

우도 홍해삼 양식섬 조성사업 효과조사

1. 해삼증식초 시설지 해양환경 및 생물상 분석

홍 성 완 · 김 순 찬

I. 서 론

돌기해삼 *Apostichopus japonicus*은 제주에서부터 우리나라 전 연안역에 걸쳐 넓게 분포하고 있는 종으로 외부의 몸체 색채로 홍해삼, 청해삼, 흑해삼 3종류로 구별되고 있다(崔, 1963). 이 중 홍해삼과 청해삼 2종류가 식용으로 널리 이용되고 있으며, 홍해삼은 암반과 사질 지형을 갖춘 제주해역에서 많이 서식하고 있는 것으로 알려지고 있다.

한편 해삼은 중국이 경제적으로 발전하면서 부유층이 증가한 영향을 받아 2003년부터 수요가 급증하고 있어, 중국 내 소비 식품 중 20조원의 대규모 시장규모를 보유하고 있다. 그러나 중국의 연간 수요량 120만톤 중 25만톤 정도가 중국내에서 생산할 뿐 95만톤은 전적으로 수입에 의존하고 있는 실정이다(Purcell and Samy, 2012).

최근 한·중 FTA타결에 따라 우리나라에서 생산된 수산물은 현행 37%의 수출관세 철폐로 수출 경쟁력이 확보될 것이며, 또한 급증하고 있는 중국인 관광객(요커)을 대상으로 제주의 청정 자원인 홍해삼을 활용한 관광상품 개발로 새로운 지역 동력 산업으로도 육성이 가능할 것으로 보인다. 그러나 제주에서의 홍해삼 생산량은 연간 100톤 내외로 국내 소비물량에도 턱없이 부족한 실정이고, 중국 거대시장을 겨냥한 수출전략 품종으로 육성하기 위해서는 인공종묘 생산기술 확립은 증·양식 기술개발이 선행되어야 할 과제이다.

이러한 과제 해결을 위해 제주특별자치도는 해양수산부에서 시행하고 있는 양식섬 프로젝트에 2013년도에 사업을 신청하여 2014년부터 우도해역을 대상으로 홍해삼 양식섬 조성사업을 추진하고 있으며, 본 사업의 경우 총 사업비의 20%를 해삼용 어초를 시설토록 의무화하고 있다. 따라서 본 사업에 시설된 돛형 해삼증식초가 해삼의 서식환경을 조성할 수 있는지에 대한 기초자료를 확보할 목적으로 우선 해삼증식초 시설지의 해양환경 및 생물상 조사를 실시하여 분석한 결과를 보고한다.

II. 돔형 해삼증식초의 구조 및 특성

1. 해삼증식초의 형태 및 제원

본 조사 대상 해삼증식초는 돔형의 유선 및 원형의 구조를 띠고 있으며, 크기는 가로 3m, 세로 3m, 높이 1.4m의 철근 콘크리트로 이루어진 구조물이다(표 1).

〈표 1〉 돔형 해삼증식초의 제원

시험어초 모형	구 분	내 용
	어초 명칭	돔형해삼증식초
	대상 수역	제주도 연안 수역(수심 5~10 m)
	재 질	콘크리트, 철근
	규 격	3.0 m × 3.0 m × 1.4 m
	결용적	9 m ³
	중 량	10.5 ton
	특 허 및 권리자	특허 제 10-1289093호

본 해삼증식초는 원통형 모양으로 위쪽이 좁고 아래쪽이 넓은 외부구조와 사다리꼴 형상의 내부 공간을 가지며, 외부와 내부 공간 사이에는 일정 두께의 벽면이 형성되어 있다. 벽면에는 외부와 내부를 관통하는 24개의 관통공이 있어 내부의 조류 순환을 돕고 내부에 방류한 해삼이 외부로 나갈 수 있는 통로 역할을 한다. 본체 내부의 바닥에 사다리꼴 모양의 내부 블록을 형성하여 해삼이 서식할 수 있는 공간을 제공하고 있다. 본체 저면의 넓은 하단부는 해저면과 접하여 증식초의 침하 및 매몰을 방지하여 주고, 조류 및 파랑에 의한 전도, 이동 등의 안정성을 확보하고 있다(그림 1).

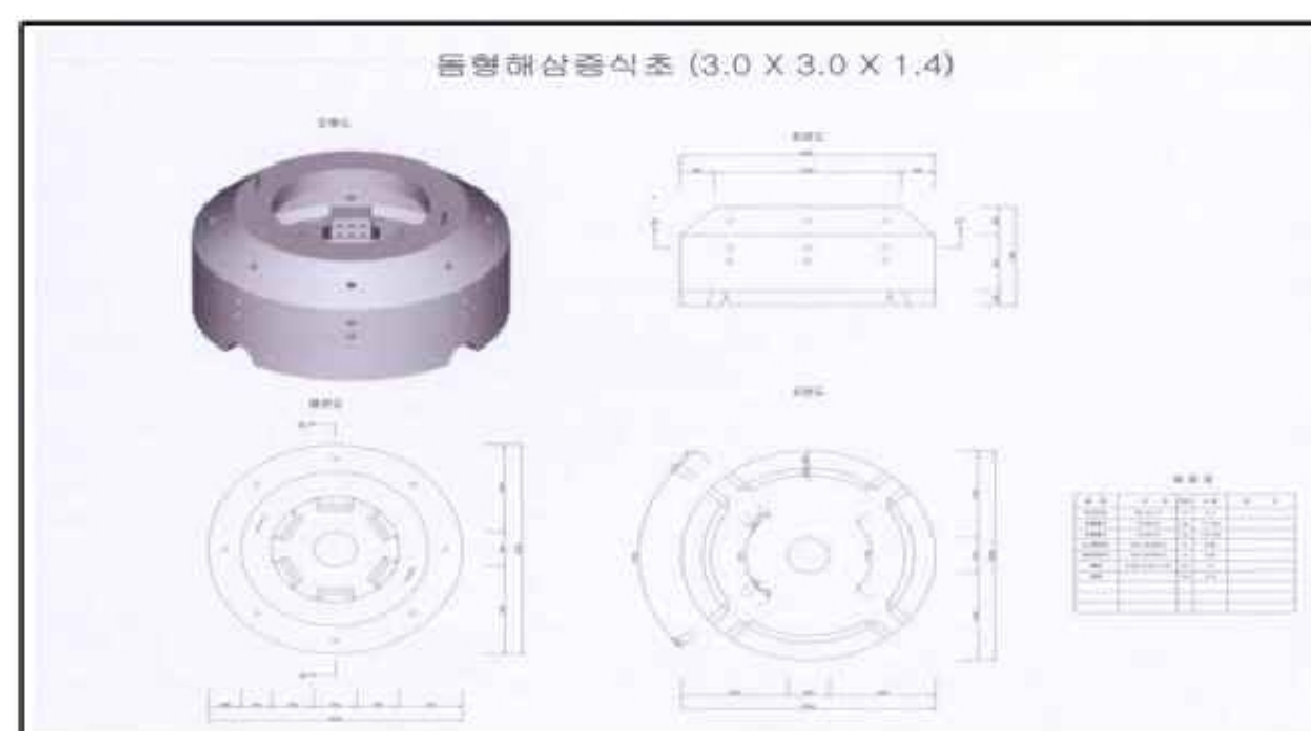


그림 1. 돔형 해삼증식초의 입면도

2. 해삼증식초의 특성

돔형 해삼증식초는 내부에 계단식 구조로 설치된 6개의 블록이 있어, 방류된 해삼이 어초내부에서 이동이 편리하고 운집하여 서식하기 유리한 입체의 구조를 갖고 있으며, 블록에 원형 구멍 및 바닥 구멍을 형성하여 해삼이 서식할 수 있는 공간 면적을 최대한 제공하고 있다. 또한 어초 내부 바닥면에 원형으로 개구부를 개방하여 해저 저질에 포함되어 있는 유기물이 어초 내부에 유입되어 해삼에게 영양분을 제공할 수 있도록 하였다(그림 2).

