

발 간 등 록 번 호
11-1541000-001641-01

2차년도 연구보고서

갯벌참굴 중간육성 시범연구사업



2012. 8.

주관연구기관 : 인하대학교

 농림수산식품부

발 간 등 록 번 호

11-1541000-001641-01

2차년도 연구보고서

갯벌참굴 중간육성 시범연구사업

2012. 8.

주관연구기관 : 인하대학교

협동연구기관 : 수산양식기술사사무소



제 출 문

농림수산식품부장관 귀하

본 보고서를 『갯벌참굴 해면 중간육성 시범연구사업』 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2012년 8월

주관연구기관명 : 인하대학교

주관연구책임자 : 한경남

연 구 원 : 정충훈, 류경무, 모기호,
박상우, 김용, 김지혜

위탁연구기관명 : 수산양식기술사사무소

위탁연구책임자 : 김영길

연 구 원 : 박영제, 최종두

요 약 문

I. 제 목

갯벌참굴 해면 중간육성 시범연구사업

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구목적

수출 잠재력이 큰 고부가가치 품종인 갯벌참굴 양식의 생산기간 단축 및 고품질 상품 생산에 필수적인 해면 중간육성 기술개발 연구

- 갯벌참굴 생산·양식 과정 중 갯벌어장에 입식하기 전 단계인 해면에서의 중간육성기술 매뉴얼 개발·보급을 통한 어업인 소득 증대

2. 필요성

허베이스피리트호 유류오염(2007. 12월) 피해 이후 어장 복원사업의 일환으로 갯벌에 서식하는 경제성 품목을 중심으로 갯벌의 고도 이용 및 고부가가치 창출을 위한 신개념의 소득원 개발요구가 증대되어 왔다. 이에 따라 정부는 고부가가치 신품목인 갯벌참굴의 산업화 양식개발을 정부의 10대 수산물 핵심품목으로 선정하여 서해안 갯벌을 중심으로 대규모 pilot 사업을 추진하고 있다.

갯벌참굴 산업화 양식 기술개발은 유류오염 피해로 갯벌을 생계수단으로 하는 고품화 어촌의 생업유지를 위한 안정된 소득원 개발에 큰 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 갯벌참굴의 양식산업화 정착을 위한 인공종묘생산 기술과 중간육성 및 분양성에 따른 실효성 있는 친환경적 기술개발이 아직까지는 미흡한 상태이다.

특히 갯벌참굴의 산업화 정착에 핵심적 역할을 하는 치패의 중간육성은 그동안 종묘배양장에서 생산된 3배체 굴의 유패(각고 0.2~0.7cm 전후)를 갯벌참굴 분양성장에 이식하여 중간종묘(각고 1~3cm)로 육성한 후 상품생산용 분양성장에 입식하거나 종묘배양장에서 각고 0.5~1 cm 크기까지 성장시켜 바로 분양성용으로 입식하는 과정을 거쳐왔다. 그러나 면역력이 약한 어린 종묘가 갯벌로 바로 이식되어 대기 중에 노출됨으로서 양식과정 중 성장이 느리고 폐사량이 크게 증가함은 물론

어린개체에 의한 본양성 기간이 길어져 경제성을 떨어뜨리는 주요 요인으로 작용하여 왔다. 따라서 면역력이 약한 유폐시기에 성장을 촉진시키고 폐사율을 저감시킬 수 있는 해면 중간육성 기술개발이 매우 시급한 상황이다.

갯벌참굴 우량종묘를 안정적으로 대량 생산하기 위해서는 해면 중간육성 산업화 기술개발이 필수적이다. 이를 통해 본 양성용 우량종패의 대량생산 및 수급의 안정성이 확보될 수 있고 생산원가 절감을 통한 조기 산업화 정착이 가능해질 것이다. 이와 같은 목표를 달성하기 위해서는 갯벌참굴의 해면 중간육성 시설 개발 및 생산 운용, 경제성 등의 생산 매뉴얼이 작성이 요구된다.

해면 중간육성에 의한 갯벌참굴 종패의 대량생산은 아직 개발되지 않은 유히갯벌의 활용을 가능하게 할 뿐만 아니라 어촌의 고령화에 대응한 고소득의 창출 및 수출을 통한 어업인의 소득개선을 기대할 수 있다.

고품질 갯벌참굴의 지속적 생산과 수출기반 구축을 통한 산업화 정착을 위해서는 2020년까지 연간 약 20억개의 중간종묘 생산과 15억개의 상품생산이 필요하나 현재 민간기업의 생산 공급능력은 연간 1억 5,000만개(프랑스 연간 150억개) 수준에 불과하며, 특히 연간 20억개의 중간육성 종묘생산을 위해서는 해면중간육성 기술개발은 필수적이다.

또 하나는 고품질 중간육성 종묘의 대량생산을 위해서는 전문 관리 인력과 막대한 자금 및 시설이 소요되는 갯벌에서의 중간육성 방법보다는 자연 해면을 이용한 저비용·고품질 중간종묘의 대량 생산기술개발을 통한 경제성을 확보하는데 있다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

가. 연구계획

목 표	내용 및 범위
1. 갯벌참굴 해면 중간육성 시험어장 비교시험 - 적지조사 지역 : 3개소	○ 지역별 갯벌참굴 중간육성 적지 발굴 조사·연구 - 조사항목 : 수온, 염분, pH, DO, COD, TN, DIN (NO ₂ -N, NH ₄ -N, NO ₃ -N), TP, DIP(PO ₄ -P), SiO ₂ -Si, SS, Chl- <i>a</i> , 투명도, 먹이생물 ※ 조사방법 : 해양환경공정시험법 준용
2. 해면 중간육성 적지 선정 매뉴얼 작성	○ 해수유동, 수질, 물리·환경, 해저환경 및 대형 저서생물, 식물플랑크톤, 갯벌참굴 먹이생물 분포도에 의한 적지 조사 ○ 해역의 수질·저질환경 및 먹이생물상 조사를 통한 적지조사 ○ 해면 중간육성시설 규모별, 양성기별, 실측 및 실시 설계
3. 갯벌참굴 종패의 최적 생산을 위한 중간육성 시스템 개발	○ 지역별 갯벌참굴 적정 중간육성 시설물의 도면 및 시방서 작성 ○ 고밀도 생산을 위한 양성기의 재질 및 구조 시험 ○ 치패크기별, 양성밀도별, 입식시기별 성장도 및 생존율 조사 ○ 갯벌참굴 중간 양성 시스템 최적 모델 매뉴얼 작성 ○ 본 양성 입식까지의 소요기간 및 적정시기, 크기 조사
4. 갯벌참굴 중간육성 기술 매뉴얼 작성	○ 치패 크기별 중간육성에서 본양성 입식까지의 소요기간 조사 ○ 치패 크기별, 양성밀도별, 입식시기별 성장도 및 생존율 조사 ○ 갯벌참굴 중간육성 종패의 적정생산을 위한 매뉴얼 작성 ○ 중간육성 종패의 본 양성 입식 적정시기 및 크기 조사
5. 갯벌참굴 중간육성 종패의 대량생산 시스템 경제성 분석	○ 시설규모, 소요 시설비용, 생산량, 종패 크기별 제성 분석 ○ 국외 갯벌참굴의 중간육성 모델 조사 및 경제성 분석

IV. 연구개발 결과

본 과제 연구목표는 ① 갯벌참굴 해면 중간 육성장(해면 생산) 시범어장별 적지 환경조사 ② 갯벌참굴 해면 중간육성 적지선정 매뉴얼 작성 ③ 갯벌참굴 종패의 최적생산을 위한 해면 중간육성 시스템 개발 ④ 갯벌참굴 해면 중간육성 기술 매뉴얼 작성 ⑤ 해면 중간육성 대량생산 시스템의 경제성을 분석하는데 있다.

기존의 종묘 육상 생산 및 갯벌에서의 중간육성에 의한 본양성용 생산 공급방식은 종묘배양장에서 생산된 각고 2~7mm 전후 크기를 갯벌양식장에 옮겨 1~3cm 크기로 키운 후 본 양성용으로 사용해왔다. 그러나 너무 어린 유패(각고 2~7mm)를 갯벌에서 중간육성 시킬 경우 밤과 낮의 온도차 및 조석 노출에 의한 충격, 초기 먹이 공급 제한 등으로 성장이 늦고 폐사율이 증가하고 있으며, 특히 상품의 품질을 결정하는 정상형태의 껍데기를 가진 우량상품 생산비율이 낮은 단점이 있어왔다. 더욱이 종묘배양장에서 조기 종묘 생산시 가온비용에 의한 생산비가 크게 증가하고 있어 육상에서 생산된 종묘를 유패단계에서 신속히 갯벌 또는 해면 중간육성장으로 옮겨 기를 수밖에 없는 문제점이 있다.

따라서 본 연구는 양성용 갯벌참굴 중간육성 종묘의 대량생산과 우량종묘의 안정적 공급 및 생산원가 절감이 가능한 해면 중간육성 시스템을 개발하는데 있다. 또한 본 해면 중간육성 시스템의 운용에 따른 경제성 분석 및 해면 갯벌참굴 중간육성 산업화 매뉴얼을 개발하여 갯벌참굴 양식과정에 나타나는 문제점을 해결하고, 안정적 대량생산 기반을 조성하여 어업인의 소득원을 증가시키는데 목표를 두고 있다.

고품질 갯벌참굴의 지속적 생산과 수출기반 구축을 통한 산업화 정착을 위해서는 2020년까지 연간 약 20억 개의 종묘생산과 15억 개의 상품생산이 필요하나 현재 민간기업의 종묘생산 공급능력은 연간 1억 5,000만개(프랑스 연간 150억개) 수준에 불과하다. 따라서 본 연구는 고품질 갯벌참굴 중간육성 종묘의 대량생산을 위해 고비용과 대량의 인력 및 시설이 소요되는 갯벌에서의 중간육성 방법을 탈피하여 해면을 이용한 저비용·고품질의 본양성용 종묘를 대량생산할 수 있는 기술을 개발하는데 목적이 있다.

제 1 절 갯벌참굴 양식장 환경조사

가. 갯벌참굴 해면 중간육성장(해상 생산) 시범어장 환경

갯벌참굴 해면 중간육성장(해상 생산) 시범어장 환경조사는 ① 충남 서산시 부석면 창리 해면과 ② 태안군 소원면 파도리 해면 ③ 보령시 오천면 원산도리 해면에서 수행되었다.

1) 서산시 부석면 창리

갯벌참굴 해면 중간육성장이 위치한 서산 창리해역은 천수만의 가장 내측으로 부남호 담수방류 수문으로부터 약 2km 지점에 위치한다. 내만수역으로 2011년 9월~12월의 수온범위는 8.5~22.9℃로 나타났으며, 조사기간 중 염분은 30.9~31.9psu 범위로 나타났다. 또한, 용존산소는 5.43~8.64mg/L로 나타났다.

여름과 겨울의 기상, 수온, 담수의 영향 등을 고려하면 서산시 부석면 창리시범어장은 수산생물을 양식하기에는 다소 부적합한 것으로 여길 수도 있다. 그러나 갯벌참굴 치패의 중간육성이 시작되는 5월 초순에는 수온이 10℃ 이상, 5월 하순까지는 15℃ 내외로 상승하며, 수심 6.6~11.8m, 유속은 10~44cm/sec 내외로 해수 소통이 원활하여 갯벌참굴의 중간 육성장으로 적합한 적지여건을 보인다. 부유물질 농도는 하계(8월)에 47.7mg/L, 동계(12월)는 15.7mg/L로 약 30mg/L의 큰 차이를 나타냈으며, chlorophyll-a의 함량은 하계에 9.28μg/L, 동계에 7.28μg/L로 외해수역에 비해 높고, 특히 하절기에 높은 값을 나타내고 있다. 해수 중에 다량으로 존재하는 식물플랑크톤과 입자성 유기물(detritus)들은 중간육성장의 굴 치패들에게 풍부한 먹이원으로 좋은 어장 환경조건을 갖추고 있다.

창리 해면중간육성 시범어장은 2010년 9월과 2011년 8월에 연속적으로 내습한 서해안의 태풍과 같은 해황에 대응하여 중간육성 시기를 조정할 필요가 있는 어장이다. 본 시범어장에서의 갯벌참굴 치패의 중간육성 시기는 4월 하순부터 7월 하순 사이이며, 해면 중간육성을 실시할 경우 4월 중순에 각고 2~7mm 크기의 치패를 입식하면 7월 초순까지 본양성용 크기인 각고 3~5cm 내외로 성장시킬 수 있다. 따라서 본 해역의 적지조사 기준 설정에는 지형조건에 풍파와 태풍 등의 내습시 시설물 파손이 우려되는 지역으로 태풍주의보 발령시 시설물의 안전대책을 강구할 필요성이 있다.

2) 태안군 소원면 파도리

태안군 소원면 파도리 중간육성 시범어장은 근소만의 입구와 가까운 외해성 내만어장이다. 조사기간 중 본 시범어장의 수온은 수온 하강기(2011년 9~11월)에 15.9~19.8°C, 혹한기(12~2012년 3월)에 3.2~9.0°C, 수온 상승기(4~7월)에 10.5~24.6°C로 나타났다. 염분농도는 본 조사기간 동안 32.0~33.1psu, 용존산소량은 수온 하강기에 6.65~7.43mg/L, 혹한기에 8.61~10.06mg/L, 수온 상승기에 8.89~10.55mg/L로 나타났다. 유속은 2011년 8월~2012년 5월에 20.72~90.45cm/s의 범위로 10월에 가장 느렸고, 5월에 가장 빠른 유속을 나타내, 해수 소통이 원활하여 갯벌참굴의 중간육성장으로 적합한 적지여건을 보인다. chlorophyll-a의 함량은 11월에 1.78 μ g/L, 12월에 0.80 μ g/L, 1월에 1.87 μ g/L로 겨울철의 분포값이 낮게 나타났다.

본 시범어장에서 갯벌참굴 치패의 중간육성 시기는 4월 하순부터 11월 하순 사이이며, 해면 중간육성을 실시할 경우 4월 중순에 각고 2~7mm 크기의 치패를 입식하면 약 45~50일 경과 후에는 본양성용 크기인 각고 3~5cm 내외로 성장시킬 수 있다.

3) 보령시 오천면 원산도

보령 원산도 해면 중간육성 시범어장은 천수만의 입구에 위치한 외해성 내만으로 태안군의 안면도 남부와 접해 있고, 천수만 입구 동쪽으로는 보령화력발전소가 위치해 있다. 연중 수온분포는 3.2~24.6°C로 2월에 가장 낮고, 7월에 가장 높았다. 염분농도는 29.7~33.3psu로 10월에 가장 낮고 12월에 가장 높았다. 용존산소량은 6.65~10.26mg/l로 9월에 최저값을 보였고, 3월에 최고값을 나타내었다. pH는 7.19~7.92 범위를 나타내었다. 유속은 55.07~138.02cm/sec의 범위를 보였으며, 10월에 가장 느렸고, 5월에 가장 빠른 유속을 나타내었다. chlorophyll-a의 함량은 하계(8월)에 4.74 μ g/L, 동계(12월)에는 1.95 μ g/L로 하계에 높은 값을 나타내었다. 해수 중에 다량으로 존재하는 식물플랑크톤과 입자성 유기물(detritus)들은 중간육성장의 굴 치패들에게 풍부한 먹이원으로 좋은 어장 환경조건을 갖추고 있다.

본 시범어장에서 갯벌참굴 치패의 중간육성 시기는 4월 하순부터 11월 하순 사이이며, 해면 중간육성을 실시할 경우 4월 중순에 각고 2~7mm 크기의 치패를 입식하면 약 45~50일 경과 후에는 본양성용 크기인 각고 3~5cm 내외로 성장시킬 수 있다.

제 2 절 갯벌참굴 양성 시험

1. 해면 중간육성 시험의 지역별 성장도 비교

가. 서산시 부석면 창리

갯벌참굴 종패의 해면 중간육성의 목적은 실내 인공종묘 배양장에서 산란·수정·부화·착저단계를 거친 종패를 자연 먹이가 풍부한 해면 가두리 시설에 순치한 다음, 각각의 밀도별 양성기에 옮겨 각고 1~5 cm 크기의 양식용 종패단계까지 안정적으로 사육관리가 가능한지를 구명하였다.

본 시험을 위해 민간업체로부터 인공종묘로 생산된 각고 10~15mm 크기의 종패 100만개를 구입하여 2011년 9월 양성가두리(L 1.8m×W 60cm×H 50cm)에 평균각고 16.18mm(전중량0.22g) 크기의 종패를 입식시킨 후 약 4개월간 해면 중간육성으로 시험하였다.

중간육성 시험결과, 9월 입식 이후 12월에 각고 49.77mm, 전중량 5.28g으로 갯벌 수평망식 본 양성장에서 양성 가능한 크기로 성장하였으며, 각고의 일일 성장률은 1.05%, 전중량의 일일 성장률은 1.90%로 나타났다.

중간육성 기간 중, 월별 평균 성장도 변화는 각고, 각장의 성장은 수온이 가장 높은 9~10월에 빠른 성장을 보였고, 전중량과 육중량은 수온이 급격히 낮아진 11~12월에 가장 높은 증가를 나타냈다.

중간육성 기간 중 누적 폐사율은 10월에 3.3%, 11월에 6.6%, 12월에 16.6%로 수온이 크게 낮아진 12월에 폐사율이 가장 높았다.

전체적으로 입식 시기로부터 해면 중간종패 육성기간 동안의 성장도는 평균 각고 10 mm 내외 크기를 입식할 경우 양성기간이 약 50일 정도가 경과하면 각고 5 cm 전후의 갯벌 본양성용 종패로 사용이 가능한 것으로 나타났다.

창리 해면 중간육성 기간 중의 전중량 변화는 9월 입식시 0.14g에서 11월에 6.04g으로 매우 빠른 증중량을 보였고, 누적 폐사율은 수용밀도 10,000개체 밀도에서 34%, 5,000개체 밀도에서 27%, 3,000개체 밀도에서 25%를 각각 나타내었다.

나. 태안군 소원면 파도리

2011년 9월 해면 중간육성 양성가두리(L 1.8m×W 60cm×H 50cm)에 각고 12.25mm, 전중량 0.17g의 종패를 입식한 이후, 3개월이 경과한 12월에 각고 36.51mm, 전중량 2.33g으로 갯벌 수평망식 본 양성장에서 양성 가능한 크기로 성장하였다. 각고의 일일 성장률은 1.03%, 전중량은 1.78%로 나타났다.

중간육성 기간 중, 월별 평균 성장도 변화는 각고의 성장은 수온이 높은 10월에 빠른 성장을 보였고, 1월에 가장 낮은 성장을 보였다. 전중량과 육중량은 수온이 가장 낮은 2월에 가장 높은 증가를 보였고, 수온이 상승하는 시기인 3월에 가장 낮은 증가를 보였다.

중간육성 기간 중 누적 폐사율은 2011년 10월에 10.0%, 11월에 10.0%, 12월에 16.6%, 2012년 1월에 20.0%, 2월에 30.0%로 수온이 가장 낮은 2월에 가장 높은 폐사율을 보였고, 3월에는 36.6%로 나타났다.

한편, 2차년도 양성망 가두리 내에서 종패는 조류 및 파도에 의해 바닥에 균일하게 분포하지 않고 한쪽에 몰려 쌓이는 현상이 발견되었으며, 이 때 밑바닥에 깔려 있는 개체들은 성장이 느리거나 일부 폐사가 나타났다. 따라서 종패의 해면 중간육성 관리는 개체들이 한쪽으로 몰리지 않게 수시로 끌고루 분산시켜 주는 작업이 필요하며, 종패의 크기에 따른 성장차이를 줄이기 위해서는 분망작업을 주 1회 이상 실시하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

파도리 중간육성 시험에서 각고의 성장은 10월 11일(입식 19일 후)에 30,000개체 밀도에서는 24.74mm로 약 14.89mm, 20,000개체 밀도는 28.63mm로 약 16.38mm의 가장 높은 성장을 보였으며, 10,000개체 밀도에서는 28.79mm로 약 16.25mm로 성장하였다. 11월 3일(입식 34일 후)에는 10,000개체 밀도에서는 중간종패의 크기는 28.27mm, 5,000개체 밀도에서는 33.78mm로 약 5.15mm 내외의 성장을 나타내고 있으며, 3,000개체 밀도에서 34.37mm로 약 5.58mm의 가장 높은 성장도를 보였다. 11월 11일(입식 42일 후) 중간육성 종패 육성실험이 종료되는 시기에는 양성밀도 10,000개체 양성밀도의 성장은 29.98mm, 5,000개체, 35.51mm, 3,000개체, 35.95mm로 성장도를 나타내고 있다.

전체적으로 입식 시기로부터 해면 중간종패 육성기간 동안의 성장도는 평균 각고 10 mm 내외 크기를 입식할 경우 양성기간이 약 50일 정도가 경과하면 각고 5 cm 전후의 갯벌 본양성용 종패로 사용이 가능한 것으로 나타났다.

파도리 해면 중간육성 기간 중의 전중량 변화는 9월 22일 입식 시 0.15g에서 10월 11일 0.70g, 11월 3일 1.20g, 11월 11일 2.09g의 증중량을 보였고, 누적 폐사율은 수온밀도 10,000개체 밀도에서 35%, 5,000개체 밀도에서 30%, 3,000개체 밀도에서 27%를 각각 나타내었다.

다. 보령시 오천면 원산도리

2011년 9월 해면 중간육성 양성가두리(L 1.8m×W 60cm×H 50cm)에 각고 11.33mm, 전중량 0.15g의 종패를 입식시킨 후, 약 4개월 후인 12월에 각고 52.19mm, 전중량 8.24g으로 갯벌 수평망식 본 양성장에서 양성 가능한 크기로 성장하였다. 각고의 일일 성장률은 1.33%, 전중량은 1.99%를 나타내었다.

중간육성 기간 중, 월별 평균 성장도 변화는 각고 성장은 수온이 높은 10~11월에 가장 높은 성장을 보였고 수온이 가장 낮은 1~2월에 최저 성장을 나타냈다. 전중량과 육중량은 수온이 높은 11월에 높은 증가를 보였고, 1월과 4월에 낮은 증가를 보였다.

중간육성 기간 중의 누적 폐사율은 2011년 10월에 3.3%에서 11월까지 10.0%, 2012년 1월 16.6%, 3월 28.6%, 5월 30.4%, 7월까지 34.0%가 폐사하여 수온이 낮은 시기에 폐사율이 높았다.

원산도리 해면 중간육성 시험에서 각고 성장은 10월 11일(입식 19일 후)에 30,000개체 밀도에서 29.76mm로 18.45mm가 성장하였으며, 20,000개체에서는 30.23mm로 18.87mm, 10,000개체에서는 30.52mm로 19.38mm가 성장하여 밀도가 낮을수록 높은 성장도를 보였다. 11월 3일(입식 34일 후)에는 양성밀도 10,000개체에서 43.21mm로 13.45mm가 성장하였으며, 5,000개체에서는 44.23mm로 14.00mm, 3,000개체에서는 44.87mm로 14.35mm의 성장을 나타내었다. 중간육성 기간이 종료되는 42일령에는 10,000개체 밀도에서 45.15mm로 1.94mm의 성장을 보였으며, 5,000개체는 47.54mm로 3.31mm로 성장하였고, 3,000개체 밀도에서는 49.96mm로 5.09mm가 성장하여 가장 높은 성장도를 나타내었다.

전체적으로 양성기에 입식한 시기로부터 시험 종료시기에는 10,000개체 밀도에서는 각고 45.15mm로, 5,000개체 밀도에서는 47.54mm, 3,000개체 밀도에서는 49.96mm로 성장하여 개체수가 낮은 밀도 일수록 빠른 성장도를 보였고, 누적 폐사율은 수용밀도 10,000개체 밀도에서 36%, 5,000개체 밀도에서 27%, 3,000개체 밀도에서 4%를 각각 나타내었다.

라. 시험어장별 성장도 비교

시험어장별 성장도는 창리 해면은 각고 49.77mm로 33.67mm가 성장하였고 파도리는 각고 36.51mm로 24.26mm가 성장하였다. 원산도리는 각고 52.19mm로 40.86mm가 성장하여 지역별 성장도는 원산도리>창리>파도리 순으로 나타났고, 지역별 유의차가 인정되었다($P<0.05$). 전중량의 증가량은 창리 5.06g, 파도리 2.16g, 원산도리 8.10g으로 원산도리>창리>파도리 순으로 증가를 보였으며 지역별 유의차가 인정되었다($P<0.05$).

2. 갯벌참굴 해면 중간육성 종패를 이용한 어장별 본 양성 적응시험

2012년 1월부터 7월까지 해면에서 중간 육성된 종패를 활용하여 갯벌 본양성장에서 노출시간별로 입식 시험을 실시하였다.

가. 1시간 노출

창리(각고 35.91mm)와 진산리 (각고 37.54mm), 태안 이원지구(각고 36.46mm)에 중간 육성된 종패를 입식하여 시험한 결과, 시험 종료시기인 7월에 창리갯벌은 각고 61.81mm로 25.90mm가 성장하였고, 태안군 남면 진산리 갯벌은 각고 62.44mm로 24.9mm가 성장하였으며, 태안 이원지구는 각고 55.07mm로 18.61mm가 성장하였다. 각고의 일일 성장률은 창리어장 0.32%, 진산어장 0.30%, 이원어장 0.25% 이었고, 전중량의 일일 성장률은 창리어장 0.97%, 진산어장 0.98%, 태안 이원지구 0.75%로 진산어장>창리어장>태안 이원지구 순으로 성장하였다.

나. 3시간 노출

진산어장(각고 39.26mm)과 태안 이원지구(각고 35.19mm)에서 입식 시험한 결과 시험이 종료되는 7월에 진산어장 갯벌 시험어장은 각고 64.83mm로 25.57mm가 성장하였으며, 태안 이원지구 갯벌 시험어장은 각고 46.27mm로 11.12mm가 성장하였다. 각고의 일일 성장률은 진산어장 0.30%, 태안 이원지구 0.17% 이었고, 전중량은 진산어장 0.87%, 태안 이원지구 0.50%로 두 지역 간의 차이가 크게 나타났으며, 진산어장>태안 이원지구 순으로 성장하였다.

다. 5시간 노출

진산어장(각고 38.27mm)과 태안 이원지구(각고 35.80mm)에 종패를 입식 시험한 결과, 7월에 진산어장 갯벌은 각고 64.47mm로 26.20mm가 성장하였으며, 태안 이원지구 갯벌은 각고 45.59mm로 9.79mm가 성장하였다. 각고의 일일 성장률은 진산어장 0.31%, 태안 이원지구 0.15%이었고, 전중량은 진산어장 0.94%, 태안 이원지구 0.53%로 진산어장에서 약 2배 정도 높은 성장을 보였다. 따라서 갯벌참굴의 성장은 태안 이원지구에 비해 진산어장이 빠른 것으로 나타났다.

제 3 절 갯벌참굴 해면 중간육성장 적지선정 매뉴얼

1. 갯벌참굴 해면 중간육성장(해면 생산) 매뉴얼 작성을 위한 적지 환경

가. 갯벌참굴 해면 중간육성장의 적지 선정

서해안의 갯벌은 조석 간만의 차이가 클 뿐만 아니라 간조시에는 하계의 고온과 동계 저온의 대기에 노출되는 극한의 환경을 보이며, 갯벌에 서식하는 생물들도 이러한 극도의 어려운 환경에 적응하면서 생활한다. 이곳에 사는 패류들은 밀물을 따라 유입되는 물속의 플랑크톤을 섭취하기도 하지만 썰물 때 태양 빛에 의해 생성되는 갯벌의 펄 위에 자란 규조류와 펄 속의 유기물 등을 여과하여 먹기도 한다. 따라서 갯벌참굴은 갯벌에 서식하는 다른 패류들과 같이 간조시에는 하계의 고온과 동계 저온의 대기에 노출되는 극한의 환경에 적응하면서 생활한다. 갯벌참굴은 생존력이 다른 갯벌패류에 비해 매우 강하지만 극도의 온도편차 또는 수질환경이나 노출, 먹이환경 등의 여건이 불리할 경우 결국 폐사에 이를 수 있다.

따라서 갯벌참굴 해면중간육성장의 적지선정은 사업수행의 성공여부를 결정하는 매우 중요한 요소이며, 대규모 투자시 사전에 면밀한 조사가 이루어져야 한다. 해면육성장 적지선정 조건으로는 주변에 오염원이 없는 곳으로 일부 담수유입의 영향을 간접적으로 받으면서 그 양의 변화가 적은 곳은 영암염류와 먹이생물이 풍부하여 굴의 비만시기를 빠르게 한다. 갯벌참굴의 해면 중간육성은 태풍 및 파도의 영향이 적고 육지와 근거리에 인접하면서 수시로 어장관리가 편리한 곳을 선정하며, 양식시설 자재의 운반 및 관리를 위한 선별작업, 분망작업, 채취작업 등이 편리하게 이루어지는 곳이어야 한다.

특히 서해안 지역은 계절에 따라 해적생물이 양성망에 많이 부착한다. 봄철에는 파래, 다시마, 진주담치, 이끼류, 가을철에는 미역, 요각류 등이 양성망지에 대량 부착하기 때문에 1주일에 2~3회 고압청소기 등으로 양성기를 세척하여 먹이공급을 원활하게 한다. 우량 중간종묘의 대량생산을 위해서는 무엇보다도 3~4일 간격으로 크기별로 선별하여 적정 밀도로 관리하는 것이 가장 중요하다.

일반적으로 굴의 성장과 생존에 영향을 주는 물리, 화학, 생물학적 적지환경조사 항목은 수온, 기온, 염분, 용존산소(DO), pH, 부유물질(SS), 화학적산소요구량(COD), 인산염(PO₄-P), 총질소(T-N), Chlorophyll-a, 부착생물(담치류, 우렁쟁이, 따개비, 참굴, 갯지렁이, 해조류 등), 수심, 유속, 노출시간, 강수량을 포함한다.

자연환경 및 사회 문화적 환경요인조사는 지형조건, 담수영향, 오염원, 사회간접기반시설, 어촌계 및 어업인의 호응도 및 어장관리운영 능력 등을 포함한다.

1) 수온, 기온

갯벌에서 노출과 잠김의 반복생활을 하는 갯벌참굴은 여름철 폭서와 겨울의 혹한이 생존에 결정적 영향을 미칠 수 있다. 참굴은 저서생물 중 온도에 적응력이 가장 큰 광온성 생물로 최근의 기후변화에 의한 고온과 저온의 온도차 폭을 갯벌참굴의 현장조사 자료 및 국외 자료를 기본으로 하여 반영시켰으며, 갯벌 노출생물의 특성인 기온을 새로운 항목으로 편입시켰다.

2) 염분

염분은 기존의 국립수산과학원 적지기준 단위인 비중을 제외시키고 세계 공통기준인 psu 단위로 환산 적용하였다.

3) 영양염류

영양염류는 최근의 양식방법이 고밀도의 친환경 양식으로 전환함에 따라 영양염류의 소비량을 고밀도 양식에 적합하도록 현재의 기준 값을 일부 상향 적용하였으며, 산업화에 따른 해역의 영양염류 유입 증가에 대응하여 기존의 적지조사 측정단위인 $\mu\text{g-at/l}$ 를 세계 공통단위인 mg/l 로 환산 적용하였다.

4) 부유물질 · 해수 COD · 클로로필-a

기존의 적지기준에는 부유물질과 해수 COD, 클로로필-a 항목이 제외되어 있음. 부유물질의 경우 갯벌참굴의 폐사(함평만 갯벌참굴 양식장)에 관여하며, 해수 COD는 양식장 수질 지표항목으로, 클로로필-a는 굴의 비만 등에 관여하는 항목으로 평가되어 해역의 수질오염 2등급 기준(기타 수산생물에 적합한 수질) 범위를 적용하여 신설하였다.

5) 저질입도

갯벌참굴 양식은 갯벌에 지주대를 세워 양식하는 방법으로 지반변동이 없어야 하며, 효율적인 작업을 위해 경운기 등의 출입이 가능한 곳이어야 한다. 해면 중간육성장은 가두리 설치 및 고정을 위한 계류시설이 가능한 사니질 또는 사락질 지역으로 파도와 조류 등 태풍의 영향에 안전한 곳이어야 한다.

6) 수심 · 조류소통

갯벌참굴의 갯벌 본양성(0~5시간 노출선) 및 해면 중간육성(수심 5~30 m) 시설은 서해안 조류속의 특성 및 해수교환율, 가상식 양식 set의 조류 저항성을 등을 감안, 기존의 수하식 양식 기준인 3~10 cm/sec에서 5~30 cm/sec로 상향 조정하였다. 간조시각, 만조시각, 간조와 만조의 중간지점 유속을 측정하여 5~30cm/s가 유지되는 곳을 선정하는 것이 양성망 내에서 종패가 한쪽에 몰리지 않고, 종패의 성장이 좋

을 뿐만 아니라 먹이섭식 활동이 안정되어 성장에 유리하다. 2 m 수층보다 깊은 곳인 중층이나 하층의 유속이 5 cm/sec 이하이면 대체로 성장이 좋지 않은 것으로 나타났다.

7) 해면 중간육성장 계류시설

해면 중간육성장 가두리 설치 및 고정을 위한 계류시설은 저질 지반에 따라 다르며, 저질 지반이 사질 또는 암반지역은 자연석 돌(2m³)을 이용한 고정 시설을 한다. 사니질인 경우에는 앵커(200관)에 의한 계류시설이 파도와 조류 등의 영향에 안전한 것으로 나타났다.

8) 지형

파도나 조류의 영향을 간접적으로 받는 내만으로 외해의 만의 입구 중심부에 가까운 곳이 적합하다.

나. 갯벌참굴 해면중간육성장 적지선정 기준 (제안)

구 분	적 지 기 준				
	적정기준(제안)	참굴 갯벌 본양성 (태안 연안)	참굴 갯벌 본양 성 폐사지역 환 경(함평만)	양식장적지조사요령 (국립수산과학원 훈령 제437호)	일본 굴 양식 환경요인
	참굴 해면중간육성장 (태안연안)				
수온	2~28℃	0~30℃	3.7~28℃	5~30℃	0~30℃
기온	-	-8~36℃	-7~31℃	-	
비중 (염분 psu)	(20~34)	(20~34)	(19.5~31.99)	1.015~1.025 (20.6~33.7)	1.010~1.025 (14.12~33.7)
영양염류 ○ 인산염	0.003~0.03 mg/l	0.003~0.03 mg/l	-	0.2~1μg-at/1 (0.003~0.014mg/l)	-
○ 총질소	0.11~0.30 mg/l	0.11~0.30 mg/l	0.19~0.37	3.6~7.1μg-at/1 (0.11~0.22mg/l)	-
용존산소	5.0~9.9 mg/l	5.0~9.9 mg/l	5.7~12.03mg/l	3~6ml/l(5~8.5 mg/l)	-
PH	7.8~8.3	7.8~8.3	7.51~8.08	7.8~8.3	-
부유물질 (SS)	30 mg/l 이하	40 mg/l 이하	10~3,086mg/l	-	탁도 10 mg/l 이상에서 산소 소비량 감소
해수 COD	2mg/l 이하	2mg/l 이하	-	-	-
저질 ○ 입도	사니질, 사략질	지주 설치가 가능 한 사략질, 사니질 자갈, 패각질로 경 운기 출입 가능한 곳 - 물죽 10cm 이하	사니질 물죽 10~40cm	○ 투석식 : 사니질 ○ 수하식 : 시설 가능지	-
○ COD	-	20mg/g 이하		20mg/g 이하	
○ 유화물	-	0.2mg/g 이하		0.2mg/g 이하	
부유생물	적조발생이 없는 곳	좌 동		적조지표생물이 적은 곳	-
클로로필-a (μg/L)	1~12	1~12	1.39~29.0	-	
해적생물	담치류, 폴리도라, 불 가사리류, 참굴, 우렁 쟁이류 해조류 등	담치류, 참굴, 고등 따게비, 폴리도라, 불가사리류		우렁쟁이류, 담치류, 갯지렁이, 불가사리류	-
조류소통 (유속)	5~30cm/sec	5~30cm/sec		3~10cm/sec	-
수심	5~30m	노출선 : 0~5hr		투석식 : 0~5hr 노출선 수하식 : 5~40m	-
담수유입	직접 영향이 적은 곳	좌 동		좌 동	-
오염원	인근에 오염원이 없고 부영양화 영향이 없는 곳	좌 동		좌 동	-
풍파	시설물 유실 영향이 적은 곳	지반면동 및 시설물 유실 영향이 적은 곳		시설물 유실 우려가 없는 곳	-
종묘	인공종묘	인공종묘		인공종묘 및 자연산	-
기타	기타 필요한 사항	좌 동		좌 동	-

(자료출처 : 염분 환산, 일본기상협회, 해양관측 상용표)

다. 양식장 적지선정 규정 개정의 필요성

해면 양식어업은 양식장의 무절제한 확장 및 밀식을 방지하고 어장 특성에 따른 적정품종의 양식생산성과 손실을 최소화하기 위해 유용 양식생물에 대한 적지기준을 정해놓고 있다. 양식장 적지조사는 조사대상지와 대상품종과의 양식 적합성 여부를 시험·조사 분석하는 업무를 말한다. 본 사업에서 갯벌참굴 양식장에 대하여 조사를 실시하는 이유는, 첫째 국내 모든 양식장의 적지조사 시 적용하고 있는 “양식장적지조사요령(국립수산과학원훈령 제437호)”에서 참굴에 대한 적지조사 기준이 남해안의 수하식과 갯벌의 투석식을 중심으로 되어 있어 현재 적지조사 기준이 마련되어 있지 않은 새로운 양식방법인 수평망식(간이수하식의 일종)에 대한 적지조사 기준을 마련하기 위함이다.

굴에 대한 적지조사 기준에서는 저질 및 수심에 대한 기준을 투석식과 수하식으로만 구분하고 있어 새로운 양식방법인 갯벌 수평망식에 대한 적지기준이 마련되어야 한다. 또한 갯벌 수산자원을 수산업의 신성장 동력으로 개발하려는 농림수산식품부의 新갯벌어업 추진계획의 일부로서 갯벌참굴이 수출전략 품종으로 선정되어 본격적인 개발을 추진하고 있기 때문에 적지조사 차원을 넘어 안정적이고 품질 좋은 갯벌참굴 생산에 필요한 환경요인들을 검토하여 양식장 개발에 적극 활용할 필요성이 있다. 갯벌참굴 해면 중간육성장 적지선정을 위한 매뉴얼은 패류 품종별 양식장 적지조사 기준 및 현장조사 자료, 기후변화 요인 및 국외 굴양식 자료 등을 근거하여 신규제안 또는 보완 반영하여 작성하였다.

라. 갯벌참굴 양식 적지조사 규정의 신설

갯벌참굴(수평망식) 양식은 국내에서는 처음으로 도입된 양식방법으로 물속에서 키우는 남해안의 수하식 굴 양식 방법과는 달리 갯벌 위에 시설물을 설치하여 양식하는 방법이다. 즉, 육상 종묘배양장에서 생산된 3배체의 개체굴 종묘를 양성기 그물 안에 넣은 후 조간대 갯벌(1~5시간 노출선)에 설치한 수평망식(갯벌 지면으로부터 약 60cm 높이) 세트 위에 종패가 들어 있는 양성 그물을 올려 고정된 후 상품크기로 자랄 때까지 기르는 방법이다.

갯벌참굴 양식은 항상 물속에 잠겨있는 수하식 굴 양식과는 달리 조석에 따라 1일 2회씩 노출과 잠김이 반복되기 때문에 여름철 고온의 혹서와 겨울철의 혹한을 견뎌야 만 한다. 그동안의 굴양식 적지기준은 수하식 및 투석식에 한정되어 있을 뿐 갯벌참굴 양식에 관한 적지조사 규정은 마련되어 있지 않다.

따라서 갯벌참굴 양식 적지항목 및 적지기준은 수하식 양식과는 차이가 있다. 현재 적용되고 있는 우리나라의 양식생물 적지기준은 안정된 환경을 지닌 1960년대 (대체로 일본 기준 적용)를 기준으로 설정해 놓은 것으로 최근의 기후변화 등에 의한 생물 서식환경 및 생태계의 변화특성을 반영하지 못하고 있다. 특히 각 지역별 갯벌생물 서식 환경은 그동안의 간척 매립 및 산업화 개발에 따른 조류 흐름 및 저질변동 등으로 동일한 인접지역에서도 생물의 서식환경 차이가 뚜렷이 나타나고 있으며, 양식방법에 따라서는 참굴과 같이 동일한 품종이라도 지역별 환경에 적응하는 능력이 달라진다. 따라서 같은 품종이라도 적지기준을 전국 모든 지역에 동일하게 적용하는 것은 무리가 있으며, 각 해역에 적합한 품종별 적지구정 개정작업을 시급히 마련하여 양식에 따른 손실을 줄일 필요성이 있다.

갯벌참굴 해면 중간육성장 적지 항목은 중간육성 시설의 설치, 운영 및 관리의 효율성과 관련된 어장 접근성 및 사회기반 시설인 도로, 항포구, 선박 접안시설, 전력 공급 시설 등이 포함된다. 또한 중간육성 사업의 규모화 및 관리시설과 기술의 끊임없는 진보를 위해서는 외부로부터의 자본과 기술력이 투입될 필요성이 있기 때문에 어촌계의 호응도 또는 배타성 등의 사회·문화적 요인도 포함되어야 할 것이다.

마. 갯벌참굴 양식장 적지조사 시 검토해야 할 주요 요인

서해안의 갯벌은 조석 간만의 차이가 클 뿐만 아니라 간조시에는 하계의 고온과 동계 저온의 대기에 노출되는 극한의 환경을 보이며, 갯벌에 서식하는 생물들도 이러한 극도의 어려운 환경에 적응하면서 생활한다.

이곳에 사는 패류들은 밀물을 따라 유입되는 물속의 플랑크톤을 섭취하기도 하지만 썰물 때 태양 빛에 의해 생성되는 갯벌의 펄 위에 자란 규조류와 펄 속의 유기물 등을 여과 섭식한다. 따라서 갯벌참굴은 갯벌에 서식하는 다른 패류들과 같이 간조시에는 하계의 고온과 동계의 저온에 노출되는 극한의 환경에 적응하면서 생활한다. 갯벌참굴은 생존력이 다른 갯벌패류에 비해 매우 강하지만 기후변화에 의한 극도의 온도편차 또는 수질환경이나 노출, 먹이환경 등의 여건이 불리할 경우 결국 폐사에 이를 수 있다.

따라서 갯벌참굴 적지선정은 사업수행의 성공여부를 결정하는 데 매우 중요한 요소이며, 대규모 투자시 사전에 면밀한 조사가 이루어져야 한다.

참굴양식 적지선정 요건은 1960년대 초기에 국립수산과학원에서 양식적지 기준을 설정하여 2008년 3월 25일까지 여러 차례 개정한 바 있다. 그러나 각 품종별 적지선정 기준은 개괄적인 관점에서 전국 모든 지역에 동일하게 적용하고 있어 지역별 기후환경 및 생물종의 서식환경 특성을 반영하는 데 어려움이 클 뿐만 아니라

최근의 양식기술 발전에도 대응하지 못하고 있다.

한편 기후변화가 해마다 심화되면서 동일 품종이라도 심지어는 이웃 어촌계 간의 서식환경이 온도나 조류유동, 저질형태, 해적생물, 먹이생물 조건 등이 달라 해적생물 부착 또는 성장과 폐사에 미치는 영향이 커지고 있는데, 금후에는 기상예보와 같이 국지적 환경특성을 반영한 지역별 세부 적지기준 및 이를 반영한 실시간 양식예보 체계를 갖추는 것도 중요한 일이다.

양식 생산성 향상을 위한 각 해역별(서해안, 남해안, 동해안) 환경특성에 적합한 새로운 양식적지 기준의 정립이 필요함에 따라 본 장에서는 국립수산과학원의 품종별 적지기준을 기본으로 실제 지역별 실측 환경 편차를 적용하여 서해안 갯벌참굴의 양식 적지기준을 수록하였다.

2. 갯벌참굴 적지선정 기준 설정을 위한 폐사 및 비폐사 지역 환경 특성

가. 지역별 갯벌참굴 양식어장(폐사 및 비 폐사지역) 환경 비교

갯벌참굴의 폐사가 발생한 전남 함평만의 경우 폐사의 주요 요인으로 작용하는 부유물질량이 10~3,086 mg/l로 부유물질의 적정기준치(40mg/l 이하)를 크게 초과하고 있으며, 염분농도 또한 19.5psu로 크게 낮고, 저질의 발빠짐 깊이가 최대 40cm에 달해 경운기 등의 출입이 어려운 상황이다. 따라서 이러한 환경은 갯벌참굴 양식장으로 적합하지 않은 것으로 평가되며, 자연환경 요인 이외에도 양식장 관리능력 등 인위적인 요인들도 적지선정시 고려되어야 한다.

3. 갯벌참굴의 해면 중간육성 어장선정을 위한 어장확보 가능면적 및 생산 가능량

가. 서산시 부석면 창리지선

서산시 부석면 창리지선의 어장 선정을 위한 적지조사는 갯벌참굴 시범연구사업(2011)에서는 창리지역에 해면 중간육성장으로 개발시 가능한 면적을 산출하여 전체적인 개발면적과 시설량을 추정해 보았으며, 본 연구에서는 총 면적중에서 선박의 운항을 위한 항로 및 수심 등을 고려하여 조사한 결과 갯벌참굴 해면 중간육성장으로 개발시 적지조사 총 면적은 300,000㎡로 이 중 기존 가두리양식장 면허지역 이외 기존 가두리 양식장 면허 어장간 거리 확보, 선박의 항로, 간조시 수심 7m 이상이 유지되는 수면 등을 제외한(240,000㎡) 가두리 양식장 어장적지 면적은 60,000㎡로 적지면적에 시설기준 5~20% 이하로(어업면허의 관리등에 관한 규칙

제10조 어장의 시설기준 별표 2) 20%를 적용할 경우의 가두리에서 갯벌참굴 중간종묘를 생산할 수 있는 시설면적은 12,000㎡이며, 시설면적 내에서 중간육성 가두리 시설규격이 7.3×35m(255.5㎡)일 경우(양성기 규격 175(길이)×50(폭)×60cm(8.75㎡), 양성기 80대 설치) 가두리 시설량은 47조(양성기 3,760조), 종패생산 가능량은 각각 1~3cm 크기는 21,868천개, 각각 3~5cm 크기에서는 7,498천개에 이른다. 서산창리지역은 여름철 장마철에는 서산 AB지구에서 방류하는 담수영향으로 담수조류 등의 영향으로 양성기의 망목에 부착하여 해수 소통의 영향은 물론 양성기의 바닥에 퇴적 부니가 많이 쌓이는 현상이 발생되어 굴의 성장에 영향을 미치므로 육상종묘배양장에서 2~7mm 치패를 본 지역에서 중간육성을 시작할 경우에는 4~7월 까지 가능한 것으로 조사되었다.

나. 충남 태안군 소원면 파도리 지선

태안군 소원면 파도리 지선의 어장 선정을 위한 적지조사 총 면적은 450,000㎡로 이 중 기존 가두리양식장, 해조류양식장, 굴양식장 면허지역 이외 기존 가두리 양식장 면허 어장간 거리 확보, 선박의 항로, 간조시 수심 7m 이상이 유지되는 수면 등을 제외(360,000㎡)한 가두리 양식장 어장적지 면적은 90,000㎡로 적지면적에 시설기준 5~20% 이하로(어업면허의 관리등에 관한 규칙 제10조 어장의 시설기준 별표 2) 20%를 적용할 경우의 가두리에서 갯벌참굴 중간종묘를 생산할 수 있는 시설면적은 18,000㎡이며, 시설면적 내에서 중간육성 가두리 시설규격이 7.3×35m(255.5㎡)일 경우(양성기 규격 175(길이)×50(폭)×60cm(8.75㎡), 양성기 80대 설치) 가두리 시설량은 70조(양성기 5,600조), 종패생산 가능량은 각각 1~3cm 크기는 32,570천개, 각각 3~5cm 크기에서는 11,166천개에 이른다. 육상종묘배양장에서 2~7mm 치패를 본 지역에서 중간육성을 할 경우에는 여름철 장마철에 담수영향을 많이 받지 않고 외해형 내만지역으로 수온이 27℃이상 상승하지 않는 지역으로 4~10월 까지 중간육성이 가능한 것으로 조사되었다.

다. 충남 보령시 오천면 원산도 지선

보령시 오천면 원산도 지선의 어장 선정을 위한 적지조사 총 면적은 600,000㎡로 이 중 기존 가두리양식장, 선박의 항로, 간조시 수심 7m 이상이 유지되는 수면 등을 제외(480,000㎡)한 가두리 양식장 어장적지 면적은 120,000㎡로 적지면적에 시설기준 5~20% 이하로(어업면허의 관리등에 관한 규칙 제10조 어장의 시설기준 별표 2) 20%를 적용할 경우의 가두리에서 갯벌참굴 중간종묘를 생산할 수 있는 시설면적은 24,000㎡이며, 시설면적 내에서 중간육성 가두리 시설규격이 7.3×35m(255.5㎡)

일 경우(양성기 규격 175(길이)×50(폭)×60cm(8.75m²), 양성기 80대 설치) 가두리 시설량은 94조(양성기 7,520조), 종패생산 가능량은 각고 1~3cm 크기는 43,736천개, 각고 3~5cm 크기에서는 14,995천개에 이른다. 육상종묘배양장에서 2~7mm 치패를 본 지역에서 중간육성을 할 경우에는 여름철 장마철에 담수영향을 많이 받지 않고 내만형 외해지역으로 수온이 27℃ 상승하지 않는 지역으로 4~10월 까지 중간육성이 가능한 것으로 조사되었다.

제 4 절 갯벌참굴 해면 중간 종패의 최적 생산을 위한 중간육성 시스템 개발

갯벌참굴의 중간육성은 미국, 프랑스 등지에서는 개발 초기에 육상의 축제식 양식장에서 간단한 차를 이용하여 해수의 재 순환방식에 의한 중간육성 방법이 개발되어 산업적으로 활용되어 왔다. 그러나 육상의 부지면적이 많이 소요되고, 대량생산시 먹이생물 공급에 한계가 있으며, 관리에 필요한 노동력이 많이 소요되어 2009년경부터는 해면을 이용한 채룡수하식 방법으로 갯벌참굴의 대량 중간육성이 산업적으로 이루어지고 있다. 갯벌참굴의 대량 산업화 생산을 위해서는 육상보다는 갯벌과 해면을 이용한 중간육성장과 단련장을 개발하여 자연의 해수에 서식하는 플랑크톤 등의 먹이에 의존하는 양성방법의 개발이 요구되고 있다.

따라서 갯벌참굴 양식산업의 조기 정착과 활성화를 위해서는 3배체 인공종묘의 대량생산과 함께 해면 중간종묘의 대량생산 기술개발 및 종묘생산과 중간육성의 분업화가 필요하다. 또한 상품생산 기간의 단축을 위해서는 적정 크기의 우량 중간종묘(각고 3~5 cm)에 의한 본양성 및 적정 양성밀도 입식, 어장관리 등 양식생산 과정에서 발생하는 대량폐사 및 재해 등의 손실피해를 최소화하기 위한 대책이 마련되어야 한다.

해면 중간육성 시설 소재는 기존에 산업적으로 많이 개발 활용되고 있는 목재가 두리 및 PE 가두리, 부두잔교 시설, 해상낚시터 등의 소재를 활용하여 갯벌참굴의 해면 중간육성 시설에 알맞도록 시설모델을 고안하여 제작하였다.

지금까지 갯벌참굴 해면 중간육성 모델 소재와 관련한 특허는 한국해양연구원(2007.7.30), 출원번호 10-2007-0077907이 있으며, 주요 출원 청구항목은 미끄럼 방지 돌기부가 형성된 발판, 브라켓 등의 조립식 부양 구조체에 관한 것이다. 따라서 본 시범 연구 사업에서는 갯벌참굴 해면 중간육성의 최적생산을 위한 중간육성 시스템 개발 및 중간육성 종묘의 분업화에 의한 종묘공급의 안정화와 우량 중간종묘의 대량 공급에 의한 본 양성기간 단축을 통한 생산원가 절감 등 갯벌참굴 산업의 안정화를 유도하는데 있다.

본 시범 연구사업에서는 갯벌참굴 중간육성 시설물의 도면 및 시방서 작성, 양성

기의 재질별 내구성 시험, 중간육성 양성시스템의 매뉴얼을 작성하여 갯벌참굴 중간육성시 양성기 규격에 따른 초기 입식종패의 시기별 양성밀도, 생존율, 성장도 등의 효율성 및 경제성을 평가하는데 있다.

1. 갯벌참굴 해면 중간종묘 양성 시스템 최적 모델 매뉴얼

가. 갯벌참굴 해면 중간육성 시스템 구조물의 재질 검토

해역의 특성을 고려한 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 구조물의 재질은 친환경 소재로 내구성이 강하면서 유속이 1~2knot(51~103 cm/sec)에서도 수면에서 부양이 가능하며, 태풍 등의 유의파고(4 m)에서도 견딜 수 있도록 HD PE재질로 설계·제작하였다.

중간육성 구조물은 인장강도 250~280kgf/cm², 신장률 600% 이상, 부력은 m당 70 kg, 자하중은 m당 30 kg으로 설계 제작하였다. 재질은 친환경 기능성으로 수질환경 보전에 유리하며, 경제성 면에서는 소켓 등 전기용착에 의한 조립방식으로 현장 시설이 용이할 뿐만 아니라 재료의 내구성이 우월한 소재이다. 조립제작시 6 m 간격으로 수밀격벽을 설치하여 외부 환경 피해로부터 안전성을 확보하였으며, PE PIPE 재질의 규격은 315, 15t 소재를 이용하였고, 규격은 7.3 m(폭)×15 m(길이) 크기로 제작하여 파도리 시범어장에 설치하였다.

나. 갯벌참굴 해면 중간육성 시설물의 PE관경 및 두께

갯벌참굴 해면 중간육성 시설 가두리 파이프의 규격은 Ø315 mm, 가두리 표준 둘레 60~100 m, 가두리 표준 직경은 19~32 m의 브라켓(HDPE) 타입으로 조립 제작하였다.

다. 갯벌참굴 해면 중간육성 시설물의 계류시설

충남 서산시 부석면 창리 토끼섬 지선 해역은 수심 15 m 내외로 저질은 딱딱한 펄질로 되어 있어 철재 앵커보다는 수중 거치시 안정성이 높은 자연석 석괴(2.7톤, 4개)를 이용한 계류시설 고정앵커를 설치하였다.

라. 고밀도 양성기 제작품의 재질 및 구조 안전성 시험

2차년도에 보완한 양성기를 충남 서산시 창리와 보령시 원산도, 태안군 파도리

현장에서 중간육성 시험을 실시하였다. 시험결과 충남지역에 2011년 8월에 내습한 태풍의 영향을 직접 받았던 보령시 원산도와 태안군 파도리 시험시설은 양성기의 피해가 발생하지 않았고, 서산 창리 시험시설물은 1mm망에서 망목의 파손 현상이 발생하였으나 대체적으로 풍파 등에 안전성이 있는 것으로 나타났다.

마. 갯벌참굴 해면 중간육성 시설물의 PE관경 및 두께

갯벌참굴 해면 중간육성 시설 가두리 파이프 규격은 $\varnothing 315\text{mm}$, 가두리 표준 둘레 60~100 m, 가두리 표준 직경 19~32 m로 브라켓(HDPE) 타입으로 조립 제작하였다.

바. 갯벌참굴 해면 중간육성 시설물의 계류시설

충남 태안군 소원면 파도리 지선 해역은 간조시 수심 10 m 내외로 저질은 펄질로 되어 있어 철재앵커를 이용한 계류시설을 하였다.

사. 표준 PE파이프 잔교(가두리) 구조계산식 해석

PE재질은 일반적으로 바다에서 어류용 가두리양식시설, 낚시터, 잔교 등으로 많이 사용되고 있다. 시험성적서는 한국건설생활환경 시험연구원에서 분석한 결과로 환경문제의 안전성은 산화유도시간 51.4분, 용출성은 탁도 0.1도, 색도 0.2도, 과망간칼륨 소비량 0.9mm/L, 잔류염소의 감량 0.31mm/L이며, 냄새 및 맛 등은 이상 없는 것으로 나타났다.

2. 갯벌참굴 해면 중간육성 양성기

가. PVC관 재질 양성기(PVC관 25 mm 재질, PE망)

갯벌참굴 해면 중간육성 양성기를 재질별로 제작하여 중간육성 시험을 실시하였다. 양성기는 PVC 강화 재질과 PE망, 스테인레스 재질(sus316L)을 이용하여 제작하였다. 양성기의 규격은 175 cm(길이)×60 cm(폭)×50 cm(높이)로 제작하여 양성밀도별로 시험하였으며, 양성기의 수용밀도는 각고 5~7mm 종패일 때에는 100,000~150,000개체/5~7.5kg, 각고 1 cm 크기에서는 50,000~100,000개체/9~18kg, 각고 2 cm 크기에서는 20,000~30,000개체/13.4~20.1kg, 각고 3cm 크기에서는 5,000~10,000개체/10.15~20.3kg, 각고 4cm 크기에서는 3,000~5,000개체/6.09~10.15kg, 각고 5 cm 크기에서는 3,000~5,000개체/15.6~26kg 내외로 수용하였다. 중간육성을 위한 양성기의 구조 및 내구성에 있어서는 표 3-4.에서 나타내는 범위의 수용

밀도별 종패중량 범위였다.

나. 양성기 재질에 대한 내구성

갯벌참굴 해면 중간육성 양성기는 PVC 재질로 크기별, 밀도별로 해면 가두리에 서 중간육성을 실시하였다. PVC 재질의 양성기 인장강도는 40~50kgf/cm² 범위로 PE관(250-280kgf/cm²)에 비해 약 5~6배 내외 약하지만 PE 보다는 탄력성이 좋아 조용한 내만에서 시설이 가능한 것으로 나타났다.

다. 스테인레스 재질(sus316L)의 양성기

1) 양성기 제작 재료

2차년도에는 1차년도에 노출된 문제점을 보완하기 위하여 해수 부식방지 효과가 큰 sus316 재질의 원판을 CNC로 절곡하여 양성기 몸통부를 제작하고 sus망(1mm, 3mm, 5mm) 을 스폿 용접과 프라스마 아르곤 용접으로 양성기를 제작하였다.

2) 양성기 제작품의 안전성 검토

2차년도에 보완한 양성기를 충남 서산시 창리 및 보령시 원산도, 태안군 파도리 현장에 각각 설치하였다. 충남지역은 2011년 8월에 태풍의 영향을 직접 받은 지역으로 보령 원산도와 태안군 파도리는 양성기의 피해가 없었으나, 서산 창리에 설치한 1mm망은 망목이 파손되는 현상이 발생하였으며, 그 외 지역은 안전성이 있는 것으로 나타났다.

3) 양성기 제작품의 문제점과 개선 방안

갯벌참굴의 해면 중간육성(해면 종묘생산)을 위해 만들어진 스테인레스 양성기는 몸통부와 망을 체결하는 접합 부위가 짧게(1.5cm) 맞물려 용접을 하더라도 그물망이 이탈되는 현상이 발생함에 따라 접착부위를 깊게(3.0cm) 맞물려 제작한 결과 문제점이 개선되었으며, 가두리에 체결하는 고리 부분도 보강함으로서 해면 중간육성용 양성기로는 별 문제점이 없을 것으로 판단된다.

제 5 절 갯벌참굴 해면 중간육성 기술 매뉴얼

1. 갯벌참굴 해면중간육성 가두리 시설

해면 중간육성 가두리 시설작업은 적지로 선정된 지역의 수심(5~30m)과 유속, 저질지반 등을 조사하여 저질지반의 유형에 따라 계류시설이 가능한 앵커 소재를 선택한다.

가. 저질 지반에 따라 끌림 현상이 발생하는 암반 또는 사질지역은 자연석 돌(2m³ 급)을 이용하여 계류시설을 한다.

나. 펄질 및 사니질 지역은 철재 닻(150~200관) 등으로 계류시설을 할 경우 끌리는 현상이 적고, 태풍 또는 강한 파도 및 조류에 안전하며, 시설규모에 따라 가두리의 전·후방에 각각 4개씩 설치하여 계류시설을 한다.

다. 가두리의 시설규모에 따라 태풍 및 조류의 영향으로 밀리는 현상이 발생할 경우에는 보강하여 계류시설을 추가적으로 시설한다.

라. 앵커 로프 길이는 일반적으로 조석 간만의 차에 따라 다르겠으나 수심이 5 m 내외일 경우 10~20배, 10 m 내외일 경우 7~10배, 수심 15 m에서 10배 내외, 수심 20~30 m에서 8배 내외 길이로 계류시설을 하며, 앵커로프 두께는 Ø53mm 내외로 한다.

마. 계류작업의 순서는 우선 조류 흐름의 반대방향부터 고정 시킨 후 가두리의 양쪽 로프 연결 고리에 체결 매듭하고, 반대방향 앵커를 가두리 폭 면적보다 넓게 약 15° 각도로 벌려 앵커를 투하한 후 앵커와 연결된 로프를 가두리에 고정시킨다.

바. 갯벌참굴 해면 중간육성 가두리는 가두리 내에서 선별작업과 관리 등이 이루어지므로 수면에서부터 가두리 높이를 50 cm 내외, 통로 폭을 1.5 m로 제작하며, 선별작업과 자재 관리를 위한 공간을 확보해둔다.

사. 가두리 내에서 갯벌참굴 종패의 중간육성 양성기의 설치에 공간 활용이 편리하고 작업 효율성을 고려하여 제작하는 것이 바람직하다.

2. 갯벌참굴 해면 중간육성 및 시설관리

가. 갯벌참굴 해면 중간육성 가두리 시설재료는 주로 목재나 금속파이프, PE관 등을 많이 사용하고 있다.

나. 가두리 시설 장소는 파도의 영향을 적게 받는 외해에 면한 내만의 중부에 위치하면서 간조시 수심이 5 m 이상인 곳, 유속이 5~30cm/s 내외 인 곳, 저질이 암반지역인 곳의 계류시설은 자연석 돌(2m³이상), 저질이 펄질인 곳의 계류시설은 철재 닻을 사용(150~200관)하여 계류시설을 한다. 특히 유속이 10~30 cm/s 유지되는 곳은 양성망 내에서 종패가 한쪽으로 몰리지 않고, 먹이섭식 활동이 원활하여 종패의 성장에 유리하며, 유속이 5cm/s 이하로 너무 약하면 성장에 불리하다.

다. 양성기의 재료의 선택은 시설적지에 따라 다르며, 태풍(30m/sec 이상) 등의 영향을 받는 곳이나 조류가 50cm/sec 이상인 해역에서는 스테인레스 등 강한 재질을 선택하는 것이 안전하며, 조용한 만 지역에서는 PE, PP, PVC 등 재질을 양성기로 제작하여도 안전하다.

라. 양성기는 입식하고자 하는 종패의 크기에 따라 다르며, 종패의 각고에 따른 망목을 각고의 1/2 크기로 제작하는 것이 양성망에 입식한 종패의 유실을 막을 수 있다. 즉, 각고 2~7 mm 일 때 양성기 망목(mesh)은 1 mm, 각고 10 mm 일 때 망목 2 mm, 각고 20 mm 일 때 망목 3 mm, 각고 30 mm 이상은 5 mm mesh의 망목을 사용한다.

3. 갯벌참굴 중간육성을 위한 종패입식 및 관리

갯벌참굴 종패의 해면 중간육성은 인공종묘의 생산시기에 따라 바다에 입식하는 시기가 다르지만 1~3월 사이에 만들어진 종묘는 육상수조 내에서 사육수의 가온으로 양성이 이루어지기 때문에 가온 사육한 종묘의 수온을 서서히 내려 4~5월경 수온이 10℃ 내외의 자연수온에 가깝게 상승하는 시기에 각고 2~7mm 크기의 종패를 갯벌 또는 해면 중간육성장에 입식한다.

가. 갯벌참굴의 해면 중간육성을 위한 육상 인공종묘배양장에서의 종묘생산은 조기종묘생산의 경우 2월부터 유생관리에 들어간 다음 약 3주 후에 채묘를 실시하고 이 후 각고 7mm 전후까지 육상 배양장에서 육성한다.

나. 채묘 이후 갯벌 중간종묘 육성장 및 해변 중간육성장에 입식할 수 있는 유패의 크기는 각고 2~7mm이며, 수온이 10℃ 이상으로 상승하는 4~5월경 갯벌 및 해변 중간종묘 육성장에 입식하여 본양성용 종패(각고 1~5cm)로 9월 경 까지 키워 분양한다.

다. 중간육성장의 양성기에 입식하기 이전의 종패는 적정 밀도로 크기별로 선별한 다음 분리 포장하여 입식작업을 실시한다.

라. 종패가 입식된 양성기는 종패가 한쪽으로 모이지 않도록 수평적으로 설치하고, 양성기는 수면에서 약 10 cm정도 노출되도록 설치하여 종패가 유실되지 않도록 한다.

마. 파도나 조류의 영향으로 느슨해진 양성기는 1주일에 2~3회 정도 양성기 체결 로프를 당겨 조정해 준다.

바. 종패의 육상 운송방법은 유패 크기가 각고 2~7mm일 때는 양파자루망에 수용하여 아이스박스 등으로 포장하고 계절에 따라 고수온기에는 박스 용기에 아이스팩과 신문지를 활용하여 포장한다.

사. 갯벌참굴 유패 입식용 양성기의 단위 규격이 175cm(길이)×60cm(폭)×50cm(높이)일 때 양성기당 입식밀도는 각고 2~7mm에서 100,000~150,000개체이며, 이 때 양성망 Mesh Size는 2mm이다. 양성기에 유패를 수용 후 5~7일 이내에 Mesh Size 3mm 양성기에 분망하며, 크기별로 선별작업을 1~2회 실시한다.

아. 중간육성 종패의 크기가 각고 10~20 mm 내외에서 종패의 양성밀도는 30,000~50,000개체로, 이 때 양성망 Mesh Size는 3mm이며, 이 후 약 7~9일 이내에 종패의 크기별로 선별 후 분조한다.

자. 중간육성 종패 크기가 각고 30~50 mm 크기까지의 양성을 위해서는 밀도를 10,000~3,000개체로 낮추어 주고 양성망 Mesh Size는 5mm 크기로 교체한다. 양성기간은 약 20~25일이며, 크기별 선별작업을 1~2회 실시한다.

제 6 절 갯벌참굴 해면 중간육성 시범사업의 경제성 분석

본 연구는 갯벌참굴 해면 중간육성 사업에 대한 경제적 타당성 여부를 분석하기 위한 것이며, 분석과정을 통하여 도출된 결과들은 필요한 실증자료와 정보들을 토대로 분석되었다.

해면에서 중간육성 실험결과 각고 2~7mm 크기에서 1~3cm, 3~5cm 종패크기까지 중간육성 기간의 비교 결과 해면에서는 약 45일령이 소요되고, 갯벌 양성장에서는 약 90일 내외가 소요되는 것으로 조사되었다. 따라서 해면 중간육성시 양성기간의 단축효과는 1~2차년도 시범연구사업 결과 45~60일간 생존율을 약 10~20% 높이는 것으로 나타났다.

해면 중간육성을 하는 경우와 하지 않는 경우(갯벌 본양성)의 중간육성을 통한 순양식이익을 비교하여 보면, 각고 3~5cm인 중간육성 종패가 144만개체이고 가격 100원을 기준으로 할 때, 해면 중간육성을 통하면 순양식이익이 5,902만원으로 도출되었고, 갯벌 본양성은 4,705만원으로 나타나, 해면 중간육성 양식을 적용하면 그렇지 않은 경우에 비해 약 1.3배가량 더 많은 이익이 창출되는 것으로 분석되었다.

갯벌참굴의 중간육성을 종패 생산을 위한 갯벌과 해면에서 단위 시설면적 내에서 중간육성 방법에 따른 순양식이익은 중간종패의 크기에 따라서 양성밀도가 다르기 때문에 생산원가 측면에서는 각고 1~3cm 크기까지 육성하는데 단위 양성망 당 밀도, 소요기간, 생존율, 시설비, 관리인건비 등을 고려한 중간종패의 개체당 소요되는 원가는 다르게 된다. 구체적으로 해면 중간육성시 각고 1~3cm 일 경우에는 개체당 약 46원의 생산원가가 소요되며, 3~5cm 크기는 개체당 59원이 소요되는 반면, 갯벌의 본 양성장에서 중간육성 크기까지 소요되는 생산원가는 개체당 67원으로 해면 중간육성장에 비해 갯벌 본양성장에서 중간육성 할 경우 중간육성 생산기간과 생산원가는 높고, 생존율은 감소시키는 것으로 분석되었다.

또한, 해면중간 육성과 갯벌 양성장에서 중간육성을 거치지 않고 중간종패 크기의 을 생산하는데 소요되는 비용은 시설비와 관리 인건비 등은 유사하나 갯벌 본양성장에서 중간 육성종패까지의 생산기간이 약 90일로 해면에 비해 중간육성 기간이 약 45일이 더 소요된다. 또한 중간육성 생산횟수에 있어서도 갯벌 본양성을 통한 참굴생산은 육상장에서 각고 2~7mm 크기의 유패가 6~9월까지만 제한적으로 생산되기 때문에 2회로 한정되어 생산원가가 높은 것으로 나타났다.

비용·편익분석(Cost-Benefit Analysis)을 통하여 해면 중간육성 양식(각고 1~3cm와 3~5cm)의 경제적 타당성 여부를 살펴보기 위하여 편익/비용 비율(Benefit Cost Ratio: B/C ratio), 순현재가치(Net Present Value: NPV)기법, 내부수익률(Internal Ration of Return: IRR)기법들을 이용하였다. B/C비율로 분석한 결과를 살펴보면,

모든 시나리오(4.5%, 6.5%, 8.5%)에서 결과 수치가 '1'이상으로 나타나 비용에 비해 더 큰 편익이 발생되기 때문에 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

순현재가치(NPV)에 대한 각 시나리오별 분석에서도 모든 결과가 '0'보다 큰 수치를 도출함으로써 투자에 대한 경제성이 존재하는 것으로 나타났으며, 높은 할인율일수록 상대적으로 순현재가치가 낮아짐을 알 수 있다. 내부수익율(IRR) 분석결과도 시나리오에서 사용한 사회적 할인율(4.5%, 6.5%, 8.5%)들 보다 모두 크게 나타나 경제성이 있는 것으로 분석되었으며, 투자자본에 대한 회수기간은 대체적으로 해면 중간육성장을 설치한 후 약 3년 정도 소요되는 것으로 나타났다.

갯벌참굴 중간육성사업은 비용·편익분석을 통한 경제성 분석을 실시한 결과 모든 분석방법에서 경제적 타당성이 있는 것으로 나타나 향 후 어업인 소득증대에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 평가된다. 다만, 본 분석은 주어진 자료와 조건을 바탕으로 관련 분석기법들을 이용하여 결과들을 도출하였으므로 해당 변수들에 변화가 발생하면 그 결과도 달라지게 되는 현실적인 제약성을 지니게 된다. 특히, 생산량에 영향을 미치는 다양한 환경적인 요소들의 변화는 의 성장률에 영향을 미치게 되므로 이에 대한 세심한 주의가 필요할 것으로 여겨진다. 또한, 본 연구 결과들은 관련 유사 어종이나 계획수립에 있어 경제적 타당성 여부를 판단하는 데, 구체적인 정보와 관련기관의 전략수립에 필요한 이론과 분석기법들을 제공할 수 있을 것이다.

제 7 절 연구개발 결과의 활용계획

본 연구는 갯벌의 친환경 양식에 적합한 「갯벌참굴」 중간육성 종패의 대량 생산 및 양식기술 개발을 통한 어업인의 소득 향상을 위해 농림수산식품부 주관으로 2011년 8월부터 2012년 7월까지 갯벌참굴 해면 중간육성에 대한 시범 연구사업을 수행한 결과이다. 본 연구개발 결과의 최종 활용계획은 다음과 같다.

1. 본 연구에 의해 개발된 갯벌참굴 해면 중간육성 시범연구사업 결과를 조기에 현장 적용하여 생산성을 향상시킨다.
2. 갯벌참굴 해면 중간육성장 환경특성을 정밀 조사하여 기후변화에 대응한 갯벌참굴의 적지조사 기준을 수립하고, 갯벌참굴 3배체 인공종묘의 대량생산에 대비한 우량종패의 중간육성장 확보를 위한 기초자료를 제공한다.
3. 갯벌참굴 종패의 해면 중간육성에 관한 표준 매뉴얼을 작성하여 갯벌참굴 양식 산업화를 조기에 정착시킨다.
4. 갯벌참굴 중간육성 및 본양성 기술에 대한 생산성 향상 연구를 지속적으로 추진하여 어촌 정주권의 안정화 및 어업인 소득의 획기적 개선을 유도한다.
5. 갯벌참굴 양식산업을 정부추진 10대 유망품종의 핵심 산업으로 육성시킬 기본 전략을 마련하고, 갯벌참굴 국가 시범사업(Pilot 사업)의 안정적 정착을 위한 적정규모 산정 및 산업화 적용을 위한 제도적 표준화 규격을 마련한다.
6. 양식 어업인에 대한 양식기술 컨설팅(기업형 및 가족단위 경영) 및 수산행정에 필요한 기술자료 제공과 정책 제안을 실시한다.
7. 갯벌참굴의 대량생산에 필수적인 비용저감형 해면 중간육성 양성시스템의 최적화 기술개발을 통해 2020년까지 연간 20억개의 우량 중간종패 생산기술을 지원하며, 고밀도 양성 시설 모델을 개발하여 양식의 생산성을 극대화시킨다.
8. 갯벌참굴 양식 산업화를 통해 젊은이의 귀어(歸漁)를 위한 인력양성과 일자리 창출 Program 개발을 지원한다.

구 분	정책자료	기술보급	업계이전	지적재산권	연구자료
결과활용	○	○	○	○	○

목 차

제 1 장 갯벌참굴 연구개발 과제의 개요	46
제1절 연구개발의 목적	49
제2절 연구개발의 필요성	49
1. 기술적 측면	50
2. 사회·경제적 측면	51
3. 문화적 측면	52
제 2 장 국내외 기술개발 현황	54
제1절 국내 기술개발 현황	54
제2절 국외 기술개발 현황	55
제3절 향후 전망	55
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	57
제1절 갯벌참굴 양식장 환경조사	57
1. 서 론	57
2. 재료 및 방법	57
가. 기온 및 강수량	59
나. 조류 관측	59
다. 수온, 염분, 용존산소	60
라. pH	60
마. 화학적 산소요구량	60
바. 부유물질	60
사. 영양염류	61
아. Chlorophyll-a	62
자. 식물플랑크톤	63
3. 결과 및 고찰	64
가. 기온 및 강수량	64
나. 해면 중간육성장 시설해역의 조류 관측	70
다. 수온, 염분, 용존산소	85
라. pH(수소이온농도)	97
마. 화학적 산소요구량(COD; Chemical Oxygen Demand)	99

바. 부유물질(Suspended solid)	101
사. 영양염류	102
아. Chlorophyll a	104
자. 식물플랑크톤	106
제 2 절 갯벌참굴 해면 중간육성 시험	111
1. 서론	111
2. 재료 및 방법	111
가. 갯벌참굴 해면 중간육성 시험 및 해면 중간육성 종패의 본 양성 적응 시험	111
1) 조사 지역 현황	111
2) 참굴 성장도 조사	112
3) 중간육성 종패의 밀도별 성장도 조사	112
4) 중간육성 종패의 본 양성 적응시험	113
5) 통계처리	114
3. 결과 및 고찰	116
가. 갯벌참굴 해면 중간육성 시험	116
1) 해면 중간육성 시험의 지역별 성장도 비교	116
가) 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험	116
나) 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험	123
다) 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험	130
라) 시험어장별 성장도 비교	138
2) 갯벌참굴 해면 중간육성 종패를 이용한 본 양성 적응시험 비교	141
가) 창리 갯벌 본 양성 적응시험	141
나) 진산리 갯벌 본 양성 적응시험	145
다) 태안 이원지구 갯벌 본 양성 적응시험	153
라) 갯벌참굴 해면 중간육성 종패를 이용한 본 양성 적응시험 어장별 성장 비교	162
제 3 절 갯벌참굴 해면 중간육성 적지선정 매뉴얼	164
1. 서론	164
2. 재료 및 방법	164
3. 갯벌참굴 해면 중간육성장(해면 종묘생산) 시범어장별 적지 환경	165
가. 갯벌참굴 해면 중간육성장(해면 종묘생산) 시범어장 적지 환경	165
1) 서산 창리 지역 해면 중간육성 시범어장 환경 특성	165
2) 태안 파도리 지역 해면 중간육성 시범어장 환경 특성	165
3) 보령 원산도 지역 해면중간육성 시범어장 환경 특성	166

4. 갯벌참굴 해면 중간육성 적지선정 매뉴얼 작성	167
가. 갯벌참굴 해면 중간육성장의 적지 선정	167
1) 수온, 기온	168
2) 염분	168
3) 영양염류	168
4) 부유물질 · 해수 COD · 클로로필-a	168
5) 저질입도	168
6) 수심 · 조류소통	168
7) 해면 중간육성장 계류시설	169
8) 지형	169
나. 갯벌참굴 양식장 적지선정 기준 (제안)	170
다. 갯벌참굴 적지선정 매뉴얼	171
라. 양식장 적지선정 규정 개정의 필요성	176
마. 갯벌참굴 양식 적지조사 규정의 신설	176
바. 갯벌참굴 양식장 적지조사 시 검토해야 할 주요 요인	177
5. 갯벌참굴 적지선정 기준 설정을 위한 폐사 및 비폐사 지역 환경 특성	178
가. 지역별 갯벌참굴 양식어장(폐사 및 비 폐사지역) 환경 비교	178
6. 시범어장 해역별 갯벌참굴 해면 중간육성 어장 적지 조사	184
가. 갯벌참굴의 해면 중간육성 어장선정을 위한 어장 적지확보 가능면적 및 생산 가능량	184
1) 서산시 부석면 창리 지선	184
가) 창리 지선 갯벌참굴 해면중간육성 어장 확보 가능면적	185
나) 창리 지선 갯벌참굴 해면 중간육성(해면 종묘생산) 생산능력	185
2) 충남 태안군 소원면 파도리 지선	186
가) 파도리 지선 갯벌참굴 해면중간육성 어장 확보 가능면적	187
나) 파도리 지선 갯벌참굴 해면 중간육성(해면 종묘생산) 생산능력	187
3) 충남 보령시 오천면 원산도 지선	187
가) 원산도 지선 갯벌참굴 해면중간육성 어장 확보 가능면적	189
나) 원산도 지선 갯벌참굴 해면 중간육성(해면 종묘생산) 생산능력	189
제 4 절 갯벌참굴 해면 중간 육성 종패의 최적생산을 위한 중간육성 시스템 개발 ..	190
1. 서 론	190
2. 재료 및 방법	191
3. 결과 및 고찰	191
가. 갯벌참굴 해면 중간종묘 양성 시스템 최적 모델 매뉴얼	191

1) 갯벌참굴 해면 중간육성 시스템 구조물의 재질 검토	191
가) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설물의 PE관경 및 두께	191
나) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설물의 계류시설	193
2) 고밀도 양성기 제작품의 재질 및 구조 안전성 시험	193
가) 갯벌참굴 해면 중간육성시설 가두리 설계도면	194
나) 표준 PE파이프 잔교(가두리) 구조계산식 해석	201
3) 모델링	205
4) 단면검토	207
5) 하중재하도	208
6) 전산해석 결과	212
7) 단면 검토 결과	221
나. 갯벌참굴 해면 중간육성 양성기	224
1) PVC관 재질 양성기(PVC관 25mm 재질, PE망)	224
2) 양성기 재질에 대한 내구성	224
3) 스테인레스 재질(sus316L)의 양성기	225
가) 양성기 제작 재료	225
나) 양성기 제작품의 안전성 검토	225
다) 태풍 피해에 파손 양성기에 제작품의 문제점과 개선	226
라) 갯벌참굴 해면중간육성 양성기 제작공정	226
제 5 절 갯벌참굴 해면 중간육성 기술 매뉴얼	228
1. 서 론	228
2. 재료 및 방법	228
3. 결과 및 고찰	229
가. 갯벌참굴 해면중간육성 가두리 시설	229
나. 갯벌참굴 해면 중간육성 및 시설관리	230
다. 갯벌참굴 중간육성을 위한 종패입식 및 관리	230
라. 갯벌참굴 해면중간육성 가두리 시설 매뉴얼	232
1) 해면 중간육성 가두리 설치	232
2) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설관리 매뉴얼(1)	233
3) 갯벌참굴 해면 중간육성장 시범어장별 종패입식 및 관리	234
가) 창리 어장 종패입식 및 관리	234
나) 파도리 어장 종패입식 및 관리	235
다) 원산도 어장 종패입식 및 관리	236
제 6 절 갯벌참굴 해면 중간육성 시범사업의 경제성 분석	237

1. 연구의 배경 및 목적	237
2. 경제성 분석의 이론적 고찰	238
가. 기본분석모형	238
나. 비용, 편익 분석기법	239
1) 편익·비용 비율	239
2) 순현재가치	240
3) 내부수익률	240
4) 분석기법의 비교	241
다. 할인율과 민감도 분석	242
1) 할인율 산정	242
2) 민감도분석	244
3. 실증분석모형	244
가. 기본모델	244
나. 편익분석	245
1) 해면 중간육성 편익분석을 위한 기본 관리	245
2) 수익분석	247
다. 비용분석	247
1) 비용구성	247
2) 해면 중간육성장 생산시설 비용	248
라. 이익분석	249
마. 경제성 분석 가정	250
4. 시나리오별 민감도 분석	252
가. 시나리오별 가정	252
1) 시나리오 1 분석결과	252
2) 시나리오 2 분석결과	253
3) 시나리오 3 분석결과	255
나. 민감도분석 결과 비교	256
5. 갯벌참굴 해면 중간육성 종패와 갯벌에서 중간육성을 거치지 않은 종패와의 경제성 비교 평가	258
가. 갯벌참굴 해면 중간육성 단위 시설 규모에 대한 경제성	258
1) 갯벌참굴 중간종패 생산매출	258
2) 갯벌참굴 종패구입비	258
3) 중간육성 생산시설비 내역	258
4) 관리비 내역	259

5) 경제성 평가	259
가) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설규모에 대한 생산능력	259
나) 경제성	259
다) 수익성	259
나. 갯벌참굴 해면 중간육성 단위 시설 규모에 대한 경제성	260
1) 갯벌참굴 중간종패 생산매출	260
2) 갯벌참굴 종패구입비	260
3) 생산시설비 내역	260
4) 관리비 내역	261
5) 경제성 평가	261
가) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설규모에 대한 생산능력	261
나) 경제성	261
다) 수익성	261
다. 갯벌에서 중간육성을 거치지 않은 종패의 경제성 평가	262
1) 갯벌참굴 중간종패 생산매출	262
2) 갯벌참굴 종패구입비	262
3) 생산시설비 내역	262
4) 중간육성 관리비 내역	263
5) 경제성 평가	263
가) 종패에서 본 양성을 통한 중간종패 크기의 생산능력	263
나) 경제성	263
다) 수익성	263
라. 외국의 갯벌참굴 중간육성모델 조사 및 경제성 분석	264
1) 프랑스 중간육성 시스템	264
2) 주요시설내역	264
3) 개체굴 중간육성 시설규모에 대한 생산능력	265
4) 경제성	265
5) 수익성	266
6. 결 론	266
제 4 장 참고문헌	269

표 목 차

표 1-1. 연별 굴 수출 및 수입현황	48
표 1-2. 갯벌참굴의 생산·유통과정	51
표 1-3. 갯벌참굴과 남해안 수하식 굴의 특성 비교	52
표 3-1-1. 사용된 유속계(RCM-9)의 제원	59
표 3-1-2. 2011~12년 여름철 서산지역의 일평균 기온	64
표 3-1-3. 2011~12년 여름철 서산지역 일 최고기온의 특성	66
표 3-1-4. 2012년 서산지역의 겨울철 일평균 기온 분석결과	67
표 3-1-5. 서산지역의 2011년과 2012년의 월별 강수량 비교	69
표 3-1-6. 창리 해면의 계절별 유향 및 유속	70
표 3-1-7. 과도리 해면의 계절별 유향 및 유속	75
표 3-1-8. 원산도리 해면의 계절별 유향 및 유속	80
표 3-1-9. 각 어장의 연중(2011. 09. ~ 2012. 07.) 수온 변화	86
표 3-1-10. 수온 하강기(2011.09.07. ~ 2011. 11. 30.)의 일평균 기온과 천수만 표층 수온의 온도 변화	87
표 3-1-11. 혹한기(2011. 12. 07. ~ 2012. 03. 28.)의 일평균 기온과 천수만 표층수온의 온도 변화	89
표 3-1-12. 수온 상승기(2012. 04. 07. ~ 07. 26.)의 일평균 기온과 천수만 표층수온의 온도 변화	91
표 3-1-13. 각 어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) 염분 변화	93
표 3-1-14. 어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) 용존산소 변화	95
표 3-1-15. 해역수질 등급표	96
표 3-1-16. 각 어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) pH 변화	98
표 3-1-17. 각 어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) 화학적 산소요구량 변화	100
표 3-1-18. 각 어장의 월별(2011. 08. ~ 2012. 07.) 부유물질 농도 변화	102
표 3-1-19. 각 어장의 계절별 영양염류 변화	104
표 3-1-20. 각 어장의 월별(2011. 08. ~ 2012. 07.) Chlorophyll a 변화	105
표 3-1-21. 2011년 9, 11월 식물플랑크톤 우점종	107
표 3-1-22. 2011년 12월, 2012년 1월 식물플랑크톤 우점종	107
표 3-1-23. 2012년 4, 6월 식물플랑크톤 우점종	108
표 3-2-1. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 성장도	117
표 3-2-2. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴 종패의 밀도별	

성장도	122
표 3-2-3. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 성장도	124
표 3-2-4. 태안군 소원면 파도리 해면 갯벌참굴 중간육성 밀도별 성장도	129
표 3-2-5. 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 성장도	132
표 3-2-6. 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 밀도별 성장도	137
표 3-2-7. 서산 창리시험어장 갯벌참굴 해면 중간육성 종패의 본 양성장 입식 후 노출시간별 성장도	142
표 3-2-8. 진산리 시험어장 갯벌참굴 해면 중간육성 종패의 본 양성장 입식 후 노출시간별 성장도	147
표 3-2-9. 태안군 이원지구 시험어장 갯벌참굴 해면 중간육성 종패의 본 양성장 입식 후 노출시간별 성장도	156
표 3-3-1. 갯벌참굴 적지선정 조사 방법 매뉴얼	171
표 3-3-2. 지역별 갯벌참굴 양식어장(폐사 및 비 폐사지역) 환경 비교	179
표 3-3-3. 갯벌참굴 양식어장(폐사 및 비 폐사지역) 적지 환경 평가	182
표 3-4-1. 갯벌참굴 해면중간육성 가두리 구조물의 재료 검토	192
표 3-4-2. HD PE 재료를 이용한 원형가두리 제작관의 적정 관경 및 두께	200
표 3-4-3. 해면 중간육성 시설물의 계류시설 재료 비교	201
표 3-4-4. 사용자재	202
표 3-4-5. 외력 조건	202
표 3-4-6. surchage	204
표 3-4-7. 하중 조합	204
표 3-4-8. 평면안별 비교	205
표 3-4-9. 전산해석 결과	216
표 3-4-10. 전산해석 결과	220
표 3-4-11. 설계 외력	221
표 3-4-12. 전산해석 결과	221
표 3-4-13. 부체의 거동	222
표 3-4-14. 닻가지 앵커 검토	222
표 3-4-15. 막체 하단 추 검토	222
표 3-4-16. PP ROPE 검토	223
표 3-4-17. 갯벌참굴 양성기 수용 밀도별 종패중량	224
표 3-6-1. 경제적 타당성 분석기법의 비교	242
표 3-6-2. 공공투자사업에 적용된 사회적 할인율 비교	243

표 3-6-3. 해면 중간육성식과 갯벌 본양성식 중간육성 종패생산량 비교	246
표 3-6-5. 해면 중간육성과 갯벌 본양성 중간육성 양식비용 비교	248
표 3-6-6. 해면 중간육성장 생산시설 비용	248
표 3-6-7. 갯벌 본양성 중간육성 생산시설비용	249
표 3-6-8. 수평망식 중간육성 양식의 순양식 이익	250
표 3-6-9. 경제성분석을 위한 기본 가정	251
표 3-6-10. 해면 중간육성장(1~3cm)의 경제성 분석결과(할인율 4.5%적용)	253
표 3-6-11. 해면 중간육성장(3~5cm)의 경제성 분석결과(할인율 4.5%적용)	253
표 3-6-12. 해면 중간육성장(1~3cm)의 경제성 분석결과(할인율 6.5%적용)	254
표 3-6-13. 해면 중간육성장(3~5cm)의 경제성 분석결과(할인율 6.5%적용)	254
표 3-6-14. 해면 중간육성장(1~3cm)의 경제성 분석결과(할인율 8.5%적용)	255
표 3-6-15. 해면 중간육성장(3~5cm)의 경제성 분석결과(할인율 8.5%적용)	256
표 3-6-16. 각고별·시나리오(할인율)별 해면 중간육성장의 경제적 타당성 비교	257
표 3-6-17. 중간육성 시설 규모의 주요 시설내역	265
표 3-6-18. 관리인원	265

그림 목차

그림 1-1. 우리나라의 연별 양식산 및 자연산 굴 생산량	47
그림 1-2. 우리나라의 연별 양식산 및 자연산 굴 생산금액	47
그림 3-1-1. 연구지역의 위치도	58
그림 3-1-2. 도플러 유속계(RCM9)와 계류 전경	59
그림 3-1-3. 수온, 염분, DO, pH를 측정하기 위해 수질측정기(YSI-150)와 pH meter(ORION 4 STAR)	60
그림 3-1-4. 부유물질, 영양염류, Chlorophyll- a 측정을 위한 해수 채수 장면	62
그림 3-1-5. 식물플랑크톤 네트 채집	63
그림 3-1-6. 2011~12년 여름철 서산지역의 일 최고 기온	65
그림 3-1-7. 2012년 서산지역의 겨울철 일 평균 기온	66
그림 3-1-8. 2011년 9월부터 2012년 7월중 천수만 표층해수 및 서산지역 일 평균 기온변화	68
그림 3-1-9. 서산지역에서 2011년과 2012년의 월별 강수량 비교	69
그림 3-1-10. 창리 해변어장 부근의 계절별 조류도	74
그림 3-1-11. 파도리 해변어장 부근의 계절별 조류도	79
그림 3-1-12. 원산도리 해변어장 부근의 계절별 조류도	84
그림 3-1-13. 시험어장의 연중 수온 변화	85
그림 3-1-14. 수온 하강기(2011.09.07. ~ 2011. 11. 30.)의 표층해수의 온도 변화	87
그림 3-1-15. 혹한기(2011. 12. 07. ~ 2012. 03. 28.) 천수만 표층해수의 온도 변화	88
그림 3-1-16. 수온 상승기(2012. 04. 07. ~ 07. 26.)의 천수만 표층해수의 온도 변화	90
그림 3-1-17. 시험어장의 월별 염분 변화	92
그림 3-1-18. 시험어장의 월별 용존산소 변화	94
그림 3-1-19. 시험어장의 월별 pH 변화	97
그림 3-1-20. 시험어장의 월별 화학적 산소요구량 변화	99
그림 3-1-21. 각 어장의 월별(2011. 08. ~ 2012. 07.) 부유물질 농도 변화	101
그림 3-1-22. 각 어장의 계절별 영양염류 변화	103
그림 3-1-23. 시험어장의 월별 Chlorophyll-a 변화	105
그림 3-1-24. 식물플랑크톤의 분류군별 출현종수	106

그림 3-1-25. 2011년 9월 세 지역에서의 식물플랑크톤 우점종	108
그림 3-1-26. 2011년 11월의 세 지역에서의 식물플랑크톤 우점종 사진	109
그림 3-1-27. 2011년 12월의 세 지역에서의 식물플랑크톤 우점종 사진	109
그림 3-1-28. 2012년 1월의 두 지역에서의 식물플랑크톤 우점종 사진	110
그림 3-1-29. 2012년 4월의 파도리와 원산도리의 식물플랑크톤 우점종 사진	110
그림 3-1-30. 2012년 6월의 원산도리와 파도리의 식물플랑크톤 우점종 사진	110
그림 3-2-1. 갯벌참굴 패각의 성장도 조사 측정 부위	112
그림 3-2-2. 갯벌참굴 밀도별 성장도 조사	113
그림 3-2-3. 갯벌참굴 해면 중간육성 시험 조사 과정	115
그림 3-2-4. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각고 성장	118
그림 3-2-5. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장 성장	118
그림 3-2-6. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭 성장	118
그림 3-2-7. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 전중량 변화	119
그림 3-2-8. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 폐사율	119
그림 3-2-9. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장, 각고 와의 관계	119
그림 3-2-10. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 전중량, 각 고와의 관계	120
그림 3-2-11. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭, 각고 와의 관계	120
그림 3-2-12. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각고 성장	125
그림 3-2-13. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장 성장	125
그림 3-2-14. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭 성장	125
그림 3-4-15. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 전중량 변화	126
그림 3-2-16. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 폐사율	126

그림 3-2-17. 태안군 소원면 파도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장, 각고와의 관계	126
그림 3-2-18. 태안군 소원면 파도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭, 각고와의 관계	127
그림 3-2-19. 태안군 소원면 파도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 전중량, 각고와의 관계	127
그림 3-2-20. 보령시 오천면 원산도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각고 성장	133
그림 3-2-21. 보령시 오천면 원산도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장 성장	133
그림 3-2-22. 보령시 오천면 원산도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭 성장	133
그림 3-2-23. 보령시 오천면 원산도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 전중량 변화	134
그림 3-2-24. 보령시 오천면 원산도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 폐사율	134
그림 3-2-25. 보령시 오천면 원산도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장, 각고와의 관계	134
그림 3-2-26. 보령시 오천면 원산도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭, 각고와의 관계	135
그림 3-2-27. 보령시 오천면 원산도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 전중량, 각고와의 관계	135
그림 3-2-28. 수온과 크기에 따른 갯벌참굴의 여수율	136
그림 3-2-29. 해변 중간육성 시험어장별 갯벌참굴의 각고 성장 비교	139
그림 3-2-30. 해변 중간육성 시험어장별 갯벌참굴의 각장 성장 비교	140
그림 3-2-31. 해변 중간육성 시험어장별 갯벌참굴의 각폭 성장 비교	140
그림 3-2-32. 해변 중간육성 시험어장별 갯벌참굴의 전중량 증가 비교	140
그림 3-2-33. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각고의 성장	142
그림 3-2-34. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각장의 성장	142
그림 3-2-35. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각폭의 성장	143
그림 3-2-36. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 전중량의 변화	143
그림 3-2-37. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 폐사율	143
그림 3-2-38. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각장, 각고와의 관계	144
그림 3-2-39. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각폭, 각고와의 관계	144

그림 3-2-40. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 전중량, 각고와의 관계	144
그림 3-2-41. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각고의 성장	148
그림 3-2-42. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각장의 성장	148
그림 3-2-43. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각폭의 성장	148
그림 3-2-44. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 전중량 변화	149
그림 3-2-45. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 폐사율	149
그림 3-2-46. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 각장, 각고와의 관계	149
그림 3-2-47. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 각장, 각고와의 관계	150
그림 3-2-48. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 각장, 각고와의 관계	150
그림 3-2-49. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 각폭, 각고와의 관계	150
그림 3-2-50. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 각폭, 각고와의 관계	151
그림 3-2-51. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 각폭, 각고와의 관계	151
그림 3-2-52. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 전중량, 각고와의 관계	151
그림 3-2-53. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 전중량, 각고와의 관계	152
그림 3-2-54. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 전중량, 각고와의 관계	152
그림 3-2-55. 해면 중간육성 종패의 갯벌 본 양성 이식	155
그림 3-2-56. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 각고의 성장	157
그림 3-2-57. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 각장의 성장	157
그림 3-2-58. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 각폭의 성장	157
그림 3-2-59. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 전중량 변화	158

그림 3-2-60. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 폐사율	158
그림 3-2-61. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 각 장, 각고와의 관계	158
그림 3-2-62. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 각 장, 각고와의 관계	159
그림 3-2-63. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 각 장, 각고와의 관계	159
그림 3-2-64. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 각 폭, 각고와의 관계	159
그림 3-2-65. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 각 폭, 각고와의 관계	160
그림 3-2-66. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 각 폭, 각고와의 관계	160
그림 3-2-67. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 전 중량, 각고와의 관계	160
그림 3-2-68. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 전 중량, 각고와의 관계	161
그림 3-2-69. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 전 중량, 각고와의 관계	161
그림 3-2-70. 갯벌참굴 시험어장별(1시간 노출) 각고 성장 비교	163
그림 3-2-71. 갯벌참굴 시험어장별(3시간 노출) 각고 성장 비교	163
그림 3-2-72. 갯벌참굴 시험어장별(5시간 노출) 각고 성장 비교	163
그림 3-3-1. 2011년 함평만 갯벌참굴 시험어장 일별 수온	180
그림 3-3-2. 2010년 함평만(도리포 남동방) 수온, 염분, DO분포량	180
그림 3-3-3. 2010년 함평만(도리포 남동방) COD 분포량	180
그림 3-3-4. 2010년 함평만(도리포 남동방) 부유물질, 클로로필-a 분포량	181
그림 3-3-5. 2010년 함평만(무안군 송석리) 수온 염분 환경	181
그림 3-3-6. 갯벌참굴 양식어장(폐사 및 비 폐사지역)의 양식장 관리 상태 비교	183
그림 3-3-7. 서산시 부석면 창리(1,500m(폭)×200m(폭))	185
그림 3-3-8. 충남 태안군 소원면 파도리 지선 해역(1,500m(폭)×150m(폭))	186
그림 3-3-9. 보령시 오천면 원산도리 지선해역(1,000m(폭)×200m(폭))	188
그림 3-4-1. 해면중간육성가두리 자재 반입(2011년 8월 31일)	196

그림 3-4-2. 해면 중간 육성가두리(PE발판 용착, PE파이프 및 엘보 용착)	196
그림 3-4-3. 해면 중간 육성가두리(PE 파이프 열가열 용착)	196
그림 3-4-4. 부체 하단부 완성	197
그림 3-4-5. PE 발판 부착공정	197
그림 3-4-6. 발판 이음부 절단 및 마무리작업	198
그림 3-4-7. 해면중간육성 가두리 제작 완료장면	198
그림 3-4-8. 해면중간육성 가두리시설 철재앵커를 이용한 계류시설	200
그림 3-4-9. 전산결과	206
그림 3-4-10. 모델링	207
그림 3-4-11. surcharge-men(0.0927tf/m)	208
그림 3-4-12. surcharge-rail(0.0078tf/m)	208
그림 3-4-13. 풍하중(0.044, 0.88tf/m ²)	209
그림 3-4-14. 풍하중(0.218tf/m ²)	209
그림 3-4-15. 파압력(4.43tf/m ²)	210
그림 3-4-16. 조류력(0.023tf/m ²)	210
그림 3-4-17. 조류력(0.0034tf/m ²)	211
그림 3-4-18. 부력(0.0016tf/m ³)	211
그림 3-4-19. 변위량	212
그림 3-4-20. 지점 반력	213
그림 3-4-21. PP Rope 장력	214
그림 3-4-22. 부체 응력	215
그림 3-4-23. 변위량	216
그림 3-4-24. 지점 반력	217
그림 3-4-25. PP Rope 장력	218
그림 3-4-26. 부체 응력	219
그림 3-4-27. 설치상태	220
그림 3-4-28. PVC관 재질 해면 중간육성 양성기(PVC관 25mm재질, PE망)	225
그림 3-4-29. PVC관 재질 해면 중간육성 양성기(PVC관 25mm재질, PE망)	225
그림 3-4-30. 스테인레스 재질(sus316L)양성기	227
그림 3-4-31. 스테인레스 재질(sus316L) 양성기 설치	227
그림 3-4-32. 스테인레스 재질(sus316L) 양성기 종패입식	227
그림 3-4-33. 스테인레스 재질(sus316L) 양성기 육성	227
그림 3-6-1. 갯벌참굴 중간육성 노지시설	264
그림 3-6-2. 중간육성 수조시설 및 선별기	264

제 1 장 갯벌참굴 연구개발 과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

제 2 절 연구개발의 필요성

제 1 장 갯벌참굴 연구개발 과제의 개요

굴과(Ostreidae)에 속하는 종류는 전 세계적으로 100여종 이상이 있고, 그 중 산업적으로 중요한 종은 20여종이 있다. 참굴은 일반적으로 ‘굴’ 또는 ‘석화’ (바위꽃)라고도 부르며, 학명은 *Crassostrea gigas*(Thunberg, 1793), 영명은 Pacific oyster, 일명은 마가키(magaki)로 부른다. 참굴은 굴류 중에서 세계적으로 가장 중요한 산업종으로 대표적인 난생종(암수가 다른 자웅이체로 해수에서 정자와 체외수정)이다. 참굴의 세계적 주산지는 우리나라 전 연안과 일본 및 중국연안, 발해(북위 30~45도)이며, 홍콩과 캄차카 반도에도 분포한다. 최근에는 미국의 태평양 연안과 프랑스, 오스트레일리아까지 참굴이 이식되어 양식되고 있다.

