

2) 생리상태의 변화

동계수온 10℃에 순치된 실험어를 저수온 7℃(10℃→7℃, 1℃ 하강/일)에 10일간 노출시킨 후 수온을 1℃씩 상승하는 조건에 노출된 참돔과 감성돔의 혈액 적혈구용적, 혈색소 농도, 호흡대사율 및 질소배설율을 측정된 결과는 각각 그림 173~176에 나타내었다.

수온 7℃에서 15℃의 수온상승에 노출된 참돔과 감성돔은 7℃→10℃로 상승되는 조건에서는 호흡대사율과 질소배설율이 다소 증가하였지만 적혈구 용적율(Hct)과 혈색소(Hb)농도는 차이가 없었으며, 10℃→15℃로 상승된 조건에서는 모든 항목에서 동계수온(10℃)에 순치된 실험어와 비교하여 현저하게 높은 활성을 보여 주었다.

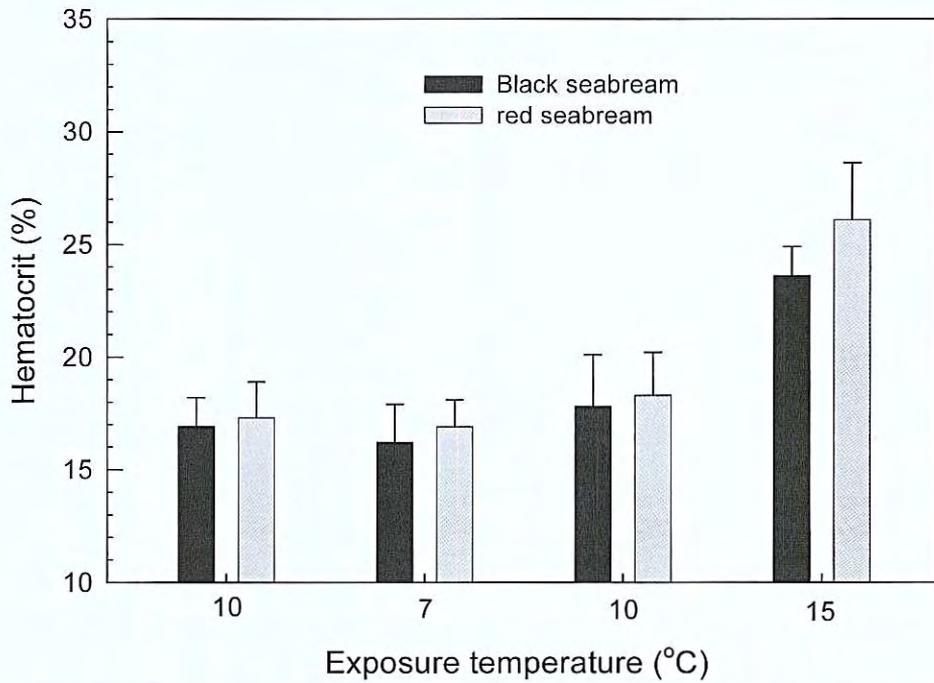


그림 173. 수온상승 조건(10°C→7°C→15°C, 1°C상승/일)에 노출된 참돔과 감성돔 혈액의 적혈구용적율.