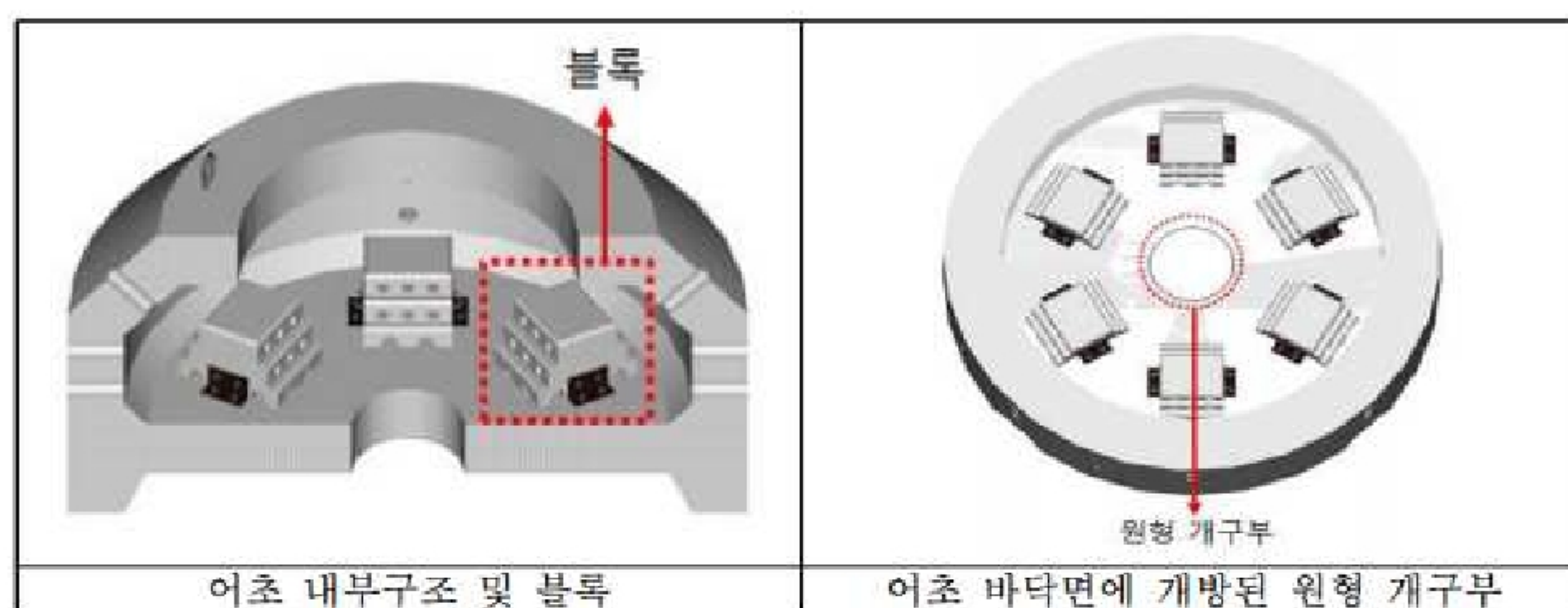


그림 2. 돔형 해삼증식초의 기능적 특성

Ⅲ. 조사방법

1. 시험장소 및 시설현황

본 시험용 돔형 해삼증식초의 시설해역은 제주도 우도면 천진리 마을어장으로 수심은 8~10m 정도이며 저질은 사질인 곳에 120기를 시설하였다(그림 3).



그림 3. 시험용 돔형 해삼증식초 시설지역

2. 해양환경 조사

돔형 해삼증식초 시설지의 해양환경 분석을 위한 자료는 해양환경관리공단의 국가해양환경정보통합시스템(MEIS)에 의한 2015년 성산해역(정점1) 측정망 자료를 인용하였다. 연간 해양환경을 조사하기 위해 2015년 2월, 5월, 8월, 11월의 측정 자료를 이용하여 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소, 화학적산소요구량, 총질소, 총인, 부유물질, 엽록소 및 투명도의 평균값을 분석하였다(그림 4).

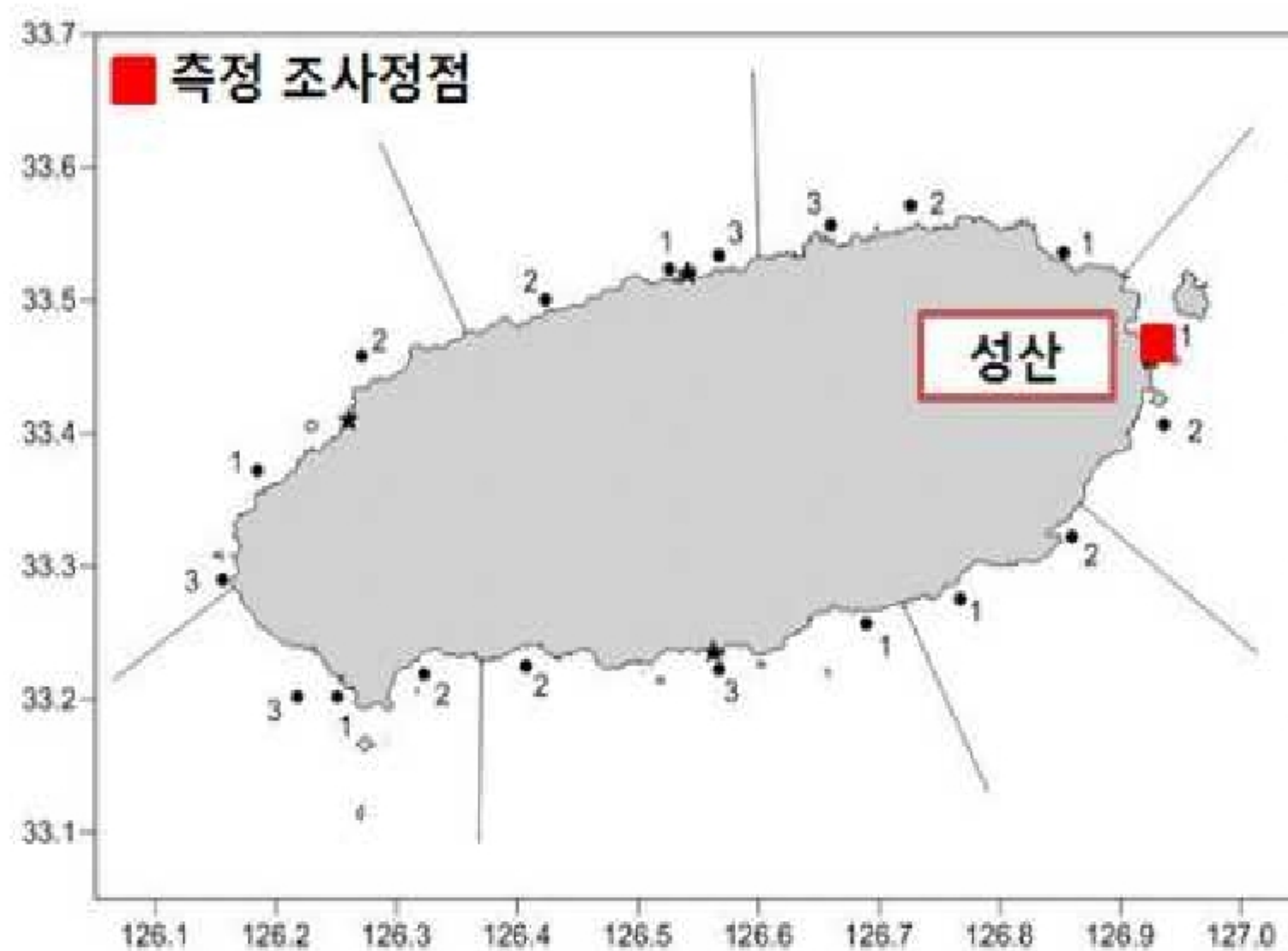


그림 4. 해양환경 측정망 조사정점 위치도

3. 생물상 조사

2015년 6월, 9월 2차례에 걸쳐 생물상 조사를 실시하였다. 조사장소는 돔형 해삼증식초와 주변 자연암반 및 대조구 등 3개 정점에 대하여 조사하였다. 저서생물(해조류, 저서동물) 채집은 잠수조사에 의해 이루어졌으며, 방형구법(0.5m×0.5m)을 이용하여 각 정점(어초구, 자연암반, 비교구)당 4개소(각각 0.25㎡×4개소=1㎡)에 대하여 방형구내 모든 해조류 및 저서동물을 채집하고, 수중촬영을 실시하였다(그림 5).