굴은 바다의 우유라고 불릴 만큼 영양가가 높을 뿐만 아니라 영양적인 균형이 잘 잡혀 있다. 특히 가을부터 겨울사이에 많이 축적되는 글리코젠은 인체에 흡수되면 포도당이 되어 에너지의 공급원이 되므로 소화가 빠르다(柳, 1979). 이와 같이 굴은 식품으로서 가치가 높기 때문에 세계적으로 그 수요가 매년 증가하고 있다.

우리나라의 굴양식 산업화는 1960년대부터 국가적인 어업 소득증대 사업의 일환으로 잡는 어업에서 기르는 어업으로 정부정책이 전환함에 따라 급격히 장려되었으며, 이때의 굴양식 산업은 수출비중이 높아 국가산업 경제는 물론 고용창출에 큰 역할을 담당해왔다.

2000년대에 들어서도 우리나라는 세계 최대 생산국인 중국(350만톤, 2009년) 다음으로 많은 생산량을 보이고 있으나 위생적으로 가공 처리된 중국제품이 세계시장을 급속히 잠식하면서 수출량이 크게 줄어들고 있다.

우리나라의 굴 생산량(깍뎀기 포함)은 1962년에 56천 톤이던 것이 2007년에 350천 톤으로 최대치를 보인 후 2010년에는 290천 톤(일본 210천 톤, 2009년)을 유지하고 있다(그림 1-1). 2011년의 생산량은 306천 톤(양식 281천톤, 자연산 25천톤)으로 나타났다. 이는 우리나라 전체 양식패류 생산량 389천톤의 72.2%를 차지하는 것으로 국내 양식수산물 중 가장 중요한 품종이다. 지역별 굴 생산량은 투석식 등 자연산 생산에 의존하고 있는 서해안은 전체생산량의 약 6% 미만을 점하는 것으로 여겨지며, 생산량의 94% 이상은 주로 남해안에서 수하식 등으로 생산되고 있다(그림 1-2).

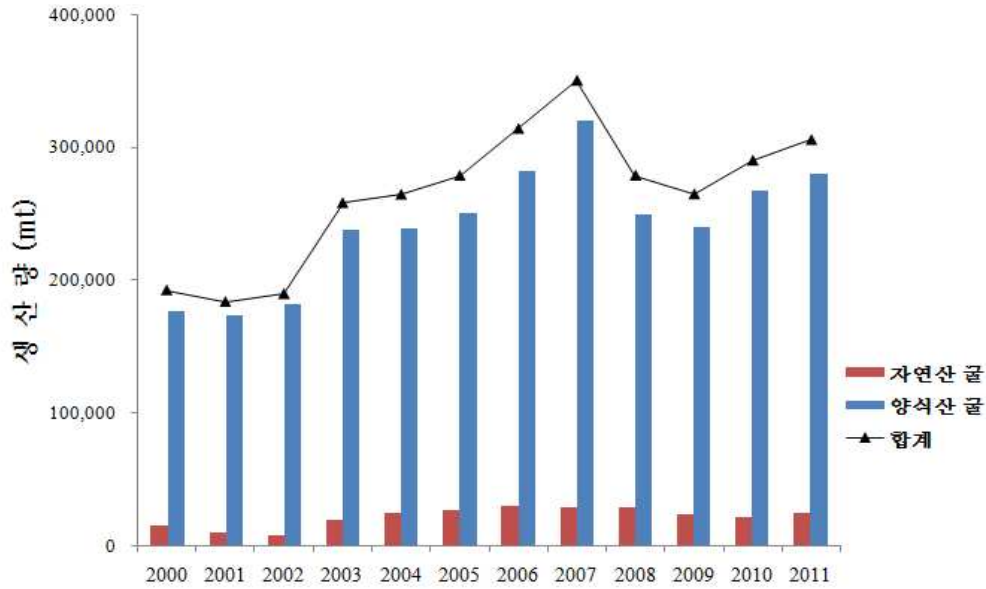


그림 1-1. 우리나라의 연별 양식산 및 자연산 굴 생산량.

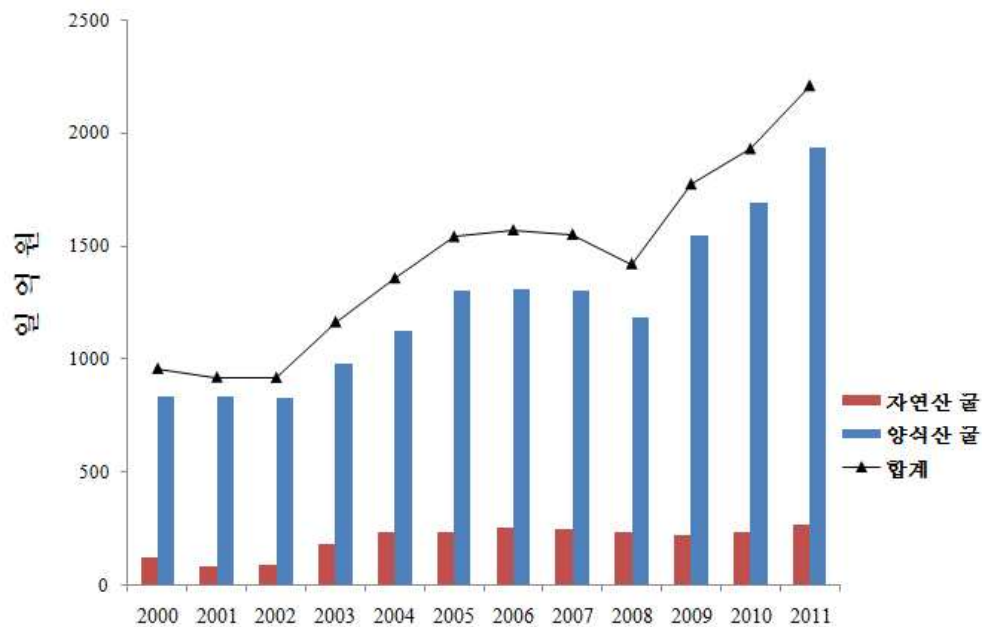


그림 1-2. 우리나라의 연별 양식산 및 자연산 굴 생산금액.

한편, 지난 5년간(2006~2011년)의 우리나라 굴 생산량(껍데기 포함) 추세는 265천 톤~350천 톤(평균 300천 톤) 범위로 더 이상 증가되지 않고 있으며, 현재 여건으로 보아 금후의 생산량 수준은 연간 300천 톤 이하가 유지될 것으로 예측된다.

우리나라의 굴 수출은 대부분 남해안에서 수하식 양식으로 생산(2010년 알굴 생산량 32,925톤)된 것이며, 알굴 형태의 냉동굴과 훈제, 통조림 등의 수출량은 2000년 16,827톤(100,432천불)에서 고점을 보인 후 매년 감소하여 2005년에는 8,157톤

(44,938천불)로 크게 감소하였다(한국무역협회, 2011). 2010년에는 7,422톤(53,950천불)으로 2006년 이후 낮은 수준에서 안정된 모습을 보이고 있으며, 2010년의 제품별 수출량은 냉동굴 5,942톤(33,351천불), 건조굴 713톤(14,791천불)로 나타났다. 굴의 수입량은 2000년 368톤(382천불)에서 2008년에는 7.6톤(35천불)으로 감소되었으며, 2010년에는 27톤(148천불)이었다가 2011년에는 148톤(319천불)을 나타내고 있다(표 1-1).

표 1-1. 연별 굴 수출 및 수입현황

구 분		연 도								
		2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
수출	중량 (톤)	16,827	8,157	7,766	5,378	6,067	5,260	7,422	8,522	
	금액 (천불)	100,432	44,938	42,576	28,517	33,607	31,105	53,950	66,869	
수입	중량 (톤)	368	175	674	785	7.6	69	27	148	
	금액 (천불)	382	201	1,273	1,213	35	288	148	319	

(자료 : 한국무역협회, 2011)

굴양식 산업의 경쟁력 향상을 위해서는 질병과 폐사에 강하며, 성장과 맛 등 상품성을 향상시킬 수 있는 고품질, 고부가가치 양식방법으로의 개선이 필요하다. 품질 고급화 및 고부가가치 전략으로는 수하식 양식과 자연산 굴양식의 특성 및 장점을 활용한 갯벌참굴 등의 새로운 친환경 양식방법의 도입이 필요하다.

갯벌참굴은 우량 참굴 모패를 사용하여 만든 3배체 굴로 번식과정에서 소모되는 에너지를 성장에 최대한 이용하게 함으로써 기존의 자연산 굴에 비해 성장속도가 빠르고 맛과 향이 뛰어난 우수한 굴로 만들어 연중 식용으로 이용할 수 있도록 만든 굴이다.

갯벌참굴 양식은 개펄 위에 평상(폭 1.1m × 길이 2.65m × 높이 0.6m)처럼 지주를 세우고 그 위에 하나하나씩 분리시킨 새끼 굴(각고 3~5 cm 내외)을 플라스틱 주머니 등에 넣어 기르는 친환경 양식방법으로 조석간만의 차가 큰 우리나라 갯벌에서 고품질의 양식이 가능한 경쟁력을 지니고 있다. 또한 육질의 비만시기를 조절할 경우 수하식 굴과의 상품출하시기의 중복을 피할 수 있고, 개체 굴 형태로 암반 자연산 굴의 특성을 함께 지니고 있어 고품질의 상품생산이 가능하여 경제적 부가가치를 높일 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 갯벌참굴의 산업화 정착을 위한 양식적지 선정 기술 및 경제

성 높은 본양성용 종패의 해면 중간육성 기술을 개발하여 어업인의 소득을 향상시키는 데 있다. 이를 위해 갯벌참굴의 전 과정을 미흡 기술개발과 병행, 시범 추진하고, 국내외 양식기술을 조사·분석하여 효율적인 갯벌참굴의 해면 중간육성 양식산업화 모델을 개발하고자 한다.

제1절 연구개발의 목적

- 갯벌참굴 해면 중간육성장(해면 종패생산) 시범어장별 적지 환경조사
- 갯벌참굴 해면 중간육성 적지선정 매뉴얼 작성
- 갯벌참굴 종패의 최적생산을 위한 해면 중간육성 시스템 개발
- 갯벌참굴 해면 중간육성 기술 매뉴얼 작성
- 해면 중간육성 대량생산 시스템의 경제성을 분석

제2절 연구개발의 필요성

허베이스피리트호 유류오염(2007. 12월) 피해 이후 어장 복원사업의 일환으로 갯벌에 서식하는 경제성 품목을 중심으로 갯벌의 고도 이용 및 고부가가치 창출을 위한 신개념의 소득원 개발요구가 증대되어 왔다. 이에 따라 정부는 고부가가치 신품목인 갯벌참굴의 산업화 양식개발을 정부의 10대 수산물 핵심품목으로 선정하여 서해안 갯벌을 중심으로 태안군 이원지구 갯벌참굴 산업화 모델개발을 2011~2013년(3년)에 걸쳐 대규모의 pilot 사업으로 진행 중에 있으며, 아울러 2012년 웅진군 생산기반구축사업도 11월부터 추진을 준비 중에 있다.

갯벌참굴 중간육성 종묘의 소요량은 갯벌참굴 산업화 모델 사업지구에 약 40,500천개, 웅진군 생산기반구축 사업지구에 약 22,500천개, 기존 갯벌참굴 양식장의 종묘 소요량이 37,000천개로 2012~2014년도까지 중간육성종묘 소요량은 약 70,000~100,000천개 내외로 추정되고 있다.

따라서 갯벌참굴 산업화의 조기정착을 위해서는 인공종묘의 연중 대량 생산기술과 중간육성 종묘(3~5cm)의 연중 안정적인 공급체계가 시급히 요구되고 있는 실정이다.

본 연구는 해면 중간육성 기술개발을 통한 중간육성 우량종묘의 안정적 확보를 위한 기술개발 및 어장선정 기술에 역점을 두었으며, 해면 및 갯벌, 축제식 중간육성 종묘의 공급을 위한 기술개발은 아직까지는 미흡한 상태이다.

특히 갯벌참굴의 산업화 정착에 핵심적 역할을 하는 치패의 중간육성은 그동안 종묘배양장에서 생산된 3배체 굴의 유패(각고 0.2~0.7cm 전후)를 갯벌참굴 본양성장에 이식하여 중간종묘(각고 1~3cm)로 육성한 후 상품생산용 본양성망에 입식하거나 종묘배양장에서 각고 0.5~1 cm 크기까지 성장시켜 바로 본양성용으로 입식하

는 과정을 거쳐 왔다. 그러나 면역력이 약한 어린 종묘가 갯벌로 바로 이식되어 대기 중에 노출됨으로서 양식과정 중 성장이 느리고 폐사량이 크게 증가함은 물론 어린개체에 의한 본양성 기간이 길어져 경제성을 떨어뜨리는 주요 요인으로 작용하여 왔다. 따라서 면역력이 약한 유패시기에 성장을 촉진시키고 폐사율을 저감시킬 수 있는 해면 중간육성 기술개발이 매우 시급한 상황이다.

따라서 갯벌참굴의 해면 중간육성 산업화 기술개발을 통한 양성용 우량종패의 대량생산과 종묘수급의 안정성 확보 및 생산원가 절감을 통한 조기 산업화 정착이 시급한 상황으로 갯벌참굴 상품생산에 필수적인 해면 중간육성 시설 개발 및 생산 운영, 경제성 등의 생산 매뉴얼이 작성이 요구되고 있고 해면 중간육성에 의한 갯벌참굴 종패의 대량생산은 활용이 미흡한 갯벌의 이용을 가능하게 할 뿐만 아니라 어촌의 고령화에 대응한 고소득의 창출 및 수출을 통한 어업인의 소득개선을 기대할 수 있으며 고품질 갯벌참굴의 지속적 생산과 수출기반 구축을 통한 산업화 정착을 위해서는 2020년까지 연간 약 20억개의 생산과 15억개의 상품생산이 필요하나 현재 민간기업의 생산 공급능력은 연간 1억 5,000만개(프랑스 연간 150억개) 수준에 불과하며, 특히 연간 20억개의 중간육성 종묘생산을 위해서는 해면중간육성 기술개발이 필수적이다.

따라서 고품질 중간육성 종묘의 대량생산을 위해서는 전문 관리 인력과 막대한 자금 및 시설이 소요되는 갯벌에서의 중간육성 방법보다는 자연 해면을 이용한 저비용·고품질의 중간종묘 대량 생산기술개발이 시급하다.

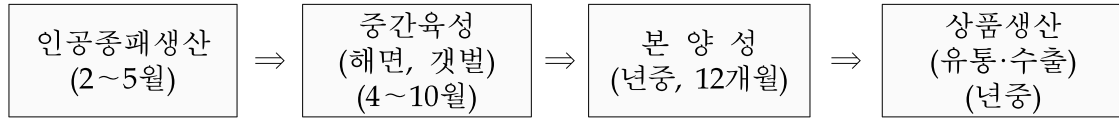
1. 기술적 측면

갯벌참굴의 대량생산 및 소비국인 프랑스는 실외에서 대량의 갯벌참굴 중간종패를 생산 공급(연간 약 150억개)할 수 있는 종합 시스템이 개발되어 산업화가 확립되어 있다. 그러나 국내에서는 단 1개 업체만이 소량(연간 종패생산 약 1억 5,000만 개)의 인공종패 생산시스템만 갖추고 있어 우량종패 공급량이 절대적으로 부족한 상황이다. 따라서 갯벌참굴 양식 산업의 국제경쟁력 확보와 고부가가치 산업으로의 정착을 위해서는 2020년까지 연간 20억개의 중간종패를 생산할 수 있는 해면 중간육성 기술개발이 시급히 이루어져야 한다. 갯벌참굴 종패를 대량생산하기 위해서는 모패의 조기성숙 유도 및 유생 및 종패 관리기술, 부착기 종패를 날개로 부착 기질에 착저시키는 기술은 물론 고밀도 먹이생물 배양기술이 뒷받침되어야 한다.

실내 인공종패 생산시설에서 수정란으로부터 각고 1~3 cm까지 성장시키기 위해서는 초대형 먹이생물 배양시설, 성장 단계별 종패 선별 및 분산작업에 필요한 수조 시설, 해수 및 산소공급시설, 온도조절 시스템, 전문 관리인력 등 막대한 자금과 시설이 소요되므로 자연환경을 최대한 활용하여 저비용으로 대량생산(연간 종패생산

20억개 이상)할 수 있는 해면 중간육성 시설 및 관리기술 개발이 시급하다.

표 1-2. 갯벌참굴의 생산·유통과정



따라서 갯벌참굴의 안정적인 대량 생산과 수출산업화 육성을 위해서는 아직까지 미개발된 해면 중간육성 종패 대량생산 기술개발을 통한 양성기간의 단축 및 고품질의 상품생산 기술개발 전략이 필요하다(표 1-2).

2. 사회·경제적 측면

최근 들어 수산물에 국민 단백질 공급차원을 넘어 식량안보 차원에서 그 중요성이 증대되고 있다. 중국의 경우 2007년부터 국가차원에서 농수산물 수출을 규제하기 시작하였으며, 일본은 2011년 쓰나미에 의한 원전 방사능 유출 등으로 수산물의 수출입 통제가 심화되고 있다. 이러한 상황에 대비하여 전 세계 각국은 기존의 잡는 어업에서 고부가가치의 증양식 어업으로 전환 중에 있으며, 우리나라도 고령화 시대에 대응한 고부가가치 수산물의 대량생산 기술개발에 심혈을 기울이고 있다. 정부의 신갯벌 어업 정책은 어촌의 인구 감소와 고령화 문제를 해소하고 저노동 고효율의 획기적인 어업방법으로의 전환을 통해 젊은 세대의 어촌정착(歸漁)을 안정적으로 유도할 수 있을 것으로 평가된다.

신갯벌 어업정책의 핵심품종인 갯벌참굴 양식은 기존의 갯벌양식 대상종인 바지락, 백합 및 투석식 굴양식 어장으로 활용이 어려운 갯벌에서도 양식이 가능하다. 또한 기존의 수하식 양식 굴과는 달리 연중 생식이 가능하여 사계절 채취 판매가 가능한 장점이 있어 대량생산시에도 수하식 양식굴과의 국내 소비시장 및 수출경쟁 가능성이 매우 높다. 상품 출하는 95% 이상이 수출위주로 생산되며, 전량 생식용으로 유통된다(표 1-3).

특히, 갯벌참굴의 식품안전성 확보 및 수출 확대를 위해 Pilot 생산단지 등 대단위 생산해역을 국가 위생해역으로 지정시에는 갯벌참굴의 종주국인 프랑스를 비롯한 일본, 홍콩, 미국 등지에 수출이 가능하여 고령화 어촌사회의 안정적인 소득원 창출이 가능하겠다.

표 1-3. 갯벌참굴과 남해안 수하식 굴의 특성 비교

구 분	갯벌참굴 (수평망 양식)	남해안 굴 (수하식 양식)	비 고
생산량(톤)	135,000(90g/개), 2020년 기준	350,000	껍데기 포함
상품출하	수출 95%, 내수 5%	수출 22%, 내수 78%	
주 출하시기	연중(여름에도 출하)	11~6월(12~3월)	
출하시장	백화점, Oyster bar	일반시장, 백화점 등	
소비행태	생굴 수출 및 생식용	김장용 또는 생식용	시장 중첩 없음
소득 수혜자	영세어업인	기업 또는 개인사업자	
개발전략	국가 10대 전략품목	고품질화 및 생산성 향상	
기대효과	갯벌자원의 효율적 활용에 의한 신규소득 창출	갯벌참굴과 동반 가격 상승	

(자료 : 갯벌참굴 시범 연구사업, 2011, 농림수산식품부)

갯벌참굴의 산업화 기술개발이 정착될 경우 2020년까지 연간 15억개의 상품생산이 가능할 것으로 예측되며, 부문별 효과는 생산자 소득 5,250억원(350원/개), 수출소득(생산량의 95% 수출, 800원/개)은 11,400억원(10.8억 달러)에 이를 것으로 추정된다(표 1-4). 수출용 고급 갯벌참굴은 미국 및 유럽연합(EU)국가는 1개의 중량이 50g 이상, 일본은 70~100g, 우리나라는 100g 이상의 대형크기를 선호한다. 국내에서 150g 이상 크기의 고품질 갯벌참굴은 가공 포장하여 1개당 700~1,500원 이상의 고가로 수출 또는 백화점에 출하되고 있어 FTA에 대응 가능한 차별화된 수출 경쟁력을 지니고 있다.

3. 문화적 측면

갯벌의 생태적·심미적 가치에 대한 일반국민의 인식 증진에 따라 갯벌의 보전 및 생태체험에 대한 노력은 크게 증가하고 있는 반면, 갯벌에서 생계를 영위하는 어업인의 소득원 개발노력은 미흡하다. 이 때문에 어촌 정주권을 떠나는 청년어업인이 증가하면서 어촌의 고령화가 빠르게 진행되고 있어 고부가가치의 증양식 산업을 통한 어촌사회의 안정화 대책(歸漁 등) 마련이 시급하다.

참굴은 세계 10대 수산물 중의 하나로 공통적으로 생굴(활굴)을 선호하고 있는 미국, 프랑스, 일본, 호주, 스페인, 영국 등에서 많은 소비가 이루어지고 있다. 이들 국가는 국민소득이 2만불 이상으로 보건상 안전한 갯벌생굴의 소비문화가 형성되어 있으며, 프랑스의 경우 어촌소득의 핵심적 역할을 수행하고 있어 젊은 세대의 어촌정착(歸漁)이 빠르게 진행되고 있다.

참굴은 글리코젠, 광물질, 비타민류 및 단백질 등 각종 영양소를 함유하고 있어, 영양가가 높을 뿐만 아니라 영양적인 균형이 골고루 이루어져 있는 식품이다, 즉, 단백질에 로이신, 티로신 등 18종 이상의 아미노산 성분을 함유하고 있으며, 타우린이나 메티오닌 등과 같은 유효 성분이 함유되어 있다. 가을부터 겨울 사이에 많이 축적되는 글리코젠은 인체에 흡수되면 곧바로 포도당으로 변해 에너지의 공급원이 되고 소화를 빠르게 하기 때문에, 환자나 노인, 유아 및 임산부 등에게 이상적인 식품일 뿐만 아니라 몸속에 있는 중금속(납)을 배출해 주는 아연이 많이 들어 있다. 일반적으로 다른 식품은 낱것으로 먹을 경우 육질에 함유된 비타민 B1을 파괴하는 비타민 분해 효소를 가지는 경우가 많지만, 굴은 이와 같은 것을 가지지 않기 때문에 낱것으로 먹어도 좋다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

- 제 1 절 국내 기술개발 현황
- 제 2 절 국외 기술개발 현황
- 제 3 절 향후 전망

제 2 장 국내의 기술개발 현황

제1절 국내 기술개발 현황

국내에서 갯벌참굴 양식 기술개발은 1997년 민간기업인 (주)씨에버에서 시작되었으며, 2000년에 갯벌참굴의 종패생산 및 시험양식에 성공하여 2003년부터는 자체생산 체제에 돌입하였다. 갯벌참굴 양식은 지금까지의 보편화된 수하식 및 투석식 양식과는 전혀 다른 양식방법으로 갯벌참굴 수평망식 양식을 위한 갯벌어장의 확보가 어렵고, 시설비용이 많이 들어 그동안 어촌계 등의 보급이 어려웠다. 또한, 생식 소비문화가 활성화되지 않아 고품질 갯벌참굴의 대량생산이 가능하였으나 관심의 대상이 되지 못하다가 서해안 유류피해(2007년 12월) 및 갯벌패류의 대량폐사와 갯벌 유희어장의 급격한 증가 및 생산성 저하, 어촌의 고령화에 따른 항구적인 고부가가치 소득원 확보를 위해 정부의 신갯벌 어업 정책사업으로 추진되고 있다.

갯벌참굴의 산업화양식 정착을 위해서는 2020년까지 연간 20억개의 종패생산과 15억개의 상품생산이 필요하나 현재 민간기업의 종패생산 공급량은 연간 1억 5,000만개 수준에 불과하다. 따라서 3배체 인공종묘의 대량생산 시설확보 및 중간육성 종패의 대량생산(연간 20억개) 기술개발이 시급하다.

따라서 갯벌참굴 시범연구사업(농림수산식품부, 2011년)에서는 갯벌참굴 양식을 중심으로 한 연구개발 사업을 추진하였으며, 해면중간육성 분야는 갯벌참굴을 해면에서 중간육성을 할 수 있는 전용 가두리의 모델을 중심으로 개발·제작하였다.

갯벌참굴 해면 중간육성 시범사업은 선행 연구인 갯벌참굴 시범연구 과제에서 미진한 부분의 보완개발과 중간육성 적지선정, 중간육성 양성관리를 위한 매뉴얼을 추가적으로 보완하여 갯벌참굴 종묘 중간육성 사업에 어업인들이 바로 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

본 연구에서는 갯벌참굴 중간육성 종묘의 대량생산과 우량종묘의 안정적 공급 및 생산원가 절감이 가능한 해면 중간육성 시스템을 개발하는데 있다. 또한 본 해면 중간육성 시스템의 운용에 따른 경제성 분석 및 해면 갯벌참굴 중간육성 산업화 매뉴얼을 개발하여 갯벌참굴 양식과정에 나타나는 문제점을 해결하고, 안정적 대량생산 기반을 조성하여 어업인의 새로운 부가가치 소득원을 증가시키는데 목표를 두고 있다.

제2절 국외 기술개발 현황

최근 들어 전 세계적으로 갯벌을 소유하고 있는 프랑스와 미국, 호주 등의 선진 G20 국가들 중에는 어획자원이 줄어들면서 점차 잡는 어업에서 기르는 양식어업으로 빠르게 전환하고 있으며, 특히 갯벌을 통한 친환경 고부가가치의 첨단 생물산업 육성에 심혈을 기울이고 있다.

미국의 경우 갯벌참굴의 인공종패 생산기술과 중간육성 종패생산기술이 개발되어 있으나 대량생산에 임하지 못하고 있으며, 인공종패생산 기술분야는 우리나라가 미국에 비해 앞서 있다.

유휴방치 갯벌을 활용하여 갯벌 양식산업에 성공한 프랑스의 경우 갯벌에서 참굴 1품종으로만 생산자 가격 기준으로 연간 약 2조 2500억원의 소득을 올리고 있으며, 갯벌참굴의 유통분야에서는 연간 20조원에 달하는 부가가치 효과로 고령화 진행에도 불구하고 젊은 인력이 대거 어촌으로 유입되고 있으며, 남아프리카공화국은 프랑스로부터 갯벌참굴 양식방법을 도입하여 생산된 굴을 일본에 수출하고 있다.

프랑스의 갯벌참굴 양식면적은 18,000 ha에 달하나 고밀도 시설(프랑스 노르망디 1,200 set/ ha, 한국 540 set/ ha) 기준을 적용할 경우 32,000 ha에 해당한다. 갯벌참굴의 연간 생산량은 103억개(1ha 당 144만개, 크기 66~85 g, 양식생산주기 2.5년)에 이르며, 생산비율은 소형(80 g) 40%, 중형(100 g) 30%, 대형(150 g) 30%이다. 1 ha당 사용 양성망은 프랑스가 6,000개(한국 2,700개), 1망당 수용개체 240개(한국 200개), 어장면적대 시설비율은 33%(한국 15%)에 이른다. 프랑스 마렌느올레옹 양식장의 규모는 5,100 ha로 기수역 갯벌 2,100 ha, 해수역 갯벌 3,000 ha에 이른다. 프랑스에서 갯벌참굴의 판매유통 가격은 700~1,200원내외로 지역별 운송조건이나 굴의 크기, 상품의 품질별로 차이가 다양하다.

제3절 향후 전망

그동안 갯벌참굴 종묘 중간육성은 육상 인공종묘배양장에서 생산된 갯벌참굴의 인공 치패와 유패 종묘(각고 2~7mm)를 갯벌양성장에 입식하여 중간육성한 결과 갯벌에서의 과다 노출 및 태풍, 파랑 등에 의한 생존적응 능력이 약해 유·치패의 대량 폐사가 발생하는 문제점이 노출되었고, 하절기에는 주간 노출이 적어 야간에만 중간육성 관리가 이루어져야하는 문제점이 노출되었다. 이 때문에 선별, 분망, 양성망 교체 작업 등의 관리상 문제점이 있어 중간육성 종패의 안정적 생산과 공급을 위한 대책이 강구되어야 할 상황에 직면하고 있다.

따라서 해면중간육성 방법은 갯벌참굴 종묘의 중간육성과정에서 발생하는 전문

관리 인력과 막대한 자금 및 시설이 소요되는 기존의 깃벌에서의 중간육성 종패생산 방식에서 탈피하여 중간육성 종패를 안정적으로 생산할 수 있는 해면 중간육성에 의한 종패의 대량생산 기술을 개발하는데 있다.

본 연구를 통해 해면중간육성 종패생산 기술개발이 정착될 경우 저비용 중간종패의 대량생산이 가능해질 뿐만 아니라 고품질의 종패에 의한 본 양성기간을 단축시키고 깃벌참굴의 폐사저감과 상품 생산성을 향상시킬 수 있을 것이다.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

- 제 1 절 갯벌참굴 양식장 환경조사
- 제 2 절 갯벌참굴 해면 중간육성 시험
- 제 3 절 갯벌참굴 해면 중간육성 적지선정
매뉴얼
- 제 4 절 갯벌참굴 종패의 최적생산을 위한
중간육성 시스템 개발
- 제 5 절 갯벌참굴 해면 중간육성 기술 매뉴얼
- 제 6 절 갯벌참굴 해면 중간육성 시범사업의
경제성 분석

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제1절 갯벌참굴 양식장 환경조사

1. 서 론

참굴 *Crassostrea gigas* 은 분류학상 연체동물門, 이매패類, 익각目, 굴科에 속하며 전 세계적으로 3속, 100종 이상이 분포하고 있다(유, 1998). 우리나라에는 전 연안에 참굴, 남해에 강굴(*Crassostrea rivularis*), 동해 남부와 남해안에 바윗굴 (*Crassostrea nippona*), 남해안과 서해안에 털굴(*Crassostrea echinata*) 그리고 동해 남부 및 남해안, 서해안에 벗굴(*Ostrea denselamellosa*)등이 서식하나 이중에서도 상업적으로 가장 중요하게 양식되고 있는 종은 참굴이다. 이에 지금까지 본 종의 상업적 중요성으로 인해 수하식 양식 방법 이외의 집약적 양식방법에 대한 굴 수평망식 양식기법 개발 연구를 실시하고 있으며, 또한 우량 종패인공종패 생산에 대한 중간육성 기술개발도 병행하여 시도하고 있다. 그러나 지금까지의 조사 방법은 체계적이고 지속적이지 못해 자료의 활용면에서 어려움이 많은 것이 현실이다.

따라서 본 연구는 우리나라 충남권역의 갯벌참굴 양식장 환경 및 적지조사, 먹이 생물 조사, 갯벌참굴 종패의 해면 중간육성 및 해면 중간육성 종패를 활용한 갯벌 본양성 시험 등을 통해 갯벌참굴 양식 산업의 안정화를 위한 자료를 얻고자 한다.

2. 재료 및 방법

갯벌참굴 시험을 위한 시험어장 환경조사는 충남 서산시 부석면 창리, 태안군 소원면 파도리 해면, 그리고 보령시 오천면 원산도리 해면과 태안군 남면 진산리 갯벌어장에서 수행되었다. 태안군 남면 진산리 갯벌과 상기의 조사지역의 선정 이유는 지형적 특성과 해양환경적 특성을 고려하여 선정하였으며 각 지역별 특성은 다음과 같다. 먼저, 서산시 부석면 창리 지역은 천수만 내측에 위치하며 지형학적으로 전형적인 내만형 연안해역으로 주변의 서산 A·B지구의 담수 영향을 많이 받아 영양염류가 풍부하나 계절적으로 수온 변동 폭이 크고, A·B지구에서 담수 방류시 염분농도 차가 큰 특징을 가지고 있는 지역이다. 또한, 남해포에 위치한 태안군 남면 진산리 지역은 내만과 외해의 중간해역에 위치하며, 소원면 파도리 지역은 지형학적으로 외해성 내만으로 구분되며 외해수에 직접 영향을 받는 지역이다. 그 외에 보령시 원산도리 지역은 천수만 입구의 외해에 면한 곳으로 수온 및 염분 변

동 쪽이 다른 곳에 비해 안정된 곳이다(그림 3-1-1).

조사정점은 그림 3-1-1에 나타난 바와 같이 서산시 부석면 창리 2개 정점(해면, 갯벌), 태안군 남면 진산리 1개 정점(갯벌)과 소원면 파도리 1개 정점(해면), 충남 보령시 원산리 1개 정점(해면)으로 총 5개의 정점에서 수온, 염분, 용존산소, pH, 부유물질, 영양염류, Chl-a, 식물플랑크톤 등의 기초조사와 아울러 유속, 유향 등의 해양물리 환경조사를 병행하여 실시하였다.

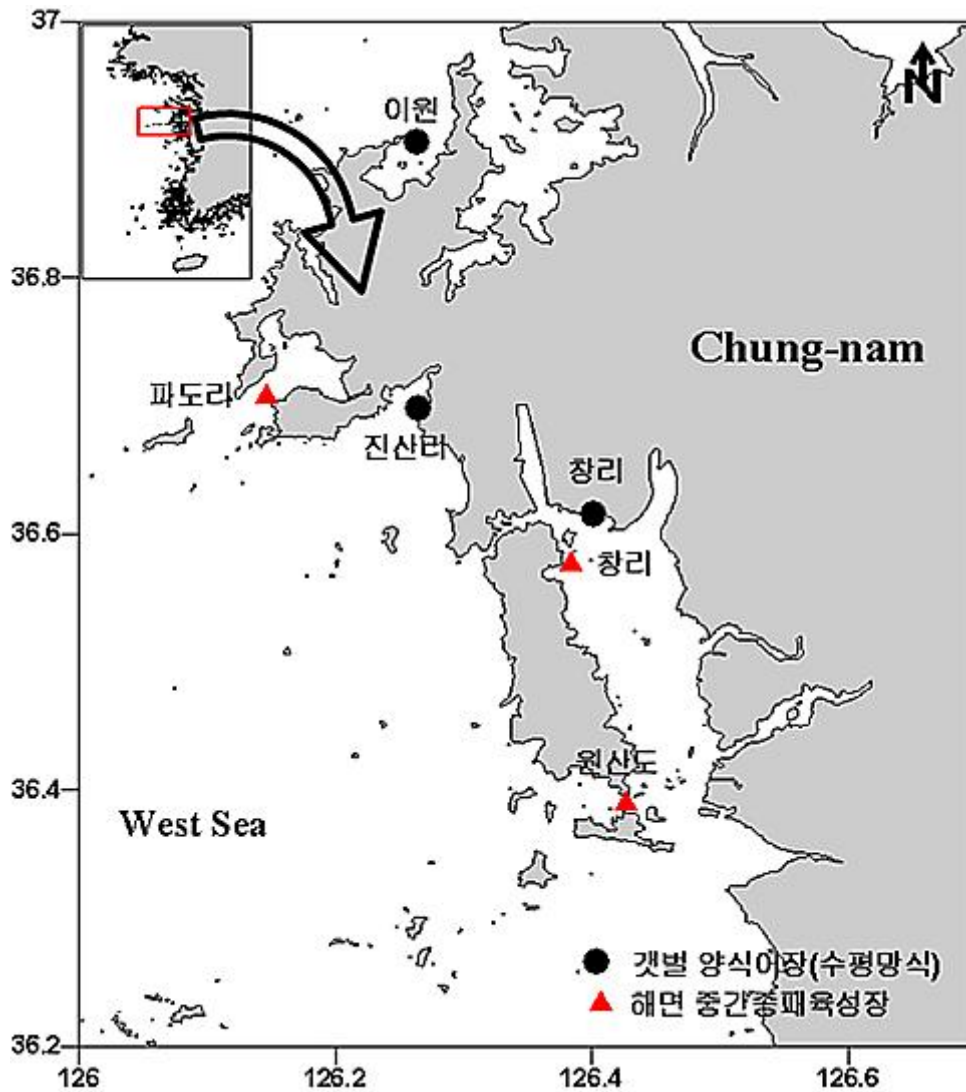


그림 3-1-1. 연구지역의 위치도

가. 기온 및 강수량

기온 및 강수량 관측 자료는 서산지역의 매월 기상자료(국립 기상청, 2011, 2012)를 인용하였으며, 일별 및 월별 평균 기온과 강수량으로 나타내었다.

나. 조류 관측

조사해역의 조류 흐름 특성을 파악하기 위해 2011년 8월, 10월, 2012년 2월, 5월 8회(창,낙조 구분)에 걸쳐 조류 관측을 실시하였다. 조류 관측을 위해 사용한 기기는 RCM-9으로 10분 간격으로 얻은 유속, 유향 정보를 내부 메모리에 저장한 후, 실험실에서 자료의 재현성을 실시하였다. 그리고 관측하고자 하는 정점의 유속뿐만 아니라 주변 해역의 전체적인 유속, 유향의 분포와 경향파악을 위하여 측정기간의 조류도(국립 해양조사원, 2011, 2012)를 나타내었다. 표 3-1-1은 사용된 유속계의 제원을, 그림 3-1-2은 금회 연속 조류 관측에 사용된 유속계 및 계류전경을 나타냈다.

표 3-1-1. 사용된 유속계(RCM-9)의 제원

구 분	RCM-9 자기유속계(Aanderaa, Norway)
정 도	유향 : 7.5°(15 ~ 35° 기울 때) 5.0°(0 ~ 15° 기울 때)
	유속 : Max. [0.15cm/s, 관측치의 1%]
관측범위	유향 : 0 ~ 360° 유속 : 0 ~ 300cm/s

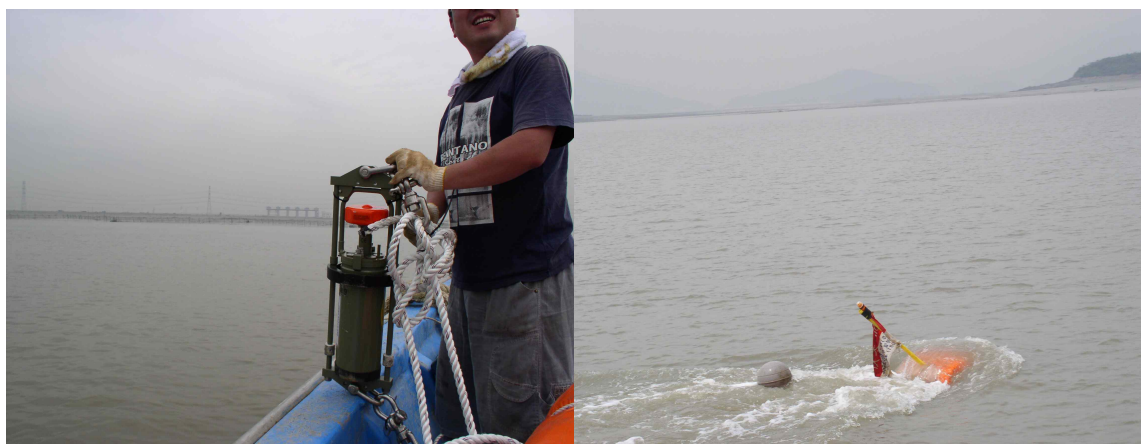


그림 3-1-2 도플러 유속계(RCM9)와 계류 전경

다. 수온, 염분, 용존산소

수온과 염분, 용존산소는 수질측정기(YSI-150)를 이용하여 시험 시설물이 완전히 해수에 잠긴 시점에서 수온은 0.1℃까지, 염분은 0.1 psu, 용존산소는 0.01 mg/L 범위까지 측정하였다.

라. pH

pH는 pH meter(ORION 4 STAR)를 이용하여 시험 시설물이 완전히 해수에 잠긴 시점에서 0.01 범위까지 측정하였다.



그림 3-1-3. 수온, 염분, DO, pH를 측정하기 위해 수질측정기(YSI-150)와 pH meter(ORION 4 STAR)

마. 화학적 산소요구량

화학적 산소요구량은 Niskin 채수기를 이용하여 채수한 500 ml의 해수 시료를 알칼리성으로 하여 과망간산칼륨 과잉량을 넣고 수욕에서 60분간 가열 반응시킨 후 요오드화 칼륨 및 황산을 넣어 소비되고 남은 과망간산칼륨에 의하여 유리된 요오드의 양으로부터 산소의 양을 측정하였다(해양수산부, 1998).

바. 부유물질

부유물질 농도는 Niskin 채수기를 이용하여 해수 500 ml를 채수한 후, 미리 무게를 달아놓은 GF/F여과지(GF/F, 0.45 μ m)로 여과한 후, 실험실의 건조기에서 2시간 동안 건조하여 함량을 구한 다음 건조 전후의 무게 차이로 계산하였다.

사. 영양염류

영양염류의 측정은 현장에서 Niskin 채수기를 이용하여 표층해수를 채수한 후, 급 냉동시켜 실험실로 옮긴 후 해양공정 시험방법(2005)과 Parson *et al.*(1984)방법에 따라 측정하였다. 시료는 GF/F(직경 47 mm, 공 구경 0.45 μm)로 여과시킨 후 영양염 자동분석기(Traacs 2000, BRAN+LUEBBE)를 사용하여 측정하였다.

- 아질산 질소 (NO_2^- -N)

시료에 sulfanilamide 와 N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution 을 가해서 발색시킨 후 spectrophotometer (Shimadzu double beam UV-260) 로 파장 543 nm 에서 흡광도를 측정하였다(Parson *et al.*, 1984).

- 질산 질소(NO_3^- -N)

NH_4Cl buffer 용액 상태 하에서 시료를 cadmium column 에 통과시켜 아질산염으로 환원시킨 다음 sulfanilamide 와 N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution 을 가해서 발색시켜 spectrophotometer (Shimadzu double beam UV-260) 로 파장 543 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 cadmium column 의 환원율을 구하여 보정한 후 아질산염 질소의 농도를 감하여 질산염 질소의 농도를 구하였다(Parson *et al.*, 1984).

- 암모니아-질소(HN_4^+ -N)

시료에 phenol, sodium nitroprusside 용액을 가한 후 alkaline reagent 와 sodium hypochlorite solution 의 혼합시료로 산화시킨 후 발색시켜 spectrophotometer (Shimadzu double beam UV-260) 로 파장 640 nm 에서 흡광도를 측정하였다(Solorzano, 1969).

- 인산-인(PO_4^- -P)

Ammonium molybdate, 황산, potassium antimonyl tartrate 의 혼합 시약을 시료에 가하고 ascorbic acid 로 환원 하여 발색시킨 후 spectrophotometer (Shimadzu double beam UV-260) 로 파장 885 nm 에서 흡광도를 측정하였다(Parson *et al.*, 1984).

- 규산-규소($\text{Si}(\text{OH})_4$)

Ammonium molybdate 를 시료에 가하여 silicomolybdate complex 를 만든 후 oxalic acid 와 황산, ascorbic acid 를 가하여 발색시킨 후 spectrophotometer (Shimadzu double beam UV-260) 로 파장 810 nm 에서 흡광도를 측정하였다 (Parson et al., 1984).

아. Chlorophyll-a

Chlorophyll-a는 현장에서 Niskin 채수기를 이용하여 채수한 300~500 ml 정도 해수를 GF/F(직경 47 mm, 공 구경 0.7 μm)로 여과한 후, 여과지를 15 ml conical tube에 담아 10 ml의 90% 아세톤을 넣어 냉암소에 넣고 24시간동안 추출하였다. 추출한 시료는 Syringe filter(MFS, PTFE 0.45 μm pore size)로 여과하여 입자를 제거한 뒤 표준시약으로 보정한 형광계(Turner fluorometer;Turner designs model 10-AU)로 측정하여 형광(fluorometric)방법으로 정량적인 Chlorophyll a 값(μL^{-1})을 3회 측정하였다(Parson et al.. 1984).



그림 3-1-4. 부유물질, 영양염류, Chlorophyll- a 측정을 위한 해수 채수 장면

자. 식물플랑크톤

-식물플랑크톤 정량 분석 : 정량 분석을 위해 현장에서 Niskin 채수기를 이용하여 각 정점에서 표층해수를 1L 채수 후 플라스틱 병에 담아 Lugol's solution으로 최종 농도 0.5%가 되게 고정한 후, 실험실에서 침전법을 이용하여 약 50 ml 정도로 농축시켜 sedgwick-Rafter Chamber를 사용하여 광학현미경(20×20) 하에서 계수하였다.

-식물플랑크톤 정성 분석 : 식물플랑크톤 정성 분석을 위해 현장에서 Kitahara 형 네트(mesh size 20 μ m)로 수직 예인하여 채집한 후 이를 50 ml 플라스틱 튜브에 넣어 루골용액으로 최종 농도가 0.5%가 되도록 고정하였다. 실험실에서 Simonsen(1974) 방법에 따라 유기물을 제거 한 뒤, 표본 슬라이드를 제작하여 최고 배율 1,000배 광학현미경 (Olympus, BX50)으로 검경하였다. 이때 중 동정을 위해, 심(1979, 1994), Rines & Hargaves(1988), Tomas(1997), 노 등(2001), Round *et al.*(1990), Jin Dexiang *et al.*(1985), Mike *et al.*(1980) 등을 참고하였다.



그림 3-1-5. 식물플랑크톤 네트 채집

3. 결과 및 고찰

가. 기온 및 강수량

1) 기온

가) 여름철의 기온(6월 - 8월)

본 조사기간 동안 2011년 여름철 전체 일평균 기온범위는 16.3~27.9℃이고 2012년 여름철의 전체 일평균 기온범위는 19.1~30.8℃로 나타내었다. 2012년의 일평균 기온의 분산 값을 비교한 결과, 6월에 비해 7월이 기온의 변화 폭이 큰 것으로 나타났다(표 3-1-2). 2011년과 2012년의 일평균 기온을 비교해 보았을 때, 2012년의 월별 온도의 변화폭이 2011년에 비해 작아진 반면 평균적인 온도는 2011년에 비해 모두 높아졌음을 보였다.

표 3-1-2. 2011~12년 여름철 서산지역의 일평균 기온 (단위 : ℃)

월별	평균	표준편차	분산	최저	최고
2011. 06.	20.3	2.22	4.92	16.3	24.2
07.	24.1	1.90	3.59	20.8	27.9
08.	24.4	1.50	2.25	20.8	27.9
2012. 06.	22.5	1.37	1.88	19.1	25.3
07.	24.2	1.71	2.92	21.2	27.2
08. 01. ~ 08. 02.	-	-	-	30.8	30.8

(자료 : 국립기상청, 2011, 2012)

조사기간 동안의 2011년 여름철 일 최고기온의 전체 범위는 16.3~33℃이고 2012년 여름철 일 최고기온의 전체 범위는 23.9~35℃로 7월의 기온 변동은 14일부터 18일 구간에서 가장 변동폭이 심하지만 이 구간을 제외하고는 모두 6월의 기온보다 높은 상태를 유지하고 있었다 (그림 3-1-6, 표 3-1-3). 또한 두 그래프(그림 3-1-6)를 비교해 본 결과, 2011년의 여름철에 비해 2012년의 여름철 일 최고기온의 변동 폭이 확연히 적음을 알 수 있었다.

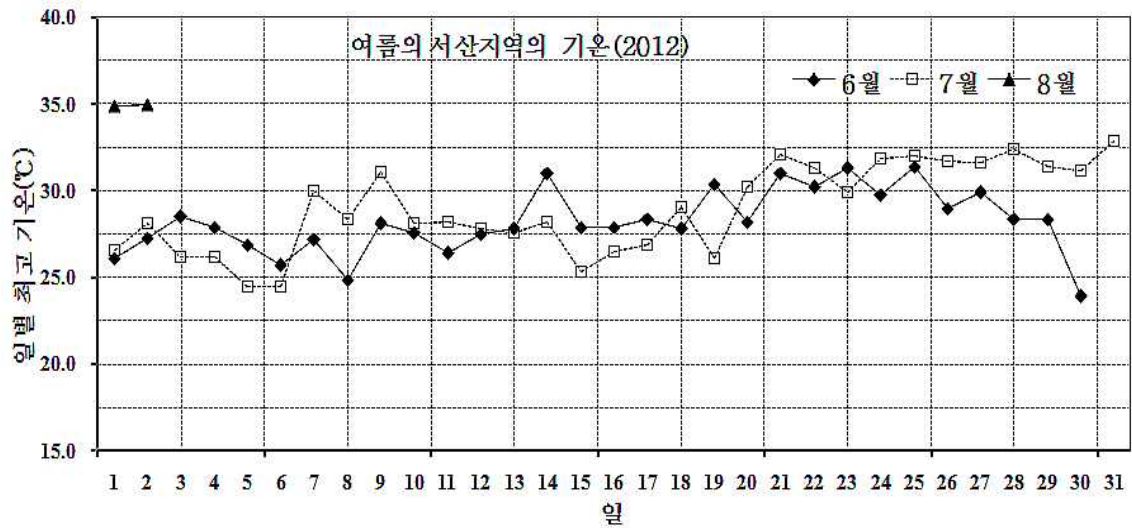
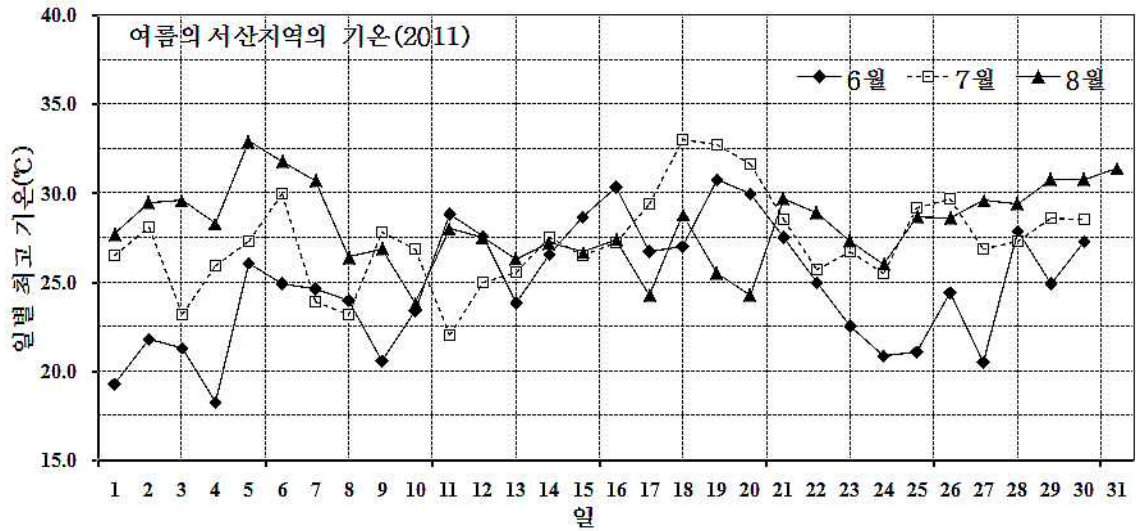


그림 3-1-6. 2011~12년 여름철 서산지역의 일 최고 기온
(자료 : 국립기상청, 2011, 2012)

2012년 7월 첫 주에는 평균 기온이 25°C 이상으로 상승한 경우가 없었지만 7월 셋째 주부터는 꾸준히 25°C 이상을, 최고 기온은 30°C 이상을 유지하며 점점 증가하는 추세를 보였다(표 3-1-2). 또한 8월 1일과 2일의 평균 33.65°C의 최고 기온이 나온 것으로 보아 8월 한 달 동안에 무더위가 지속될 것으로 사료되며 또한, 나아가 기온 상승으로 인한 수온 상승 때문에 굴의 성장에 영향이 미칠 것으로 예상된다.

표 3-1-3. 2011~12년 여름철 서산지역 일 최고기온의 특성

(단위 : °C)

월별	평균	표준편차	분산	최저	최고
2011. 06.	24.9	3.41	11.61	18.3	30.3
07.	27.3	27.31	28.22	22.0	32.7
08.	28.2	2.25	5.05	24.3	32.9
2012. 06.	28.2	1.85	3.41	23.9	31.4
07.	28.5	2.40	5.74	24.5	32.0
08. 01. ~ 08. 02.	-	-	-	34.9	35.0

(자료 : 국립기상청, 2011, 2012)

나) 겨울철의 기온(12월 ~ 3월)

본 조사기간 동안의 겨울철 일평균 기온의 전체범위는 -10.4~8.1°C였다(그림 3-1-7, 표 3-1-4). 2012년 1월부터 3월의 일평균 기온을 분석한 결과, 3월이 가장 일별 평균기온이 높게 나타났으며 2012년 1월에 기온이 소폭 상승하다가 감소하는 패턴을 보이면서 2월에는 2일과 18일에 -5°C 이하로 겨울철의 일평균 기온 중 가장 낮은 기온을 보여주었다.

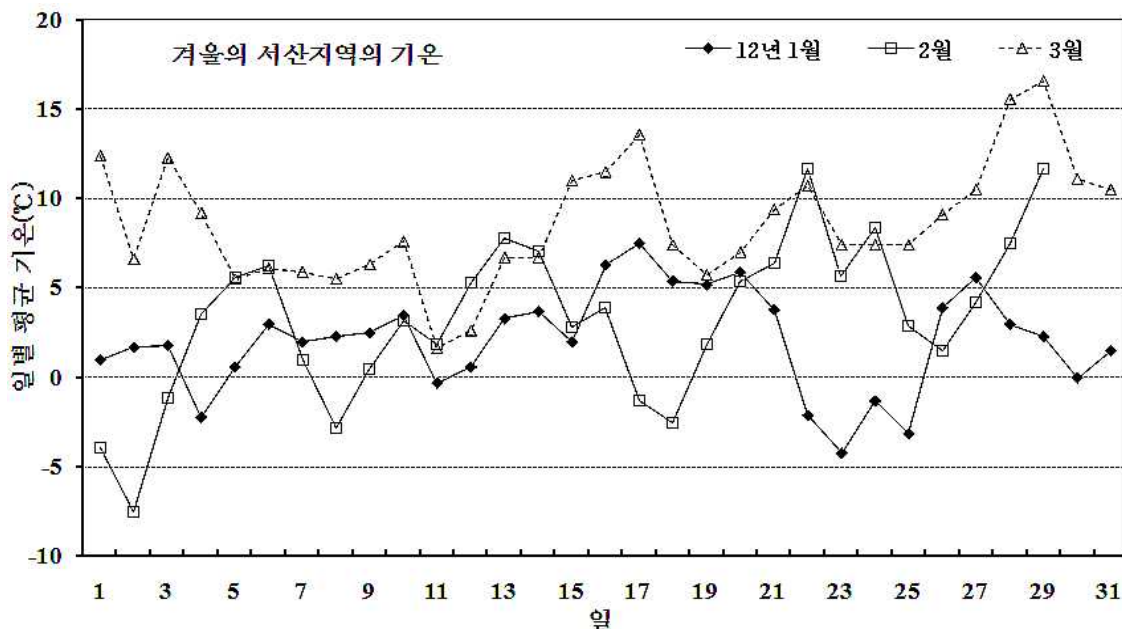


그림 3-1-7. 2012년 서산지역의 겨울철 일 평균 기온

(자료 : 국립기상청, 2011, 2012)

또한, 일 평균 기온의 분산값을 비교한 결과, 2011년 12월과 2012년 2월은, 1월과

3월에 비해 기온의 변화 폭이 상대적으로 더 큰 것을 알 수 있었고 일평균 기온의 평균값이 2012년 1월에 -2.4℃로 가장 낮았으나 분산이 가장 큰 2월이 최저 기온이 -10.4℃로 겨울철 중 가장 최저 기온을 나타냈다.

표 3-1-4. 2012년 서산지역의 겨울철 일평균 기온 분석결과 (단위 : ℃)

월별	평균	표준편차	분산	최저	최고	범위
2011. 12.	0.7	3.56	12.70	- 5.0	7.1	12.1
2012. 01.	-2.4	2.61	6.82	- 6.9	4.2	11.1
02.	-2.0	3.84	14.75	-10.4	5.1	15.6
03.	3.7	2.66	7.08	- 1.6	8.1	9.7

(자료 : 국립기상청, 2011, 2012)

겨울동안 서산지역의 일평균 기온은 2011년 11월 중순과 12월 초순 사이에 약 10.5℃가 하강하여 가장 급격한 기온의 변화를 보였고 2011년 12월 최저기온이 -8.9℃, 2012년 1월 최저기온은 -6.9℃, 2월 최저기온은 -7.1℃를 기록하였으며 2011년 12월 중순부터 2012년 2월 중순까지는 일평균 기온이 0.7~2.4℃만큼 하강하는 등 강추위가 장기간 지속되었다(그림 3-1-8).

갯벌 참굴 양성장은 지면으로부터 약 0.7~1m 높이로 올라와 있으며 조석주기에 따라 매일 반복적으로 공기 중에 노출되어 있으므로 주야에 상관없이 차갑고 강한 바람에 반복적으로 노출될 수밖에 없어 동일한 갯벌에서도 투석식이나 갯벌 바닥의 자연석에 부착해 있는 굴들에 비해 더 혹심한 저온 스트레스에 노출될 가능성이 예상된다.

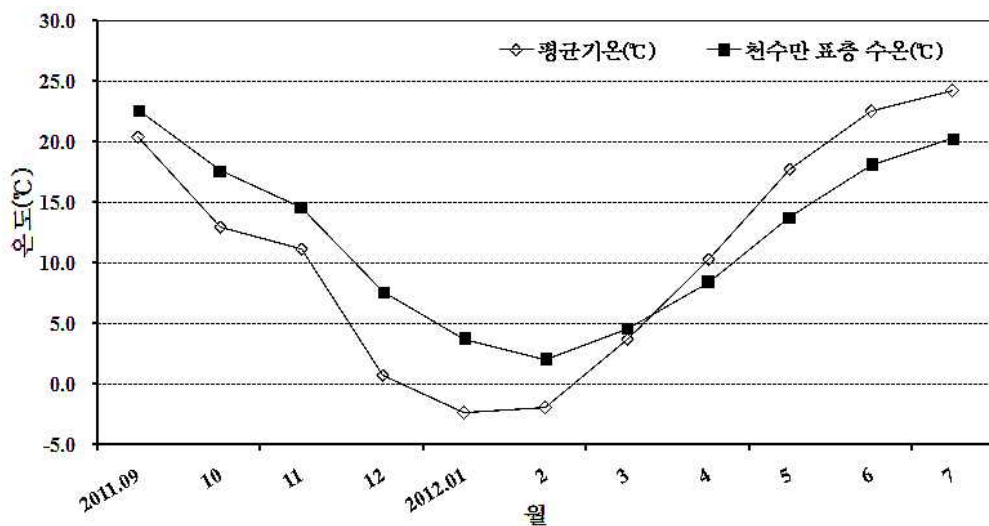


그림 3-1-8. 2011년 9월부터 2012년 7월중 천수만 표층해수 및 서산지역 일 평균기온변화 (서산 기상대, 국립수산물과학원 전천후 위성수온자료 분석).

2) 강수량

갯벌참굴 종패 해면 중간육성 시범어장이 위치한 서산시 부석면 창리해역은 천수만의 가장 내측에 위치하고 있으며, 서산 B지구의 부남호와 서산 A지구의 간월호에서 수시로 방류하는 담수의 직접적인 영향을 받을 가능성이 많다. 특히 부남호와 간월호의 담수 방류에 직접적인 영향을 주는 강수량은 태안지역과 서산지역을 동시에 조사해야 하지만 태안지역의 기상관측 값이 별도로 공개되지 않아 이번 조사에서는 서산지역의 강수량만 분석하였다.

서산지역의 2011년 강수량의 전체 범위는 8.8~656.6 mm이고, 2012년에는 15.1~260.9

mm로 나타났다(그림 3-1-9, 표 3-1-5). 갈수기인 1월부터 4월은 2011년과 2012년의 강수량이 차이는 없지만, 5월에는 2011년이 약 100 mm 더 많이 왔고 6월과 7월에도 2011년이 2012년에 비해 두배 이상 강수량이 많음을 보이고 있다.

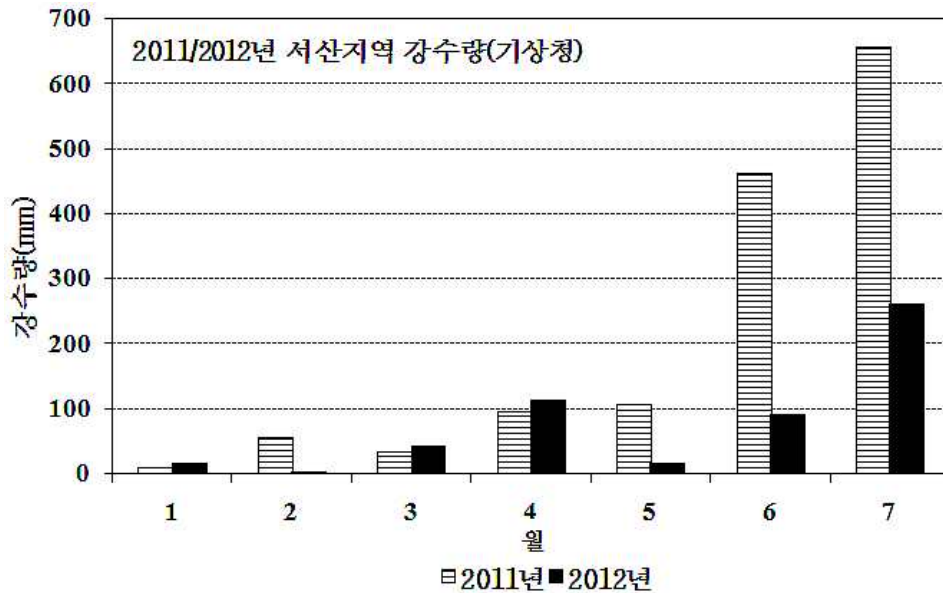


그림 3-1-9. 서산지역에서 2011년과 2012년의 월별 강수량 비교

2012년 1월부터 7월까지의 총 강수량은 539.1 mm로써 2011년 1월부터 7월까지의 총 강수량(1422.3 mm)의 절반 이하였으며, 특히 여름철로 접어드는 7월의 강수량은 2009년에는 447.1 mm였지만 2010년에는 2009년의 약 0.67배인 656.5 mm였고 2011년에는 260.9 mm로 2010년에 비해 약 2.5배 하락했다(기상청 홈페이지, 2012). 6월의 강수량은 2010년에는 94.9 mm, 2011년에는 462.6 mm, 2012년에는 91.1 mm로써 2012년의 총 강수량은 예년에 비해 많이 감소할 것이며 부남호와 간월호의 담수 방류에 영향을 비교적 적게 미칠 것으로 사료된다.

표 3-1-5. 서산지역의 2011년과 2012년의 월별 강수량 비교

구분		1	2	3	4	5	6	7
강수량(mm)	2011년	8.8	55.8	34.5	96.2	107.9	462.6	656.6
	2012년	15.1	2.4	41.6	113.5	14.5	91.1	260.9

(자료 : 국립기상청, 2011, 2012)

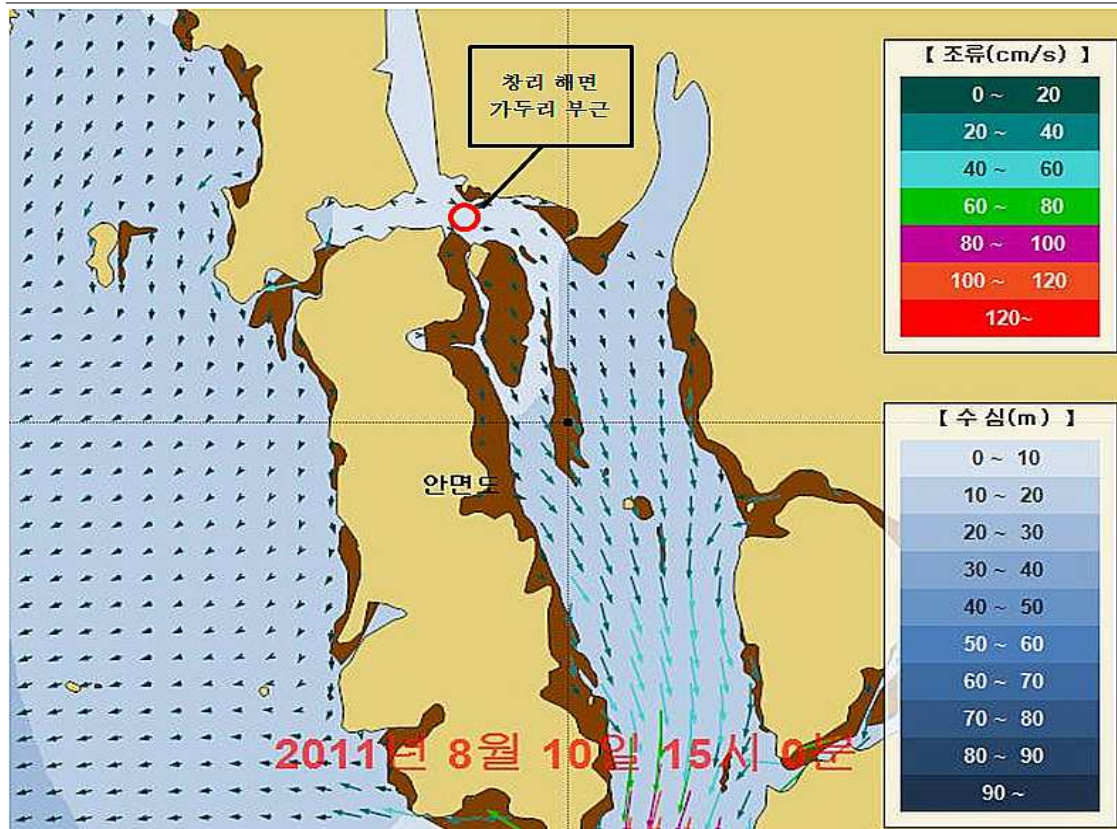
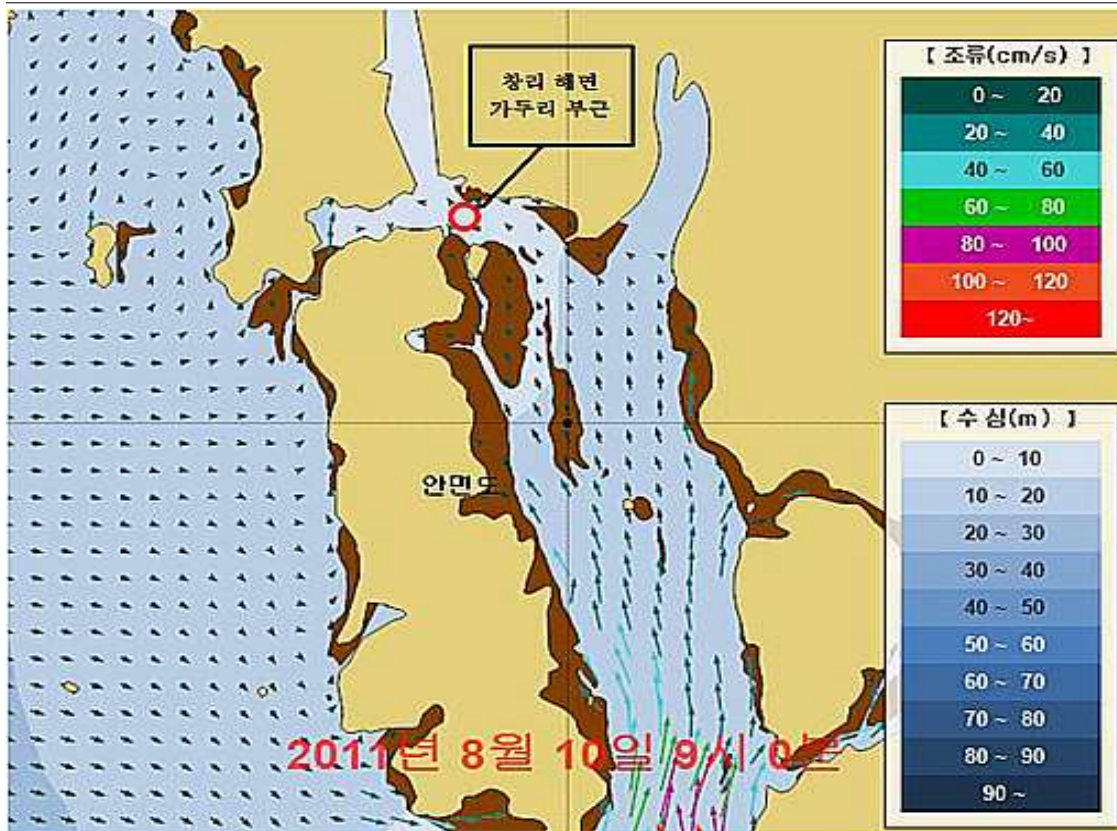
나. 해면 중간육성장 시설해역의 조류 관측

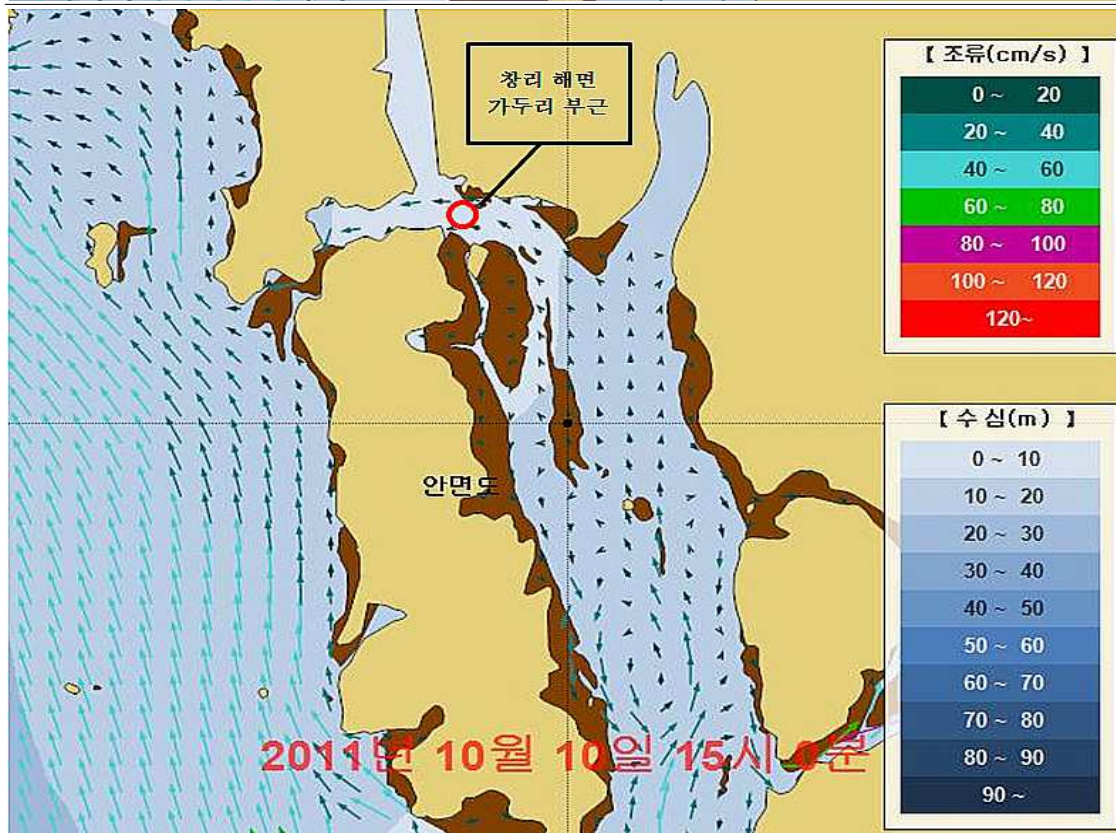
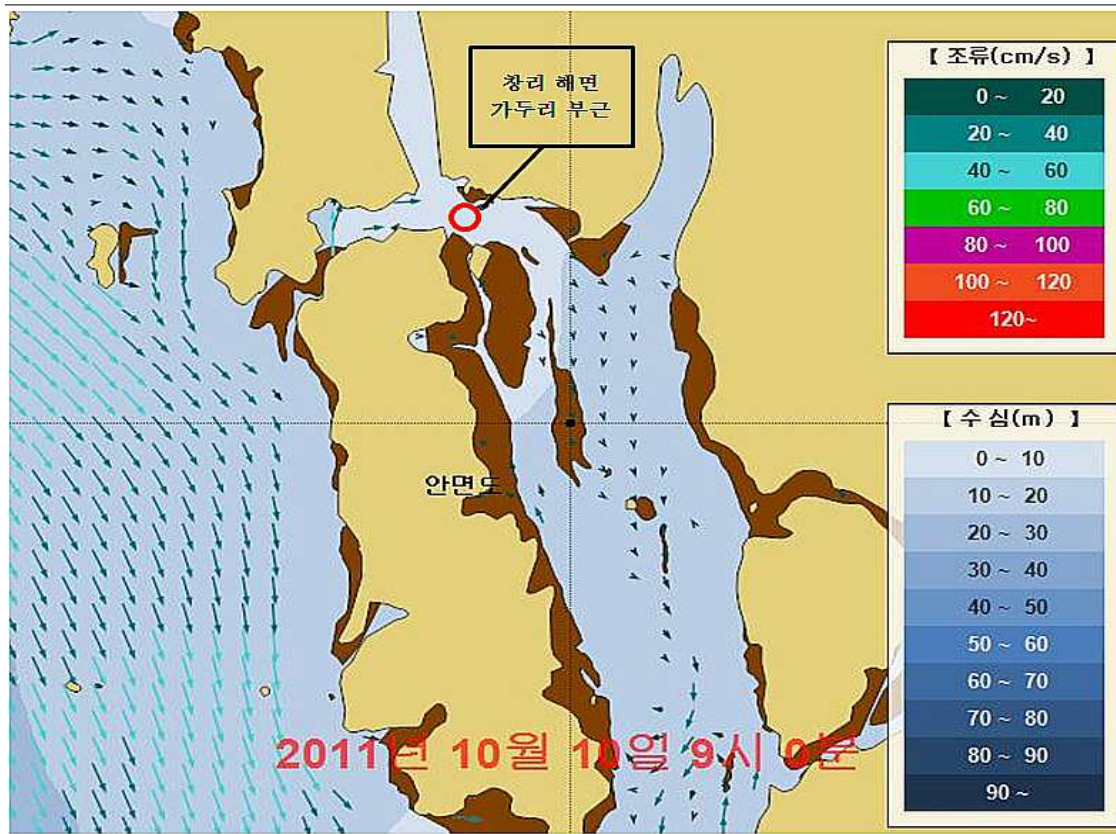
1) 창리 해면의 현장 실측 조사

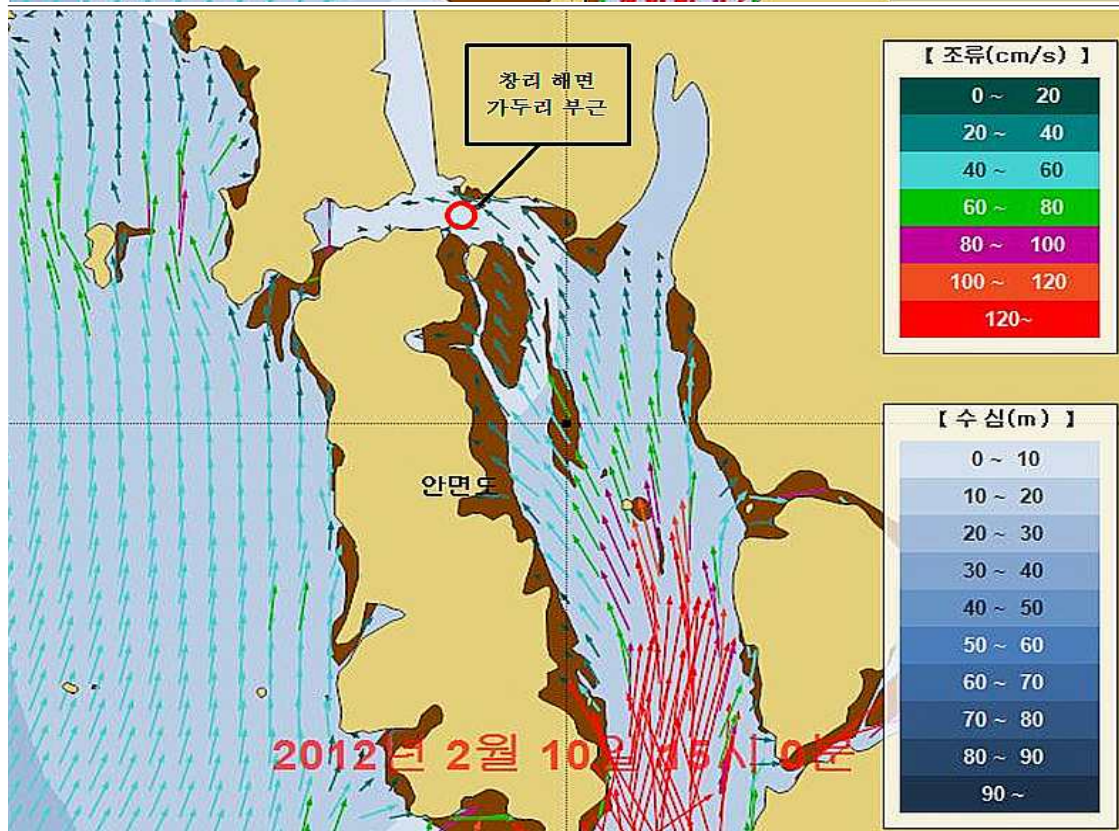
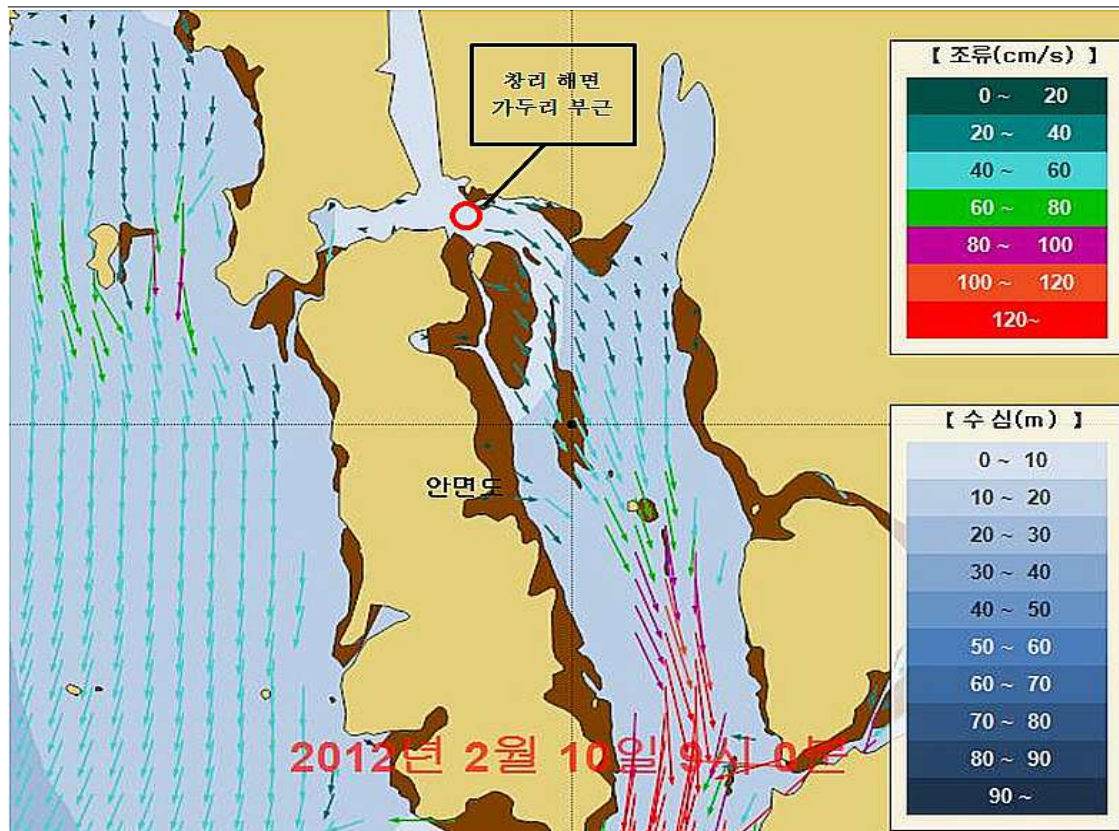
창리 해면의 계절별 유향 및 유속은 다음과 같다(표 3-1-6, 그림 3-1-10). 본 조사 기간에서 창리 해면어장의 유속의 전체 범위는 10.99 ~ 44.44cm/s로 나타났다. 또한 창리 해면에서의 최대 유속은 창조류에서 44.44cm/s이고 낙조류에서 32.34cm/s로 전반적으로 창조류가 낙조류보다 모두 우세하게 나타났고, 10월에는 창조와 낙조 모두 가장 낮은 유속을 보였다. 한편, 유향은 대체로 지형적인 특성상 창조류는 북서 방향이고, 낙조류는 남동, 남서 방향으로 흐르는 경향이 나타났다. 전체적으로 볼 때 조사해역은 여름철~가을철 보다 겨울철~봄철에 유속이 빠르게 흐르고 있음을 알 수 있었다.

