2020년 12월

2020년 해양공원 생태계 조사 보고서

제주특별자치도
해양수산연구원

목 차

제1장 조사개요

제1절 서 론

제2절 조사의 배경 및 목적

제2장 조사내용

제1절 조사내용 및 범위

제2절 조사항목 및 방법

1. 해양환경 조사
2. 부유생태계 조사
3. 저서생물상 조사
4. 산호류 분포 조사
5. 어류상 조사

제3장 조사결과

제1절 해양환경

제2절 부유생태계

제3절 저서생물상

제4절 산호류 분포

제5절 어류상

제4장 고찰 및 제언

참고문헌

부록

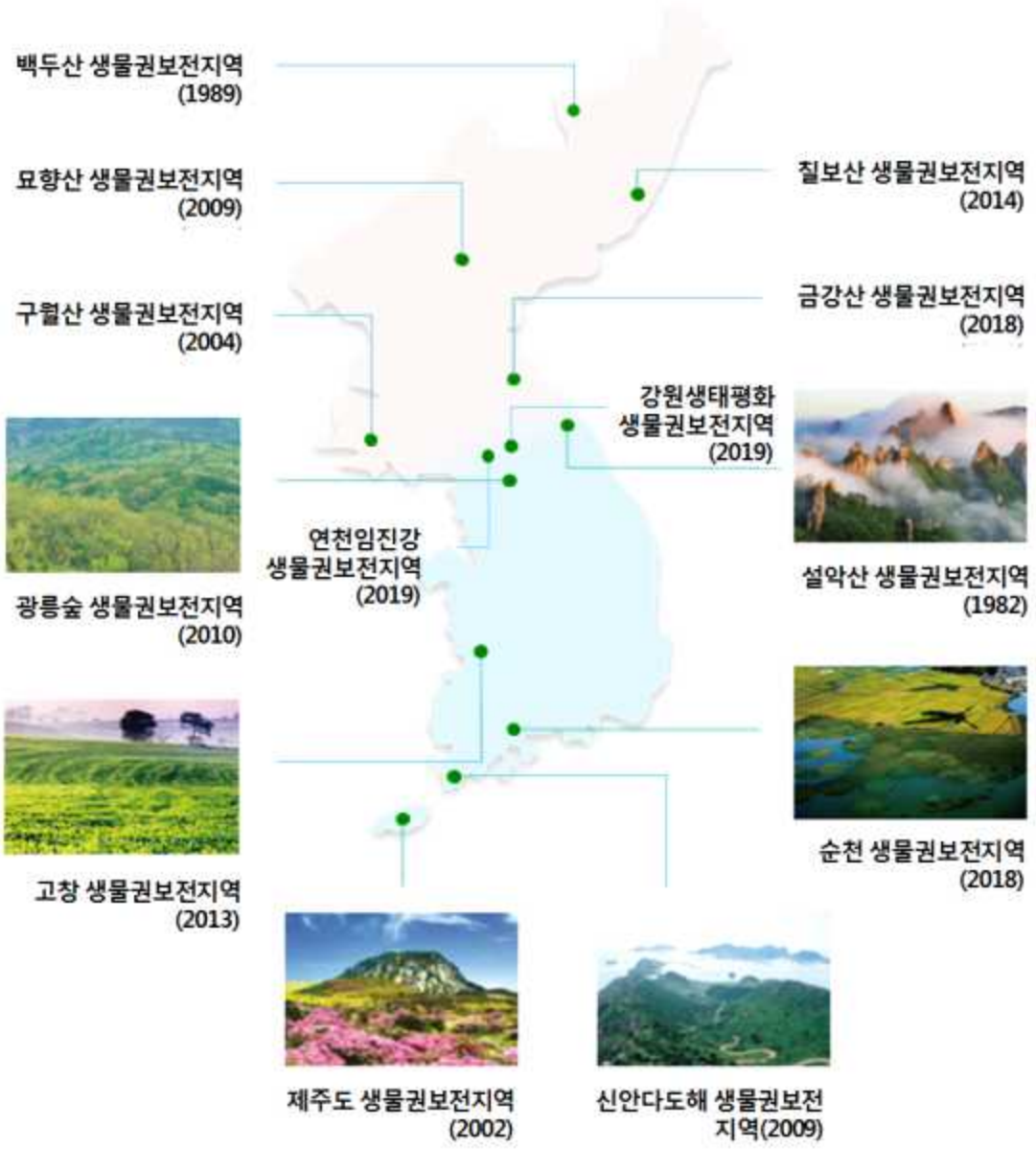
제1장 조사개요

제1절 서 론

생물권보전지역의 개념은 1968년 국제연합교육과학문화기구(유네스코)에서 '생물자원의 보전과 합리적 이용'에 관한 국제회의를 개최한 뒤, 1971년 설립된 인간과 생물권 계획(Man and the Biosphere: MAB) 프로그램을 실행하는 한 방안으로 고안되었다. 이 계획은 자연과학과 사회과학분야의 학문간 접근을 장려하고 자연자원의 지속가능한 이용과 생물다양성의 보존 그리고 인간과 전 세계 환경의 관계를 증진시키고자 시작되었다.

생물권 보전지역은 오늘날 세계가 당면한 가장 중요한 과제의 하나인 '생물다양성과 생물자원의 보전을 지속가능한 이용과 어떻게 조화시킬 수 있는가' 라는 문제를 다루고 있다. 생물권의 필수적이며 근본적인 일부로서의 인간, 인간의 영향에 따른 대규모 생태학 체계에 대한 연구, 평가, 관리의 통합적 접근, 그리고 지속가능한 자원관리를 지탱해주는 과학적이고 교육적인 활동을 계속해서 개발하는 데 중점을 두고 있다. 1976년 벨로루시 민스크에서 열린 국제 생물권보전지역 총회에서 57곳이 처음으로 지정되었으며 2020년 5월 기준 122개국 686곳에 이른다.