그림 5. 저서 생물상 조사 위치도

채집된 시료는 실험실로 운반하여 종 동정을 실시하였다. 표본의 동정은 종(Species)까지 분류하였으며, 종 단위 분류가 가능하지 않은 생물은 속(Genus) 또는 과(Family) 등 가능한 단위까지 분류하였다. 동정된 종은 개체수 및 생체량(gWWt/m²)을 조사하였으며, 그 결과를 바탕으로 생태학적 분석을 실시하였다. 어류의 군집조사는 잠수조사를 통해 정성적 조사를 실시하여 생물상을 기록 및 촬영하였으며, 위집어류의 군집상태 및 출현양상을 파악하기 위하여 육안관찰은 물론 Full HD급 비디오 수중카메라를 이용하여 10분 정도 촬영 후 영상분석을 실시하였다(그림 6).



그림 6. 저서 생물상 샘플 채집 및 조사 광경

4. 해삼증식초 보존상태 조사

해삼증식초의 보존 상태를 파악하기 위하여 생물상 조사 시 잠수조사에 의해 실시하였고, 시설된 전량의 어초를 대상으로 이동, 전도 및 매몰 등의 상태를 조사하였다. 특히 본체가 모래지역에 시설되어 있어, 조류 방향에 따른 세굴 발생 여부도 면밀히 관찰하였다.

IV. 조사결과 및 고찰

1. 해양환경

수온분포는 표층에서 14.5~21.5℃의 범위이고, 여름철인 2015년 8월 조사 시 21.5℃로 가장 높게 나타났다. 저층은 14.5~20.3℃의 범위이고, 여름철인 2015년 8월 조사 시 20.3℃로 가장 높게 나타났다(표2).

〈표 2〉 2015년 성산해역(정점 1)의 해양환경 특성

구분	2월		5월		8월		11월		평균	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
수온 (°C)	14.5	14.5	17.7	16.6	21.5	20.3	19.5	-	18.3 ± 2.6	17.1 ± 2.4
염분 (psu)	34.39	34.39	32.50	33.53	32.83	33.11	32.76	33.10	33.12 ± 0.74	33.53 ± 0.52
pH	8.17	8.20	8.25	8.18	8.16	8.13	8.17	8.15	8.19 ± 0.04	8.17 ± 0.03
DO (mg/L)	8.57	8.33	8.36	7.46	7.89	6.91	7.36	6.91	8.05 ± 0.47	7.40 ± 0.58
COD (mg/L)	0.48	0.35	0.61	0.95	1.14	0.84	0.91	1.17	0.79 ± 0.26	0.83 ± 0.30
총질소 (µg/L)	170.28	217.17	274.24	211.60	174.58	239.56	257.18	279.17	219.07 ± 47.05	236.88 ± 26.57
총인 (µg/L)	11.31	14.15	14.35	11.83	9.45	11.87	8.51	14.03	10.91 ± 2.23	12.97 ± 1.12
클로로필 a (µg/L)	0.97	0.90	0.97	0.90	1.98	0.94	0.87	0.55	1.20 ± 0.45	0.82 ± 0.16
부유물질 (mg/L)	4.8	4.9	4.8	4.9	1.3	1.9	2.6	2.2	3.4 ± 1.5	3.5 ± 1.4
투명도 (m)	6		7.1		11		10		8.5 ± 2.0	

바다에서 염분은 때와 장소에 따라 달라지나, 전 해양의 평균값은 35.0psu 정도이다. 일반적으로 해수의 염분은 유입되는 담수량, 강수량, 습도, 성층의 형성 여부, 수심, 계절, 조석의 영향 등에 따라 변화한다. 성산포 연안해역의 염분 분포는 표층에서 32.50~34.39psu 범위로 평균 33.12 ± 0.74 psu의 분포로 나타났고, 저층은 33.10~34.39psu 범위로 평균 33.53 ± 0.52 psu의 분포로 나타났다. 측정결과 저층이 표층에 비해 전반적으로 높게 나타나는 경향을 보였다. 염분농도는 2월에 34.39psu로 가장 높게 나타났는데, 이는 5, 8, 11월에 비해 상대적으로 강수량이 적었고, 중국대륙연안수의 영향을 덜 받은 것으로 사료된다. 해수는 일종의 중탄산 완충용액으로 해양의 수소이온 농도의 변화는 담수 및 하·폐수에 비해 크지 않지만, 외부 환경 요인 등에 의해서 pH변화가 크게 되었을 경우 해양생물에 영향을 미치게 된다.

수소이온농도(pH)는 표층에서 8.16~8.25의 범위로 평균 8.19 ± 0.04 로 나타났고, 저층에서는 8.13~8.20으로 평균 8.17 ± 0.03 로 조사시기별 큰 차이는 나타나지 않았다. DO(용존산소량)은 일반적으로 수온이 낮고, 대기압이 높을수록 증가하고, 물의 흐름, 수로의 깊이와 구조와 같은 물리적 요인, 용존되어 있는 다른 물질의 종류와 농도, 수생식물의 광합성 같은 자연적 인자에 의해서도 영향을 받는다. 그러나 가장 크게 영향을 받는 것은 수중의 유기물량이며, 일반적으로 수질을 나타내는 여러 가지 항목 중에서도 DO를 가장 중요하게 여기는 이유도, DO가 수중의 유기물에 의해 직접적으로 변동한다는 데 있다. 오염이 많이 된 물일수록 많은 양의 산소가 소비하게 되고, 자연적인 산소전

달 속도 보다 소비속도가 빨라지면 물속의 용존산소가 고갈되어 혐기성 상태가 된다. DO의 측정은 대상 수체가 호기성 생물에게 살 수 있는 환경인지를 판별하는 중요한 수질항목이다. 평균 용존산소(DO)량은 표층에서 7.36~8.57mg/L의 분포로 평균 8.05 ± 0.47 mg/L로 나타났으며, 저층에서 6.91~8.33mg/L의 분포로 평균 7.40 ± 0.58 mg/L로 나타났다. 변이량은 미미하나 수온이 낮은 2월과 5월에 수온이 높은 8월과 11월에 비해 높게 나타났고, 저층에 비해 표층의 다소 높은 값을 나타냈다. 이와 같은 결과는 용존산소의 계절적변화로 동계는 낮은 수온과 바람에 의해 DO량의 증가가 일어나며, 하계는 유기물이 다른 계절에 비해 많이 산화되고, 생물체에 의해 용존산소의 소비가 증가되기 때문이라고 사료된다. 화학적산소요구량은 해수중의 유기물이 화학적으로 산화될 때 오염지표항목으로 널리 이용되고 있다. 화학적산소요구량(COD)은 표층에서 0.48~1.14mg/L의 범위로 나타났으며, 저층에서 또한 0.35~1.17mg/L의 범위로 표층과 저층에서 1mg/L 전후의 농도를 보여 해역별 수질등급 I 등급 정도의 양호한 수준으로 나타났다. 영양염류는 수중 생물 성장에 필수적인 물질이나 필요이상의 농도로 존재 시 부영양화 현상을 초래하여 적조를 야기시켜 수산생물에 피해를 주게 되고, 해양환경을 악화시키며 보통 해양에서의 용존무기질소(DIN)는 암모니아성 질소($\text{NH}_4\text{-N}$), 아질산성 질소($\text{NO}_2\text{-N}$) 그리고 질산성 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 합계량으로 나타낸다.

일반적으로 질소화합물은 육지로부터 유입되는 오염지표로서 용해도가 높아 해수 중에 다량으로 존재할 수 있고, 생태계의 기초생산력 및 해양생태계에 영향을 주는 중요한 자이며, 암모니아성 질소는 주로 수원 인근에서 분뇨 및 분뇨처리장에서 발생하고 오염지표 물질이다. 해양에서 총질소(T-N)의 값은 질산성 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 농도에 좌우된다. 총질소(T-N)의 농도를 표층에서 174.58~274.24 $\mu\text{g/L}$ 분포로 평균 219.07 ± 47.05 $\mu\text{g/L}$ 으로 나타났고, 저층에서는 174.58~274.24 $\mu\text{g/L}$ 분포로 평균 236.88 ± 26.57 $\mu\text{g/L}$ 으로 나타나 표층과 저층 모두 양호한 수질상태로 나타났다.