표 3-1-6. 창리 해면의 계절별 유향 및 유속

구 분	조사시각	유향 (°)	유속 (cm/s)
2011. 08. 10.	9:00 (창조)	346.66	12.27
	15:00 (낙조)	169.05	17.88
10. 09.	9:00 (창조)	348.49	17.14
	15:00 (낙조)	165.01	10.99
2012. 02. 10.	9:00 (낙조)	170.51	32.34
	15:00 (창조)	351.83	44.44
05. 10.	9:00 (낙조)	168.88	29.98
	15:00 (창조)	351.90	34.20







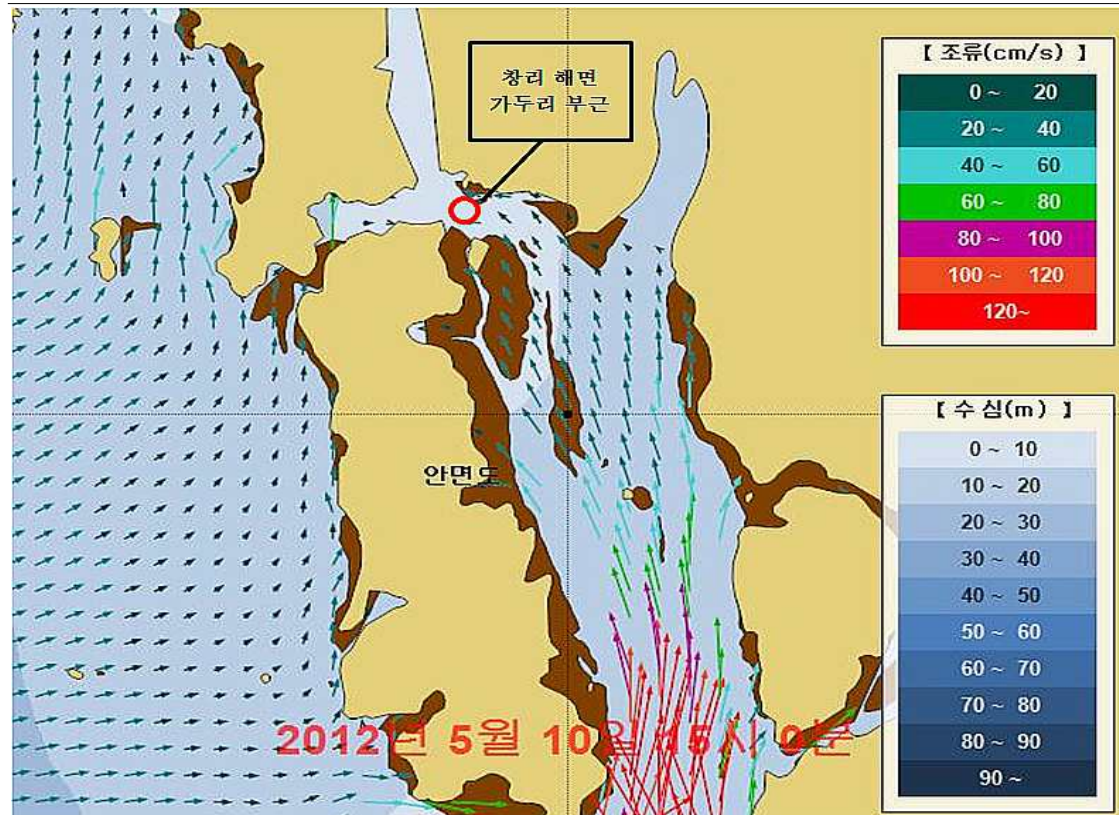
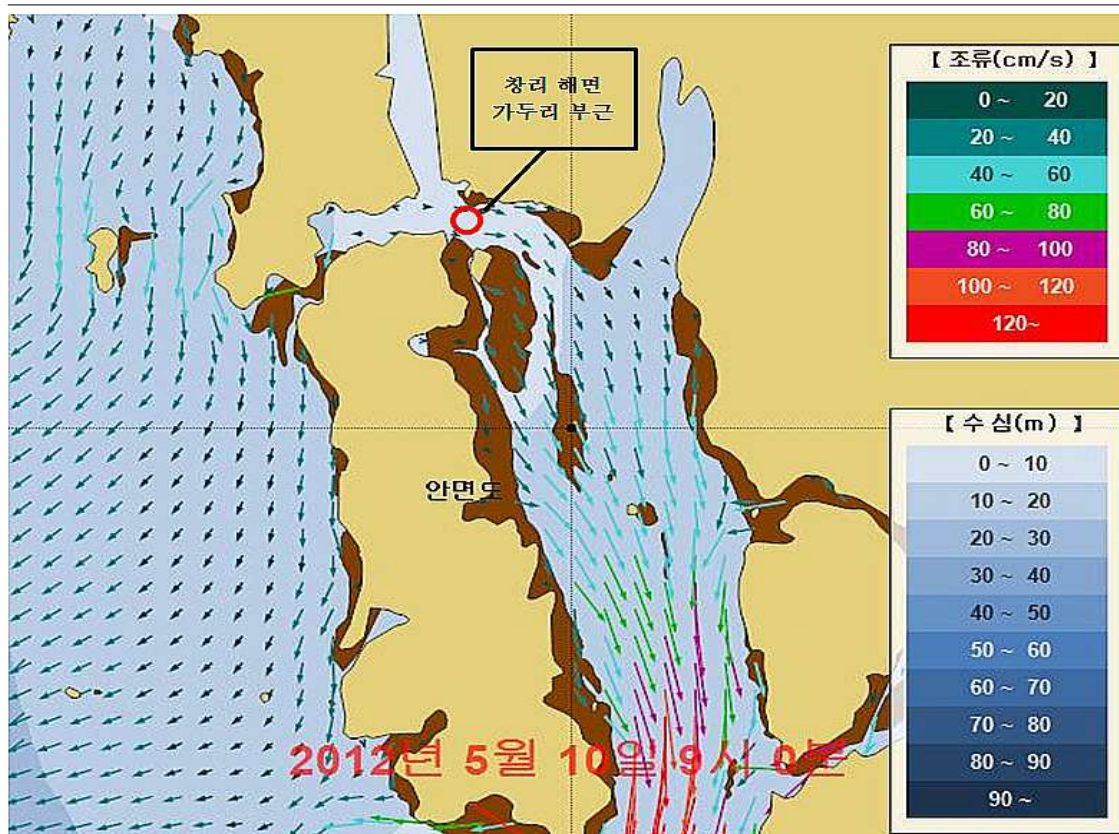


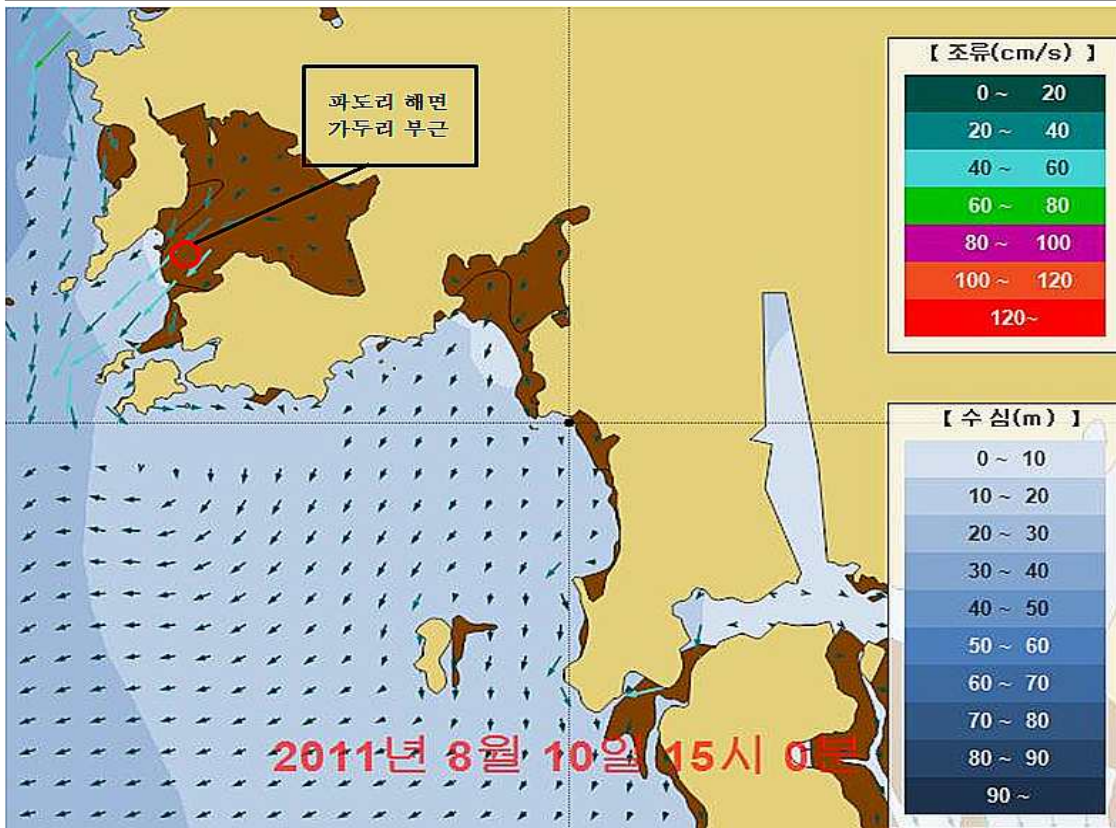
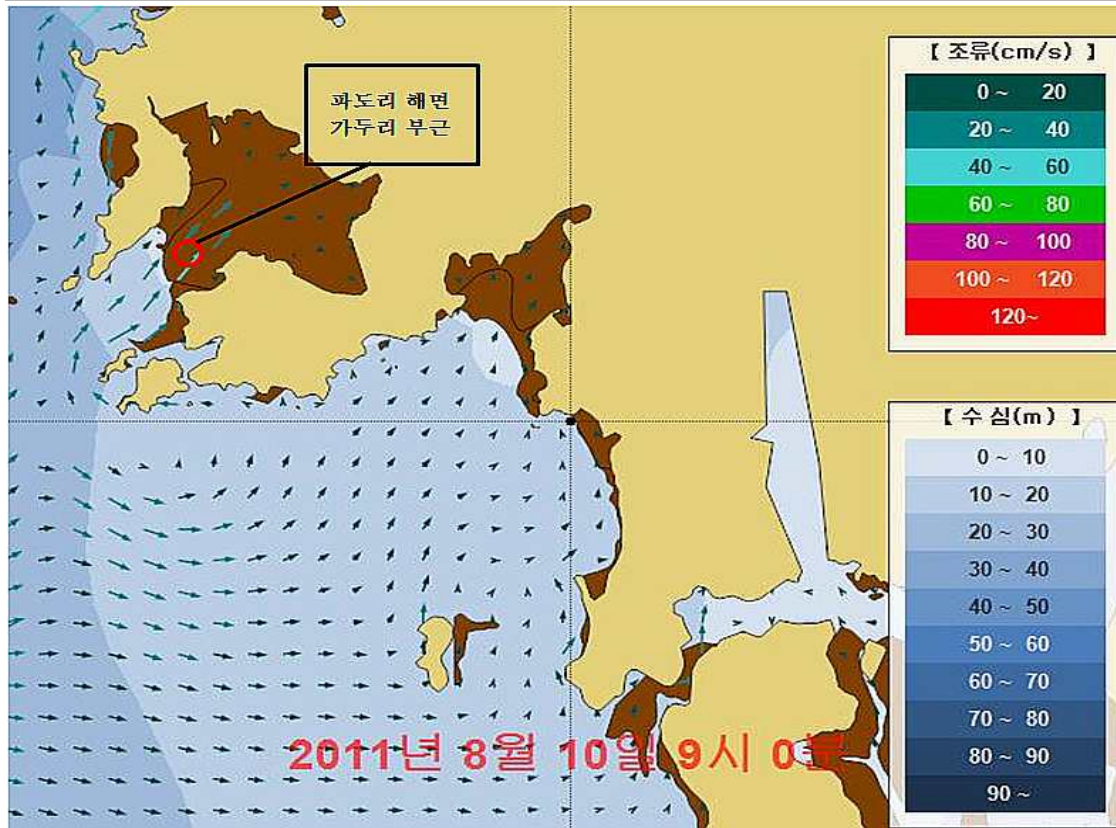
그림 3-1-10. 창리 해면어장 부근의 계절별 조류도 (국립해양조사원, 2011, 2012)

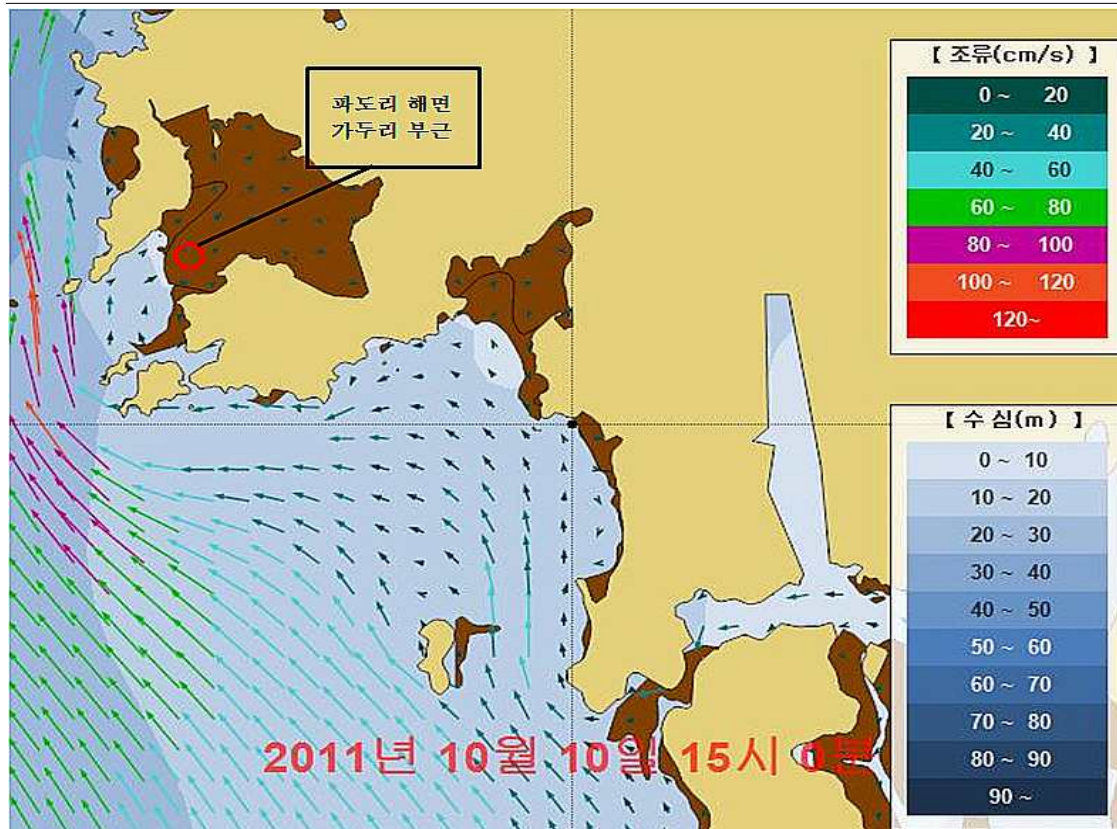
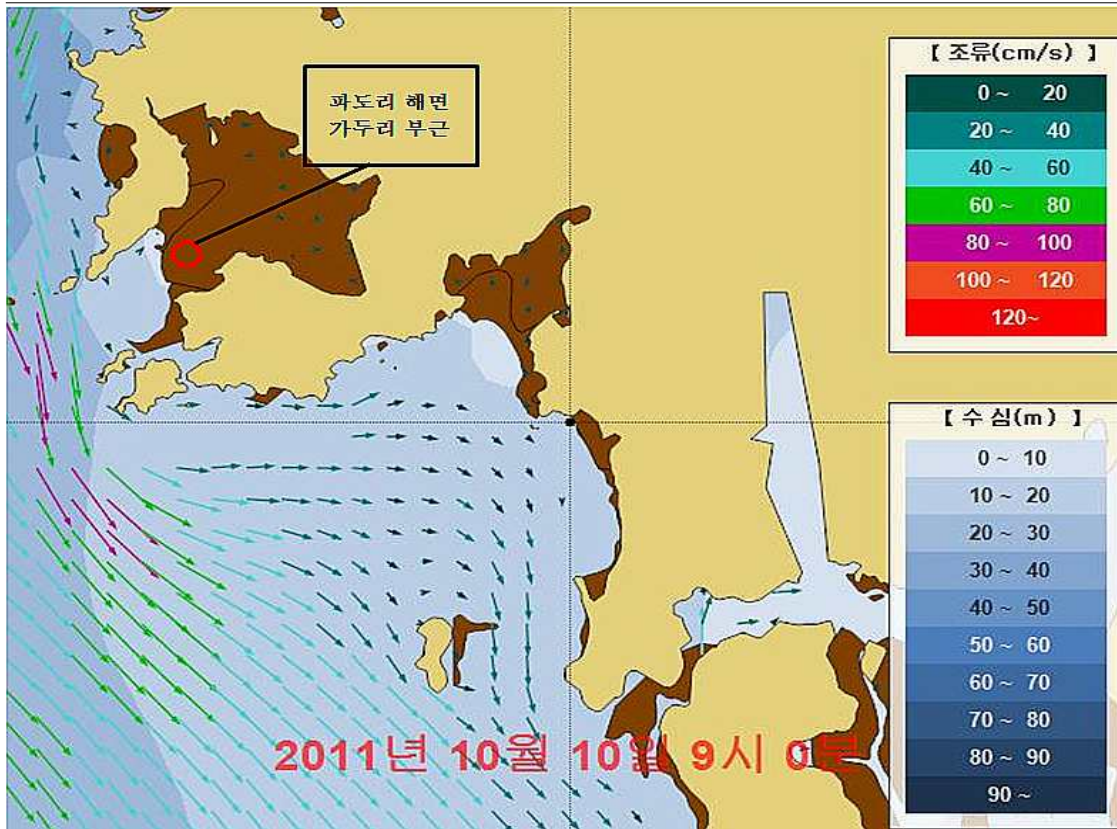
2) 파도리 해면의 현장 실측 조사

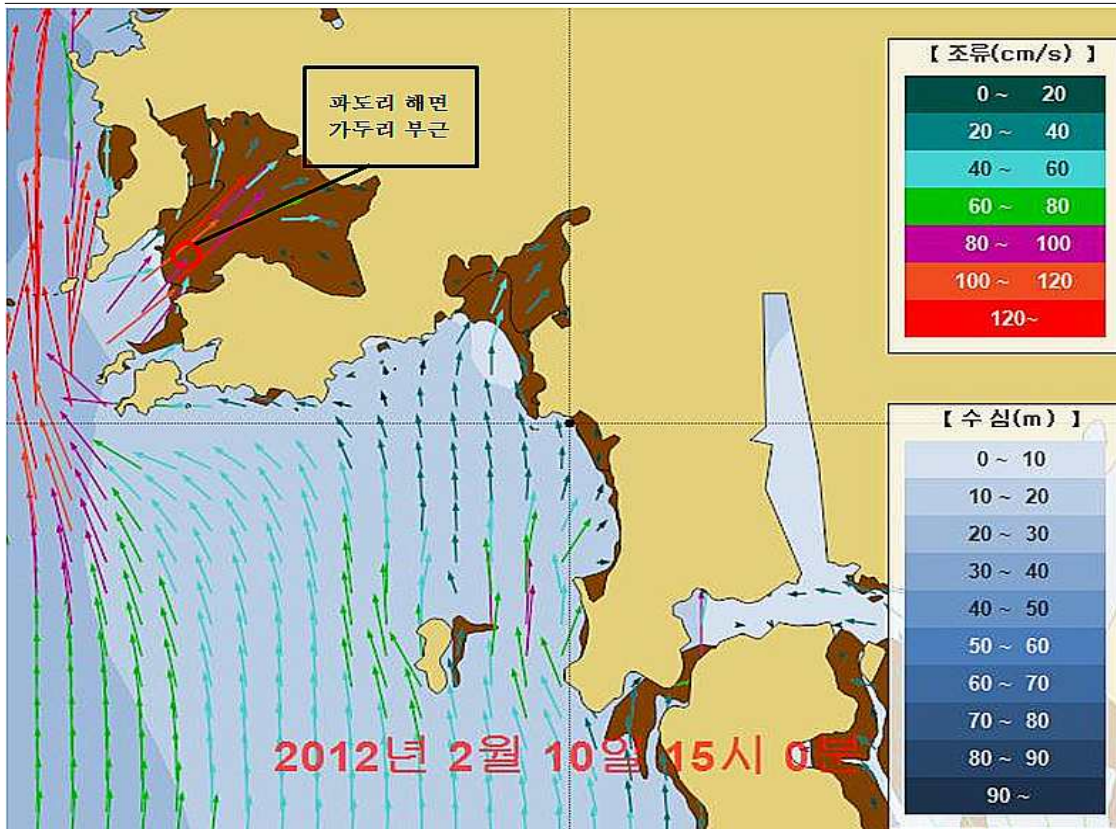
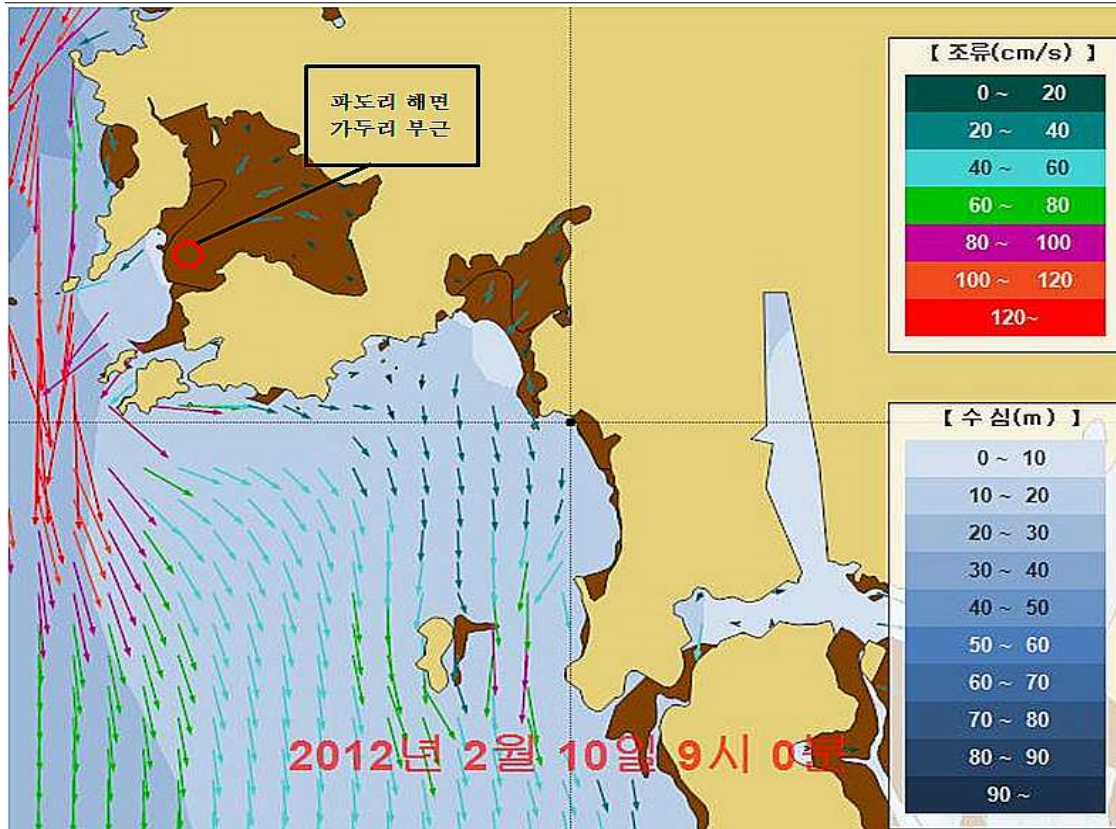
파도리 입구 측의 계절별 유향 및 유속은 다음과 같다(표 3-1-7, 그림 3-1-11). 본 조사기간에서 파도리 해면어장의 유속의 전체 범위는 20.72 ~ 90.45cm/s로 2012년 5월 달 평균 유속이 77.63cm/s로 가장 빨랐으며 2011년 10월 9일의 평균 유속이 20.83cm/s로 가장 느렸다. 최대 유속은 창조류의 경우 78.46cm/s를, 낙조류는 90.45cm/s로 나타냈고, 2012년 2월을 제외하고 모두 낙조류가 우세했다. 한편, 유향은 지형적인 특성상 창조류는 북동 방향으로, 낙조류는 남서 방향을 나타내었다. 전체적으로 볼 때 조사해역은 창리 해면과 유사하게 여름~가을철보다 겨울~봄철에 유속이 빠르게 흐르고 있음을 알 수 있었다.

표 3-1-7. 파도리 해면의 계절별 유향 및 유속

구 분	조사시각	유향 (°)	유속 (cm/s)
2011. 08. 10.	9:00 (창조)	34.31	33.92
	15:00 (낙조)	223.33	53.12
10. 09.	9:00 (창조)	63.90	20.72
	15:00 (낙조)	218.78	20.93
2012. 02. 10.	9:00 (낙조)	210.72	73.36
	15:00 (창조)	30.76	78.46
05. 10.	9:00 (낙조)	226.50	90.45
	15:00 (창조)	35.07	64.80







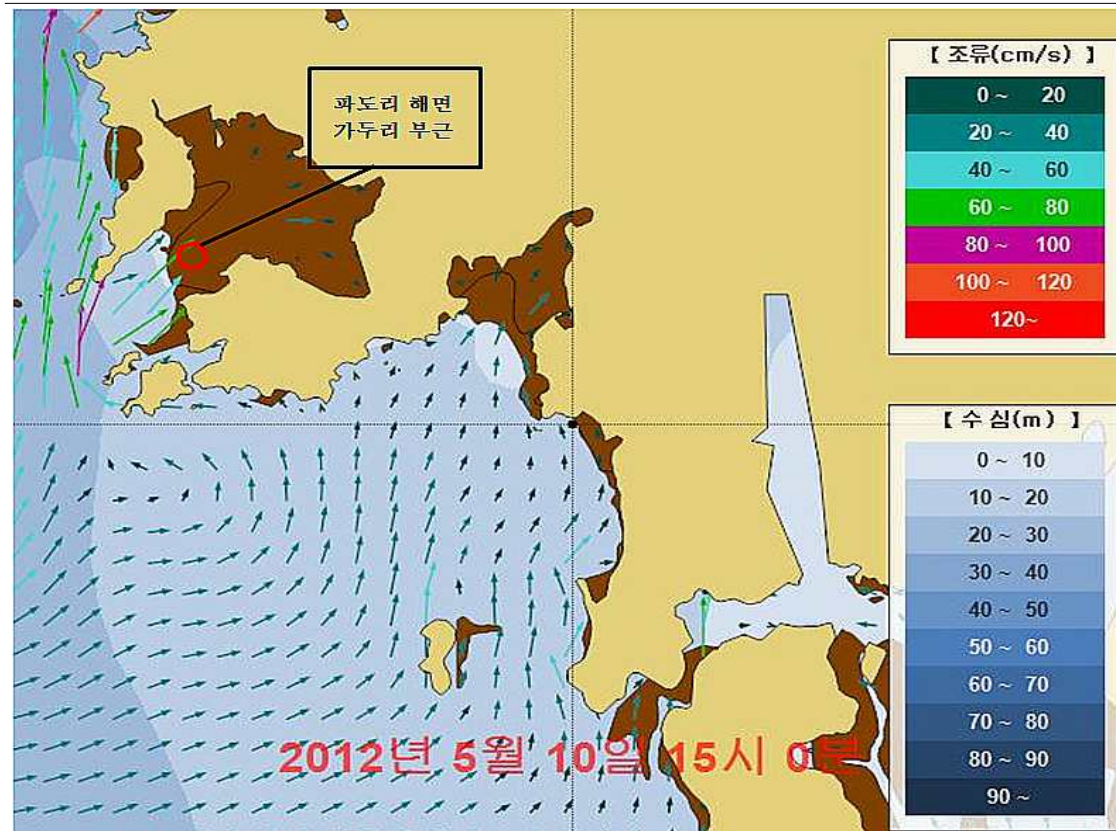
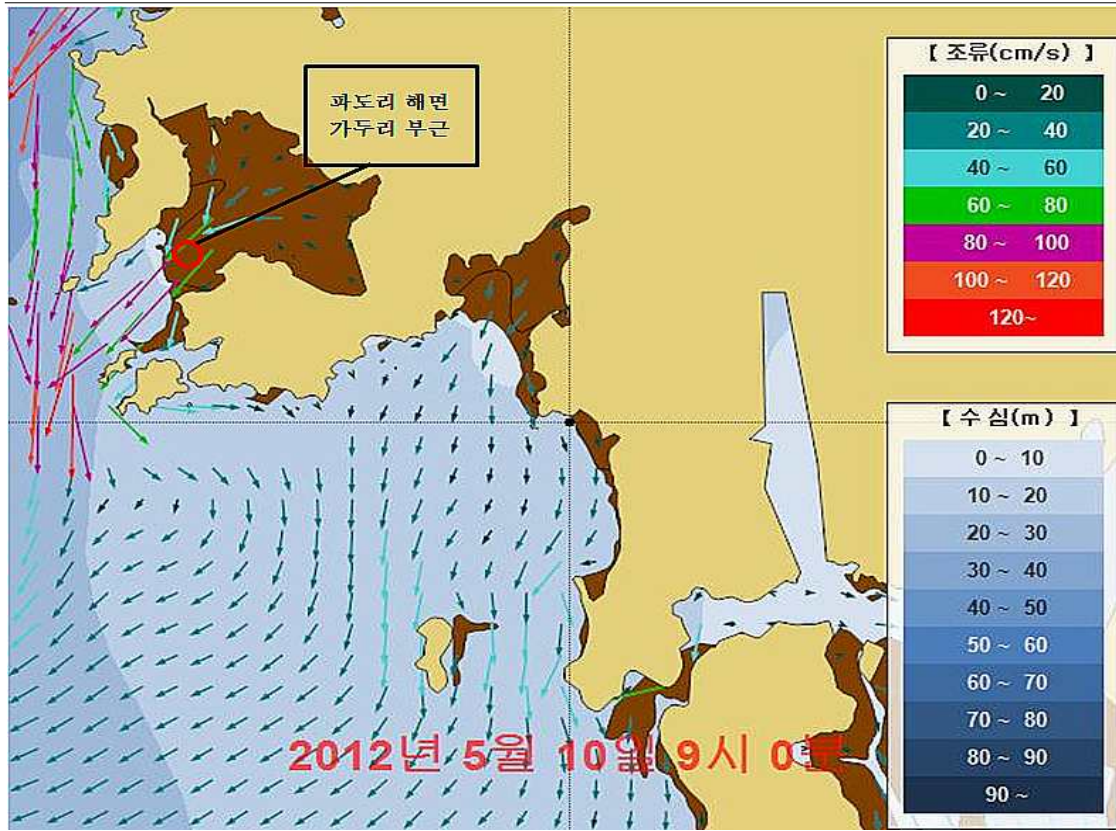


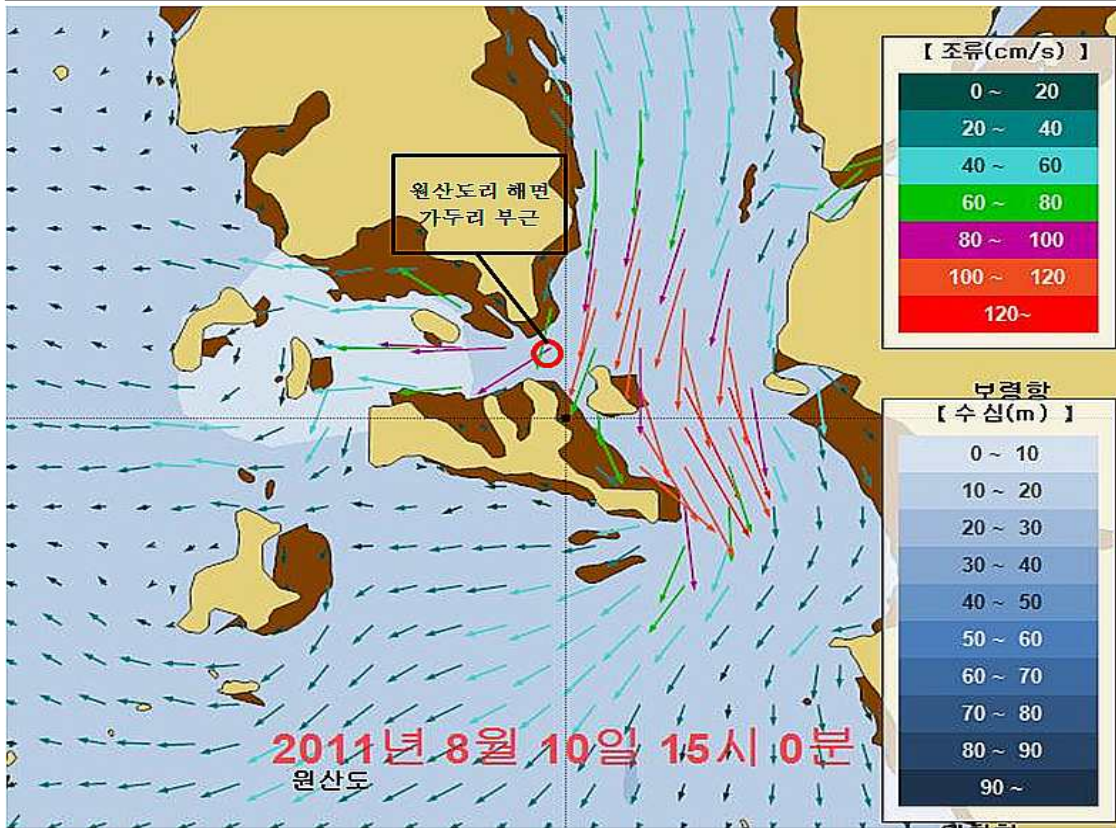
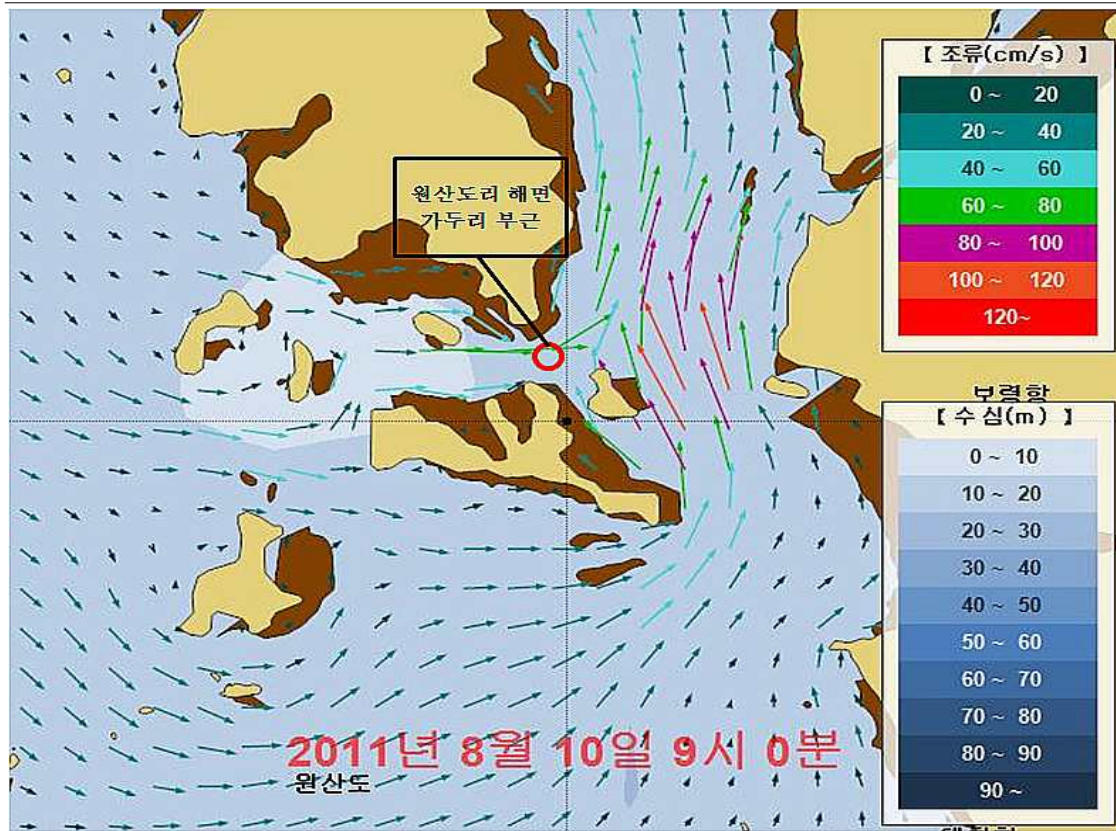
그림 3-1-11. 파도리 해면어장 부근의 계절별 조류도 (국립해양조사원, 2011, 2012)

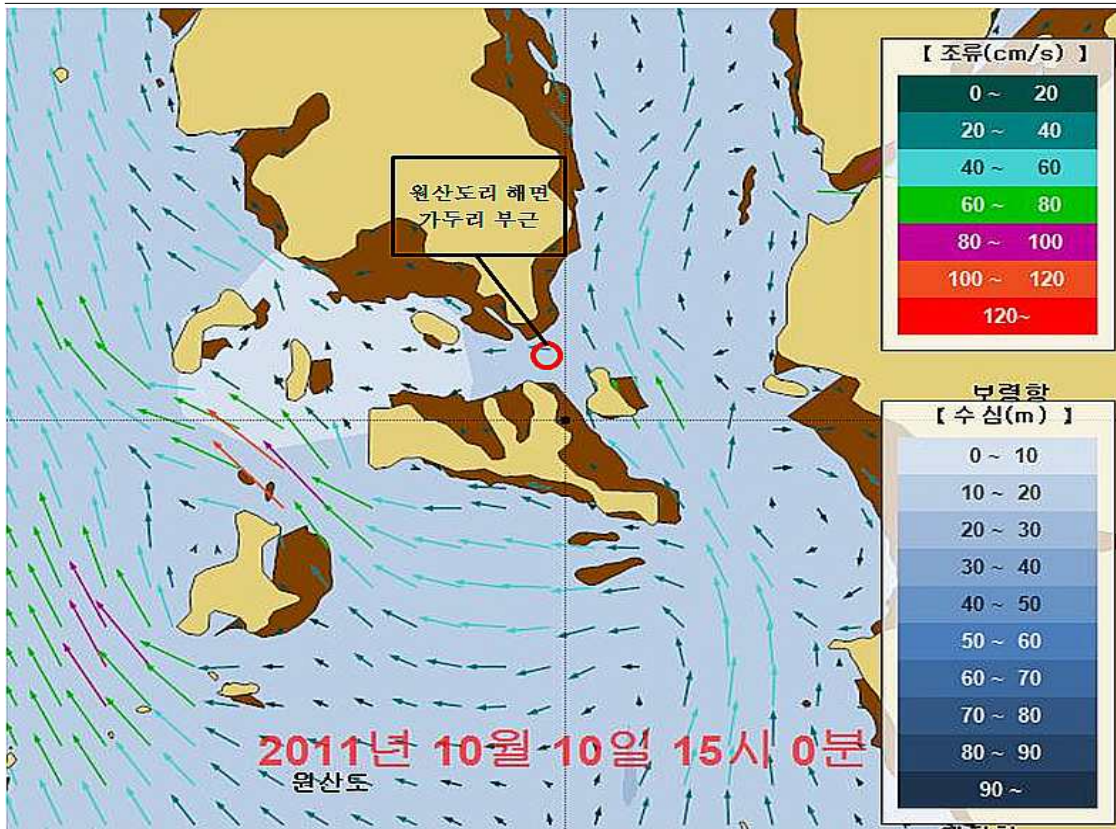
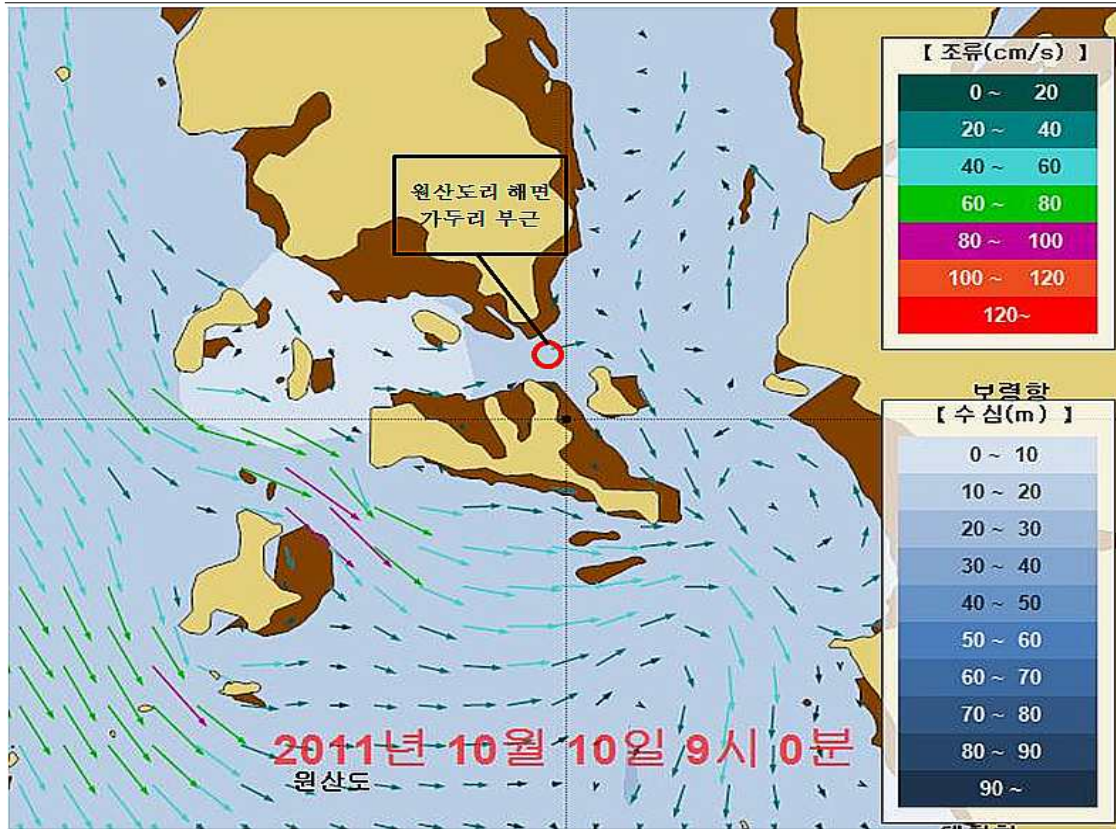
3) 원산도리 해면의 현장 실측 조사

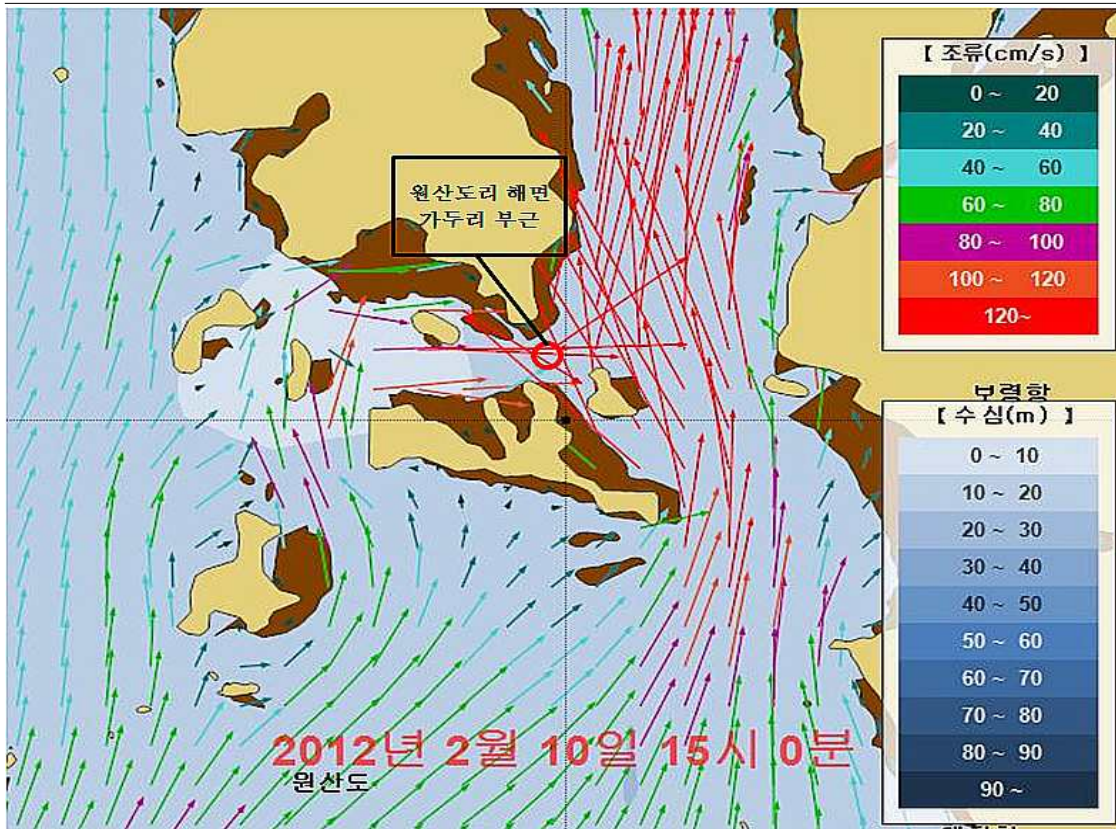
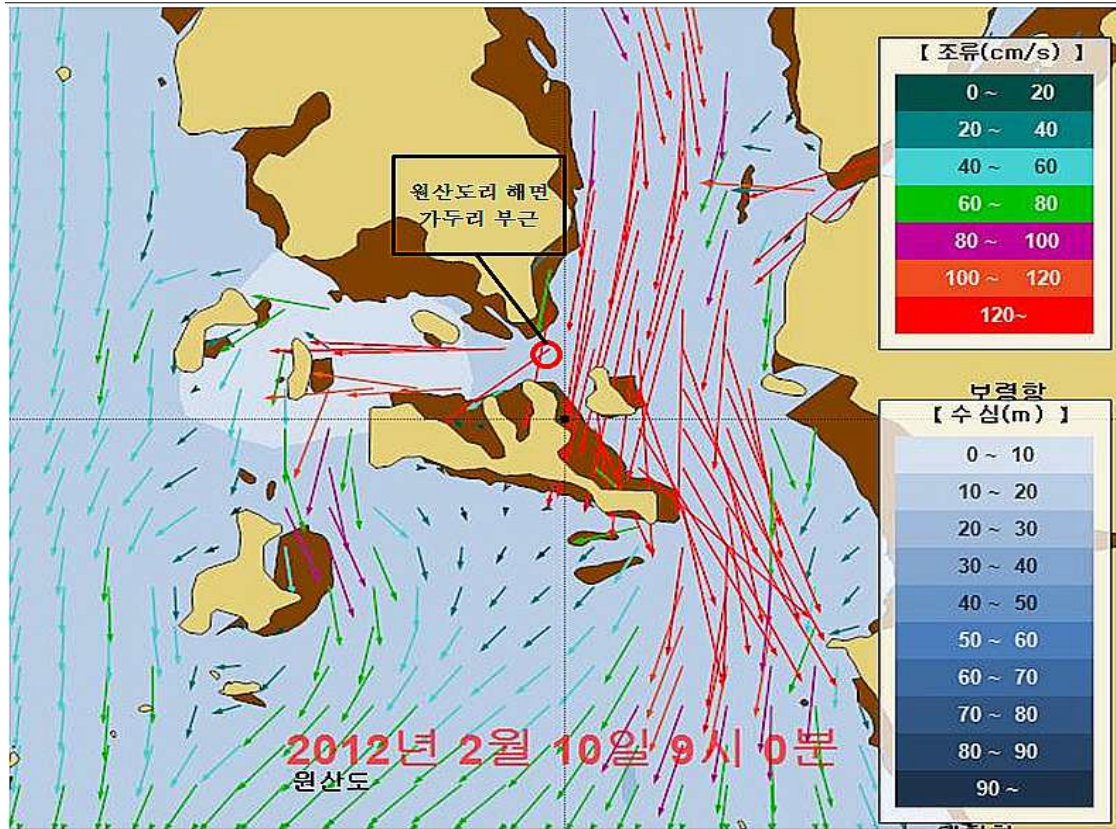
원산도리 외해측 해면의 계절별 유향 및 유속은 다음과 같다(표 3-1-8, 그림 3-1-12). 본 조사기간에서 원산도리 해면어장의 유속의 전체 범위는 62.04 ~ 138.02 cm/s로 2011년 10월 9일의 평균 유속이 61.03cm/s로 가장 느렸고 2012년 5월 달 평균 유속이 128.65cm/s로 가장 빨랐다. 원산도리 해면 부근은 창리 해면 부근과는 달리 낙조류의 유속이 창조류보다 더 크게 나타났고 최대 유속은 창조류가 119.28cm/s, 낙조류가 138.02cm/s로 낙조류가 우세한 경향을 보였다. 그리고 유향은 대체로 창조류는 북동 방향을, 낙조류는 남서방향을 나타냈다. 한편 3개 해면어장의 조류는 공통적으로 여름~가을철보다 겨울~봄철에 유속이 빠르게 흐르고 있음을 알 수 있었고 지역별로는 원산도리 > 파도리 > 창리 순으로 유속이 빠름을 나타냈다.

표 3-1-8. 원산도리 해면의 계절별 유향 및 유속

구 분	조사시각	유향 (°)	유속 (cm/s)
2011. 08. 10.	9:00 (창조)	92.87	62.04
	15:00 (낙조)	230.97	88.55
10. 09.	9:00 (창조)	81.54	55.07
	15:00 (낙조)	244.23	66.98
2012. 02. 10.	9:00 (낙조)	229.44	122.04
	15:00 (창조)	87.61	91.16
05. 10.	9:00 (낙조)	231.30	138.02
	15:00 (창조)	92.85	119.28







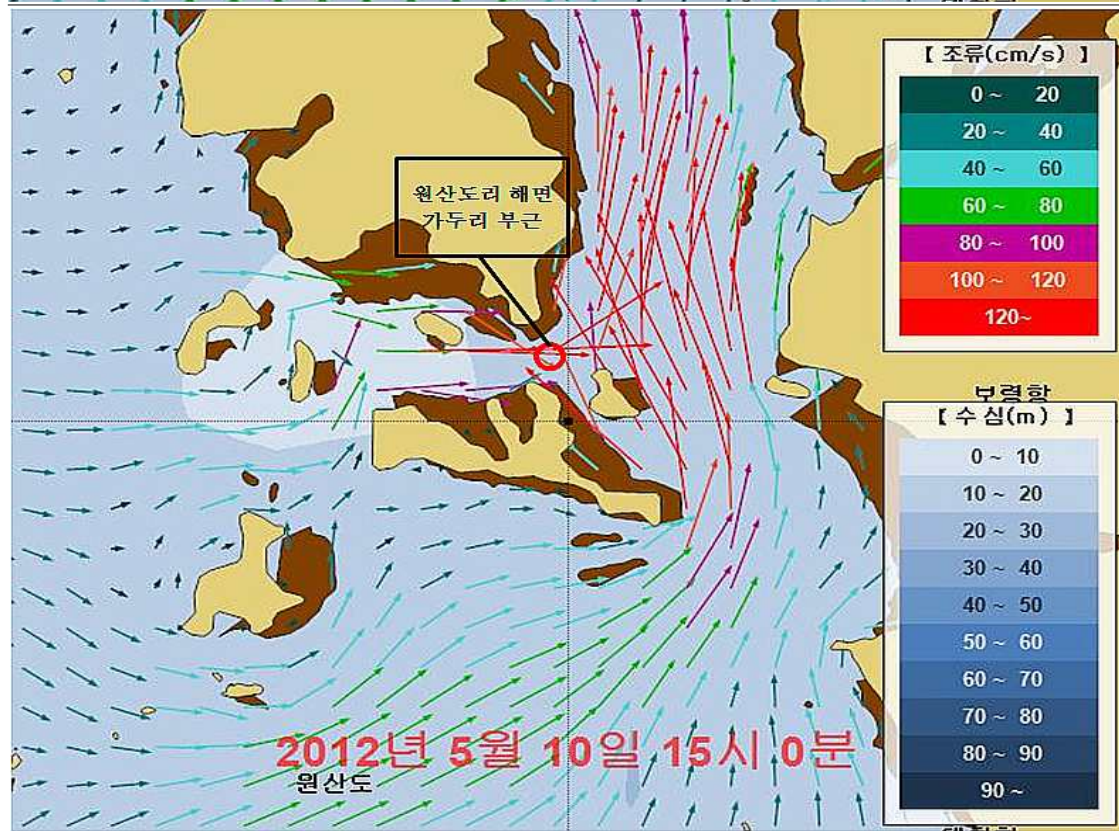
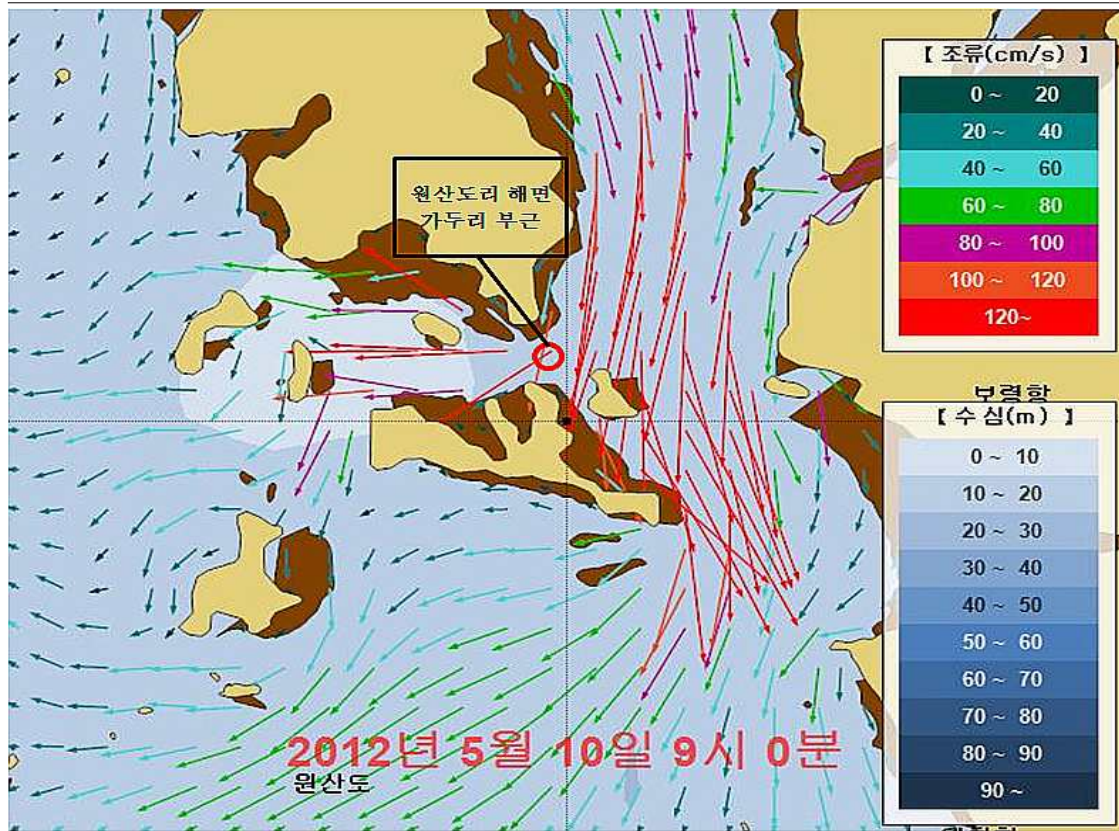


그림 3-1-12. 원산도리 해면어장 부근의 계절별 조류도 (국립해양조사원, 2011, 2012)

다. 수온, 염분, 용존산소

1) 수온

가) 시험어장의 수온변화

시험어장의 연중 수온변화를 그림 3-1-13과 표 3-1-9에 각각 나타내었다. 조사기간 동안에 해면어장의 전체적인 연중 수온범위는 3.2~24.6℃를 나타내었고, 세 지역 모두 2011년 9월에서 11월로 갈수록 수온이 하강하는 경향을 보였으며 파도리해면어장은 창리 해면어장에 비해 전반적으로 수온이 낮음을 알 수 있다. 그러나 갯벌어장의 경우 전체적인 연중 수온의 변화범위는 3.1~26.5℃를 나타내었고, 창리갯벌어장에 비해서 진산리 갯벌어장이 전체적으로 더 높은 수온범위를 보였다.

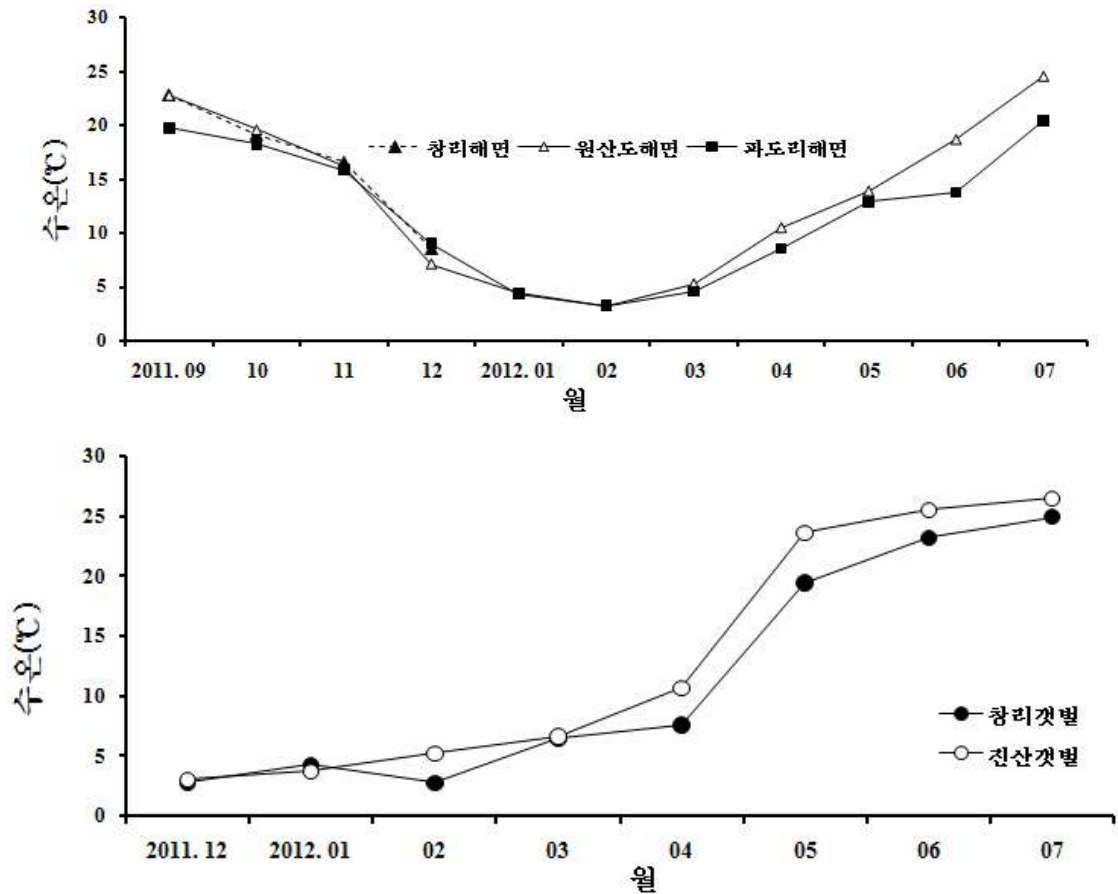


그림 3-1-13. 시험어장의 연중 수온 변화

각 어장의 평균 연중수온은 창리 해면어장이 16.8℃로써 가장 높은 반면, 창리갯벌 어장은 11.4℃로 제일 낮았다.

표 3-1-9. 각 어장의 연중(2011. 09. ~ 2012. 07.) 수온 변화

구 분	각 어장의 연중(2011. 09. ~ 2012. 07.) 수온 변화				
월 별	수온 (°C)				
	해면			갯벌	
	창리	파도리	원산도리	창리	진산리
2011. 09.	22.9	19.8	22.8	-	-
10.	19.2	18.3	19.6	-	-
11.	16.6	15.9	16.2	-	-
12.	8.5	9.0	7.4	2.8	3.1
2012. 01.	-	4.3	4.4	4.3	3.8
02.	-	3.2	3.2	2.8	5.3
03.	-	4.6	5.3	6.5	6.7
04.	-	8.5	10.5	7.6	10.7
05.	-	12.9	13.9	19.4	23.7
06.	-	13.8	18.7	23.2	25.6
07.	-	20.5	24.6	24.9	26.5

나) 위성영상에 의한 계절별 천수만 표층수온 분석

국립 수산과학원 위성 해양 정보시스템의 인공위성 영상자료(NOAA)들을 이용하여 가을에서 겨울로 바뀌는 수온 하강기, 겨울의 흑한기, 봄에서 여름으로 바뀌는 수온상승기 로 구분하여 각 시기마다 약 1주일 간격으로 수온 값을 추출하여 천수만 해역 표층해수의 계절변동 특성을 분석하였다. (그림 3-1-14, 표 3-1-10, 그림 3-1-15, 표 3-1-11, 그림 3-1-16, 표 3-1-12.)

본 조사기간 동안 시험어장의 수온 하강기(2011.09.07. ~ 2011. 11. 30.)에 전체 표층수온의 범위는 12~24.2°C로, 이 기간에 전체 일평균 기온의 범위는 5.8~23.2°C를 나타내었다(그림 3-1-14, 표 3-1-10.).

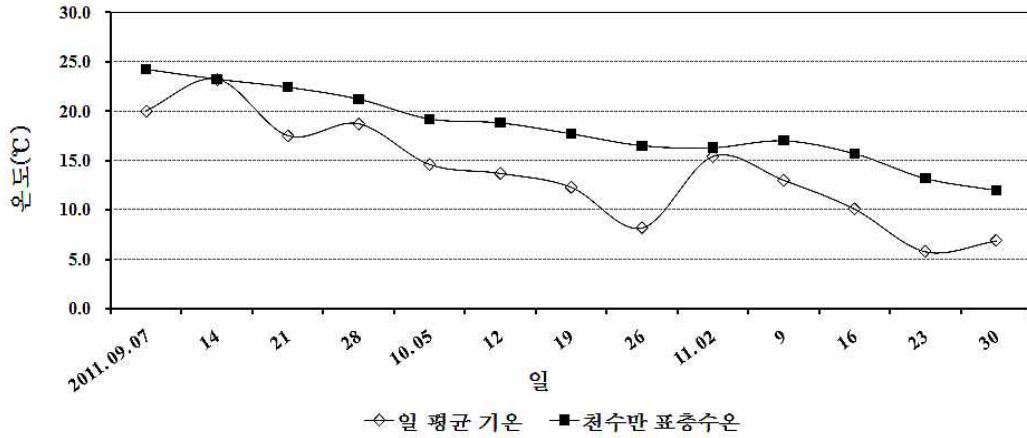


그림 3-1-14. 수온 하강기(2011.09.07. ~ 2011. 11. 30.)의 표층해수의 온도 변화

수온 하강기의 천수만 표층해수의 수온변화는 여름철 고온을 유지하였던 일평균 기온과 함께 가을철로 가면서 서서히 하강하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

표 3-1-10. 수온 하강기(2011.09.07. ~ 2011. 11. 30.)의 일평균 기온과 천수만 표층수온의 온도 변화

구 분	수온 하강기(2011.09.07. ~ 2011. 11. 30.)의 온도 변화	
	일평균 기온 (°C)	천수만 표층수온 (°C)
2011. 09. 07.	20.0	24.2
14.	23.2	23.2
21.	17.5	22.4
28.	18.7	21.2
10. 05.	14.6	19.2
12.	13.7	18.8
19.	12.3	17.7
26.	8.2	16.5
11. 02.	15.4	16.3
09.	13.0	17.0
16.	10.1	15.7
23.	5.8	13.2
30.	6.9	12.0

본 조사기간 동안 혹한기(2011. 12. 07. ~ 2012. 03. 28.)의 전체 표층수온의 범위는 1~10.6℃를, 전체 일평균 기온의 범위는 -7.1~8℃를 나타내었다(그림 3-1-15, 표 3-1-11.)

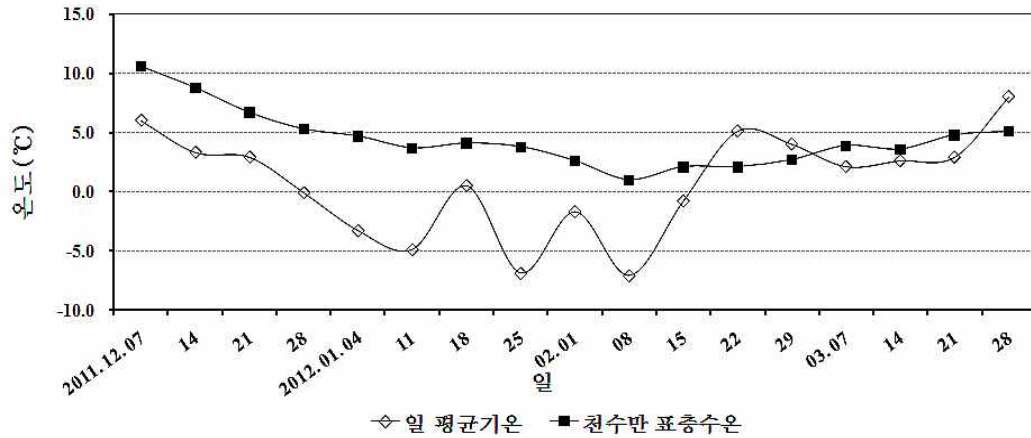


그림 3-1-15. 혹한기(2011. 12. 07. ~ 2012. 03. 28.) 천수만 표층해수의 온도변화

혹한기의 일 평균 기온변화에 따른 천수만 표층수온의 변화양상을 분석한 결과, 표층수온이 1월 11일과 18일 사이에 3.7℃에서 4.1℃로 0.4℃상승한 것은 서산지역의 일평균 기온이 이 당시에 -4.9℃에서 0.5℃로 5.6℃가 상승하여 표층수온에 영향을 미쳤을 것이며 1월 18일 후에 서산지역의 일평균 기온이 5.2℃상승하였으나 5.2℃상승 전 후로 -6.9℃, -7.1℃의 최저기온을 기록하여 표층수온에 영향을 미치지 못 했을 것이라 추정된다.

표 3-1-11. 혹한기(2011. 12. 07. ~ 2012. 03. 28.)의 일평균 기온과
천수만 표층수온의 온도 변화

구 분	혹한기(2011. 12. 07. ~ 2012. 03. 28.)의 온도 변화	
	일평균 기온 (℃)	천수만 표층수온 (℃)
2011. 12. 07.	6.0	10.6
14.	3.3	8.8
21.	2.9	6.7
28.	-0.1	5.3
2012. 01. 04.	-3.3	4.7
11.	-4.9	3.7
18.	0.5	4.1
25.	-6.9	3.8
02. 01.	-1.7	2.6
8.	-7.1	1.0
15.	-0.8	2.1
22.	5.1	2.1
30.	4.0	2.7
03. 07.	2.1	3.9
14.	2.6	3.6
21.	2.9	4.8
28.	8.0	5.1

본 조사기간 동안 수온 상승기(2012. 04. 07. ~ 07. 26.)의 표층수온의 전체범위는 6.7~21.9℃로 이 기간 중 일평균 기온범위는 4.1~26.4℃를 나타내었다.(그림 3-1-16, 표 3-1-12.)

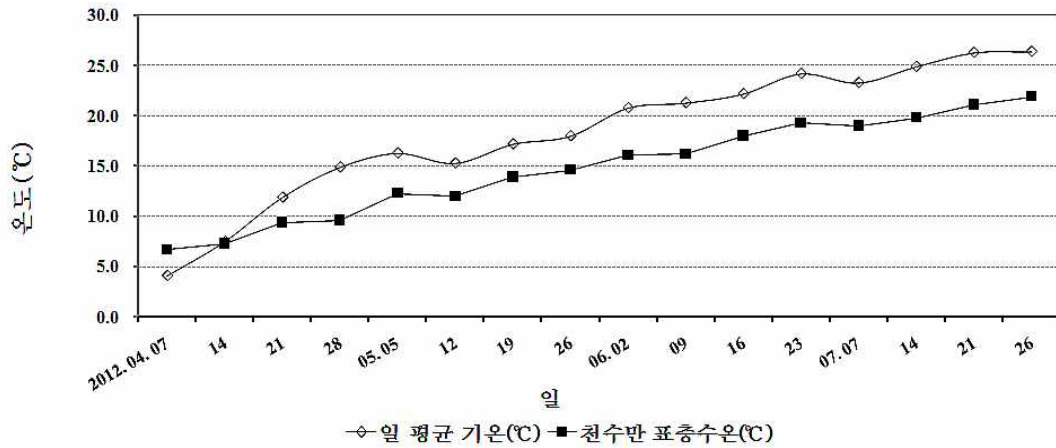


그림 3-1-16. 수온 상승기(2012. 04. 07. ~ 07. 26.)의 천수만 표층해수 변화

수온 상승기의 천수만 표층해수의 온도의 변화와 경향을 분석한 결과, 수온 하강 기와는 다르게 4월 중순 부근부터 7월 하순에 이르는 동안 서산지역의 일평균 기온은 천수만의 표층수온보다 높게 유지되는 경향이 지속되었다.

표 3-1-12. 수온 상승기(2012. 04. 07. ~ 07. 26.)의 일평균 기온과
천수만 표층수온의 온도 변화

구 분	수온 상승기(2012. 04. 07. ~ 07. 26.)의 온도 변화	
	일평균 기온 (°C)	천수만 표층수온 (°C)
2012. 04. 07.	4.1	6.7
14.	7.5	7.3
21.	11.9	9.4
28.	14.9	9.6
05. 05.	16.3	12.3
12.	15.3	12.0
19.	17.2	13.9
26.	18.0	14.6
06. 02.	20.8	16.1
09.	21.3	16.2
16.	22.2	18.0
23.	24.2	19.3
07. 07.	23.3	19.0
14.	24.9	19.8
21.	26.3	21.1
26.	26.4	21.9

2) 염분

시험어장의 월별 염분 변화를 그림 3-1-17와 표 3-1-13에 각각 나타내었다. 조사 기간 동안 해면어장의 염분변화의 전체 범위는 29.7~33.3psu를 나타내었고 각 지역의 염분의 변화폭은 원산도리 해면어장이 가장 컸으며, 파도리 해면어장이 가장 작았다. 그러나 갯벌어장의 염분변화 범위는 26.5~33.2psu로 나타났고 진산리 갯벌어장의 염분 변화폭이 창리 갯벌어장을 포함한 모든 시험어장에서 측정된 수치보다 크게 나타났다(그림 3-1-17).

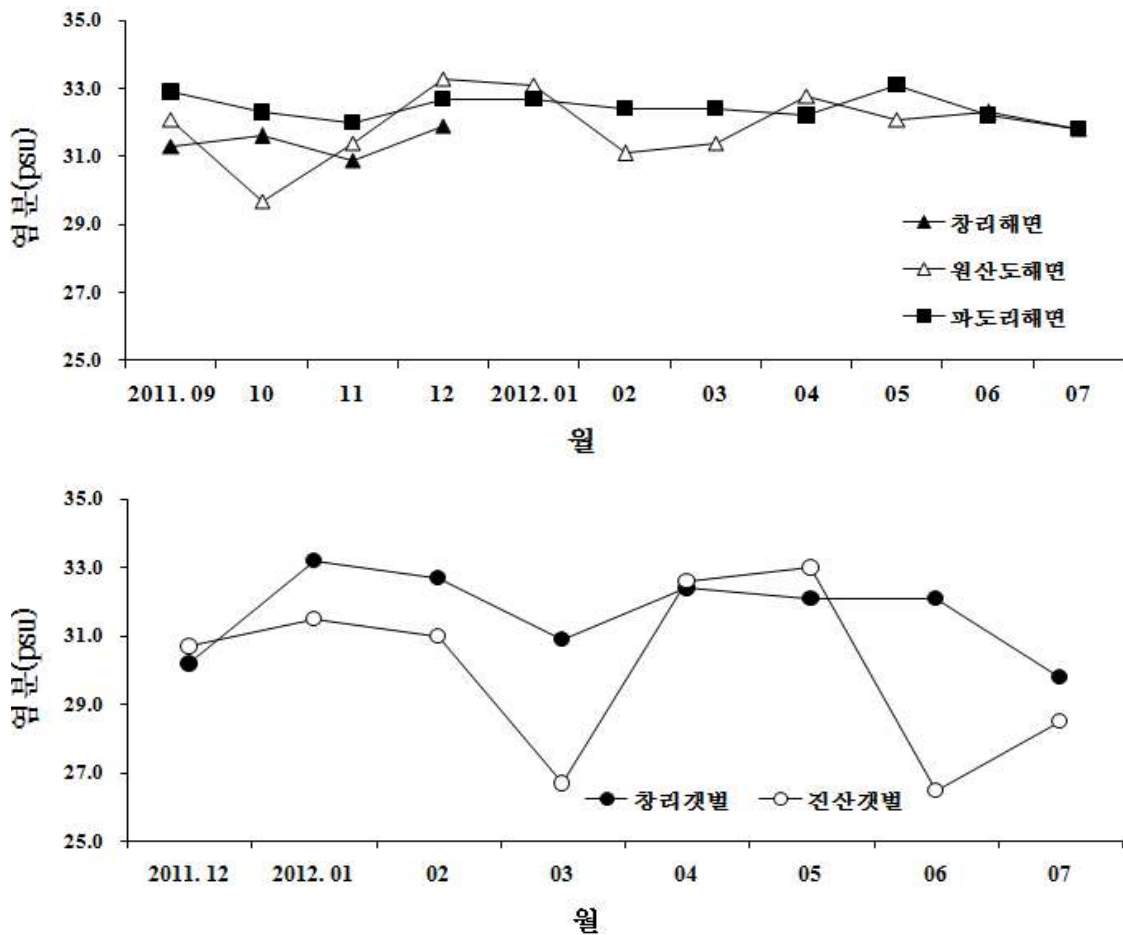


그림 3-1-17. 시험어장의 월별 염분 변화

각 어장의 평균 월별 염분은 파도리 해면어장이 32.5psu로 가장 높게 나타났으며 진산리 갯벌어장은 30.1psu로 가장 낮게 나타났다. 한편, 원산도리 해면어장에서 2011년 10월에 저염분을 보인 원인은 시험해역 주변에 위치한 횃집 및 펜션, 영목항 등에서 유입되는 담수의 영향을 일부 받는 것으로 여겨지고, 진산리 갯벌어장의 경우 전체 염분변화 경향을 볼 때 2월과 3월, 5월과 6월 사이에 염분이 급격히

감소한 것을 볼 수 있는데 이는 대형 리조트 공사장에서 유입되는 담수와 해수와
의 활발한 소통 등의 영향을 받는 것으로 추정된다(표 3-1-13.).

표 3-1-13. 각 어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) 염분 변화

구분	어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) 염분 변화				
	염 분(psu)				
	해면			갯벌	
월 별	창리	파도리	원산도리	창리	진산리
2011. 09.	31.3	32.9	32.1	-	-
10.	31.6	32.3	29.7	-	-
11.	30.9	32.0	31.4	-	-
12.	31.9	32.7	33.3	30.2	30.7
2012. 01.	-	32.7	33.1	33.2	31.5
02.	-	32.4	31.1	32.7	31.0
03.	-	32.4	31.4	30.9	26.7
04.	-	32.2	32.8	32.4	32.6
05.	-	33.1	32.1	32.1	33.0
06.	-	32.2	32.3	32.1	26.5
07.	-	31.8	31.8	29.8	28.5

3) 용존산소

시험어장의 월별 용존산소 변화를 그림 3-1-18와 표 3-1-14에 각각 나타냈다.
조사기간 동안 해면어장 전체의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) 용존산소 범위는
6.24~10.55 mg/L이고, 갯벌어장 전체의 월별 용존산소 범위는 7.18~10.51 mg/L를 각
각 나타내었는데 이러한 수치는 모두 용존산소의 수질기준 I 등급의 범위(7.5 mg/L
이상)에 포함되므로 생물이 서식하기에 매우 양호한 환경임을 알 수 있다.

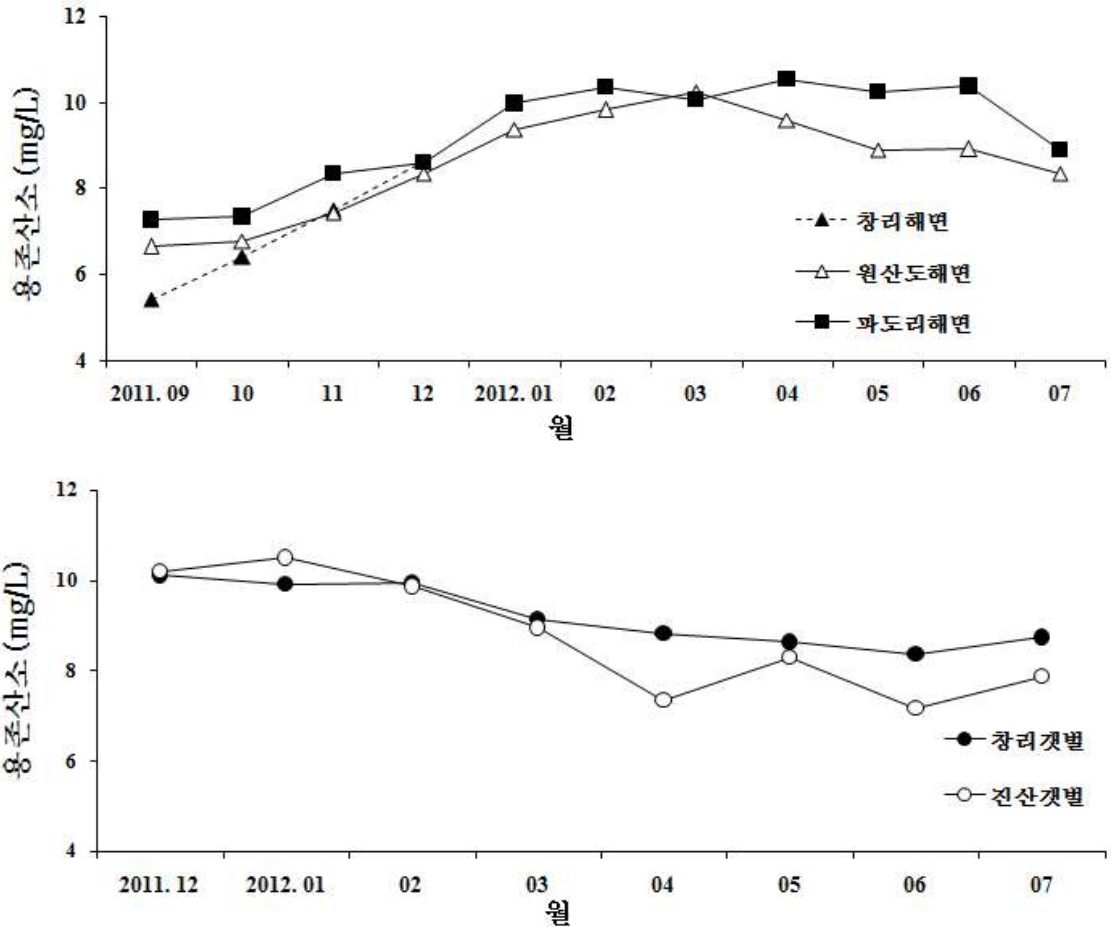


그림 3-1-18. 시험어장의 월별 용존산소 변화

각 어장의 평균 월별 용존산소는 파도리 해면어장이 9.27mg/L로 가장 높게 나타났고, 창리 해면어장은 7mg/L로 가장 낮게 나타났다.

용존산소는 해역의 특성에 따라 내만수역은 외해에 비해 겨울에 높고, 여름에 낮은 값을 보였다. 또한, 외해수역에서 수온상승기에 걸쳐 용존산소가 증가하게 된 가장 큰 원인분석은 수온 상승에 따른 식물플랑크톤의 번식에 따라 활발한 광합성 활동이 발생했기 때문이다. 그리고 여름에 가까워질수록 갯벌어장의 용존산소 수치가 해면어장보다 크게 나타난 것은 식물플랑크톤의 활발한 번식 이외에 외해수역과 차별되는 내만수역의 수많은 박테리아들에 의해 생물학적 처리를 거쳐 유기물 및 암모니아의 상당부분이 산화되었기 때문이라고 사료된다.

본 조사를 통해 각 지역별 용존산소는 해역수질환경기준(환경정책기본법 시행령, 2009)에 의거하면 창리 해면어장(평균 7.00mg/L)은 II등급에 해당되고 파도리 해면어장(평균 9.27mg/L)은 I 등급, 원산도리 해면어장(평균 8.58mg/L)은 I 등급에 해당하였다. 그리고 창리 갯벌어장(평균 9.22mg/L)은 I 등급에 해당되고 진산리 갯벌어

장(평균 8.78mg/L)은 I 등급에 해당하였다.

표 3-1-14. 어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) 용존산소 변화

구 분	어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) 용존산소 변화				
월 별	용존산소 (mg / L)				
	해면			갯벌	
	창리	파도리	월산도리	창리	진산리
2011. 09.	5.43	7.27	6.65	-	-
10.	6.41	7.34	6.77	-	-
11.	7.52	8.34	7.43	-	-
12.	8.64	8.61	8.36	10.12	10.21
2012. 01.	-	9.98	9.36	9.93	10.51
02.	-	10.35	9.83	9.96	9.87
03.	-	10.06	10.26	9.15	8.95
04.	-	10.55	9.60	8.84	7.35
05.	-	10.26	8.90	8.64	8.30
06.	-	10.37	8.92	8.38	7.18
07.	-	8.89	8.35	8.74	7.89

표 3-1-15. 해역수질 등급표(환경정책기본법 시행령, 2009년 7월 개정)

1. 해역 수질 등급

등급	기 준						
	수소이온 농도 (pH)	화학적 산소요구량 (COD) (mg/L)	용존 산소량 (DO) (mg/L)	총대장균군 (MPN/100 ml)	용매 추출유분 (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)
I	7.8-8.3	1 이하	7.5 이상	1,000 이하	0.01 이하	0.3 이하	0.03 이하
II	6.5-8.5	2 이하	5 이상	1,000 이하	0.01 이하	0.6 이하	0.05 이하
III	6.5-8.5	4 이하	2 이상			1.0 이하	0.09 이하

2. 중금속

등급	항목	기준(mg/L)
전 수 역	6가크롬(Cr ⁶⁺)	0.05
	비소(As)	0.05
	카드뮴(Cd)	0.01
	납(Pb)	0.05
	아연(Zn)	0.1
	구리(Cu)	0.02
	시안(CN)	0.01
	수은(Hg)	0.0005
	폴리클로리네이티드비페닐(PCB)	0.0005
	다이아지논	0.02
	파라티온	0.06
	말라티온	0.25
	1.1.1-트리클로로에탄	0.1
	테트라클로로에틸렌	0.01
	트리클로로에틸렌	0.03
	디클로로메탄	0.02
	벤젠	0.01
	페놀	0.005
음이온계면활성제(ABS)	0.5	

- 비고: 1. 등급 I 은 참돔·방어 및 미역 등 수산생물의 서식·양식 및 해수욕에 적합한 수질을 말한다.
 2. 등급 II 는 해양에서의 관광 및 여가선용과 송어 및 김 등 등급 I 의 해역에서 서식·양식에 적합한 수산생물외의 수산생물의 서식·양식에 적합한 수질을 말한다.
 3. 등급 III 은 공업용 냉각수, 선박의 정박 등 기타 용도로 이용되는 수질을 말한다.

라. pH(수소이온농도)

시험어장의 월별 pH 변화를 그림 3-1-19와 표 3-1-16에 각각 나타내었다. 조사기간의 해면어장 전체의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) pH 변화 범위는 7.19~7.92이고, 갯벌어장 전체의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) pH 변화 범위는 7.17~7.99를 나타내었다. 이는 해역수질환경 기준으로 pH II등급의 범위(6.5 ~ 8.5)에 해당되므로 생물이 서식하기에 양호한 환경임을 보여준다. 그리고 비교적 pH의 변화는 파도리해면어장이 가장 큰 폭의 변화를 보였으며, 그 외 어장은 비교적 안정적이었다.

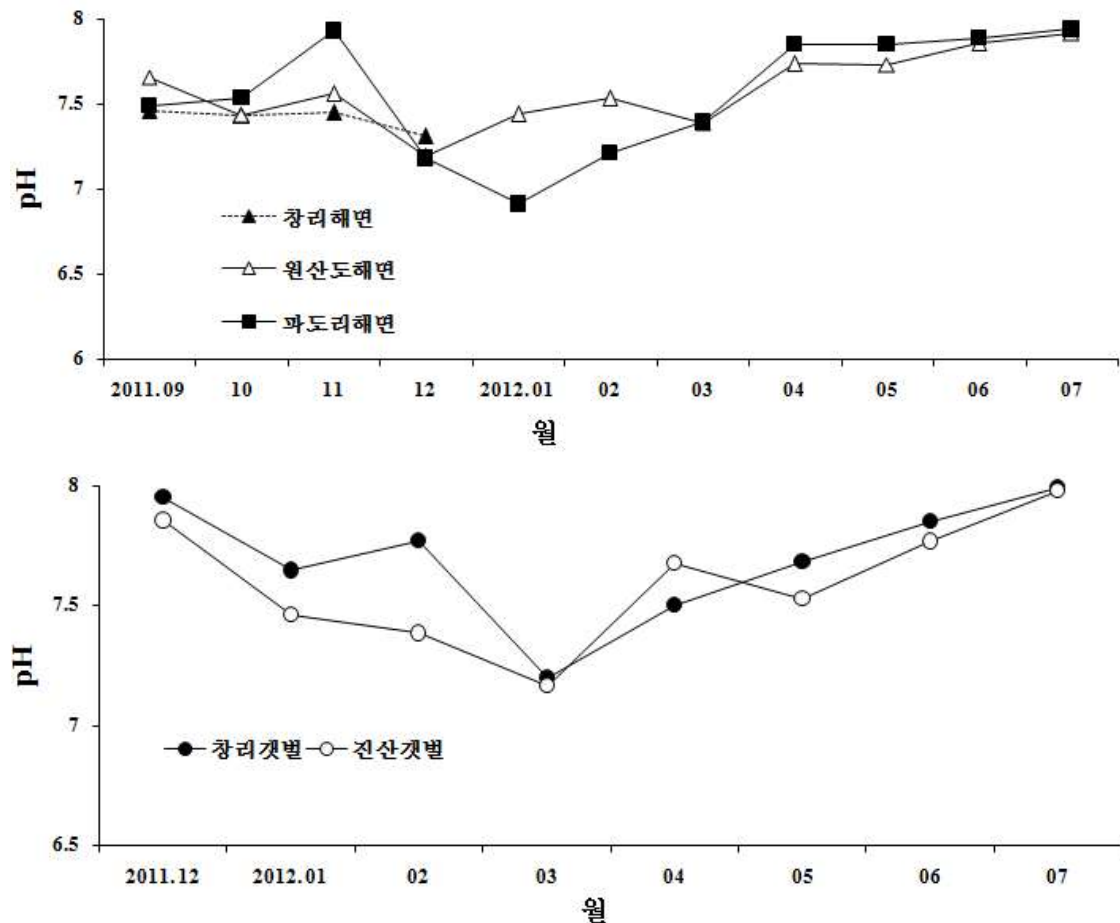


그림 3-1-19. 시험어장의 월별 pH 변화.