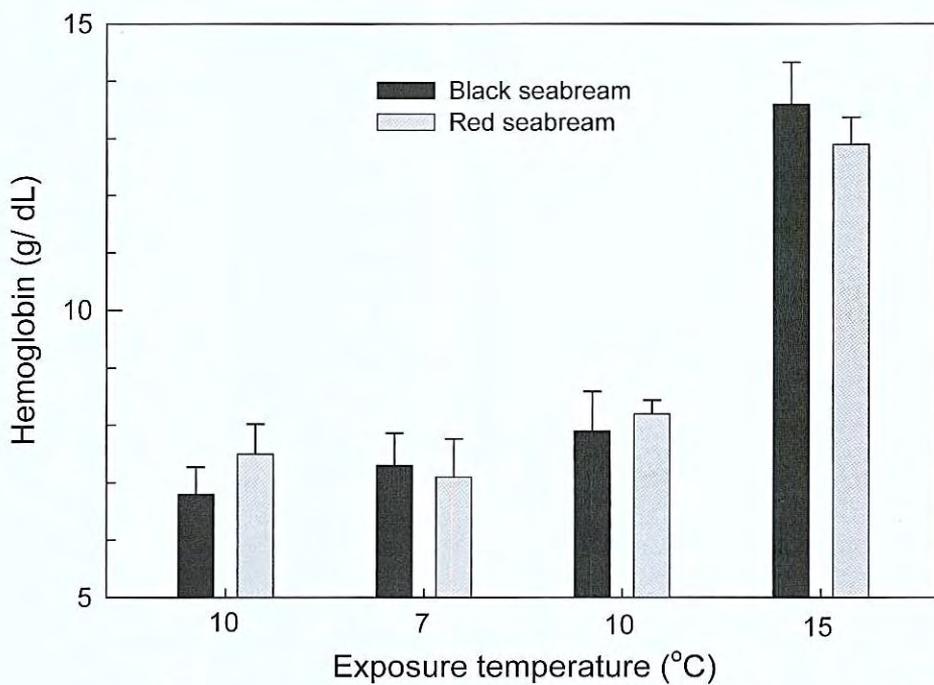


그림 174. 수온상승 조건(10°C→7°C→15°C, 1°C상승/일)에 노출된 참돔과 감성돔의 혈색소 농도.

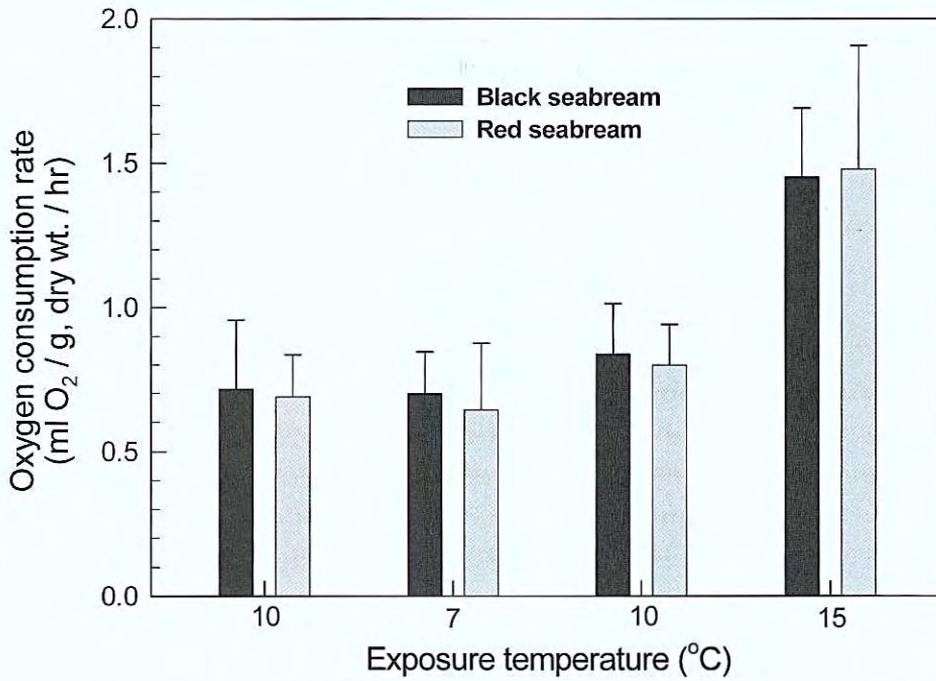


그림 175. 수온상승 조건(10°C→7°C→15°C, 1°C상승/일)에 노출된 참돔과 감성돔의 호흡대사율.