해양의 용존무기인(DIP)은 통상 인산염인($\text{PO}_4\text{-P}$) 양으로 표현한다. 질소와 마찬가지로 해수 중 인산염이 과량 존재 시 해역의 부영양화를 초래하고, 적조를 야기시켜 수산생물에 피해를 주기도 하며, 생물의 유기합성 및 에너지 물질 형성에 필요한 물질이다. 자연계에 존재하는 인은 대부분 인산염의 형태로 존재하고, 일부는 생물체내 유기물의 형태로 존재한다. 총인(T-P)의 농도는 표층에서 8.51~14.35 $\mu\text{g/L}$ 의 분포로 평균 10.91 ± 2.23 $\mu\text{g/L}$ 으로 나타났으며, 저층에서 11.83~14.15 $\mu\text{g/L}$ 로 평균 12.97 ± 1.12 $\mu\text{g/L}$ 으로 나타나 표층과 저층 모두 양호한 수질상태로 나타났다. 생태계에서 녹색식물이 광합성에 의해 유기물을 생산하는 것을 1차 생산 혹은 기초생산이라 하며, 녹색식물에 의존하여 생활하는 동물의 생산을 2차 생산이라 한다. 해양생태계에서 1차생산력(Primary

production)은 단위시간내 생산되는 유기물의 총량이고, 대부분이 식물플랑크톤에 의해 이루어지고 있으며, 해양의 1차 생산력은 모든 유용한 수산자원의 기초가 되기도 하지만 해당 해역의 부영양화 진행의 척도로 사용되기도 한다. 클로로필 a의 조사결과 표층에서 0.87~1.98 $\mu\text{g/L}$ 의 범위로 평균 $1.20 \pm 0.45 \mu\text{g/L}$ 으로 나타났고, 저층에서 0.55~0.94 $\mu\text{g/L}$ 의 범위로 평균 $0.82 \pm 0.16 \mu\text{g/L}$ 으로 나타났다. 표층에서 저층에 비해 광합성이 활발하여 농도가 높게 나타났으며, 표층과 저층 모두 양호한 수질상태로 나타났다.

부유물질은 수중에 현탁되어 있는 무기물과 유기물로서 인위적으로 10ppm을 초과하면 광투과 깊이를 감소시켜 수중 1차 생산성에 중요한 영향을 미치고, 여과 포식성 해양생물의 생육저해 등으로 해양생태계에 영향을 미칠 수 있다. 평균 부유물질(SS)은 표층에서 1.3~4.8mg/L의 범위로 평균 $3.4 \pm 1.5 \text{mg/L}$ 나타났고, 저층에서 1.9~4.9mg/L의 범위로 평균 $3.5 \pm 1.4 \text{mg/L}$ 로 나타나 표층과 저층 간에 큰 차이가 나타나지 않았으며, 8월 이후 낮아지는 경향을 나타내었다. 투명도는 수온이 낮은 2월과 5월에는 각각 6m, 7.1m로 나타났고, 수온이 높은 8월과 11월에 각각 11m, 10m로 나타났다.

2. 생물상 조사

2.1. 해조류 출현양상

1) 출현 종수

6월 조사결과 해삼증식초(어초구) 정점에서 녹조류 1종, 갈조류 2종, 홍조류 3종 등 총 6종이 출현하였고, 자연암반 정점에서는 녹조류 2종, 갈조류 1종, 홍조류 5종 등 총 8종이, 비교구 정점에서는 녹조류 2종, 갈조류 2종, 홍조류 3종 등 총 7종이 출현하였다(그림 7).

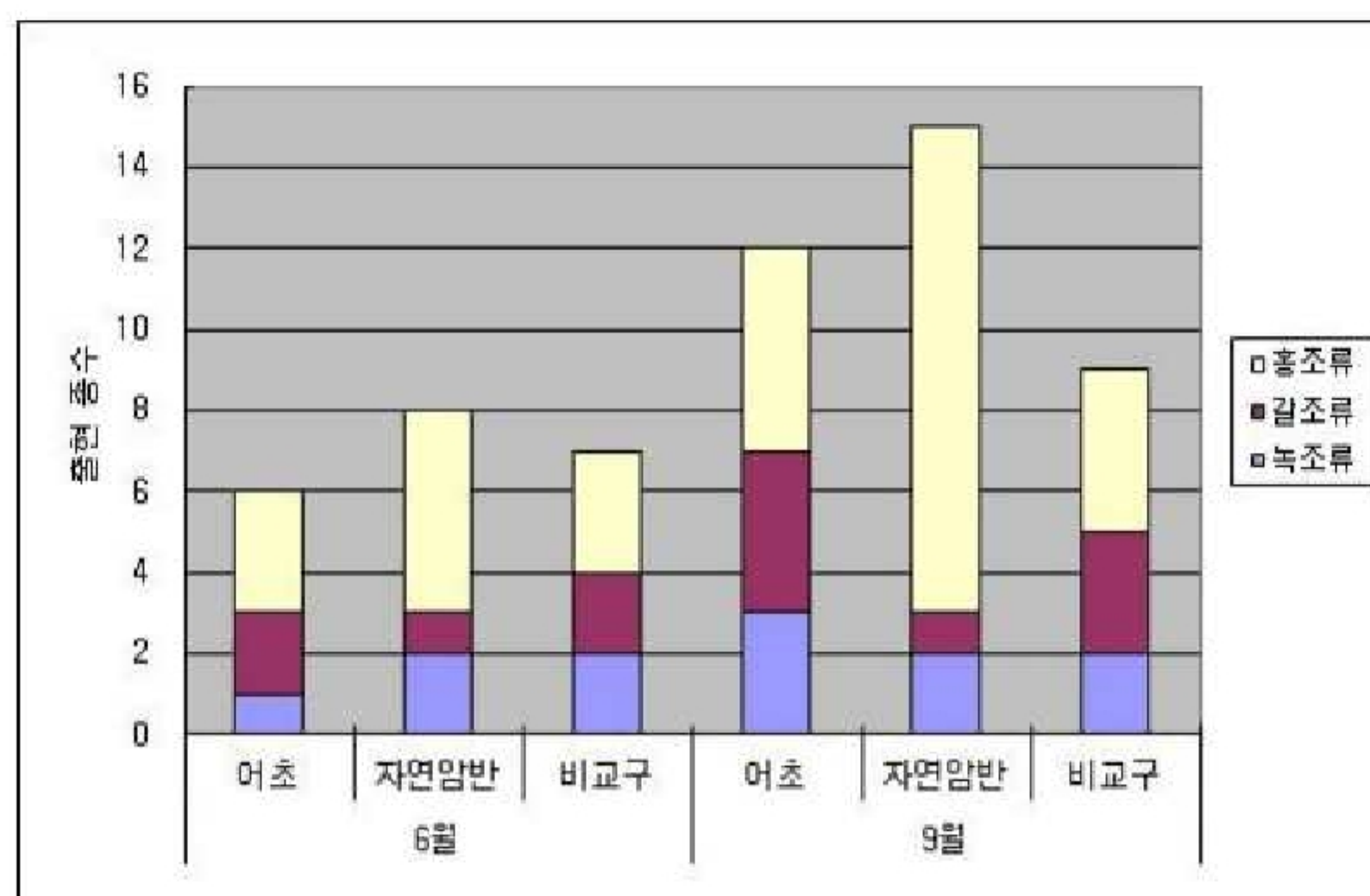


그림 7. 조사 정점별 해조류 출현 종수

9월 조사결과 해삼증식초(어초구) 정점에서 녹조류 3종, 갈조류 4종, 홍조류 5종 등 총 12종이 출현하였고, 자연암반 정점에서 녹조류 2종, 갈조류 1종, 홍조류 12종, 총 15종이, 비교구 정점에서 녹조류 2종, 갈조류 3종, 홍조류 4종 등 총 9종이 출현하였다. 조사결과 정점별로는 자연암반 정점에서 해조류 출현종수가 높게 나타났고, 시기별로는 6월에 비해 9월에 더 많은 종류의 해조류 종이 관찰되었다.