각 어장의 평균 월별 pH는 창리 갯벌어장이 7.69로 가장 높게 나타난 반면, 창리 해면어장은 7.41로 가장 낮게 나타났다.

한편, pH가 겨울을 지난 후부터 증가하기 시작한 원인으로는 수온 상승에 따른 식물플랑크톤의 과대번식에 따라 광합성 활동에 의해 많은 양의 CO₂가 소모되었기 때문에 pH가 증가되었을 것이라 사료된다.

본 조사를 통해 각 지역별 pH는 해역수질환경기준(환경정책기본법 시행령, 2003)에 의거하면 창리 해면어장(평균 7.412)은 II등급에 해당되고 파도리 해면어장(평균 7.56)은 II등급, 원산도리 해면어장(평균 7.59)은 II등급에 해당하였다. 그리고 창리 갯벌어장(평균 7.70)은 II등급에 해당되고 진산리 갯벌어장(평균 7.60)은 II등급에 해당하였다.

표 3-1-16. 각 어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) pH 변화

구분	각 어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) pH 변화				
월 별	pH				
	해면			갯벌	
	창리	파도리	원산도리	창리	진산리
2011. 09.	7.46	7.49	7.66	-	-
10.	7.43	7.54	7.43	-	-
11.	7.45	7.93	7.56	-	-
12.	7.31	7.18	7.19	7.95	7.85
2012. 01.	-	6.91	7.44	7.65	7.46
02.	-	7.21	7.53	7.77	7.38
03.	-	7.39	7.39	7.20	7.17
04.	-	7.85	7.74	7.5	7.67
05.	-	7.86	7.73	7.68	7.53
06.	-	7.89	7.86	7.84	7.77
07.	-	7.94	7.92	7.99	7.98

마. 화학적 산소요구량(COD; Chemical Oxygen Demand)

시험어장의 월별 화학적 산소요구량 변화를 그림 3-1-20와 표 3-1-17.에 각각 나타내었다. 지역별 화학적 산소요구량을 분석한 결과, 해면어장 전체의 월별(2011. 09. ~ 2012. 06.) 화학적 산소요구량의 범위는 0.84~2.84 mg/L이고 갯벌어장 전체의 월별(2011. 09. ~ 2012. 06.) 화학적 산소요구량의 범위는 0.88~2.84 mg/L로 나타났다. 이는 전반적으로 해역수질환경 기준으로 COD II등급의 범위(2 mg/L 이하)에 해당되므로 생물이 서식하기에 양호한 환경임을 보여준다.

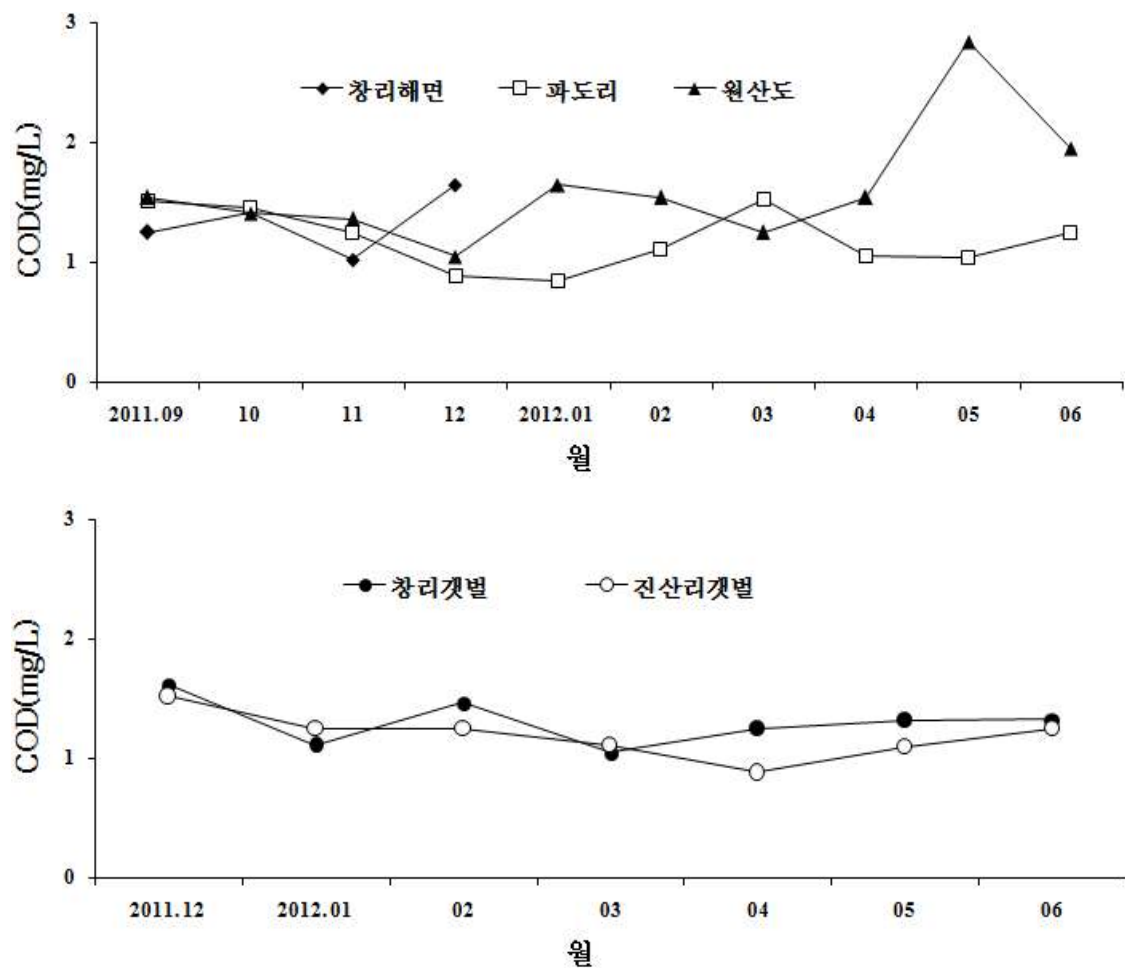


그림 3-1-20. 시험어장의 월별 화학적 산소요구량 변화.

각 어장의 평균 월별 화학적 산소요구량은 원산도리 해면어장이 1.61 mg/L로 가장 높게 나타났으며, 파도리 해면어장과 진산리 갯벌어장이 1.19 mg/L로 가장 낮게 나타났다.

한편, 원산도리 해면어장의 경우 2011년 12월에 최저값을 나타내었고 2012년 4월

과 5월사이에 1.30 mg/L가 증가하면서 모든 시험어장 중 가장 변화폭이 큰 구간임과 동시에 최고값을 나타내었다. 5월 전후로 변화폭이 가장 큰 이유는 영목항을 공사하던 시기가 5월이었다는 것을 생각해 보면 화학적 산소요구량에 공사가 많이 영향을 주었을 것이라 사료된다. 그리고 창리와 진산리 갯벌어장의 최고값이 둘 다 2011년 9월에 나타난 것은 최고값을 보이기 한달 전에 시료에 Mud를 함유하여 COD가 가장 높았을 것이라 판단된다.

본 조사를 통해 각 지역별 화학적 산소요구량은 해역수질환경기준(환경정책기본법 시행령, 2003)에 의거하면 창리 해면어장(평균 1.34mg/L)은 II등급에 해당되고 파도리 해면어장(평균 1.19mg/L)은 II등급, 원산도리 해면어장(평균 1.61mg/L)은 II등급에 해당하였다. 그리고 창리 갯벌어장(평균 1.31mg/L)은 II등급에 해당되고 진산리 갯벌어장(평균 1.19mg/L)은 II등급에 해당하였다.

표 3-1-17. 각 어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) 화학적 산소요구량 변화

구 분	각 어장의 월별(2011. 09. ~ 2012. 07.) 화학적 산소요구량 변화				
월 별	COD (mg/L)				
	해면			갯벌	
	창리	파도리	원산도리	창리	진산리
2011. 09.	1.25	1.51	1.54	-	-
10.	1.42	1.45	1.41	-	-
11.	1.02	1.25	1.36	-	-
12.	1.65	0.88	1.05	1.62	1.52
2012. 01.	-	0.84	1.65	1.11	1.25
02.	-	1.11	1.54	1.47	1.25
03.	-	1.52	1.25	1.05	1.11
04.	-	1.05	1.54	1.25	0.88
05.	-	1.04	2.84	1.32	1.10
06.	-	1.25	1.95	1.33	1.25

바. 부유물질(Suspended solid)

각 시험어장의 계절별 부유물질 농도의 변화양상을 그림 3-1-21와 표 3-1-18에 각각 나타내었다. 조사기간 동안에 해면어장 전체의 월별(2011. 08. ~ 2012. 07.) 부유물질 농도의 범위는 10.3~55.8 mg/L이고, 갯벌어장 전체의 월별 부유물질 농도의 범위는 15.2~65.2 mg/L로 나타났다.

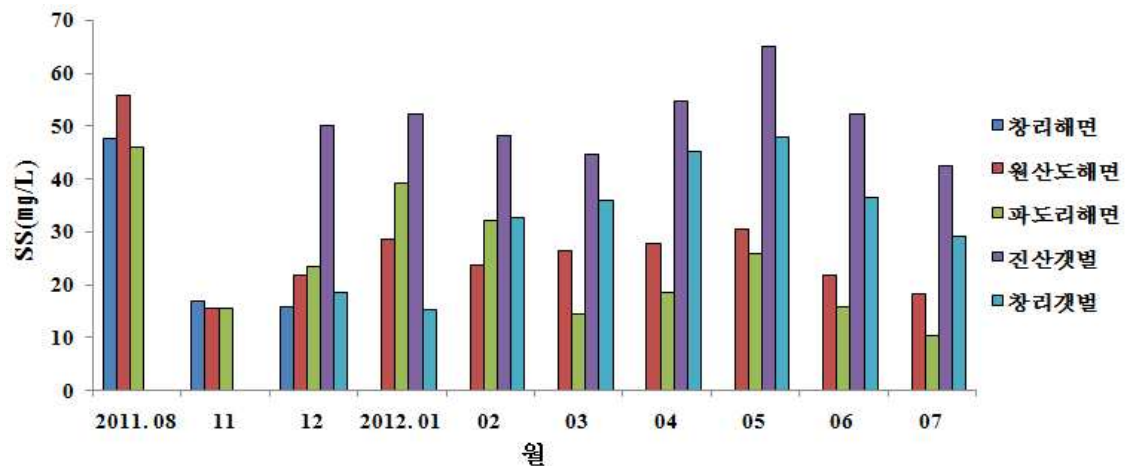


그림 3-1-21. 각 어장의 월별(2011. 08. ~ 2012. 07.) 부유물질 농도 변화.

각 어장의 평균 월별 부유물질 농도는 진산리 갯벌어장이 51.23 mg/L로 가장 높게 나왔으며, 파도리 해면어장은 24.08 mg/L로 가장 낮게 나타났다.

한편, 진산리 갯벌어장의 부유물질 농도값이 2012년 이후 타 지역보다 평균적으로 높은 원인은 인근의 공사장의 영향을 받은 것으로 추정된다. 한편, 해면 어장별 월별 부유물질 농도를 비교해 보면, 세 지역의 해면어장 모두 다른 시기에 비해 2011년 11월에 가장 낮은 값을 나타내었는데 이는 이 시기에 유속이 가장 낮은 것에 기인한 것으로 보인다.

표 3-1-18. 각 어장의 월별(2011. 08. ~ 2012. 07.) 부유물질 농도 변화

구 분	각 어장의 월별(2011. 08. ~ 2012. 07.) 부유물질 농도 변화				
월 별	부유물질 (mg/L)				
	해면			갯벌	
	창리	파도리	원산도리	창리	진산리
2011. 08.	47.7	45.9	55.8	-	-
11.	16.9	15.5	15.4	-	-
12.	15.7	23.5	21.8	18.4	50.1
2012. 01.	-	39.1	28.7	15.2	52.2
02.	-	32.1	23.7	32.8	48.3
03.	-	14.3	26.5	36.0	44.6
04.	-	18.5	27.8	45.2	54.7
05.	-	25.8	30.5	47.9	65.2
06.	-	15.8	21.8	36.5	52.2
07.	-	10.3	18.3	29.2	42.5

사. 영양염류

시험어장의 계절별 영양염류 변화를 그림 3-1-22와 표 3-1-19에 각각 나타내었다. 3개 해면어장의 영양염류 중 DIN(NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N)의 농도 분포범위는 0.174~0.375 mg/L이고, 갯벌어장의 농도 분포범위는 0.070~0.478 mg/L로 갯벌어장의 DIN 농도범위가 더 넓게 나타났다.

해면어장의 PO₄-P 농도 분포범위는 0.011~0.085 mg/L이고, 갯벌어장의 농도 분포범위는 0.014~0.016 mg/L로 해면어장 PO₄-P 농도가 훨씬 높게 나타났다.

해면어장의 SiO₂-Si 농도 분포범위는 0.219~1.420 mg/L이고, 갯벌어장의 농도 분포범위는 0.099~1.000 mg/L로 해면어장의 SiO₂-Si의 농도가 더욱 높게 나타났으며 해면어장의 SiO₂-Si 농도가 더 갯벌어장에 비해 큰 이유는 외해쪽에 규조류가 많기 때문으로 생각된다.

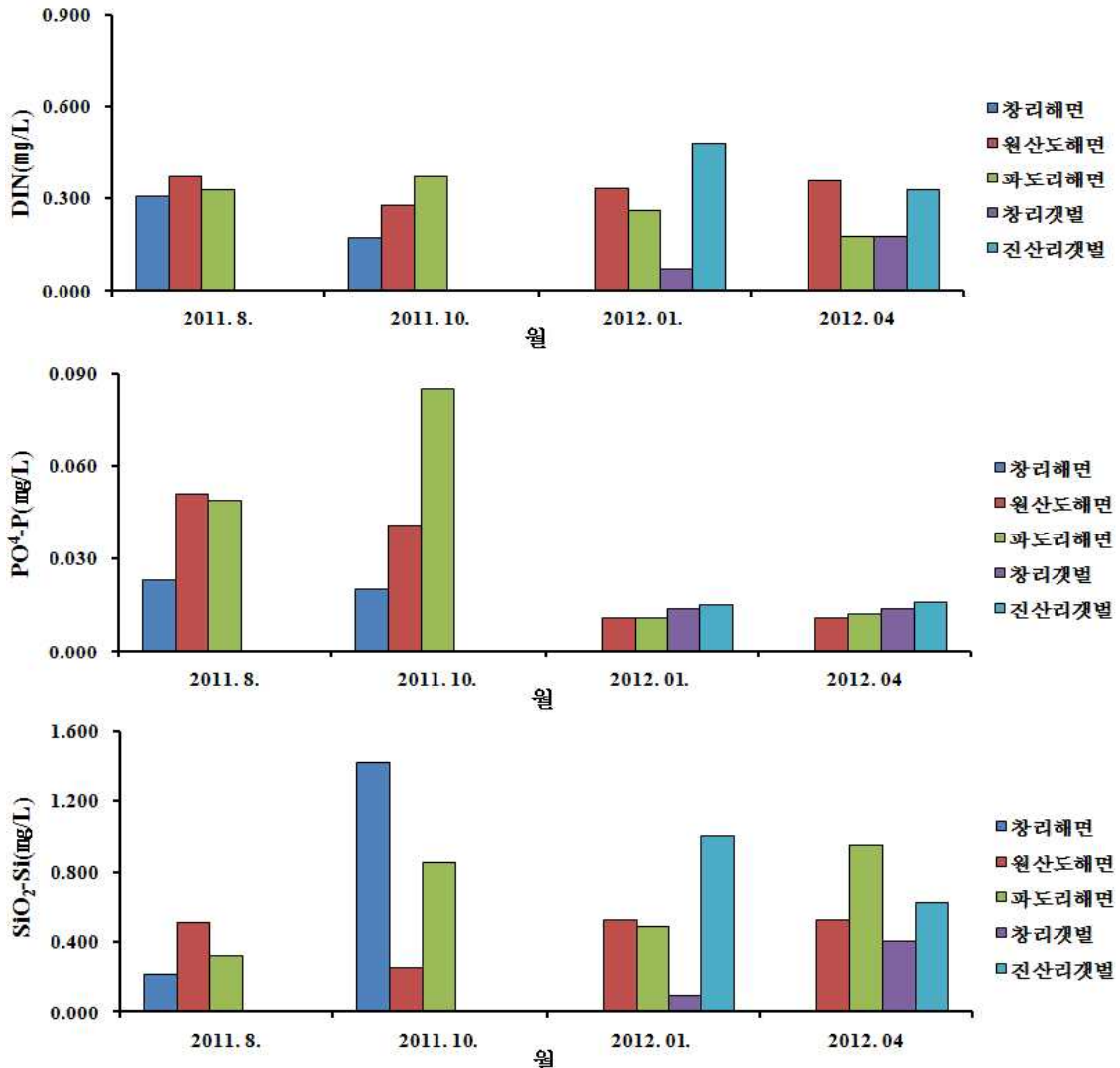


그림 3-1-22. 각 어장의 계절별 영양염류 변화.

각 어장의 평균 DIN(NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N)의 계절별 농도는 진산리 갯벌어장이 0.403mg/L로 가장 높게, 창리 갯벌어장이 0.123mg/L로 가장 적게 나타났고 평균 PO₄-P의 계절별 농도는 원산도리 해면어장이 0.039mg/L로 가장 높게, 창리 갯벌어장이 0.014mg/L로 가장 낮게 나타났으며 평균 SiO₂-Si의 계절별 농도는 창리 해면어장이 0.820mg/L로 가장 높게, 0.250mg/L로 가장 낮게 나타났다.

본 조사를 통해 각 지역별 DIN의 농도는 해역수질환경기준(환경정책기본법 시행령, 2003)에 의거하면 창리 해면어장(평균 0.240mg/L)은 I 등급에 해당되고 파도리 해면어장(평균 0.285mg/L)은 I 등급, 원산도리 해면어장(평균 0.335mg/L)은 II 등급에 해당하였다. 그리고 창리 갯벌어장(평균 0.123mg/L)은 I 등급에 해당되고 진산리 갯벌어장(평균 0.403mg/L)은 II 등급에 해당하였다.

또한, PO₄-P의 농도는 창리 해면어장(평균 0.022mg/L)은 I 등급에 해당되고 파도

리 해면어장(평균 0.285mg/L)은 I 등급, 원산도리 해면어장(평균 0.039mg/L)은 II 등급에 해당하였다. 그리고 창리 갯벌어장(평균 0.014mg/L)은 I 등급에 해당되고 진산리 갯벌어장(평균 0.016mg/L)은 I 등급에 해당하였다.

표 3-1-19. 각 어장의 계절별 영양염류 변화

구 분			2011. 8.	2011. 10.	2012. 01.	2012. 04
DIN (mg/L)	해면	창리	0.305	0.174	-	-
		파도리	0.328	0.375	0.261	0.175
		원산도리	0.373	0.277	0.332	0.359
	갯벌	창리	-	-	0.070	0.175
		진산리	-	-	0.478	0.327
PO ⁴ -P (mg/L)	해면	창리	0.023	0.020	-	-
		파도리	0.051	0.041	0.011	0.011
		원산도리	0.049	0.085	0.011	0.012
	갯벌	창리	-	-	0.014	0.014
		진산리	-	-	0.015	0.016
SiO ₂ -Si (mg/L)	해면	창리	0.219	1.420	-	-
		파도리	0.512	0.254	0.522	0.525
		원산도리	0.320	0.851	0.483	0.953
	갯벌	창리	-	-	0.099	0.401
		진산리	-	-	1.000	0.618

아. Chlorophyll a

각 시험어장의 월별 Chlorophyll-a 농도분포를 그림 3-1-23와 표 3-1-18에 나타내었다. 조사기간 동안에 월별(2011. 8~2012. 7) 해면어장 전체의 Chlorophyll-a의 농도 분포범위는 0.23~15.28 µg/L이고 월별 갯벌어장 전체의 Chlorophyll-a의 농도 분포범위는 1.25~8.12 µg/L로 나타났다.

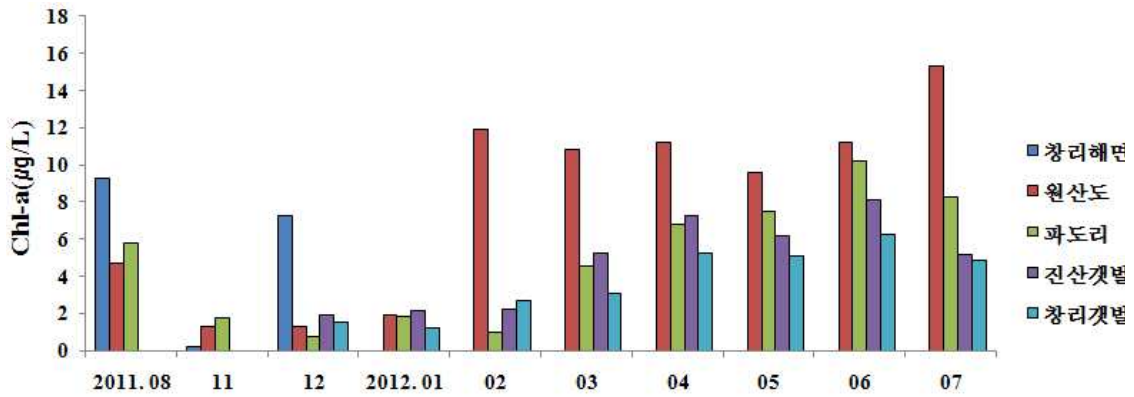


그림 3-1-23 시험어장의 월별 Chlorophyll-a 변화

또한, 원산도리 해면어장이 평균 7.93 $\mu\text{g/L}$ 로 Chlorophyll a의 수치가 가장 높은 것으로 보아 식물플랑크톤의 성장 및 증식이 가장 활발했을 것으로 생각된다.

표 3-1-20. 각 어장의 월별(2011. 08. ~ 2012. 07.) Chlorophyll a 변화

구 분	각 어장의 월별(2011. 08. ~ 2012. 07.) Chlorophyll a 변화				
월 별	Chlorophyll a ($\mu\text{g/L}$)				
	해면			갯벌	
	창리	파도리	원산도리	창리	진산리
2011. 08.	9.28	5.78	4.74	-	-
11.	0.23	1.78	1.28	-	-
12.	7.28	0.80	1.33	1.52	1.94
2012. 01.	-	1.87	1.95	1.25	2.16
02.	-	0.99	11.92	2.74	2.25
03.	-	4.58	10.82	3.12	5.22
04.	-	6.82	11.22	5.22	7.23
05.	-	7.52	9.55	5.11	6.15
06.	-	10.22	11.22	6.22	8.12
07.	-	8.24	15.28	4.85	5.21

자. 식물플랑크톤

식물플랑크톤은 전 해역에서 2011년 9월과 2011년 11월에 총 43종이 동정 되었고 2012년 4월과 2012년 6월에는 60종이 동정되었다. 2011년 9월과 11월에는 규조류가 37종으로 전체의 77%를 차지하여 가장 우점하였다. 그 다음으로 와편모조류가 8종(17.8%)이었고, 그 밖에 유글레나류 1종(2.1%), 황색편모조류 1종(2.1%), 은편모조류 1종(2.1%)가 출현하였다. 2012년 4월과 6월에는 규조류가 50종으로 전체의 83.3%를 차지하여 가장 우점한 분류군으로 조사되었다. 그 다음으로 와편모조류가 약 7종(10.8%)으로 주요 생물군으로 출현하였으며, 그밖에 황색편모조류 약 2종(3.3%) 녹조류 약 1종(1.6%), 은편모조류 약 1종(1.3%)이 출현하였다(그림 3-1-24).

조사 시기에 따른 각 정점별 우점종 분포는 표 3-1-19, 표 3-1-20, 표 3-1-21에 나타내었다.

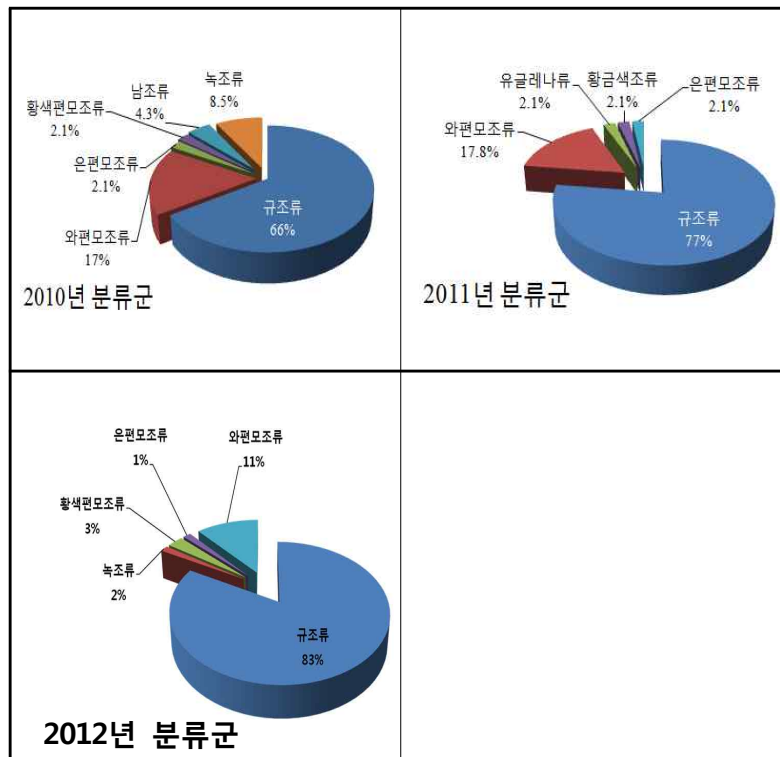


그림 3-1-24. 식물플랑크톤의 분류군별 출현종수.

표 3-1-21. 2011년 9, 11월 식물플랑크톤 우점종

조사날짜	조사지역	우점종	종 풍부도 (cells/L)	우점률 (%)
2011. 09	원산도리	<i>Cryptomonads</i>	333,569	27.54
		<i>Eucampia zodiacus</i>	297,264	24.54
	파도리	<i>Skeletonema costatum</i>	746,200	39.64
		<i>Thalassiosira</i> sp.	550,083	29.22
	창리	<i>Thalassiosira</i> sp.	466,258	43.75
		<i>Skeletonema costatum</i>	238,037	22.33
2011. 11	원산도리	<i>Paralia sulcata</i>	4,982	30.44
		<i>Cylindrotheca closterium</i>	2,135	13.04
	파도리	<i>Licmophora</i> sp.	11,930	52.45
		<i>Cryptomonads</i>	6,104	26.83
	창리	<i>Chaetoceros</i> sp.	1,212	22.22
		<i>Thalassiosira</i> sp.	606	11.11

표 3-1-22. 2011년 12월, 2012년 1월 식물플랑크톤 우점종

조사날짜	조사지역	우점종	종 풍부도 (cells/L)	우점률 (%)
2011. 12	원산도리	<i>Paralia sulcata</i>	29,444	39.55
		<i>Pseudo-nitzschia punggens</i>	9,444	12.69
	파도리	<i>Paralia sulcata</i>	51,974	63.41
		<i>Cryptomonads</i>	7,330	8.94
	창리	<i>Pseudo-nitzschia punggens</i>	237,856	64.81
		<i>Rhizosolenia</i> sp.	69,591	18.96
2012. 01	원산도리	<i>Skeletonema costatum</i>	184,000	70.20
		<i>Thalassiosira condensata</i>	20,559	7.84
	파도리	<i>Paralia sulcata</i>	23,978	40.51
		<i>Skeletonema costatum</i>	21,730	36.71

표 3-1-23. 2012년 4, 6월 식물플랑크톤 우점종

조사날짜	조사지역	우점종	종 풍부도 (cells/L)	우점률 (%)
2012. 04	원산도리	<i>Skeletonema costatum</i>	109,444	59.65
		<i>Paralia sulcata</i>	2,9124	16.21
	파도리	<i>Skeletonema costatum</i>	81,974	53.41
		<i>Cryptomonads</i>	27,989	14.27
2012. 06	원산도리	<i>Cryptomonads</i>	162,422	48.22
		<i>Paralia sulcata</i>	80,559	20.24
	파도리	<i>Cryptomonads</i>	152,978	44.32
		<i>Skeletonema costatum</i>	52,820	32.76



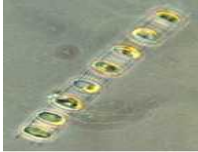

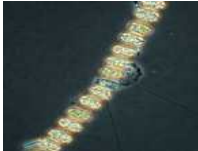
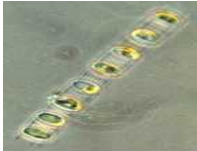
2011.09.	원산도		
		<i>Cryptomonads</i> 10-15×9-12 μ m	<i>Eucampia zodiacus</i> 8×80 μ m
	파도리		
		<i>Skeletoema costatum</i> 2×20 μ m	<i>Thalassiosira</i> spp. 4×32 μ m
	창리		
		<i>Thalassiosira</i> spp. 4×32 μ m	<i>Skeletoema costatum</i> 2×20 μ m

그림 3-1-25. 2011년 9월 세 지역에서의 식물플랑크톤 우점종

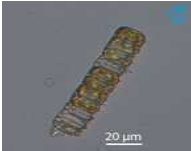





2011.11.	원산도		
		<i>Paralia sulcata</i>	<i>Cylindrotheca closterium</i>
		3×45μm	2.5×8μm
	파도리		
		<i>Licmophora</i> sp.	<i>Cylindrotheca closterium</i>
		5×13μm	2.5×8μm
	창리		
		<i>Chaetoceros</i> sp.3	<i>Thalassiosira</i> spp.
		3×20μm	4×32μm

그림 3-1-26. 2011년 11월의 세 지역에서의 식물플랑크톤 우점종 사진

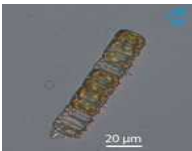

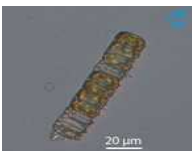



2011.12.	원산도		
		<i>Paralia sulcata</i>	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>
		3×45μm	3×4.5μm
	파도리		
		<i>Paralia sulcata</i>	<i>Cryptomonads</i>
		3×45μm	10-15×9-12μm
	창리		
		<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	<i>Rhizosolenia</i> sp.
		3×4.5μm	2.5×57μm

그림 3-1-27. 2011년 12월의 세 지역에서의 식물플랑크톤 우점종 사진

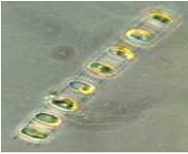

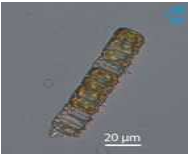
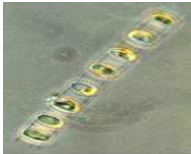
2012. 01.	원산도		
		<i>Skeletoema costatum</i>	<i>Thalassiosira condensata</i>
		2×20 μ m	8×70 μ m
	파도리		
		<i>Paralia sulcata</i>	<i>Skeletoema costatum</i>
		3×45 μ m	2×20 μ m

그림 3-1-28. 2012년 1월의 두 지역에서의 식물플랑크톤 우점종 사진



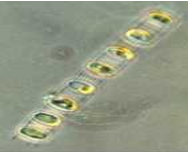

2012. 04.	원산도		
		<i>Skeletoema costatum</i>	<i>Paralia sulcata</i>
		2×20 μ m	3×45 μ m
	파도리		
		<i>Skeletoema costatum</i>	<i>Cryptomonads</i>
		2×20 μ m	10-15×9-12 μ m

그림 3-1-29. 2012년 4월의 원산도리와 파도리의 식물플랑크톤 우점종 사진


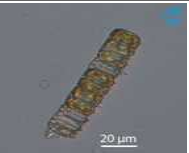


2012.06.	원산도		
		<i>Cryptomonads</i>	<i>Paralia sulcata</i>
		10-15×9-12 μ m	3×45 μ m
	파도리		
		<i>Cryptomonads</i>	<i>Skeletoema costatum</i>
		10-15×9-12 μ m	2×20 μ m

그림 3-1-30. 2012년 6월의 원산도리와 파도리의 식물플랑크톤 우점종 사진

제 2 절 갯벌참굴 해면 중간육성 시험

1. 서론

갯벌참굴 양식에서 종패의 중간육성 과정은 양식생산 주기를 앞당기면서 생존율을 높이고, 우량종패의 선별 입식을 통한 고품질의 상품생산으로 양식의 경제성을 확보하는데 매우 중요한 요소이다. 기존의 갯벌참굴 양식방법은 육상에서 종패를 생산한 후 곧바로 갯벌 본양성장에 넣어 기르거나 종묘배양장에서 생산된 각고 0.3~0.5 cm 전후 크기의 종패를 갯벌양식장에 옮겨 1~3 cm 크기의 종패로 키워 본양성용 종패로 사용해왔다. 그러나 너무 어린 종패(각고 0.3~0.5 cm)를 갯벌에서 중간육성을 시킬 경우, 밤과 낮의 온도차 및 조석 노출에 의한 충격과 초기 먹이공급 제한 등으로 성장이 늦고 폐사율이 증가하고 있으며, 특히 상품의 품질을 결정하는 정상형태의 껍데기를 가진 우량 상품 생산 비율이 낮은 단점이 있어 왔다. 또 하나는 종묘배양장에서 조기 종묘 생산시 가온에 따른 생산비 증가와 종패가 성장함에 따라 육상수조에서의 수용력이 한계를 보이고 있어 종패 단계에서 신속히 갯벌 또는 해면 중간육성장으로 옮겨 중간육성에 임하는 것이 종패 생산비를 줄이고 성장을 촉진시켜 우량종패 생산비율을 높일 수 있는 것으로 여겨진다.

따라서 본 연구는 양성용 갯벌참굴 중간육성 종패의 대량생산과 우량종패의 안정적 공급을 위해 해면에서 각고 2~5 cm 크기까지의 밀도별 성장 및 폐사율 등의 특성을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

가. 갯벌참굴 해면 중간육성 시험 및 해면 중간육성 종패의 본 양성 적용 시험

1) 조사 지역 현황

갯벌참굴의 해면 중간육성 시험은 충남 서산시 부석면 창리 해면과 충남 태안군 소원면 파도리 해면, 충남 보령시 오천면 원산도리 해면 등의 3개소에서 수행되었다. 갯벌참굴 해면 중간육성장이 위치한 서산 창리 해면 중간육성 시범어장은 천수만의 가장 내측으로 부남호 담수방류 수문으로부터 약 2km 지점에 위치한다. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시범어장은 근소만의 입구와 가까운 외해성 내

만어장이다. 보령시 원산도 해면 중간육성 시범어장은 천수만의 입구에 위치한 외해성 내만으로 수온 및 염분 변동 폭이 창리에 비해 안정된 곳이다.

2) 참굴 성장도 조사

해면 중간육성장의 경우, 매월 1회씩 3개의 양성가두리(L 1.8m×W 60cm×H 50cm)에서 참굴 시료 100개체를 무작위 채취하여 초저온 냉동고(DF8510)에 냉동보관 하였다. 성장도를 측정하기 위하여 패각에 부착되어 있는 부착생물 등을 깨끗이 제거한 후, Cho et al.(1999)등에 의한 각장, 각고, 각폭은 버니어캘리퍼스로 0.01mm까지 측정하였고, 전중량과 육중량은 전자저울(HM-200)로 0.001g 까지 측정하였다(그림 3-2-1.).

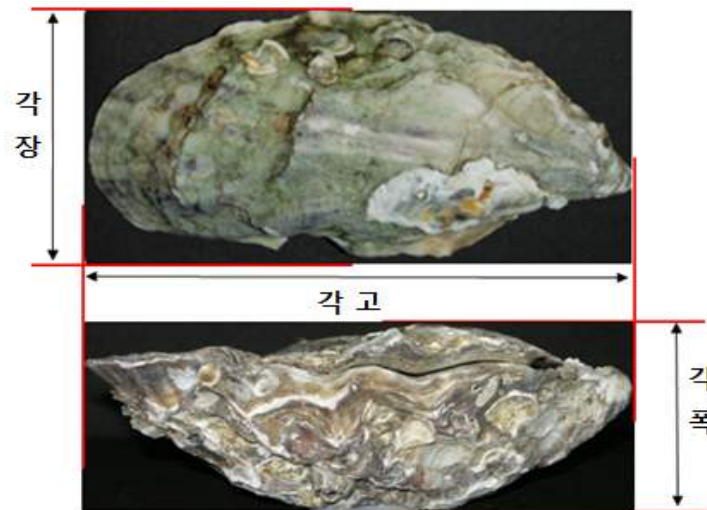


그림 3-2-1. 갯벌참굴 패각의 성장도 조사 측정 부위

3) 중간육성 종패의 밀도별 성장도 조사

밀도별 실험 양성기는 종패의 크기에 따라서 1mm, 3mm, 5mm 망목을 제작하여 망목 mesh 1mm 에서 초기 입식 치패의 양성기 규격에 따른 양성밀도를 100,000, 50,000, 30,000개체씩 밀도별 입식하여 중간육성 종패의 최종 목표 크기인 1~5cm 크기까지 육성하는데 종패의 크기별 입식 적정밀도, 소요 일수 등을 파악하기 위하여 입식 후, 약 1cm 내외가 도달하는 7일령에 3mm 양성기에 종패 크기별 선별작업을 실시하여 약 2cm 크기에 도달 하는 시기에는 3mm 양성기로 교체하고 종패의 크기에 달리하여 30,000개체, 20,000개체, 10,000개체 씩 양성기에 입식하여 밀도별 각고, 각장, 전중량, 생존율에 실험을 실시하였으며, 최종 중간육성 종패에 도달하는 시기에는 양성기 망목 5mm 크기로 교체하고 양성기 밀도별 입식 마리수를 10,000개

체, 5,000개체, 3,000개체씩 수용하여 중간육성 종패의 생산을 위한 실험을 실시하였다.



그림 3-2-2. 갯벌참굴 밀도별 성장도 조사

4) 중간육성 종패의 본 양성 적응시험

중간육성 종패의 본 양성 적응시험은 창리, 진산리, 이원지구 갯벌어장에서 노출 시간별(1, 3, 5시간)로 3개의 양성망에 각각 250개체씩 수용하고 약 7개월간 양성 적응시험을 실시하였다. 각 지역별 갯벌참굴의 성장도를 측정하기 위하여 시료 50개체/양성망 를 무작위 채취하여 패각에 부착되어 있는 부착생물 등을 깨끗이 제거한 후, Cho et al.,(1999)등에 의한 각장, 각고, 각폭은 버니어캘리퍼스로 0.01mm까지 측정하였고, 전중량과 육중량은 전자저울(HM-200)로 0.001g 까지 측정하였다(그림 3-2-3).

5) 통계처리

각 실험결과로부터 얻어진 자료 값 사이의 유의차 유무는 SPSS 통계패키지 (SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석을 통해 해역별

로 평균간의 유의성 ($P < 0.05$)을 검정하였다. 한편 지역별 각고 및 전중량의 일일성장도(DGR: Daily Growth Rate, %)를 비교하기 위해 아래와 같은 식을 이용하여 산출하였다.

$$\frac{W_t - W_o}{\frac{W_t + W_o}{2} \times t} \times 100$$

W_t = t 시간 경과 후 무게(크기)

W_o = 실험 시작 무게(크기)

t = 시험기간(일수)



갯벌참굴 해면 중간육성 종패선별



해면 가두리 중간육성 조사



중간육성 시험종패 측정



해면 중간육성 가두리에서 성장중인 종패



중간육성 시험종패 무게 측정



해면 중간육성시험 가두리 입식

그림 3-2-3. 갯벌참굴 해면 중간육성 시험 조사 과정

3. 결과 및 고찰

가. 갯벌참굴 해면 중간육성 시험

1) 해면 중간육성 시험의 지역별 성장도 비교

가) 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험

갯벌참굴 종패의 해면 중간육성의 목적은 실내 인공종묘 배양장에서 산란·수정·부화·착저단계를 거친 종패를 자연 먹이가 풍부한 해면 가두리 시설에 순치한 다음, 각각의 밀도별 양성기에 옮겨 각고 2~5 cm 크기의 양식용 종패단계까지 안정적으로 사육관리가 가능한지를 규명하기 위함이다.

본 시험을 위해 민간업체로부터 인공종묘 생산된 종패크기 각고 약 10~15mm를 30만패를 구입하여 2011년 9월 양성가두리(L 1.8m×W 60cm×H 50cm)에 각고 16.18mm, 각장 8.48mm, 각폭 5.36mm, 전중량0.22g, 육중량 0.04의 종패를 입식시킨 후 약 4개월간 시험한 해면 중간육성 2차년도 시험 결과를 표 3-2-1, 그림 3-2-4, 3-2-5, 3-2-6, 3-2-7, 3-2-8에 각각 나타내었다.

①성장도

시험 결과, 12월에 각고 49.77mm, 각장 22.43mm, 각폭 14.53mm, 전중량 5.28g, 육중량 1.37g으로 수평망식 본 양성장에서 양성하기 알맞은 크기로 성장하였고 각고의 일일 성장률은 1.05%, 전중량의 일일 성장률은 1.90%으로 산출되었다.

중간육성 기간 중, 월별 평균 성장도 변화를 보면, 각고, 각장의 성장은 수온이 가장 높은 9~10월에 가장 높은 성장을 보였고, 전중량과 육중량의 경우, 수온이 급격히 낮아진 11~12월에 가장 높은 증가를 나타냈다.

②누적 폐사율

중간육성 기간 중에 누적 폐사율은 10월에 3.3%, 11월에 6.6%, 12월에 16.6%가 폐사하여 수온이 급격히 낮아진 12월에 폐사율이 가장 높았다(그림 3-2-8).

③각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계

한편, 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계를 그림 3-2-9, 3-2-10, 3-2-11에 각각 나타내었다. 각고와 각장의 관계(그림 3-2-9)는 2차 다항식 회귀분석 결과, 곡선($y=0.003x^2+0.606x-0.317$) 추세선을 보이며 특히 10~11월부터 각고축으로 가파른 경향을 보여 시간이 지남에 따라 각장에 비해 각고의 성장이 높아짐을 보였고, 이 때 결정계수(R^2)의 값은 0.868으로 나타나,

각고와 각장의 관계는 상호 유의적으로 성장하고 있음을 시사하였다. 이에 반해 각고와 각폭의 관계(그림 3-2-10)는 직선($y=-7E-05x^2+0.259x+1.172$)관계를 보여 시간이 지나도 두 지표간에는 비례하게 성장함을 보였으며, 0.885의 높은 결정계수(R^2)값을 보였다. 한편, 각고와 전중량과의 관계(그림 3-2-11)는 각고-각장의 관계와 유사하게 2차 다항식 회귀곡선($y=0.002x^2-0.032x-0.118$)을 보이며, 10~11월부터 전중량 축으로 가파른 경향을 보여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 전중량이 증가함을 알 수 있고, 0.839의 결정계수(R^2)값을 보였다.

표 3-2-1. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 성장도

구 분	양성기간 11. 9. 22~12. 28			
월 별	각고(mm)	각장(mm)	전중량(g)	폐사율(%)
9	16.18	8.48	0.22	0
10	32.63	16.61	1.14	3.3
11	36.69	16.14	1.96	6.6
12	49.77	22.43	5.28	16.6

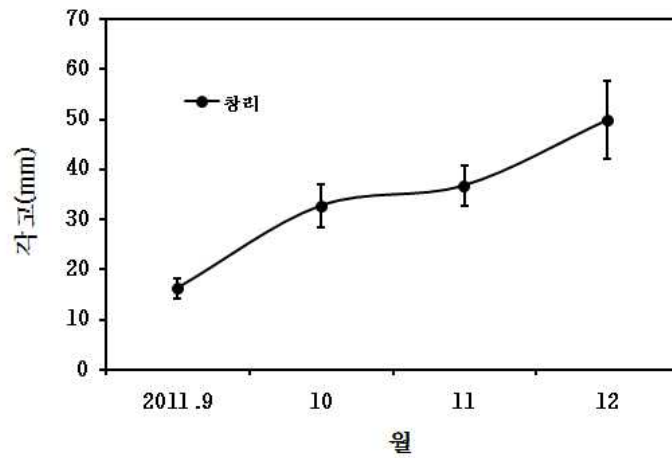


그림 3-24. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각고 성장

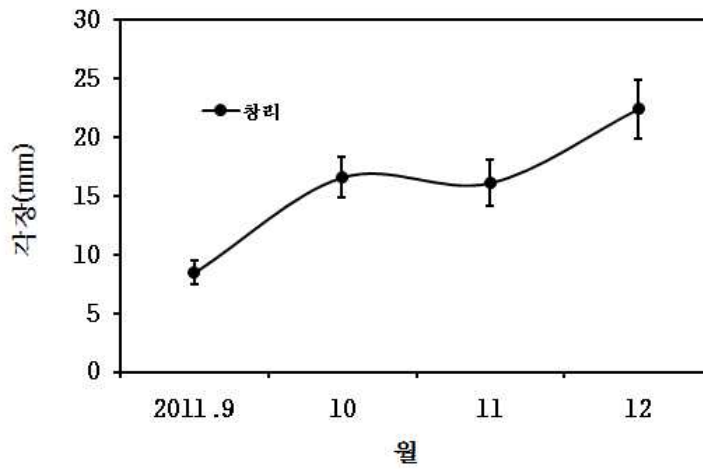


그림 3-25. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장 성장

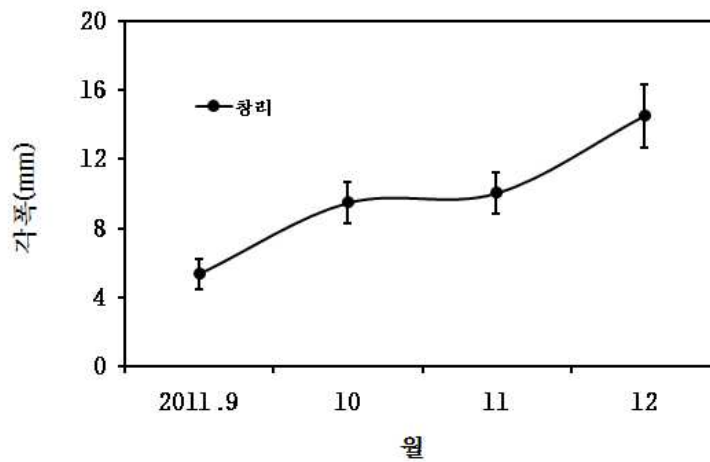


그림 3-26. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭 성장

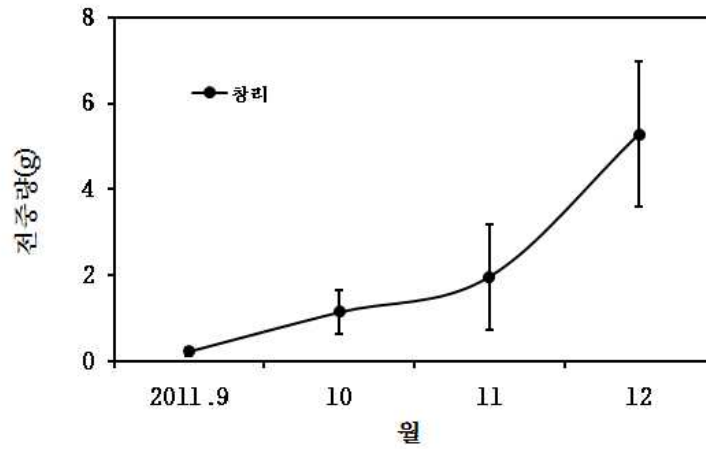


그림 3-27. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 진중량 변화

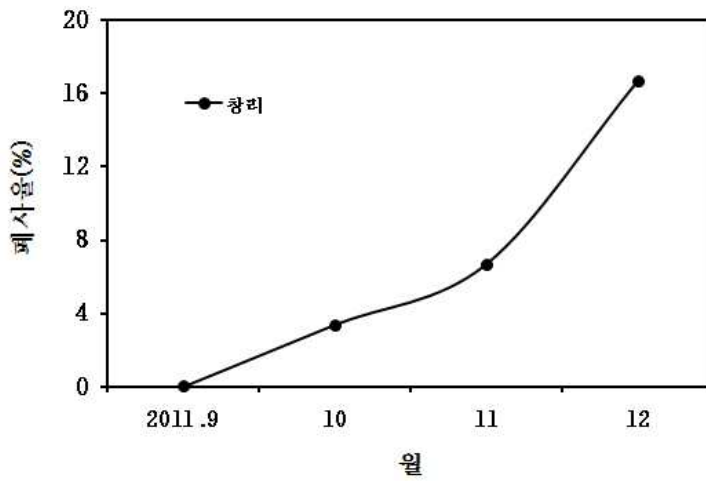


그림 3-28. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 폐사율

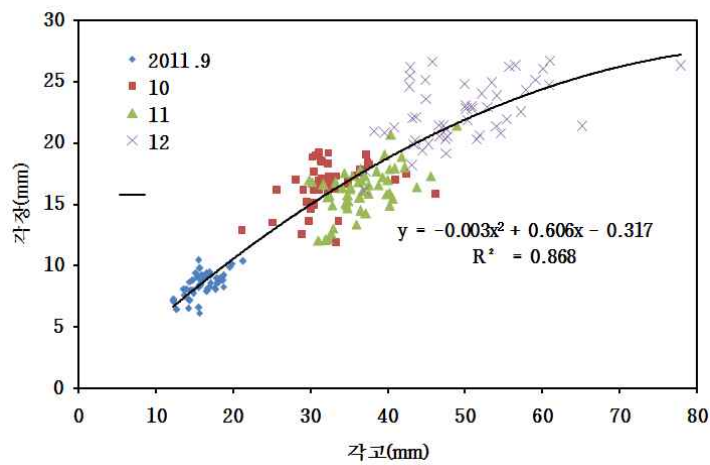


그림 3-29. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장 각고와의 관계

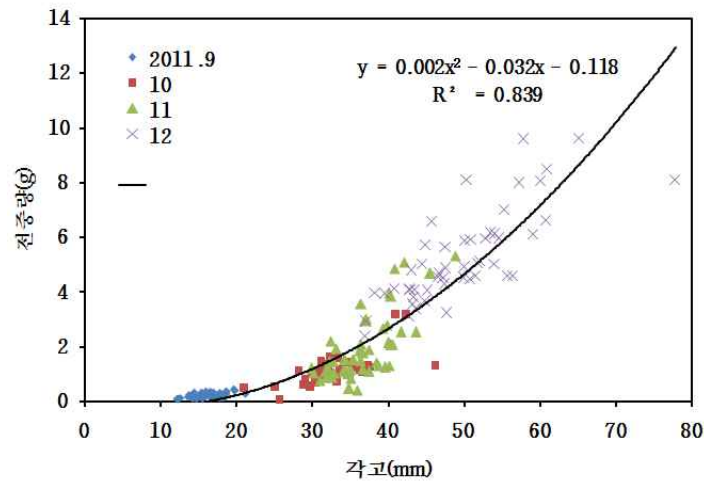


그림 3-210. 서산시 부석면 창리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 전중량 각고와의 관계

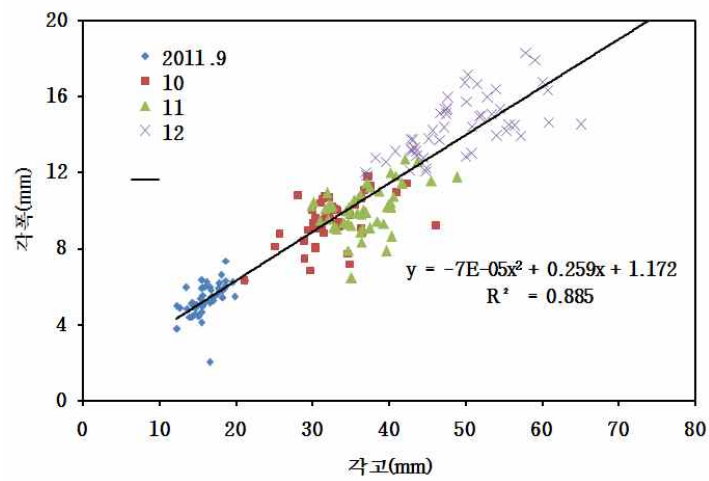


그림 3-211. 서산시 부석면 창리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭 각고와의 관계

④ 밀도별 성장 및 누적 폐사율

창리 해면의 중간육성 밀도별 시험은 종패의 크기에 따라 양성기의 망목을 1mm, 3mm, 5mm로 제작하였다. 양성기의 망목은 종패의 입식 크기에 따라 각고 2~7 mm 일 때 양성기 망목(mesh)은 1 mm, 각고 10 mm 일 때 망목 2mm, 각고 20 mm 일 때 망목 3 mm, 각고 30 mm 이상은 5 mm mesh의 망목을 사용하였다.

양성기의 규격에 따른 수용밀도는 최초 입식 시 각고 2~7 mm 일 때 100,000~150,000개체를 수용한 후 5~7일 이내에 2 mm mesh 양성기로 분조하고, 각고 10~20 mm 내외 크기 종패는 50,000~30,000개체 밀도에서 약 7~9일 이내에 분조하였다. 각고 20~30 mm 내외 크기 종패는 20,000~10,000개체 밀도에서 약 7~9일 이내에 다시 분조하고, 각고 30~50 mm 내외 크기 종패는 10,000~3,000개체 밀도에서 약 7~9일 이내에 분조하여 전체 해면 중간육성 기간이 약 45~60일 내외에 이르면서 각고 크기는 30~50 mm의 중간 종패로 성장하였다.

창리 해면 중간육성 시험에서 각고 성장은 10월 11일(입식 19일 후)에 30,000개체 중간육성 밀도 시험구에서는 각고 30.18mm로 18.87 mm가 성장하였으며, 20,000개체 밀도구에서는 31.13 mm로 19.82mm, 10,000개체에서는 33.21mm로 20.82mm가 성장하여 밀도가 낮을수록 높은 성장도를 보였다. 11월 3일 42일령이 경과되는 시기의 성장도는 양성밀도 10,000개체에서는 각고 43.18mm로 9월 22일에 비해 31.87mm가 성장하였으며, 5,000개체 밀도에서는 44.12mm로 32.81mm가 성장하였고, 3,000개체 밀도에서는 44.76mm로 33.45mm 가 성장하였다. 양성시험이 종료되는 입식 후 50일경에는 양성기 수용밀도 10,000개체에서는 각고 44.42mm로 33.11mm가 성장하였고, 5,000개체 밀도는 48.16mm로 36.85mm가 성장하였으며, 3,000개체 밀도에서는 50.25mm로 38.94mm가 성장하였다.

전체적으로 입식 시기로부터 해면 중간종패 육성기간 동안의 성장도는 평균 각고 10 mm 내외 크기를 입식할 경우 양성기간이 약 50일 정도가 경과하면 각고 5 cm 전후의 갯벌 본양성용 종패로 사용이 가능한 것으로 나타났다(표 3-2-2).

창리 해면 중간육성 기간 중의 전중량 변화는 9월 22일 입식시 0.14g에서 10월 11일 1.36g, 11월 3일 5.32g, 11월 11일 6.04g으로 매우 빠른 증중량을 보였고, 누적 폐사율은 수용밀도 10,000개체 밀도에서 34%, 5,000개체 밀도에서 27%, 3,000개체 밀도에서 25%를 각각 나타내었다.

표 3-2-2. 서산시 부석면 창리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴 종패의 밀도별 성장도

구 분	11. 9.22~11.11 (양성기간 50일)				
월 별	밀도별(개체)	각고(mm)	각장(mm)	전중량(g)	폐사율(%)
9.22(1mm망)	100,000	10.51	6.21	0.13	19
	50,000	11.33	6.35	0.14	15
	30,000	12.10	6.38	0.15	10
10.11(3mm망)	30,000	30.18	12.97	1.33	26
	20,000	31.13	13.81	1.35	21
	10,000	32.13	13.93	1.39	16
11.3(5mm망)	10,000	43.18	24.78	5.28	31
	5,000	44.12	25.31	5.31	25
	3,000	44.76	25.65	5.36	21
11.11(5mm망)	10,000	44.42	24.98	5.12	34
	5,000	48.16	26.67	6.06	27
	3,000	50.25	26.94	6.95	25

나) 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험

본 시험을 위해 민간업체로부터 인공종묘 생산된 종패크기 각고 약 10~15mm를 30만패를 구입하여 약 4개월(97일)간 시험한 해면 중간육성 2차년도 결과를 표 3-2-3, 그림 3-2-12, 3-2-13, 3-2-14, 3-2-15, 3-2-16에 나타내었다.

①성장도

시험 결과, 2011년 9월 양성가두리(L 1.8m×W 60cm×H 50cm)에 각고 12.25mm, 각장 7.06mm, 각폭 4.43mm, 전중량 0.17g, 육중량 0.07g의 종패를 입식시킨 후, 약 4개월 후인 12월에 각고 36.51mm, 각장 16.54mm, 각폭 9.44mm, 전중량 2.33g, 육중량 0.89g으로 수평망식 본 양성장에서 양성하기 알맞은 크기로 성장하였고 각고의 일일 성장률은 1.03%, 전중량의 일일 성장률은 1.78%으로 산출되었다.

중간육성 기간 중, 월별 평균 하였고 성장도 변화를 보면, 각고, 각장의 성장은 수온이 가장 높은 10월에 가장 높은 성장을 수온이 낮은 1월에 가장 낮은 성장을 보인 반면에 전중량과 육중량의 경우, 수온이 가장 낮은 2월에 가장 높은 증가를 하였고 수온이 올라가는 시기인 3월에 가장 낮은 증가를 하였다.

②누적 폐사율

중간육성 기간 중 누적 폐사율은 2011년 10월에 10.0%, 11월에 10%, 12월에 16.6%, 2012년 1월에 20.0%, 2월에 30.0%로 수온이 가장 낮은 2월에 가장 높은 폐사율을 보였고, 3월에 36.6%로 나타났다(그림 3-2-16).

③각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계

파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계를 그림 3-2-17, 3-2-18, 3-2-19에 각각 나타내었다. 각고와 각장의 관계(그림 3-2-17)는 2차 다항식 회귀분석 결과, 직선($y=-0.001x^2+0.440x+2.043$) 추세선을 보이나 시간이 지나도 비례하게 성장함을 보였으며, 결정계수(R^2)의 값은 0.782로 나타났다. 이에 반해 각고와 각폭의 관계(그림 3-2-18)는 곡선($y=-0.001x^2+0.309x-1.083$) 추세선을 보여 시간이 지남에 따라 각폭에 비해 각고가 성장함을 보여주며, 높은 분산값으로 인해 0.679의 낮은 결정계수(R^2)값을 보였다. 각고와 전중량과의 관계(그림 3-2-19)는 각고-각폭의 관계와 유사하게 곡선($y=0.004x^2-0.127x+1.145$)을 보이며, 전중량측으로 가파른 경향을 보여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 전중량이 증가함을 알 수 있고, 0.676의 결정계수(R^2)값을 보였다.

④고찰

한편, 2차년도 양성망 가두리 내에서 종패는 조류 및 파도에 의해 바닥에 균일하게 분포하지 않고 한쪽에 몰려 쌓이는 현상이 발견되었으며, 이 때 밑바닥에 깔려 있는 개체들은 성장이 느리거나 일부 폐사가 나타났다. 따라서 종패의 중간육성 관

리는 개체들이 한쪽으로 몰리지 않게 수시로 골고루 분산시켜 주는 작업이 필요하며, 종패의 크기에 따른 성장차이를 줄이기 위해서는 분망작업을 주 1회 이상 실시하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

표 3-2-3. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 성장도

구 분	양성기간 11 . 9 . 22 ~ 12 . 7 . 16.			
	각고(mm)	각장(mm)	전중량(g)	폐사율(%)
2011. 9. 22.	12.25	7.06	0.17	0
10. 01.	28.63	12.71	0.72	10.0
11. 03.	34.37	14.09	1.24	10.0
12. 27.	36.51	16.54	2.33	16.6
2012. 1. 27.	35.09	16.15	2.46	20.0
2. 22.	39.76	19.22	5.29	30.0
3. 02.	42.55	18.87	10.16	36.6
-	-	-	-	-
2차 5. 24	3.23	3.12	0.03	-
6. 15	6.52	6.52	0.05	-
7. 09.	8.54	8.54	0.13	-
7. 16.	17.14	17.14	0.4	-

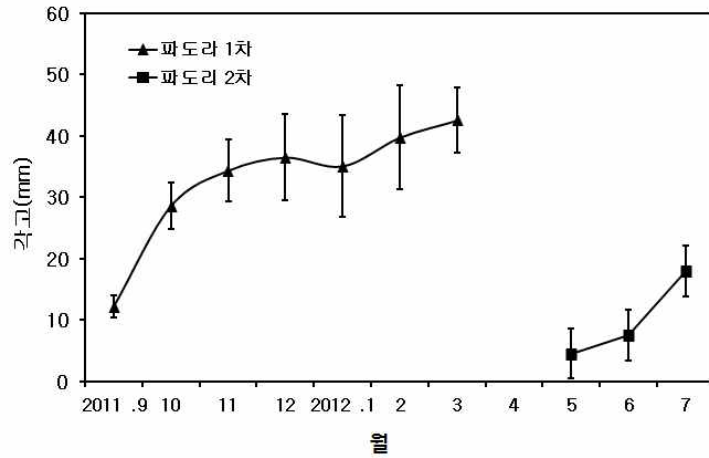


그림 3-2-12 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각고 성장

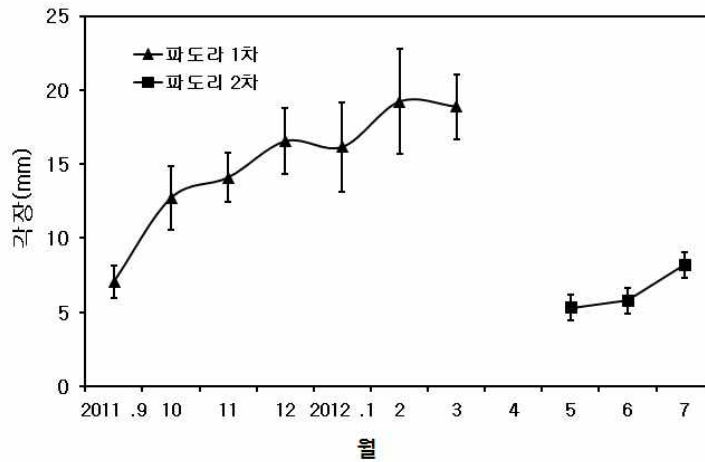


그림 3-2-13 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장 성장

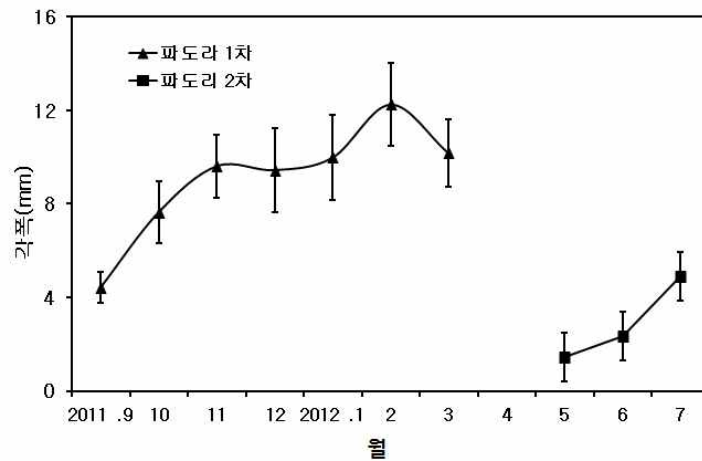


그림 3-2-14 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭 성장

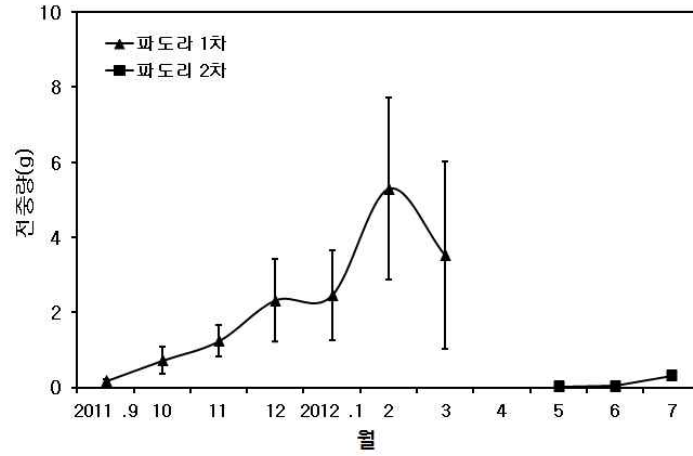


그림 34-15. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 잔중량 변화

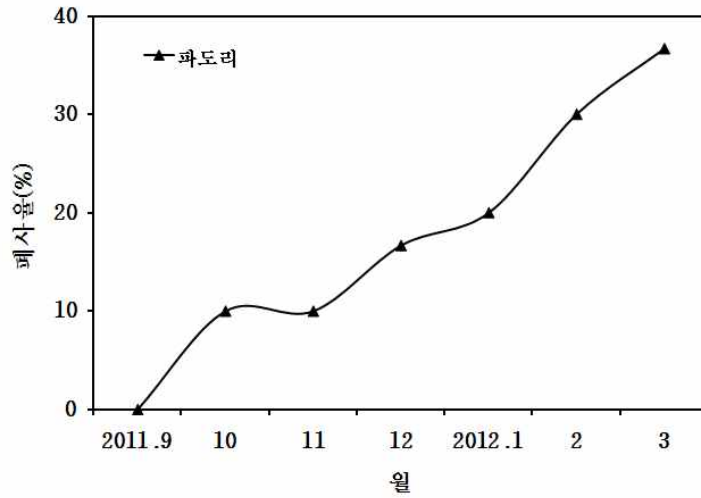


그림 32-16. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 폐사율

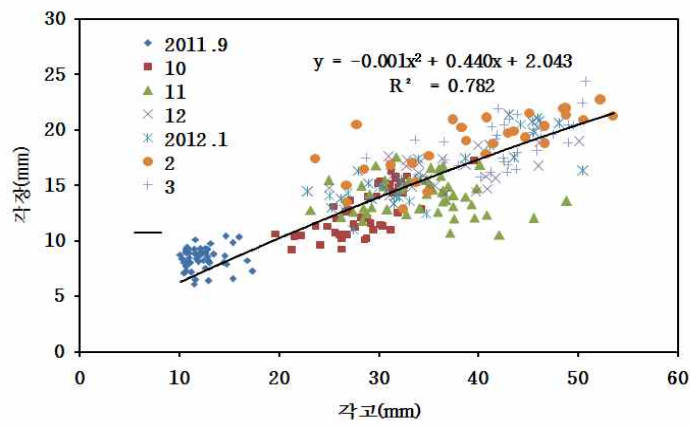


그림 32-17. 태안군 소원면 파도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장 각고와의 관계

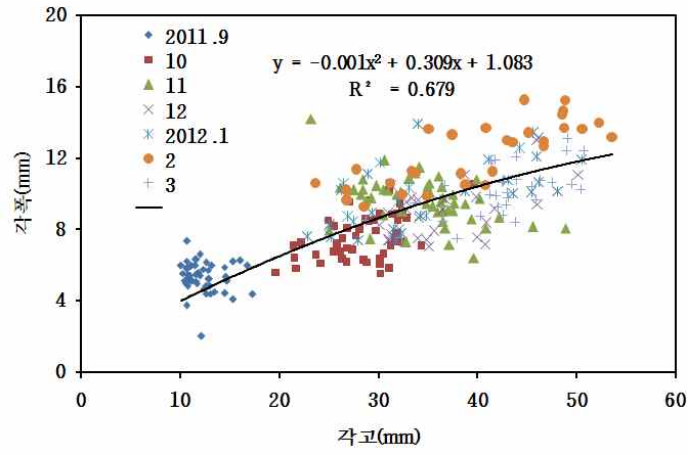


그림 32-18 태안군 소원면 파도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌잡골의 각폭, 각고의 관계

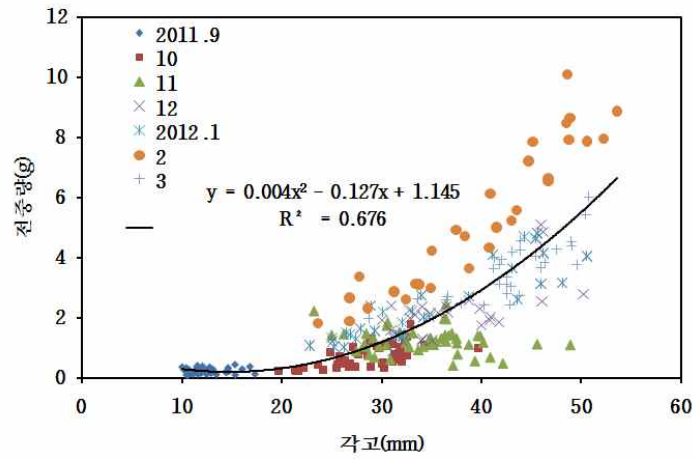


그림 32-19 태안군 소원면 파도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌잡골의 전중량, 각고의 관계

⑤ 밀도별 성장 및 누적 폐사율

밀도별 실험은 입식 안정기간을 두고 2011년 9월 19일, 양성기는 종패의 크기에 따라서 1mm, 3mm, 5mm 망목을 제작하여 망목 mesh 1mm 에서 초기 입식 종패의 양성기 규격에 따른 양성밀도를 100,000, 50,000, 30,000개체씩 밀도별 입식하여 중간육성 종패의 최종 목표 크기인 1~5cm 크기까지 육성하는데 종패의 크기별 입식 적정 밀도, 소요 일수 등을 파악하기 위하여 입식 후 약 1cm 내외가 도달하는 7일령에 3mm 양성기에 종패 크기별 선별작업을 실시하여 약 2cm 크기에 도달 하는 시기에는 3mm 양성기로 교체하고 종패의 크기에 달리하여 30,000개체, 20,000개체, 10,000개체씩 양성기에 입식하여 밀도별 각고, 각장, 전중량, 생존율에 실험을 실시하였으며, 최종 중간육성 종패에 도달하는 시기에는 양성기 망목 5mm 크기로 교체하고 양성기 밀도별 입식 마리수는 10,000개체, 5,000개체, 3,000개체씩 수용하여 중간육성 종패의 생산을 위한 실험을 실시하였다.

파도리 중간육성 시험에서 각고의 성장은 10월 11일(입식 19일 후)에 30,000개체 밀도에서는 24.74mm로 약 14.89mm, 20,000개체 밀도는 28.63mm로 약 16.38mm의 가장 높은 성장을 보였으며, 10,000개체 밀도에서는 28.79mm로 약 16.25mm로 성장하였다. 11월 3일(입식 34일 후)에는 10,000개체 밀도에서는 중간종패의 크기는 28.27mm, 5,000개체 밀도에서는 33.78mm로 약 5.15mm 내외의 성장을 나타내고 있으며, 3,000개체 밀도에서 34.37mm로 약 5.58mm의 가장 높은 성장도를 보였다. 11월 11일(입식 42일 후) 중간육성 종패 육성실험이 종료되는 시기에는 양성밀도 10,000개체 양성밀도의 성장은 29.98mm, 5,000개체, 35.51mm, 3,000개체, 35.95mm로 성장도를 나타내고 있다(표 3-2-4).

전체적으로 입식 시기로부터 해면 중간종패 육성기간 동안의 성장도는 평균 각고 10 mm 내외 크기를 입식할 경우 양성기간이 약 50일 정도가 경과하면 각고 5 cm 전후의 갯벌 본양성용 종패로 사용이 가능한 것으로 나타났다.

파도리 해면 중간육성 기간 중의 전중량 변화는 9월 22일 입식시 0.15g에서 10월 11일 0.70g, 11월 3일 1.20g, 11월 11일 2.09g의 증중량을 보였고, 누적 폐사율은 수용밀도 10,000개체 밀도에서 35%, 5,000개체 밀도에서 30%, 3,000개체 밀도에서 27%를 각각 나타내었다.

표 3-2-4. 태안군 소원면 과도리 해면 갯벌참굴 중간육성 밀도별 성장도

구 분	11. 9. 22. ~ 12. 11. 11. (양성기간 50일)				
월 별	밀도별(개체)	각고(mm)	각장(mm)	전중량(g)	폐사율(%)
9.22(1mm망)	100,000	9.85	5.42	0.13	18
	50,000	12.25	7.06	0.16	14
	30,000	12.54	7.12	0.17	8
10.11(3mm망)	30,000	24.74	10.07	0.65	27
	20,000	28.63	12.71	0.73	22
	10,000	28.79	12.89	0.73	18
11.3(5mm망)	10,000	28.27	11.78	1.17	32
	5,000	33.78	14.01	1.2	28
	3,000	34.37	14.09	1.23	23
11.11(5mm망)	10,000	29.98	12.42	1.89	35
	5,000	35.51	15.53	2.17	30
	3,000	35.95	16.21	2.22	27

다) 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험

본 시험을 위해 민간업체로부터 인공종묘 생산된 종패크기 각고 10~15mm 30만패를 구입하여 약 4개월(97일)간 시험한 해면 중간육성 2차년도 결과를 표 3-2-5, 그림 3-2-20, 3-2-21, 3-2-22, 3-2-23, 3-2-24에 나타내었다.

①성장도

시험 결과 양성가두리(L 1.8m×W 60cm×H 50cm)에 각고 11.33mm, 각장 6.35mm, 각폭 4.14mm, 전중량 0.15g, 육중량 0.04g의 종패를 입식시킨 후, 약 4개월 후인 12월에 각고 52.19mm, 각장 27.33mm, 각폭 17.54mm, 전중량 8.24g, 육중량 1.96g으로 수평망식본 양성장에서 양성하기 알맞은 크기로 성장하였고 각고의 일일 성장률은 1.33%, 전중량의 일일 성장률은 1.99%으로 산출되었다.

중간육성 기간 중, 월별 평균 성장도 변화를 보면, 각고와 각장의 성장은 수온이 가장 높은 10~11월에 가장 높은 성장을 보였고 수온이 가장 낮은 1~2월에 가장 낮은 성장을 나타냈으며, 전중량과 육중량의 경우 수온이 가장 높은 11월에 가장 높은 증가를 하였고 각각 1월, 4월에 가장 낮은 증가를 하였다.

②누적 폐사율

한편, 중간육성 기간 중에 누적 폐사율은 2011년 10월에 3.3%, 11월에 10.0%, 12월에 12.0%, 2012년 1월에 16.6%, 2월에 27.0%, 3월에 28.6%, 4월에 28.6%, 5월에 30.4%, 6월에 32.3%, 7월에 34.0%가 폐사하여 수온이 가장 낮은 2월에 폐사율이 높았다(그림 3-2-24).

③각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계

원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계를 그림 3-2-25, 3-2-26, 3-2-27에 각각 나타내었다. 2차 다항식 회귀분석 결과, 각고와 각장의 관계(그림 3-2-25)는 직선($y=-0.000x^2+0.523x+0.288$) 추세선을 보여 시간이 지나도 두 지표간에는 비례하게 성장함을 보이며, 0.902의 높은 결정계수(R^2) 값을 보였다. 이에 반해 각고와 각폭의 관계(그림 3-2-26)는 곡선($y=-0.001x^2+0.450x-1.265$) 추세선을 보여 시간이 지남에 따라 각폭에 비해 각고의 성장이 높아짐을 보였고, 결정계수(R^2)의 값은 0.921으로 나타나, 각고와 각폭의 관계는 상호 유의적으로 성장하고 있음을 시사하였다. 각고와 전중량과의 관계(그림 3-2-27)는 각고-각폭의 관계와 유사하게 곡선($y=0.003x^2-0.029x+0.001$) 추세선을 보이며, 11월부터 전중량측으로 가파른 경향을 보여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 전중량이 증가함을 알 수 있고, 0.865의 결정계수(R^2) 값을 보였다.

④고찰

한편, 원산도리 해면의 염분은 29.7~33.3psu의 범위로 2011년 10월에 가장 낮았는

데, 시험해역 주변에 위치한 영목항 등에서 유입되는 담수의 영향을 일부 받은 것으로 사료된다. 참굴은 일정 염분 이하로 낮아질 경우 껍데기를 닫는 반응을 보여 먹이 섭취량이 감소하거나 성장이 늦어질 수 있다. 이는 변화된 환경을 극복하기 위한 생체 반응이며, 이로 인해 단기간의 환경변화에는 생존이 가능하다(Soletchnik et al., 2005; Cheung and Lam, 1995). 이러한 사실에도 불구하고 가장 낮은 염분을 보인 10월에 오히려 높은 성장을 하였으므로 본 해역에서 보인 염분변화 범위는 갯벌 참굴의 생리적 활동에 영향을 미치는 정도는 아닌 것으로 사료된다. 또한, Chlorophyll-a 농도 역시, 타 해역에 비해 높은 1.278~15.28 $\mu\text{g/L}$ 의 범위를 가지며, 2012년 1월에 최저수치, 6월에 최고 수치를 나타내었다. 그러나 10~11월에 높은 성장을 보인 본 결과와는 차이가 있어 성장에 큰 기여를 하지 않은 것으로 사료된다.

본 시험 결과 20°C 이상의 수온을 유지한 9~10월에 높은 성장을 보였고, 수온이 낮아지면서 성장이 늦어졌으며, 다시 20°C 이상의 수온을 유지한 7월에 높은 성장을 보였다. 이것은 수온 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C 의 5개의 구간에서 갯벌참굴 각고 3cm의 작은 개체와 각고 6cm의 큰개체로 여수율 측정을 한 실험결과, 10~25°C 까지 온도범위에서의 여수율은 수온이 높아짐에 따라 증가하는 추세를 보이나, 30°C에서는 크게 감소하여 참굴의 최적수온 이상이 되면 생리활동이 저하되는 것을 알 수 있다(그림 3-2-28). 여수율은 먹이 섭취율과 큰 관계가 있으며, 섭취율은 성장과 직결된다. 이 실험에서 25°C에서 가장 높은 여수율을 보였으므로 본 실험 결과와 일치한다.

표 3-2-5. 보령시 오천면 원산도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 성장도

구 분	양성기간 11 . 9. 22 ~ 12 . 7. 10.			
월 별	각고(mm)	각장(mm)	전중량(g)	폐사율(%)
2011. 9.	11.33	6.35	0.15	0
10.	31.13	13.81	1.35	3.3
11.	44.76	25.65	5.36	10.0
12.	52.19	27.33	8.24	12.0
2012. 1.	53.24	21.32	6.92	16.6
2.	54.23	24.2	6.95	27.0
3.	59.17	30.06	9.53	28.6
4.	61.42	30.25	9.58	28.6
5.	64.23	31.84	12.74	30.4
6.	68.26	31.69	15.5	32.3
7.	76.86	35.58	16.58	34.0

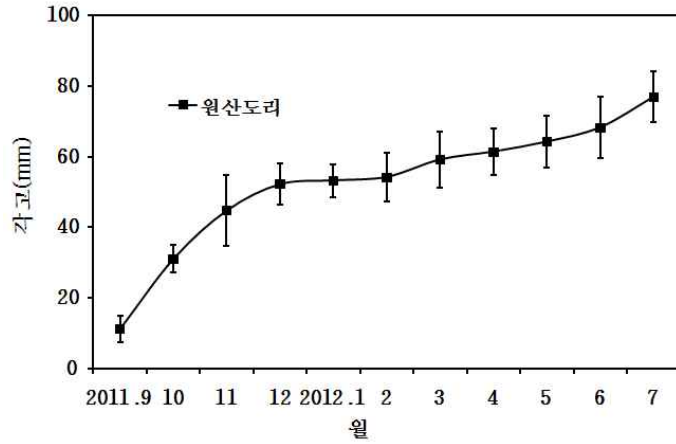


그림 3-2-20. 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각고 성장

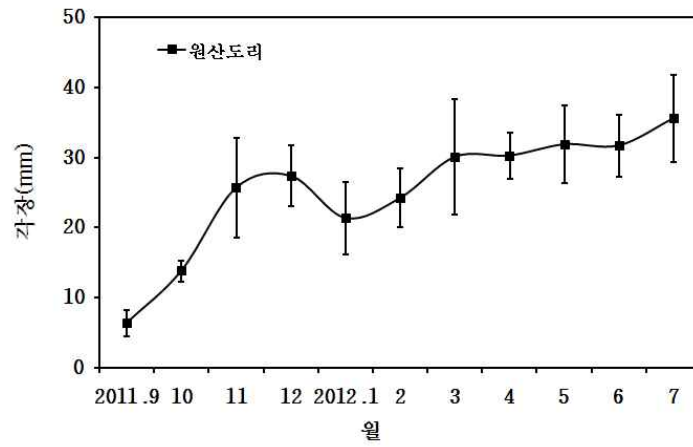


그림 3-2-21. 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장 성장

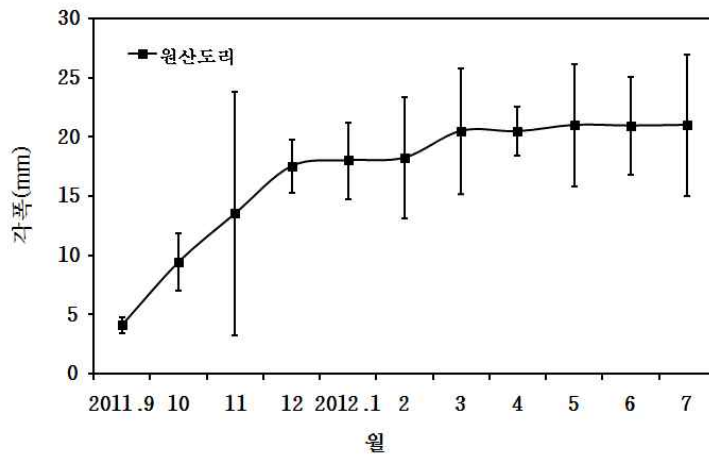


그림 3-2-22 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭 성장

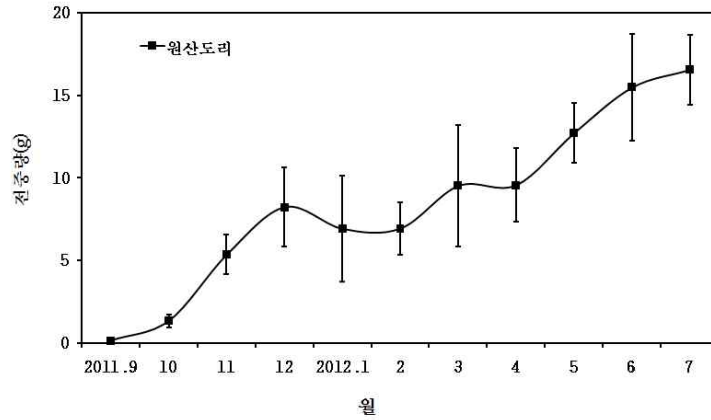


그림 3-2-23. 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 전중량 변화

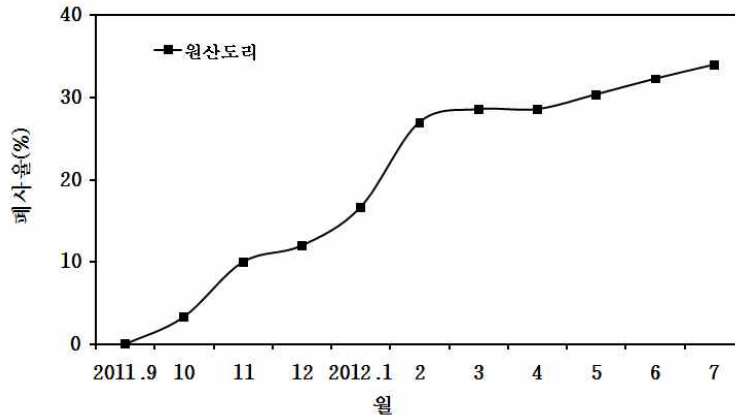


그림 3-2-24. 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 폐사율

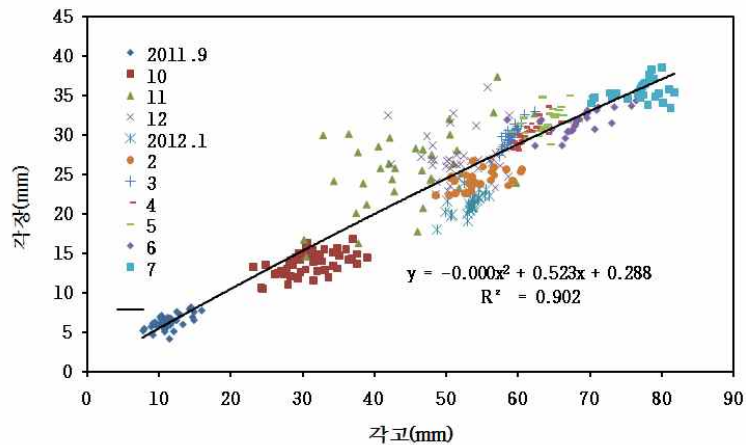


그림 3-2-25. 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각장 각고와의 관계

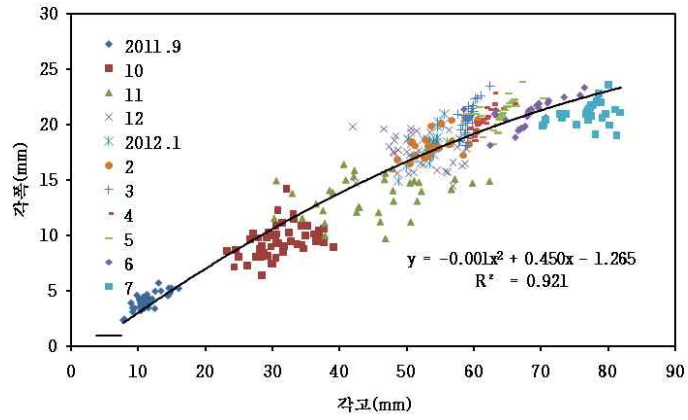


그림 3-2-26. 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 각폭 각고와의 관계

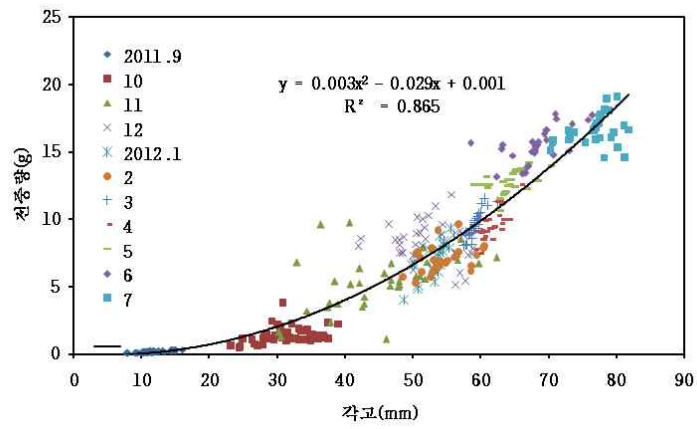


그림 3-2-27. 보령시 오천면 원산도리 해면 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 진중량 각고와의 관계

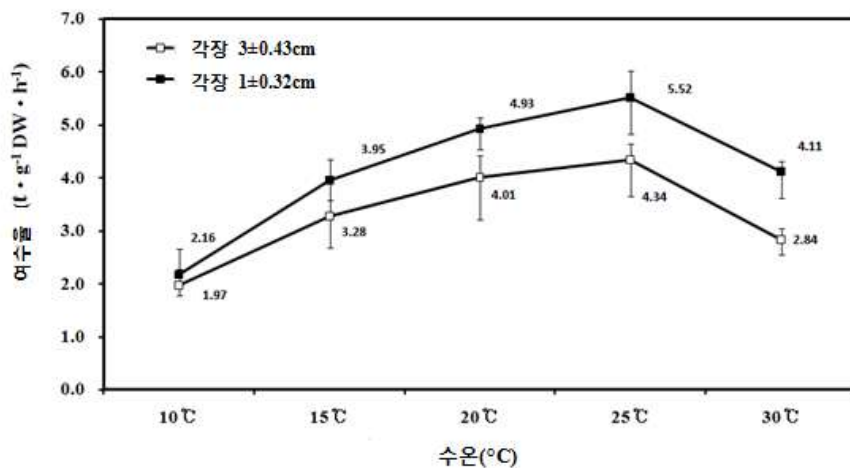


그림 3-2-28. 수온과 크기에 따른 갯벌참굴의 여수율

⑤ 밀도별 성장 및 누적 폐사율

밀도별 실험은 입식 안정기간을 두고 2011년 9월 19일, 양성기는 종패의 크기에 따라서 1mm, 3mm, 5mm 망목을 제작하여 망목 mesh 1mm 에서 초기 입식 치패의 양성기 규격에 따른 양성밀도를 100,000, 50,000, 30,000개체씩 밀도별 입식하여 중간육성 종패의 최종 목표 크기인 1~5cm 크기까지 육성하는데 종패의 크기별 입식 적정 밀도, 소요 일수 등을 파악하기 위하여 입식후 약 1cm 내외가 도달하는 7일령에 3mm 양성기에 종패 크기별 선별작업을 실시하여 약 2cm 크기에 도달 하는 시기에는 3mm 양성기로 교체하고 종패의 크기에 달리하여 30,000개체, 20,000개체, 10,000개체씩 양성기에 입식하여 밀도별 각고, 각장, 전중량, 생존율에 실험을 실시하였으며, 최종 중간육성 종패에 도달하는 시기에는 양성기 망목 5mm 크기로 교체하고 양성기 밀도별 입식 마리수는 10,000개체, 5,000개체, 3,000개체씩 수용하여 중간육성 종패의 생산을 위한 실험을 실시하였다.

원산도리 해면 중간육성 시험에서 각고의 성장을 보면, 10월 11일(입식 19일 후)에 30,000개체 밀도에서는 29.76mm로 약 18.45mm로 성장하였으며, 20,000개체 밀도에서는 30.23mm로 약 18.87mm, 10,000개체 밀도에서는 30.52mm로 약 19.38mm로 성장하여 가장 높은 성장도를 보였다. 11월 3일(입식 34일 후)에는 양성밀도 10,000개체에서는 43.21mm로 약 13.45mm 내외가 성장하였으며, 5,000개체 밀도에서는 약 44.23mm로 14.00mm성장, 3,000개체 밀도에서는 44.87mm로 약 14.35mm의 가장 높은 성장을 나타내었다. 중간육성 기간이 종료되는 42일령에는 10,000개체 밀도에서 45.15mm로 1.94mm의 성장을 보였으며, 5,000개체 밀도는 47.54mm로 3.31mm로 성장하였고, 3,000개체

밀도에서는 49.96mm로 약 5.09mm로 성장하여 가장 높은 성장도를 나타내고 있다.