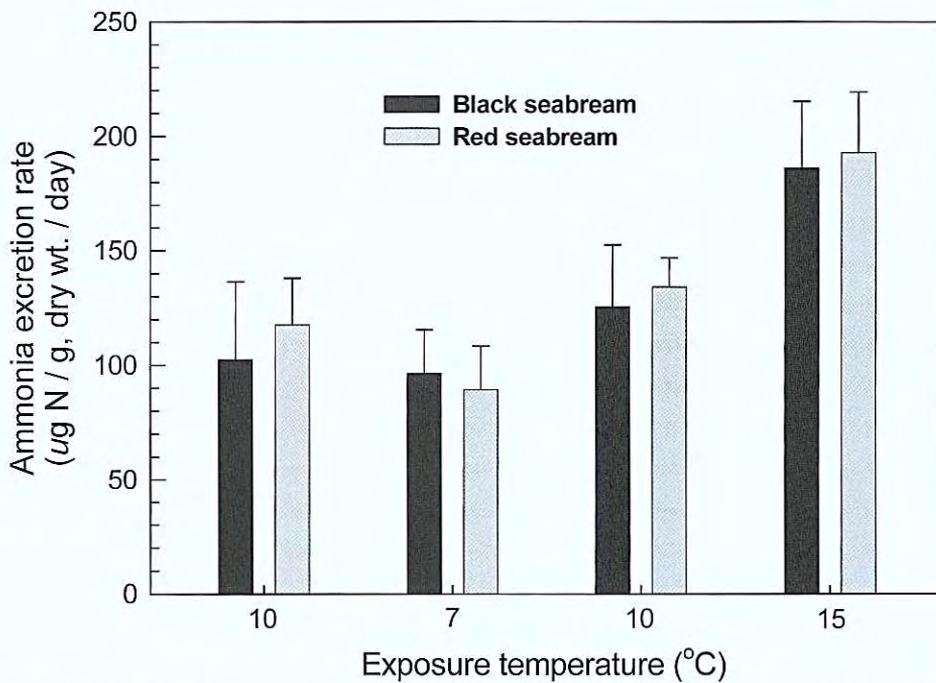


그림 176. 수온상승 조건(10°C→7°C→15°C, 1°C상승/일)에 노출된 참돔과 감성돔의 질소배설률.

3. 요약

돔류의 저수온 내성 특성 조사 결과 저수온 5℃에 노출된 참돔과 감성돔의 생존율 조사 결과, 저수온에 노출 후 4일 동안 관찰된 당년생 돔류의 경우 6시간 내에 5℃로 구배된 저수온 조건에서 관찰된 생존율은 10~20%였다. 이에 반하여 하루에 1℃ 수온을 낮춘 5℃ 저수온(10℃→5℃, 1℃ 하강/일) 조건에서는 일년생 참돔과 감성돔에 비하여 높은 생존율을 보여주었다.

절식시간에 따른 내성 조사 결과 돔류에서 절식이 약 30일 이상 진행되면 혈당 감소가 수반되었고, 장기간의 저수온 노출과 기아상태에서 생체유지에 필요한 최소한의 대사기능이 수반됨으로 인하여 어체의 산소소비 및 질소배설률은 감소한 것으로 추정된다.

참돔의 치사하한수온은 4.3℃~5.6℃, 실험개시 시의 수온이 10.3℃~10.8℃인 조건에 노출되어진 감성돔의 치사하한수온은 4.8~5.1℃ 범위인 것으로 평가되었다.

제4장 참고문헌

- Barton, B.A. and C.B. Schreck. 1987. Influence of acclimation temperature on interrenal and carbohydrate stress responses in juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 62, 299-310.
- Chang, Y.J., J.W. Hur, H.K. Lim and J.K. Lee. 2001. Stress in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and fat cod (*Hexagrammos otakii*) by the sudden drop and rise of water temperature. *J. Korean Fish. Soc.*, 34, 91-97.
- Cho, Sung Hwoan, Jong Ha Lee, Sang Min Lee. 2004. Effects of Dietary Lipid Levels and Sources In a Fishmeal-based Diet on Growth and Body Composition of Sunshine Bass, *Morone chrysops* ♀×*M. saxatilis* ♂ Raised in Seawater. *Korean Journal of Ichthyology* 16; 121-127.
- Duncan, D.B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- Folch, J., M. Lees and G.H.S. Stanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 496-509.
- Froelich, P.N., G. P. Klinkhamer, M. L. Bender, N. A. Luedtke, G. R. Heath, D. Cullen, P. Dauphin, D. Hammond, B. Hartman and V. Maynard. 1979. Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the eastern equatorial Atlantic; suboxic diagenesis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43, 1075-1090.
- Fry, F. E. J., 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish. In: Hoar, W. W., Randall, D. J. (eds) *Fish physiology*, Vol. 6. Academic Press, New York, London, pp. 1-98
- Fujii, M. and Y. Yone, 1976. Studies on nutrition of red sea bream-XIII. Effect of dietary linolenic acid and $\omega 3$ polyunsaturated fatty acids on growth and feed efficiency. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 42, 583-588.
- Garling, D.L. and R.P. Wilson, 1976. Optimum dietary protein to energy ratios for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, 106, 1368-1375.
- Ishioka, H. 1980. Stress reactions in the marine fish. I. Stress reactions induced by temperature change. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 46, 523~532.
- Iwata, N., K. Kikuchi, H. Honda, M. Kiyono and H. Kurokura, 1994. Effects of temperature on the growth of Japanese flounder. *Fish. Sci.*, 60, 527-531.
- Jeong, K.-S., 1992. Availability of soybean meal and suitable protein·energy level in different types of diet of red seabream (*Pagrus major*). *J. Aquacult.*, 5, 9-17.
- Kim, K.-D., K.-M. Kim, K.-W. Kim, Y.J. Kang and S.-M. Lee, 2006. Influence of lipid level and supplemental lecithin in diet on growth, feed utilization and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*) in suboptimal water temperatures. *Aquaculture*, 251, 484-490.