우리나라에서는 설악산(1982), 제주도(2002), 신안다도해(2009), 광릉숲(2010), 고창(2013), 순천(2018), 강원(2019), 연천(2019) 8곳, 북한은 백두산(1989), 구월산(2004), 묘향산(2009), 칠보산(2014), 금강산(2018) 5곳으로 총 13곳이 생물권보전지역으로 지정되어 있다. 이외에도 2개국 이상의 영토에 걸친 지역은 '접경생물권보전지역(transfrontier biosphere reserve)'으로 지정되는데, 접경생물권보전지역으로 지정되려면 2개국 이상의 영토에 걸쳐 있어야 하고, 국가가 지정하는 생물권보전지역 수준만큼의 생태적 가치가 있어야 하며, 이를 관리할 공동관리 계획이 수립되어야 하는 등의 조건을 충족시켜야 한다. 타트라 접경생물권보전지역(폴란드/슬로바키아) 등이 접경생물권보전지역으로 지정되어 있다. 최근 비무장지대 인접 강원·연천 일대가 생물권보전지역으로 지정되었다.



(그림 1.1) 한반도 생물권보전지역

생물권보전지역의 세 가지 목적을 달성하기 위해서는 참여적 관리 방식과 뚜렷한 지리적 구획이 필요하다. 아래 그림과 같이 세 구역이 원래 일련의 동심원을 이루도록 구상되었으나 현지의 요구와 조건에 맞게 다양한 형태를 보인다.

핵심구역(core area)은 엄격히 보호되는 하나 또는 여러 개 지역. 생물 다양성의 보전과 간섭을 최소화한 생태계 모니터링, 파괴적이지 않은 조사연구, 영향이 작은 이용(예:교육) 등을 할 수 있다.

완충구역(buffer area)은 핵심지역을 둘러싸고 있거나 이에 인접해 있다. 환경교육, 레크리에이션, 생태관광, 기초연구 및 응용연구 등의 건전한 생태적 활동에 적합한 협력활동을 위해 이용된다.

신축성있는 협력(전이)구역(Flexible transition area)은 다양한 농업활동, 주거지, 기타 다른 용도로 이용된다. 지역의 자원을 함께 관리하고 지속가능한 방식으로 개발하기 위해 지역사회, 관리당국, 학자, 비정부단체(NGO), 문화단체, 경제적 이해집단과 기타 이해당사자들이 함께 일하는 곳이다.