전체적으로 양성기에 입식한 시기로부터 시험 종료시기에는 10,000개체 밀도에서는 각고 45.15mm로, 5,000개체 밀도에서는 47.54mm, 3,000개체 밀도에서는 49.96mm로 성장하여 개체수가 낮은 밀도 일수록 빠른 성장도를 나타내고 있다. 반면에 밀도가 높은 곳 일수록 가장 저조한 성장도를 나타내고 있으며, 월별 성장도는 전체 양성기 밀도별 시험구에서 약 10mm내외의 크기로 급성장을 보이고 있으며, 시험 종료시기인 11월에 수온이 낮아지면서 낮은 성장도를 보였고, 폐사율은 수용밀도 10,000개체 밀도에서 36%, 5,000개체 밀도에서 27%, 3,000개체 밀도에서 24%를 각각 나타내었다(표 3-2-6).

표 3-2-6. 보령시 오천면 원산도리 해변 중간육성 시험어장 갯벌참굴의 밀도별 성장도

구 분	11. 9. 22. ~ 11. 11. (양성기간 50일)				
	밀도별(개체)	각고(mm)	각장(mm)	전중량(g)	폐사율(%)
9.22(1mm망)	100,000	11.31	6.43	0.12	14
	50,000	11.36	6.64	0.12	15
	30,000	11.14	6.45	0.13	14
10.11(3mm망)	30,000	29.76	12.34	1.43	23
	20,000	30.23	13.78	1.36	18
	10,000	30.52	13.54	1.36	19
11.3(5mm망)	10,000	43.21	24.34	5.23	29
	5,000	44.23	25.76	5.56	25
	3,000	44.87	25.93	5.84	22
11.11(5mm망)	10,000	45.15	25.32	5.63	36
	5,000	47.54	26.43	6.45	27
	3,000	49.96	27.27	7.12	24

라) 시험어장별 성장도 비교

① 성장도 비교

2011년 9월 창리 해면의 종패(각고 16.1mm, 각장 8.48mm, 각폭 5.36mm, 전중량 0.22g), 파도리 해면의 종패(각고 12.25mm, 각장 7.06mm, 각폭 4.43mm, 전중량 0.17g), 원산도리 해면의 종패(각고 11.33mm, 각장 6.35mm, 각폭 4.14mm, 전중량 0.15g)를 입식시킨 결과, 각고의 경우 창리 해면의 종패는 각고 49.77mm로 33.67mm가 성장하였고 파도리는 각고 36.51mm로 24.26mm가 성장, 원산도리는 각고 52.19mm로 40.86mm가 성장하여 원산도리>창리>파도리 순으로 성장을 보였으며 지역별 유의차가 인정되었다(그림 3-2-29), ($P<0.05$).

각장의 경우, 창리 해면의 종패는 22.43mm로 13.95mm가 성장, 파도리는 16.54mm로 9.48mm가 성장, 원산도리는 27.33mm로 18.85mm가 성장하여 원산도리>창리>파도리 순으로 성장을 보였으며 지역별 유의차가 인정되었다(그림 3-2-30), ($P<0.05$).

각폭의 경우, 창리 해면의 종패는 14.53mm로 9.17mm가 성장, 파도리는 9.44mm로 5.01mm가 성장, 원산도리는 17.54mm로 13.4mm가 성장하여 원산도리>창리>파도리 순으로 성장을 보였으며 지역별 유의차가 인정되었다(그림 3-2-31), ($P<0.05$).

전중량의 경우, 창리 해면의 종패는 5.28g으로 5.06g이 증가, 파도리는 2.33g으로 2.16g이 증가, 원산도리는 8.24g으로 8.10g이 증가하여 원산도리>창리>파도리 순으로 증가를 보였으며 지역별 유의차가 인정되었다(그림 3-2-32)($P<0.05$).

한편, 해면어장의 부유물질 농도 범위를 보면, 원산도리 해면에서 44.6~65.2 mg/L, 창리 해면에서 15.2~47.9 mg/L, 파도리 해면에서 10.3~39.1 mg/L의 범위로 원산도리에서 가장 높은 값을 파도리에서 가장 낮은 값을 보였다(표 3-1-18).

갯벌참굴의 먹이와 직결된 Chlorophyll-a 농도분포는 2011년 12월까지 창리 해역이 가장 높았으며, 2012년 1월부터 원산도리와 파도리 두 해역간의 비교를 보면, 원산도리 해역이 파도리 해역에 비해 월등히 높았다(표 3-1-20).

일반적으로 굴의 성장에 가장 큰 영향을 미치는 것은 수온과 염분으로 알려져 있으며(Kim, 1996), 특히 수온이 5°C 이하로 내려가면 성장이 둔화된다는 연구가 있다(Shin et al., 2008). 같은 시험기간 중의 성장량은 입식 크기가 작은 원산도리의 성장이 가장 높았으며, 창리, 파도리 순으로 성장이 높았다. 이러한 성장차이는 수온과 염분 등 환경요인에 따라 나타나는 연구결과 (Kim, 1980)들과 일치하였다. 파도리의 경우 다른 두 해역에 비해 약 1.5°C 낮은 수온을 유지하였다.

② 밀도별 성장도 비교

밀도별로 보면, 중간종패는 입식한 시기로부터 11월 11일까지 각고의 성장은 10,000개체 밀도에서는 20.13mm, 5,000개체 양성밀도는 23.26mm, 3,000개체 양성기의

양성밀도에서는 23.41mm로 성장하여 밀도가 낮은 실험구에서 종패의 성장이 빠른 성장도를 보였다. 9월 22일에서 10월 11일 경에는 밀도가 낮은 실험구에 비해서 중간정도의 밀도로 수용한 실험구와 유사한 성장 차이를 나타내고 있어서 양성기의 양성 밀도별 성장도는 5,000개체, 10,000개체, 3,000개체 순이었다. 시험어장 성장차이는 창리, 원산도 시험어장이 창리 시험어장에 비하여 높은 성장도를 나타내고 있으며, 생존율은 창리, 원산도, 파도리 시험어장별 유사한 결과를 나타내고 있다.

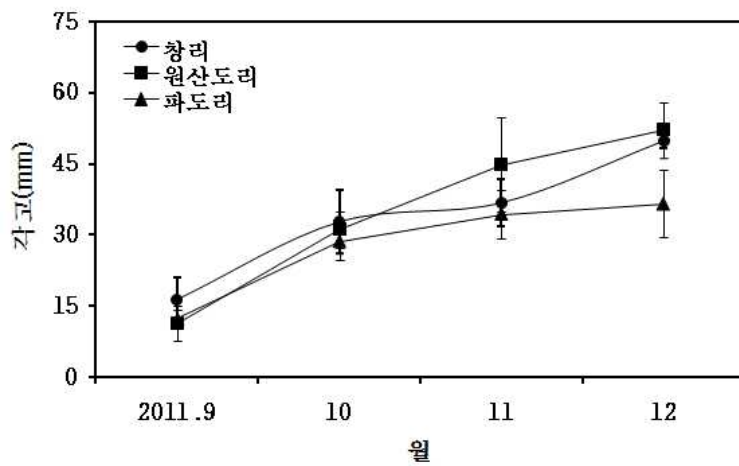


그림 3-2-29. 해면 중간육성 시험어장별 갯벌참굴의 각고 성장 비교

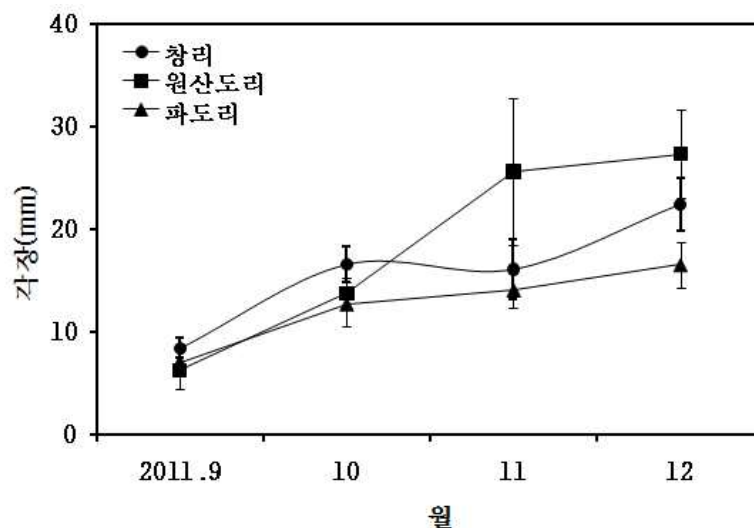


그림 3-2-30. 해면 중간육성 시험어장별 갯벌참굴의 각장 성장 비교

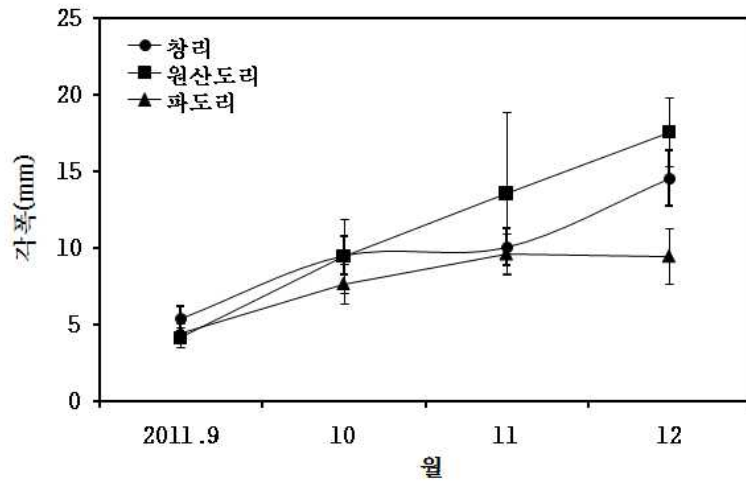


그림 3-231. 해면 중간육성 시험어장별 갯벌참굴의 각폭 성장 비교

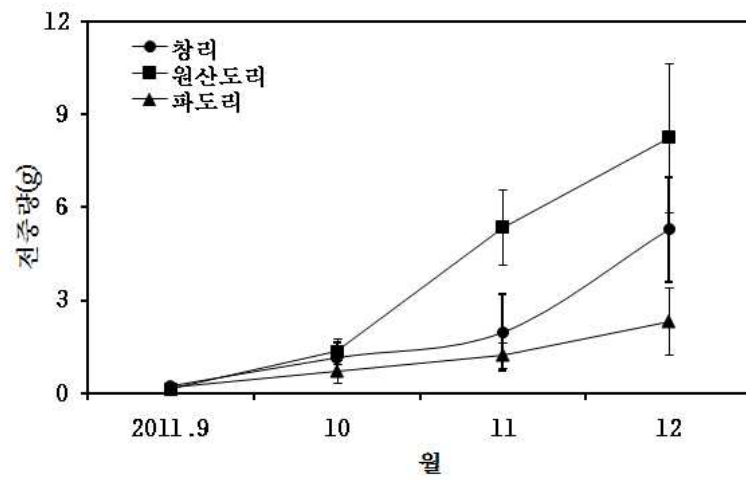


그림 3-232. 해면 중간육성 시험어장별 갯벌참굴의 전중량 증가 비교

2) 갯벌참굴 해면 중간육성 종패를 이용한 본 양성 적응시험 비교

가) 창리 갯벌 본 양성 적응시험

본 시험을 위해 해면 중간육성장에서 양성한 종패를 수평망식 양성장으로 옮긴 후 약 7개월(165일)간 시험한 결과를 표 3-2-7, 그림 3-2-33, 3-2-34, 3-2-35, 3-2-36, 3-2-37에 각각 나타냈다.

① 성장도

시험 결과, 입식시기에 각고 35.91mm, 각장 15.91mm, 전중량 2.12mm의 종패는 약 7개월 후인 7월에 각고 61.81mm, 각장 40.07mm, 전중량 19.08g 크기로 성장하였고 각고의 일일 성장률은 0.32%, 전중량의 일일 성장률은 0.97%으로 산출되었다.

본 양성 기간 중, 월별 각고, 각장의 성장은 수온이 높아지는 6월에 가장 높은 성장을 보였고 수온이 낮은 3월에 가장 낮은 성장을 하였으며(그림 3-2-33, 3-2-34), 전중량의 경우 수온이 높아지는 5~6월에 높은 증가를 하였고 수온이 가장 낮은 2월에 가장 낮은 증가를 보였다.

② 누적 폐사율

한편, 본 양성 기간 중에 누적 폐사율은 2012년 2월에 6.6%, 2월에 10.0%, 3월에 10.0%, 4월에 10.0%, 5월에 10.0%, 6월에 13.3%로 비교적 안정된 폐사율을 보이다가 수온이 가장 높은 7월에 20.0%를 보여 이 시기에 높은 폐사율을 보였다(그림 3-2-37).

③ 각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계

창리 갯벌 본 양성 시험어장 갯벌참굴의 각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계는 그림 3-2-38, 3-2-39, 3-2-40에 각각 나타내었다. 2차 다항식 회귀분석 결과, 각고와 각장의 관계(그림 3-2-38)는 완만한 곡선($y=0.002x^2+0.560x-5.276$) 추세선을 나타내 시간이 지나도 비례하게 성장함을 보였으며, 0.765의 결정계수(R^2)값을 나타냈다. 각고와 각폭의 관계(그림 3-2-39)는 곡선($y=-0.001x^2+0.487x-3.634$) 추세선이 완만한 경향을 보여 시간이 지나도 비례하게 성장함을 보였으며, 0.668의 결정계수(R^2)값을 보였다. 각고와 전중량과의 관계(그림 3-2-40)는 곡선($y=0.006x^2-0.093x+1.266$) 추세선을 보여 수온이 높아지는 6월부터 전중량축으로 가파른 경향을 나타내 시간이 지남에 따라 각고에 비해 전중량이 증가함을 알 수 있고, 0.854의 결정계수(R^2)값을 보였다.

표 3-2-7. 서산 창리시험어장 갯벌참굴 해면 중간육성 종패의 본 양성장 입식 후 노출시간별 성장도

구 분	갯벌참굴 수평망식 본 양성장기간 2012. 1. 27. ~ 7. 9.				
월 별	노출시간(h)	각고(mm)	각장(mm)	전중량(g)	폐사율(%)
1.27	1	35.91	15.91	2.12	0
2.22	1	36.17	16.83	2.71	6.6
3.20	1	33.8	16.18	3.56	10.0
4.6	1	40.85	18.53	4.85	10.0
5.24	1	44.12	25.77	8.43	10.0
6.15	1	54.11	33.06	13.59	13.3
7.9	1	61.81	40.07	19.08	20.0

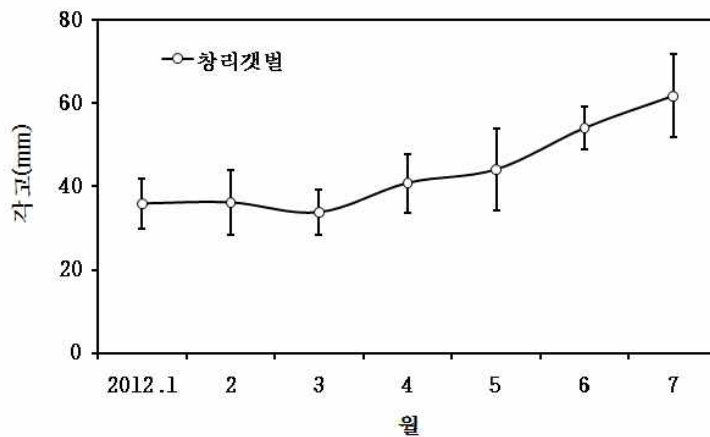


그림 3-2-33. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각고의 성장

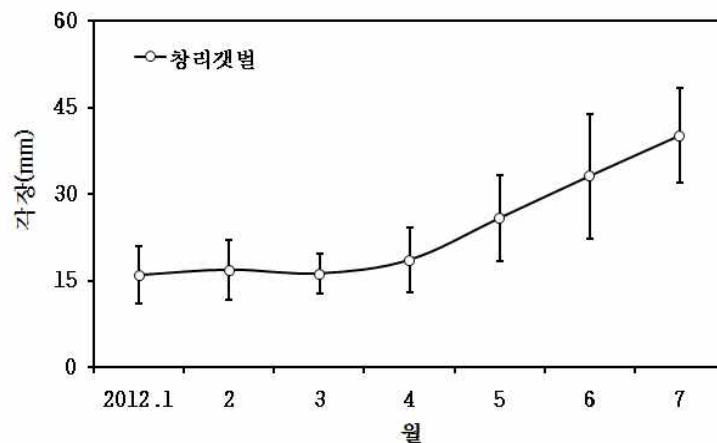


그림 3-2-34. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각장의 성장

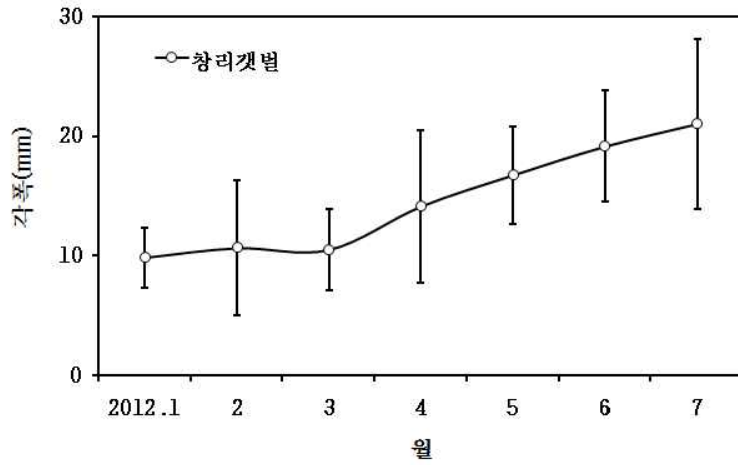


그림 3-2-35. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각폭의 성장

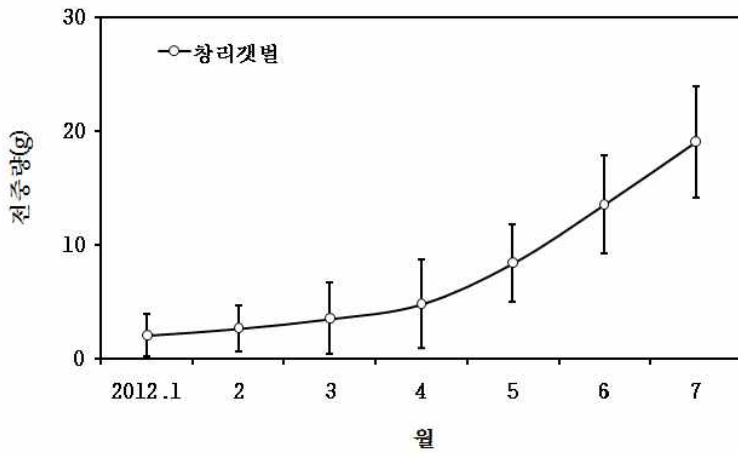


그림 3-2-36. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 전중량의 변화

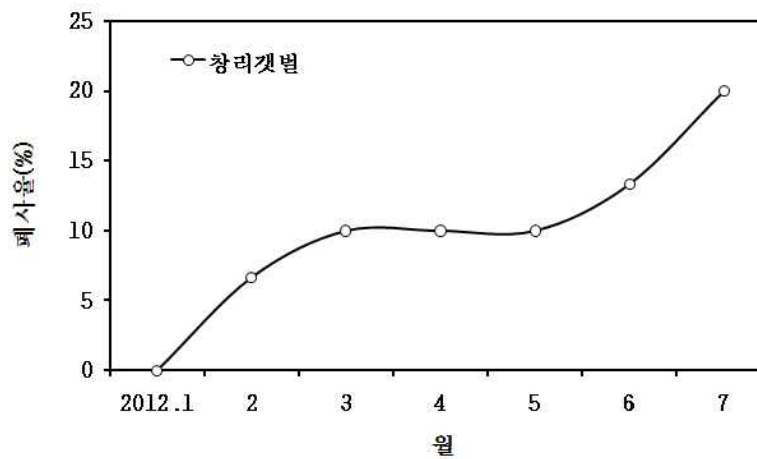


그림 3-2-37. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 폐사율

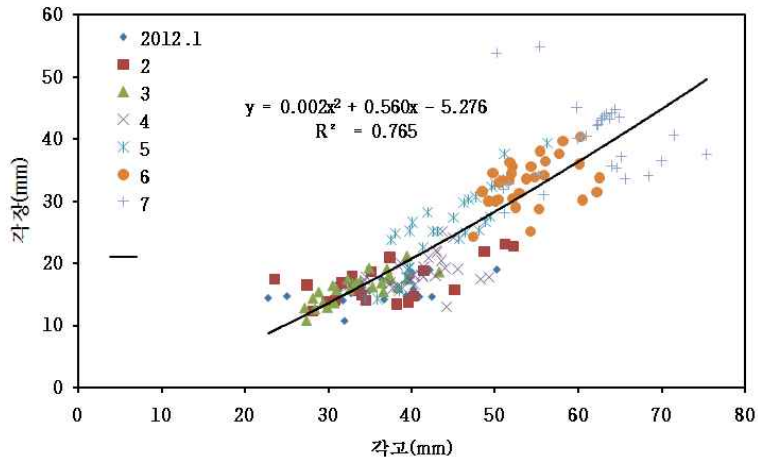


그림 3-2-38. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각장, 각고와의 관계

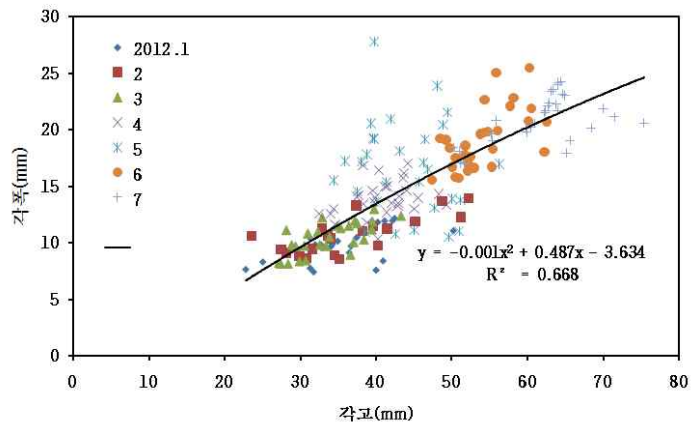


그림 3-2-39. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각폭, 각고와의 관계

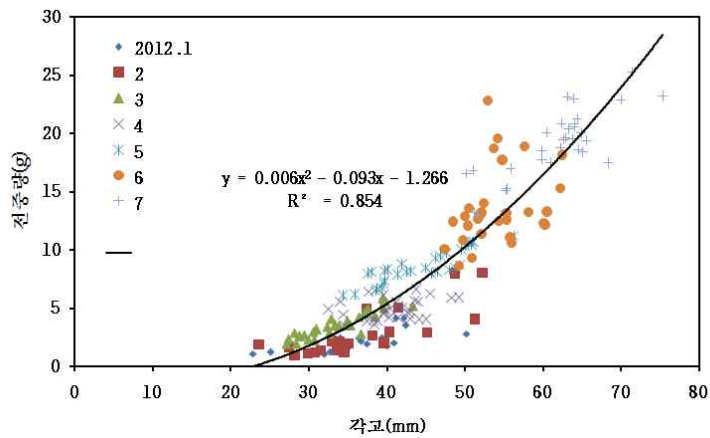


그림 3-2-40. 창리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 전증량, 각고와의 관계

나) 진산리 갯벌 본 양성 적응시험

본 시험을 위해 해면 중간육성장에서 양성한 종패를 노출 1, 3, 5시간 수평망식 양성장으로 옮긴 후 약 7개월(165일)간 시험한 결과를 표 3-2-8, 그림 3-2-41, 3-2-42, 3-2-43, 3-2-44, 3-2-45에 나타내었다.

①성장도

시험 결과, 1시간 노출(각고 37.54mm, 각장 15.75mm, 전중량 2.15g), 3시간 노출(각고 39.26mm, 각장 16.75mm, 전중량 3.30g), 5시간 노출(각고 38.27mm, 각장 15.19mm, 전중량 2.82g)으로 입식 시킨 후, 약 7개월 후인 7월에 1시간 노출(각고 62.44mm, 각장 41.43mm, 전중량 20.07g), 3시간 노출(각고 64.83mm, 각장 43.07mm, 전중량 20.35g), 5시간 노출(각고 64.47mm, 각장 42.78mm, 전중량 22.38g)으로 성장하였고, 각고의 일일 성장률은 노출 1시간에서 0.30%, 3시간에서 0.30%, 5시간에서 0.31%로 노출시간별 큰 차이를 보이지 않았고, 전중량의 일일 성장률 역시 노출 1시간 0.98%, 3시간 0.87, 5시간 0.94%으로 산출되어 노출시간별 성장률의 차이를 볼 수 없었다.

본 양성 기간 중, 월별 각고, 각장의 성장은 수온이 가장 높은 7월에 가장 높은 성장, 수온이 가장 낮은 2월에 가장 낮은 성장을 하였으며, 전중량도 수온이 높아지는 6~7월에 높은 증가를 하였고 수온이 가장 낮은 2월에 가장 낮은 증가를 하였다. 수온이 높아짐에 따라 높은 성장률을 보였고 대기 노출 1시간>3시간>5시간 순으로 성장하였지만 유의 차이를 보이지 않았다($P<0.05$).

②누적 폐사율

본 양성 기간 중에 누적 폐사율은 2월에 1시간 노출에서 3.3%, 3시간 노출 6.6%, 5시간 노출 3.3%가 폐사하여 3시간 노출에서 가장 높은 폐사를 보였고, 3월에 1시간 노출에서 10.0%, 3시간 노출 6.6%, 5시간 노출 6.6%로 1시간 노출에서 가장 높은 폐사를 보였고, 가장 높은 폐사를 보인 4월에 1시간 노출 10.0%, 3시간 노출과 5시간 노출에서 13.3%로 1시간 노출에서 가장 높은 폐사를 하였으며, 5월에 1시간 노출과 3시간 노출에서 16.6%, 5시간 노출에서 20.0%로 5시간 노출에서 가장 높은 폐사를 보였고, 6월에 1시간 노출에서 16.6%, 3시간 노출에서 23.3%, 5시간 노출에서 26.6%가 폐사하여 노출시간이 짧을수록 낮은 폐사를 보였고, 7월에 1시간 노출에서 20.0%, 3시간 노출에서 23.3%, 5시간 노출에서 26.6%가 폐사하여 6월과 같이 노출시간이 짧을수록 낮은 폐사를 보였다. 3월에 4월에 가장 높은 폐사를 하였으나 전체적으로 완만한 경향을 나타내고 대기 노출 5시간>3시간>1시간 순으로 높은 폐사를 보였다.(그림 3-2-45).

③각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계

진산리 갯벌 본 양성 시험어장 갯벌참굴의 각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계는

그림 3-2-46, 3-2-47, 3-2-48, 3-2-49, 3-2-50, 3-2-51, 3-2-52, 3-2-53, 3-2-54에 각각 나타냈다. 2차 다항식 회귀분석 결과, 각고와 각장의 관계에서 대기 노출 1시간(그림 3-2-46)은 곡선($y=0.009x^2+0.039x+1.976$) 추세선이 5월부터 각장축으로 가파른 변화를 하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 각장이 성장함을 보여주며, 0.851의 결정계수(R^2)값을 나타냈다. 노출 3시간(그림 3-2-47)도 곡선($y=0.009x^2+0.036x+4.358$) 추세선이 5월부터 각장축으로 가파른 변화를 하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 각장이 성장함을 보이며, 0.849의 결정계수(R^2) 값을 나타냈다. 또한, 노출 5시간(그림 3-2-48)도 곡선($y=0.007x^2+0.133x+0.467$) 추세선을 보여 5월부터 각장축으로 가파른 변화를 하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 각장이 성장함을 보이며, 0.869의 결정계수(R^2)값을 나타냈다.

각고와 각폭의 관계에서는 대기 노출 1시간(그림 3-2-49)이 곡선($y=-0.004x^2+0.007x-4.136$) 추세선을 보여 5월부터 각폭축으로 가파르게 변하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 각폭이 증가함을 보이고, 0.863의 결정계수(R^2) 값을 나타냈다. 노출 3시간(그림 3-2-50)은 곡선($y=-0.002x^2+0.206x-0.872$) 추세선이 각폭축으로 완만하게 변하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 각폭이 소폭 증가함을 보이고, 0.857의 결정계수(R^2) 값을 나타냈다. 노출 5시간(그림 3-2-51)은 곡선($y=-0.006x^2+0.203x+8.735$) 추세를 보여 5월부터 각폭축으로 변하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 각폭이 증가함을 보이고, 0.883의 결정계수(R^2)값을 나타냈다.

각고와 전중량과의 관계에서 2차 다항식 회귀분석 결과, 대기 노출 1시간(그림 3-2-52)은 곡선($y=0.013x^2-0.655x+8.468$) 추세를 보여 5월부터 전중량으로 변화를 하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 전중량이 증가함을 보이고, 0.915의 결정계수(R^2)값을 나타냈다. 노출 3시간(그림 3-2-53)은 곡선($y=0.011x^2-0.588x+7.99$) 추세선을 나타내 5월부터 전중량축으로 가파른 변화를 하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 전중량이 증가함을 보이고, 0.891의 결정계수(R^2)값을 나타냈다. 또한, 노출 5시간(그림 3-2-54)에서도 곡선($y=0.016x^2-1.007x+17.19$) 추세선이 5월부터 전중량으로 변화를 하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 전중량이 증가함을 보이고, 0.876의 결정계수(R^2)값을 나타냈다.

④ 고찰

한편, 겨울철의 성장 둔화와 폐사 유형은 항상 물속에서 생활하는 수하식 굴과는 차이가 있다고 하였다(Beaumont et al., 1991). 노출 시간이 길수록 패각을 닫고 있으므로 먹이를 섭이하는 시간이 짧아지므로 노출 시간이 짧은 종패에 비해 성장이 둔화되어야 한다. 그러나 진산리 종패의 경우 5시간 노출한 종묘가 미세한 차이로 가장 높은 성장을 하였고, 노출 3시간, 1시간 순으로 높은 성장을 하였다. 이는 진산리 어장 환경이 노출 5시간 까지는 성장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

본 시험결과, 모든 노출시간에서 5월부터 각장, 각폭, 전중량 축으로 가파른 변화를 하여 해면 중간육성장에서 각고가 비대칭적으로 성장해 상품가치가 떨어졌던 종패가 시간이 지남에 따라 각고에 비해 각장, 각폭이 성장하고 전중량이 증가하여 상품가치로 회복할 것으로 생각된다.

표 3-2-8. 진산리 시험어장 갯벌참굴 해면 중간육성 종패의 본 양성장
입식 후 노출시간별 성장도

구 분	양성기간 2012. 1. 27. ~ 7. 9.				
	노출시간(h)	각고(mm)	각장(mm)	전중량(g)	폐사율(%)
1.27	1	37.54	15.75	2.15	0
	3	39.26	16.75	3.3	0
	5	38.27	15.19	2.82	0
2.22	1	37.87	16.02	2.88	3.3
	3	39.21	17.68	3.62	6.6
	5	39.57	17.37	3.61	3.3
3.2	1	38.54	17.37	3.29	10.0
	3	41.92	19.05	3.73	6.6
	5	41.48	19.04	4.11	6.6
4.6	1	43.18	18.26	3.96	10.0
	3	45.94	20.53	5.02	13.3
	5	45.93	20.68	4.51	13.3
5.24	1	45.44	26.68	6.88	16.6
	3	49.61	27.86	7.87	16.6
	5	48.81	28.22	6.86	20.0
6.16	1	52.76	34.75	12.66	16.6
	3	54.56	37.07	14.06	23.3
	5	53.3	33.15	12.40	26.6
7.9	1	62.44	41.43	20.07	20.0
	3	64.83	43.07	20.35	23.3
	5	64.47	42.78	22.38	26.6

- 시험장소 : 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 양식장 주 : (주)씨에버 양식장

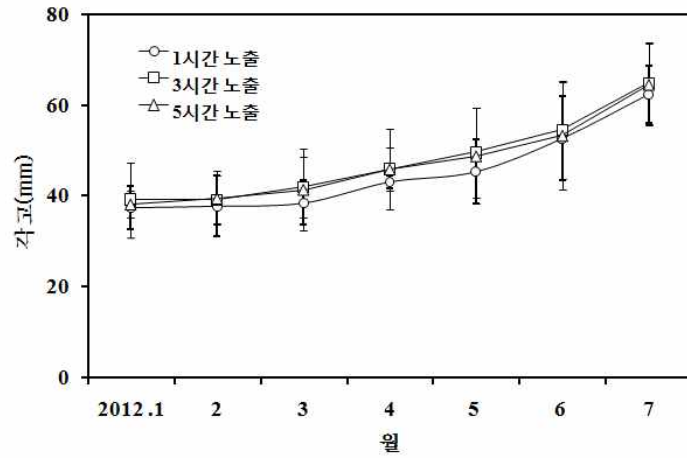


그림 3-241. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각고의 성장

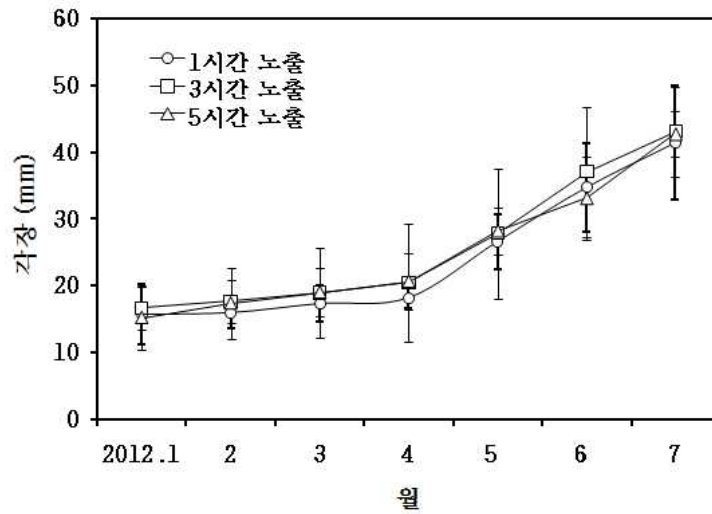


그림 3-242. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각장의 성장

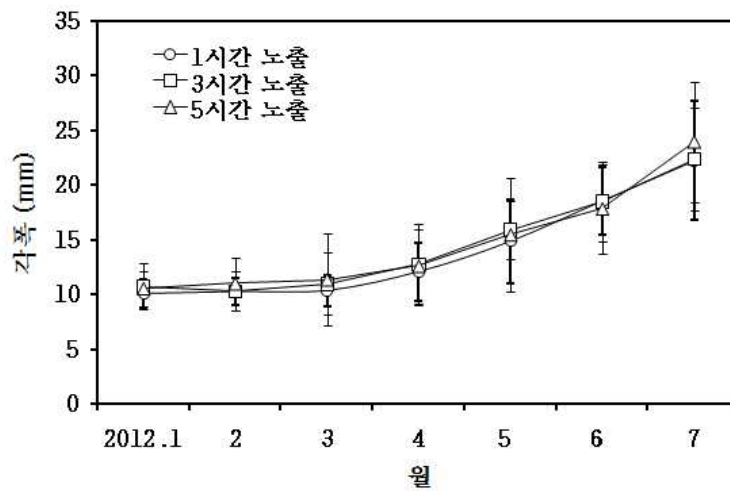


그림 3-243. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 각폭의 성장

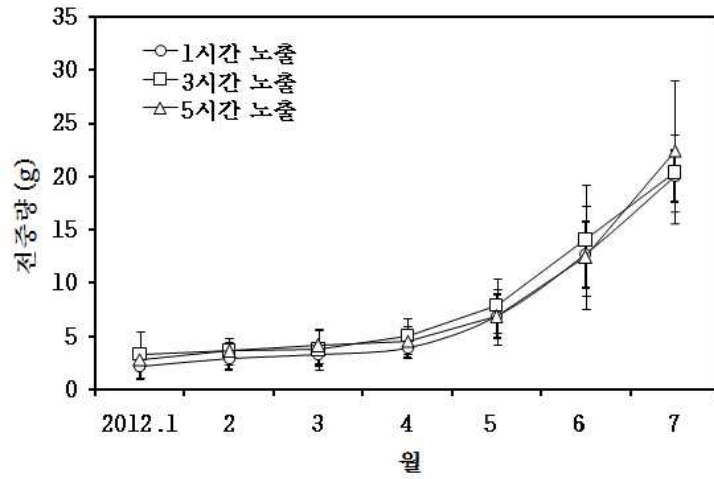


그림 3-244. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 전중량 변화

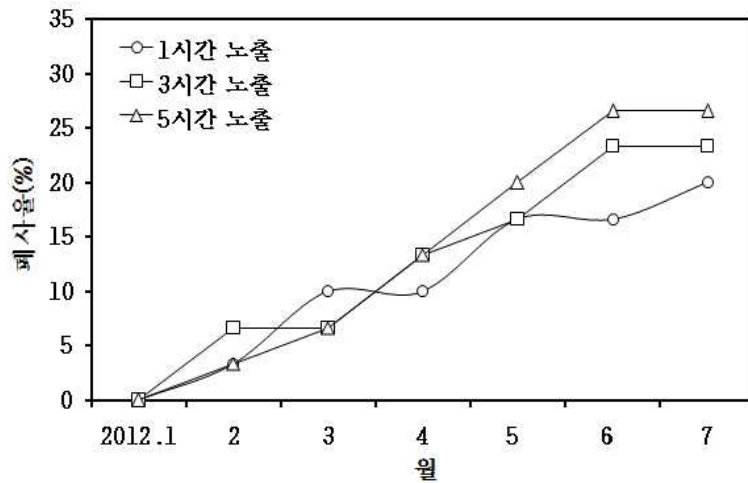


그림 3-245. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 폐사율

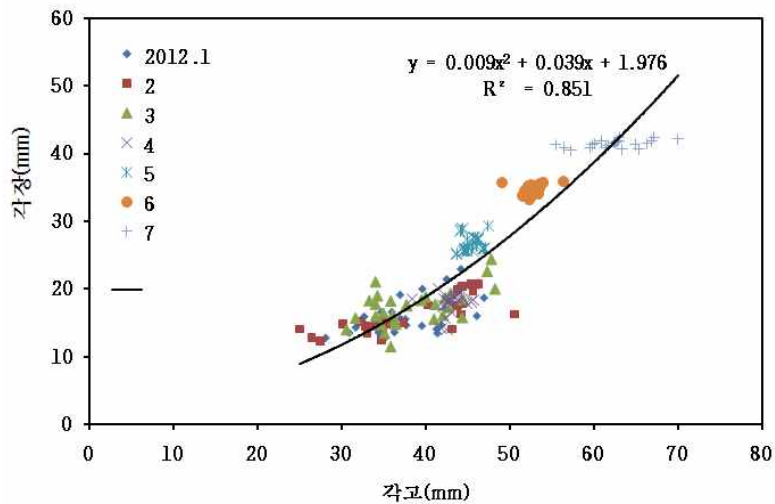


그림 3-246. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 각장 각고와의 관계

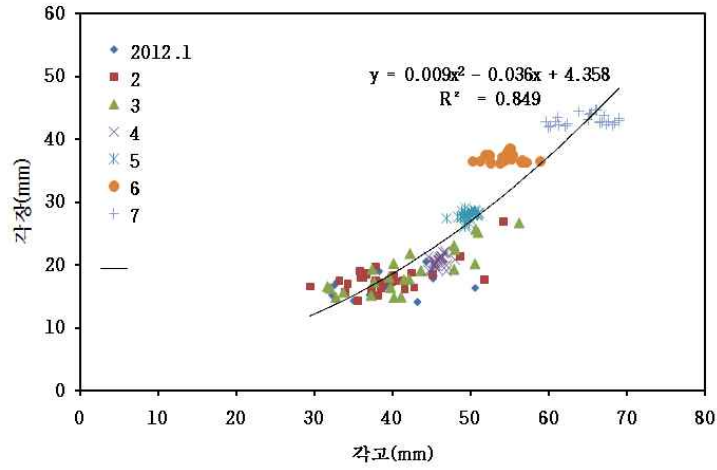


그림 3-247. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 각장 각고와의 관계

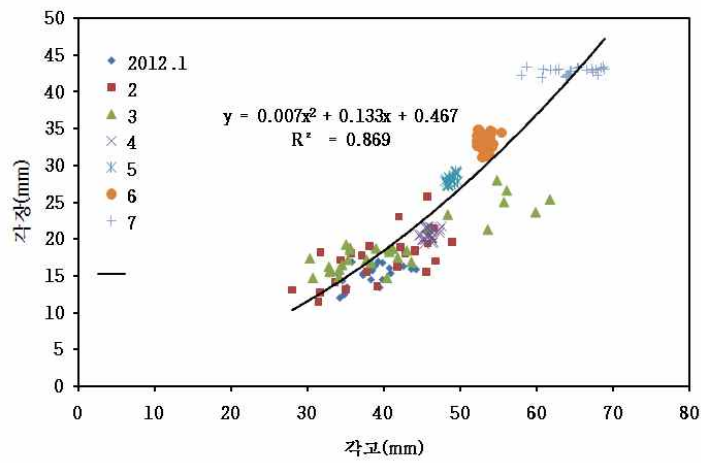


그림 3-248. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 각장 각고와의 관계

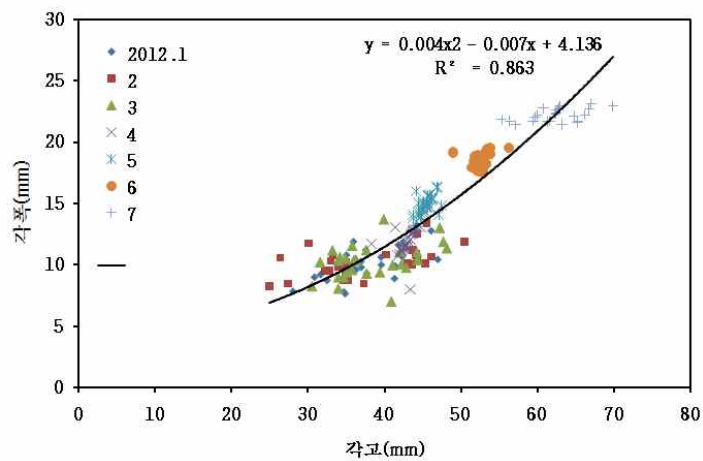


그림 3-249. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 각폭 각고와의 관계

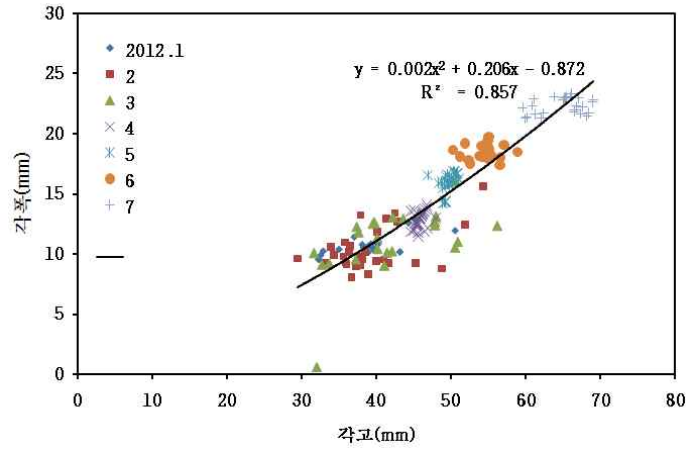


그림 3-250. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 각폭, 각고와의 관계

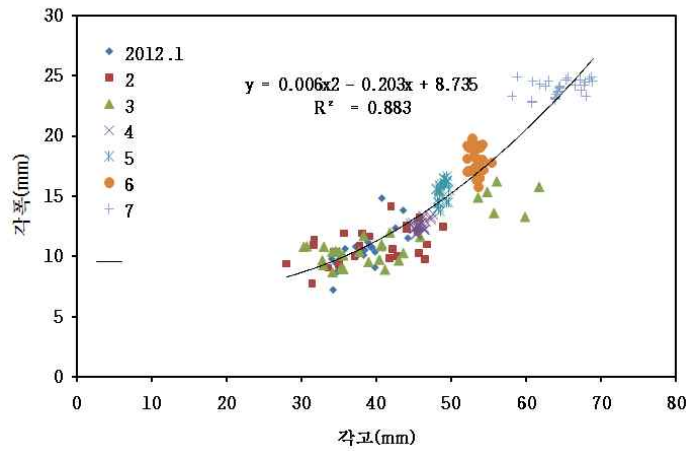


그림 3-251. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 각폭, 각고와의 관계

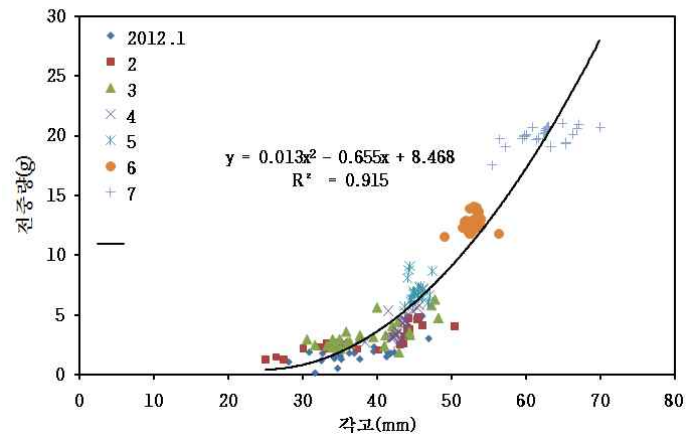


그림 3-252. 태안군 남면 진산리 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 전중량, 각고와의 관계

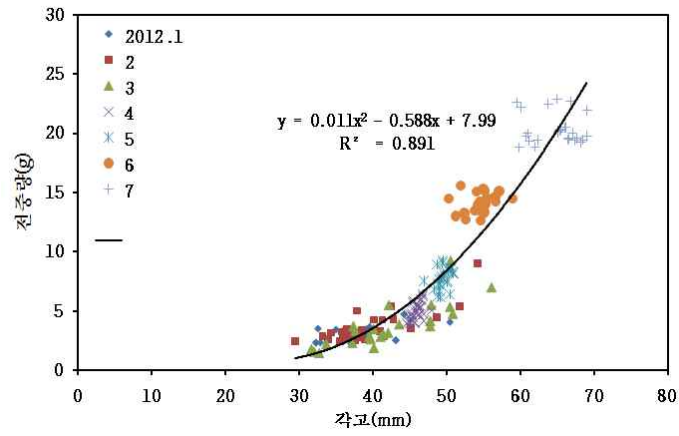


그림 3-253. 태안군 남면 진산리 갯벌침굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 전중량, 각고와의 관계

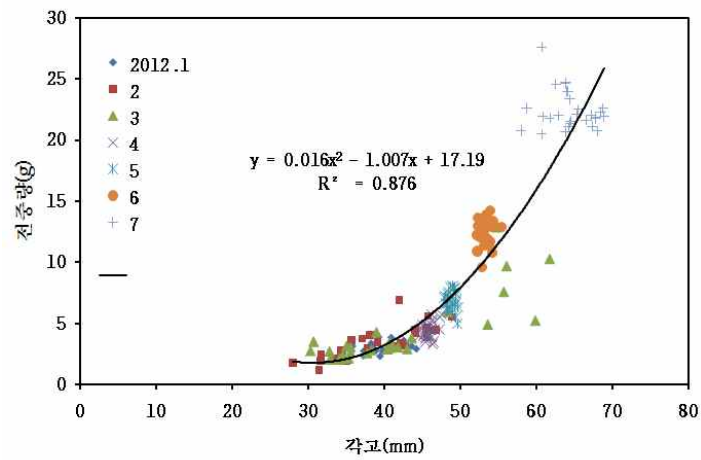


그림 3-254. 태안군 남면 진산리 갯벌침굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 전중량, 각고와의 관계

다) 태안 이원지구 갯벌 본 양성 적용시험

본 시험을 위해 해면 중간육성장에서 양성한 종패를 수평망식 양성장으로 옮긴 후 약 7개월(165일)간 시험한 결과를 표 3-2-9, 그림 3-2-56, 3-2-57, 3-2-58, 3-2-59, 3-2-60에 나타냈다.

①성장도

시험 결과, 1시간 노출-각고 36.46mm, 각장 13.56mm, 전중량 2.06g, 3시간 노출-각고 35.15mm, 각장 14.78mm, 전중량 2.12g, 5시간 노출-각고 35.37mm, 각장 15.97mm, 전중량 1.95g으로 입식 시킨 후, 약 7개월 후인 7월에 1시간 노출-각고 55.07mm, 각장 34.74mm, 전중량 8.67g, 3시간 노출-각고 46.30mm, 각장 21.26mm, 전중량 5.09g, 5시간 노출-각고 45.59mm, 각장 20.54mm, 전중량 5.00g으로 성장하였고, 각고의 일일 성장률은 1시간 노출 0.25%, 3시간 노출 0.17%, 5시간 노출 0.15%, 전중량의 일일 성장률은 1시간 노출 0.75%, 3시간 노출 0.50%, 5시간 노출 0.53%으로 산출되었다.

본 양성 기간 중, 월별 평균 성장도 변화를 보면, 각고, 각장의 성장은 수온이 올라갈수록 높은 성장을 하는 경향으로 7월에 가장 높은 성장을 하였으며, 수온이 가장 낮은 2월에 가장 낮은 성장을 하였으며, 전중량의 경우도 수온이 가장 높은 7월에 가장 높은 증가를 하였고 5월에 가장 낮은 증가를 하였다. 대기 노출 1시간>3시간>5시간 순으로 성장하였고 노출 1시간이 타 노출시간에 비해 높은 성장을 하였다.

②누적 폐사율

본 양성 기간 중에 누적 폐사율은 2월에 1시간 노출에서 10.0%, 3시간 노출에서 6.6%, 5시간 노출에서 3.3%로 1시간 노출에서 가장 높은 폐사를 보였고, 3월에 1시간 노출에서 16.6%, 3시간 노출에서 10.0%, 5시간 노출에서 6.6%가 폐사하여 1시간 노출에서 가장 높은 폐사를 보였으며, 4월에 1시간 노출에서 16.6%, 3시간 노출에서 20.0%, 5시간 노출에서 16.6%를 보여 3시간 노출에서 가장 높은 폐사를 보였고, 5월에 1시간 노출에서 23.3%, 3시간과 5시간 노출에서 23.5%로 1시간 노출에서 가장 높은 폐사를 하였지만 큰 차이를 보이진 않았고, 6월에 1시간 노출에서 24.4%, 3시간 노출에서 24.2%, 5시간 노출에서 24.7%로 5시간 노출에서 가장 높은 폐사를 보였고, 7월에 1시간 노출에서 25.5%, 3시간 노출에서 25.7%, 5시간 노출 26.5%로 5시간 노출에서 가장 높은 폐사를 하였지만 세 노출시간 모두 비슷한 폐사를 보였다. 4~5월에 가장 높은 폐사를 하였으나 전체적으로 완만한 경향을 나타내고 대기 노출 5시간>3시간>1시간순으로 높은 폐사를 보였다.(그림 3-2-60).

③각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계

이원지구 갯벌 본 양성 시험어장 갯벌참굴의 각고와 각장, 각폭, 전중량과의 관계는 그림 3-2-61, 3-2-62, 3-2-63, 3-2-64, 3-2-65, 3-2-66, 3-2-67, 3-2-68, 3-2-69, 에 각각

나타내었다. 각고와 각장의 관계는 2차 다항식 회귀분석 결과, 대기 노출 1시간(그림 3-2-61)은 곡선($y=0.005x^2+0.36x-3.377$) 추세선이 6월부터 각장측으로 완만한 변화를 하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 각장이 성장함을 보여주며, 0.682의 결정계수(R^2)값을 나타냈다. 노출 3시간(그림 3-2-62)은 직선($y=0.001x^2+0.407x+3.102$) 추세선이 직선을 보여 골고루 성장함을 보이며, 0.521의 결정계수(R^2) 값을 나타냈다. 노출 5시간(그림 3-2-63)의 곡선($y=0.001x^2+0.178x+6.974$)은 전체적으로 완만한 경향으로 골고루 성장함을 보이나, 0.334의 매우 낮은 결정계수(R^2) 값을 나타냈다. 각고와 각폭의 관계의 2차 다항식 회귀분석 결과, 대기 노출 1시간(그림 3-2-64)의 곡선($y=-0.004x^2+0.714x-9.267$) 추세선이 7월에 각고측으로 가파르게 변하여 시간이 지남에 따라 각폭에 비해 각고가 증가함을 보이고, 0.589의 결정계수(R^2)값을 나타냈다. 노출 3시간(그림 3-2-65)의 경우 곡선($y=-0.002x^2+0.415x-1.220$) 추세선이 전체적으로 완만하여 시간이 지나도 골고루 성장할 것을 보여주며, 결정계수(R^2) 값은 0.478을 나타냈다. 노출 5시간(그림 3-2-66)의 곡선($y=-0.007x^2+0.251x+10.19$) 추세선이 5월부터 각폭측으로 가파르게 변하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 각폭이 증가함을 보이고, 0.506의 결정계수(R^2)값을 나타냈다. 각고와 전중량과의 관계의 2차 다항식 회귀분석 결과, 대기 노출 1시간(그림 3-2-67)은 곡선($y=0.003x^2+0.032x-2.253$) 추세선이 5월부터 전중량측으로 완만한 변화를 하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 전중량이 증가함을 보이고, 0.780의 결정계수(R^2) 값을 나타냈다. 노출 3시간(그림 3-2-68)의 곡선($y=0.000x^2+0.119x-2.671$) 추세선은 5월부터 전중량측으로 완만한 변화를 하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 전중량이 증가함을 보이고, 0.677의 결정계수(R^2) 값을 나타냈으며, 또한 노출 5시간(그림 3-2-69)의 곡선($y=0.006x^2-0.329x+5.236$) 추세선이 전중량측으로 가파른 변화를 하여 시간이 지남에 따라 각고에 비해 전중량이 증가함을 보여, 모든 노출시간의 결과 경향이 비슷하였다.

④고찰

모든 노출시간에서 5월부터 각장, 각폭, 전중량으로 변화를 하여 해면 중간육성장에서 각장에 폭에 비해서 각고가 가늘고 길게 성장하던 종패가 갯벌어장에서 8월에 시간이 결타함에 따라 각고에 비해 각장, 각폭이 성장하고 전중량이 증가하여 각고가 가늘고 길게 성장하던 종패가 갯벌참굴의 고유 형태인 둥근모양으로 회복할 것을 보여준다.



갯벌 본양성 이식용 해면 중간육성 종패



해면중간육성 종패 갯벌 본양성 이식 선별



해면 중간육성 종패의 갯벌 본양성 입식



해면 중간육성 종패의 갯벌 본양성 성장

그림 3-2-55. 해면 중간육성 종패의 갯벌 본 양성 이식

표 3-2-9. 태안군 이원지구 시험어장 갯벌참굴 해면 중간육성 종패의 본 양성장
입식 후 노출시간별 성장도

구 분	양성기간 12. 1. 27~7. 9				
월 별	노출시간(h)	각고(mm)	각장(mm)	전중량(g)	폐사율(%)
1.27	1	36.46	13.56	2.06	0
	3	35.15	14.78	2.12	0
	5	35.37	15.97	1.95	0
2.22	1	36.98	16.61	2.75	10.0
	3	35.79	15.65	2.54	6.6
	5	36.95	15.13	2.32	3.3
3.2	1	39.69	17.01	3.52	16.6
	3	37.53	16.59	2.88	10.0
	5	37.47	15.61	2.57	6.6
4.6	1	41.99	19.28	4.68	16.6
	3	38.79	17.51	3.15	20.0
	5	37.99	15.81	2.67	16.6
5.24	1	43.35	22.37	4.99	23.3
	3	38.77	17.69	3.11	23.5
	5	39.43	16.70	3.37	23.5
6.16	1	45.35	26.09	6.22	24.4
	3	39.84	18.17	3.47	24.2
	5	40.71	18.09	3.41	24.7
7.9	1	55.07	34.74	8.67	25.5
	3	46.30	21.26	5.09	25.7
	5	45.59	20.54	5.00	26.5

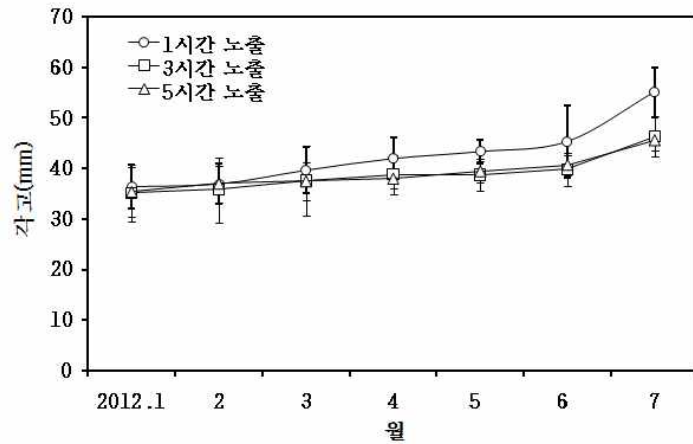


그림 3-256. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 각고의 성장

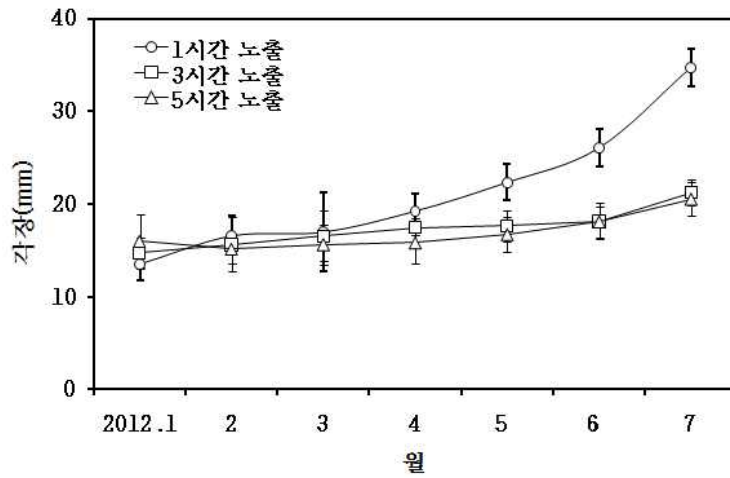


그림 3-257. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 각장의 성장

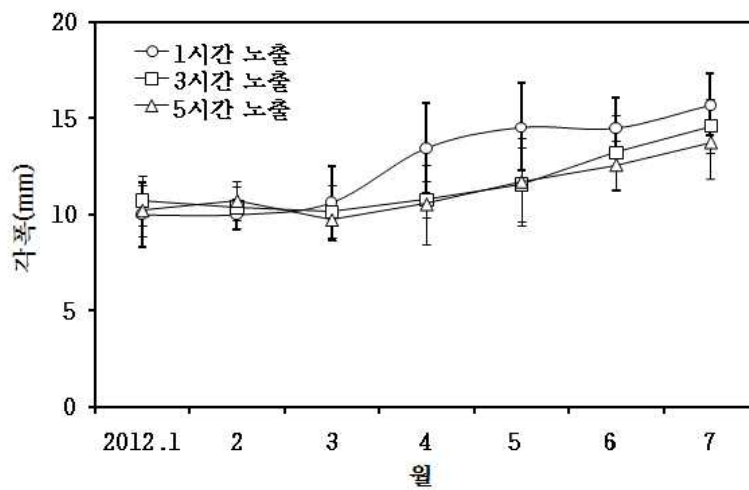


그림 3-258. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 각폭의 성장

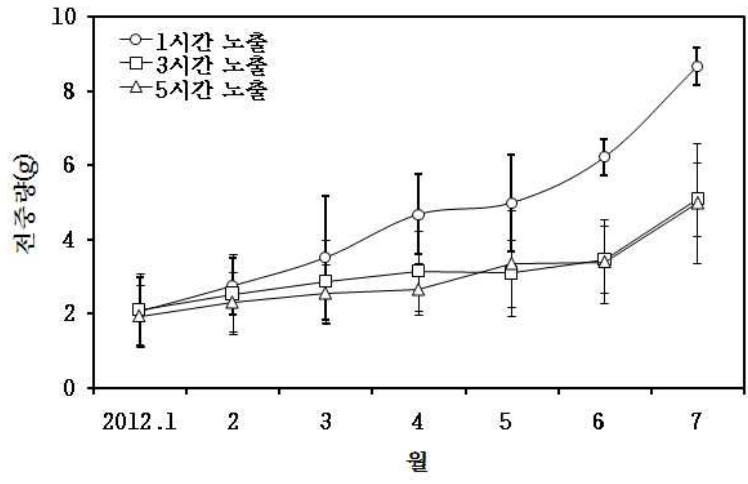


그림 3-2-59. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 전중량 변화

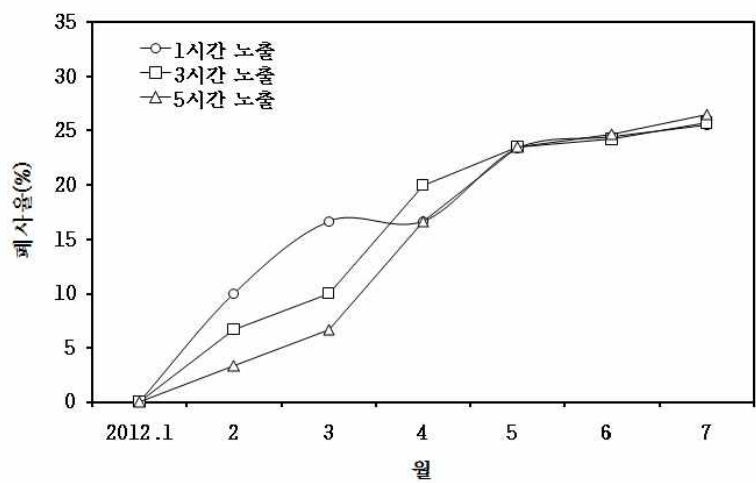


그림 3-2-60. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별 폐사율

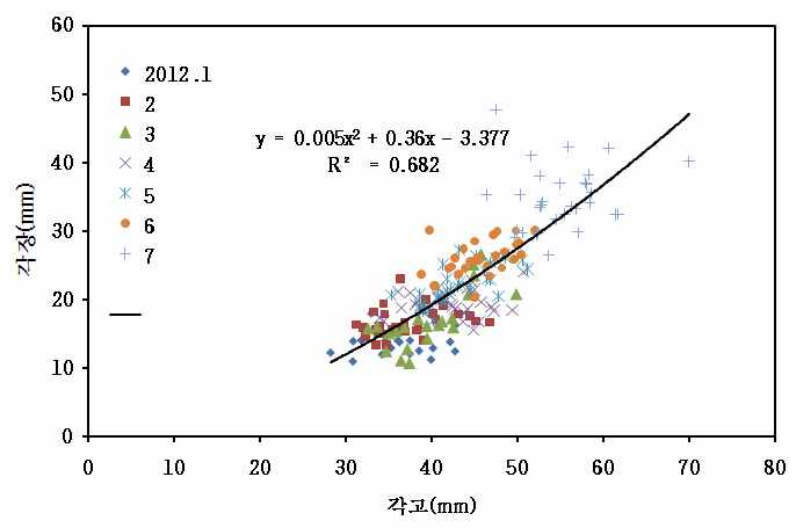


그림 3-2-61. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 각장 각교의 관계

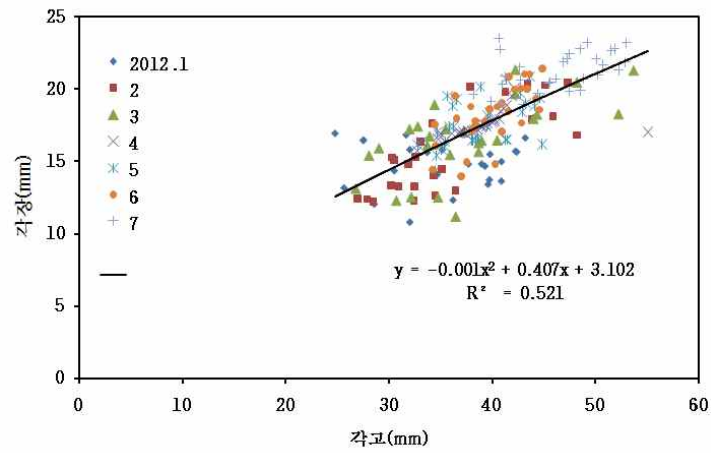


그림 3-262 태안군 이원지구 갯벌침굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 각장 각고와의 관계

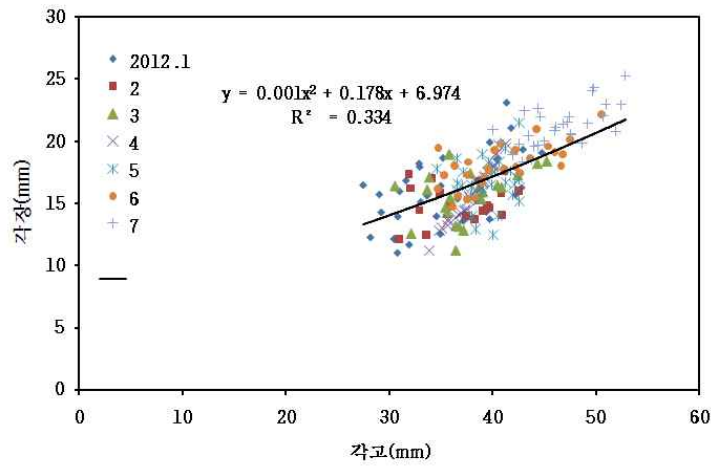


그림 3-263 태안군 이원지구 갯벌침굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 각장 각고와의 관계

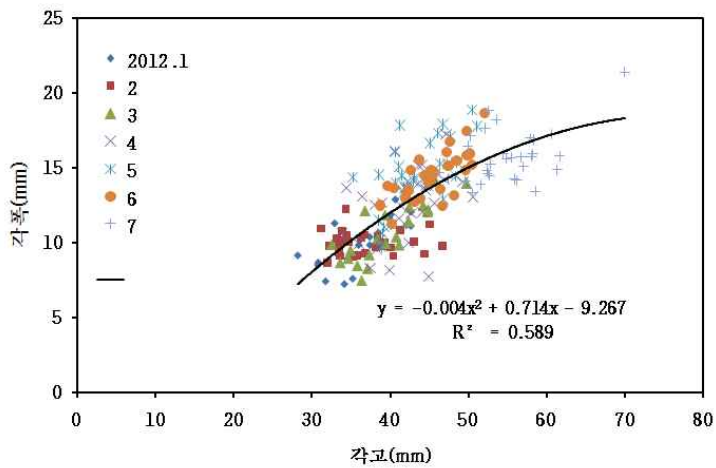


그림 3-264 태안군 이원지구 갯벌침굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 각폭 각고와의 관계

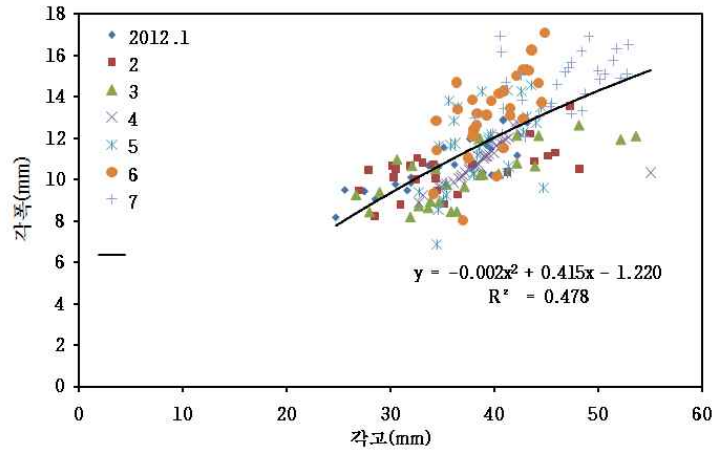


그림 3-265. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(3시간) 각폭, 각고와의 관계

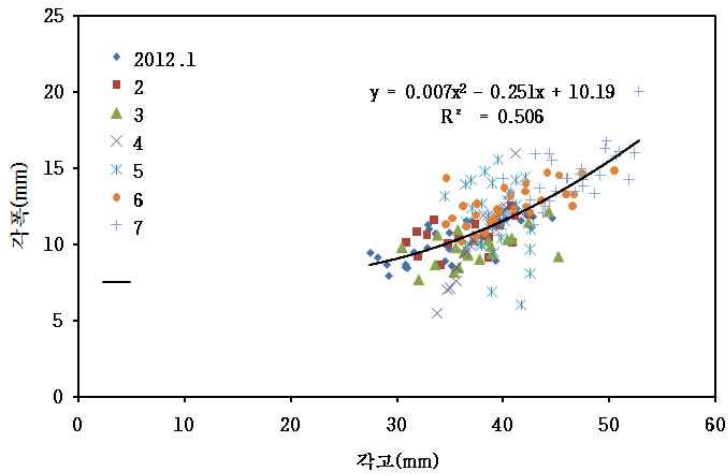


그림 3-266. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(5시간) 각폭, 각고와의 관계

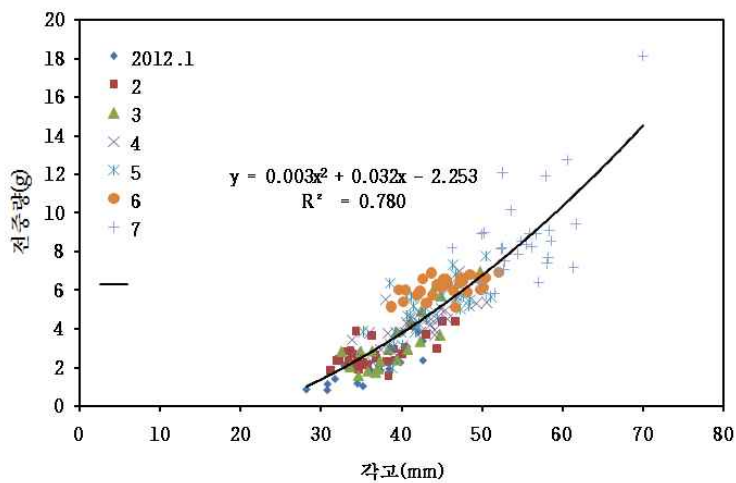


그림 3-267. 태안군 이원지구 갯벌참굴 수평망식 시험어장 노출시간별(1시간) 전중량, 각고와의 관계

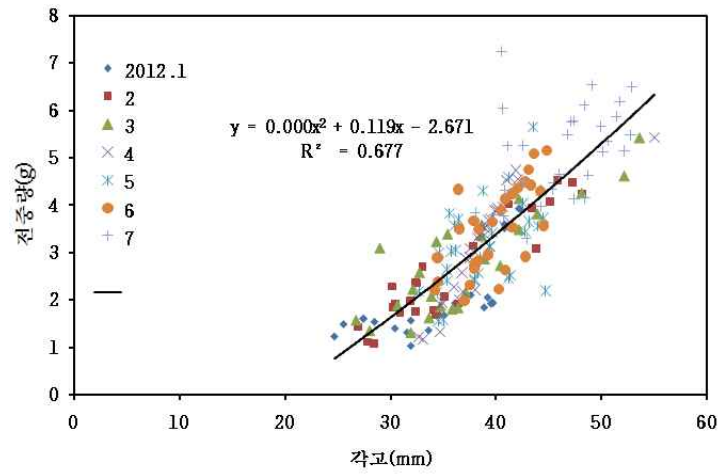


그림 328 태안군 이완지구갯벌침굴수령식시험장노출시간(3시간) 전중량 각도의 관계

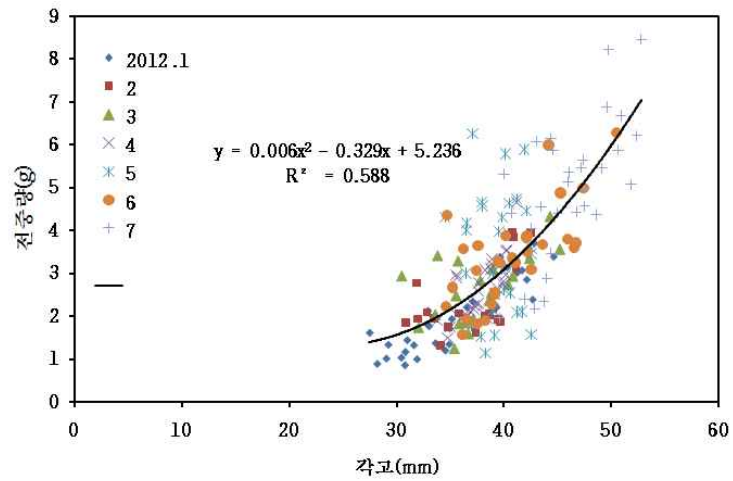


그림 329 태안군 이완지구갯벌침굴수령식시험장노출시간(5시간) 전중량 각도의 관계

라) 갯벌참굴 해면 중간육성 종패를 이용한 본 양성 적응시험 어장별 성장 비교

① 성장도 비교

2012년 1월~7월까지 서로 다른 크기의 갯벌참굴 종패를 노출시간별로 입식 시험한 결과를 그림 3-2-70, 3-2-71, 3-2-72에 각각 나타내었다.

2012년 1월, 1시간 노출에 사용한 창리 각고 35.91mm, 진산리 각고 37.54mm, 이원지구 각고 36.46mm 의 종패를 입식하여 실험을 실시한 결과, 실험 종료시기인 7월에 창리갯벌은 각고 61.81mm로 25.90mm가 성장하였고, 진산리갯벌은 각고 62.44mm로 24.9mm가 성장하였으며, 이원지구는 각고 55.07mm로 18.61mm가 성장하여, 각고의 일일 성장률은 창리 0.32%, 진산리 0.30%, 이원 0.25% 이었고, 전중량의 일일 성장률은 창리 0.97%, 진산리 0.98%, 이원지구 0.75%로 진산리>창리>이원지구 순으로 성장하였다.

3시간 노출시간에 입식한 진산리 갯벌의 중간종패의 크기는 각고 39.26mm, 이원지구 중간종패 각고 35.19mm를 입식 실험한 결과, 실험이 종료되는 7월에 진산리 갯벌 시험어장은 각고 64.83mm로 25.57mm가 성장하였으며, 태안 이원지구 갯벌 시험어장은 각고 46.27mm로 11.12mm가 성장도를 나타내어, 각고의 일일 성장률은 진산리 0.30%, 이원지구 0.17% 이었고, 전중량의 경우 진산리 0.87%, 이원지구 0.50%로 두 지역 간 큰 차이로 진산리>이원지구 순의 성장 결과를 나타내었다.

5시간 노출시간대에 입식한 진산리 갯벌의 크기 각고 38.27mm, 이원지구 갯벌 각고 35.80mm의 종패를 입식 실험한 결과, 7월에 진산리 갯벌은 각고 64.47mm로 26.20mm가 성장하였으며, 이원지구 갯벌은 각고 45.59mm로 9.79mm가 성장하여, 각고의 일일 성장률은 진산리 0.31%, 이원지구 0.15%이었고, 전중량의 경우 진산리 0.94%, 이원지구 0.53%로 진산리에서 약 2배 정도 높은 성장을 보여, 진산리>이원지구 순으로 성장 결과가 나타났다.

② 고찰

한편, 겨울철 저성장 원인은 1일 2회에 걸쳐 조석에 따라 갯벌 위로 노출되는 갯벌참굴 양식의 특성으로 노출시에는 냉각된 대기의 영향과 저수온의 영향을 크게 받기 때문인 것으로 여겨진다. 1월부터 3월까지의 성장이 둔화되다가 그 이후 수온이 높아지는 4월부터 빠른 성장을 하였다.

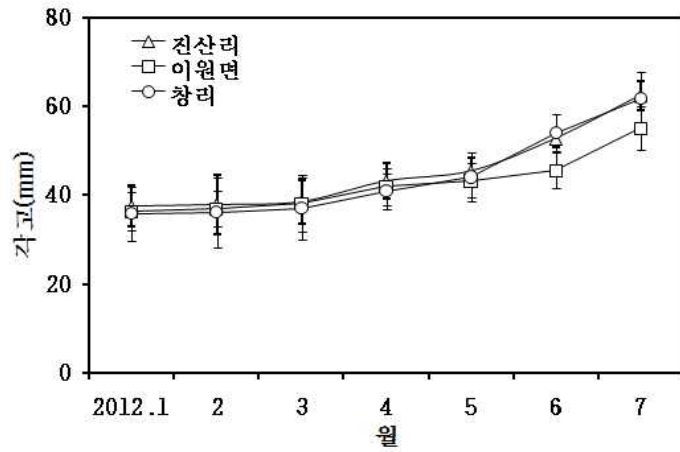


그림 3-2-70. 갯벌참굴 시험어장별(1시간 노출) 각고 성장 비교

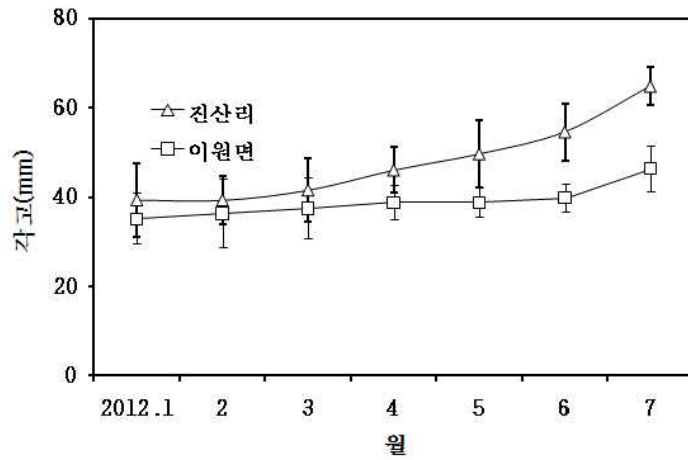


그림 3-2-71. 갯벌참굴 시험어장별(3시간 노출) 각고 성장 비교

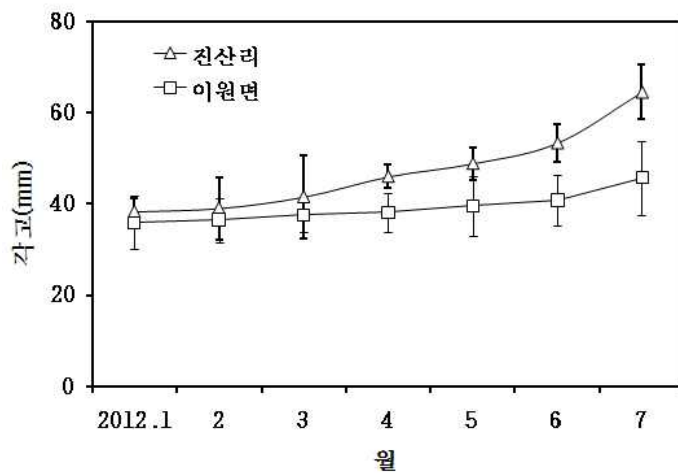


그림 3-2-72. 갯벌참굴 시험어장별(5시간 노출) 각고 성장 비교

제 3 절 갯벌참굴 해면 중간육성 적지선정 매뉴얼

1. 서 론

해면 양식어업은 양식장의 무절제한 확장 및 밀식을 방지하고, 어장 특성에 따른 적정품종의 양식생산성 향상과 폐사 등의 손실을 최소화하기 위해 양식생물의 적지 기준을 정해 놓고 있다. 이 때문에 양식장 적지조사는 조사 대상지 내에서 품종별 양식 가능여부를 시험·조사 분석하여 양식장으로의 적합성 여부를 평가하는 중요한 수단이 된다.

우리나라의 참굴 양식장 적지조사 기준은 “양식장적지조사요령(국립수산과학원훈령 제437호)”에 의거 투석식과 수하식으로만 구분하고 있으며, 최근 빈번해지고 있는 기후변화에 의한 지역별 양식장의 해양 특성을 반영하지 못하고 있다. 또한 전국적으로 동일한 적지기준을 적용하고 있어 지역별로 차이가 큰 양식 대상생물의 서식환경 및 기후변화에 대응하지 못하고 있다.

따라서 본 연구는 새로운 양식방법인 갯벌참굴 수평망식(간이수하식의 일종)에 대한 충남 연안의 해면 중간육성장 적지선정 기준을 마련하여 갯벌참굴 양식산업의 안정화를 위한 적지기준 자료를 얻고자 하였다.

2. 재료 및 방법

갯벌참굴 해면 중간육성장 적지선정 매뉴얼 작성은 기존의 국립수산과학원 “양식장적지조사요령(국립수산과학원훈령 제437호)”에 의한 굴 투석식과 수하식 양식장 적지조사 항목(수온, 염분, 용존산소, pH, 부유물질, 영양염류, Chl-a, 식물플랑크톤 등)을 기본으로 하였으며, 해역별 수질등급 기준(해양오염방지법 제4조의2)에 의한 수산생물의 서식, 양식 및 수산생물에 적합한 수질 기준을 참고하였다. 또한 함평만에 시설되어 일부 폐사가 발생한 갯벌참굴 양식장의 폐사환경 및 폐사원인 자료를 참고하였으며, 일본의 천해양식 기준(대성출판사 pp. 384) 및 천해양식(구덕출판사 p. 71-140), 가두리 양식장 어장면적에 대한 시설기준 5이상~20% 이하(어업면허의 관리등에 관한 규칙 제10조 제1항 관련 어장의 시설기준 별표 2), 기타 국외 굴양식 자료, 본 연구에서 조사된 결과를 바탕으로 대상 해역의 수질 및 저질, 유속, 기상, 식물플랑크톤 등을 근거로 하여 평가하였다. 각 항목별 조사방법은 본 과제의 갯벌참굴 양식장 환경조사와 같다.

3. 갯벌참굴 해면 중간육성장(해면 종묘생산) 시범어장별 적지 환경

가. 갯벌참굴 해면 중간육성장(해면 종묘생산) 시범어장 적지 환경

갯벌참굴 해면 중간육성장(해면 종묘생산) 시범어장 환경조사는 ① 충남 서산시 부석면 창리 해면과 ② 태안군 소원면 파도리 해면 ③ 보령시 오천면 원산도리 해면 에서 수행되었다.

1) 서산 창리 지역 해면 중간육성 시범어장 환경 특성

갯벌참굴 해면 중간육성장이 위치한 서산 창리해역은 천수만의 가장 내측으로 부남호 담수방류 수문으로부터 약 2km 지점에 위치한다. 내만수역으로 2011년 9월~12월의 수온범위는 8.5~22.9℃로 나타났으며, 조사기간 중 염분은 30.9~31.9psu 범위로 나타났다. 또한, 용존산소는 5.43~8.64mg/L로 나타났다.

여름과 겨울의 기상, 수온, 담수의 영향 등을 고려하면 서산시 부석면 창리시범어장은 수산생물을 양식하기에는 다소 부적합한 것으로 여길 수도 있다. 그러나 갯벌참굴 치패의 중간육성이 시작되는 5월 초순에는 수온이 10℃ 이상, 5월 하순까지는 15℃ 내외로 상승하며, 수심 6.6~11.8m, 유속은 10~44cm/sec 내외로 해수 소통이 원활하여 갯벌참굴의 중간 육성장으로 적합한 적지여건을 보인다. 부유물질 농도는 하계(8월)에 47.7mg/L, 동계(12월)는 15.7mg/L로 약 30mg/L의 큰 차이를 나타냈으며, chlorophyll-a의 함량은 하계에 9.28μg/L, 동계에 7.28μg/L로 외해수역에 비해 높고, 특히 하절기에 높은 값을 나타내고 있다. 해수 중에 다량으로 존재하는 식물플랑크톤과 입자성 유기물(detritus)들은 중간육성장의 굴 치패들에게 풍부한 먹이원으로 좋은 어장 환경조건을 갖추고 있다.

창리 해면중간육성 시범어장은 2010년 9월과 2011년 8월에 연속적으로 내습한 서해안의 태풍과 같은 해황에 대응하여 중간육성 시기를 조정할 필요가 있는 어장이다. 본 시범어장에서의 갯벌참굴 치패의 중간육성 시기는 4월 하순부터 7월 하순 사이이며, 해면 중간육성을 실시할 경우 4월 중순에 각고 2~7mm 크기의 치패를 입식하면 7월 초순까지 본양성용 크기인 각고 3~5cm 내외로 성장시킬 수 있다. 따라서 본 해역의 적지조사 기준 설정에는 지형조건에 풍파와 태풍 등의 내습시 시설물 파손이 우려되는 지역으로 태풍주의보 발령시 시설물의 안전대책을 강구할 필요성이 있다.

2) 태안 파도리 지역 해면 중간육성 시범어장 환경 특성

태안군 소원면 파도리 중간육성 시범어장은 근소만의 입구와 가까운 외해성 내만 어장이다. 조사기간 중 본 시범어장의 수온은 수온 하강기(2011년 9~11월)에 15.9~19.8℃, 혹한기(12~2012년 3월)에 3.2~9.0℃, 수온 상승기(4~7월)에 10.5~24.6℃로 나타났다. 염분농도는 본 조사기간 동안 32.0~33.1psu, 용존산소량은 수온 하강기에 6.65~7.43mg/L, 혹한기에 8.61~10.06mg/L, 수온 상승기에 8.89~10.55mg/L로 나타났다. 유속은 2011년 8월~2012년 5월에 20.72~90.45cm/s의 범위로 10월에 가장 느렸고, 5월에 가장 빠른 유속을 나타내, 해수 소통이 원활하여 갯벌참굴의 중간 육성장으로 적합한 적지여건을 보인다. chlorophyll-a의 함량은 11월에 1.78 μ g/L, 12월에 0.80 μ g/L, 1월에 1.87 μ g/L로 겨울철의 분포값이 낮게 나타났다.

본 시범어장에서 갯벌참굴 치패의 중간육성 시기는 4월 하순부터 11월 하순 사이이며, 해면 중간육성을 실시할 경우 4월 중순에 각고 2~7mm 크기의 치패를 입식하면 약 45~50일 경과 후에는 본양성용 크기인 각고 3~5cm 내외로 성장시킬 수 있다.

3) 보령 원산도 지역 해면중간육성 시범어장 환경 특성

보령 원산도 해면 중간육성 시범어장은 천수만의 입구에 위치한 외해성 내만으로 태안군의 안면도 남부와 접해 있고, 천수만 입구 동쪽으로는 보령화력발전소가 위치해 있다. 연중 수온분포는 3.2~24.6℃로 2월에 가장 낮고, 7월에 가장 높았다. 염분농도는 29.7~33.3psu로 10월에 가장 낮고 12월에 가장 높았다. 용존산소량은 6.65~10.26mg/l로 9월에 최저값을 보였고, 3월에 최고값을 나타내었다. pH는 7.19~7.92 범위를 나타내었다. 유속은 55.07~138.02cm/sec의 범위를 보였으며, 10월에 가장 느렸고, 5월에 가장 빠른 유속을 나타내었다. chlorophyll-a의 함량은 하계(8월)에 4.74 μ g/L, 동계(12월)에는 1.95 μ g/L로 하계에 높은 값을 나타내었다. 해수 중에 다량으로 존재하는 식물플랑크톤과 입자성 유기물(detritus)들은 중간육성장의 굴 치패들에게 풍부한 먹이원으로 좋은 어장 환경조건을 갖추고 있다.

본 시범어장에서 갯벌참굴 치패의 중간육성 시기는 4월 하순부터 11월 하순 사이이며, 해면 중간육성을 실시할 경우 4월 중순에 각고 2~7mm 크기의 치패를 입식하면 약 45~50일 경과 후에는 본양성용 크기인 각고 3~5cm 내외로 성장시킬 수 있다.

4. 갯벌참굴 해면 중간육성 적지선정 매뉴얼 작성

가. 갯벌참굴 해면 중간육성장의 적지 선정

서해안의 갯벌은 조석 간만의 차이가 클 뿐만 아니라 간조시에는 하계의 고온과 동계 저온의 대기에 노출되는 극한의 환경을 보이며, 갯벌에 서식하는 생물들도 이러한 극도의 어려운 환경에 적응하면서 생활한다. 이곳에 사는 패류들은 밀물을 따라 유입되는 물속의 플랑크톤을 섭취하기도 하지만 썰물 때 태양 빛에 의해 생성되는 갯벌의 펄 위에 자란 규조류와 펄 속의 유기물 등을 여과하여 먹기도 한다. 따라서 갯벌참굴은 갯벌에 서식하는 다른 패류들과 같이 간조시에는 하계의 고온과 동계 저온의 대기에 노출되는 극한의 환경에 적응하면서 생활한다. 갯벌참굴은 생존력이 다른 갯벌패류에 비해 매우 강하지만 극도의 온도편차 또는 수질환경이나 노출, 먹이환경 등의 여건이 불리할 경우 결국 폐사에 이를 수 있다.

따라서 갯벌참굴 해면중간육성장의 적지선정은 사업수행의 성공여부를 결정하는 매우 중요한 요소이며, 대규모 투자시 사전에 면밀한 조사가 이루어져야 한다. 해면육성장 적지선정 조건으로는 주변에 오염원이 없는 곳으로 일부 담수유입의 영향을 간접적으로 받으면서 그 양의 변화가 적은 곳은 영양염류와 먹이생물이 풍부하여 굴의 비만시기를 빠르게 한다. 갯벌참굴의 해면 중간육성장은 태풍 및 파도의 영향이 적고 육지와 근거리에 인접하면서 수시로 어장관리가 편리한 곳을 선정하며, 양식시설 자재의 운반 및 관리를 위한 선별작업, 분망작업, 채취작업 등이 편리하게 이루어지는 곳이어야 한다.

특히 서해안 지역은 계절에 따라 해적생물이 양성망에 많이 부착한다. 봄철에는 파래, 다시마, 진주담치, 이끼류, 가을철에는 미역, 요각류 등이 양성망지에 대량 부착하기 때문에 1주일에 2~3회 고압청소기 등으로 양성기를 세척하여 먹이공급을 원활하게 한다. 우량 중간종묘의 대량생산을 위해서는 무엇보다도 3~4일 간격으로 크기별로 선별하여 적정 밀도로 관리하는 것이 가장 중요하다.