2) 생물량

6월 조사결과 자연암반 정점에서 1,093.6gWWt/m², 어초구 정점에서 1,084.6 gWWt/m², 비교구 정점에서 549.0gWWt/m²의 순으로 나타났으며, 어초구 정점과 자연암반 정점에서는 각각 부챗말(*Padina arborescens*), 감태(*Ecklonia cava*) 등 갈조식물의 생물량 비율이 높았고, 비교구 정점에서는 홍조식물인 알송흐늘풀(*Scinaia confusa*)과 녹색식물인 말청각(*Codium subtubulosum*)이 높게 나타났다.

9월 조사결과 감태(*Ecklonia cava*)의 생물량이 많은 자연암반에서 3,418.0gWWt/m²으로 어초정점 1,239.6gWWt/m²과 비교구 정점 239.2gWWt/m²에 비해 월등히 높은 생물량을 보였다(그림 8).

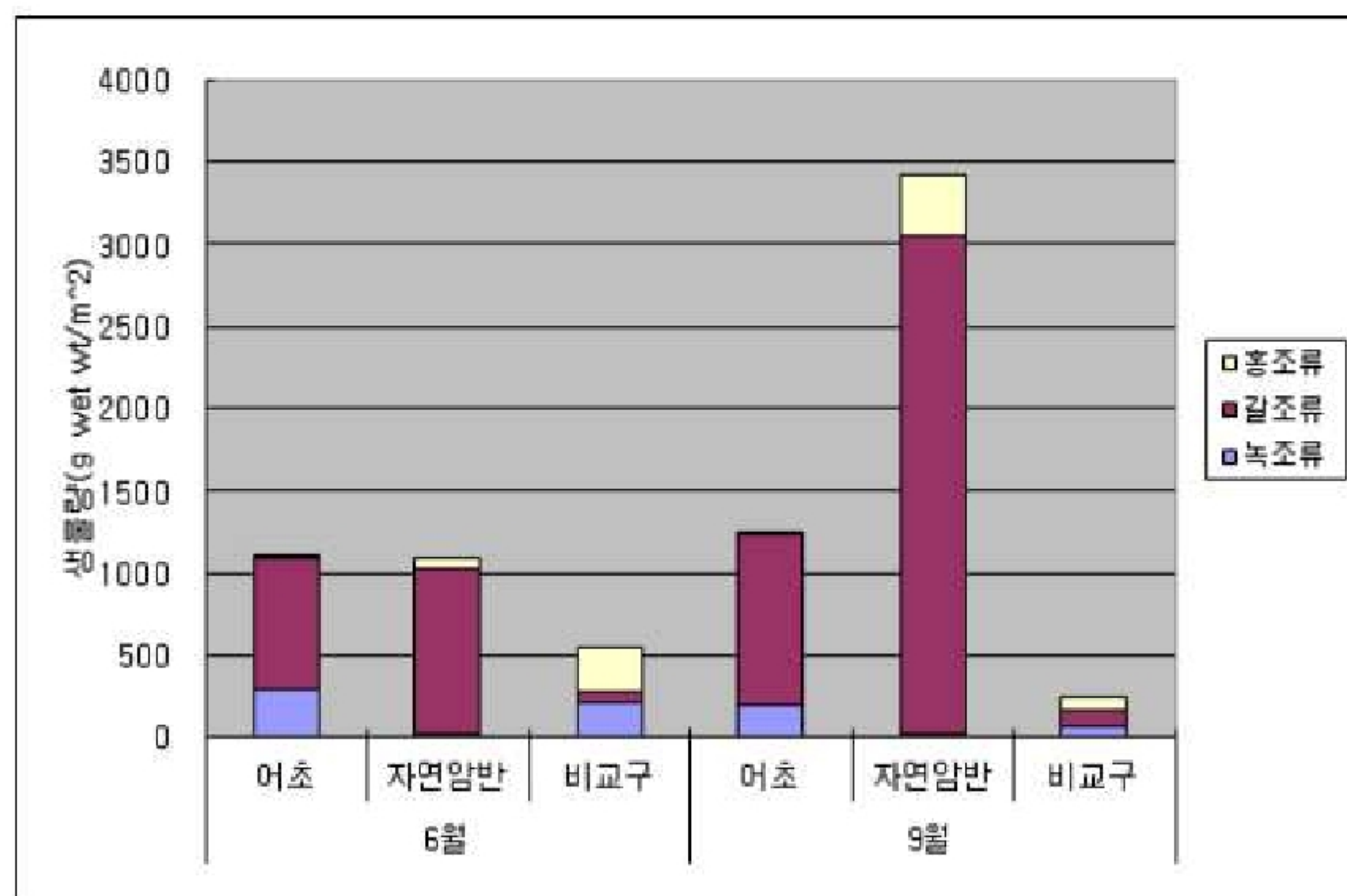


그림 8. 조사 정점별 출현 해조류의 생물량(gWWt/m²)

3) 우점종

각 조사 정점별 생물량이 상대적으로 높은 우점종을 살펴보면, 어초구 정점에서 6월의 우점종은 감태(*Ecklonia cava*)와 맹기갈파래(*Ulva taeniata*)가 각각 777.0gWWt/m²와 288.8gWWt/m²가 출현하였다. 9월에는 감태(*Ecklonia cava*)와 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)가

각각 1,030.0gWWt/m²와 187.0gWWt/m²로 우점하였다(표 3). 자연암반 정점에서는 6월에 부챗말(*Padina arborescens*)과 갈래곰보(*Mertistotheca papulosa*)가 각각 3,030.0gWWt/m², 271.6gWWt/m²로 생물량이 높게 출현하였다. 비교구 정점에서는 6월에 알송호늘풀(*Scinaia confusa*)과 말청각(*Codium subtubulosum*)의 생물량이 각각 280.6gWWt/m², 172.8gWWt/m²로 높았으며 9월에는 말청각(*Codium subtubulosum*)이 61.2gWWt/m²으로 우점하였다(표 4).

〈표 3〉 조사 정점별 조사 시기에 따른 해조류 우점종

정점	6월	9월
어초구	감태(<i>Ecklonia cava</i>) 덩기갈파래(<i>Ulva taeniata</i>)	감태(<i>Ecklonia cava</i>) 구멍갈파래(<i>Ulva pertusa</i>)
자연암반	부챗말(<i>Padina arborescens</i>) 갈래곰보(<i>Mertistotheca papulosa</i>)	감태(<i>Ecklonia cava</i>) 갈래곰보(<i>Mertistotheca papulosa</i>)
비교구	알송호늘풀(<i>Scinaia confusa</i>) 말청각(<i>Codium subtubulosum</i>)	말청각(<i>Codium subtubulosum</i>)

〈표 4〉 조사 정점별 출현 해조류의 생물량(gWWt/m²)

종 명		6월			9월		
		어초구	자연암반	비교구	어초구	자연암반	비교구
Chlorophyta	녹조식물문						
<i>Ullothrix flacca</i>	초록실				0.1		
<i>Ulva pertusa</i>	구멍갈파래		13.2		187.0	12.0	13.2
<i>Ulva taeniata</i>	덩기갈파래	288.8		32.4			
<i>Cladophora wrightiana</i>	관색대마디말		0.4		1.0	5.6	
<i>Codium subtubulosum</i>	말청각			172.8			61.2
Phaeophyta	갈조식물문						
<i>Dictyopteris undulata</i>	주름띠대그물말				10.7		
<i>Padina arborescens</i>	부챗말		1,004.8	33.2			
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	그물바구니	18.5					
<i>Ecklonia cava</i>	감태	777.0			1,030.0	3,030.0	
<i>Ecklonia kurume</i>	검둥감태			30.0			
<i>Myagropsis myagroides</i>	외톨게모자반				3.9		37.2
<i>Sargassum horneri</i>	괭생이모자반				0.8		40.4
<i>Sargassum confusum</i>	알송이모자반						13.6
Rhodophyta	홍조식물문						
<i>Galaxaura falcata</i>	어런가위손말					5.6	
<i>Marginisporum crassissimum</i>	둘레게말혹					1.2	
<i>Amphiroa foliacea</i>	눈썹마디게말					0.8	
<i>Amphiroa</i> sp.	게말류					4.8	
<i>Lithothamnion corallioides</i>	잔가지떡			*		*	43.6
<i>Lithothamnion lemoineae</i>	혹떡					*	
<i>Synarthrophyton chejuensis</i>	낭과떡					5.6	
<i>Lithothamnion cystocarpideum</i>	혹돌알			*			
<i>Scinaia confusa</i>	알송호늘풀			280.6			
<i>Acrosorium yensoi</i>	누운분홍알		0.4				
<i>Laurencia pinnata</i>	깃꼴게서실	0.1			0.1		
<i>Hypnea charoides</i>	참가시우무						12.4
<i>Gelidium amansii</i>	우뚝가사리	0.1	0.4			8.8	
<i>Gelidium pusillum</i>	실우뚝가사리						8.4
<i>Grateloupia cornea</i>	붉은까막알				0.1		
<i>Grateloupia chiangii</i>	가지까막알					4.8	
<i>Grateloupia angusta</i>	붉은띠까막알					22.0	
<i>Mertistotheca papulosa</i>	갈래곰보		65.6		5.1	271.6	
<i>Plocamium telfairiae</i>	참곰술이	0.1	8.0		0.7	45.2	9.2
<i>Lomentaria flaccida</i>	면마디잘록이		0.8		0.1		
출현 종수 합계		6	8	7	12	15	9
생물량 합계		1,084.6	1,093.6	549.0	1,239.6	3,418.0	239.2