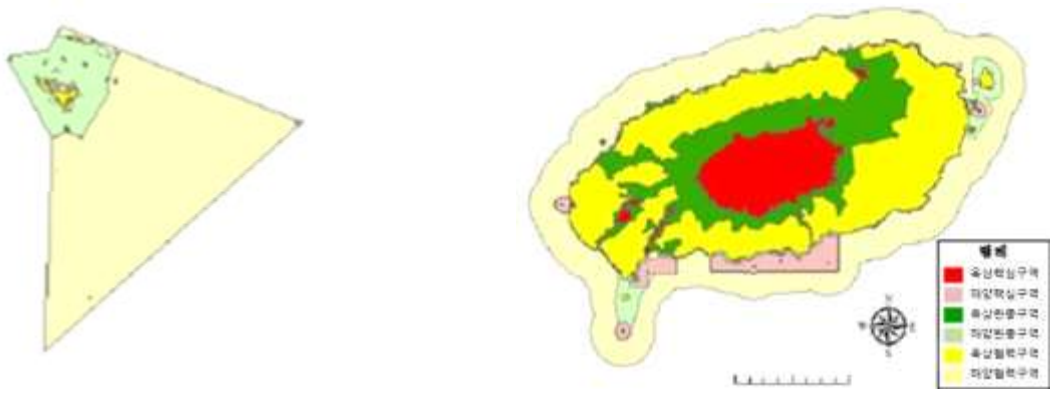
(그림 1.2) 생물권보전지역의 구역

생물권보전지역은 국제적 협약이나 협정의 적용을 받지 않으나 다음의 세 가지 기능을 적절히 수행하는데 필요한 기준들을 만족시켜야 한다.

첫째, 보전기능으로 경관 생태, 종, 유전적 변이 등 생태계가 사라지지 않도록 보전하는 기능을 수행한다.

둘째, 발전기능으로 사회, 문화적, 생태적 가치를 유지하고 지속가능한 활동을 통하여 지역과 함께 발전하기 위해 노력한다.

셋째, 지원기능으로 연구, 모니터링, 생태정보 및 교육과 지역사회, 환경에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 역량을 지원한다.



추자도 제주 본도

(그림 1.3) 제주도 생물권보전지역

제주도 생물권보전지역은 2002년 12월 16일 지정되었으며, 기존 한라산 중심으로 지정된 후 제주도 전역으로 확대되었다. 지정 면적은 총 387,194ha이며 이는 육상과 해상으로 구분된다. 육상은 전체 184,615ha로 핵심구역은 28,975ha, 완충구역은 52,353ha, 협력구역은 103,287ha이며, 해상은 전체 202,579ha로 핵심구역은 10,976ha, 완충구역은 19,933ha, 협력구역은 171,670ha이다. 제주도의 생물권보전지역의 핵심구역은 한라산 국립공원, 천연기념물(6개 섬), 해양보호구역 등을 포함한다.

해양보호구역(MPA; Marine Protected Area)은 '해양환경의 생물종, 서식지, 생태계나 생태적 작용을 보존하고 보호하기 위한 목적의 국제법에 따른 보호, 보존, 복원 예방대책을 위한 해역'(북동대서양 해양환경보호협약;OSPAR), '핵심지역, 완충지역, 부가적 활동 금지지역 등이 법률적으로 정의된 지역'(해양환경보호단체;Living Oceans Society), '바다·조간대·해저와 그 지역에 서식하는 생물, 역사적·문화적 유산이 법제도와 기타 관리수단에 의해 보전적 관리가 이루어지고 있는 지역'(세계자연보전연맹;International Union of Conservation of Nature and Nature Resources, IUCN) 등 국제적으로 지역이나 그룹에 따라 다르게 정의되지만 세계자연보전연맹(IUCN)에 의한 정의를 일반적으로 많이 사용하고 있다. 세계 최초의 해양보호구역은 1935년에 지정된 미국 플로리다 주 Jesserson National Monument의 Florida Keys Marine Sanctuary(연안육지부 35ha, 해면부 18,850ha)로, 약 5880개소로 420만㎢가 해양보호구역으로 지정되어 있다(박기춘의원 국회 정책자료집, 2012). 생물다양성협약(CBD, 1992), 유엔환경계획(UNEP, 1993), 세계자연보전연맹(IUCN, 2008) 등 보호구역에 대한 정의와 정책방향을 제시하고 있는 국제기구에서는 연안과 도서를 포함한 해역에 해양보호구역을 지정하는 목적을 생물다양성을 보전하고 국가 또는 지역, 그리고 범지구적 차원의 보전전략에 기여하며 자연경관이나 서식지, 생물종과 생태계의 다양성을 유지하는데 있음을 밝히고 있다. 이와 같은 가치를 유지하기 위하여 과학적인 모니터링과 감시를 지속적으로 수행하고 평가하며, 그 결과를 반영하여 해양보호구역으로부터 받는 혜택을 지속적으로 이용하기 위한 정책을 수립·실행하고 있다.