갯벌참굴의 해면 중간육성을 위한 적지선정을 위한 기준을 마련하고자 굴의 성장과 생존에 영향을 주는 물리, 화학, 생물학적 적지환경조사로 수온, 기온, 염분, 용존산소(DO), pH, 부유물질(SS), 화학적산소요구량(COD), 인산염(PO₄-P), 총질소(T-N), Chlorophyll-a, 부착생물(담치류, 우렁쟁이, 따개비, 참굴, 갯지렁이, 해조류 등), 수심, 유속, 노출시간, 강수량 등을 조사하였다.

자연환경 및 사회 문화적 환경요인조사는 지형조건, 담수영향, 오염원, 사회간접기반시설, 어촌계 및 어업인의 호응도 및 어장관리운영 능력 등을 포함하였다.

1) 수온, 기온

갯벌에서 노출과 잠김의 반복생활을 하는 갯벌참굴은 여름철 폭서와 겨울의 혹한이 생존에 결정적 영향을 미칠 수 있다. 참굴은 저서생물 중 온도에 적응력이 가장 큰 광온성 생물로 최근의 기후변화에 의한 고온과 저온의 온도차 폭을 갯벌참굴의 현장조사 자료 및 국외 자료를 기본으로 하여 반영시켰으며, 갯벌 노출생물의 특성인 기온을 새로운 항목으로 편입시켰다.

2) 염분

염분은 기존의 국립수산과학원 적지기준 단위인 비중을 제외시키고 세계 공통 기준인 psu 단위로 환산 적용하였다.

3) 영양염류

영양염류는 최근의 양식방법이 고밀도의 친환경 양식으로 전환함에 따라 영양염류의 소비량을 고밀도 양식에 적합하도록 현재의 기준 값을 일부 상향 적용하였으며, 산업화에 따른 해역의 영양염류 유입 증가에 대응하여 기존의 적지조사 측정단위인 $\mu\text{g-at/l}$ 를 세계 공통단위인 mg/l 로 환산 적용하였다.

4) 부유물질 · 해수 COD · 클로로필-a

기존의 적지기준에는 부유물질과 해수 COD, 클로로필-a 항목이 제외되어 있음. 부유물질의 경우 갯벌참굴의 폐사(합평만 갯벌참굴 양식장)에 관여하며, 해수 COD는 양식장 수질 지표항목으로, 클로로필-a는 굴의 비만 등에 관여하는 항목으로 평가되어 해역의 수질오염 2등급 기준(기타 수산생물에 적합한 수질) 범위를 적용하여 신설하였다.

5) 저질입도

갯벌참굴 양식은 갯벌에 지주대를 세워 양식하는 방법으로 지반변동이 없어야 하며, 효율적인 작업을 위해 경운기 등의 출입이 가능한 곳이어야 한다. 해면 중간육성장은 가두리 설치 및 고정을 위한 계류시설이 가능한 사니질 또는 사략질 지역으로 파도와 조류 등 태풍의 영향에 안전한 곳이어야 한다.

6) 수심 · 조류소통

갯벌참굴의 갯벌 본양성(0~5시간 노출선) 및 해면 중간육성(수심 5~30 m) 시설은 서해안 조류속의 특성 및 해수교환율, 가상식 양식 set의 조류 저항성을 등을 감안, 기존의 수하식 양식 기준인 3~10 cm/sec에서 5~30 cm/sec로 상향 조정하였다. 간조시각, 만조시각, 간조와 만조의 중간지점 유속을 측정하여 5~30cm/s가 유지되는 곳을

선정하는 것이 양성망 내에서 종패가 한쪽에 몰리지 않고, 종패의 성장이 좋을 뿐만 아니라 먹이섭식 활동이 안정되어 성장에 유리하다. 2 m 수층보다 깊은 곳인 중층이나 하층의 유속이 5 cm/sec 이하이면 대체로 성장이 좋지 않은 것으로 나타났다.

7) 해면 중간육성장 계류시설

해면 중간육성장 가두리 설치 및 고정을 위한 계류시설은 저질 지반에 따라 다르며, 저질 지반이 사질 또는 암반지역은 자연석 돌(2m³)을 이용한 고정 시설을 한다. 사니질인 경우에는 앵커(200관)에 의한 계류시설이 파도와 조류 등의 영향에 안전한 것으로 나타났다.

8) 지형

파도나 조류의 영향을 간접적으로 받는 내만으로 외해의 만의 입구 중심부에 가까운 곳이 적합하다.

나. 갯벌참굴 양식장 적지선정 기준 (제안)

구 분	적 지 기 준				
	적정기준(제안)	갯벌참굴 양식장 (태안연안)	참굴 갯벌 본양 성 폐사지역 환 경 사례(합평만)	양식장적지조사요령 (국립수산과학원 훈령 제437호)	일본 굴 양식 환경요인
	참굴 해면중간육성 (태안연안)				
수온	2~28℃	0~30℃	3.7~28℃	5~30℃	0~30℃
기온	-	-8~36℃	-7~31℃	-	
비중 (염분 psu)	(20~34)	(20~34)	(19.5~31.99)	1.015~1.025 (20.6~33.7)	1.010~1.025 (14.12~33.7)
영양염류 ○ 인산염 ○ 총질소	0.003~0.03 mg/l 0.11~0.30 mg/l	0.003~0.03 mg/l 0.11~0.30 mg/l	- 0.19~0.37	0.2~1µg-at/1 (0.003~0.014mg/l) 3.6~7.1µg-at/1 (0.11~0.22mg/l)	- -
용존산소	5.0~9.9 mg/l	5.0~9.9 mg/l	5.7~12.03mg/l	3~6ml/l(5~8.5 mg/l)	-
PH	7.8~8.3	7.8~8.3	7.51~8.08	7.8~8.3	-
부유물질 (SS)	30 mg/l 이하	40 mg/l 이하	10~3,086mg/l	-	탁도 10 mg/l 이상에서 산소 소비량 감소
해수 COD	2mg/l 이하	2mg/l 이하	-	-	-
저질 ○ 입도 ○ COD ○ 유화물	사니질, 사락질 - -	지주 설치가 가능 한 사락질, 사니질, 자갈, 패각질로 경 운기 출입 가능한 곳 - 몰죽 10cm 이하 20mg/g 이하 0.2mg/g 이하	사니질 몰죽 10~40cm	○ 투석식 : 사니질 ○ 수하식 : 시설 가능지 20mg/g 이하 0.2mg/g 이하	-
부유생물	적조발생이 없는 곳	좌동		적조지표생물이 적은 곳	-
클로로필-a (µg/L)	1~12	1~12	1.39~29.0	-	
해적생물	담치류, 폴리도라, 불 가사리류, 참굴, 우렁 쟁이류 해조류 등	담치류, 참굴, 고동 따게비, 폴리도라, 불가사리류		우렁쟁이류, 담치류, 갯지렁이, 불가사리류	-
조류소통 (유속)	5~30cm/sec	5~30cm/sec		3~10cm/sec	-
수심	5~30m	노출선 : 0~5hr		투석식 : 0~5hr 노출선 수하식 : 5~40m	-
담수유입	직접 영향이 적은 곳	좌 동		좌 동	-
오염원	인근에 오염원이 없고 부영양화 영향이 없는 곳	좌 동		좌 동	-
풍파	시설물 유실 영향이 적은 곳	지반변동 및 시설물 유실 영향이 적은 곳		시설물 유실 우려가 없는 곳	-
종묘	인공종묘	인공종묘		인공종묘 및 자연산	-
기타	기타 필요한 사항	좌 동		좌 동	-

- 자료출처 : 1. 해역수질 등급표(환경정책기본법 시행령, 2009년 7월 개정), 국립수산과학원 적지기준 (2008)
2. 국제갯벌연구센터(2010) 합평만 갯벌참굴 시범양식사업 관측자료(수온, 염분, 환경)
3. 갯벌참굴 시범연구사업(2011.5.), 해양수질환경 현장조사 연구결과 참조

※ 주 : 본 적지기준(제안)은 태안군 이원지구 갯벌참굴시범사업지역과 연관하여 태안지
역을 적지기준지역으로 정함(시험구 : 태안 파도리, 대조구 : 보령 원산도, 서산창리)

다. 갯벌참굴 적지선정 매뉴얼

표 3-3-1. 갯벌참굴 적지선정 조사 방법 매뉴얼

세부 항목	적지기준 및 범위	조사방법 및 시기	적지조건	비 고
수온	2~28℃ (해면) 0~30℃ (갯벌)	<ul style="list-style-type: none"> • 수온은 봉상온도계 및 YSI 수질측정기로 현장에서 해수표면 1m 아래의 수온을 측정한다. • 조사는 계절변화를 반영할 수 있도록 2, 5, 8, 10월 등 4계절을 기본적으로 조사하고 시험기간이 1년을 채우지 못할 때는 15일 전후를 기준으로 매월 조사한다. • 하계 고수온 및 동계 한파시에는 리얼타임 센서로 관측할 수 있다. • 과거의 조사자료 분석과 현장조사를 병행 실시 	<ul style="list-style-type: none"> • 해면 : 최저수온 2.0℃ (1~3월) 이하 및 최고수온 28℃ (7~9월) 이상의 기간이 연중 20일 이내로 유지되는 곳 • 갯벌 : 최저수온 0℃ (1~3월) 이하 및 최고수온 30℃ (7~9월) 이상의 기간이 연중 각각 10일 이내로 유지되는 곳 	<ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 천수만 표층수온은 2~3℃까지 하강 - 신규제안
기온	-8~36℃ (갯벌)	<ul style="list-style-type: none"> • 기온측정은 봉상온도계 및 온도측정기를 사용한다. • 조사는 계절변화를 반영할 수 있도록 2, 5, 8, 10월 등 4계절을 기본적으로 조사하고 시험기간이 1년을 채우지 못할 때는 15일 전후를 기준으로 매월 조사한다. • 일별 기온은 인근의 기상청 자료를 인용한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 일 최고기온 36℃ 이상 및 최저기온 -8℃ 이하의 기간이 연중 각각 10일 이내로 유지되는 곳 	<ul style="list-style-type: none"> - 신규제안

(표 3-3-1 계속)

세부 항목	적지기준 및 범위	조사방법 및 시기	적지조건	비 고
염분	20~34 psu	<ul style="list-style-type: none"> • 염분은 YSI 수질측정기로 현장에서 측정하거나 5L Van Don 채수기로 해수표면 1m 아래 수심에서 채수하여 실내 측정한다. • 계절변화를 반영할 수 있도록 2, 5, 8, 10월 등 4계절을 기본적으로 조사하고 시험기간이 1년을 채우지 못할 때는 15일 전후를 기준으로 매월 조사한다. • 장마 등 대량의 강수 지속시에는 수시로 측정하고, 리얼타임 센서 등으로 관측할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 염분농도 20psu 이하의 기간이 연중 15일 이내인 곳 	적지조사 기준에 정밀도가 낮은 비중을 염분으로 전환하여 조사 필요
용존 산소	5~9.9 mg/L	<ul style="list-style-type: none"> • 용존산소는 YSI 수질측정기로 현장에서 측정하거나 5L Van Don 채수기로 해수표면 1m 아래 수심에서 채수하여 실내 측정한다. • 현장 채수시에는 산소를 고정하여 Winkler 적정법으로 분석 • 계절변화를 반영할 수 있도록 2, 5, 8, 10월 등 4계절을 기본적으로 조사하고 시험기간이 1년을 채우지 못할 때는 15일 전후를 기준으로 매월 조사한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 5.0mg/L 이하의 기간이 15일 이내인 곳 	
pH	7.8~8.3	<ul style="list-style-type: none"> • pH는 YSI 수질측정기로 현장에서 측정한다. • 계절변화를 반영할 수 있도록 2, 5, 8, 10월 등 4계절을 기본적으로 조사하고 시험기간이 1년을 채우지 못할 때는 15일 전후를 기준으로 매월 조사한다. • 장마 등 대량의 강수 또는 적조 등 수질악화시에는 수시로 측정한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 7.4~8.5를 벗어난 기간이 연중 15일 이내인 곳 	적지조사 기준

(표 3-3-1 계속)

세부 항목	적지기준 및 범위	조사방법 및 시기	적지조건	비 고
부유 물질 (SS)	30mg/L 이하(해면) 40mg/L 이하(갯벌)	<ul style="list-style-type: none"> • 부유물질은 일정량의 시료를 유리섬유여지(GF/C)로 여과시킨 다음 항량으로 건조하여 무게를 달아 여과 전 후의 무게차를 산출한다. 해양오염공정시험법에 준하여 분석. • 계절변화를 반영할 수 있도록 2, 5, 8, 10월 등 4계절을 기본적으로 조사한다. • 장마 등 대량의 강수 또는 적조 등 수질악화시에는 수시로 측정한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 부유 물질 농도가 40mg/L 이상으로 유지되는 기간이 연중 30일 미만인 곳 	신규 제안
화학적 산소요 구량 (COD)	2mg/L 이하 (해수)	<ul style="list-style-type: none"> • 화학적산소요구량은 해양오염공정시험법에 준하여 알칼리성 100℃ 과망간산칼륨법에 의해 측정한다. • 계절변화를 반영할 수 있도록 2, 5, 8, 10월 등 4계절을 기본적으로 조사한다. • 장마 등 대량의 강수 또는 적조 등 수질악화시에는 수시로 측정한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 해수 COD 농도가 2mg/L 이상으로 유지되는 기간이 연중 15일 미만인 곳 	적지조사기준

(표 3-3-1 계속)

세부 항목	적지기준 및 범위	조사방법 및 시기	적지조건	비 고
인산염 (PO ₄ -P)	0.003~0.05mg/l	<ul style="list-style-type: none"> 인산염은 25mm GF/f Glass microfiber filter로 여과된 시료 20mL을 plastic scintillation vial에 넣어 dry ice에 냉동 운반하여 Parsons et al.(1984)에 준하여 Auto-analyzer(Barn Luebbe) 방법으로 분석하거나 해양오염공정시험법에 준하여 분석. 계절변화를 반영할 수 있도록 2, 5, 8, 10월 등 4계절을 기본적으로 조사하고 시험기간이 1년을 채우지 못할 때는 15일 전후를 기준으로 매월 조사한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 0.05mg/l를 벗어난 기간이 연중 30일 이내인 곳 	적지 조사 기준
총질소 (T-N)	0.11~0.50 mg/l	<ul style="list-style-type: none"> 총질소는 25mm GF/f Glass microfiber filter로 여과된 시료 20mL을 plastic scintillation vial에 넣어 dry ice에 냉동 운반하여 Parsons et al.(1984)에 준하여 Auto-analyzer(Barn Luebbe) 방법으로 분석하거나 해양오염공정시험법에 준하여 분석. 계절변화를 반영할 수 있도록 2, 5, 8, 10월 등 4계절을 기본적으로 조사하고 시험기간이 1년을 채우지 못할 때는 15일 전후를 기준으로 매월 조사한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 0.50mg/l를 벗어난 기간이 연중 30일 이내인 곳 	적지 조사 기준
클로로필 _a (Chl. -a)	1~12 µg/L	<ul style="list-style-type: none"> 일정량의 시료를 유리섬유 여과지(GF/F filter, 직경 25mm, Whatman, pore size 0.7µm)로 여과한 다음 클로로필 추출용액인 90% 아세톤(Acetone)이 담겨진 8mL 차광 시험관에 넣어 12hr 이상 용출시킨 후, 총 24hr 이내로 10-AU fluorometer(Turner Designs)를 사용하여 측정한다. 계절변화를 반영할 수 있도록 2, 5, 8, 10월 등 4계절을 기본적으로 조사하고 시험기간이 1년을 채우지 못할 때는 15일 전후를 기준으로 매월 조사한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 1µg/L 이하인 기간이 연중 30일 이내인 곳 	

(표 3-3-1 계속)

구분	세부항목	적지기준 및 범위	비 고
자연 환경 요인	지형조건	• 태풍이 2회 이상 반복 내습지역은 피함 - 풍파, 태풍 등의 내습 시 시설물의 파손 방지에 유리한 지형	신규제안
	담수영향	• 최저염분이 20psu 이하의 기간이 연속 10일 이상 유지되는 곳은 피함 • 평상시 및 집중강우 시 어장의 인접지역 (2km 이내)에 반복적인 다량의 담수 유입 원이 없을 것	폐사감소를 위한 신규제안
	부착생물	• 진주담치, 미더덕, 따개비, 자연산 참굴 등이 과도하게 서식하지 않은 곳	참굴 추가
	오염원	• 어장 인접지역(2km 이내)에 축산 오폐수 유입로, 발전소 온배수 배출구, 폐기물 처리시설, 쓰레기 매립장, 공장 폐수 배출구 등 직접적 환경 오염원이 없을 것	수출(위생해역 지정) 대비 신규제안
	유속	• 최저유속이 5~20cm/s 이상일 것 • 최적유속 10~30cm/s 유지되는 곳 • 간조시각, 만조시각, 간조와 만조의 중간 시점의 유속을 측정하여 최저유속이 기준 이상일 것	적지기준 3~10 cm/s는 비현실적, 기존 기준 보완
	수심(해면)	• 간조시 수심이 5~30m 내외 되는 곳	갯벌은 0~5시간 노출선 (신규제안)
사회· 문화적 환경	기반시설	• 도로, 선박접안 시설, 전력공급 시설 등 사회기반시설(SOC)이 양호할 것	신규제안
	사회적 요인	• 어촌계의 호응도 및 투자 의지, 어장 활용에 대한 공감도, 어업인구의 연령구성 등이 사업수행에 긍정적 기여 가능성이 높은 곳	신규제안

라. 양식장 적지선정 규정 개정의 필요성

해면 양식어업은 양식장의 무절제한 확장 및 밀식을 방지하고 어장 특성에 따른 적정품종의 양식생산성과 손실을 최소화하기 위해 유용 양식생물에 대한 적지기준을 정해놓고 있다. 양식장 적지조사는 조사대상지와 대상품종과의 양식 적합성 여부를 시험·조사 분석하는 업무를 말한다. 본 사업에서 갯벌참굴 양식장에 대하여 조사를 실시하는 이유는, 첫째 국내 모든 양식장의 적지조사 시 적용하고 있는 “양식장적지조사요령(국립수산과학원훈령 제437호)”에서 참굴에 대한 적지조사 기준이 남해안의 수하식과 갯벌의 투석식을 중심으로 되어 있어 현재 적지조사 기준이 마련되어 있지 않은 새로운 양식방법인 수평망식(간이수하식의 일종)에 대한 적지조사 기준을 마련하기 위함이다.

굴에 대한 적지조사 기준에서는 저질 및 수심에 대한 기준을 투석식과 수하식으로만 구분하고 있어 새로운 양식방법인 갯벌 수평망식에 대한 적지기준이 마련되어야 한다. 또한 갯벌 수산자원을 수산업의 신성장 동력으로 개발하려는 농림수산식품부의 新갯벌어업 추진계획의 일부로서 갯벌참굴이 수출전략품종으로 선정되어 본격적인 개발을 추진하고 있기 때문에 적지조사 차원을 넘어 안정적이고 품질 좋은 갯벌참굴 생산에 필요한 환경요인들을 검토하여 양식장 개발에 적극 활용할 필요성이 있다. 갯벌참굴 해면 중간육성장 적지선정을 위한 매뉴얼은 패류품종별 양식장 적지조사기준 및 현장조사 자료, 국외 굴양식 자료 등을 근거하여 신규제안 또는 보완하여 작성하였다.

마. 갯벌참굴 양식 적지조사 규정의 신설

갯벌참굴(수평망식) 양식은 국내에서는 처음으로 도입된 양식방법으로 물속에서 키우는 남해안의 수하식 굴 양식 방법과는 달리 갯벌 위에 시설물을 설치하여 양식하는 방법이다. 즉, 육상 종묘배양장에서 생산된 3배체의 개체굴 종묘를 양성기 그물 안에 넣은 후 조간대 갯벌(1~5시간 노출선)에 설치한 수평망식(갯벌 지면으로부터 약 60cm 높이) 세트 위에 종패가 들어 있는 양성 그물을 올려 고정된 후 어미로 자랄 때까지 기르는 방법이다.

갯벌참굴 양식은 항상 물속에 잠겨있는 수하식 굴 양식과는 달리 조석에 따라 1일 2회씩 노출과 잠김이 반복되기 때문에 여름철 고온의 혹서와 겨울철의 혹한을 견뎌야 만 한다. 그동안의 굴양식 적지기준은 수하식 및 투석식에 한정되어 있을

뿐 갯벌참굴 양식에 관한 적지조사 규정은 마련되어 있지 않다.

따라서 갯벌참굴 양식 적지항목 및 적지기준은 수하식 양식과는 차이가 있다. 현재 적용되고 있는 우리나라의 양식생물 적지기준은 안정된 환경을 지닌 1960년대 (대체로 일본 기준 적용)를 기준으로 설정해 놓은 것으로 최근의 기후변화 등에 의한 생물 서식환경 및 생태계의 변화특성을 반영하지 못하고 있다. 특히 각 지역별 갯벌생물 서식 환경은 그동안의 간척 매립 및 산업화 개발 등으로 동일한 인접지역에서도 생물의 서식환경 차이가 뚜렷이 나타나고 있으며, 참굴과 같이 양식방법에 따라 동일한 품종이라도 지역별 환경에 적응하는 능력이 달라진다. 따라서 같은 품종이라도 적지기준을 전국 모든 지역에 동일하게 적용하는 것은 무리가 있으며, 각 해역에 적합한 품종별 적지규정의 개정작업이 시급히 마련될 필요성이 있다.

갯벌참굴 해면 중간육성장 적지 항목은 중간육성 시설의 설치, 운영 및 관리의 효율성과 관련된 어장 접근성 및 사회기반 시설인 도로, 항포구, 선박 접안시설, 전력 공급 시설 등이 포함된다. 또한 중간육성 사업의 규모화 및 관리시설과 기술의 끊임없는 진보를 위해서는 외부로부터의 자본과 기술력이 투입될 필요성이 있기 때문에 어촌계의 호응도 또는 배타성 등의 사회·문화적 요인도 포함되어야 할 것이다.

바. 갯벌참굴 양식장 적지조사 시 검토해야 할 주요 요인

서해안의 갯벌은 조석 간만의 차이가 클 뿐만 아니라 간조시에는 하계의 고온과 동계 저온의 대기에 노출되는 극한의 환경을 보이며, 갯벌에 서식하는 생물들도 이러한 극도의 어려운 환경에 적응하면서 생활한다.

이곳에 사는 패류들은 밀물을 따라 유입되는 물속의 플랑크톤을 섭취하기도 하지만 썰물 때 태양 빛에 의해 생성되는 갯벌의 펄 위에 자란 규조류와 펄 속의 유기물 등을 여과 섭식한다. 따라서 갯벌참굴은 갯벌에 서식하는 다른 패류들과 같이 간조시에는 하계의 고온과 동계의 저온에 노출되는 극한의 환경에 적응하면서 생활한다. 갯벌참굴은 생존력이 다른 갯벌패류에 비해 매우 강하지만 극도의 온도편차 또는 수질환경이나 노출, 먹이환경 등의 여건이 불리할 경우 결국 폐사에 이를 수 있다.

따라서 갯벌참굴 적지선정은 사업수행의 성공여부를 결정하는 데 매우 중요한 요소이며, 대규모 투자시 사전에 면밀한 조사가 이루어져야 한다.

참굴양식 적지선정 요건은 1960년대 초기에 국립수산과학원에서 양식적지 기준을 설정하여 2008년 3월 25일까지 여러 차례 개정한 바 있다. 그러나 각 품종별 적지선정 기준은 개괄적인 관점에서 전국 모든 지역에 동일하게 적용하고 있어 지역별 기후환경 및 생물종의 서식환경 특성을 반영하는 데 어려움이 클 뿐만 아니라 최근의 양식기술 발전에도 대응하지 못하고 있다.

한편 기후변화가 해마다 심화되면서 동일 품종이라도 심지어는 이웃 어촌계 간의 서식환경이 온도나 조류유동, 저질형태, 해적생물, 먹이생물 조건 등이 달라 해적생물 부착 또는 성장과 폐사에 미치는 영향이 커지고 있는데, 금후에는 기상예보와 같이 국지적 환경특성을 반영한 지역별 세부 적지기준 및 이를 반영한 양식예보 체계를 갖추는 것도 중요한 일이다. 따라서 같은 품종이라도 적지기준을 전국 모든 지역에 동일하게 적용하는 것은 무리가 있으며, 각 해역에 적합한 품종별 적지규정의 개정작업 마련이 시급하다.

따라서 양식 생산성 향상을 위해서는 각 해역별(서해안, 남해안, 동해안)로 환경특성에 적합한 새로운 양식적지 기준의 정립이 필요함에 따라 본 장에서는 국립수산과학원의 품종별 적지기준을 기본으로 실제 지역별 실측 환경 편차를 적용하여 서해안 갯벌참굴의 양식 적지기준을 수록하였다.

5. 갯벌참굴 적지선정 기준 설정을 위한 폐사 및 비폐사 지역 환경 특성

가. 지역별 갯벌참굴 양식어장(폐사 및 비 폐사지역) 환경 비교

갯벌참굴의 폐사가 발생한 전남 함평만의 경우 폐사의 주요 요인으로 작용하는 부유물질량이 10~3,086 mg/l로 부유물질의 적정기준치(40mg/l 이하)를 크게 초과하고 있으며, 염분농도 또한 19.5psu로 크게 낮고, 저질의 발빠짐 깊이가 최대 40 cm에 달해 경운기 등의 출입이 어려운 상황이다. 따라서 이러한 환경은 갯벌참굴 양식장으로 적합하지 않은 것으로 평가되며, 자연환경 요인 이외에도 양식장 관리 능력 등 인위적인 요인들도 적지선정시 고려되어야 한다.

표 3-3-2. 지역별 갯벌참굴 양식어장(폐사 및 비 폐사지역) 환경 비교

구 분	적정기준	폐사지역		비 폐사지역	
		전남국제갯벌센터(함평송석)	국립수산과학원(함평만)	태안 진산(갯벌참굴 양성장)	태안 파도리(중간육성장)
수온(℃)	0~30	3.7~28.0	2.6~26.9	4.7~28.2	3.2~20.5 (2011.9~2012. 7월)
기온(℃)	- 8~36	- 7~31	-	-7~34	-7~34
염분(psu)	20~34	19.5~31.8	31.99~31.18	21.0~33.1	21.0~33.1
부유물질(mg/L)	40 이하	10~3,086	24.6~203.2	13.8~45.0	10.3~39.1
COD(mg/L)	2mg/L 이하 저질 20 이하	-	0.69~1.26	0.50~1.20	0.84~1.52
크로로필-a	1~12	1.7~29.0	1.39~4.57	4.82~12.46	0.80~10.22
DO(mg/L)	5.0~9.9	5.7~10.7	6.17~12.03	5.83~10.0	7.27~10.55
pH	7.8~8.3	-	7.51~8.08	7.5~8.33	7.43~7.88
총질소(μg/L)	0.11~0.30 (mg/L)	14~58?	0.19~0.37 (mg/L)	-	0.17~0.37 (mg/L)
유속	5~30cm/sec	25.7~87.5	-	15~30.1	20.6~41.2
노출수위	0~5hr	-	-	1~5	-
저 질	사락질, 자갈 사니질, 경운기 출입 가능한 곳, 몰죽 10 cm이하	사니질 몰죽 10~15cm	함평읍 석성리 사니질, 몰죽 10~40cm	사질, 자갈 몰죽 3~8cm	사니질
				경운기 출입 가능	

※ 함평만 갯벌참굴 시험양식장은 부유물질(10~3,086mg/L)과 저질(몰죽 10~40cm), 풍파 등이 성장과 생존에 영향을 미치고 있는 것으로 판단됨.

※ 부유물질에 의한 호흡 대사율이 50% 이상 감소를 보이는 혼탁부니 농도와 처리 일수는 굴의 경우 100mg/L에서 부니처리 14일 째에 45% 감소하고 이후 전량 폐사 출처 : 전남국제갯벌센터, 갯벌참굴 시범연구사업, 2010~2011

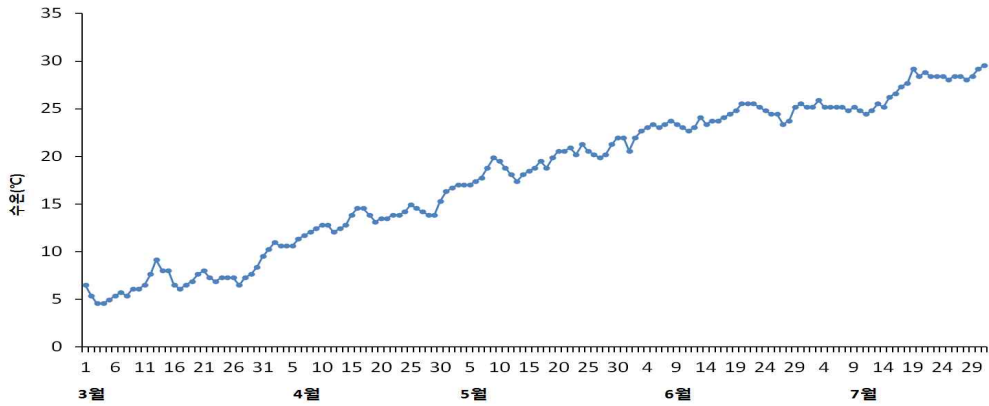


그림 3-3-1. 2011년 함평만 갯벌참굴 시험어장 일별 수온
(전남도 해양수산과학원 영광지소 관측)

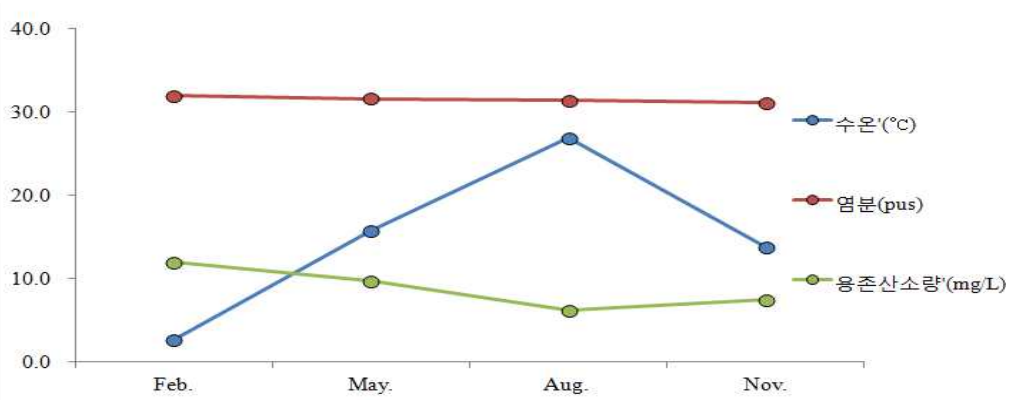


그림 3-3-2. 2010년 함평만(도리포 남동방) 수온, 염분, DO분포량(국립수산과학원)

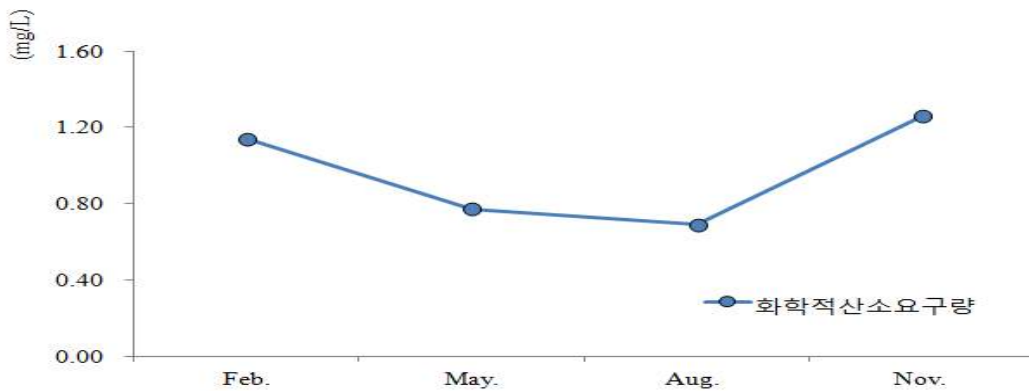


그림 3-3-3. 2010년 함평만(도리포 남동방) COD 분포량(국립수산과학원)

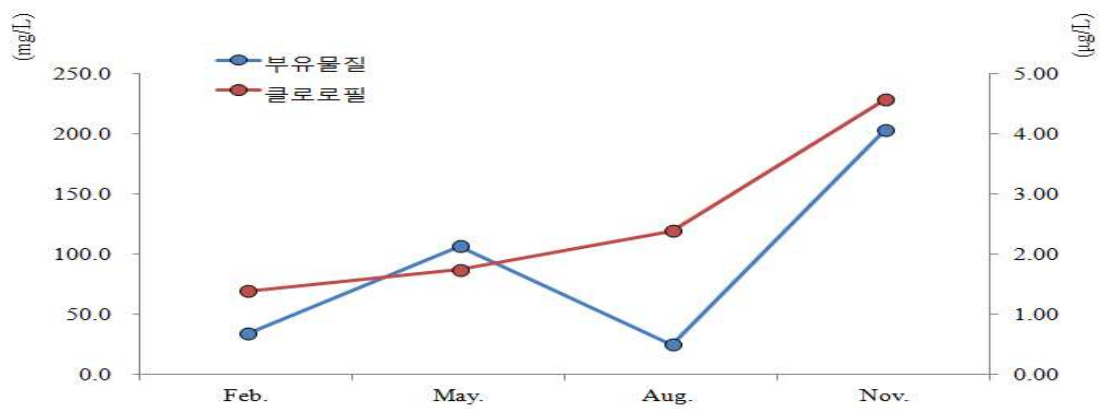


그림 3-3-4. 2010년 함평만(도리포 남동방) 부유물질, 클로로필-a 분포량 (국립수산과학원)

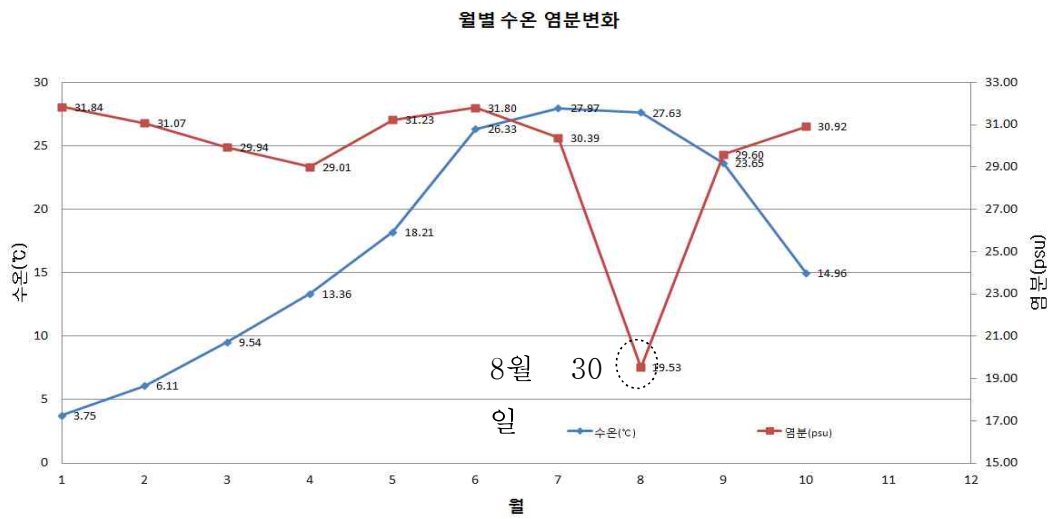


그림 3-3-5. 2010년 함평만(무안군 송석리) 수온 염분 환경 (전남 해양수산과학원 국제갯벌센터 관측)

표 3-3-3. 갯벌참굴 양식어장(폐사 및 비 폐사지역) 적지 환경 평가
 <기준치 : ○적정 +초과>

구 분	폐사발생 지역		비 폐사 지역	
	함평, 석성리 시험어장(영광지소)	무안 송석리 시험어장(국제갯벌센터)	태안 진산(갯벌)	태안 파도리 (해면 중간육성)
수온	○	○	○	○
기온	○	○	○	○
염분	○	○	○	○
부유물질	+	+	○	○
COD	○	○	○	○
클로로필-a	○	○	○	○
DO	○	○	○	○
pH	○	○	○	○
유속	○	+	○	+(일부)
노출수위	○	○	○	-
저 질	몰죽 10~40 cm로 부적정(경운기 출입 불가능)	미흡	○	○
			경운기 출입 가능	-
풍파 영향	심함(3m 내외) (풍파와 조류속의 합성)	심함(3m 내외) (풍파와 조류속의 합성)	정상 (2m 이내)	약간 영향 (3m 이내)
어장 관리	- 어촌계의 어장관리 미흡 - 상품 출하 때 까지 망갈이 작업을 하지 않음	- 어촌계의 어장 관리 미흡 - 2010. 9. 2일 태풍 곤파스 피해, 양성기 유실 폐사	양호	양호
어장 특성	- 어장의 사방이 개방되어 폭풍 등에 무방비 - 낮은 파도에도 부니 용출 심함 - 어장 접근시 일부 구간은 무릎까지 빠짐	- 함평만의 입구에 위치하여 강조류와 풍파 등의 복합적 영향을 받을 수 있음. - 태풍 등에 취약	적합	적합

주 : 갯벌참굴의 적정 적지기준 마련 및 제언을 위한 비교 평가 자료

<p>전남 함평 석성리 어장(폐사지역)</p>	<p>충남 태안 진산리 어장(비 폐사지역)</p>
	
<p>2011년 7월 15일(부착생물 다량 부착, 양성망 내 조류 소통 불량 및 고농도 부유물질에 의한 폐사 발생 가능성), 함평</p>	<p>태안 진산리 어장(바닷물이 들어와도 부유물질 발생이 극히 적다)</p>
	
<p>양성망내 조류 소통 불량, 황백 퇴색현상(함평)</p>	<p>상품가치가 좋은 비폐사 어장</p>
	
<p>양성망내 부착생물 다량 부착(함평)</p>	<p>태안 진산리 어장의 갯벌참굴</p>
	
<p>망갈이가 안된 양성기의 해적생물 대량부착(함평)</p>	<p>망갈이가 잘되 성장이 양호한 태안 진산리 어장</p>

그림 3-3-6. 갯벌참굴 양식어장(폐사 및 비 폐사지역)의 양식장 관리 상태 비교

6. 시범어장 해역별 갯벌참굴 해면 중간육성 어장 적지 조사

각 시범어장별 물리, 화학, 생물학적인 조사 평가 및 수심, 유속, 육지에서 접근성 등을 고려하여 실측 조사방법은 COLORAD 300, WG840 GPS 장비를 이용하여 적지면적에 대한 실측조사를 실시하였다.

가. 갯벌참굴의 해면 중간육성 어장선정을 위한 어장 적지확보 가능면적 및 생산 가능량

1) 서산시 부석면 창리 지선

서산시 부석면 창리지선의 어장 선정을 위한 적지조사는 갯벌참굴 시범연구사업(2011)에서는 창리지역에 해면 중간육성장으로 개발시 가능한 면적을 산출하여 전체적인 개발면적과 시설량을 추정해 보았으며, 본 연구에서는 총 면적중에서 선박의 운항을 위한 항로 및 수심 등을 고려하여 조사한 결과 갯벌참굴 해면 중간육성장으로 개발시 적지조사 총 면적은 300,000m²로 이 중 기존 가두리양식장 면허지역 이외 기존 가두리 양식장 면허 어장간 거리 확보, 선박의 항로, 간조시 수심 7m 이상이 유지되는 수면 등을 제외한(240,000m²) 가두리 양식장 어장적지 면적은 60,000m²로 적지면적에 시설기준 5~20% 이하로(어업면허의 관리등에 관한 규칙 제10조 어장의 시설기준 별표 2) 20%를 적용할 경우의 가두리에서 갯벌참굴 중간종묘를 생산할 수 있는 시설면적은 12,000m²이며, 시설면적 내에서 중간육성 가두리 시설규격이 7.3×35m(255.5m²)일 경우(양성기 규격 175(길이)×50(폭)×60cm(8.75m²), 양성기 80대 설치) 가두리 시설량은 47조(양성기 3,760조), 종패생산 가능량은 각고 1~3cm 크기는 21,868천개, 각고 3~5cm 크기에서는 7,498천개에 이른다. 서산창리지역은 여름철 장마철에는 서산 AB지구에서 방류하는 담수영향으로 담수조류 등의 영향으로 양성기의 망목에 부착하여 해수 소통의 영향은 물론 양성기의 바닥에 퇴적 부니가 많이 쌓이는 현상이 발생되어 굴의 성장에 영향을 미치므로 육상종묘배양장에서 2~7mm 치패를 본 지역에서 중간육성을 시작할 경우에는 4~7월 까지 가능한 것으로 조사되었다.



가	위도(N)	36° 37. 029'	나	위도(N)	36° 37. 024'
	경도(E)	126° 21. 113'		경도(E)	126° 22. 094'
다	위도(N)	36° 36. 910'	라	위도(N)	36° 37. 024'
	경도(E)	126° 21. 160'		경도(E)	126° 22. 127'

그림 3-3-7. 서산시 부석면 창리(1,500m(폭)×200m(폭))

가) 창리 지선 갯벌참굴 해면중간육성 어장 확보 가능면적

구분	적지 조사 현황			조사 면적		해면중간육성 적지면적		양식방법	비고 (어업권)
	번호	신규 어장	기존 어장	건수	면적(m ²)	건수	면적(m ²)		
서산시 부석면 창리	1	1	1	2	300,000	2	60,000	굴 해상 종묘생산	어류 가두리
	계	1	1	2	300,000	2	60,000		

나) 창리 지선 갯벌참굴 해면 중간육성(해면 종묘생산) 생산능력

구분	적지면적 (m ²)	가두리 시설면적(m)	생산능력(천개)	시기(월)
해면 중간육성	60,000	12,000	21,868(1~3cm)	4~7
			7,498(3~5cm)	
합 계	60,000	12,000	7,498~21,868	6ha

2) 충남 태안군 소원면 파도리 지선

태안군 소원면 파도리 정산포지선의 어장 선정을 위한 적지조사 총 면적은 450,000 m²로 이 중 기존 가두리양식장, 해조류양식장, 굴 양식장 면허지역 이외 기존 가두리 양식장 면허 어장간 거리 확보, 선박의 항로, 간조시 수심 7m 이상이 유지되는 수면 등을 제외(360,000m²)한 가두리 양식장 어장적지 면적은 90,000m²로 적지면적에 시설 기준 5~20% 이하로(어업면허의 관리등에 관한 규칙 제10조 어장의 시설기준 별표 2) 20%를 적용할 경우의 가두리에서 갯벌참굴 중간종묘를 생산할 수 있는 시설면적은 18,000m²이며, 시설면적 내에서 중간육성 가두리 시설규격이 7.3×35m(255.5m²)일 경우(양성기 규격 175(길이)×50(폭)×60cm(8.75m³), 양성기 80대 설치) 가두리 시설량은 70조(양성기 5,600조), 종패생산 가능량은 각고 1~3cm 크기는 32,570천개, 각고 3~5cm 크기에서는 11,166천개에 이른다. 육상종묘배양장에서 2~7mm 치패를 본 지역에서 중간육성을 할 경우에는 여름철 장마철에 담수영향을 많이 받지 않고 외해형 내만지역으로 수온이 27℃이상 상승하지 않는 지역으로 4~10월 까지 중간육성이 가능한 것으로 조사되었다.



1지역 : 파도리, 정산포어촌계 지선

가	위도(N)	36° 42. 485'	나	위도(N)	36° 43. 100'
	경도(E)	126° 09. 005'		경도(E)	126° 09. 679'
다	위도(N)	36° 42. 402'	라	위도(N)	36° 43. 047'
	경도(E)	126° 09. 104'		경도(E)	126° 09. 787'

2지역 : 파도리어촌계 지선

가	위도(N)	36° 42. 590'	나	위도(N)	36° 43. 160'
	경도(E)	126° 07. 565'		경도(E)	126° 08. 271'
다	위도(N)	36° 42. 511'	라	위도(N)	36° 43. 100'
	경도(E)	126° 07. 622'		경도(E)	126° 08. 370'

그림 3-3-8. 충남 태안군 소원면 파도리 지선 해역(1,500m(폭)×150m(폭))

가) 파도리 지선 갯벌참굴 해면중간육성 어장 확보 가능면적

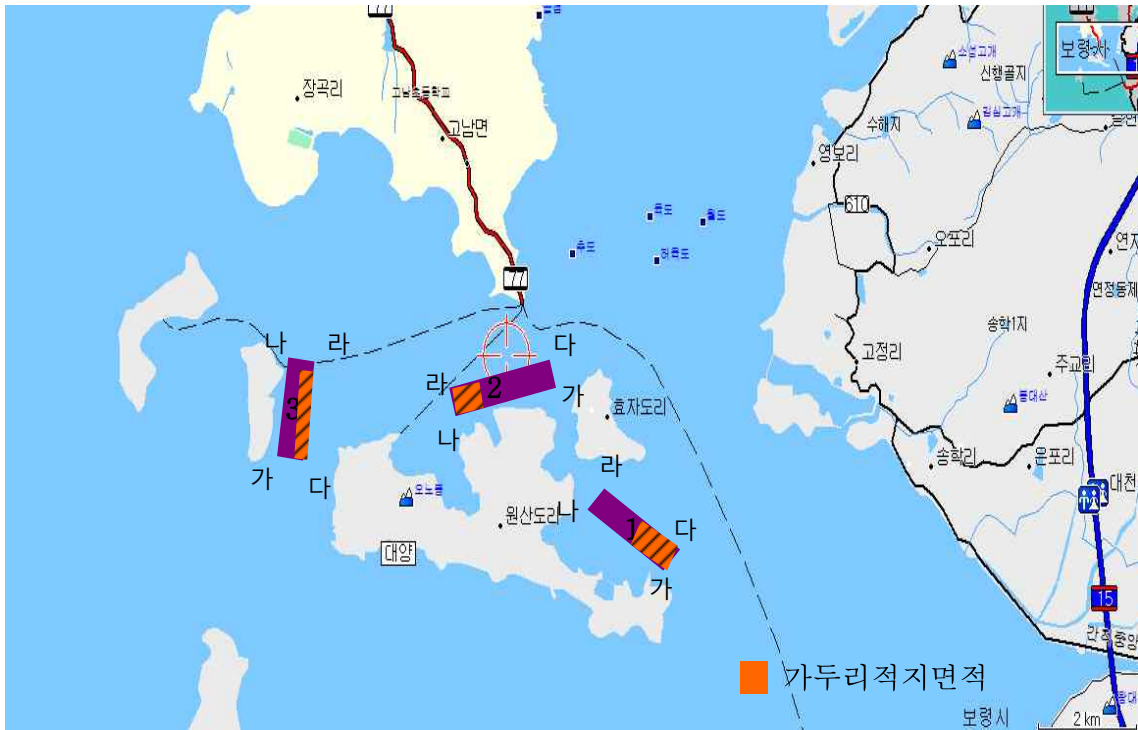
구분	적지 조사 현황			조사면적		해면중간육성 적지면적		양식방법	비고 (어업권)
	번호	신규 어장	기존 어장	건수	면적(m ²)	건수	면적(m ²)		
태안군 소원면 파도리	1	1	1	2	450,000	2	90,000	굴 해상 종묘생산	어류 가두리
	계	1	1	2	450,000	2	90,000		

나) 파도리 지선 갯벌참굴 해면 중간육성(해면 종묘생산) 생산능력

구분	적지면적 (m ²)	가두리 시설면적(m ²)	생산능력(천개)	시기(월)
해면 중간육성	90,000	18,000	32,570(1~3cm) 11,166(3~5cm)	4~10
합계	90,000	18,000	11,166~32,570	9ha

3) 충남 보령시 오천면 원산도 지선

보령시 오천면 원산도 지선의 어장 선정을 위한 적지조사 총 면적은 600,000m²로 이 중 기존 가두리양식장, 선박의 항로, 간조시 수심 7m 이상이 유지되는 수면 등을 제외(480,000m²)한 가두리 양식장 어장적지 면적은 120,000m²로 적지면적에 시설 기준 5~20% 이하로(어업면허의 관리등에 관한 규칙 제10조 어장의 시설기준 별표 2) 20%를 적용할 경우의 가두리에서 갯벌참굴 중간종묘를 생산할 수 있는 시설면적은 24,000m²이며, 시설면적 내에서 중간육성 가두리 시설규격이 7.3×35m(255.5m²)일 경우(양성기 규격 175(길이)×50(폭)×60cm(8.75m³), 양성기 80대 설치) 가두리 시설량은 94조(양성기 7,520조), 종패생산 가능량은 각고 1~3cm 크기는 43,736천개, 각고 3~5cm 크기에서는 14,995천개에 이른다. 육상종묘배양장에서 2~7mm 치패를 본 지역에서 중간육성을 할 경우에는 여름철 장마철에 담수영향을 많이 받지 않고 내만형 외해 지역으로 수온이 27℃상승하지 않는 지역으로 4~10월 까지 중간육성이 가능한 것으로 조사되었다.



1지역 : 원산도(점치어촌계) 지선

가	위도(N)	36° 21. 959'	나	위도(N)	36° 22. 250'
	경도(E)	126° 27. 357'		경도(E)	126° 26. 754'
다	위도(N)	36° 22. 018'	라	위도(N)	36° 22. 358'
	경도(E)	126° 27. 464'		경도(E)	126° 26. 841'

2지역 : 원산도(선진, 점치어촌계) 지선

가	위도(N)	36° 23. 155'	나	위도(N)	36° 23. 289'
	경도(E)	126° 25. 221'		경도(E)	126° 25. 408'
다	위도(N)	36° 23. 312'	라	위도(N)	36° 23. 285'
	경도(E)	126° 25. 964'		경도(E)	126° 25. 174'

3지역 : 원산도(진창어촌계)지선

가	위도(N)	36° 22. 713'	나	위도(N)	36° 23. 269'
	경도(E)	126° 22. 162'		경도(E)	126° 22. 349'
다	위도(N)	36° 22. 649'	라	위도(N)	36° 23. 215'
	경도(E)	126° 22. 276'		경도(E)	126° 22. 476'

그림 3-3-9. 보령시 오천면 원산도리 지선해역(1,000m(폭)×200m(폭))

가) 원산도 지선 갯벌참굴 해면중간육성 어장 확보 가능면적

구분	적지 조사 현황			조사면적		해면중간육성 적지면적		양식방법	비고 (어업권)
	번호	신규 어장	기존 어장	건수	면적(m ²)	건수	면적(m ²)		
보령시 오천면 원산도리	1	1	2	3	600,000	3	120,000	굴 해상 종묘생산	어류 가두리
	계	1	2	3	600,000	3	120,000		

나) 원산도 지선 갯벌참굴 해면 중간육성(해면 종묘생산) 생산능력

구 분	적지면적 (m ²)	가두리 시설면적(m ²)	생산능력(천개)	시기(월)
해면중간육성	120,000	24,000	43,736(1~3cm) 14,995(3~5cm)	4~10
합 계	120,000	24,000	14,995~43,736	12ha

제 4 절 갯벌참굴 해면 중간 육성 종패의 최적생산을 위한 중간육성 시스템 개발

1. 서 론

갯벌참굴의 중간육성은 미국, 프랑스 등지에서는 개발 초기에 육상의 축제식 양식장에서 간단한 차를 이용하여 해수의 재 순환방식에 의한 중간육성 방법이 개발되어 산업적으로 활용되어 왔다. 그러나 육상의 부지면적이 많이 소요되고, 대량 생산시 먹이생물 공급에 한계가 있으며, 관리에 필요한 노동력이 많이 소요되어 2009년경부터는 해면을 이용한 채롱수하식 방법으로 갯벌참굴의 대량 중간육성이 산업적으로 이루어지고 있다. 갯벌참굴의 대량 산업화 생산을 위해서는 육상보다는 갯벌과 해면을 이용한 중간육성장과 단련장을 개발하여 자연의 해수에 서식하는 플랑크톤 등의 먹이에 의존하는 양성방법의 개발이 요구되고 있다.

따라서 갯벌참굴 양식산업의 조기 정착과 활성화를 위해서는 3배체 인공종묘의 대량생산과 함께 해면 중간종묘의 대량생산 기술개발 및 종묘생산과 중간육성의 분업화가 필요하다. 또한 상품생산 기간의 단축을 위해서는 적정 크기의 우량 중간종묘(각고 3~5 cm)에 의한 본양성 및 적정 양성밀도 입식, 어장관리 등 양식생산 과정에서 발생하는 대량폐사 및 재해 등의 손실피해를 최소화하기 위한 대책이 마련되어야 한다.

해면 중간육성 시설 소재는 기존에 산업적으로 많이 개발 활용되고 있는 목재가 두리 및 PE 가두리, 부두잔교 시설, 해상낙시터 등의 소재를 활용하여 갯벌참굴의 해면 중간육성 시설에 알맞도록 시설모형을 고안하여 제작하였다.

지금까지 갯벌참굴 해면 중간육성 모델 소재와 관련한 특허는 한국해양연구원(2007.7.30), 출원번호 10-2007-0077907이 있으며, 주요 출원 청구항목은 미끄럼 방지 돌기부가 형성된 발판, 브라켓 등의 조립식 부양 구조체에 관한 것이다. 따라서 본 시범 연구 사업에서는 갯벌참굴 해면 중간육성의 최적생산을 위한 중간육성 시스템 개발 및 중간육성 종묘의 분업화에 의한 종묘공급의 안정화와 우량 중간종묘의 대량 공급에 의한 본 양성기간 단축을 통한 생산원가 절감 등 갯벌참굴 산업의 안정화를 유도하는데 있다.

본 시범 연구사업에서는 갯벌참굴 중간육성 시설물의 도면 및 시방서 작성, 양성기의 재질별 내구성 시험, 중간육성 양성시스템의 매뉴얼을 작성하여 갯벌참굴 중간육성시 양성기 규격에 따른 초기 입식종패의 시기별 양성밀도, 생존율, 성장도 등의 효율성 및 경제성을 평가하는데 있다.

2. 재료 및 방법

갯벌참굴 해면 중간육성 가두리 구조물의 설치를 위한 시설 소재로는 기존의 목재식, 강관파이프식, 로프식, FRP 코팅관, 아연도금관, PE관 등을 이용한 방법이 사용되고 있으나, 갯벌참굴 시범연구사업(2011.5.)에 1차년도에 갯벌참굴의 시범적 연구사업을 위하여 서산창리, 보령시 원산도지역에 HD PE관을 이용하여 갯벌참굴의 해면 중간육성을 위한 시설물의 구조는 가두리내에서 양성관리를 위한 자재의 이동과 양성기의 설치 등 양성관리가 편리하도록 제작하여 시범사업을 실시한 결과 태풍영향에 대한 안전성(2011.9.1. 콘파스, 풍속 38m/sec) 그리고 양성관리를 위한 양성기 설치작업의 편리성, 선별작업 등이 용이하여 갯벌참굴 해면 중간육성 시범 사업에 있어서도 해면에서 패류의 해면에서 중간육성을 위한 가두리 모델의 표준화를 위하여 그대로 적용하여 설계·제작하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 갯벌참굴 해면 중간종묘 양성 시스템 최적 모델 매뉴얼

1) 갯벌참굴 해면 중간육성 시스템 구조물의 재질 검토

해역의 특성을 고려한 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 구조물의 재질은 친환경 소재로 내구성이 강하면서 유속이 1~2knot(51~103 cm/sec)에서도 수면에서 부양이 가능하며, 태풍 등의 유의파고(4 m)에서도 견딜 수 있도록 HD PE재질로 설계·제작하였다.

중간육성 구조물은 인장강도 250~280kgf/cm², 신장률 600% 이상, 부력은 m당 70 kg, 자하중은 m당 30 kg으로 설계 제작하였다. 재질은 친환경 기능성으로 수질환경 보전에 유리하며, 경제성 면에서는 소켓 등 전기용착에 의한 조립방식으로 현장 시설이 용이할 뿐만 아니라 재료의 내구성이 우월한 소재이다. 조립제작시 6 m 간격으로 수밀격벽을 설치하여 외부 환경 피해로부터 안전성을 확보하였으며, PE PIPE 재질의 규격은 315, 15t 소재를 이용하였고, 규격은 7.3 m(폭)×15 m(길이) 크기로 제작하여 파도리 시범어장에 설치하였다(표 3-4-1).

표 3-4-1. 갯벌참굴 해면중간육성 가두리 구조물의 재료 검토

구 분		HDPE관	PE 코팅관	FRP관
안전성	인장강도	250-280kgf/cm ²	300kgf/cm ²	2,500~3,000kgf/cm ²
	강성도	3.5kgf/cm ²	-	1.3~1.5kgf/cm ²
	가소성	1.0×104kgf/cm ²	2.0×104kgf/cm ²	-
	신장율	600이상		1.6~2.0
	비 중	0.95~0.96	7.0	1.8~2.0
	변 성	열화 미약	부식대책 필요	열화 미약
기능성	열전도	0.3kcal/mhr℃	54kcal/mhr℃	0.23kcal/mhr℃
	수질보전	양호	양호	양호(경비변화)
	표면조도	150	150→100	100
경제성	단 가	7만원/m	15만원/m	10만원/m
	용 접	소켓/전기용착	용접/플랜지	플랜지(볼트)
	시 공	가소성 양호 강도 부족	가소성 양호 강도 양호	가소성 부족 강도 양호
환경성		양호	손상시 부족	유리섬유 노출
제작성		내경 1,000 mm이하	내경 2,500 mm이하	내경 3,600 mm이하
공급성		양호	양호	양호

(자료출처 : HD PE관의 일반적 특성(해양심층수개발, 해양연구원 2003))

가) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설물의 PE관경 및 두께

갯벌참굴 해면 중간육성 시설 가두리 파이프의 규격은 Ø315 mm, 가두리 표준 둘레 60~100 m, 가두리 표준 직경은 19~32 m의 브라켓(HDPE) 타입으로 조립 제작하였다.

나) 갯벌침굴 해면 중간육성 시설물의 계류시설

충남 서산시 부석면 창리 토끼섬 지선 해역은 수심 15m 내외로 저질은 딱딱한 펄질로 되어 있어 철재 앵커보다는 수중 거치시 안정성이 높은 자연석 석괴(2.7톤, 4개)를 이용한 계류시설 고정앵커를 설치하였다.

2) 고밀도 양성기 제작품의 재질 및 구조 안전성 시험

2차년도에 보완한 양성기를 충남 서산시 창리와 보령시 원산도, 태안군 파도리 현장에서 중간육성 시험을 실시하였다. 시험결과 충남지역에 2011년 8월에 내습한 태풍의 영향을 직접 받았던 보령시 원산도와 태안군 파도리 시험시설은 양성기의 피해가 발생하지 않았고, 서산 창리 시험시설물은 1mm망에서 망목의 파손 현상이 발생하였으나 대체적으로 풍파 등에 안전성이 있는 것으로 나타났다.

(3) 갯벌참굴 해면 중간육성 시스템의 제작 공정



그림 3-4-1. 해면중간육성가두리 자재 반입(2011년 8월 31일)

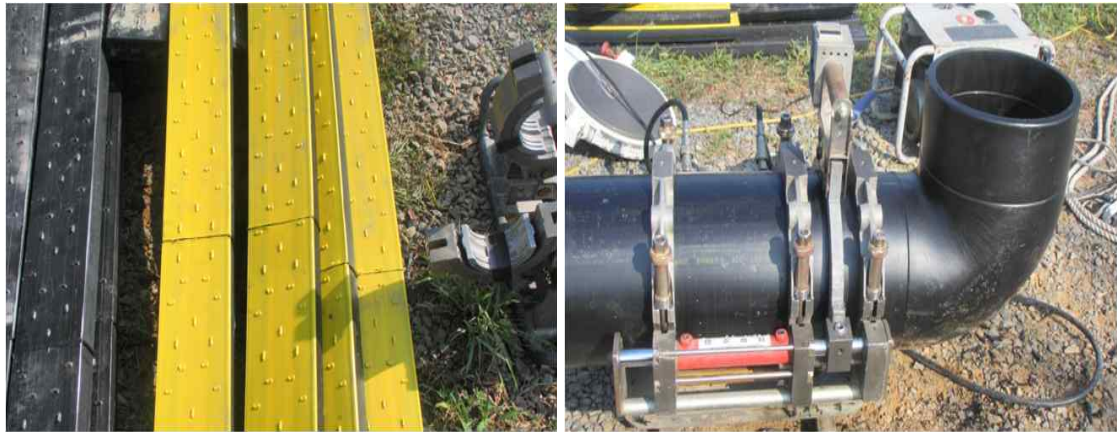


그림 3-4-2. 해면 중간 육성가두리(PE발판 용착, PE파이프 및 엘보 용착(2011.9.01.))



그림 3-4-3. 해면 중간 육성가두리(PE 파이프 열가열 용착(2011.9.01.))



그림 3-4-4. 부체 하단부 완성



그림 3-4-5. PE 발판 부착공정



그림 3-4-6. 발판 이음부 절단 및 마무리작업



그림 3-4-7. 해면중간육성 가두리 제작 완료장면

(4) 갯벌참굴 해면 중간육성 시스템 구조물 제작 및 시설 매뉴얼

시 설 내 역	작 업 방 법
	<ul style="list-style-type: none"> · 해면 중간육성 시설구조물 제작을 위한 자재를 해안가 조립작업이 용이한 장소에 사전에 운반하여 둔다. · 소요자재 : PE파이프, 발판, 2구형 브라켓 · 소요장비 : 열융착기
	<ul style="list-style-type: none"> · 해면중간육성 가두리 제작을 위해서는 PE 발판 우선적으로 용착 작업을 먼저 실시한다.
	<ul style="list-style-type: none"> · 해면 중간 육성가두리 부체 파이프의 면취기 후 엘보 열융착을 실시한다.
	<ul style="list-style-type: none"> · 해면 중간 육성가두리 부체에 브라켓, 파이프 결합 및 용착을 실시한다.
	<ul style="list-style-type: none"> · 해면 중간육성 시설구조물 부체 하단부 완성장면
	<ul style="list-style-type: none"> · 해면중간육성 가두리 부체에 발판 체결 작업을 실시한다.
	<ul style="list-style-type: none"> · 해면중간육성 가두리 부체에 발판 체결이 완성된 장면
	<ul style="list-style-type: none"> · 중간육성 가두리 시설 전에 가두리 시설을 위한 계류 작업을 한다. · 앵커 로프 줄을 수심(5~30m)의 10~20배 길이로 준비한다.

(5) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설물의 PE관경 및 두께

갯벌참굴 해면 중간육성 시설 가두리 파이프 규격은 $\varnothing 315\text{mm}$, 가두리 표준 둘레 60~100 m, 가두리 표준 직경 19~32 m로 브라켓(HDPE) 타입으로 조립 제작하였다 (표 3-4-2).

표 3-4-2. HD PE 재료를 이용한 원형가두리 제작관의 적정 관경 및 두께

가두리모델(\varnothing)	225/250/280	315	400	450	500
가두리 파이프 규격(\varnothing)	225/250/280mm (9T/10T/11T)	315mm (12T)	400mm (16T)	450mm (18T)	500mm (20T) *2차(32T)
가두리 표준 둘레	40-90mm (130-300')	60-100m (200-330')	90-160m (300-530')	120-160m (400-530')	157m (430-660')
가두리 표준 직경(\varnothing)	13-29mm (42-94')	19-32m (63-104')	29m-51m (94-167')	38-51m (125-167')	50m (136-209')
브라켓(HDPE) 삽입	○	○	○	○	○

(자료출처 : 설계과 7M기준, AKVA, 2008)

(6) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설물의 계류시설

충남 태안군 소원면 파도리 지선 해역은 간조시 수심 10 m 내외로 저질은 펄질로 되어 있어 철재앵커를 이용한 계류시설을 하였다.(그림 3-4-8.).



그림 3-4-8. 해면중간육 가두리시설 철재앵커를 이용한 계류시설

표 3-4-3. 해면 중간육성 시설물의 계류시설 재료 비교

재료명	장 점	단 점
철재 앵커	- 내구성이 강하며, 중량이 가벼움	- 부식성이 강함 - 보존기간이 짧음
석 괴	- 수중 거치시 안정성이 높음	- 중량이 무겁고 거치 비용이 높음

나) 표준 PE파이프 잔교(가두리) 구조계산식 해석

PE재질은 일반적으로 바다에서 어류용 가두리양식시설, 낚시터, 잔교 등으로 많이 사용되고 있다. 시험성적서는 한국건설생활환경 시험연구원에서 분석한 결과로 환경문제의 안전성은 산화유도시간 51.4분, 용출성은 탁도 0.1도, 색도 0.2도, 과망간 칼륨 소비량 0.9mm/L, 잔류염소의 감량 0.31mm/L이며, 냄새 및 맛 등은 이상 없는 것으로 나타났다.

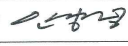

(1) 시험성적서

시험성적서


1. 성적서 번호 : CT12-18403
 2. 의뢰자
 ○ 업체명 : (주)동원프라스틱
 ○ 주소 : 전북 익산시 삼기면 기산리 391-1
 ○ 의뢰일자 : 2012.04.10
 ○ 시험발급일 : 2012.04.24
 3. 시험성적서의 용도 : 조달청 제출용
 4. 시료명 : 수도용 플라스틱배관계-폴리에틸렌(PE)-제2부:단층관PE80
 5. 시험결과

시험항목	단위	시험결과	시험방법
산화 유도 시간	분	51.4	KS M 3408-2 : 2008
탁도	도	0.1	
색도	도	0.2	
과망간산칼륨 소비량	mg/L	0.9	
잔류염소의 감량		0.31	
냄새 및 맛	-	이상없음	

----- 이 하 여 백 -----

확 인	시험자 안종성 	승인자 정만기 
-----	---	--

비고: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료 명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원 

전북지원 : 561-330 전북 전주시 덕진구 여의동 552-2번지 063-271-9942
 결과문의 : 플라스틱신뢰성센터 ☎(042)934-1894

총 1 페이지 중 1 페이지 양식QP-20-01-05(0)

PE재질에 대한 외력, 파력, 조류력, 풍화중, surcharge, 하중조합 등은 일반적으로 잔교 등 제작시 사용자재에 대한 시험성적서 및 구조계산식을 참조하여 제작하였다 (오션파트너즈(주)).

(가) 사용자재

표 3-4-4. 사용자재

구분	규격	비고
PE PIPE	φ600mm×3EA	
차단막 PE 제품	t=3mm	• 투과율 85%로 가정
PP Rope	D45mm	- 탄성 : 110,000tf/m ² - 비중 : 0.905
수직 frame 체인	φ16mm	• 전산에서 φ50mm강봉으로 산정됨 • 시험후 필요시 강봉으로 수정
수평 frame	D24mm	

- 주) 1. 부력을 고려하여 차단막 자중은 0.0으로 하였으며, 체인 중량만 고려
2. 차단막 하단부에 중량을 설치하는 것을 가정하여 수평변위를 제어하였음

(나) 설계 외력

표 3-4-5. 외력 조건

구분		설계 제원	비고	
설계파고(주기)	외측	4.3 m(11.73sec)		
조류속	외측	0.532 m/sec		
surcharge	men	0.30 tf/m ²		
	rail	난간	0.004 tf/m	
		포스트	0.0045 tf/1.2m	
기본풍속		40 m/sec	도로교 설계기준	

(다) 파력

$$P = \rho_o \times H \times B \times d$$

여기서, P = 부체에 작용하는 파력(tf)

ρ_o = 물의 밀도(1.03tf/m³)

H = 설계파고(m)

B = 파랑작용방향의 폭(m)

d = 수면하 높이(m)

$$P_o = \rho_o \times H = 4.429\text{tf/m}^2$$

(라) 조류력

$$F_c = 0.5 \times \rho_s \times C_{Dc} \times A_c \times U_c^2$$

여기서, F_c = 부체에 작용하는 흐름방향의 항력(KN)

ρ_s = 해수의 단위체적중량(1.03tf/m³)

C_{Dc} = 항력계수(m)

A_c = 조류작용방향 투영면적(m²)

U_c = 유속(m/sec)

$$\text{부체 : } F_{co} = 0.5 \times \rho_s \times C_{Dc} \times U_c^2 = 0.023\text{tf/m}^2 \text{ (막체부는 투과율 85\% 적용 : } 0.0034\text{tf/m}^2)$$

(마) 풍하중

$$\text{설계풍속 } U_w = 1.925 \times (Z/Z_G)^{\alpha} \times U_o$$

$$\text{풍하중 } F_w = 0.5 \times \rho_a \times C_{DW} \times A_w \times U_w^2$$

여기서, F_w = 풍항력(N)

ρ_a = 공기의 밀도(1.23kgf/m³)

C_{DW} = 풍항력계수(m)

A_w = 바람작용방향 투영면적(m²)

U_w = 풍속(m/sec)

$$F_{wo} = 0.5 \times \rho_a \times C_{DW} \times U_w^2 = 0.218\text{tf/m}^2$$

(바) surcharge

표 3-4-6. surcharge

구 분		surcharge(tf/m)	비고
surcharge	men	0.093	
	rail	난간	0.004
		포스트	0.0038
		소계	0.0078

(사) 하중 조합

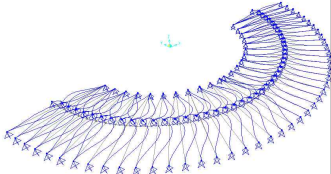
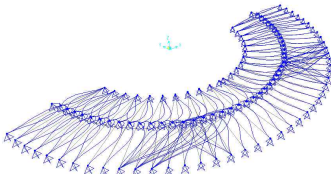
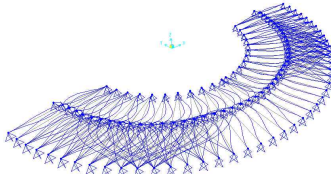
표 3-4-7. 하중 조합

구분	DEAD	surcharge		wind		wave	buoy	current	current membrane (자중 = 0)
		men	rail	deck	pipe				
상시	○	○	○	○	○		○	○	○
황천시	○	○		○	○	○	○	○	○

3) 모델링

○ 평면 검토

표 3-4-8. 평면안별 비교

구분	제1안 무 보강	제2안 부분 보강	제3안 전체 보강	
보강 형식				
지점 조건	<ul style="list-style-type: none"> 부체부 : 롤러(양단,힌지) 내·외측 지지 : 힌지 	<ul style="list-style-type: none"> 부체부 : 롤러(양단,힌지) 내·외측 지지 : 힌지 	<ul style="list-style-type: none"> 부체부 : 롤러(양단,힌지) 내·외측 지지 : 힌지 	
변 위	Δ x	0.8859 m	0.6437 m	0.5354 m
	Δ y	0.3448 m	0.3350 m	0.3868 m
지 점 반 력	Rx	7.66 tonf	16.43 tonf	14.05 tonf
	Ry	3.96 tonf	5.88 tonf	4.00 tonf
특징	<ul style="list-style-type: none"> 변위량 최대 시공 단순 공사비 저가 	<ul style="list-style-type: none"> 변위량 보통 시공 다소 복잡 공사비 다소 고가 부분 지점에서 부체를 보강 지지하므로 반력값 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 변위량 최소 시공 복잡 공사비 고가 전체 지점에서 부체를 보강 지지하므로 반력값 양호 	
검토결과	<ul style="list-style-type: none"> 내·외측 저항 보통 	<ul style="list-style-type: none"> 내·외측 저항 양호 	<ul style="list-style-type: none"> 내·외측 저항 우수 	
채택	<ul style="list-style-type: none"> 보강을 할 경우 변위량에 대한 효과는 있으나, 반력값이 증가하는 단점이 생기며 시공성, 경제성 및 유지관리성 등을 고려 제1안 무보강을 채택함. 			

○ 전산 결과

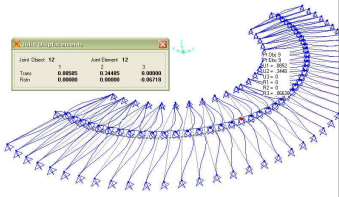
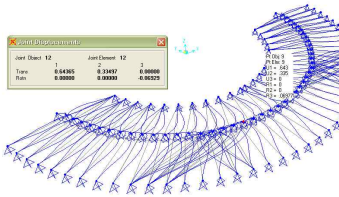
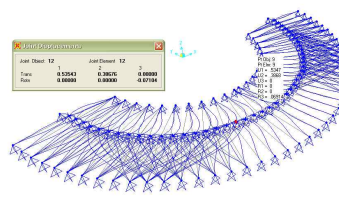
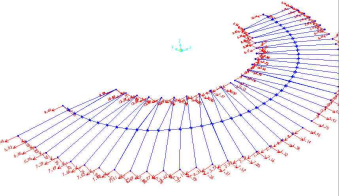
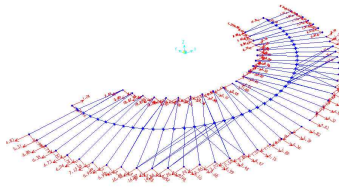
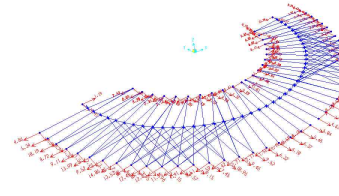
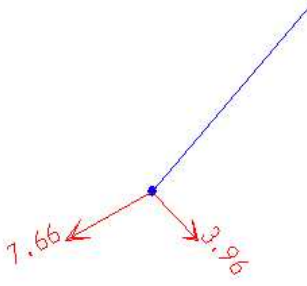
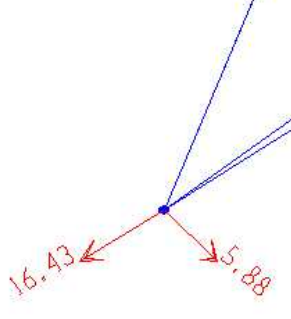
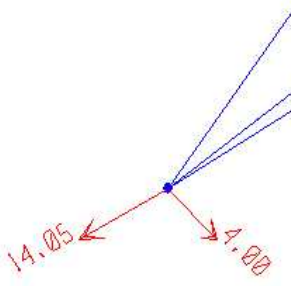
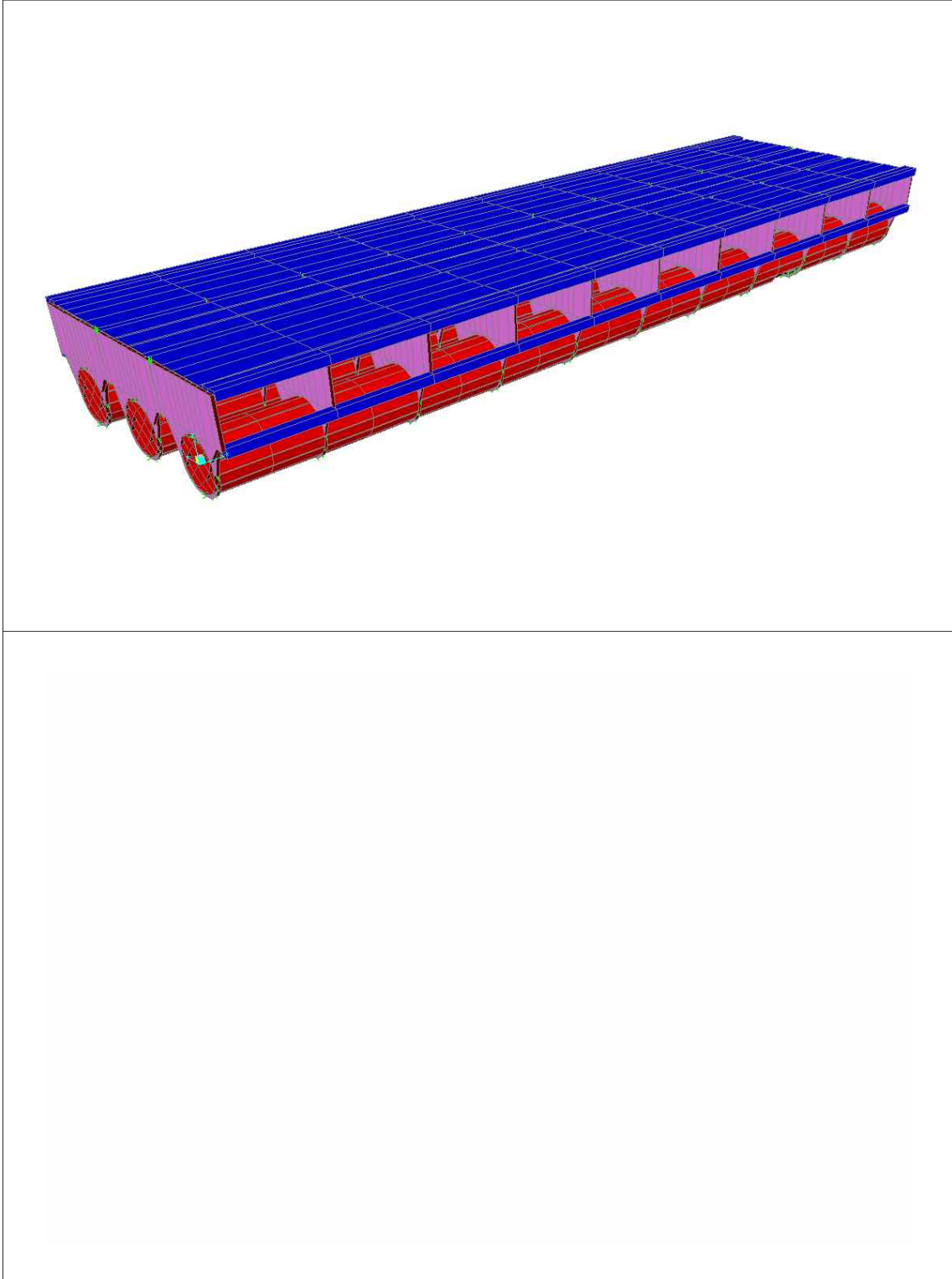
구분	무 보강	부분 보강	전체 보강
변위			
	<p>Pt Obj: 12 Pt Elm: 12 U1 = .8859 U2 = .3448 U3 = 0 R1 = 0 R2 = 0 R3 = -.06718</p>	<p>Pt Obj: 12 Pt Elm: 12 U1 = .6437 U2 = .335 U3 = 0 R1 = 0 R2 = 0 R3 = -.06929</p>	<p>Pt Obj: 12 Pt Elm: 12 U1 = .5354 U2 = .3868 U3 = 0 R1 = 0 R2 = 0 R3 = -.07104</p>
맞가지 반력			
			

그림 3-4-9. 전산결과

4) 단면검토

(가) 모델링

그림 3-4-10. 모델링



5) 하중재하도

surcharge-men

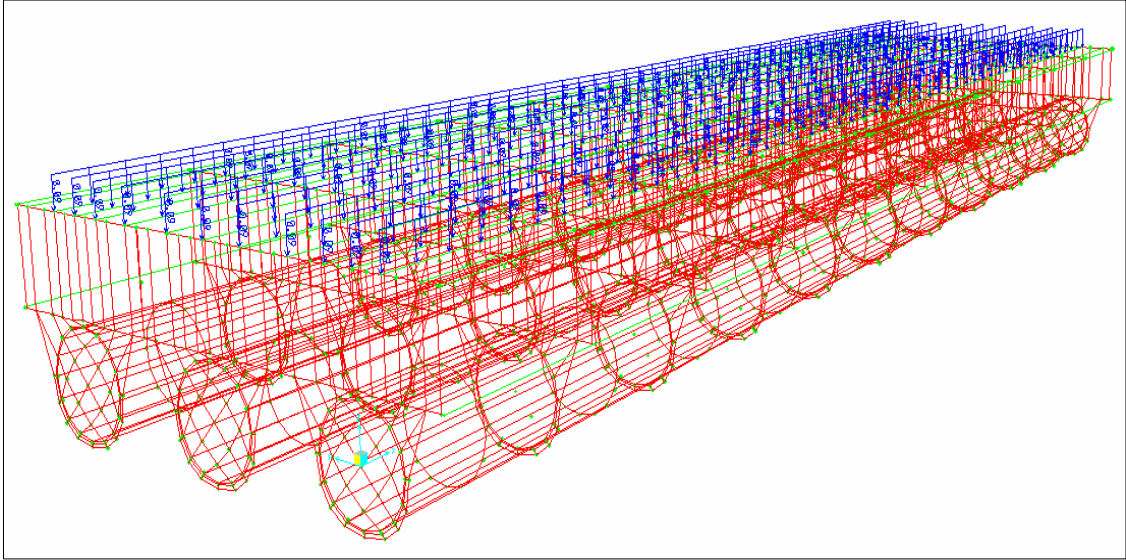


그림 3-4-11. surcharge-men(0.0927tf/m)

surcharge-rail

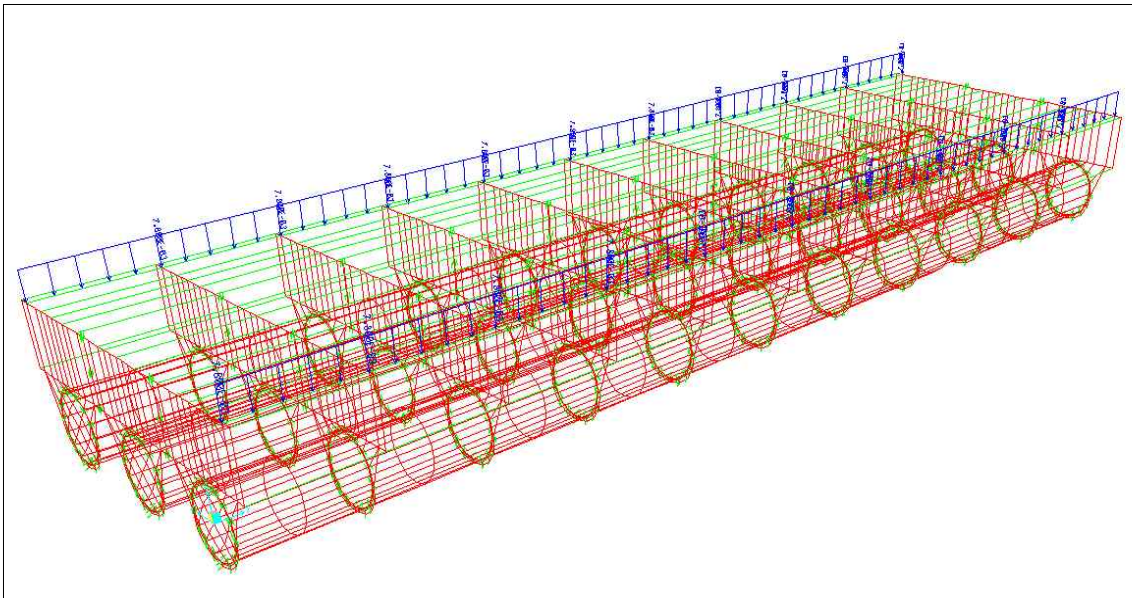


그림 3-4-12. surcharge-rail(0.0078tf/m)

□ 풍하중-deck

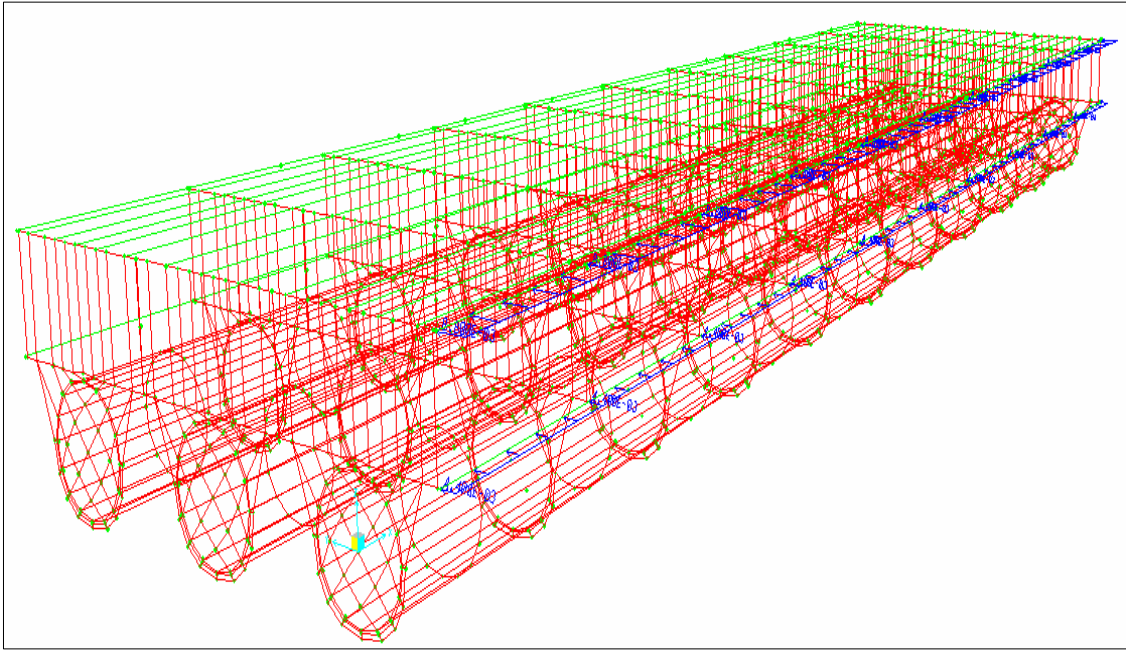


그림 3-4-13. 풍하중(0.044, 0.88tf/m²)

□ 풍하중-pipe

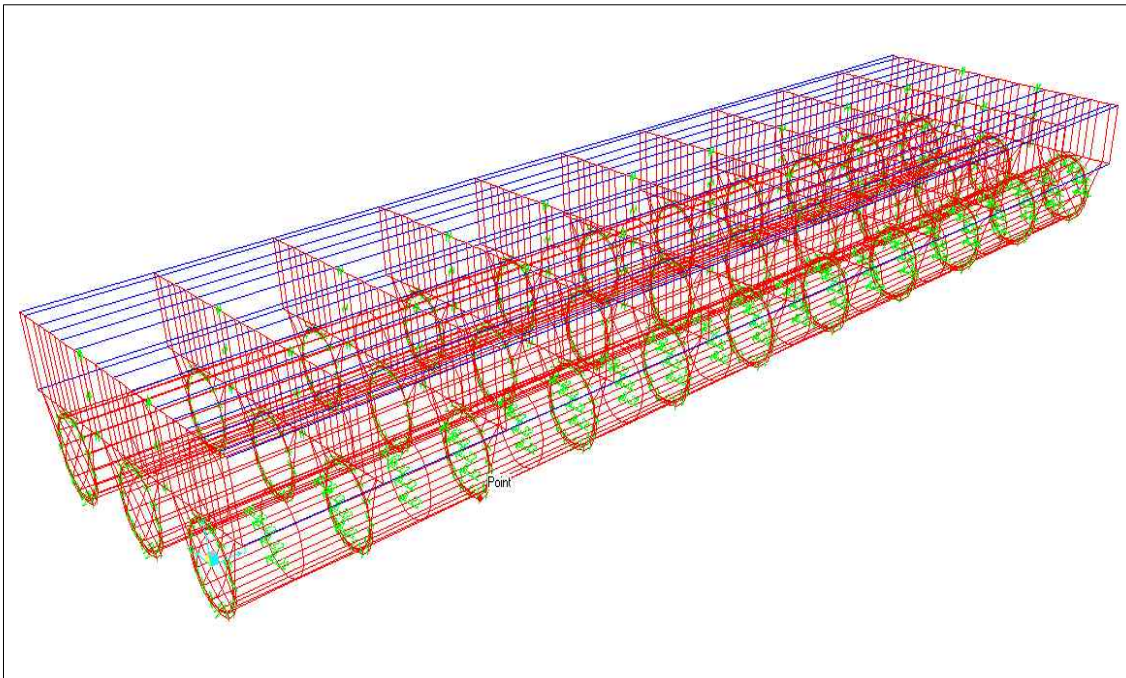


그림 3-4-14. 풍하중(0.218tf/m²)

□ 파압력-deck

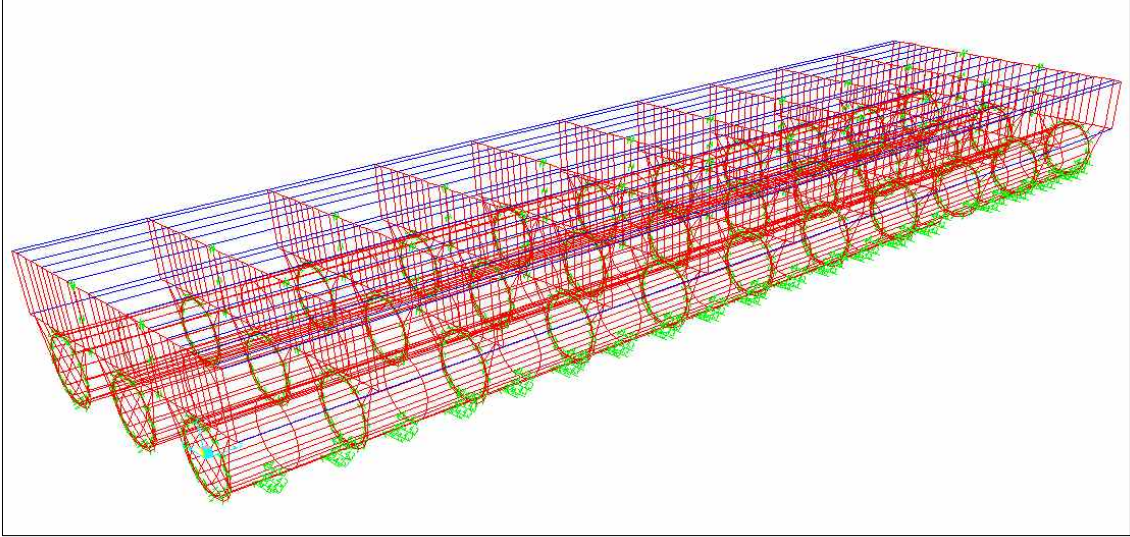


그림 3-4-15. 파압력(4.43tf/m²)