4) 생태지수

생태지수의 우점도 지수는 9월 비교구 정점 0.44를 제외하고는 모든 조사정점들에서 0.8이상으로 나타났다. 이는 9월 비교구를 제외하고는 1~2종의 생물량이 총 생물량의 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 다양도 지수는 9월 비교구 정점 1.97를 제외하고는 모든 정점에서 1.2이하로 낮게 나타났다(그림 9).

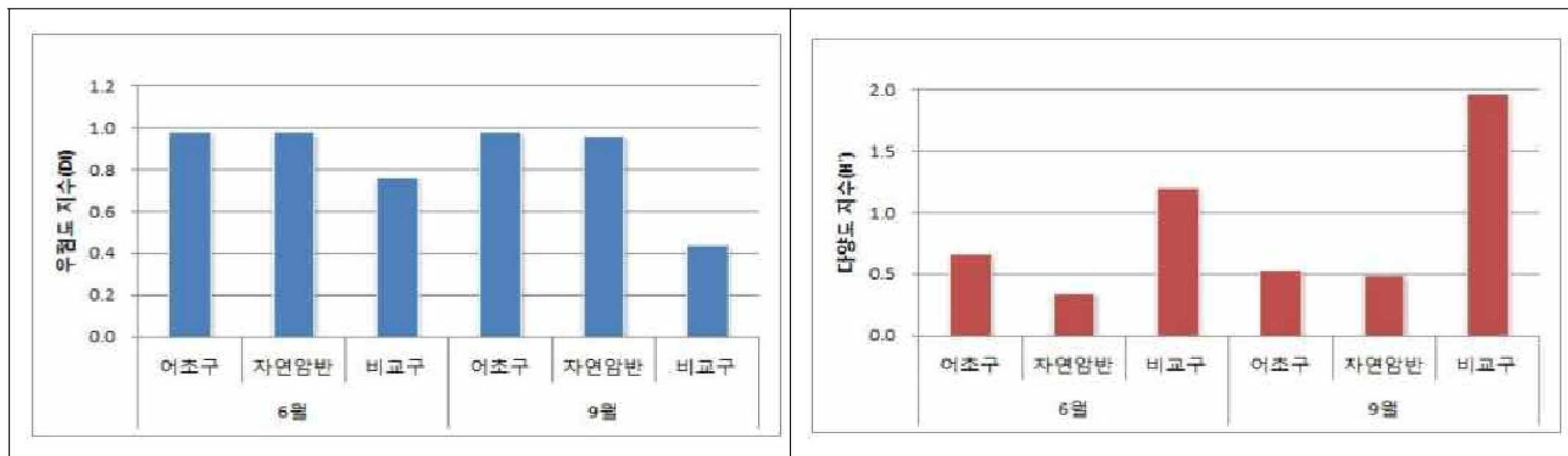


그림 9. 조사 정점별 우점도 지수(D) 및 다양도 지수(H')

균등도 지수 또한 6월과 9월 비교구 정점에서 0.60이상으로 나머지 정점에 비해 높은 값을 보였다. 다양도 지수와 균등도 지수는 비교구 정점에서 가장 높게 나타났는데, 이는 어초구와 자연암반의 경우 감태 등의 특정 종이 다량으로 우점하는 경향이 나타나 전체 생물량에 대한 다양도 및 균등도 지수는 낮게 나타났다. 한편 풍부도 지수는 6월에 비해 9월에 상대적으로 높은 값을 보였으며, 두 조사 시기 모두 자연암반에서 어초구나 비교구 정점에 비해 높은 값을 보였다(그림 10)

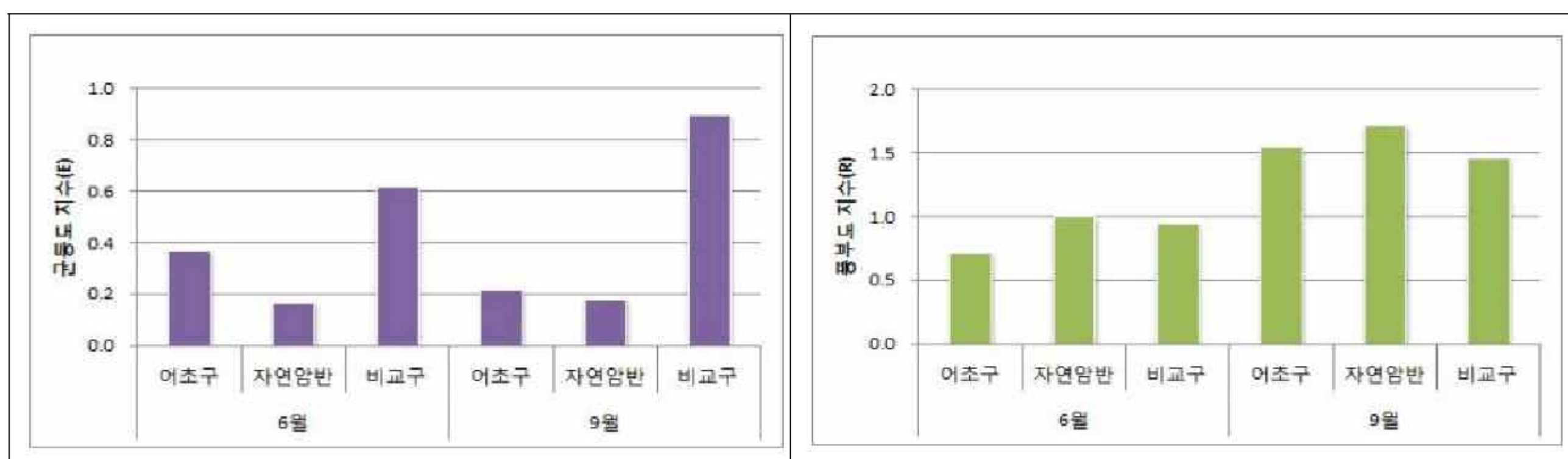


그림 10. 조사 정점별 균등도 지수(E) 및 풍부도 지수(R)

2.2. 저서동물 출현양상

6월 조사결과 해삼증식초(어초구)와 비교구, 자연암반 모든 정점에서 저서동물의 출

현양상이 매우 미미하였고, 9월에는 소량의 저서동물이 관찰되었으며, 6월과 9월 모두 해삼류는 전혀 발견되지 않았다(표 5). 6월 조사결과 비교구와 자연암반에서 남방얼룩고둥 1개체와 털담치 1개체, 비교구에서 뿔물맞이게 1개체, 어초구에서 이끼벌레류가 소량 채집되어 모두 4종의 저서동물이 확인되었고, 생물량은 모두 낮게 나타나 출현 유무만 표기하였다. 9월 조사결과 어초구에서 7종, 비교구에서 3종, 자연암반에서 3종이 발견되어, 총 11종의 저서동물이 확인되었다. 9월의 저서동물 총 생물량은 어초구에서 31.36 gWWt/m², 비교구에서 10.08gWWt/m², 자연암반에서 5.56gWWt/m²으로 소량의 저서동물이 관찰되었다(그림 11).