우리나라에의 해양보호구역은 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률(이하 해양생태법)」 제25조에 의하여 '생물다양성이 풍부하여 생태적으로 중요하거나 해양경관 등 해양자산이 우수하여 특별히 보전할 가치가 큰 구역'으로 정의된다. 그리고 「습지보전법」 제8조에 근거하여 지정·관리되고 있는 연안습지보호지역을 포함하고 있어 2018년 12월 기준 28개소 총 1,777.449㎢ 면적의 해양보호구역이 지정·관리되고 있다.

습지보호지역은 2001년 무안갯벌을 시작으로 현재까지 13개소 1,421.65㎢이며, 해양보호구역은 2002년 신두리사구해역을 시작으로 15개소(해양생태계보호구역 13개소, 해양

생물보호구역 2개소) 355.799㎢가 지정되었다. 제주특별자치도에는 문섬 등 주변해역, 추자도 주변해역, 토끼섬 주변해역 등 해양생태계보호구역 3개소가 15.457㎢의 면적이 지정·관리되어 있다.



(그림 1.4) 우리나라 해양보호구역 현황

제2절 조사의 배경 및 목적

제주도 생물권보전지역인 서귀포 연안 3개 무인도서 문섬, 범섬, 섶섬은 우리나라에서 생물다양성이 높은 지역으로 환경부지정 멸종위기야생동식물, 천연기념물 그리고 해수부 지정 보호대상해양생물이 집단으로 서식하는 곳으로 알려져 있다. 그러나 최근 기후변화 등에 의한 수온 상승으로 보호대상 해양생물의 서식지와 이동경로 등 해양생태계 변동이 초래되어 생물권보전지역 내에 서식하는 해양생물의 변화가 발생하고 있는 실정이다.

이 지역의 학술적·생태학적 가치가 높아 이들 종을 보존시키는 것이 중요하여 생물권보전지역 관리를 위한 해양생태계를 과학적으로 모니터링하기 위함이다.

생물권보전지역 내에 서식하는 환경부지정 멸종위기야생동식물, 천연기념물 그리고 해수부 지정 보호대상해양생물의 서식상태를 모니터링하고, 해양생물의 출현 양상과 분포 특성 등 정기 모니터링 통한 생물 종다양성 보전과 활용을 위한 기초자료를 확보하고자 한다.

제2장 조사내용

제1절 조사의 내용 및 범위

해양공원 생태계 조사는 2020년 2월부터 11월까지 계절별로 제주도 생물권보전지역 중 범섬, 외돌개, 문섬, 섶섬 주변 해역을 조사구역으로 설정하였다.



(그림 2.1) 조사해역 위치도

조사해역의 해양생태 모니터링의 기본 조사항목은 다음과 같다.

<표 2.1> 기본 생태환경 조사항목

구분	세부분야	조사 및 분석항목
물리환경	CTD관측	수온·염분 연직 관측조사
부유생태계	부유환경	수온, 염분, pH, DO, DIN, DIP, Chl-a, SD, 수질환경평가지수(WQI) 분석
	식물플랑크톤	종조성, 현존량, 생태지구, 군집분석
	동물플랑크톤	분류군별, 출현양상(종수, 개체수), 생태지수, 군집분석
암반생태계	저서동물	분류군별 출현양상(종수, 개체수, 생물량), 생태지수, 군집분석
	해조류	〃
	산호충류	산호충류 분포조사

해양공원 및 해양보호구역 주변 해역의 물리환경, 부유생태, 저서생태 등을 파악하기 위하여 <표 2.2> 및 (그림 2.2)과 같이 조사정점을 선정하여 현장조사를 실시하였다.