□ 조류력-pipe

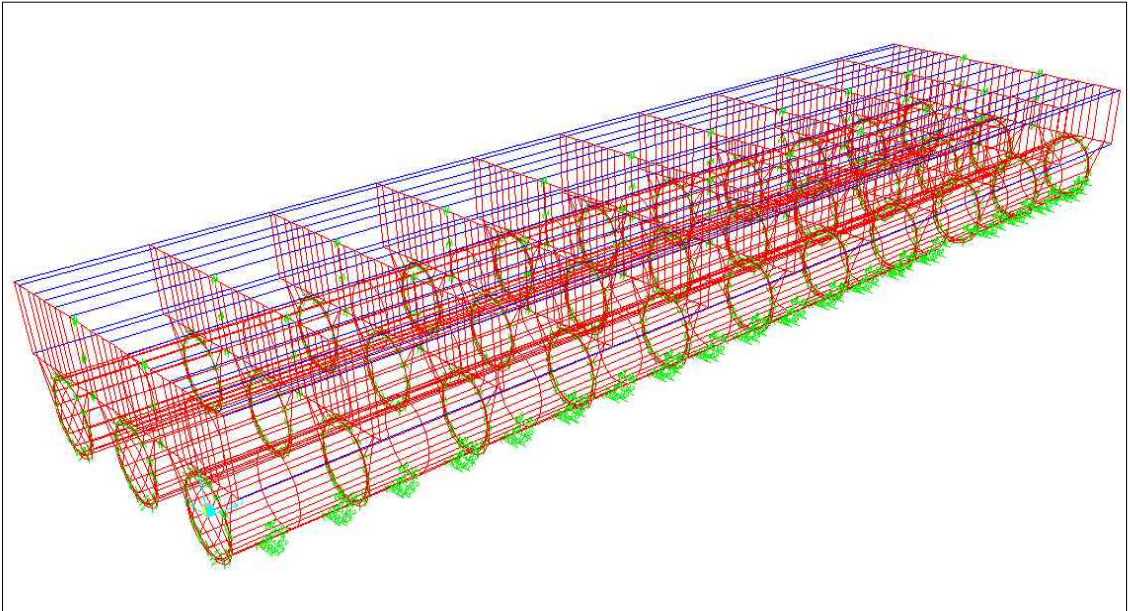


그림 3-4-16. 조류력(0.023tf/m²)

□ 조류력-막체

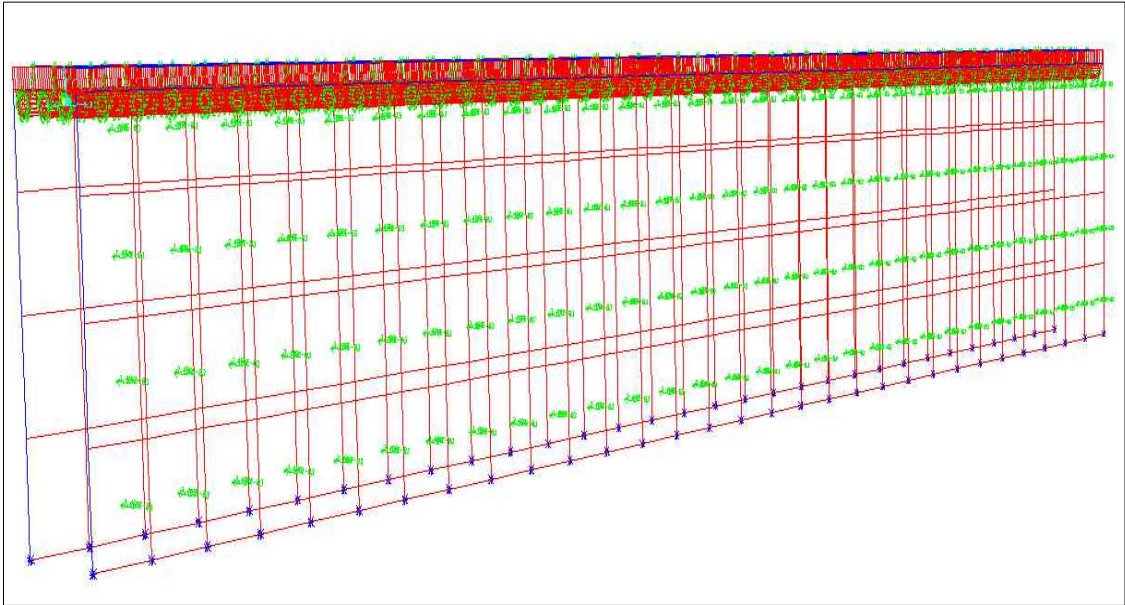


그림 3-4-17. 조류력(0.0034tf/m^2)

□ 부력

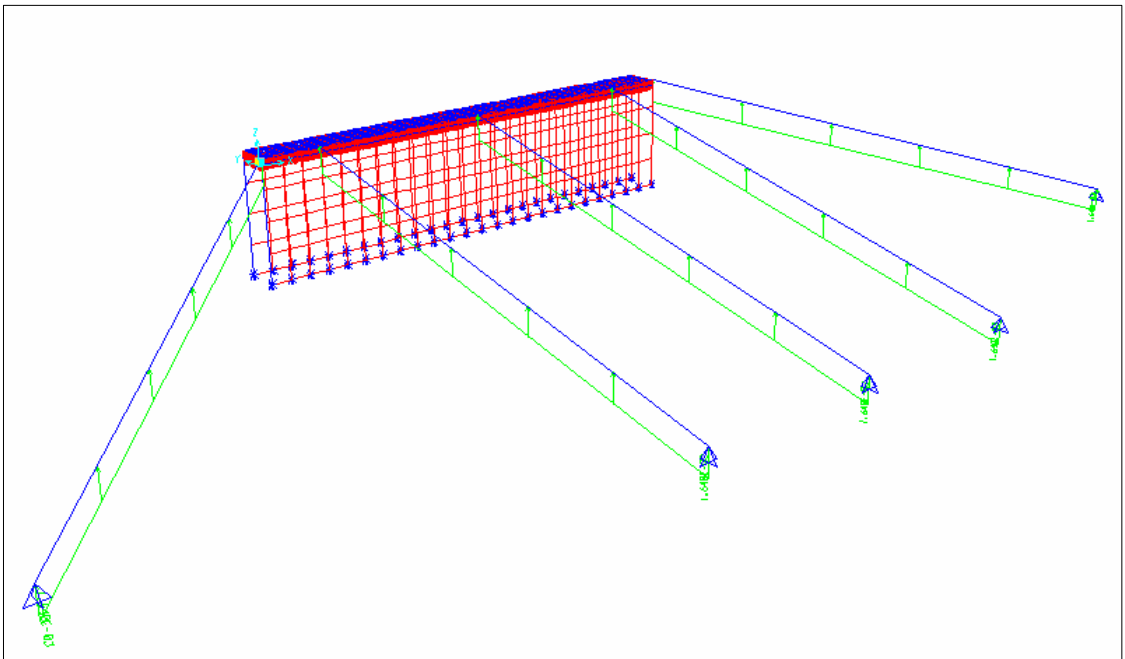


그림 3-4-18. 부력(0.0016tf/m^2)

6) 전산해석 결과

○ 상시

□ 변위량

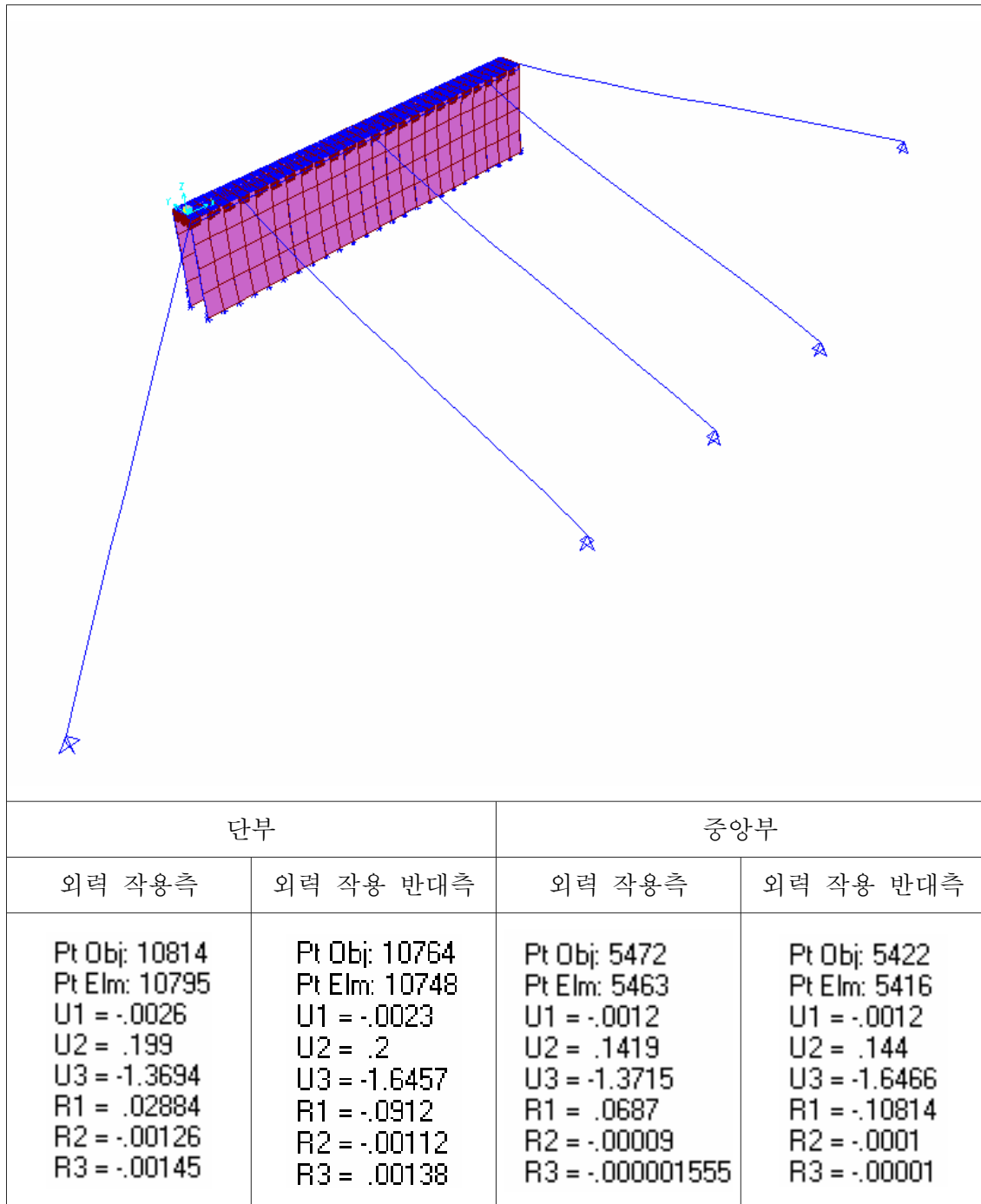


그림 3-4-19. 변위량

□ 지점 반력

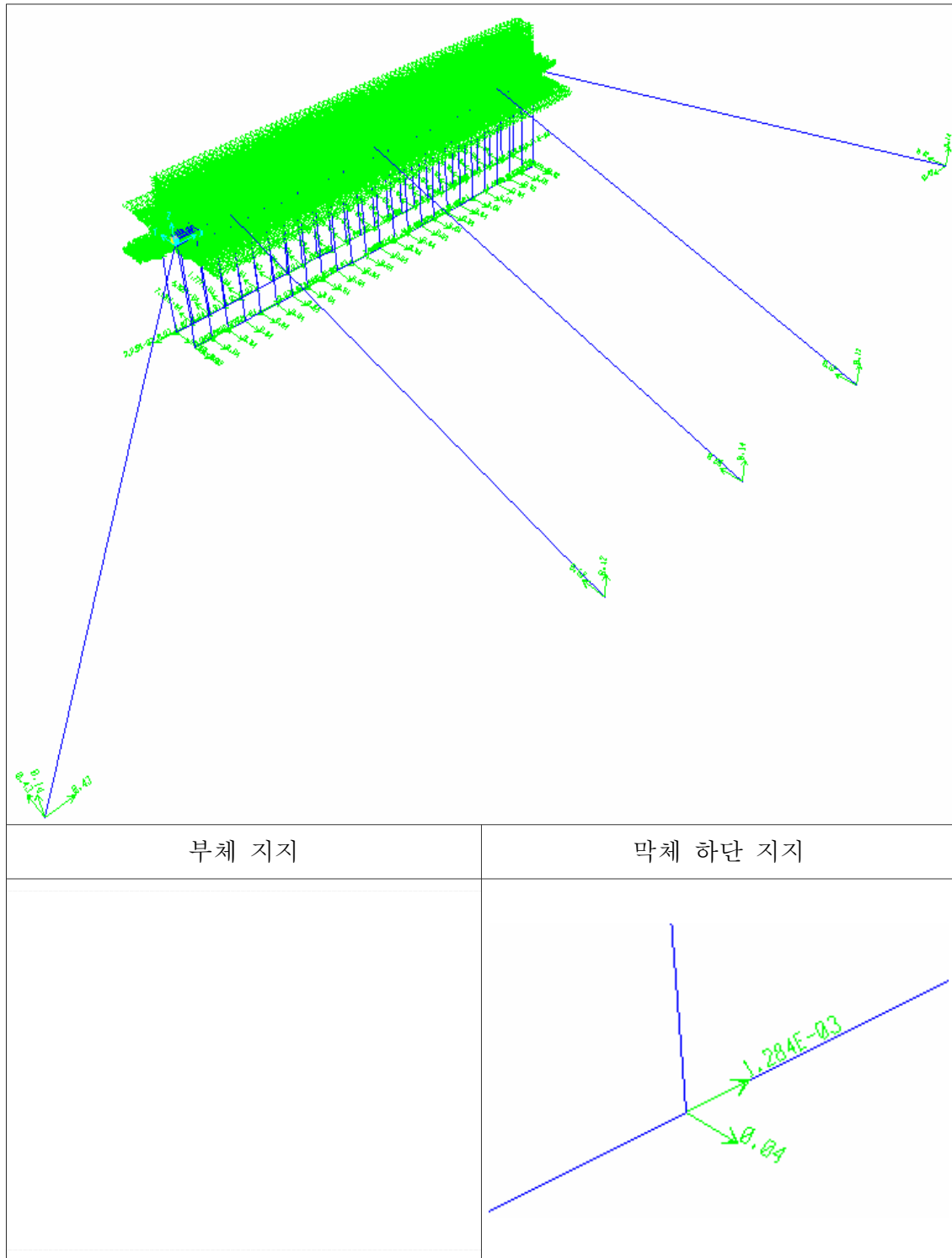
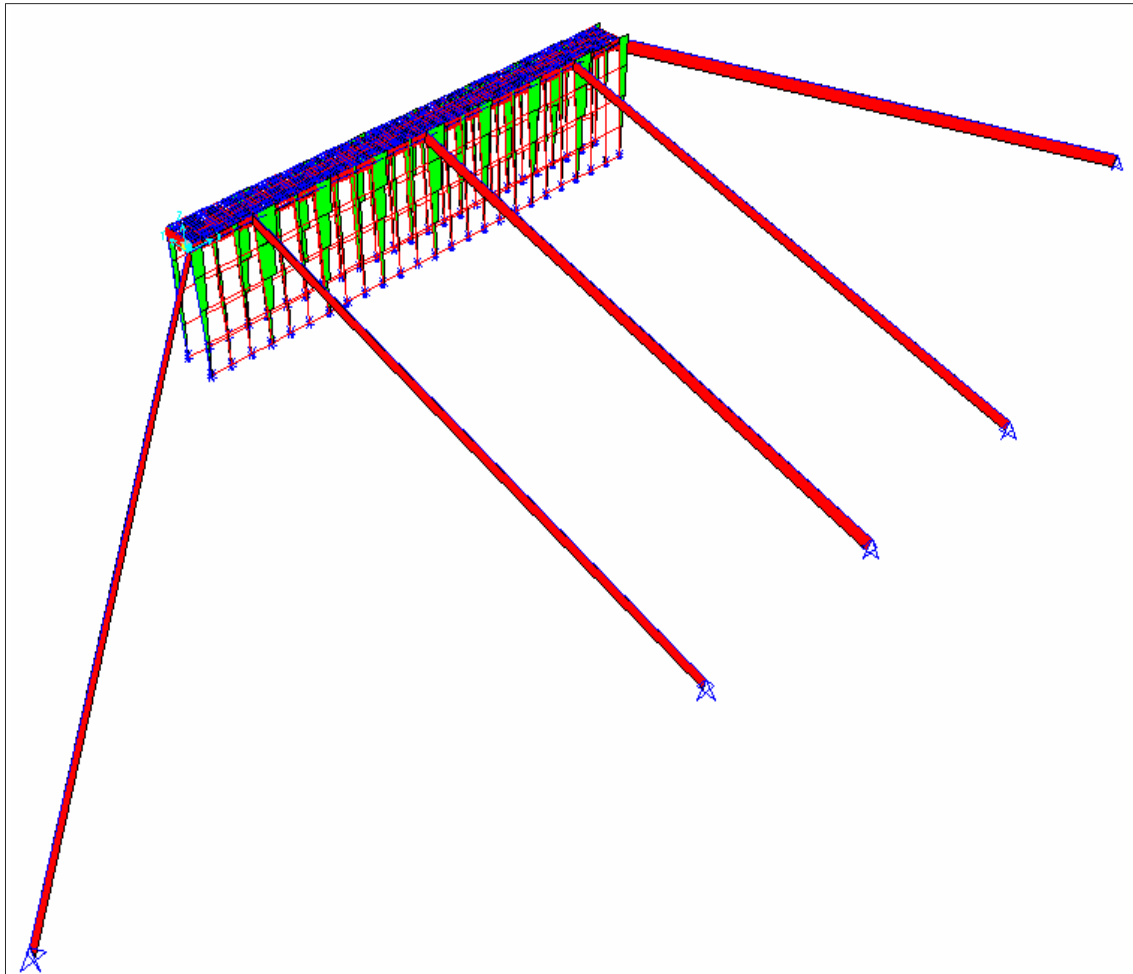


그림 3-4-20. 지점 반력

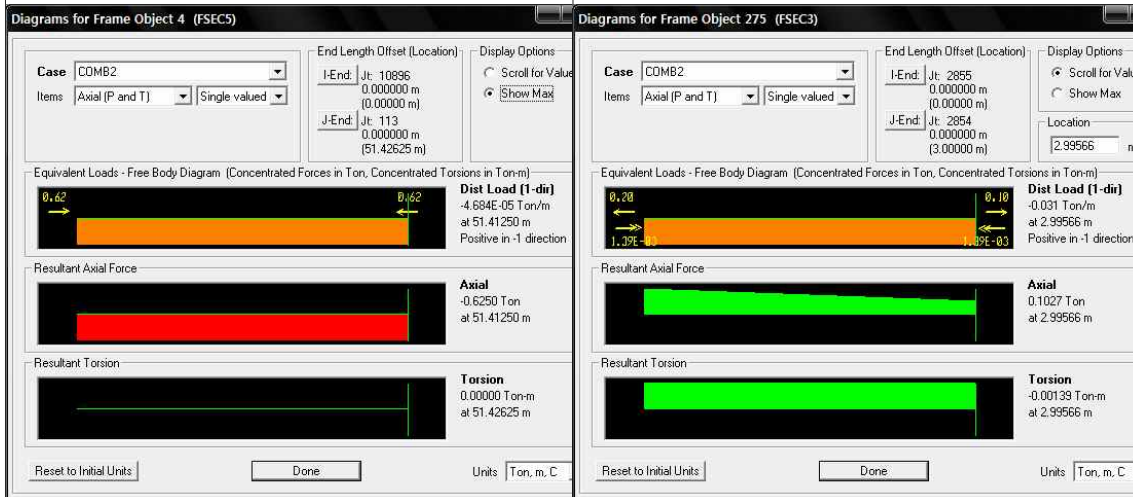
□ PP Rope 장력

그림 3-4-21. PP Rope 장력



부체 지지 : 0.6250tf

막체하단(추) : 0.1027tf



□ 부체 응력

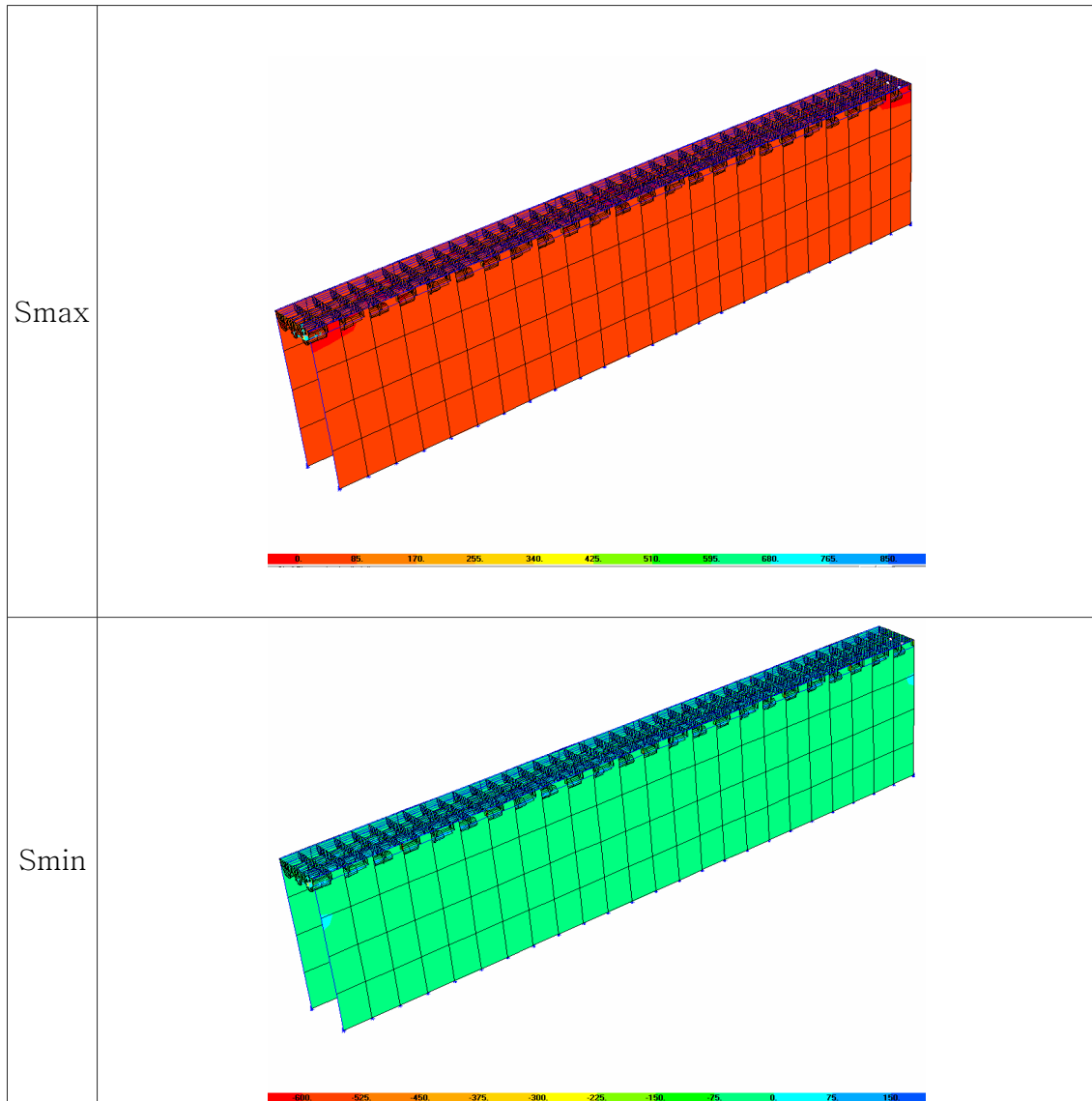


그림 3-4-22. 부체 응력

□ 전산해석 결과

표 3-4-9. 전산해석 결과

구분	부체 변위 $\Delta y(m)$				지점반력(tf)		PP Rope 장력(tf)		부체응력 (tf/m ²)	
	단부		중앙부							
	외력 작용측	외력작용 반대측	외력 작용측	외력작용 반대측	돛가지	막체하단 (추)	부체 지지	막체하단(추)	Smax	Smin
상시	0.199	0.200	0.1419	0.1440	0.603	0.043	0.625	0.103	901	813

○ 황천시

□ 변위량

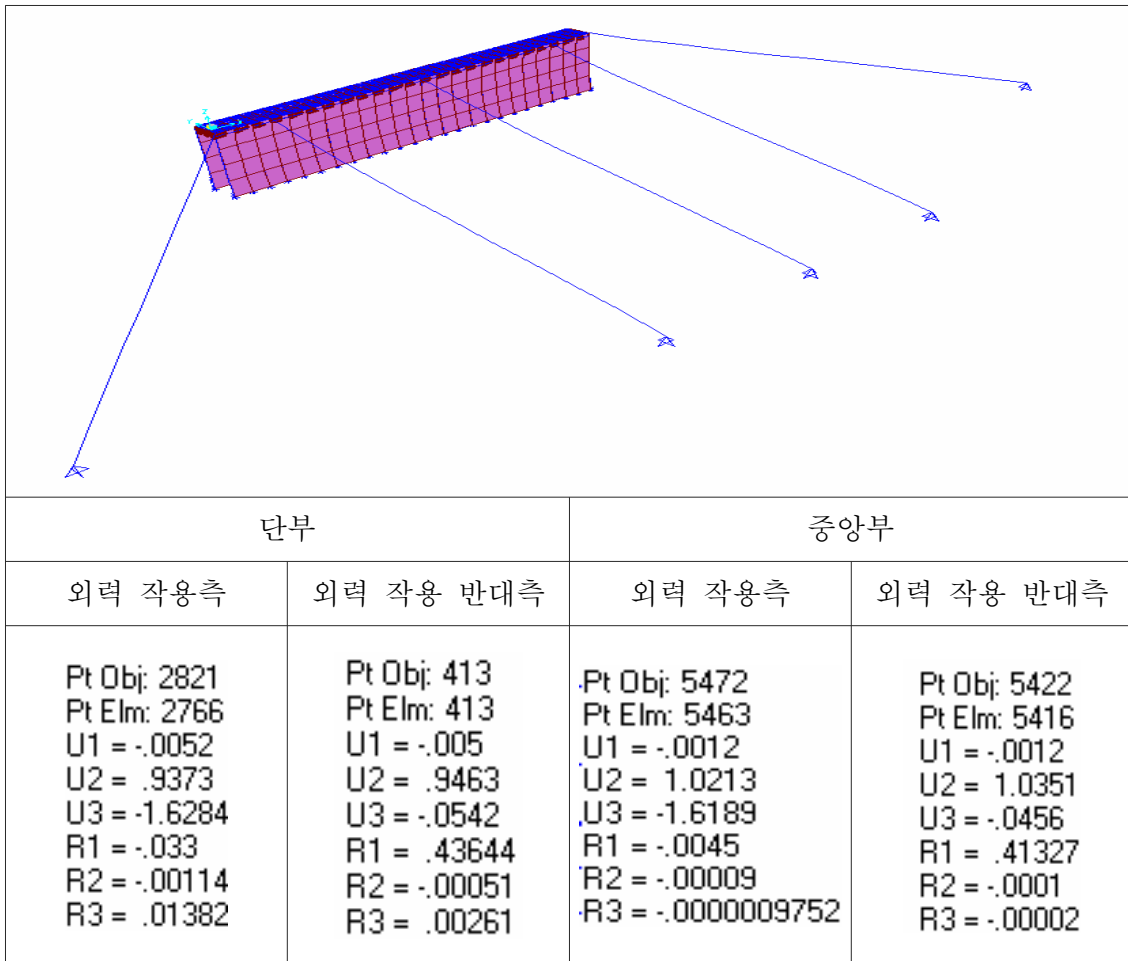


그림 3-4-23. 변위량

□ 지점 반력

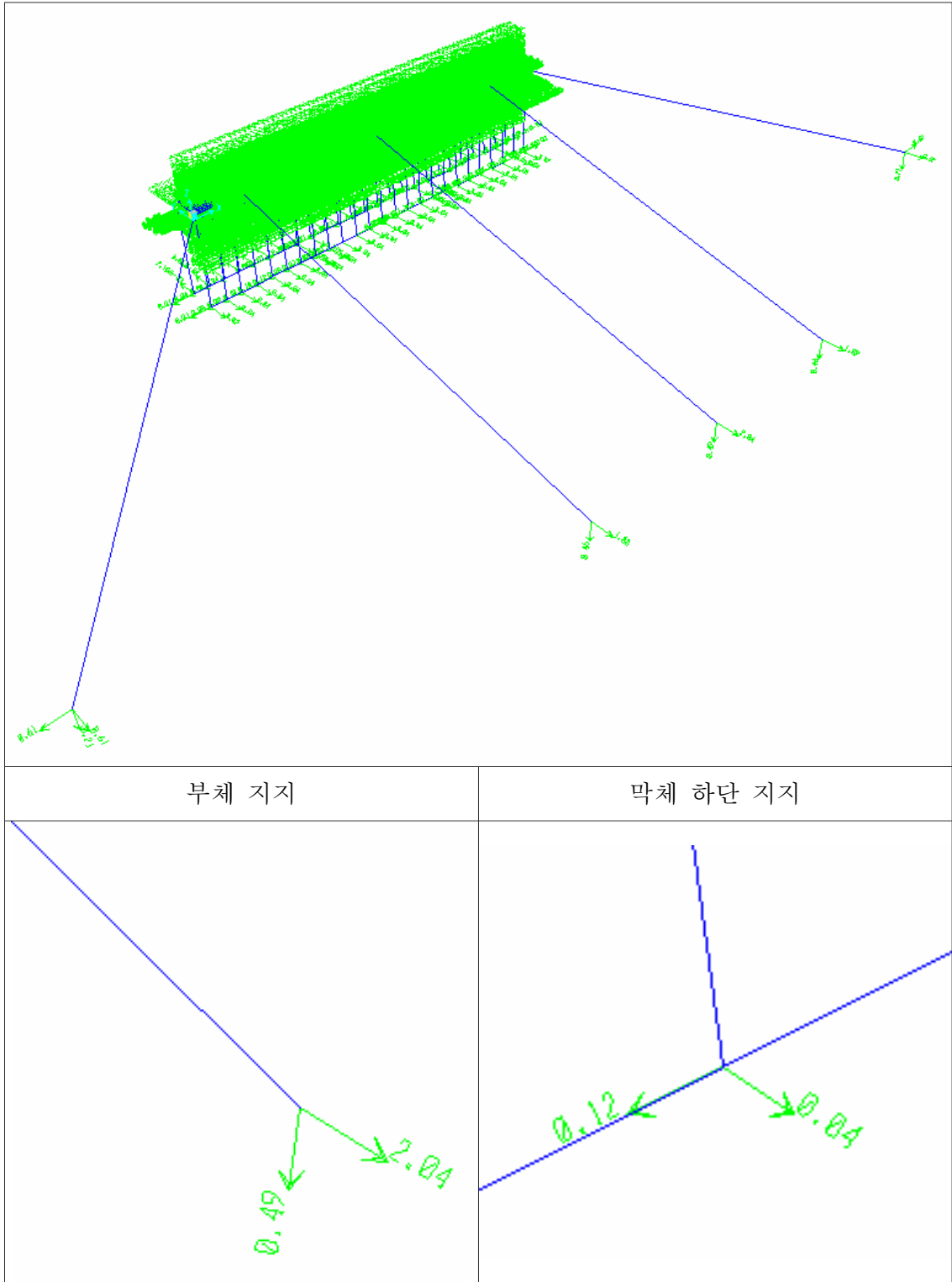


그림 3-4-24. 지점 반력

□ PP Rope 장력

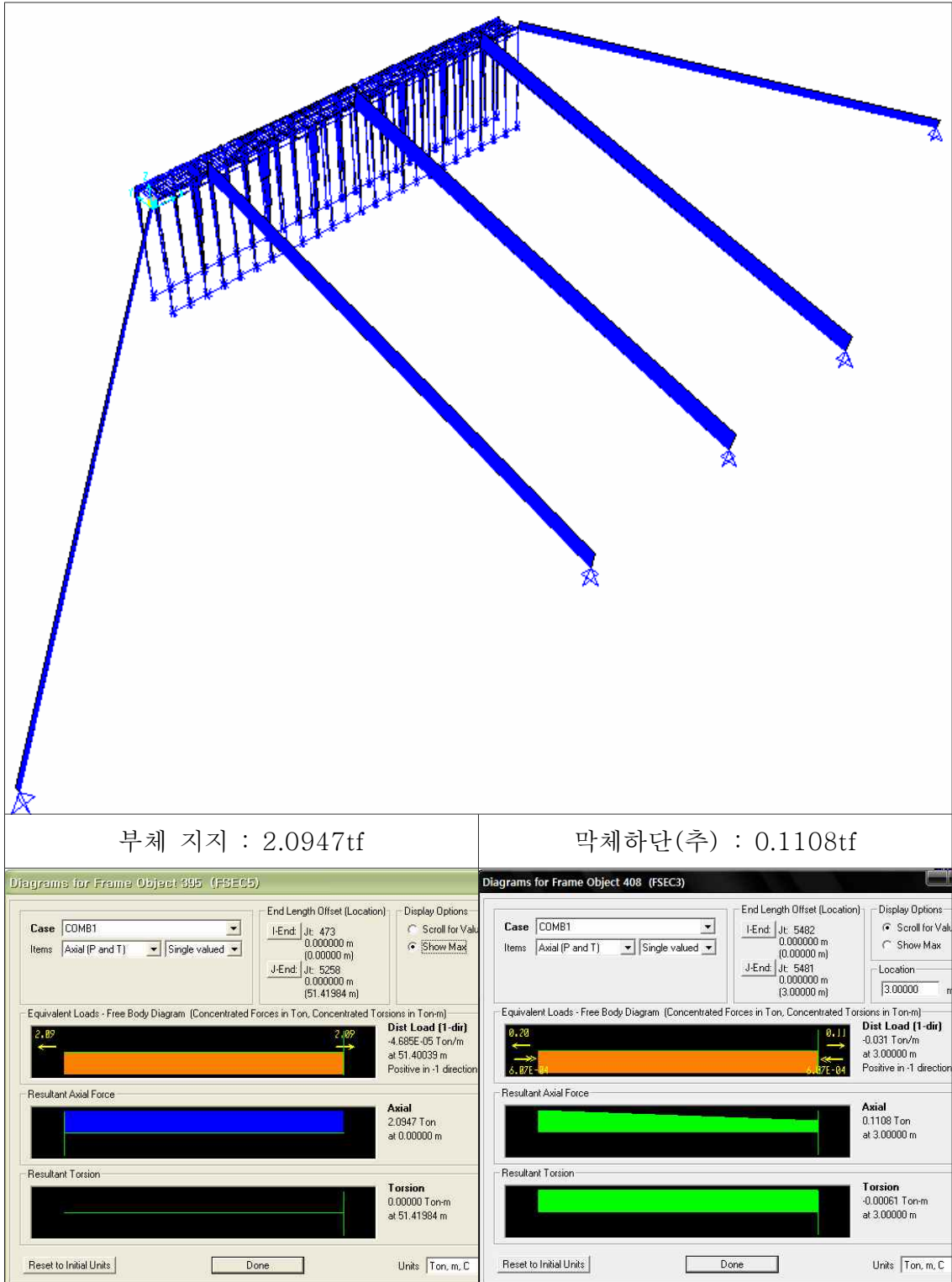


그림 3-4-25. PP Rope 장력

□ 부체 응력

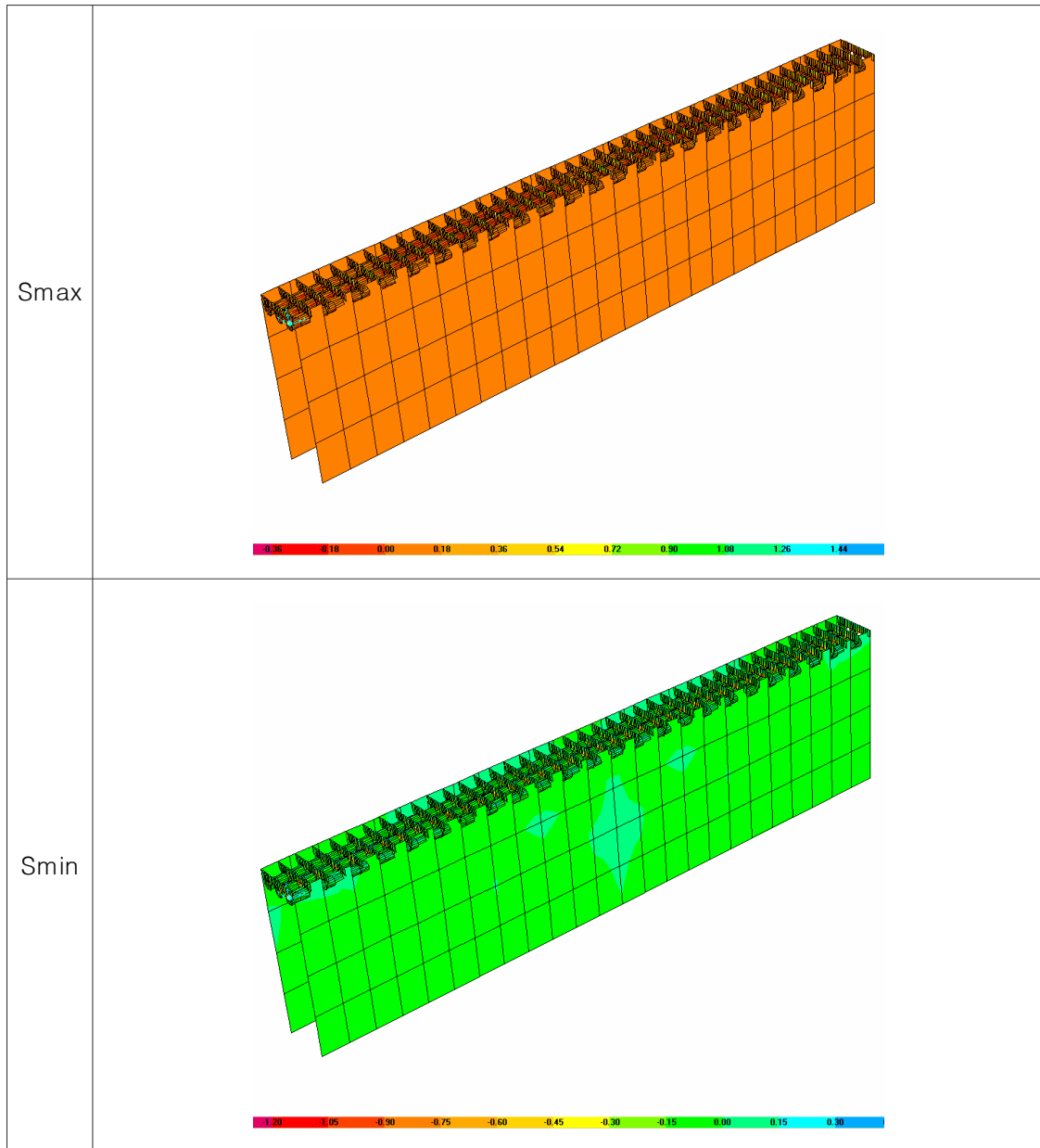


그림 3-4-26. 부체 응력

□ 전산해석 결과

표 3-4-10. 전산해석 결과

구분	부체 변위 $\Delta y(m)$				지점 반력(tf)		PP Rope 장력(tf)		부체 응력 (tf/m ²)	
	단부		중앙부							
	외력 작용측	외력작용 반대측	외력 작용측	외력작용 반대측	돛가지	막체하단 (추)	부체 지지	막체하단(추)	Smax	Smin
황천시	0.9373	0.9463	1.0213	1.0351	2.036	0.043	2.095	0.111	1,897	1,469

○ PP Rope 양쪽 지지 설치상태(50m)

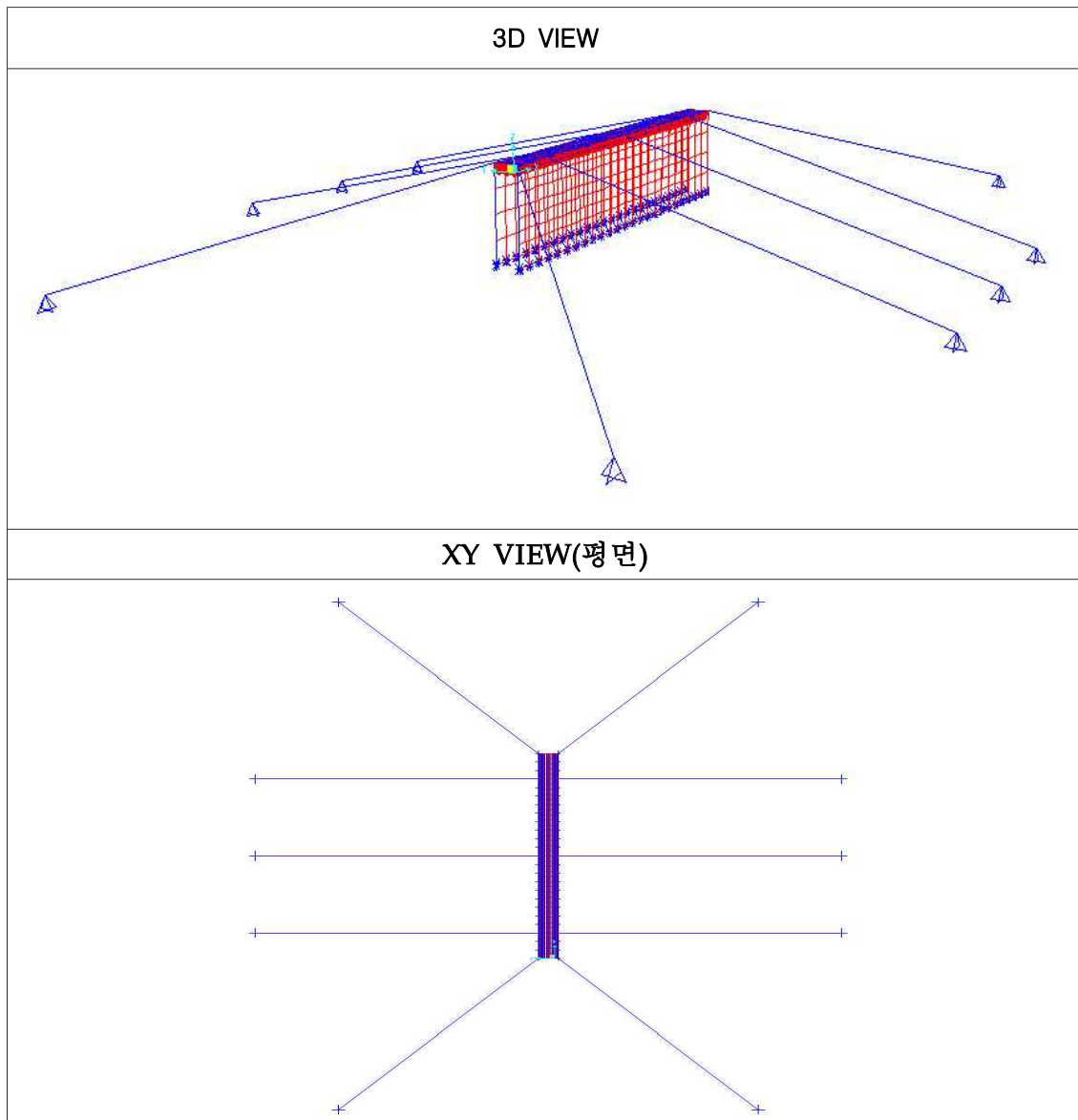


그림 3-4-27. 설치상태

7) 단면 검토 결과

○ 설계외력

표 3-4-11. 설계 외력

구분		설계제원	비고
파력		4.43 tf/m ²	
조류력	막체	0.0034 tf/m ²	
	pipe	0.023 tf/m ²	
풍하중	pipe	0.218 tf/m ²	
	deck	0.044 tf/m	0.2 × 0.218
surcharge	men		0.093 tf/m
	rail	난간	0.004 tf/m
		포스트	0.0038 tf/m
		소계	0.0078 tf/m

○ 전산해석 결과

표 3-4-12. 전산해석 결과

구분	부체 변위 Δy(m)				지점반력(tf)		PP Rope 장력(tf)		부체응력 (tf/m ²)	
	단부		중앙부							
	외력 작용측	외력 작용 반대측	외력 작용측	외력 작용 반대측	돛가지	막체하단(추)	부체 지지	막체하단(추)	Smax	Smin
상시	0.199	0.200	0.1419	0.1440	0.603	0.043	0.625	0.103	901	813
황천시	0.9373	0.9463	1.0213	1.0351	2.036	0.043	2.095	0.111	1,897	1,469

○ 부체의 거동

표 3-4-13. 부체의 거동

구분		내용	비고
부체거동	상시	0.200m	조류 및 파압 작용 방향
	황천시	1.0351m	조류 및 파압 작용 방향
조위에 따른 이동		$\Delta h=6.8m$ $l=50.00m \Rightarrow l'=50.46m$	조위에 따른 수평 거동거리 0.46m

☞ 부체는 상시 약 0.660m, 황천시 약 1.495m 거동 할 것으로 예측됨

○ 닻가지 검토

표 3-4-14. 닻가지 앵커 검토

구분	닻가지	저항면적 $\Sigma A(m^2)$	토질전단 강도(tf/m ²)	$W'(tf)$	F_s	저항력 (tf)	닻가지 반력(tf)	비고
상시	200kgf	3.929	1.8	0.128	2.0	3.60	0.603	O.K
황천시	200kgf	3.929	1.8	0.128	2.0	3.60	2.036	O.K

○ 막체 하단 추 검토

표 3-4-15. 막체 하단 추 검토

구분	작용력 (tf)	마찰 계수	F_s	소요 추 중량(tf)	비고
상시	0.0425	0.5	2.0	0.17	수중 단위중량 6.85tf/m ³ 을 적용하여 중량 0.17tf 이상의 규격 사용
황천시	0.0428	0.5	2.0	0.17	

○ PP ROPE 검토

표 3-4-16. PP ROPE 검토

구분		PP ROPE	중량 (kgf/200)	인장강도 (tf)	Fs	적용 인장강도 (tf)	작용력 (tf)	비고
상 시	막체 하단(추)	D16mm	24.2	2.7	2.0	1.35	0.103	O.K
	부체 지지	D45mm	191.0	18.0	2.0	9.00	0.625	O.K
황 천 시	막체 하단(추)	D16mm	24.2	2.7	2.0	1.35	0.111	O.K
	부체 지지	D45mm	191.0	18.0	2.0	9.00	2.095	O.K

나. 갯벌참굴 해면 중간육성 양성기

1) PVC관 재질 양성기(PVC관 25 mm 재질, PE망)

갯벌참굴 해면 중간육성 양성기를 재질별로 제작하여 중간육성 시험을 실시하였다. 양성기는 PVC 강화 재질과 PE망, 스테인레스 재질(sus316L)을 이용하여 제작하였다. 양성기의 규격은 175 cm(길이)×60 cm(폭)×50 cm(높이)로 제작하여 양성밀도별로 시험하였으며, 양성기의 수용밀도는 각고 5~7mm 종패일 때에는 100,000~150,000 개체/5~7.5kg, 각고 1 cm 크기에서는 50,000~100,000개체/9~18kg, 각고 2 cm 크기에서는 20,000~30,000개체/13.4~20.1kg, 각고 3cm 크기에서는 5,000~10,000개체/10.15~20.3kg, 각고 4cm 크기에서는 3,000~5,000개체/6.09~10.15kg, 각고 5 cm 크기에서는 3,000~5,000개체/15.6~26kg 내외로 수용하였다. 중간육성을 위한 양성기의 구조 및 내구성에 있어서는 표 3-4-17에서 나타내는 범위의 수용밀도별 종패중량 범위였다.

표 3-4-17. 갯벌참굴 양성기 수용 밀도별 종패중량 (단위 : 개체, kg)

양성밀도	5~7mm (0.05g)	1cm (0.18g)	2cm (0.67g)	3cm (2.03g)	4cm (2.7g)	5cm (5.2g)
150,000	7.5	26.1				
100,000	5	18				
50,000	2.5	9				
30,000	1.5	5.4	20.1			
20,000		3.6	13.4			
10,000		1.8	6.7	20.3	27	
5,000				10.15	10.15	26
3,000					6.09	15.6

2) 양성기 재질에 대한 내구성

갯벌참굴 해면 중간육성 양성기는 PVC 재질로 크기별, 밀도별로 해면 가두리에서 중간육성을 실시하였다. PVC 재질의 양성기 인장강도는 40~50kgf/cm² 범위로 PE관(250-280kgf/cm²)에 비해 약 5~6배 내외 약하지만 PE 보다는 탄력성이 좋아 조용한 내관에서 시설이 가능한 것으로 나타났다.

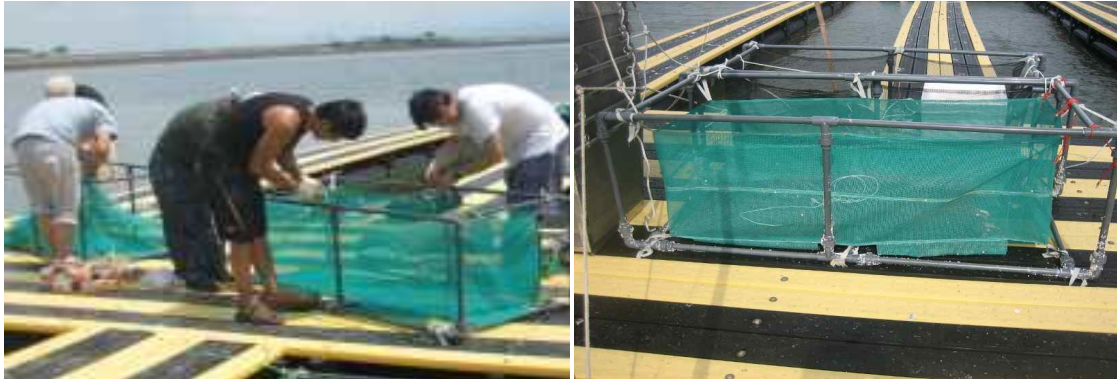


그림 3-4-28. PVC관 재질 해면 중간육성 양성기(PVC관 25mm재질, PE망)



그림 3-4-29. PVC관 재질 해면 중간육성 양성기(PVC관 25mm재질, PE망)

3) 스테인레스 재질(sus316L)의 양성기

가) 양성기 제작 재료

2차년도에는 1차년도에 노출된 문제점을 보완하기 위하여 해수 부식방지 효과가 큰 sus316 재질의 원판을 CNC로 절곡하여 양성기 몸통부를 제작하고 sus망(1mm, 3mm, 5mm)을 스포트 용접과 프라스마 아르곤 용접으로 양성기를 제작하였다.

나) 양성기 제작품의 안전성 검토

2차년도에 보완한 양성기를 충남 서산시 창리 및 보령시 원산도, 태안군 파도리 현장에 각각 설치하였다. 충남지역은 2011년 8월에 태풍의 영향을 직접 받은 지역으로 보령 원산도와 태안군 파도리는 양성기의 피해가 없었으나, 서산 창리에 설치한 1mm망은 망목이 파손되는 현상이 발생하였으며, 그 외 지역은 안전성이 있는 것으로 나타났다.

다) 태풍 피해에 파손 양성기에 제작품의 문제점과 개선

갯벌참굴의 해면 중간육성(해면 종묘생산)을 위해 만들어진 스테인레스 양성기는 몸통부와 망을 체결하는 접합 부위가 짧게(1.5 cm) 맞물려 용접을 하더라도 그물망이 이탈되는 현상이 발생함에 따라 접착부위를 깊게(3.0.cm) 맞물려 제작한 결과 문제점이 개선되었으며, 가두리에 체결하는 고리 부분도 보강함으로서 해면 중간육성용 양성기로는 별 문제점이 없을 것으로 판단된다.

라) 갯벌참굴 해면중간육성 양성기 제작공정

시설내역	작업방법
	<ul style="list-style-type: none"> • 도면작업 • 원료구매(SUS 316L) • 원판망 주문제작 (SUS 316 L) • 레이저 절단 작업
	<ul style="list-style-type: none"> • CNC 절곡
	<ul style="list-style-type: none"> • 몸통부 아르곤 용접
	<ul style="list-style-type: none"> • 그물망 스포트 용접시작 • 그물망 프라스마 아르곤 용접
	<ul style="list-style-type: none"> • 추가 받침대 아르곤 용접 • 아르곤 용접부 독성제거 • 육안검사 및 제품검사 • 출고



그림 3-4-30. 스테인레스 재질(sus316L)양성기



그림 3-4-31. 스테인레스 재질(sus316L) 양성기 설치



그림 3-4-32 스테인레스 재질(sus316L) 양성기 종패입식



그림 3-4-33. 스테인레스 재질(sus316L) 양성기 육성

제 5 절 갯벌참굴 해면 중간육성 기술 매뉴얼

1. 서 론

갯벌참굴의 해면 중간육성은 미국, 프랑스 등지에서는 개발 초기에는 육상의 축 제식 양식장에서 간만의 차이를 이용하여 해수의 재 순환방식에 의한 중간육성 방법이 개발되어 산업적으로 활용되어 왔다. 그러나 육상의 부지면적이 많이 소요되고, 대량 생산시 먹이생물 공급에 한계가 있으며, 관리에 필요한 노동력이 많이 소요되어 2009년경부터는 해면을 이용한 채롱수하식 방법으로 갯벌참굴의 대량 중간육성사업이 산업적으로 이루어지고 있다. 갯벌참굴의 대량 산업화 생산을 위해서는 육상보다는 갯벌과 해면을 이용한 중간육성장과 단련장을 개발하여 자연의 해수에 서식하는 먹이에 의존하는 양성방법의 개발이 요구되고 있다.

갯벌참굴 해면 중간육성 시범연구사업 대상지역은 서산시 부석면 창리 지선 1개소, 보령시 오천면 원산도리 지선 1개소, 태안군 파도리 지선 1개소에서 연구개발 사업기간 동안 수행한 결과를 기초로 하여 양성기 단위 면적에 대한 밀도별, 크기별, 수용밀도, 성장, 종패의 품질, 관리사항 등 갯벌참굴 해면 중간육성 기술에 대한 매뉴얼을 작성하였다.

2. 재료 및 방법

갯벌참굴 해면 중간육성 시설 가두리는 PE 소재를 이용하여 제작하였다. 가두리 규격은 내만형인 창리 시범어장은 7.3(W)×35(L)m 1set, 내만과 외해 중간형인 원산도리는 7.3(W)×12(L)m 1set, 반 외해형인 파도리 지선은 7.3(W)×15(L)m 1set 씩 시설하였다. 양성기는 PVC와 스테인레스 재질로 175cm(길이)×60cm(폭)×50cm(높이) 규격으로 제작하였고, 양성기 망목은 1mm, 3mm, 5mm 크기로 제작하여 종패의 입식크기인 각고 2~7mm부터 중간육성 종패의 최종 크기인 각고 3~5cm 크기까지 양성이 가능하도록 하였다. 양성망의 단위 면적당 밀도별 성장에 따른 분망 관리 및 선별작업관리, 종패의 성장에 따른 분망작업 관리, 중간육성에 따른 생존율 등을 중심으로 갯벌참굴 해면 중간육성 기술 매뉴얼을 작성하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 갯벌참굴 해면중간육성 가두리 시설

해면 중간육성 가두리 시설작업은 적지로 선정된 지역의 수심(5~30m)과 유속, 저질지반 등을 조사하여 저질지반의 유형에 따라 계류시설이 가능한 앵커 소재를 선택한다.

- 1) 저질 지반에 따라 끌림 현상이 발생하는 암반 또는 사질지역은 자연석 돌(2m³ 급)을 이용하여 계류시설을 한다.
- 2) 펄질 및 사니질 지역은 철재 닻(150~200관) 등으로 계류시설을 할 경우 끌리는 현상이 적고, 태풍 또는 강한 파도 및 조류에 안전하며, 시설규모에 따라 가두리의 전·후방에 각각 4개씩 설치하여 계류시설을 한다.
- 3) 가두리의 시설규모에 따라 태풍 및 조류의 영향으로 밀리는 현상이 발생할 경우에는 보강하여 계류시설을 추가적으로 시설한다.
- 4) 앵커 로프 길이는 일반적으로 조석 간만의 차에 따라 다르겠으나 수심이 5 m 내외일 경우 10~20배, 10 m 내외일 경우 7~10배, 수심 15 m에서 10배 내외, 수심 20~30 m에서 8배 내외 길이로 계류시설을 하며, 앵커로프 두께는 Ø53mm 내외로 한다.
- 5) 계류작업의 순서는 우선 조류 흐름의 반대방향부터 고정 시킨 후 가두리의 양쪽 로프 연결 고리에 체결 매듭하고, 반대방향 앵커를 가두리 폭 면적보다 넓게 약 15° 각도로 벌려 앵커를 투하한 후 앵커와 연결된 로프를 가두리에 고정시킨다.
- 6) 갯벌참굴 해면 중간육성 가두리는 가두리 내에서 선별작업과 관리 등이 이루어지므로 수면에서부터 가두리 높이를 50 cm 내외, 통로 폭을 1.5 m로 제작하며, 선별작업과 자재 관리를 위한 공간을 확보해준다.
- 7) 가두리 내에서 갯벌참굴 종패의 중간육성 양성기의 설치에 공간 활용이 편리하고 작업 효율성을 고려하여 제작하는 것이 바람직하다.

나. 갯벌참굴 해면 중간육성 및 시설관리

- 1) 갯벌참굴 해면 중간육성 가두리 시설재료는 주로 목재나 금속파이프, PE관 등을 많이 사용하고 있다.
- 2) 가두리 시설 장소는 파도의 영향을 적게 받는 외해에 면한 내만의 중부에 위치하면서 간조시 수심이 5 m 이상인 곳, 유속이 5~30cm/s 내외 인 곳, 저질이 암반지역인 곳의 계류시설은 자연석 돌(2m³이상), 저질이 펄질인 곳의 계류시설은 철재 닻을 사용(150~200관)하여 계류시설을 한다. 특히 유속이 10~30 cm/s 유지되는 곳은 양성망 내에서 종패가 한쪽으로 몰리지 않고, 먹이섭식 활동이 원활하여 종패의 성장에 유리하며, 유속이 5cm/s 이하로 너무 약하면 성장에 불리하다.
- 3) 양성기의 재료의 선택은 시설적지에 따라 다르며, 태풍(30m/sec 이상) 등의 영향을 받는 곳이나 조류가 50cm/sec 이상인 해역에서는 스테인레스 등 강한 재질을 선택하는 것이 안전하며, 조용한 만 지역에서는 PE, PP, PVC 등 재질을 양성기로 제작하여도 안전하다.
- 4) 양성기는 입식하고자 하는 종패의 크기에 따라 다르며, 종패의 각고에 따른 망목을 각고의 1/2 크기로 제작하는 것이 양성망에 입식한 종패의 유실을 막을 수 있다. 즉, 각고 2~7 mm 일 때 양성기 망목(mesh)은 1 mm, 각고 10 mm 일 때 망목 2mm, 각고 20 mm 일 때 망목 3 mm, 각고 30 mm 이상은 5 mm mesh의 망목을 사용한다 (표 3-4-2. 갯벌참굴 해면 중간육성 시설관리 매뉴얼).

다. 갯벌참굴 중간육성을 위한 종패입식 및 관리







갯벌참굴 종패의 해면 중간육성은 인공종묘의 생산시기에 따라 바다에 입식하는 시기가 다르지만 1~3월 사이에 만들어진 종묘는 육상수조 내에서 사육수의 가온으로 양성이 이루어지기 때문에 가온 사육한 종묘의 수온을 서서히 내려 4~5월경 수온이 10℃ 내외의 자연수온에 가깝게 상승하는 시기에 각고 2~7mm 크기의 종패를 갯벌 또는 해면 중간육성장에 입식한다.

- 1) 갯벌참굴의 해면 중간육성을 위한 육상 인공종묘배양장에서의 종묘생산은 조기 종묘생산의 경우 2월부터 유생관리에 들어간 다음 약 3주 후에 채묘를 실시하고 이 후 각고 7mm 전후까지 육상 배양장에서 육성한다.

- 2) 채묘 이후 갯벌 중간종묘 육성장 및 해면 중간육성장에 입식할 수 있는 유패의 크기는 각고 2~7mm이며, 수온이 10℃ 이상으로 상승하는 4~5월경 갯벌 및 해면 중간종묘 육성장에 입식하여 본양성용 종패(각고 1~5cm)로 9월 경 까지 키워 분양한다.
- 3) 중간육성장의 양성기에 입식하기 이전의 종패는 적정 밀도로 크기별로 선별한 다음 분리 포장하여 입식작업을 실시한다.
- 4) 종패가 입식된 양성기는 종패가 한쪽으로 모이지 않도록 수평적으로 설치하고, 양성기는 수면에서 약 10 cm 정도 노출되도록 설치하여 종패가 유실되지 않도록 한다.
- 5) 파도나 조류의 영향으로 느슨해진 양성기는 1주일에 2~3회 정도 양성기 체결 로프를 당겨 조정해 준다.
- 6) 종패의 육상 운송방법은 유패 크기가 각고 2~7mm일 때는 양과자루망에 수용하여 아이스박스 등으로 포장하고 계절에 따라 고수온기에는 박스 용기에 아이스 팩과 신문지를 활용하여 포장한다.
- 7) 갯벌참굴 유패 입식용 양성기의 단위 규격이 175cm(길이)×60cm(폭)×50cm(높이)일 때 양성기당 입식밀도는 각고 2~7mm에서 100,000~150,000개체이며, 이 때 양성망 Mesh Size는 2mm이다. 양성기에 유패를 수용 후 5~7일 이내에 Mesh Size 3 mm 양성기에 분망하며, 크기별로 선별작업을 1~2회 실시한다.
- 8) 중간육성 종패의 크기가 각고 10~20 mm 내외에서 종패의 양성밀도는 30,000~50,000개체로, 이 때 양성망 Mesh Size는 3mm이며, 이 후 약 7~9일 이내에 종패의 크기별로 선별 후 분조한다.
- 9) 중간육성 종패 크기가 각고 30~50 mm 크기까지의 양성을 위해서는 밀도를 10,000~3,000개체로 낮추어 주고 양성망 Mesh Size는 5mm 크기로 교체한다. 양성기간은 약 20~25일이며, 크기별 선별작업을 1~2회 실시한다.
- 10) 전체 해면 중간육성 기간이 약 45~60일 내외에 이르면 본양성용 중간종묘 크기(각고 30~50 mm)로 성장한다.

라. 갯벌참굴 해면중간육성 가두리 시설 매뉴얼

1) 해면 중간육성 가두리 설치

시설내역	작업방법
	<ul style="list-style-type: none"> • 중간육성 가두리 시설 전에 가두리 시설을 위한 계류작업을 한다. • 앵커 로프 줄을 수심(5~30m)의 10~20배 길이로 준비한다. • 가두리규격 : 7.3(W)×15(L)m • 양성기 수용능력 : 24개 • 양성기 규격 : 75(L)×60(W)×50(D)
	<ul style="list-style-type: none"> • 앵커 줄 길이 결정을 위한 수심을 측정한다. • 앵커 150관 4개, 앵커 줄 로프 길이 200m 4개, 로프 규격 53 mm
	<ul style="list-style-type: none"> • 조류 흐름 방향 쪽에서 먼저 앵커를 바다에 투하한다. • 가두리에 앵커 줄을 계류시킨 후 반대쪽 앵커 줄을 계류한다.
	<ul style="list-style-type: none"> • 조류 흐름 방향인 창조와 낙조방향으로 가두리 계류 시설 위치를 일직선상으로 하여 시설 위치를 조정한다. • 조류 흐름 반대 방향에서 나머지 계류 할 양카를 바다에 투하한다.
	<ul style="list-style-type: none"> • 가두리 시설이 완료된 상태에서 앵커가 저질에 고정이 되었는지 최종 확인 점검한다.
	<ul style="list-style-type: none"> • 가두리 시설이 완료된 장면

2) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설관리 매뉴얼(1)

구 분	세부항목	일반현황 및 적지환경요인
해면 중간 육성 시설 관리	해면종묘생산 가두리 시설	<ul style="list-style-type: none"> • 가두리 재질 : 목재, 금속파이프, PE관 • 내만의 만 돌출부 중부 • 수심이 간조시 5m 이상인 곳 • 유속이 10~30cm/s 내외 인 곳 • 저질이 암반지역인 곳의 계류시설은 자연석 석괴투하(1m³이상) 4개 • 저질이 개흙질인 곳의 계류시설은 앵커 사용(200관 이상)
	양성기 망목	<ul style="list-style-type: none"> • 양성망 재질 : PE, PP, SUS 316L • 갯벌참굴 종패의 크기가 2~7 mm 내외 일 때 <ul style="list-style-type: none"> - 망목크기 : 1 mm • 갯벌참굴 종패의 크기가 10 mm 내외 일 때 <ul style="list-style-type: none"> - 망목크기 : 2 mm • 갯벌참굴 종패의 크기가 20 mm 내외 일 때 <ul style="list-style-type: none"> - 망목크기 : 3 mm • 갯벌참굴 종패의 크기가 30 mm 이상 일 때 <ul style="list-style-type: none"> - 망목크기 : 5 mm
	종패입식	<ul style="list-style-type: none"> • 종패크기 : 각고 2~7 mm • 중간육성시기 : 4월 중순부터~10월 말까지
	양성밀도	<ul style="list-style-type: none"> • 양성기 규격 : 175(L)×60(W)×50cm(H) • 종패 2~7 mm <ul style="list-style-type: none"> - 0~ 7일령 : 100,000~150,000개/양성기 • 종패 10~20 mm <ul style="list-style-type: none"> - 8~17일령 : 30,000~50,000개/양성기 • 종패 20~30 mm <ul style="list-style-type: none"> - 18~27일령 : 10,000~20,000개/양성기 • 종패 30~50 mm <ul style="list-style-type: none"> - 28~45일령 : 3,000~10,000개/양성기
	선별 및 분망	<ul style="list-style-type: none"> • 종패 2~7 mm : 1회 • 종패 10~20 mm : 1회 • 종패 20~30 mm : 1회 • 종패 30~50 mm : 1회
	수질환경	<ul style="list-style-type: none"> • 수온범위 : 2~28℃ • 염분 : 20~34 psu • 용존산소 : 5.0~9.9 ml/L • pH : 7.8~8.3 • 부유물질 : 30 mg/L 이하 • 투명도 : 1~2 m • 유속 : 최적유속 10~30 cm/s 유지되는 곳 • 식물플랑크톤 현존량 : 25,000~150,000 cell/L

3) 갯벌참굴 해면 중간육성장 시범어장별 종패입식 및 관리

가) 창리 어장 종패입식 및 관리

- 가두리규격 : 7.3(W)×15(L)m
- 양성기 수용능력 : 30개
- 양성기 규격 : 75(L)×50(W)×50(D)

시설내역	작업방법
	<ul style="list-style-type: none"> • 가두리에 양성기 설치작업 • 종패가 한쪽으로 모이지 않도록 수평적으로 설치
	<ul style="list-style-type: none"> • 양성기는 수면에서 약 10 cm 정도 노출되도록 설치하여 종패가 유실되지 않도록 한다.
	<ul style="list-style-type: none"> • 1주일에 2~3회 정도 느슨해진 양성기 체결 로프를 당겨 조정 해준다.
	<ul style="list-style-type: none"> • 종패운송방법 <ul style="list-style-type: none"> - 종패크기 : 각고 2~7mm - 양과자루망 수용 - 아이스박스 포장 - 아이스팩+신문지 활용 포장
	<ul style="list-style-type: none"> • 갯벌참굴 종패입식 2~7mm • 양성기 수용밀도:100,000~150,000개 • 양성망 Mesh Size 1mm • 양성기간 7일경과 후 3 mm 양성기에 분망 • 크기별 선별작업 1~2회
	<ul style="list-style-type: none"> • 중간육성종패 크기 2~3cm 전후 • 양성기 수용밀도 : 10,000~20,000개 • 양성망 Mesh Size 3mm • 양성기간 18일 • 크기별 선별작업 1~2회
	<ul style="list-style-type: none"> • 중간육성종패 크기 3~5 cm 전후 • 양성기 수용밀도 : 3,000~10,000개 • 양성망 Mesh Size 5mm • 양성기간 20~25일 • 크기별 선별작업 1~2회

나) 파도리 어장 종패입식 및 관리

- 가두리규격 : 7.3(W)×15(L)m
- 양성기 수용능력 : 34개
- 양성기 규격 : 75(L)×50(W)×50(D)

시설내역	작업방법
	<ul style="list-style-type: none"> • 가두리에 양성기 설치작업 • 종패가 한쪽으로 모이지 않도록 양성기를 수평적으로 설치 • 양성기가 유실되지 않도록 체결 • 양성기는 수면에서 약 10cm정도 노출되도록 설치하여 종패가 수면 밖으로 유실되지 않도록 한다.
	<ul style="list-style-type: none"> • 종패운송방법 <ul style="list-style-type: none"> - 종패크기 : 2~7mm - 양과자루망에 수용 - 아이스박스 종패포장 - 아이스팩+신문지 활용 포장
	<ul style="list-style-type: none"> • 갯벌참굴 종패입식 각고 2~7mm • 양성기 수용밀도 : 100,000~150,000개 • 양성망 Mesh Size 1mm • 양성기간 10일 후 3mm 양성기에 분망 • 크기별 선별작업 1~2회
	<ul style="list-style-type: none"> • 중간육성종패 크기 1~2cm 전후 • 양성기 수용밀도 30,000~50,000개 • 양성망 Mesh Size 3mm • 양성기간 15일 • 크기별 선별작업 1~2회
	<ul style="list-style-type: none"> • 중간육성종패 크기 2~3cm 전후 • 양성기 수용밀도: 10,000~20,000개 • 양성망 Mesh Size 3mm • 양성기간 18일 • 크기별 선별작업 1~2회
	<ul style="list-style-type: none"> • 중간육성종패 크기 3~5cm 전후 • 양성기 수용밀도 : 3,000~10,000개 • 양성망 Mesh Size 5mm • 양성기간 20~25일 • 크기별 선별작업 1~2회

다) 원산도 어장 종패입식 및 관리

- 가두리규격 : 7.3(W)×12(L)m
- 양성기 수용능력 : 22개
- 양성기 규격 : 75(L)×50(W)×50(D)

시설내역	작업방법
	<ul style="list-style-type: none"> • 가두리에 양성기 설치작업 • 종패가 한쪽으로 모이지 않도록 수평적으로 설치 • 양성기는 수면에서 약 10cm정도 노출되도록 설치하여 종패가 유실되지 않도록 한다.
	<ul style="list-style-type: none"> • 종패운송방법 <ul style="list-style-type: none"> - 종패크기 : 각고 2~7mm - 양파자루망 수용 - 아이스박스 포장 - 아이스팩+신문지 활용 포장
	<ul style="list-style-type: none"> • 갯벌참굴 종패입식 2~7mm • 양성기 수용밀도: 100,000~150,000개 • 양성망 Mesh Size 1mm • 양성기간 7일경과 후 3mm 양성기에 분망 • 크기별 선별작업 1~2회
	<ul style="list-style-type: none"> • 중간육성종패 크기 1~2cm 전후 • 양성기 수용밀도: 30,000~50,000개 • 양성망 Mesh Size 3mm • 양성기간 15일 • 크기별 선별작업 1~2회
	<ul style="list-style-type: none"> • 중간육성종패 크기 2~3cm 전후 • 양성기 수용밀도: 10,000~20,000개 • 양성망 Mesh Size 3mm • 양성기간 18일 • 크기별 선별작업 1~2회
	<ul style="list-style-type: none"> • 중간육성종패 크기 3~5cm 전후 • 양성기 수용밀도: 3,000~10,000개 • 양성망 Mesh Size 5mm • 양성기간 20~25일 • 크기별 선별작업 1~2회

제 6 절 갯벌참굴 해면 중간육성 시범사업의 경제성 분석

1. 연구의 배경 및 목적

갯벌참굴 양식에서 종패의 중간육성 과정은 우량종패의 선별 입식을 통해 양식생산 주기를 앞당기고 고품질의 상품생산 비율과 생존율을 높여 양식의 경제성을 확보하는데 매우 중요한 역할을 한다.

따라서 본 연구의 목표는 갯벌참굴의 인공종묘 생산과 함께 양식 산업화 과정에서 큰 비중을 차지하고 있는 우량 중간육성 종패의 대량 확보를 통한 갯벌참굴 양식산업의 경제성을 향상 시키는 데 있다.

갯벌참굴 연구의 2차년도 사업인 해면 중간육성 산업화 정착을 위해서는 생산량에 영향을 미치는 다양한 환경적인 요소(해양의 물리, 화학, 생물학적 환경 및 사회적 환경)를 고려한 양식장의 적지선정과 종묘생산부터 중간육성, 갯벌 본양성까지 양식의 전 과정에 대한 기술적인 매뉴얼 분석을 통한 양식단계별 생산시스템의 경제성 분석이 필요하다.

기존의 갯벌참굴 양식방법은 육상에서 종패를 생산한 후 곧바로 갯벌 본양성장에 넣어 기르거나 종묘배양장에서 생산된 각고 2~7mm 전후 크기의 종패를 갯벌양식장에 옮겨 3~5 cm 크기의 종패로 키워 본 양성용 종묘로 사용해왔다. 그러나 갯벌참굴의 본양성은 반드시 중간육성을 거친 우량종패(각고 3~5 cm)로 양성하는 것이 필수적이며, 육상 종묘생산장에서 중간육성 할 경우에는 폐사율 증가와 함께 본양성 종묘 크기로 키울 수 없을 뿐만 아니라 가온에 의한 생산비용이 커 경제성 확보가 불리해진다. 또한 갯벌에서 너무 어린 유패(2~7mm)를 중간육성 시킬 경우에도 성장이 늦어지고 폐사율이 증가하며, 상품의 품질을 결정하는 정상형태의 껍데기를 가진 우량종묘의 생산비율이 낮아 경제성을 확보하는데 큰 단점이 된다.

한편, 해면에서의 중간육성은 육상에서와는 달리 종패의 성장이 빠르고 기형패 발생률이 적을 뿐만 아니라 본양성에 소요되는 종묘를 연중 지속적이고 안정적으로 공급할 수 있는 이점이 있기 때문에, 해면 중간육성의 경제성 분석을 통해 갯벌참굴 양식의 경쟁력을 확보하고자 한다.

2. 경제성 분석의 이론적 고찰

가. 기본분석모형

어촌계 등의 다중 편익사업의 추진은 해당 사업을 진행함으로써 발생하는 편익(benefit)과 이를 수행하는 데 사용되는 비용(cost)을 종합적으로 비교, 분석하여 해당 사업의 투자가치를 살펴볼 필요가 있다. 공공사업의 가치는 사용가치(use value)와 비사용가치(non-use value)로 구분해 볼 수 있다. 사용가치는 실질적인 생산 및 소비 행위에 환경적 개념을 접목시켜 발생하는 가치를 의미하는 데, 갯벌참굴 양식으로 인해 이전보다 더 많은 생산성을 증대시킬 수 있게 됨으로써 발생하는 가치를 의미한다. 비사용가치는 사용가치 이외의 가치를 의미하는 것으로 아름다운 경치, 야생이 잘 보존된 생태계와 같이 해당 자원을 직접사용하지 않아도 그 자체에 대한 보존과 존재에 대해 만족을 얻는 부분으로 환경기금에 대한 자발적 기부금(야생동물보호기금 등)이 대표적이다.

갯벌어장의 어장환경 복원은 생태계의 회복을 의미하며, 이를 활용한 공공사업의 사용가치는 해당사업에 대한 투자효과를 분석해봄으로써 양식산업 측면에서 경제적으로 얼마만큼의 긍정적 효과가 있는 지를 측정할 수 있다. 갯벌참굴 산업에서 우량종패의 대량생산은 필수적인 요소로서 해면 중간육성 투자사업의 평가에서 비용·편익분석(Cost-Benefit Analysis)을 통하여 경제적 타당성 여부를 살펴볼 수 있다.

일반적으로 널리 이용되는 평가기법으로 편익/비용 비율(Benefit Cost Ratio: B/C ratio), 순현재가치(Net Present Value: NPV)기법, 내부수익률(Internal Ration of Return: IRR)기법 등이 있으며, 이론적으로 살펴보면 다음과 같다.

특정사회에 n 인 구성원이 있다고 가정하면, 해당 사회의 후생함수 " $W=f(U_1, U_2, \dots, U_k, \dots, U_n)$ "와 같은 형태를 지니게 되며, W 는 사회전체의 후생상태를 의미하고, U_k 는 개인 k 의 후생을 의미하게 됨. 이러한 후생함수 하에서 정부가 공공투자 사업을 통하여 사회후생 상태를 W_0 에서 W_1 으로 증대시키려고 할 때, 공공사업에 대한 사회적 가치는 사회구성원 개개인의 후생가치의 합과 동일하게 된다.

$$M = \sum_{k=1}^n M_k, \quad k = 1, 2, 3, \dots, n$$

위 식에서 M은 공공사업의 사회적 가치, M_k 는 개인 k가 공공사업에서 느끼는 개인의 가치를 각각 의미한다. 사회적 가치는 개인적 가치의 합에 의해서 변화될 것이며, 개인적 가치의 변화는 시장가격의 변화를 통하여 이루어지므로 공공사업의 효과가 재화 A의 생산을 증대시키고 재화 B의 생산을 감소시키는 사업이라고 할 때(각 재화의 시장가격 P_A 와 P_B 는 일정하다고 가정), 개인 k의 공공사업에 대한 가치는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$M_k = P_A \Delta A_k - P_B \Delta B_k$$

위 식에서 Δ 는 개인 k에 의한 A와 B의 소비변화량을 의미하며, 이를 토대로 공공사업에 대한 사회적가치를 나타내면 다음과 같다.

$$M = \sum_{k=1}^n M_k = \sum_{k=1}^n (P_A \Delta A_k - P_B \Delta B_k) = P_A \sum_{k=1}^n \Delta A_k - P_B \sum_{k=1}^n \Delta B_k$$

즉, 비용편익분석이란 공공투자사업에 의해 발생한 재화의 물리적 총량변화와 이 재화들의 시장가격을 파악하는 과정이라고 할 수 있으며, 시장가격이 불변(즉, 고정)되어 있다고 가정하면 재화의 물리적 총량변화를 예측하는 것이라고 할 수 있다.

나. 비용·편익 분석기법

1) 편익·비용 비율

편익/비용 비율(Benefit Cost Ratio: B/C ratio)은 정책의 총편익을 정책에 투입된 총비용으로 나눈 값, 즉 단위당 편익을 뜻하는 것으로 미래에 상존하는 편익(수입)과 비용을 현재가치로 환산한 후 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나누어 주는 것을 의미한다. 정책대안의 편익/비용 비율 값이 '1'보다 크면 그 대안은 비용에 비해 더 큰 편익을 발생시키기 때문에 경제성이 있는 것으로 인정하며, '1'보다 작으면 자원의 낭비와 함께 전체적인 복지수준을 감소시키는 것으로 해석되고 구체적으로 다음과 같이 표현된다.

$$B/C \text{ ratio} = \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=i}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=i}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

위 식에서 t 는 해당시기, $i=1,2,\dots,3$, r 은 이자율, B_t 와 C_t 는 해당 t 시기에 추정되는 편익과 비용을 나타낸다.

2) 순현재가치

순현재가치(Net Present Value: NPV)는 서로 다른 시간에 발생하는 모든 항목의 편익이나 비용의 가치를 현재시점으로 전환하여 평가하는 방법으로 사업에 투입된 제반 비용과 편익을 해당 기준 연도의 현재가치로 할인하여 총편익에서 총비용을 차감한 값을 뜻한다. 순현재가치값이 '0'보다 크면 그 대안은 현시점으로 전환된 편익이 비용보다 크다는 의미이기 때문에 경제성이 있다고 인정된다.

미래의 가치를 현재의 가치로 전환하기 위해서는 미래가치를 현재부터 미래 기간까지의 투자가치 만큼으로 할인(discounted)해야 하며, 시간의 투자가치는 바로 미래의 가치를 현재의 가치로 전환할 때 할인하는 할인율(discount rate)과 동일하다.

순현재가치(net present value: NPV)기법의 수학적 표기는 다음과 같다.

$$NPV = \sum_{t=i}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

3) 내부수익률

내부수익률(Internal Rate of Return: IRR)은 편익과 비용의 현재가치로 환산된 값이 같아지는 할인율 IRR를 구하는 방법으로 사업의 시행으로 인한 순현재가치를 0으로 만드는 할인율이며, 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t}$$

위 식은 n차의 다항식이기 때문에 원칙적으로는 이 식을 푸는 n개의 내부수익률이 존재할 수 있다. 그러나 실제 해의 수는 순편익 $B_t - C_t$ 의 부호가 바뀌는 횟수와 동일한데, 통상적으로 모든 종류의 정책이나 투자사업은 초기에 비용이 많이 들어 $(B_t - C_t)$ 가 음(-)이다가 후기로 갈수록 $(B_t - C_t)$ 부호가 양으로 바뀌게 됨. 이와 같이 $(B_t - C_t)$ 의 부호가 한 번만 바뀔 경우에는 유일한 내부수익률이 존재한다.

내부수익률은 위의 식과 같은 절차를 통해 사회적 할인율이 어느 정도인지에 상관없이 구해지게 되며, 구해진 내부수익률과 사회적 할인율을 비교하여 특정사업을 시행할 것인지 아닌지를 판단할 수도 있다(즉 유일한 내부수익률이 존재할 경우 이 내부수익률은 NPV를 0으로 만들어 주는 할인율이므로 다음과 같은 관계가 존재함).

$$IRR \geq r \rightarrow \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + IRR)^t} \geq 0$$

$$IRR < r \rightarrow \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + IRR)^t} < 0$$

따라서 내부수익률이 사회적 할인율로 선택되는 이자율보다 더 클 경우에는 사회적 경제적 측면에서 해당사업이 효율적인 사업이라고 판단할 수 있다.

4) 분석기법의 비교

비용편익분석에 널리 이용되는 편익/비용 비율법, 순현재가치법, 내부수익률법에 의해 도출되는 결과에 따른 경제적 타당성 여부는 모든 분석기법에서 동일하지 않으므로 해당 분석기법들을 모두 분석한 후 도출된 결과를 바탕으로 경제적 타당성을 판단하여야 한다.

각 분석기법별로 속성을 비교하면 표 3-6-1과 같이 구분해 볼 수 있는데, 편익/비용 비율법은 관련항목의 분류를 비용항목 혹은 편익항목으로 산정하는가에 따라 결과가 상이할 수 있는 있지만, 일반적으로 분석에 널리 이용되는 기법이며, 순현재가치법은 순편익의 흐름을 사업을 시작하는 연도의 가치로 평가하여 접근하는 방법으로 사업규모에 대하여 표준화가 되어 있지 않은 경우, 사업간 비교에 유의하여야 하고, 내부수익률법은 사업의 규모에 의존하지 않는 장점은 있지만 수익성이 매우 낮거나 높은 사업의 경우에는 분석되지 않는 단점이 있으므로 해당 사항들을 고려하여 분석해야 한다.

표 3-6-1. 경제적 타당성 분석기법의 비교

구 분	판단기준	장 점	단 점
편익/비용 비율 (B/C Ratio)	B/C Ratio > 1	<ul style="list-style-type: none"> • 이해 용이 • 사업규모 고려 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 상호 배타적 대안 선택의 오류발생 가능
순현재가치 (NPV)	NPV > 0	<ul style="list-style-type: none"> • 대안 선택시 명확한 기준 제시 • 타 분석에 이용가능 • 장래 발생편익의 현재가치 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 이해의 어려움 • 대안 우선순위결정시 규모의 차이로 인한 오류발생 가능
내부투자 수익률 (IRR)	IRR > r	<ul style="list-style-type: none"> • 사업상 수익성 측정 가능 • 타 대안과 비교가 용이 • 평가과정과 경과 이해가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 절대적 규모 고려치 않음 • 몇 개의 내부수익률이 동시에 도출될 가능성

(자료출처 : 한국개발연구원, 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완연구, 2004)

다. 할인율과 민감도 분석

1) 할인율 산정

비용편익분석에 있어 할인율¹⁾을 얼마로 적용할 것인가는 분석의 결과에 영향을 미칠 정도로 중요한 이슈이다. 할인율을 너무 높게 산정하는 경우, 순현재가치가 작아 지므로 사회적으로 필요한 사업이 경제적 타당성은 없는 것으로 나타날 수 있고, 반면 너무 낮게 잡으면 불필요한 사업이 경제적 타당성이 있는 사업으로 평가될 수 있다.

공공투자의 기회비용과 위험도 및 사회의 시간선호 할인율 모두를 반영하는 사회적 할인율의 수준은 해당 공공사업에 따라 달라진다. 즉, 단일의 할인율로 모든 정부사업이나 특정 사업계획을 평가하는 것은 한계가 있으며, 일반적으로 할인율의 상한과 하한을 상정하여 민감도분석을 시행하여야 한다.

할인율은 크게 재무적 할인율과 사회적 할인율으로 구분해 볼 수 있으며, 전자는 영리를 추구하는 민간기업이 투자대안의 경제적 타당성을 판단하는데 이용하는 것이며, 후자는 공공부문 투자사업의 경제적 타당성을 분석하는데 사용 된다. 재무적

1) 할인율(rate of discount)은 미래시점에서 발생하는 비용과 편익을 현재시점의 가치로 환산하는 데 이용 되는 계수를 의미함

할인율은 2011년 8월말 현재 국내 지역개발공채(3년 기준)의 일반적인 수익률인 4.53%와 한국개발연구원(KDI)의 예비타당성조사 일반지침에서 권장하는 실질 재무적 할인율인 5.5%를 이용할 수 있다. 사회적 할인율은 국내의 경우, 1999년부터 총사업비 500억 원 이상의 대형 공공투자사업에 대해서는 수자원부분을 제외하고는 7.5%를 적용하고 있으며, 2004년도 한국개발연구원의 '예비타당성 분석 일반지침 수정·보완연구(제4판)'에서는 공공투자사업의 할인율을 6.5%로 적용할 것을 제시하고 있고, 수산관련 연구분야에서는 8.5%(인공어초 경제적 평가)와 8.0%(전복 종묘방류사업의 경제적 효과분석)를 적용하고 있다(표 3-6-2).

표 3-6-2. 공공투자사업에 적용된 사회적 할인율 비교

국내 사례		국외 사례	
공동투자사업(1999년 이후) ^a	7.5%	미국, 캐나다, 프랑스	7.0%
인공어초 경제성 분석	8.5%	영국, 스페인	6.0%
전복 방류사업	8.0%	일본	4.0%

* 주 : a) 1999년부터 수자원부분(6.0%)을 제외한 총사업비 500억 원 이상의 대형 공공투자사업에 대해 적용하고 있으며, 2004년 KDI에서 작성한 일반지침의 수정·보완 연구에서는 6.5%를 적용할 것을 권고하고 있음.

자료 : 한국개발연구원, 전계서(pp.168~180)

류정곤 외, 인공어초 사업의 경제적 평가에 관한 연구, 해양정책연구 제15권 2호(2000),

황진욱, 울산 연안의 전복 방류사업에 대한 경제적 효과 분석, 수산해양교육연구, 제18권 3호(2006).

국외의 경우, 사회적 할인율은 고정 할인율을 사용하고 있으며, 미국과 캐나다, 프랑스는 7.0%, 영국과 스페인은 6.0%, 일본은 4.0%를 적용하고 있는데 한국에 비해 낮은 사회적 할인율 수준을 적용하고 있다.

2) 민감도분석

민감도 분석(Sensitivity Analysis)은 투자비용이나 경제성에 영향을 미칠 수 있는 할인율, 어획고, 재정지원 등 다양한 변수 등이 일정량만큼 변화하였을 경우, 그 변화에 따른 경제적 타당성 여부를 파악할 수 있는 기법으로 해당 사업의 순편익이 얼마나 할인율에 민감한지를 나타내는 정보를 제공해 줄 수 있다. 또한, 다양한 변수들의 변화에 따라 비용/편익비율, 순현재가치, 내부투자 수익률의 값들이 어떻게 변화하는 지를 살펴보는 분석기법으로 정책결정의 위험을 분산할 수 있다.

3. 실증분석모형

가. 기본모델

갯벌참굴 양식사업으로 인한 경제적 효과는 수평망식 사업을 통한 양식장 조성이 참굴자원을 증대시킬 뿐 만 아니라, 어획량 증가에 따른 양식수익의 증대와 비용 감소로 인해 양식이익이 증가할 가능성이 존재한다. 분석대상인 갯벌참굴 사업의 경제적 효과를 분석하는 방법은 다음 식과 같이, 특정기간 동안 수평망식에서 화폐로 측정할 수 있는 순양식 현금흐름을 도출하고, 해당 결과에서 시설투자·관리비용(수평망식 양식장 시설투자비와 사후관리비)을 차감하여 추정할 수 있다.

$$\text{경제적효과} = \sum_{t=1}^n (\text{순어업현금흐름} - \text{시설투자관리 비용})$$

위 식에서 순어업현금흐름(순양식이익)은 순양식 수익에서 순양식 비용을 차감하여 분석하며, 순양식 수익은 관련 갯벌참굴 양식시설의 순양식 생산량에 평균어가를 곱한 것이고, 순양식 생산량은 관련 갯벌참굴 양식시설에서 생산된 수확물량을 의미한다.

순양식 비용은 어획활동을 위해 지출되는 항목으로서 현금유출을 의미하는 종패 구입비, 인건비, 관리 선박 임차비, 시설감가상각비(중간육성시설, 중간양성가두리, 소모성자재) 등 사업관련 비용들로 구성된다. 경제적 효과를 도출하기 위해서는 조사대상 갯벌참굴 양식어장에서의 어획활동을 통해 얻어지는 편익(순양식생산량, 순

양식수익 등)과 관련 양식비용, 시설투자·관리비용 등의 자료들을 바탕으로 계량적 분석기법을 이용하여 분석한다. 경제적효과의 실증적 분석은 전술한 바와 같이, 편익/비용비율(B/C ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR)기법 등을 적용하여 추정할 수 있다.