- Kim, K.-D., S.-M. Lee, H.G. Park, S.C. Bai and Y.-H. Lee, 2002. Essentiality of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). J. World Aquacult. Soc., 33, 432-440.
- Lee, J. H., S.H. Cho, H.K. Lim, K.-D. Kim and S.-M. Lee, 2004. Effects of dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition of adult starry flounder (*Platichthys stellatus*). J. Fish. Sci. Tech., 7, 184-191.
- Lee, S.-M., I.-G. Jeon and J. Y. Lee, 2002. Effects of digestible protein and lipid levels in practical feed on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). Aquaculture, 211, 227-239.
- Lee, S.-M., S.H. Cho, and K.-D. Kim, 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. J. World Aquacult. Soc., 31, 306-315.
- Mazeaud, M.M., F. Mazeaud and E.M. Donaldson. 1977. Primary and secondary effects of stress in fish: some new data with a general review. Trans. Am. Fish. Soc., 106, 201~212.
- Mugrditchian, D.S., R.W. Hardy and W.T. Iwaoka, 1981. Linseed oil and animal fat as alternative lipid sources in dry diets of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Aquaculture, 25, 161-172.
- Olsen, R.E. and E. Ringø, 1998. The influence of temperature on the apparent nutrient and fatty acid digestibility of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. Aquac. Res., 29, 695-701.
- Park, M.R., Y.J. Chang and D.Y. Kang. 1999. Physiological response of cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) to the acute changes of water temperature. J. Aquaculture, 12, 221-228.
- Park, S. R., T. S. Moon., H. S. Choi and P. H. Kim, 1995. Studies on the development of culture technology for serranidae. Bull.Nat'l.Fish.Res.Dev. Inst. Korea, 49, 59~70.
- Peres, H. and A. Oliva-Teles, 1999. Influence of temperature on protein utilization in juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture 170, 337-348.
- Seikai, M., J.B. Tanangonan and M. Tanaka, 1986. Temperature influence on larval growth and meta morphosis of the Japanese flounder *Palalichthys olivaceus* in the laboratory. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 977-982
- Shang, Y. C. 1981. *Aquaculture Economics*, Westview
- Shen, H., Zhang, Q., Xu, R., and Wang, G. 1997. Effects of petroleum on the sero-proteins of *Tilapia mossambica*. Mar. Environ.Sci. 16: 1-5.
- Sindermann, C.J. 1996. Ocean pollution: effects on living resources and human (Kennish M.J. and Lutz P.L. eds), pp. 9-32. CRC Press.
- Takeuchi, T. and T. Watanabe, 1982. Effects of various polyunsaturated fatty acids compositions of rainbow rainbow trout *Salmo gairdneri*, coho salmon *Onchorhynchus*