<표 2.2> 조사지점 위치 좌표

구분				정점좌표(WGS-84)	
				위도(N)	경도(E)
수질, 해양 생태계	범섬	잠수조사 (암반생태)	1	33° 13′04.62″	126° 30′48.42″
			2	33° 13′10.62″	126° 31′03.00″
		수질, CTD, 부유생물	1	33° 13′05.22″	126° 30′48.06″
			2	33° 13′11.46″	126° 31′04.26″
	외돌개	잠수조사 (암반생태)	1	33° 14′15.72″	126° 32′37.38″
			2	33° 14′12.42″	126° 32′50.76″
		수질, CTD, 부유생물	1	33° 14′15.72″	126° 32′37.38″
			2	33° 14′10.68″	126° 32′50.58″
	문섬	잠수조사 (암반생태)	1	33° 13′38.36″	126° 33′46.76″
			2	33° 13′41.06″	126° 34′02.05″
		수질, CTD, 부유생물	1	33° 13′38.52″	126° 33′44.94″
			2	33° 13′42.96″	126° 34′05.70″
	섶섬	잠수조사 (암반생태)	1	33° 13′46.38″	126° 35′46.68″
			2	33° 13′54.66″	126° 35′50.58″
		수질, CTD, 부유생물	1	33° 13′45.54″	126° 35′42.84″
			2	33° 13′53.22″	126° 35′46.56″

제2절 조사항목 및 방법

1. 해양환경 조사

해양공원 및 해양보호구역의 해양환경 상태를 파악하고자 2020년 2월, 5월, 8월, 11월에 현장조사를 실시하였다. 일반항목인 수온, 염분, pH, DO(㎎/L), 산소포화도(%)는 수온-염분 측정기(YSI ProDSS, YSI Co.)를 이용하여 실시되었다. 생태기반 해수수질 기준 산정을 위해 추가적으로 투명도는 직경 30cm 백색원판을 이용하여 측정하였고 저

층의 용존산소 농도를 측정하였다.

시료의 채취는 각 정점의 표층과 저층 해수를 대상으로 Niskin sampler를 이용하여 채수하였다. 일반분석 및 영양염류 시료는 깨끗하게 세척한 폴리에틸렌(HDPE) 용기(1L)에 이물질이 혼합되지 않도록 채수 전에 해수로 3회 이상 세척하여 채수하여 실험실로 운반하여 영양염류(암모니아, 아질산염, 질산염, 인산염)의 분석은 해양생태계 기본조사 지침서(2011)과 해양환경공정시험기준(해양수산부, 2016)에 따라 수행하였다.

<표 2.3> 해양수질 분석방법

항 목	분석 방법	분석 원리
수온, 염분, pH, DO	YSI Professianal Plus	현장에서 YSI Professianal Plus를 이용하여 측정
투명도	Secchi disk	현장에서 투명도 판(Secchi disk)을 이용하여 측정
암모니아성질소 (NH_4^+-N)	흡광광도법 (UV-1800, Shimadzu)	암모니아질소가 알칼리성에서 페놀과 차아염소산의 존재 하에서 니트로프로시드의 촉매작용으로 페놀과 반응하여 생성된 청색의 indophenol을 640 nm에서 흡광도를 측정
아질산성질소 (NO_2^--N)	흡광광도법 (UV-1800, Shimadzu)	아질산질소가 산성용액(pH 2.0~2.5) 중에서 방향족 제1아민(Sulfanilamide)과 반응하여 생성되는 diazo 화합물에 방향족 아민류(NED)를 가해 형성된 적색의 azo 화합물을 543 nm에서 흡광도를 측정
질산성질소 (NO_3^--N)	흡광광도법 (UV-1800, Shimadzu)	질산질소를 황산구리용액으로 처리한 카드뮴 입자가 채워진 환원용 유리관을 통과시키면 질산질소는 정량적으로 아질산질소로 환원된다. 이렇게 환원된 아질산질소를 NED법으로 측정하여 시수 중에 들어있던 아질산질소량을 뺀 값으로 질산질소 농도를 산출
인산염인 (PO_4^{3-}-P)	흡광광도법 (UV-1800, Shimadzu)	몰리브덴산암모늄과 타르타르산안티모닐칼륨은 산성용액에서 인산이온과 반응하여 황색의 몰리브덴산 착체를 형성하고 이를 아스코르브산으로 환원시키면 청색의 몰리브덴산청이 생성되는데 이를 885 nm에서 흡광도를 측정
Chl-a	흡광광도법 (UV-1280,	식물플랑크톤의 광합성 색소는 chlorophyll a, b, c 및 보조색소가 있으며, 이들 색소를 90% 아