〈표 5〉 조사 정점별 출현 저서동물의 생물량(gWWt/m²)

종 명		6월			9월		
		어초구	자연암반	비교구	어초구	자연암반	비교구
연체동물문							
남방얼룩고둥	<i>Cantharidus japonicus</i>		+	+	0.78	5.24	
털담치	<i>Modiolus (Modiolus) kurilensis</i>		+	+			
가는줄연두군부	<i>Ischnochiton boninensis</i>						+
근입얼룩고둥	<i>Cantharidus jessoensis</i>				12.26		
유리고둥	<i>Phasianella solida</i>				1.80		
바퀴고둥	<i>Astrarium haematragum</i>				10.80		
대수리	<i>Thais (Reishia) clavigera</i>				3.71		
검은테군소	<i>Aplysia parvula</i>						10.08
절지동물문							
뿔물맞이게	<i>Pugettia quadridens</i>			+			
은행게	<i>Cancer japonicus</i>					0.32	
집게류	Anomura				2.01		
단각류	amphipoda						+
태형동물문							
이끼벌레류	bryozoa unid.	+			+	+	
합 계					31.36	10.08	5.56

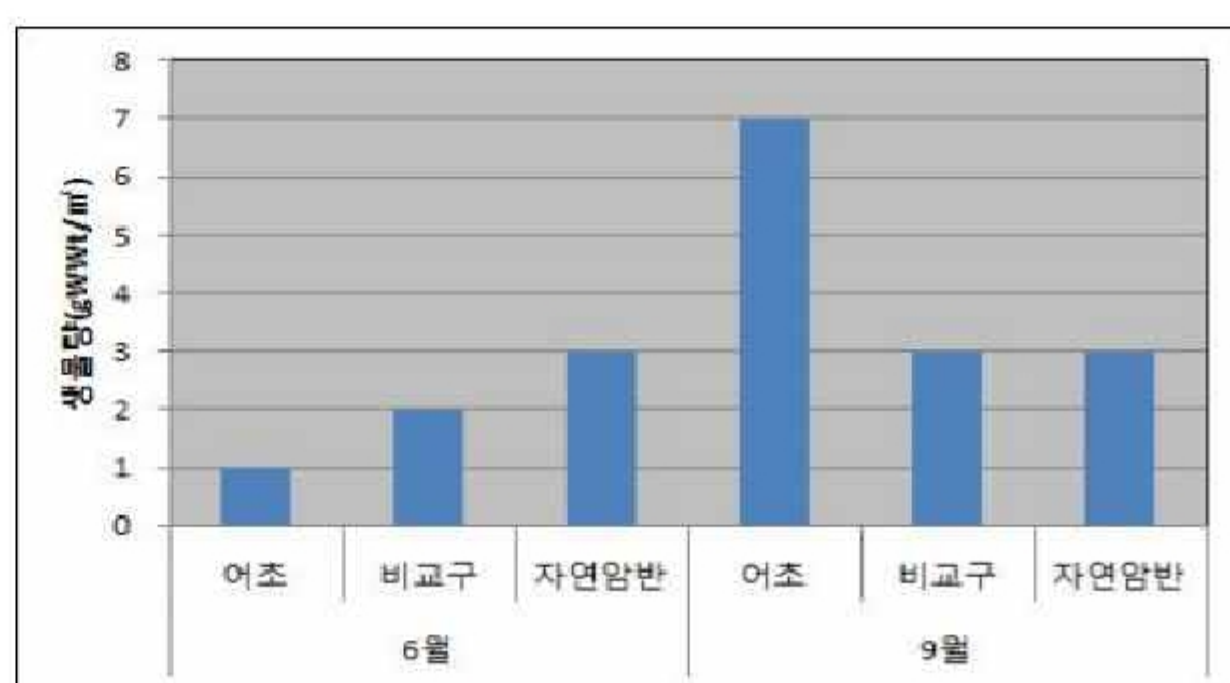
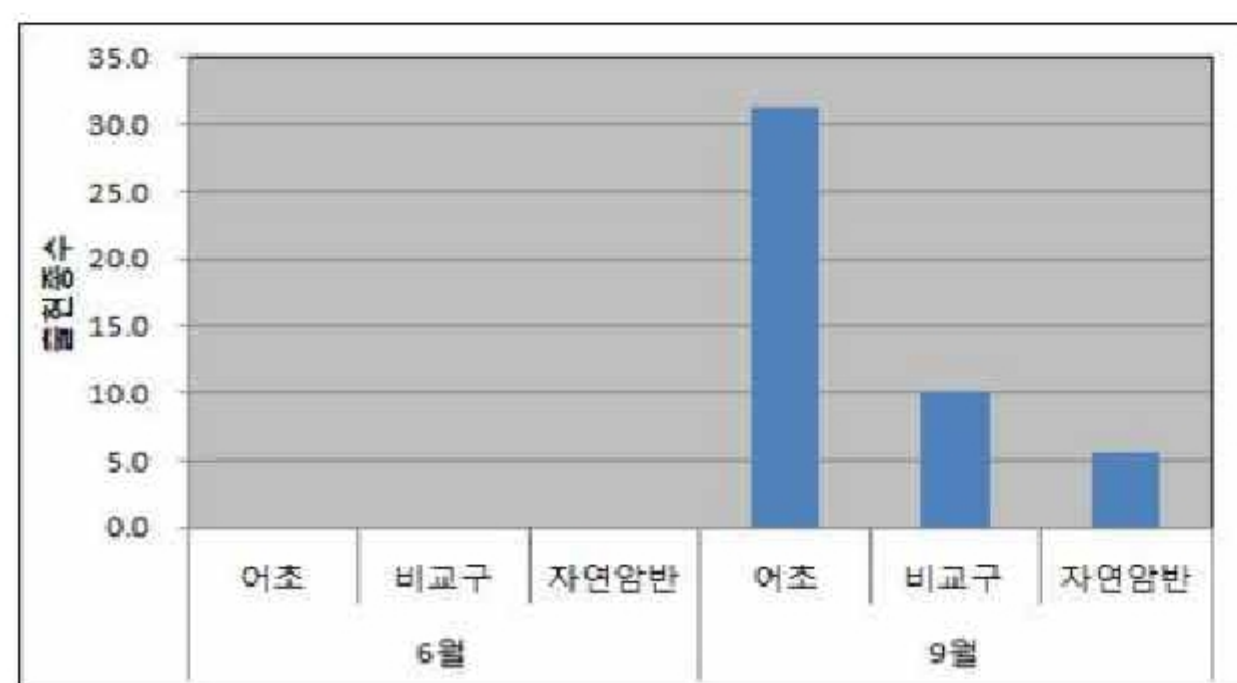


그림 11. 조사 정점별 저서동물 출현 종수 및 생물량(gWWt/m²)

2.3. 해삼류 출현양상

돔형 해삼증식어초의 잠수조사결과 6월과 9월 모두 해삼류는 전혀 발견되지 않았다. 제주도 주변 해역에서 출현하는 해삼류가 대부분 겨울철에만 발견되고, 여름철에는 전혀 발견되지 않는다는 점을 고려하면, 조사해역에서 해삼류의 서식여부를 확인하기 위해서는 12월과 3월 사이의 겨울철에 추가적인 저서생물상 조사가 필요할 것으로 사료된다.

2.4. 영상분석에 의한 어류 출현양상

돔형 해삼증식초 시설지에서 관찰된 어류의 종류는 다음과 같다. 6월 조사결과 자리돔, 용치놀래기, 어랭놀래기, 놀래기, 아홉동가리, 줄도화돔, 말쥐치, 쥐치, 달고기, 불락, 망둑류, 등은 모든 조사정점에서 공통으로 관찰되었고, 돌돔과 벙에돔, 망상어류는 어초구와 자연암반에서만 발견되었다. 9월 조사결과 자리돔, 용치놀래기, 어랭놀래기, 놀래기, 아홉동가리, 줄도화돔, 말쥐치, 쥐치, 달고기, 불락, 돌돔과 망둑류 등이 모든 조사정점에서 공통으로 관찰되었고, 벙에돔, 망상어류는 어초구와 자연암반에서만 발견되었으며, 비교구에서는 참돔이 발견되었다(표 6). 6월과 9월에 관찰된 어류의 종류는 시기별, 정점별로 큰 차이는 없었다.