- kisutch*, and chum salmo *Onchorhynchus keta*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48, 1745-1752.
- ter Braak, C. J. F. and Šmilauer, P. 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca NY, USA), 500 pp.
- Thomas, R.E., J.A. Gharrett, M.J. Carls, S.D. Rice, A. Moles, and S. Korn. 1986. Effects of fluctuating temperature on mortality, stress, and energy reserves of juvenile coho salmon. Trans. Am. Fish. Soc., 115, 52-59.
- van den Brink, P. J. and ter Braak, C. J. F. 1998. Multivariate analysis of stress in experimental ecosystems by Principal Response Curves and similarity
- Woo, N. Y. S. and A.C.Y. Fung. 1980. Studies on the Biology of the Red Sea Bream *Chrysophrys major*. I. Temperature Tolerance. Mar. Ecol. Prog. ser., 3, 121-124.
- Woo, N. Y. S. and A.C.Y. Fung. 1981. Studies on the biology of the red sea bream *Chrysophrys major*—IV. Metabolic effects of the starvation at low temperature. Comp. Biochem. Physiol., 69, 461-465.
- Woo, N.Y.S. 1990. Metabolic and osmoregulatory change during temperature acclimation in the red sea bream, *Chrysophrys major*: Implications for its culture in the subtropics. Aquaculture, 87, 197~208. analysis. Aqua. Ecol., 32, 163-178.
- Yone, Y., M. Furuichi and S. Sakamoto, 1971. Studies on nutrition of red sea bream—III. Nutritive value and optimum content of lipid in diet. Rep. Fish. Res. Lab. Kyushu Univ. No. 1, 49-60.
- Yone, Y. 1976. Nutritional studies of red sea bream. In K.S. Pr.ce, W.N Shaw and K.S. Danberg (editors), Proc. In. Conf. Aquacult. Lewes, Delaware p. 39~64.
- 山口正男. 1977. タイ養殖の基礎と實際, 恒星社厚生閣
- 日本水産資源保護協會. 1980, 水質汚濁調査指針.
- 강덕영, 강희웅, 김규희, 조기채, 김효찬. 2007. 월동기 저수온 충격에 따른 양식산 가숭어 *Mugil haematocheilus*의 생리생화학적 반응. 한국수산학회지 40; 226-233.
- 강주찬, 지정훈, 송승엽, 문상욱, 강지웅, 이영돈, 김세재. 2004. 양식장 배출물 발효물의 어류 사료 첨가에 따른 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 혈액학적 변동에 미치는 영향. 한국어병학회 17; 57-66.
- 강주찬, 지정훈, 조규석. 2001. 철에 노출된 넙치, *Paralichthys olicaceus*의 혈액화학적 변동. 한국어병학회지 14; 37-45.
- 국립수산과학원, 2006. 한국해양환경 조사연보. 제 11권
- 국립수산과학원(2007.4), 조피볼락 양식표준지침서
- 김상수, 진현국, 엄기혁, 조장식. 2004. Possibility of using binary data to evaluate water quality, 한국자료분석학회, 7, 169-174
- 김상수, 진현국, 엄기혁, 조장식. 2005. Possibility of using correspondence analysis to evaluate water quality, 한국자료분석학회, 7, 169-174

- 김상수, 조장식. 2004. 다변량 통계분석을 이용한 부산연안의 계절별 수질특성 분석, 한국데이터분석학회, 6, 72-86
- 남해수산연구소, 2001. 한국 남해안 양식생물 피해조사 보고서
- 남해수산연구소, 2002. 전남 다도해형 바다목장 기초조사 사업보고서
- 남해수산연구소, 2003. 2002 전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 1차 보고서
- 남해수산연구소, 2006. 2005년도 여수시 인공어초 적지조사 보고서
- 남해수산연구소, 2006. 연안정지관측 연보(1999~2005년)
- 남해수산연구소, 2007. 남해수산연구소 양식생물 폐사원인 조사 보고서(2001~2006)
- 농림수산식품부, <http://www.mifaff.go.kr/index.jsp>.
- 농림수산식품부. 2008. 지하수(저염수)를 이용한 감성돔 월동기 현장적용 시험.
- 목종수, 송기철, 최낙중, 양호식. 2001. 계피 추출물의 어류 질병 세균에 대한 항균 효과. 한국수산학회지 34; 545-549.
- 민병화 등(2006), 담수양식 감성돔의 어육평가 및 수익성분석, 한국양식학회지
- 유진형, 정관식, T. Takeushi. 2003. 넙치 변태기에 있어 저수온 스트레스가 갑상선 호르몬과 백화현상에 미치는 영향. 한국수산학회지 36; 65-67.
- 이경선, 김양배, 박기영, 유병진, 전중균, 정인학. 1998. 오징어내장 첨가사료가 메기 (*Parasilurus asotus*) 의 성장 및 육조성에 미치는 영향. 한국수산학회지 31; 31-36.
- 장혜경, 옥임호, 배승철. 1999. 무지개송어 사료에 있어 산화크롬의 첨가효과와 축산가공 부산 혼합물의 어분대체 가능성. 한국수산학회지 32; 470-475.
- 전중균, 김병기, 박용주, 허형택. 1995. 주요 양식 어류의 혈액 성분 관련 연구. 한수지 28; 123-130.
- 최혜승, 박승령, 정춘구. 2002. 저수온기 돌류의 녹간증 혈청성분. 한국어병학회지 15; 43-48.
- 해양수산부. 1999. 참돔 양식.
- 해양수산부. 2000. 돌돔 양식.
- 해양수산부. 2002. 감성돔 양식.
- 해양수산부, 2005. 해양환경공정시험방법
- 현정호, 이홍금, 권개경. 2003. 해양환경의 황산염 환원을 조절요인 및 유기물 분해에 있어 황산염 환원의 중요성, 한국해양학회지, 8(2), 210-224.
- 황성희, 이기택, 윤광섭. 2007. 유화제 종류에 따른 오징어 간유의 미세캡슐화 특성. 한국식품과학회지 39; 29-32.
- 황진욱 등(2002), 수산시험연구사업과 경제성평가, 태화출판사.