항 목	분석 방법	분석 원리
	Shimadzu)	세톤용액으로 추출하고 추출액의 흡광도를 750, 665, 645, 630, 480nm에서 측정하여 chlorophyll a, b, c 및 총카로티노이드량을 계산. 해수 시료를 분석절차에 따라 분석한 후 흡광도를 측정

각 조사해역의 수질평가지수(WQI, Water Quality Index) 계산은 저층산소 포화도(DO, %), 식물플랑크톤 농도(Chl-a), 투명도(secchi disk depth), 용존무기인(DIP), 및 용존무기질소(DIN)의 항목별 점수를 이용하여 계산하였다(나 등, 2013).

수질평가지수(WQI, Water Quality Index)
= 10 × [저층산소포화도(DO)] + 6 × [(식물플랑크톤 농도(Chl-a) +
투명도(SD))/2] + 4 × [(용존무기질소 농도(DIN) + 용존무기인 농도(DIP))/2]

항목별 기준값은 수질평가지수 항목의 해역별 기준값을 적용하여 제주해역의 기준값인Chl-a (1.6㎍/L), 저층 DO (90%), 표층 DIN (165㎍/L), 표층 DIP (15㎍/L) 및 투명도(8m)을 사용하여 계산하였다(표 4~5).

<표 2.4> 수질평가지수 항목별 점수

항목별 점수	대상항목	
	Chl-a(㎍/L), DIN(㎍/L), DIP(㎍/L)	DO(포화도,%), 투명도(m)
1	기준값 이하	기준값 이상
2	< 기준값 + 0.10×기준값	> 기준값 - 0.10×기준값
3	< 기준값 + 0.25×기준값	> 기준값 - 0.25×기준값
4	< 기준값 + 0.50×기준값	> 기준값 - 0.50×기준값
5	≥ 기준값 + 0.50×기준값	≤ 기준값 - 0.50×기준값

<표 2.5> 수질평가지수 항목별 점수

대상항목 / 생태구역	Chl-a (㎍/L)	저층 DO (포화도,%)	표층DIN (㎍/L)	표층DIP (㎍/L)	투명도 (m)
동 해	2.1	90	140	20	8.5
대한해협	6.3		220	35	2.5
서남해역	3.7		230	25	0.5
서해중부	2.2		425	30	1.0
제 주	1.6		165	15	8.0

* 저층 : 해저 바닥으로부터 최대 1m 이내의 수층

<표 2.6> 생태기반 해수수질 기준

등급	수질평가 지수값(Water Quality Index)
Ⅰ(매우좋음)	23 이하
Ⅱ(좋음)	24 - 33
Ⅲ(보통)	34 - 46
Ⅳ(나쁨)	47 - 59
Ⅴ(아주나쁨)	60 이상

2. 부유생태계 조사

해양생태계 조사항목 중 식물플랑크톤은 각 해역 연안과 외해의 표층과 저층에서 Niskin 채수기로 채수한 해수를 1% 루골용액으로 고정하는 정량채집 방법을 사용하여 진행되었다. 동물플랑크톤은 각 조사해역 연안과 외해의 표층에서 원추형 네트(망구 60 ㎝, 망목 200㎛, Hydrobios Flowmeter)를 이용하여 약 1m/sec의 속도로 10분간 예인한 후 5% 중성포르말린으로 고정하여 분석에 사용하였다. 실험실로 운반된 식물과 동물 플랑크톤의 종동정에는 광학현미경(Olympus BX51)과 해부현미경(Olympus SZX12)를 사용하였다.

부유생물 군집의 생태학적 특성을 이해하기 위한 다양도 지수(Shannon and Wiener, 1963), 풍부도 지수(Magalef, 1958), 균등도 지수(Pielou, 1977) 및 우점도 지수(Simpson, 1949)는 다음과 같이 계산하였다.