〈표 6〉 조사해역에서 관찰된 어류상

국 명	어초구		자연암반		비교구	
	6월	9월	6월	9월	6월	9월
자리돔	+	+	+	+	+	+
용치놀래기	+	+	+	+	+	+
놀래기	+	+	+	+	+	+
어랭놀래기	+	+	+	+	+	+
달고기	+	+	+	+	+	+
불락	+	+	+	+	+	+
아홉동가리	+	+	+	+	+	+
돌돔	+	+	+	+	+	+
벙에돔	+	+	+	+		
참돔						+
줄도화돔	+	+	+	+	+	+
망상어	+	+	+	+		
말쥐치	+	+	+	+	+	+
쥐치	+	+	+	+	+	+
망둑류	+	+	+	+	+	+

2.5. 돛형 해삼증식초의 보존상태

우도면 천진리해역에 시설된 돛형 해삼증식초는 평면 분산 배치되어 시설되었으며, 어초의 시설상태는 전반적으로 양호하였다. 모든 어초는 사질지역에 시설되어 있었지만, 침하나 침식의 매물 흔적은 없었고, 전도되거나 파손된 어초도 발견되지 않았으며, 어초에 감태와 파래 등의 해조류 군집이 형성되어 어초가 보이지 않을 정도의 해조장이 형성되고 있었다(그림 12). 본 시험용 증식초 시설지 주변에는 암반대가 발달되어 있으며, 그 암반대에는 감태를 중심으로 한 해조류가 무성하게 자라고 있는 곳이다. 특히 감태의 경우는 유주자 이동이 넓게 분산될 수 있는 특징을 갖고 있어 주변 증식초에 포자가 원활하게 착생하여 감태 군락이 다른 해조류에 비해 용이했을 것으로 사료된다.

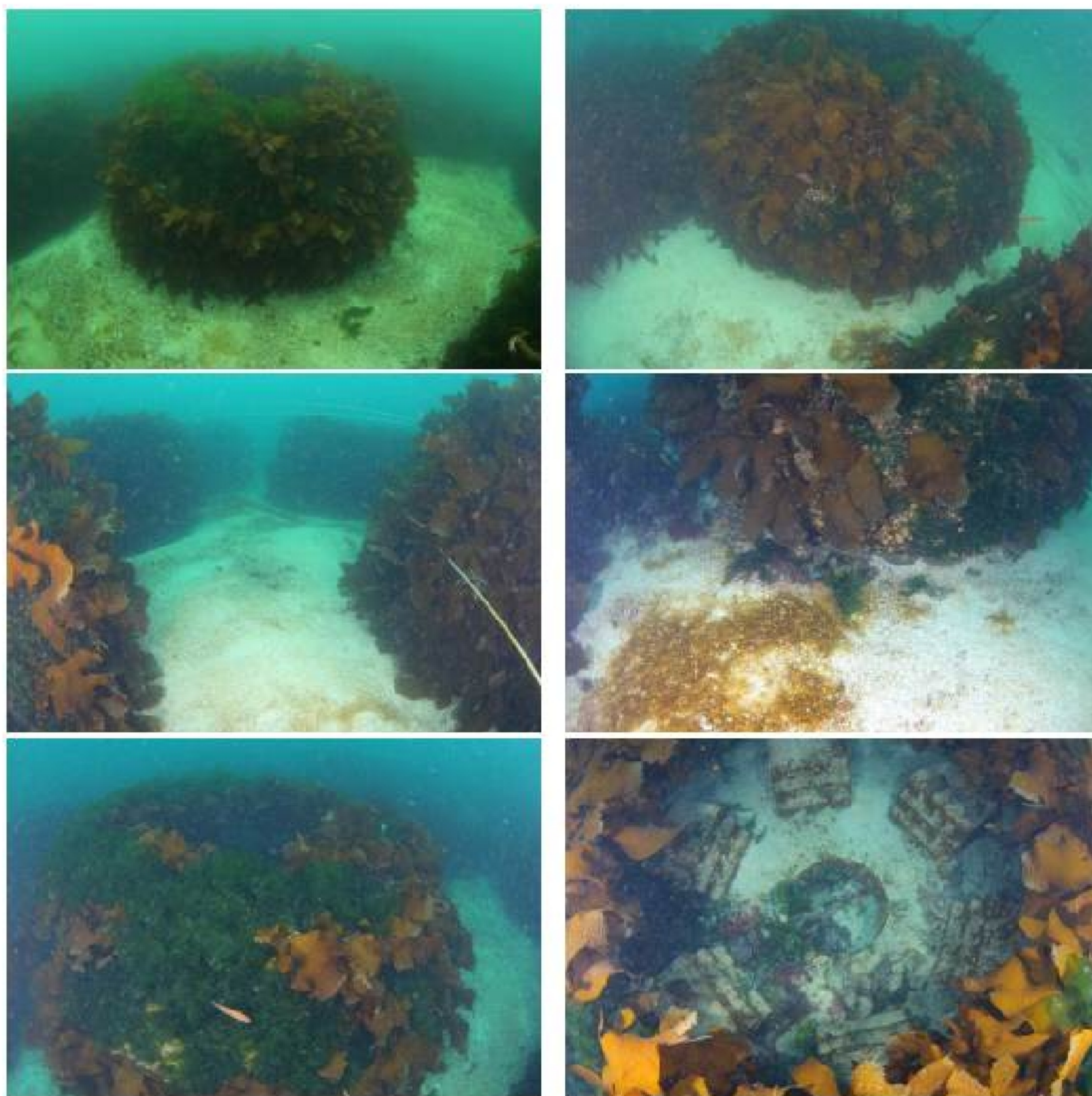


그림 12. 돛형 해삼증식초 보존상태 및 해조장 형성 상태

IV. 요약

본 시험용 돛형 해삼증식초의 시설해역은 제주시 우도면 천진리 마을어장으로 만조 시 기준 수심은 8~10m 정도였으며, 저질은 대부분 모래가 폭 넓게 분포하고 있다. 이곳에 시설된 해삼증식초는 총 120기로 전 어초를 대상으로 안정성 조사를 실시한 결과, 이동이나 매몰, 전도가 발생한 어초는 관찰되지 않아 구조상 문제가 없는 것으로 판단되었다. 또한 본 증식초에는 시설 시간이 경과하면서 감태 위주의 해조류 포자가 자연적으로 착생하면서 발아하여 지금은 감태 군락이 무성하게 형성되는 해조장 조성 효과가 높게 나타나고 있다.

한편 해삼증식초 시설지의 해양환경 분석을 위해 국가해양환경정보통합시스템(MEIS) 측정 자료를 인요하여 분석한 결과, 수질등급은 I 등급으로 매우 양호한 수질환경을 보이고 있었다. 우도해역은 제주해역에서 가장 조류소통이 원활하고 해조상이 가장 풍부한 곳으로 생물상도 다양한 해역이라고 알려져 있다. 앞으로 기존 방류한 홍해삼의 서식실태를 면밀히 추적하고 어획크기(중량 150g급 이상)에 도달하는 2017년 1월부터 5월까지 어업인과 공동으로 채취조사를 실시하여 방류효과를 분석하고 효율적인 양식섬 조성방향에 대한 종합적인 방안을 마련할 계획이다.

참고문헌

- 崔相, 大島泰雄ナマコにみられる「アカ」と「アオ」の形態および生態的差違について. 日水誌 1961 ; 27 : 97-106.
- Purcell SW, Samyu Y & Conand C. Commercially important sea cucumbers of the world. FAO species catalogue for fishery purpose No. 6. 2012.
- 崔 相. なまこの研究—まなまこの形態・生態・増殖—. 海文堂, 東京. 1963.
- 류문일, 김진수, 홍기창. 생물통계학. 고려대학교 출판부, 학술연구총서 67.
- 栗原康裕, 清河進. マナマコ資源管理技術開発. 平成6年度 北海道立稚内水産試験場 事業報告書. 1995 ; 192-200.
- 해양수산연구원. 전복류 및 홍해삼 방류기술 개발 동향. 2016.