갯벌참굴의 중간육성 종패생산 방법은 해면과 갯벌을 이용한 중간육성 방법이 있으며, 종패 2~7mm 크기에서부터 중간육성 종묘인 각고 1~3cm, 3~5cm 크기까지 중간종패로 양성하게 된다. 이 과정에서 해면에서 중간육성한 종패와 중간육성을 거치지 않고 본 양성할 경우를 구분하여 살펴볼 필요가 있는 데, 구체적으로 양성기간, 품질, 생존율(폐사율)에 대한 비교 검토를 통하여 경제성을 비교 분석할 수 있다.

나. 편익분석

1) 해면 중간육성 편익분석을 위한 기본 관리

중간육성의 경제성 분석을 위해서는 다음과 같은 조건하에서 비용 편익분석이 이루어져야 한다.

해면에서 중간육성 실험결과 각고 2~7 mm 크기에서 1~3 cm, 3~5 cm 종패크기까지 중간육성기간의 비교 결과 해면에서는 약 45일령이 소요되며, 갯벌 양성장에서는 약 90일 내외가 소요되는 것으로 조사되었다. 따라서 해면 중간육성시 양성기간의 단축효과는 1~2차년도 시범연구사업 결과 약 45~60일간 생존율을 약 10~20% 정도 높일 수 있다.

갯벌참굴의 중간육성 생존율은 해면 중간육성의 경우 고수온기의 무노출로 수온 변화가 적고, 먹이 섭식기회가 많을 뿐만 아니라 무노출 환경에서 육성함으로써 간조시 노출되는 갯벌 양성장에서의 중간육성보다 중간육성 기간을 약 45일 정도 단축시키는 효과가 있을 뿐만 아니라 생존율도 약 10% 이상 높일 수 있다.

중간종패의 품질 향상과 성장을 촉진시키기 위해서는 해면이나 갯벌에서와 마찬가지로 종패가 성장함에 따라 주 1회 정도 크기별로 선별작업을 실시하여야 하며, 크기별로 선별작업을 하지 않을 경우에는 채룽 안에서 개체의 성장차이가 커지면서 기형패 발생이 증가하게 된다. 갯벌참굴의 품질향상을 위해 주 1회씩 종패를 크기별로 선별시에는 상품의 균일정도가 약 60%, 2주일 1회 선별작업시 50%, 3주일 1회 선별시에는 40% 내외로 나타나 중간종패의 크기별 선별작업 관리는 중간종패의 상품성 및 생존율 향상에 절대적 영향을 미치기 때문에 적정 시기의 중간육성 종패의

선별 관리작업이 필수적이다.

갯벌 및 해면에서 중간육성시 본양성 종묘의 입식 크기는 갯벌참굴 양성장의 환경 조건에 따라 다르며, 고수온기인 8~9월에 수온이 27℃ 이상 상승하지 않고 탁도가 40mg/l 이하로 유지되며, 해적생물(따개비, 자연산 굴 종패, 진주 담치)등이 부착하지 않은 조건하에서는 각고 2~7mm 크기의 종패를 입식하여도 생존율이 50% 내외에 이르고, 약 90일 기간 동안 각고 3~5 cm로 성장하여 중간육성 종패 크기에 도달한다.

또한, 중간육성시 종패의 입식 크기에 따라 본양성장의 환경 조건이 고수온기인 8~9월에 수온이 32℃ 이상 상승하고, 탁도가 40mg/l 이상의 기간이 15일 이상 높게 유지되는 양성장과 양성망에 해적생물(따개비, 자연산 굴 종패, 진주 담치)등이 상습적으로 부착하는 양성장 조건에서는 각고 2~7mm 크기의 종패를 본 양성 종패로 입식하여도 생존율이 20% 내외, 성장기간은 90일 이상이 소요되고, 부착생물 제거와 망갈이 등의 작업관리 비용이 많이 든다. 갯벌 본양성 및 해면 중간육성에 의한 생산량 분석결과는 다음과 같다.

해면 중간육성의 종묘 입식량은 각고 2~7mm를 기준으로 연간 4회(1~3 cm)와 3회(3~5 cm)의 입식이 이루어지고 있다. 중간육성종패(1~3 cm)의 경우 1회 입식에 147만 개체가 입식되어 연간 약 588만개체(147만개체 X 4회)가 입식된다. 중간육성종패(3~5 cm)는 1회에 약 80만개체가 입식되어 연간 240만개체(80만개체 X 3회)가 입식되고 있다. 입식된 종패들의 1회차 생산주기는 모두 45일 정도이며, 양성과정을 통하여 중간육성 단계까지 생존하는 종묘는 입식량 대비 약 60%의 생존율을 보인다.

해면에서 중간육성을 거치지 않고 갯벌에서 본양성할 경우에는 각고 2~7mm인 유패를 1회에 144만개체씩 2회 입식하여 연간 288만개체를 입식한다. 양성과정을 거친 중간육성 종패(3~5 cm)는 약 144만개체를 생산하여 50%의 생존율을 보여주고 있으며, 1회차 생산주기는 90일정도 된다(표 3-6-3.).

표 3-6-3. 해면 중간육성식과 갯벌 본양성식 중간육성 종패생산량 비교

구 분	해면 중간육성종패 (1~3cm)	해면 중간육성종패 (3~5cm)	갯벌 본양성 중간육성 종패 (3~5cm)
종묘규격(각고)	2~7mm	2~7mm	2~7mm
종 묘 입식량(개)	5,880,000	2,400,000	2,880,000
생 존 율(%)	60	60	50
양식생산량(개)	3,528,000	1,440,000	1,440,000

자료: 한국수산증양식기술사협회, 2012

2) 수익분석

순양식 수익은 갯벌 본양성과 해면 중간육성의 생산량 증대에 따라 발생하며, 갯벌 본양성과 해면 중간육성 양식시설을 통하여 생산된 순양식생산량(수확물량)에 평균어가를 곱하여 계산한다. 참굴의 중간육성 판매가격은 중량별 가격기준으로 평균 각고 1~3 cm는 60원, 3~5 cm는 100원으로 산정하였다.

해면 중간육성으로 생산된 각고 1~3 cm 크기의 중간육성 종패 수익은 2억1,168만원으로 나타났으며, 각고 3~5 cm의 해면과 갯벌 본양성을 통한 중간육성 종패는 1억4,400만원으로 동일하게 나타났다(표 3-6-4).

표 3-6-4. 해면 중간육성식과 갯벌 본양성식 중간육성 종패판매 수익비교

구 분		양식생산 개체수	가격(원)	순양식 수익(원)
해면 중간육성	1~3cm	3,528,000	60	211,680,000
	3~5cm	1,440,000	100	144,000,000
갯벌 본양성	3~5cm	1,440,000	100	144,000,000

자료: 한국수산증양식기술사협회, 2012

다. 비용분석

1) 비용구성

참굴을 생산하기 위한 해면 중간육성 양식과 갯벌 본양성에서 지출되는 중간육성과 관련된 비용은 '양식비용'과 중간육성장 시설 설치에 따른 '생산시설비용'으로 구분해 볼 수 있다. 양식비용은 종패구입비, 인건비, 시설감가상각비 등으로 구성된다.

생산시설 비용은 해면 중간육성의 경우 중간육성시설비, 중간육성 양성기, 관리선 박입차, 선별기, 고압청소기 등으로 구성되며, 갯벌 본 양성은 수평망식 양식세트, 양성망, 종패망, 경운기 임차, 육상 운반임차 등으로 이루어져 있다.

양식비용은 해면 중간육성 각고 1~3 cm에서 가장 많은 1억6,335만원의 지출이 발생하였으며, 해면 중간육성 각고 3~5 cm는 8,498만원, 갯벌 본양성 각고 3~5 cm는 9,695만원의 비용이 발생하였다. 모든 중간육성에서 종패구입비가 가장 많은 부분을 차지하는 것으로 나타났으며, 해면 중간육성 각고 1~3 cm의 종패구입비는 1억1,760만원, 갯벌 본양성 각고 3~5 cm는 5,760만원, 해면 중간육성 각고 3~5 cm는 4,800만원

으로 각각 나타냈다(표 3-6-5).

표 3-6-5. 해면 중간육성과 갯벌 본양성 중간육성 양식비용 비교

구 분	금액(원)		
	해면 중간육성 (1~3 cm)	해면 중간육성 (3~5 cm)	갯벌 본양성 (3~5 cm)
종패구입비	117,600,000	48,000,000	57,600,000
인건비	35,078,400	26,308,800	25,930,800
시설감가상각비	10,666,667	10,666,667	13,420,480
합 계	163,345,067	84,975,467	96,951,280

자료: 한국수산증양식기술사협회, 2012

2) 해면 중간육성장 생산시설 비용

해면 중간육성장 생산시설에 소요되는 비용은 표 3-6-6과 같으며, 1식(시설규모 : 7.3 × 35m)에 약 1억3,912만원(각고 3~5cm)과 1억3,812만원(각고 1~3cm)의 비용이 소요된다. 중간육성 양성기는 동일하게 5,600만원이 지출되며, 그 외 관리선박임차, 선별기, 고압청소기 등에 비용이 지불된다(표 3-6-6).

표 3-6-6. 해면 중간육성장 생산시설 비용

구 분	규 격	수 량	단가(원)	해면 중간육성 (3~5cm)(원)	해면 중간육성 (1~3cm)(원)
중간육성시설	7.3m(W) x 35m(L)	1	80,000,000	80,000,000	80,000,000
중간육성 양성기	0.6m(W) x 1.8m(L) x 0.5m(D)	80	700,000	56,000,000	56,000,000
관리선박임차	3톤	5*	300,000	1,500,000	500,000
선별기	대	12	35,000	420,000	420,000
고압청소기	대	1	1,200,000	1,200,000	1,200,000
합 계				139,120,000	138,120,000

*주 : 해면 중간육성(1~3cm)의 경우 관리선박 임대 1척

자료: 한국수산증양식기술사협회, 2012

3) 갯벌 본양성 중간육성장 생산시설 비용

갯벌 본양성 중간육성장 생산시설에 소요되는 비용은 1억8,222만원이며, 구체적인 내용은 표 3-6-7와 같다. 구성항목 중 수평망식 양식세트에서 가장 많은 비용인 1억6,502만원이 지출되며, 그 외 양성망, 종패망, 경운기, 육상운반차 임차에 소요된다 (표 3-6-7).

표 3-6-7. 갯벌 본양성 중간육성장 생산시설비용

구 분	규 격	수 량	단가(원)	금액(원)
수평망식양식세트	1.1 x 1.0 x 0.7m	480	343,790	165,019,200
양성망	50cm x 106cm	2,880	3,700	10,656,000
종패망	45cm x 45cm	960	1,500	1,440,000
경운기임차	대	14	150,000	2,100,000
육상운반차	대	12	250,000	3,000,000
합 계				182,215,200

자료: 한국수산증양식기술사협회, 2012

라. 이익분석

해면 중간육성을 통하거나 갯벌 본양성 중간육성장 과정을 통해 얻어지는 갯벌참굴의 순이익은 순양식 수익에서 순양식 비용, 시설투자비 등을 차감하여 분석하지만, 경제성 분석 부분에서 시설투자비 전체에 대한 분석이 이루어지므로 이익분석에서는 양식비용만을 고려한 경우의 편익을 추정하였다. 따라서, 중간육성장에서 생산되는 참굴의 순이익(=순수익 - 순양식 비용)은 해면 중간육성에서 각고 3~5 cm가 5,902만원으로 가장 높게 분석되었으며, 그 다음으로 해면 중간육성 각고 1~3 cm가 4,835만원으로 나타났다. 갯벌 본양성 중간육성에서 각고 3~5 cm는 4,705만원으로 이익률이 가장 낮았다(표 3-6-8).

또한, 해면 중간육성을 하는 경우와 하지 않는 경우(갯벌 본양성)의 중간육성을 통한 순이익을 비교하여 보면, 각고 3~5 cm인 중간육성 종패가 144만개체이고 가격 100원을 기준으로 할 때, 해면 중간육성을 통하면 순이익이 5,902만원으로 나타나고, 갯벌 본양성은 4,705만원으로 해면 중간육성 양식을 적용하면 그렇지 않은 경우에 비해 약 1.3배정도 더 많은 이익이 창출되는 것으로 분석되었다.

표 3-6-8. 수평망식 중간육성 양식의 순양식 이익

구 분	금액(원)		
	해면 중간육성(1~3cm)	해면 중간육성(3~5cm)	갯벌 본양성(3~5cm)
순양식수익	211,680,000	144,000,000	144,000,000
순양식비용	163,345,067	84,975,467	96,951,280
순이익	48,334,933	59,024,533	47,048,720

갯벌참굴 중간육성 종패생산을 위해 갯벌과 해면에서 단위 시설면적 내에서 중간육성 방법에 따른 순양식 이익은 중간종패의 크기에 따라 양성밀도가 다르다. 따라서 생산원가 측면에서는 각고 1~3cm 크기까지 육성하는데 단위 양성망당 밀도, 소요기간, 생존율, 시설비, 관리인건비 등을 고려한 중간종패의 개체당 소요되는 원가도 다르게 된다. 구체적으로 해면 중간육성시 각고 1~3cm 일 경우에는 개체당 약 46원의 생산원가가 소요되며, 3~5 cm 크기는 개체당 59원, 갯벌 본양성장에서 중간육성 크기까지 소요되는 개체당 생산 원가는 67원으로 갯벌 본 양성장에서 중간육성하는 것보다 해면에서 중간육성 하는 것이 생산원가가 낮은 것으로 분석되었다.

또한, 해면 중간육성과 갯벌 양성장에서 중간육성을 거치지 않고 중간육성 종패 크기의 종묘를 생산하는데 소요되는 시설비, 관리를 위한 인건비 등은 유사하나 갯벌 본 양성장에서 중간 육성종패까지 생산기간이 약 90일로 해면(45일)에 비해 중간육성기간이 2배 정도 더 소요되고, 중간육성 생산횟수에 있어서도 갯벌 본양성을 통한 참굴생산은 육상종묘장에서 2~7mm 크기의 종패가 6~9월까지만 제한적으로 생산되지만 해면 중간육성은 연중 생산이 가능하여 생산원가를 절감시킬 수 있는 것으로 나타났다.

마. 경제성 분석 가정

참굴의 해면 중간육성 양식과 해면 중간육성을 거치지 않은 갯벌 본 양성 중간육성과의 경제적 타당성을 분석하기 위해서는 기본 가정이 필요하다. 본 연구에서는 해면 중간육성의 양식시설 1set는 '7.3m(W)×35m(L)'를 기준으로 중간육성 양성기(0.6m(W)×1.8m(L)×0.5m(D)) 80개, 관리선박 임차 3톤(1대: 각고 1~3cm, 5대: 각고 3~5cm), 선별기 12대, 고압청소기 1대 등을 분석대상으로 하였다. 갯벌 본양성은 수평망 양식(1.1×1.0×0.7m) 480개와 양성망(50cm×106cm) 2,880개, 종패망(50cm×106

cm) 960개, 경운기 임차 14대, 육상운반차 12대 등의 시설규모를 바탕으로 분석되었다(표 3-6-9).

경제성 분석을 위하여 순편익과 순양식 비용, 시설투자비 등이 분석에 이용되었으며, 분석기간은 해면 중간육성장 설치 후 소모성 자재의 교체시기인 5년과 중간육성장 양성기 교체기간인 7년까지를 기준으로 정하였다. 할인율은 세 가지 유형(4.5%, 6.5%, 8.5%)을 이용하였으며, 분석에 사용된 할인율 중 4.5%는 국공채수익률을 3년 평균한 값이며, 6.5%는 일반 공공투자사업의 경제성 분석에 주로 이용되는 값이고, 8.5%는 이전 연구 중 수산자원조성 사업분야의 경제성 평가에 사용된 할인율이다.

표 3-6-9. 경제성분석을 위한 기본 가정

항 목		내 역
시설투자 구성	해면 중간육성(1~3cm)	1Set=7.3m(W) X 35m(L)
	해면 중간육성(3~5cm)	1Set=7.3m(W) X 35m(L)
	갯벌 본양성(3~5cm)	수평망식양식세트, 양성망, 종패망 등
시설 투자비	해면 중간육성(1~3cm)	138,120,000원
	해면 중간육성(3~5cm)	139,120,000원
	갯벌 본양성(3~5cm)	182,215,200원
분석기간		5년, 7년
할인율		4.5%, 6.5%, 8.5%
분석기법		B/C비율, 순현재가치, 내부수익률

구체적인 경제성 분석은 중간육성 유형별 참굴의 순양식이익(=순양식 수익 - 순양식 비용)을 이용하여 갯벌 본양성장에서의 중간육성과 해면 중간육성 양식장 설치 후 5년, 7년 까지의 항목별 현재가치와 누계를 분석한 후, 시설투자비와 관련 비용을 적용하여 계산하였다. 중간육성 종패가격(어가)은 2011~2012년 평균가격을 이용하였으며, 2013년부터는 실질가격 상승률을 적용하여 편익을 추정하였고, 인건비는 실질인건비 증감률을 적용하여 분석하였다. 실질가격 상승률은 “(1+가격상승률)÷(1+생산자물가증감률)-1”로 계산하여 분석하였으며, 가격상승률은 5%, 생산자 물가 증가율은 4.4%(2011년 기준), 인건비는 양식경영조사 보고(수협)의 추이를 이용하였는데, 실질인건비 증감율은 4.8%를 사용하였다.

4. 시나리오별 민감도 분석

가. 시나리오별 가정

해면 중간육성을 통한 양식방법(각고 1~3cm와 3~5cm)에 적용한 시나리오는 세 가지로 구성되어 있으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

- '시나리오 1' : 할인율 4.5%를 적용하며, 해당 수치는 국공채 수익률을 3년 평균한 값이다.
- '시나리오 2' : 할인율 6.5%를 사용하는 것으로 해당 수치는 2004년도 한국개발연구원의 '예비타당성 분석 일반지침 수정·보완연구(제4판)'에서 공공투자 사업의 할인율을 산정할 때 적용할 것을 제시한 값이다.
- '시나리오 3' : 할인율 8.5%를 이용하여 분석하는 것으로 해당 수치는 이전 연구 중 수산자원조성 사업분야의 경제성 평가에 이용된 값이다.

1) 시나리오 1 분석결과

할인율 4.5%를 이용하고, 시설규모 당 발생하는 직접 순이익과 편익의 현재가치, 비용의 현재가치, 시설투자 관련 비용 등을 이용하여 분석기간 5년과 7년에 적용하여 분석하였다. 분석결과를 살펴보면 해면 중간육성(각고 1~3cm) 종패의 경우, 현재가치 누계는 2억4,799만원(5년 기준)과 3억2,370만원(7년 기준)으로 나타났으며, B/C 비율은 1.80(5년 기준)과 2.34(7년 기준)으로 분석되었다. 순현재가치(NPV)는 1억987만원(5년 기준)과 1억8,558만원(7년 기준)으로 나타났고, 내부수익률(IRR)은 30.47%(5년 기준)과 36.29%(7년 기준)로 분석되어 모두 경제성이 있는 것으로 나타났다. 투입된 비용을 회수하는데 걸리는 기간은 약 3년으로 분석되었다(표 3-6-10.).

해면 중간육성(각고 3~5cm) 종패의 경우는 현재가치 누계 3억404만원(5년 기준)과 4억606만원(7년 기준)으로 분석되었으며, B/C비율은 2.19(5년 기준)과 2.92(7년 기준)으로 분석되었다. 순현재가치(NPV)는 1억6,492만원(5년 기준)과 2억6,694만원(7년 기준)으로 도출되었고, 내부수익률(IRR)은 40.97%(5년 기준)과 46.40%(7년 기준)로 분석되어 모두 경제성이 있는 것으로 나타났다. 투입된 비용을 회수하는데 걸리는 기간은 약 3년으로 분석되었다(표 3-6-10, 3-6-11.).

표 3-6-10. 해면 중간육성장(1~3cm)의 경제성 분석결과(할인율 4.5%적용)

연도	직접 순편익	직접 순비용	직접 순이익	순현재가치	순현재가치 누계
	(a)	(b)	(c=a-b)	(원)	(원)
2012	211,680,000	152,678,400	59,001,600	56,460,861	56,460,861
2013	212,896,552	153,421,206	59,475,346	54,463,356	110,924,217
2014	214,120,095	158,692,415	55,427,680	48,571,088	159,495,305
2015	215,350,670	159,469,269	55,881,401	46,859,983	206,355,288
2016	216,588,318	164,706,942	51,881,376	41,632,265	247,987,553
2017	217,833,078	165,517,846	52,315,233	40,172,644	288,160,197
2018	219,084,993	170,721,982	48,363,010	35,538,516	323,698,713

표 3-6-11. 해면 중간육성장(3~5 cm)의 경제성 분석결과(할인율 4.5%적용)

연도	직접 순편익	직접 순비용	직접 순이익	순현재가치	순현재가치 누계
	(a)	(b)	(c=a-b)	(원)	(원)
2012	144,000,000	74,308,800	69,691,200	66,690,144	66,690,144
2013	144,827,586	74,634,870	70,192,717	64,277,573	130,967,716
2014	145,659,929	76,809,311	68,850,618	60,333,562	191,301,279
2015	146,497,055	77,149,366	69,347,689	58,152,291	249,453,570
2016	147,338,992	79,310,206	68,028,786	54,589,770	304,043,340
2017	148,185,768	79,664,246	68,521,521	52,617,384	356,660,724
2018	149,037,410	81,811,487	67,225,923	49,399,521	406,060,246

2) 시나리오 2 분석결과

할인율 6.5%를 이용하고, 시설규모 당 발생하는 직접 순이익과 편익의 현재가치, 비용의 현재가치, 시설투자 관련 비용 등을 이용하여 분석기간 5년과 7년에 적용하여 분석하였다. 분석결과를 살펴보면 해면 중간육성(각고 1~3cm) 종패의 경우, 현재가치 누계는 2억3,502만원(5년 기준)과 3억200만원(7년 기준)으로 나타났으며, B/C 비율은 1.70(5년 기준)과 2.19(7년 기준)으로 분석되었으며, 순현재가치(NPV)는 9,691만원(5년 기준)과 1억6,388만원(7년 기준)으로 나타났고, 내부수익률(IRR)은 30.47%(5

년 기준)과 36.29%(7년 기준)로 분석되어 모두 경제성이 있는 것으로 나타났다. 투입된 비용을 회수하는데 걸리는 기간은 약 3년으로 분석되었다(표 3-6-12).

해면 중간육성(각고 3~5 cm) 종패의 경우는 현재가치 누계 2억8,788만원(5년 기준)과 3억7,810만원(7년 기준)으로 분석되었으며, B/C 비율은 2.07(5년 기준)과 2.72(7년 기준)으로 분석되었다. 순현재가치(NPV)는 1억4,876만원(5년 기준)과 2억3,898만원(7년 기준)으로 도출되었고, 내부수익률(IRR)은 40.97%(5년 기준)과 46.40%(7년 기준)로 분석되어 모두 경제성이 있는 것으로 나타났다. 투입된 비용을 회수하는데 걸리는 기간은 약 3년으로 분석되었다(표 3-6-13).

표 3-6-12. 해면 중간육성장(1~3cm)의 경제성 분석결과(할인율 6.5%적용)

연도	직접 순편익	직접 순비용	직접 순이익	순현재가치	순현재가치 누계
	(a)	(b)	(c=a-b)	(원)	(원)
2012	211,680,000	152,678,400	59,001,600	55,400,563	55,400,563
2013	212,896,552	153,421,206	59,475,346	52,436,991	107,837,554
2014	214,120,095	158,692,415	55,427,680	45,885,755	153,723,309
2015	215,350,670	159,469,269	55,881,401	43,437,903	197,161,213
2016	216,588,318	164,706,942	51,881,376	37,867,222	235,028,435
2017	217,833,078	165,517,846	52,315,233	35,853,414	270,881,849
2018	219,084,993	170,721,982	48,363,010	31,121,898	302,003,747

표 3-6-13. 해면 중간육성장(3~5cm)의 경제성 분석결과(할인율 6.5%적용)

연도	직접 순편익	직접 순비용	직접 순이익	순현재가치	순현재가치 누계
	(a)	(b)	(c=a-b)	(원)	(원)
2012	144,000,000	74,308,800	69,691,200	65,437,746	65,437,746
2013	144,827,586	74,634,870	70,192,717	61,886,060	127,323,807
2014	145,659,929	76,809,311	68,850,618	56,997,921	184,321,728
2015	146,497,055	77,149,366	69,347,689	53,905,560	238,227,288
2016	147,338,992	9,310,206	68,028,786	49,652,907	287,880,195
2017	148,185,768	79,664,246	68,521,521	46,960,136	334,840,331
2018	149,037,410	81,811,487	67,225,923	43,260,299	378,100,630

3) 시나리오 3 분석결과

할인율 8.5%를 이용하고, 시설규모 당 발생하는 직접 순이익과 편익의 현재가치, 비용의 현재가치, 시설투자 관련 비용 등을 이용하여 분석기간 5년과 7년에 적용하여 분석하였다. 분석결과를 살펴보면 해면 중간육성(각고 1~3 cm) 종패의 경우, 현재가치 누계는 2억2,312만원(5년 기준)과 2억8,251만원(7년 기준)으로 나타났으며, B/C 비율은 1.62(5년 기준)과 2.05(7년 기준)로 분석되었으며, 순현재가치(NPV)는 8,500만원(5년기준)과 1억4,439만원(7년기준)으로 나타났다. 내부수익률(IRR)은 30.47%(5년 기준)과 36.29%(7년 기준)로 분석되어 모두 경제성이 있는 것으로 나타났다. 투입된 비용을 회수하는데 걸리는 기간은 약 3년으로 분석되었다(표 3-6-14).

해면 중간육성(각고 3~5 cm) 종패의 경우는 현재가치 누계 2억7,304만원(5년기준)과 3억5,302만원(7년기준)으로 분석되었으며, B/C비율은 1.96(5년기준)과 2.54(7년기준)으로 분석되었으며, 순현재가치(NPV)는 1억3,392만원(5년기준)과 2억1,390만원(7년기준)으로 나타났고, 내부수익률(IRR)은 40.97%(5년 기준)과 46.40%(7년 기준)로 분석되어 모두 경제성이 있는 것으로 나타났다. 투입된 비용을 회수하는데 걸리는 기간은 약 3년으로 분석되었다(표 3-6-15).

표 3-6-14. 해면 중간육성장(1~3cm)의 경제성 분석결과(할인율 8.5%적용)

연도	직접 순편익	직접 순비용	직접 순이익	순현재가치	순현재가치 누계
	(a)	(b)	(c=a-b)	(원)	(원)
2012	211,680,000	152,678,400	59,001,600	54,379,355	54,379,355
2013	212,896,552	153,421,206	59,475,346	50,521,647	104,901,002
2014	214,120,095	158,692,415	55,427,680	43,394,780	148,295,782
2015	215,350,670	159,469,269	55,881,401	40,322,582	188,618,364
2016	216,588,318	164,706,942	51,881,376	34,503,472	223,121,836
2017	217,833,078	165,517,846	52,315,233	32,066,365	255,188,201
2018	219,084,993	170,721,982	48,363,010	27,321,539	282,509,740

표 3-6-15. 해면 중간육성장(3~5cm)의 경제성 분석결과(할인율 8.5%적용)

연도	직접 순편익	직접 순비용	직접 순이익	순현재가치	순현재가치 누계
	(a)	(b)	(c=a-b)	(원)	(원)
2012	144,000,000	74,308,800	69,691,200	64,231,521	64,231,521
2013	144,827,586	74,634,870	70,192,717	59,625,574	123,857,095
2014	145,659,929	76,809,311	68,850,618	53,903,706	177,760,801
2015	146,497,055	77,149,366	69,347,689	50,039,509	227,800,310
2016	147,338,992	79,310,206	68,028,786	45,242,233	273,042,543
2017	148,185,768	79,664,246	68,521,521	41,999,930	315,042,473
2018	149,037,410	81,811,487	67,225,923	37,977,695	353,020,168

나. 민감도분석 결과 비교

비용·편익분석(Cost-Benefit Analysis)을 통하여 경제적 타당성 여부를 살펴보기 위하여 이용된 편익/비용 비율(Benefit Cost Ratio: B/C ratio), 순 현재가치(NPV)기법, 내부수익률(Internal Rate of Return: IRR)기법 등을 통한 구체적인 실증 분석결과를 비교한 내용이 표 3-6-16에 정리되어 있다.

해면 중간육성(1~3 cm)의 경우, B/C비율로 분석한 결과를 살펴보면, 모든 시나리오(4.5%, 6.5%, 8.5%)에서 5년 기준시 “1.62~1.80”, 7년 기준시 “2.05 ~ 2.34”로 나타남으로써 해당 사업이 비용에 비해 더 큰 편익을 발생시킴을 의미하기 때문에 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 순현재가치(NPV)에 대한 각 시나리오별 분석에서도 5년 기준시 “8,500만원 ~ 1억987만원”, 7년 기준시 “1억4,439만원 ~ 1억8,558만원”으로 계산되어 투자에 대한 경제성이 존재하는 것으로 나타났으며, 높은 할인율일수록 상대적으로 순현재가치가 낮아짐을 알 수 있다. 내부수익률(IRR) 분석결과도 5년 기준시 30.47%와 7년 기준 36.29%로 나타나 시나리오에서 사용한 사회적 할인율(4.5%, 6.5%, 8.5%)들 보다 모두 크게 나타나 경제성이 있는 것으로 판단되며, 투자자본에 대한 회수기간은 시나리오별로 동일하게 해면 중간육성장을 설치한 후 약 3년 정도 소요되는 것으로 분석되었다.

해면 중간육성(3~5 cm)의 경우, B/C비율로 분석한 결과를 살펴보면, 모든 시나리오(4.5%, 6.5%, 8.5%)에서 5년 기준시 “1.96~2.19”, 7년 기준시 “2.54 ~ 2.92”로 나타남으로써 해당 사업이 비용에 비해 더 큰 편익을 발생시킴을 의미하기 때문에 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 순현재가치(NPV)에 대한 각 시나리오별 분석에서도

5년 기준시 “1억3,392만원 ~ 1억6,492만원”, 7년 기준시 “2억1,390만원 ~ 2억6,694만원”으로 계산되어 투자에 대한 경제성이 존재하는 것으로 나타났으며, 높은 할인율일수록 상대적으로 순현재가치가 낮아짐을 알 수 있다. 내부수익율(IRR) 분석결과도 5년 기준시 40.97%와 7년 기준 46.40%로 나타나 시나리오에서 사용한 사회적 할인율(4.5%, 6.5%, 8.5%)들 보다 모두 크게 나타나 경제성이 있는 것으로 판단되며, 투자자본에 대한 회수기간은 시나리오별로 동일하게 해면 중간육성장을 설치한 후 약 3년 정도 소요되는 것으로 분석되었다.

표 3-6-16. 각고별·시나리오(할인율)별 해면 중간육성장의 경제적 타당성 비교

분석기법	할인율	분석결과(5년)		분석결과(7년)	
		1~3cm	3~5cm	1~3cm	3~5cm
B/C	4.5%	1.80	2.19	2.34	2.92
	6.5%	1.70	2.07	2.19	2.72
	8.5%	1.62	1.96	2.05	2.54
NPV (원)	4.5%	109,867,553	164,923,340	185,578,713	266,940,246
	6.5%	96,908,435	148,760,195	163,883,747	238,980,630
	8.5%	85,001,836	133,922,543	144,389,740	213,900,168
IRR(%)		30.47	40.97	36.29	46.40
할인회수(년)		3년	3년	3년	3년

5. 갯벌참굴 해면 중간육성 종패와 갯벌에서 중간육성을 거치지 않은 종패와의 경제성 비교 평가

가. 갯벌참굴 해면 중간육성 단위 시설 규모에 대한 경제성

- 중간종패 생산일수 : 45일
- 각고 1~3 cm 종패 중간육성
- 생산마리수 : 4,200,000개체(4회, 연간)

1) 갯벌참굴 중간종패 생산매출

품명	규격	수량(천개)	단가(원)	금액(원)	비고
중간종패생산수익	2~7mm	4,200	60	252,000,000	1회차 : 45일
소계				252,000,000	

2) 갯벌참굴 종패구입비

품명	규격	수량(천개)	단가(원)	금액(원)	비고
종패구입비	2~7mm	5,880	20	117,600,000	4회차 종패량
소계				117,600,000	

3) 중간육성 생산시설비 내역

품명	규격	수량	단가(원)	금액(원)	비고
중간육성시설	7.3(W)×35m(L)	1식	80,000,000	80,000,000	
- 재료비				(40,047,945)	
- 노무비				(22,381,699)	
- 경비				(6,280,184)	
- 일반관리비				(4,122,587)	
- 순공사원가				(72,727,273)	
중간육성 양성기	0.6(W)×1.8(L)×0.5m(D)	80	750,000	60,000,000	
관리선박 임차	3톤	1	500,000원/월	500,000	월 2회
선별기	EA	12	35,000	420,000	
고압청소기	1	1	1,200,000	1,200,000	
소계				142,120,000	

4) 관리비 내역

내역	인원	작업회수	노임단가	금액(원)	비고
종패입식작업	24	4	24인×75,600	1,814,400	
종패분망 및 선별	144	5	144인×75,600	10,886,400	
종패수확	96	4	96인×75,600	7,257,600	
관리자	200	4	200인×75,600	15,120,000	
소계	464	17		35,078,400	

주 : 7.3m(폭)×35m(길이)

5) 경제성 평가

가) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설규모에 대한 생산능력

- 갯벌참굴 해면 중간육성 가두리의 단위 시설규모 : 7.3m×35m
- 갯벌참굴 해면 중간육성 양성기의 단위 시설량 : 0.6m×1.75m×50cm 규격, 80조
- 1회차 수용능력 : 1,470,000개체, 각장 2~7mm
- 갯벌참굴 중간육성 출하 종패 크기 : 1~3cm
- 1회차 생산능력 : 1,050,000개체
- 1회차 생산기간 : 45일
- 연간 생산 회차수: 4회차
- 연간 중간종패 생산가능 마리수 : 4,200,000개체(생존율 60%)

나) 경제성

- 종패구입비 : 5,880,000개체 × 20원 = 117,600,000원
- 중간육성 종패 판매 : 4,200,000개체×60원/개체= 252,000,000원
- 인건비 : 35,078,400원
- 시설감가상각비
 - 중간육성시설 : 80,000,000원/30년 = 2,700,000원/년
 - 중간양성가두리 : 60,000,000원/7년 = 8,571,430원/년
 - 소모성자재 : 1,620,000원/5년 = 324,000원/년

다) 수익성

- 252,000,000원 - 164,273,830원= 87,726,170원
- 중간종패(1~3cm)생산원가 : 39원/개체

나. 갯벌참굴 해면 중간육성 단위 시설 규모에 대한 경제성

- 중간종패 생산일수 : 45일
- 각고 3~5cm 종패 중간육성
- 생산마리수 : 1,440,000개체(3회, 연간)

1) 갯벌참굴 중간종패 생산매출

품명	규격	수량	단가(원)	금액(원)	비고
종패생산수익	2~7mm	1,440,000	100	144,000,000	1회차 : 45일
소계				144,000,000	

2) 갯벌참굴 종패구입비

품명	규격	수량	단가(원)	금액(원)	비고
종패구입비	2~7mm	2,400,000	20	48,000,000	3회차 종패량
소계				48,000,000	

3) 생산시설비 내역

품명	규격	수량	단가(원)	금액(원)	비고
중간육성시설	7.3(W)×35m(L)	1식	80,000,000	80,000,000	
- 재료비				(40,047,945)	
- 노무비				(22,381,699)	
- 경비				(6,280,184)	
- 일반관리비				(4,122,587)	
- 순공사원가				(72,727,273)	
중간육성 양성기	0.6(W)×1.8(L)×0.5m(D)	80	700,000	56,000,000	
관리선박 임차	3톤	5	300,000원/월	1,500,000	5회
선별기	EA	12	35,000	420,000	
고압청소기	1	1	1,200,000	1,200,000	
소계				187,120,000	

4) 관리비 내역

내역	인원	작업회수	노임단가	금액(원)	비고
종패입식작업	18	3	18인×75,600	1,360,800	
종패분망 및 선별	108	3	108인×75,600	8,164,800	
종패수확	72	3	72인×75,600	5,443,200	
관리자	150	3	150인×75,600	11,340,000	
소계	348	12		26,308,800	

주 : 7.3m(폭)×35m(길이)

5) 경제성 평가

가) 갯벌참굴 해면 중간육성 시설규모에 대한 생산능력

- 갯벌참굴 해면 중간육성 가두리의 단위 시설규모 : 7.3 × 35m
- 갯벌참굴 해면 중간육성 양성기의 단위 시설량 : 0.6m×1.75m×50cm 규격, 80조
- 1회 수용능력 : 800,000개체, 각고 2~7mm
- 갯벌참굴 해면 중간육성 출하 종패 크기 : 3~5cm
- 1회 생산능력 : 480,000개체
- 1회 생산기간 : 45일
- 연간 생산 회차수 : 3회
- 연간 중간종패 생산가능 개체수 : 1,440,000개체(생존율 60%)

나) 경제성

- 종패구입비 : 2,400,000개체 × 20원 = 48,000,000원
- 중간육성종패 판매 : 1,440,000개체×100원/개체= 144,000,000원
- 인건비 : 26,308,800원
- 시설감가상각비
 - 중간육성시설 : 80,000,000원/30년 = 2,700,000원/년
 - 중간양성가두리 : 56,000,000원/7년 = 8,000,000원/년
 - 기타 자재 : 1,620,000원/5년 = 324,000원/년

다) 수익성

- 144,000,000원 - 85,332,800원= 58,667,200원
- 중간종패 생산원가 : 59원/개체

다. 갯벌에서 중간육성을 거치지 않은 종패의 경제성 평가

- 중간종패 생산일수 : 90일
- 각고 3~5cm 종패 중간육성
- 생산마리수 : 1,440,000개체(2회, 연간)

1) 갯벌참굴 중간종패 생산매출

품명	규격	수량	단가(원)	금액(원)	비고
중간종패 생산수익	2~7mm	1,440,000	100	144,000,000	1회차 : 90일
소 계				182,215,200	

2) 갯벌참굴 종패구입비

품명	규격	수량	단가(원)	금액(원)	비고
종패구입비	2~7mm	2880000	20	57,600,000	2회차 종패량
소 계				182,215,200	

3) 생산시설비 내역

품명	규격	수량 (세트)	단가(원)	금액(원)	비고
수평망식양식세트	1.1×1.0×0.7 m	480	343,790	165,019,200	
- 제작 및 시설인건 비				(56,106,528)	34%
양 성 망	50cm×106cm	2,880	3,700	10,656,000	
종패망	45×45cm	960	1,500	1,440,000	
경운기임차	대	14	150,000원/일	2,100,000	2대/회×8 회
육상운반	대	12	250,000	3,000,000	
소 계				182,215,200	

4) 중간육성 관리비 내역

내역	인원	작업회수	노임단가	금액(원)	비고
종패입망, 입식작업	9	2	9인×75,600	680,400	0~7일령
종패채취, 입망, 입식작업	17	2	17인×75,600	1,285,200	8~15일령
“	25	2	25인×75,600	1,890,000	16~23일령
“	44	2	44인×75,600	3,326,400	24~39일령
“	76	2	76인×75,600	5,745,600	40~55일령
“	96	2	96인×75,600	7,257,600	56~71일령
“	76	2	76인×75,600	5,745,600	72~90일령
소계	343	14		25,930,800	

주 : 7.3m(폭)×35m(길이)

5) 경제성 평가

가) 종패에서 본 양성을 통한 중간종패 크기의 생산능력

- 시설량 : 갯벌참굴 수평망식 양식시설 480세트(규격 : 1.1m×3.0m×0.7m)
- 양성방법 : 종패망 960개, 양성망 2,880개(규격 : 50cm×106cm)
- 1회차 종패수용능력 : 2,880,000개체, 각고 2~7mm
- 갯벌참굴 중간육성 종패크기 : 각고 3~5cm
- 1회차 생산능력 : 720,000개체
- 1회차 생산기간 : 90일
- 연간 생산가능 회차수 : 2회
- 연간 중간종패 생산가능 개체수 : 1,440,000개체(생존율 50%)

나) 경제성

- 종패구입비 : 2,880,000개체 × 20원 = 57,600,000원
- 중간육성 종패 판매 : 1,440,000개체×100원/개체= 144,000,000원
- 인건비 : 25,930,800원
- 시설감가상각비
 - 수평망식 양식시설 : 165,019,200원/15년 = 11,001,280원/년
 - 종패망 및 양성망 : 12,096,000원/5년 = 2,419,200원/년

다) 수익성

- 144,000,000원(종패판매) - 102,051,280원= 41,948,720원
- 중간종패 생산원가 : 70원/개체

라. 외국의 갯벌참굴 중간육성모델 조사 및 경제성 분석

1) 프랑스 중간육성 시스템

프랑스 지역은 대부분 노지에서 축제식 양식장을 이용한 중간육성 방법으로 중간육성 종묘를 생산하고 있다. 시설규모는 33,000m² 단위의 노지에 약 9,900m²은 콘크리트 유수형 수조시설의 양성기를 설치하여(그림 3-6-1, 3-6-2) 각고 1~2cm 중간육성 종패를 생산한다. 갯벌참굴 종패의 먹이원인 Phytoplankton, 규조류 등의 번식은 수로형 노지에서 자연적인 환경조성과 해수의 흐름을 주어 원수의 공급과 재순환 방식을 통하여 유수형태로 중간육성을 하는 시스템이다.



그림 3-6-1. 갯벌참굴 중간육성 노지시설

그림 3-6-2. 중간육성 수조시설 및 선별기

2) 주요시설내역

표 3-6-17. 중간육성 시설 규모의 주요 시설내역

품 명	규 격	수 량	단 가(원)	금 액(원)	비 고
중간육성부지	33,000m ²	1식			미계상
노지시설작업	23,100m ²	1식	150,000	1,050,000,000	
노지수조시설	9,900m ²	200기	500,000	1,500,000,000	
중간육성 양성기	∅800	4,000	120,000	480,000,000	
버티컬 펌프	식	1	70,000,000	70,000,000	
선별기	식	1	150,000,000	150,000,000	
전기료	월	6	2,000,000	12,000,000	
소 계				3,262,000,000	

표 3-6-18. 관리인원

내 역	인원(인)	작업일수(월)	노임단가(원)	금액(원)	비고
관리인건비	12	12월	12인×100,000	438,000,000	
소 계				438,000,000	

3) 개체굴 중간육성 시설규모에 대한 생산능력

- 시설규모 : 33,000m²
- 중간육성 시설의 양성가두리 시설량 : ∅800규격, 4,000개
- 1회차 종패수용 능력 : 7,280,000개체, 각고 2~5mm
- 중간육성 종패 출하 종묘 크기 : 각고 1~2cm
- 1회차 생산능력 : 5,600,000개체
- 1회차 생산기간 : 70일
- 연간 생산 회차수 : 5회차 × 5,600,000개체 = 28,000,000개체
- 연간 중간종묘 생산가능 개체수 : 28,000,000개체

4) 경제성

가) 중간육성종묘 판매수익

- 각고 1~2 cm 종패 : $28,000,000\text{개체} \times 60\text{원/개체} = 1,680,000,000\text{원}$

나) 종묘구입비 : $36,400,000\text{개체} \times 20\text{원/개체} = 728,000,000\text{원}$

다) 인건비 : 438,000,000원

라) 시설감가상각비 - 202,000,000원

- 중간육성 노지 시설비 : $1,050,000,000\text{원}/25\text{년} = 42,000,000\text{원/년}$

- 중간육성 콘크리트 시설비 : $1,500,000,000\text{원}/25\text{년} = 60,000,000\text{원/년}$

- 양성기 : $480,000,000\text{원}/7\text{년} = 68,571,429\text{원}$

- 선별기 : $150,000,000\text{원}/7\text{년} = 21,428,572\text{원}$

- 펌프 : $70,000,000\text{원}/7\text{년} = 10,000,000\text{원/년}$

5) 수익성

- $1,680,000,000\text{원(지출)} - 1,368,000,000\text{원(수익)} = 312,000,000\text{원}$

- 종패생산원가 : 48원

6. 결 론

본 연구는 갯벌참굴 해면 중간육성 사업에 대한 경제적 타당성 여부를 분석하기 위한 것이며, 분석과정을 통하여 도출된 결과들은 필요한 실증자료와 정보들을 토대로 분석되었다.

해면에서 중간육성 실험결과 각고 2~7mm 크기에서 1~3cm, 3~5cm 종패크기까지 중간육성 기간의 비교 결과 해면에서는 약 45일령이 소요 되고, 갯벌 양성장에서는 약 90일 내외가 소요되는 것으로 조사되었다. 따라서 해면 중간육성시 양성기간의 단축효과는 1~2차년도 시범연구사업 결과 45~60일간 생존율을 약 10~20% 높이는 것으로 나타났다.

해면 중간육성을 하는 경우와 하지 않는 경우(갯벌 본양성)의 중간육성을 통한 순양식이익을 비교하여 보면, 각고 3~5cm인 중간육성 종패가 144만개체이고 가격 100원을 기준으로 할 때, 해면 중간육성을 통하면 순양식이익이 5,902만원으로 도출되었고, 갯벌 본양성은 4,705만원으로 나타나, 해면 중간육성 양식을 적용하면 그렇지

않은 경우에 비해 약 1.3배가량 더 많은 이익이 창출되는 것으로 분석되었다.

갯벌참굴의 중간육성을 종패 생산을 위한 갯벌과 해면에서 단위 시설면적 내에서 중간육성 방법에 따른 순양식 이익은 중간종패의 크기에 따라서 양성밀도가 다르기 때문에 생산원가 측면에서는 각고 1~3cm 크기까지 육성하는데 단위 양성망당 밀도, 소요기간, 생존율, 시설비, 관리인건비 등을 고려한 중간종패의 개체당 소요되는 원가는 다르게 된다. 구체적으로 해면 중간육성시 각고 1~3cm 일 경우에는 개체당 약 46원의 생산원가가 소요되며, 3~5cm 크기는 개체당 59원이 소요되는 반면, 갯벌의 본 양성장에서 중간육성 크기까지 소요되는 생산원가는 개체당 67원으로 해면 중간육성장에 비해 갯벌 본양성장에서 중간육성 할 경우 중간육성 생산기간과 생산원가는 높이고, 생존율은 감소시키는 것으로 분석되었다.

또한, 해면중간 육성과 갯벌 양성장에서 중간육성을 거치지 않고 중간종패 크기의 종묘를 생산하는데 소요되는 비용은 시설비와 관리 인건비 등은 유사하나 갯벌 본 양성장에서 중간 육성종패까지의 생산기간이 약 90일로 해면에 비해 중간육성기간이 약 45일이 더 소요된다. 또한 중간육성 생산횟수에 있어서도 갯벌 본양성을 통한 참굴생산은 육상종묘장에서 각고 2~7mm 크기의 유패가 6~9월까지만 제한적으로 생산되기 때문에 2회로 한정되어 생산원가가 높은 것으로 나타났다.

비용·편익분석(Cost-Benefit Analysis)을 통하여 해면 중간육성 양식(각고 1~3cm와 3~5cm)의 경제적 타당성 여부를 살펴보기 위하여 편익/비용 비율(Benefit Cost Ratio: B/C ratio), 순현재가치(Net Present Value: NPV)기법, 내부수익률(Internal Ration of Return: IRR)기법들을 이용하였다. B/C비율로 분석한 결과를 살펴보면, 모든 시나리오(4.5%, 6.5%, 8.5%)에서 결과 수치가 '1'이상으로 나타나 비용에 비해 더 큰 편익이 발생되기 때문에 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

순현재가치(NPV)에 대한 각 시나리오별 분석에서도 모든 결과가 '0'보다 큰 수치를 도출함으로써 투자에 대한 경제성이 존재하는 것으로 나타났으며, 높은 할인율일수록 상대적으로 순현재가치가 낮아짐을 알 수 있다. 내부수익율(IRR) 분석결과도 시나리오에서 사용한 사회적 할인율(4.5%, 6.5%, 8.5%)들 보다 모두 크게 나타나 경제성이 있는 것으로 분석되었으며, 투자자본에 대한 회수기간은 대체적으로 해면 중간육성장을 설치한 후 약 3년 정도 소요되는 것으로 나타났다.

갯벌참굴 중간육성사업은 비용·편익분석을 통한 경제성 분석을 실시한 결과 모든 분석방법에서 경제적 타당성이 있는 것으로 나타나 향후 어업인 소득증대에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 평가된다. 다만, 본 분석은 주어진 자료와 조건을 바탕으로 관련 분석기법들을 이용하여 결과들을 도출하였으므로 해당 변수들에 변화가 발생하면 그 결과도 달라지게 되는 현실적인 제약성을 지니게 된다. 특히, 생산량에

영향을 미치는 다양한 환경적인 요소들의 변화는 종묘의 성장률에 영향을 미치게 되므로 이에 대한 세심한 주의가 필요할 것으로 여겨진다. 또한, 본 연구 결과들은 관련 유사 어종이나 계획수립에 있어 경제적 타당성 여부를 판단하는 데, 구체적인 정보와 관련기관의 전략수립에 필요한 이론과 분석기법들을 제공할 수 있을 것이다.

제 4 장 참 고 문 헌

제 4 장 참고문헌

- 국립수산과학원, 2008. 국립수산과학원 양식장 적지조사 요령.
- 국립수산과학원, 2010. 서해안 패류생산해역 위생조사. 2009년도 국립수산과학원 사업 보고서, 126pp
- 조창환., 김용술. 1977. 굴양식장의 미세환경에 관한 연구. Bull. Korean Fish. Soc. 10(4), 259 ~ 265
- 김동환 외, “생산·유통 통합경영체 육성방안 연구” 농식품신유통연구원, 2009.11
- 김병률 외, “농산물 포장센터 설치 및 운영방안”, 농촌경제연구원, 1995.7
- 경제산업성 무역경제협력국 농수산물 <http://www.meti.go.jp>
- 농림수산식품부, “신 성장동력 창출 민관합동 워크샵”, 2010.12
- 농림수산식품부, “수산양식산업 수출정책개발 현지실태결과보고서”, 2010.5
- 농림수산식품부, “수산물 유통 효율화를 위한 비용절감 방안 연구” 2010.12
- 농림수산식품부, “제2차 수산분야 신 성장동력 창출 워크샵, 2011.2
- 농수산물유통공사 KAMIS
- 농수산물유통공사 kati.net
- 농림수산성 통계부
- 농림수산성 『어업·양식업생산통계연보』, 2010
- 농림수산성 종합식량국 품질과 <http://www.maff.go.jp>
- 모기호, 박영제, 한경남, 김영길, 정충훈, 정의영. 2012. 한국 서해안 2개 갯벌지역 수평망식 굴, *Crassostrea gigas*의 성장과 폐사 비교 연구. Korean J. Malacol. 28(1): 45-54
- 박광서·김효진, “2008년산 굴 수급동향과 굴 양식업의 당면과제” 한국해양수산개발원
- 박영제, “참굴 수평망 각굴 양식”, 2010
- 박영제, 우리바다 신갯벌어업 전략. 『우리바다』 2011. 1+2월호 : 28~31
- 박종수, 김형철, 최우정, 이원찬, 김동명, 구준호, 박청길. 2002. 굴양식수역의 환경용량 산정 II. 거제·한산만의 환경용량. J. Korean fish. Soc. 35(4), 408 ~ 416
- 배평암, 한창희, 1998. 양식어장 환경요인이 참굴(*Crassostrea gigas*)의 성장에 미치는 영향. Journal of Aquaculture 11(3), 391~400.
- 백승호., 이주연., 이해옥., 한명수. 2008. 태안 조간대에 서식하는 참굴과 바지락의 먹이특성에 관한 연구. Korean J. Environ. Biol. 26(3) : 145 ~ 158
- 수산물품질관리법 제22조~제26조(법률 제10331호, 2010. 5. 31)
- 수산물품질관리법시행령 제38조~제43조(대통령령 제22822호, 2011. 4. 4)
- 신윤경, 허영백, 명정인, 이석. 2008. 굴, *Crassostrea gigas*의 대사율에 미치는 수온

- 및 개체크기의 영향. Korea J. Malacol. 24(3) : 261 ~267
- 어업생산통계시스템(<http://fs.fips.go.kr>)
- 오사카시중앙도매시장
- 이문옥., 권영아. 2007 해양환경이 굴 양식에 미치는 영향Ⅱ. 한국해양환경공학회
- 이정미, 박애전, 조상만, 박경대. 2008. 수하시기에 따른 참굴 인공종묘의 성장비교.
Korean J Malacol. 24(2) : 109 ~ 119
- 정우건, 조상만, 조창환, 1999. 북만의 양식 참굴, *Crassostrea gigas*의 수하시기에 따른 육중량 변화. Korean journal of Malacology 15(1), 41 ~ 47
- 정우건, 최종덕, 김용술, 조창환, 염말구. 1999. 통영 북만의 굴양식장 적정관리에 관한 연구. I. 수질 및 저질에 관하여. J. Ins. Marine Industry 12, 83 ~ 93
- 최상덕, 김성연, 양문호, 박종수, 라성주, 우찬열, 김두용, 정대신. 1999. 가막만 양식 굴의 대량폐사에 관한 연구 I. 굴 양식장 환경요인. Journal of Resarch Institute of Industrial Technology and Regional Developmenr Yosu National University, Vol. 8. 259 ~ 266
- 최옥인, 고병설, 조영조, 송재희, 권대현, 최용석, 2008. 갯벌어장 생물서식 환경연구. 2007 국립수산과학원 사업보고서. 235~261.
- 한국해양수산개발원 수산관측센터, “관측월보” 2008.12, 2010. 2,3월, 2010.12월
- 한국해양수산개발원, “해양수산동향 Vol.1232, 2006.11
- 해양수산부 고시 제 2002-122호, “생식용 생굴 대일 요령”
- 후생노동성 의약국 식품보건부 검역소업무관리실 <http://www.mhlw.go.jp>
- 후생노동성 의약국 식품보건부 기준과 <http://www.mhlw.go.jp>
- 히로시마현 농림수산통계연보
- 씨에버, “종묘, 각굴, 가공시설 생산원가”, 2010
- Andrea D., Giovanni M., Alessandra R., Lorenzo G., Paolo M. 2006. Rearing of cupped oyster (*Crassostrea gigas*) in the Middle Adriatic sea. Research supported by Region Marche, S.F.O.P Project 2000/2006 N.06MI050505
- Arnaud L., Shelagh K M., Florence G., Anne C., Serge A P. 2002. Stress-induced immune changes in the oyster *Crassostrea gigas* Developmental and Comparative Immunology 26, 1 ~ 9
- Cheny D., Suhrbier A., Middleton M., Davis A.C.J., Eudeline B., Friedman C. and Hedgecock D. Pacific Oyster Summer Mortality Disease on the U.S. West Coast : 50 Years Later.(Poster).
- Choi K S. 2008. Oyster capture-based aquaculture in the Republic of Korea. Fisheries Technical paper. No.508. 271 ~ 286
- Dégremont L., Boudry P., Ropent M., Samin J. F., Bédier E. Soletchnik P. 2010.

- Effects of age and environment on survival of summer mortality by two selected groups of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas*. *Aquaculture* 299, 44~50.
- Frederic M., Thomas B., Mark P J., Christine A M., Maggs & Marc V. 2007. Experimental assessment of oyster transfers as a vector for macroalgal introductions. *Biological Conservation* 137, 237 ~ 247
- FAO, 2011. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service- 24/06/2011
- Gustavo W C., Mark w L., Standish K A Jr., Eugene M B. 2000. A Comparative Field Study of *Crassostrea ariakensis* and *Crassostrea virginica* in Relation to Salinity in Virginia. Special Report in Applied Marine Science and Ocean Engineering No. 360
- Gangnaire B., Froiun H., Moreau K., Thomas G. H., Renault T. 2006. Effects of Temperature and Salinity on haemocytes activities of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*(Thunberg). *Fish and Shellfish Immunology* 20, 536~534.
- Gouilletquer P., Ifremer - Diection. 2009. History and Economic Consequences of Species Invasions on Atlantic coast: 'good' & 'bad' examples. Ifremer
- Global Trade Atlas. 2011. (<http://www.tradestatistics.com/gta/>)
- Jing W., Kenn C., Sine B., Ying T. 2007 The Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*)in the Isefjord, Denmark. Roskile Department of Environmental, Social and Spacial Change
- Juliette R., Michel R., Katherine C. 2007. Spatio-Temporal changes in mortality, growth and condition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* ,in NORMANDY(FRANCE) *Journal of Shellfish Research*. Vol.26, No,4 973~984
- Ludovic D., Hong H k., Lee H J., Jun J C., Park Y J., Choi K s., 2010. Hemocyte parameters of the pacific oyster *Crassostrea gigas* a year after the *Hebei Spirit* oil spill off the west coast of korea. *Helgol mar Res* 64:349~355
- Laurence M., Rose M L D., Philippe G. 2009. Alien species alert : *Crassostrea gigas* (*Pacific oyster*) ICES Cooperative Research Report No.299
- Park K I., Choi J W., Choi K S. 2003. Quantification of Reproductive Output of the Butter Clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby, 1852) Using Enzyme-Linked Immunosorbent Assay(ELISA). *Ocean and Polar Research* Vol. 25(3) : 249 ~ 256
- Patrick S., Christophe L., Katherine C. 2005. Summer Mortality of *Crassosterea gigas*(Thunberg) in relation to environmental rearing conditions. *Journal of Shellfish Research* 24(1): 197 ~ 207

Rico-Villa B., Pouvreau S., Robert R. 2009. Influence of food density and temperature on ingestion, growth and settlement of pacific oyster larvae, *Crassostrea gigas*. Aquaculture. 287 395 ~ 401

Soletchnik P., Ropert M., Mazurie J., Fleury P.G., Coz F.L. 2007. Relationships between oyster mortality patterns and environmental data from monitoring databases along the coasts of France. Aquaculture 271, 384~400.

Spencer B. E., Key D., Milican P.F., Thomas M. J. 1978. The Effects of Intertidal Exposure on The Growth and Survival of Hatchery -Reared Pacific Oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) Keep in The Trays During Their First Ongrowing Season. Aquaculture 13, 191-203.

CNC (Comité National de la Conchyliculture)

http://ec.europa.eu/food/training/index_en.htm

http://ec.europa.eu/comm/external_relations/delegations/web_en.htm

제 5 장 갯벌참굴 해면 중간육성 실시설계서

부록 1. 실시설계서 시방서

부록 2. 실시설계 설계예산서

부록 3. 해면중간육성가두리 측면도, 평면도

조사자		설계자		심사자		년월일	2011년 8월	담당		과장	
-----	--	-----	--	-----	--	-----	-------------	----	--	----	--

갯벌참굴 해면 중간육성 시설 실시설계서

사업명 : 개체굴 해면 중간육성 시범연구사업

장 소 : 충남 태안군 소원면 파도리 지선

※ 제작개요

- 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 규격 : L=15.0m, B=7.3m - 1개소
- 자재비 1식
- 시공비 1식

※ 설계금액 : 금 삼천만원정(W30,000,000)

※ 공급가액 : 금 이천칠백이십칠만이천칠백이십칠원정(W27,272,727)

설 계 설 명 서

설 계 설 명 서

가. 사 업 명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

나. 위 치 : 태안군 소원면 파도리

다. 제작 기간 : 착공일로부터 30 일간

라. 제작 개요

1 해면중간 육성가두리시설: 15M × 7.3M 1개소

마. 설계변경 조건

1) 작업의 추가, 삭제 및 변경이 있을 경우

- * 계약에 정하는 작업량의 증감, 생략, 작업의 성격, 질과 종류의 변경이 있을 때
- * 제작 일부의 고저, 선, 위치 및 치수의 변경이 있을 때
- * 제작의 완료에 필요한 추가작업을 요할때

2) 현장조건의 차이 및 물량변동에 따른 변경

- * 계약체결 이후 계약내용과 현장의 상태가 아주 다르고 현장조건이 자연적으로 인공적으로 장애를 요하는 경우와
- * 일반적인 판단상태와 아주 다른 제작 현장이 불확실할 때에 제작기간과 내용의 차액이 있을 경우에 한하여 서면으로 통고 하였을 경우

3) 제작감독관의 지시에 따라 수량명세서와 기재된 양의 증감이 있을 경우

4) 기타 아래 사항

가) 본 제작은 조사 당시 수집된 자료에 의하여 추정 설계된 것인바 조사가 불가능한 부분 및 조사후 변경된 사항에 대하여는 제작 당시 실지에 맞추어 설계변경 조치한다.

나) 제작도중 관의 방침이 바뀌었을 때

다) 당초 지정된 골재원 및 토취장의 위치, 채취량, 운반거리의 변경이 있을 때

라) 설계상 품셈적용 및 계산착오가 있을 때

마) 관급자재의 수량 인도장소 운반거리의 변동이 있을 때

바) 콘크리트 배합설계 시험치가 변동될 때

사) 공법 변경이 불가피할 때

아) 중기 적산 기준이 변동되었을 때

자) 제작기간

- * 본 제작은 착수일 부터 30 일간으로 한다.
- * 단 다음의 경우에 한하여 관의 승인을 득한후 공기를 연기할 수 있다.

- (가) 천재지변으로 인하여 작업이 불가능할 때
- (나) 시행청의 지시에 의하여 작업이 중단되었을 때
- (다) 보상 문제가 해결되지 않아 작업이 지연되었을 때
- (라) 관급자재 수급이 지연되었을 때
- (마) 기타 제작기간 연기가 불가피할 때
- (바) 강수로 인하여 작업이 지연되었을 때

바. 기타 설계도서, 표준시방서에 기재되지 않은 사항

- 1) 설계도서 미기재 사항
- 2) 표준시방서의 사항
- 3) 기타 제작완료를 위하여 명시할 사항

◆ 주요 자재 내역

자 재 명	규 격	단 위	수 량	구 분	기준 인도지	비 고
PE PIPE	315A, 15T	M	109			
PE 브라켓	315A	EA	57			
PE 사각파이프	130*50	M	420			
SUS304 볼트	M12*120mm	SET	513			

사. 제작용 장비

본 제작에 소요되는 주요 장비는 아래와 같이 설계한 바, 수급자는 감독관으로부터 승인을 받은 장비를 제작 추진에 지장이 없도록 반입하여야 한다. 단, 반입된 장비가 본 제작에 부적합하거나 감독관의 교체 요구가 있을 경우 즉각 교체하여야 한다.

장비명	규 격	동원 대수	장비명	규 격	동원 대수
크레인(트럭)	50ton	1			
기중기선	15ton	1			
발전기	25KW	1			
용착기	300mm	1			
용착기	150mm	1			

예 정 공 정 표

예 정 공 정 표

##

제작기간 : 착공일로부터

30일

공 종	보할 (%)	제 작 기 간				비 고
		10일	10일	10일		
1. 굴중간 육성 가두리 (15 x 7.3)	100.0	33.0	33.0	34.0		
소 계	100.0	33.0	33.0	34.0		
누 계	100.0	33.0	66.0	100.0		

시 방 서

설 계 예 산 서

원가계산서

사업명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

구분	산식	금액	비고
1. 재료비	직접재료비	16,662,298	[사급자재대]
	간접재료비	0	
	소계	16,662,298	
2. 노무비	직접노무비	9,237,395	
	간접노무비	9,237,395 × 0.111	[직접노무비] × 11.1% (5억미만, 6개월이하)
	소계	10,262,745	
3. 경비	산출경비	380,709	
	산재보험료	10,262,745 × 0	[노무비] × 0.0% (2천만원 이하 적용 제외)
	고용보험료	10,262,745 × 0	[노무비] × 0.00% (2천만원 이하 적용 제외)
	건강보험료	9,237,395 × 0.0000	[직접노무비] × 0.00% (공가기간 1개월 미만)
	연금보험료	9,237,395 × 0	[직접노무비] × 0.00% (공가기간 1개월 미만)
	노인장기요양보험료	0 × 0	[건강보험료] × 0.00% (공가기간 1개월 미만)
	안전관리비	25,899,693 × 0	[재료비 + 직접노무비] × 0.00% × 0.0 (4천만원이하)
	환경보전비	26,280,402 × 0.000	[재료비 + 직접노무비 + 산출경비] × 0.00% (변동요율)
	기타경비	26,925,043 × 0	[재료비 + 노무비] × 0.0% (5억미만, 6개월이하)
	소계	380,709	
4. 순공사원가		27,305,752	
5. 일반관리비	27,305,752 × 0	0	[재료비 + 노무비 + 경비] × 0.0% (5억미만)
6. 이윤	10,643,454 × 0.0000	-33,025	[노무비 + 경비 + 일반관리비] × 0.00% (5억미만)
7. 총공사원가		27,272,727	[순공사원가 + 일반관리비 + 이윤]
8. 부가가치세	27,272,727 × 0.1	2,727,273	[총공사원가] × 10.0%
9. 도급예정액		30,000,000	[총공사원가 + 부가가치세]
10. 초과사비		30,000,000	[도급예정액]

예산내역서

사업명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

공종	규격	단위	수량	합계		재료비		노무비		경비		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
순공사비					26,280,402		16,662,298		9,237,395		380,709	
해면중간육성 가두리	#REF!				26,280,402		16,662,298		9,237,395		380,709	
1)자재비					16,038,430		16,038,430		-		-	
(1)PE PIPE	315A, 15t	M	109	27,000	2,943,000	27,000	2,943,000					자재단가표
(2)PE 90°엘보	315A	EA	20	150,000	3,000,000	150,000	3,000,000					자재단가표
(3)수밀단관	315A	EA	7	5,000	35,000	5,000	35,000					자재단가표
(4)PE 브라켓	315A,2구	EA	57	100,000	5,700,000	100,000	5,700,000					자재단가표
(5)PE 논슬립 사각파이프	노랑, 130*50, 6t	M	210	9,000	1,890,000	9,000	1,890,000					자재단가표
(6)PE 논슬립 사각파이프	검정, 130*50, 6t	M	210	9,000	1,890,000	9,000	1,890,000					자재단가표
(7)볼트,너트	M12*110L	SET	453	954	432,116	954	432,116					자재단가표
(8)볼트,너트	M12*220L	SET	60	2,472	148,314	2,472	148,314					자재단가표
2) 시공비					10,241,972		623,868		9,237,395		380,709	
(1)맞이음 접합	315A	개소	49	124,075	6,079,675	8,867	434,483	109,642	5,372,458	5,566	272,734	일위 1호표
(2)맞이음 접합	130*50	개소	35	67,395	2,358,825	5,411	189,385	58,899	2,061,465	3,085	107,975	일위 2호표
(3)볼트 접합		개소	488	1,724	841,312			1,724	841,312			단산 1호표
(4)브라켓 정열	315A,2구	개소	57	16,880	962,160			16,880	962,160			단산 2호표

단 가 산 출 서

1. 적용기준

가. 자재가격

나. 시중노임단가

다. 중기 손료

가. 자재 가격

사업명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

품 명	규 격	단위	가격 정보		물 가 자 료		물 가 정 보		기 타 가 격		적용단가
			단 가	Page	단 가	Page	단 가	Page	단 가	Page	
휘 발 유	무 연	ℓ	1,415.00								1,415.00
경 유	저 유 황	ℓ	1,223.00								1,223.00
PE PIPE 일반관	315A,15t	M			61,960.00	745	61,960.00	668	27,000.00		27,000.00
PE 90도 엘보	315A	EA			205,690.00	753	155,530.00	671	150,000.00		150,000.00
PE 수밀단관	315A	EA							5,000.00		5,000.00
PE 브 라 켓	315A, 2구	EA							100,000.00		100,000.00
PE 정TEE	315A	EA			245,670.00	753					245,670.00
PE 사각파이프(검정,엠보,엠보싱)	130*50*6T	M							9,000.00		9,000.00
PE 사각파이프(노랑,엠보,엠보싱)	130*50*6T	M							9,000.00		9,000.00
STS 볼트(완육각),나이론 너트	M12*110L	조					953.90	91,94			953.90
STS 볼트(완육각),나이론 너트	M12*220L	조					2,471.90	91,94			2,471.90
STS 볼트(육각),나이론 너트	M16*75L	조					1,371.60	91,94			1,371.60
전 력		KWH			65.40	부록179	65.40	부록179			65.40

나. 시중 노임단가

사업명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

번호	직종명	단위	건설협회		기타단가	적용단가	비고
			09년하반기	10년상반기			
1	건설기계운전기사	인	96,164.00	98,693.00		98,693.00	
2	건설기계조장	인	90,525.00	94,350.00		94,350.00	
3	고급선원	인	96,864.00	80,558.00		80,558.00	
4	보통선원	인	74,567.00	80,588.00		80,588.00	
5	보통인부	인	67,909.00	68,965.00		68,965.00	
6	특별인부	인	85,320.00	84,404.00		84,404.00	
7	배관공	인	86,513.00	89,975.00		89,975.00	

다. 중기손료 목록

사업명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

공 종	단위	합 계	재료비	노무비	경 비	비 고
제 1 호표 : 크레인(타이어)[50 ton]	HR당	110,532	19,201	24,491	66,840	
제 2 호표 : 기중기선(15 ton)	HR당	104,318	21,029	67,143	16,146	
제 3 호표 : 발전기(25 kW)	HR당	29,783	6,520	20,557	2,706	
제 4 호표 : 용착기(100mm~ 150mm)	HR당	1,011			1,011	
제 5 호표 : 용착기(200mm~ 300mm)	HR당	1,387			1,387	
제 6 호표 : 예인선(60kw)	HR당	96,300	21,847	67,143	7,310	

중 기 손 료

사업명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

공 종	규 격	수 량	단위	합 계		재 료 비		노 무 비		경 비		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제 1 호표 : 크레인(타이어)[50 ton]			HR당									
경 유	저 유 황 0.05%	10.0	ℓ	1,223	12,230	1,223	12,230.0					
잡 품	주연료비의 %	57.0	%	12,230	6,971	12,230	6,971.1					
건설기계운전기사		0.20833	인	98,693	20,561			98,693	20,560.7			
건설기계조장		0.04166	인	94,350	3,931			94,350	3,930.6			
기계손료	타이어50ton	0.16710	대	400,000	66,840					400,000	66,840.0	
계					110,532		19,201		24,491		66,840	
제 2 호표 : 기중기선(15 ton)			HR당									
경 유	경 유	9.5	ℓ	1,223	11,619	1,223	11,618.5					
잡 품	주연료비의 %	81.0	%	11,618	9,411	11,618	9,410.6					
고급선원		0.41666	인	80,558	33,565			80,558	33,565.3			
보통선원		0.41666	인	80,588	33,578			80,588	33,577.8			
기계손료		0.12270	대	131,595	16,147					131,595	16,146.7	
계					104,318		21,029		67,143		16,146	
제 3 호표 : 발전기(25 kW)			HR당									
경 유	경 유	4.3	ℓ	1,223	5,259	1,223	5,258.9					
잡 품	주연료비의 %	24.0	%	5,258	1,262	5,258	1,261.9					
건설기계운전기사		0.20830	인	98,693	20,558			98,693	20,557.8			
기계손료		0.22940	대	11,800	2,707					11,800	2,706.9	
계					29,783		6,520		20,557		2,706	

중 기 손 료

사업명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

공 종	규 격	수 량	단위	합 계		재 료 비		노 무 비		경 비		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제 4 호표 : 용착기(100mm~ 150mm)			HR당									
기계손료		0.2294	대	4,410	1,012					4,410	1,011.7	
계					1,011						1,011	
제 5 호표 : 용착기(200mm~ 300mm)			HR당									
기계손료		0.2294	대	6,048	1,387					6,048	1,387.4	
계					1,387						1,387	
제 6 호표 : 예인선(60kw)			HR당									
경 유	경 유	11.6	ℓ	1,223	14,187	1,223	14,186.8					
잡 품	주연료비의 %	54.0	%	14,186	7,660	14,186	7,660.4					
고급선원		0.41666	인	80,558	33,565			80,558	33,565.3			
보통선원		0.41666	인	80,588	33,578			80,588	33,577.8			
기계손료		0.12530	대	58,341	7,310					58,341	7,310.1	
계					96,300		21,847		67,143		7,310	

2. 단가산출서

단가산출서 목록

사업명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

공 종	단위	합 계	재료비	노무비	경 비	비 고
산근 1 호표 : 볼트 접합	개소당	1,724		1,724		
산근 2 호표 : 브라켓 정렬	개소당	16,880		16,880		

단가 산출서

사업명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

공 종	산 출 근 거	단 위	합 계	재료비	노무비	경 비
산근 1 호표 : 볼트 접합		개소당	1,724		1,724.1	
	- 보통인부 1<인>이 1<시간>당 5<개소> 조립 - 1일 작업량 : 5<개소/HR일> × 8<시간/일> = 40<개소/일> - 보통인부 : 68,965<원/일> / 40<개소/일> = 1,724.12<원> 계					
산근 2 호표 : 브라켓 정렬		개소당	16,880		16,880.8	
	- 특별인부 1<인>이 1<시간>당 0.625<개소> 조립 - 1일 작업량 : 0.625<개소/HR> × 8<시간/일> = 5<개소/일> - 특별인부 : 84,404<원/일> / 5<개소/일> = 16,880.8<원> 계					

3. 일위대가

일위대가 목록

사업명 : 갯벌참굴 해면 중간육성 시설 제작 및 설치

공 종	단위	합 계	재료비	노무비	경 비	비 고
제 1 호표 : 맞이음접합밧부설(315A)	개소당	124,075	8,867	109,642	5,566	
제 2 호표 : 맞이음접합밧부설(Φ130x50)	개소당	67,395	5,411	58,899	3,085	

수 량 산 출 서

1. 자재 집계표

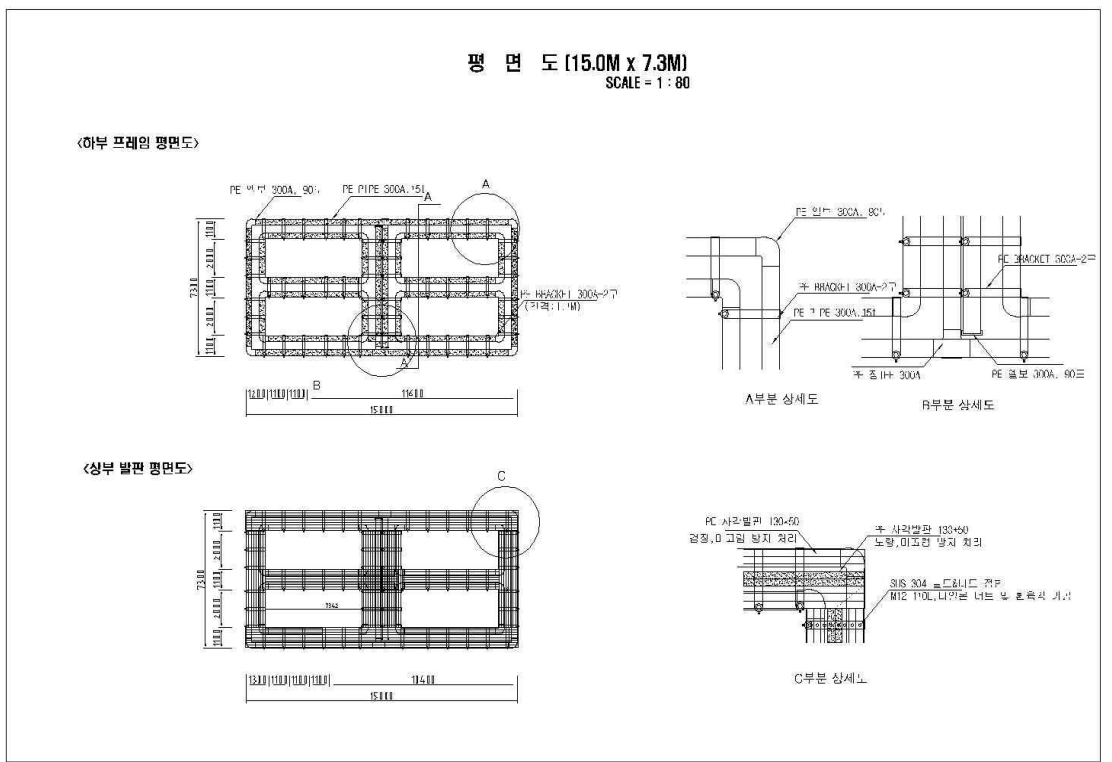
2. 수량 산출서

갯벌참굴 해면중간육성 시설 가두리 수량 집계표

공 종	규 격	단위	수 량 가두리(15M*7.3M)	비 고
1)자재비				
(1)PE PIPE	315A, 15t	M	106.00	
(2)PE 90°엘보	315A	EA	20.00	
(3)수밀단관	315A	EA	7.00	
(4)PE 브라켓	315A,2구	EA	57.00	
(5)PE 논슬립 사각파이프	노랑, 130*50, 6t	M	204.00	
(6)PE 논슬립 사각파이프	검정, 130*50, 6t	M	204.00	
(7)볼트,너트	M12*110L	SET	431.00	
(8)볼트,너트	M12*220L	SET	57.00	
2) 시공비				
(1)맞이음 접합	315A	개소	52.00	
(2)맞이음 접합	130*50	개소	46.00	
(3)볼트 접합		개소	488.00	
(4)브라켓 정열	315A,2구	개소	57.00	

공 종	산 출 근 거	수 량
-----	---------	-----

1. 중간육성시설
#REF!
(평면도)



관 사 명	공 역 위 사	목 적	공 계 일 자	도 면 명	계량번호	도면번호	대 형	일련번호

1) 자재비

(1) PE PIPE (315A, 15t)	$\{(15\langle m/Line \rangle \times 2\langle Line \rangle) + (7.3\langle m/Line \rangle \times 4\langle Line \rangle) + (3.85\langle m/Line \rangle \times 8\langle Line \rangle) + (2\langle m/Line \rangle \times 8\langle Line \rangle) =$	106.00	<M>
(2) PE 90° 엘보 (315A)	$4\langle EA \rangle \times 5\langle 개소 \rangle =$	20.00	<EA>
(3) 수밀단판 (315A)	<p>하부프레임 외측 PIPE에 설치</p> $36.6\langle m/외각 \rangle \div 6\langle m \rangle =$	7.00	<EA>
(4) PE 브라켓 (315A)	$11 \times 3\langle Line \rangle + 6\langle EA/Line \rangle \times 4\langle Line \rangle =$	57.00	<EA>
(5) PE 논슬립 사각 파이프(노랑) (130*50, 6t)	$15\langle m/Line \rangle \times 4\langle Line \rangle \times 3\langle Line/개소 \rangle + 2\langle m/Line \rangle \times 4\langle Line \rangle \times 3\langle Line/개소 \rangle =$	204.00	<M>
(6) PE 논슬립 사각 파이프(검정) (130*50, 6t)	$15\langle m/Line \rangle \times 4\langle Line \rangle \times 3\langle Line/개소 \rangle + 2\langle m/Line \rangle \times 4\langle Line \rangle \times 3\langle Line/개소 \rangle =$	204.00	<M>

공 종	산 출 근 거	수 량
(7)볼트,너트 (M12*110L)	발판과 브라켓 연결 57<EA/브라켓수량> × 7<EA/개소> + 8<EA/발판끝 보강부분> × 4<개소> =	431.00 <EA>
(8)볼트,너트 (M12*220L)	발판과 브라켓 연결(한쪽면) 57<EA/Line> × 1<EA/개소> =	57.00 <EA>

2. 중간육성시설
#REF!
(측면도)

단면도 및 측면도

<15.0M x 7.3M A-A'단면도>

<15.0M x 7.3 측면도>

구 사 명		공 역 명 사		종 류	설 계 일 자	도 면 명	계 획 번호	도면번호	태 종	일련번호
					21. 06.	중간육성시설				

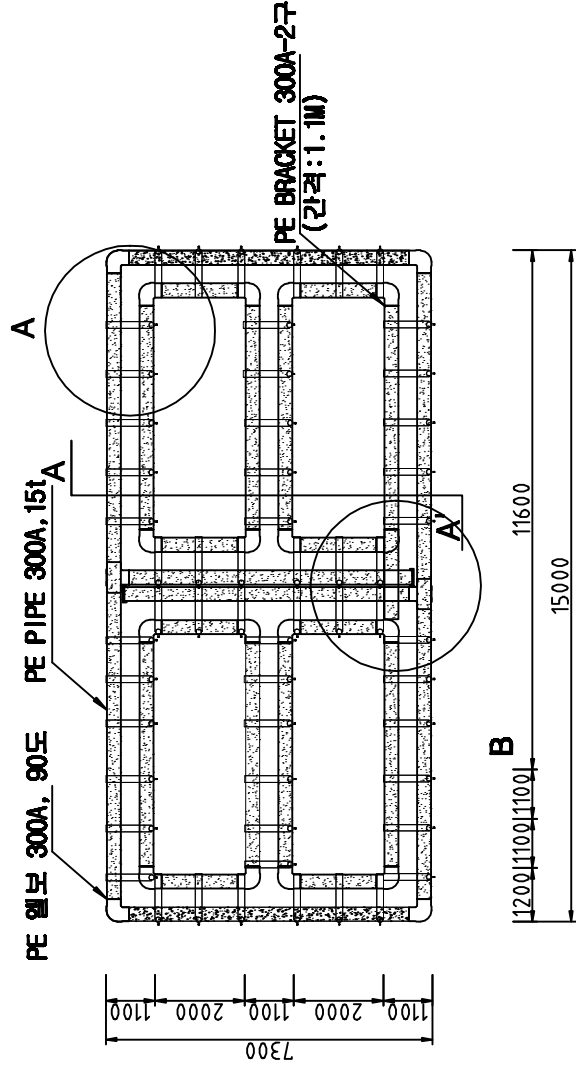
2) 시공비		
(1)맞이음 접합 (315A)	① PIPE 접합 $106<m> / 9<개소/m> = 12<개소>$ ② 엘보 접합 $20<EA> \times 2 <개소/EA> = 40<개소>$ $\therefore \text{계} = ① + ② = 12 + 40 =$	52.00 <개소>
(2)맞이음 접합	$(204<m> + 204<m>) / 9<개소/m> =$	46.00 <개소>

공 종	산 출 근 거	수 량
(3)볼트 접합	431<EA> + 57<EA> =	488.00 <개소>
(4)브라켓 정렬	57<EA>	57.00 <개소>

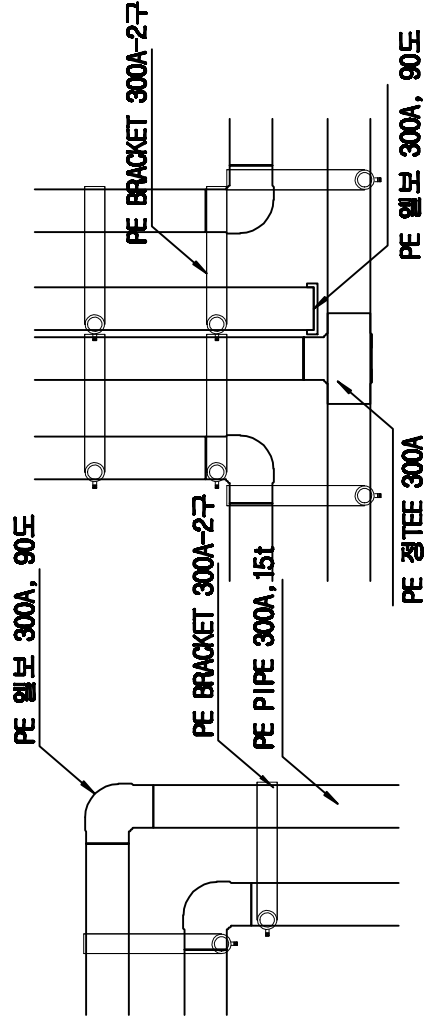
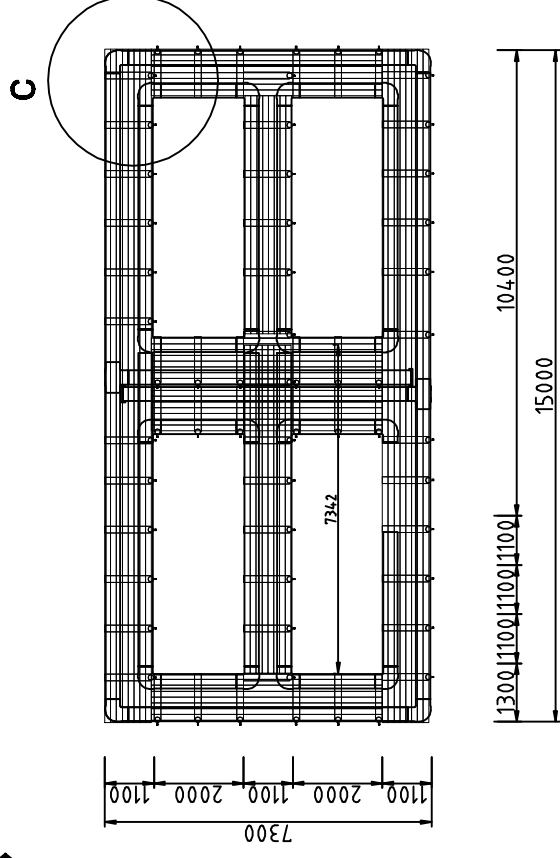
설 계 도 면

평면도 (15.0M X 7.3M) SCALE = 1 : 80

〈하부 프레임 평면도〉

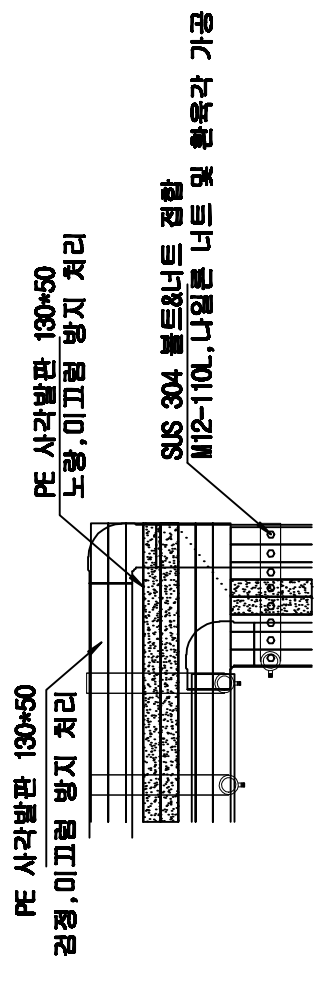


〈상부 발판 평면도〉



A부분 상세도

B부분 상세도

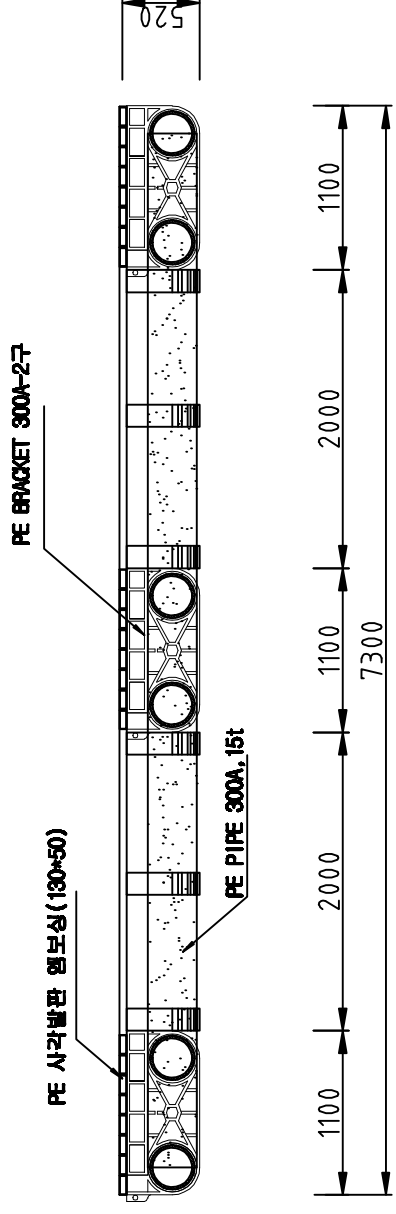


C부분 상세도

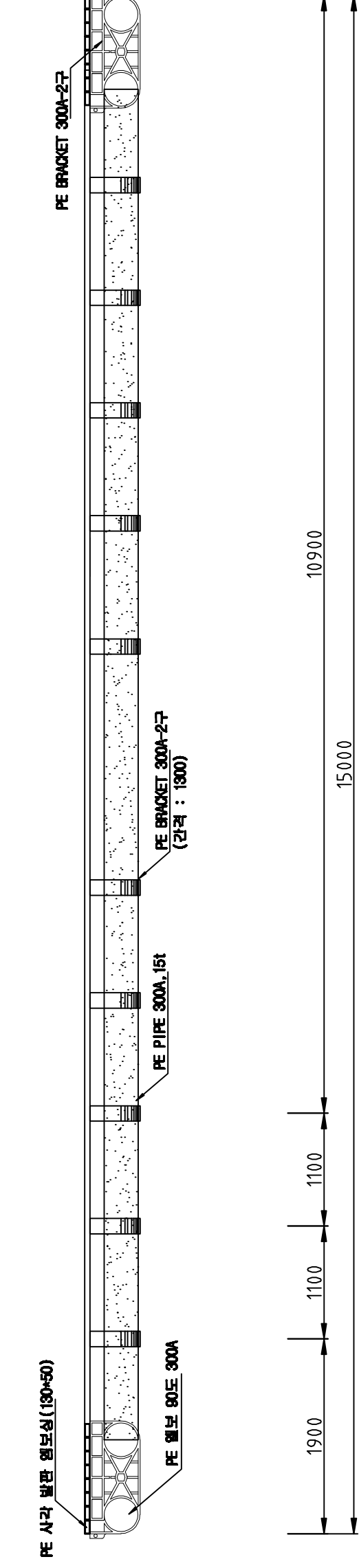
공 사 명	용 역 외 사				도 면 명	계 역 번 호	도 면 번 호	매 정 일련 번 호
	책임 기술자	설 계 자	제 도 자	검 토 자				
					1:80	2011. 08.	상부, 하부 평면도	

단면도 및 측면도

〈15.0M x 7.3M A-A'단면도〉



〈15.0M x 7.3 측면도〉



공 사 명	용 역 외 사				도 면 명	도 면 번호	계 역 번호	도 면 번호	일련번호
	책임기술자	설계자	제도자	검표자					
					담 면 도 및 측 면 도				
					2011. 08.				