<표 2.7> 생태학적 지수의 계산식

생 태 지 수	계 산 식	
다양도지수	$H' = -\sum_{i=0}^{s} P_i \times \ln(P_i)$	(Shannon and Weaver, 1963)
풍부도지수	$R = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$	(Margalef, 1958)
균등도지수	$J = \frac{H'}{\ln(S)}$	(Pielou, 1966)
우점도지수	$D = \frac{(n1+n2)}{N}$	(Mcnaughton, 1968)

여기서, P_i : i번째 종의 점유율, S : 출현종수, N : 출현개체수,
n_i : i번째 종의 개체수, $n1$: 제1우점종의 개체수, $n2$: 제2우점종의 개체수

조사해역에 출현하는 부유생물 군집특성을 분석하기 위하여 각 정점별 출현종자료를 이용하여 유사도 지수(similarity index)를 구하여 집괴분석(Cluster Analysis)울 실시하였고, 모든 자료 분석에는 Primer 6.0 프로그램을 사용하였다.

3. 저서생물상 조사

조사해역의 저서 생물상조사는 대상 해역의 해저지형을 토대로 2개의 조사 라인을 설정한 후, 각 라인을 따라 진행하면서 GPS와 현장 생물 사진을 동일한 시간대에 기록할 수 있도록 SCUBA diving을 이용하여 Line-transect 방법으로 실시하였다. 수중조사팀은 4명이 1조가 되어 수중비디오카메라(GoPro HERO 5, Deepcube Co.) 촬영 1명, 수중사진(Nikon D800, Nauticam Housing NA D800) 촬영 1명 그리고 생물 채집 2명으로 구성되었다. 각 팀은 조사선으로 조사지점에 도착하게 되면, WGS 84체제를 사용하는 프로터로 사전 준비한 조사라인의 좌표를 확인하고 도착 지점의 방향을 설정한 후 수중에 잠수를 하여 목표방향으로 진행하면서 정량·정성 채집과 각 조사라인의 특성에 대한 필요한 자료를 취득하였다.

수중에서 모든 생물에 대한 채집은 정량·정성적인 방법을 병행하여 사용하였다. 정량적인 채집은 마을어장 각 조사라인의 5m, 8m, 12m를 중심으로 50㎝×50㎝ 크기의 수중방형구(매 10cm 간격 Grid)를 이용하여 방형구내 서식하는 저서무척추동물을 끌칼과 핀셋으로 기질에서 탈락시킨 후, 10% 중성 해수-포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 확대경과 해부현미경을 이용하여 전체 채집물에서 생물들을 일차적으로 분류한 후 종동정을 실시하였으며, 종동정에는 민 등(2004), 홍 등(2006), 김과 손(2006), 조 등(2008), 서(2010), 양과 최(2011) 등을 참고하였다. 동정된 각 시료에 대하여 개체수와 생체량을 0.01g까지 측정하였다.

4. 산호류 분포 조사

조사해역의 산호류 분포조사는 산호충류의 종류상 파악 및 조사지역별 출현종 목록을 작성하였다. 종 동정은 출현 종의 동정(identification)은 전문 산호충류 분류학자에 의해 수행하며 가능한 종 수준까지 동정하는 것을 원칙으로 하되 미기록종이나 기존의 종과 분명한 차이를 가진 표본에 대하여는 sp.로 처리하였다. 학명은 한국동물명집(한국동물분류학회, 1997), 한국동식물도감(송, 2004)에 명시된 학명을 사용하되, 각 학명을 ITIS (Intergrated Taxonomic Information System), WoRMS(World Resister of Marine

Species)에서의 종정보와 비교하였다. 출현종에 대한 종 리스트 작성 및 수중사진을 토대로 정리하였고, 지역별 종조성 비교 분석 및 출현종 유사도 파악하였다. 조사해역 별 출현종의 종조성을 근거로 산호충류 분류군별 서식양상을 비교하였고, 정점별 출현종의 유사도를 근거로 서식환경을 분석하였다.

조사해역 내의 산호충류 전 출현종에 대한 고화질 접사사진 촬영을 실시하여 산호충류 군집구조 및 변화양상 파악하였다. 조사정점별 군집구조는 피도를 이용하여 각 정점별 군집특성 파악하였고. 군집을 구성하는 우점종별 피도 및 우점도로 조사지점의 군집구조를 파악하였다. 수심별 산호충류 점유도는 각 정점에서의 조사 수심별 우점 산호충류 상대피도로 나타내었다. 대표수심을 상(10m 이내), 중(20m 내외), 하(25m 이하)로 구분하고, 시기별로 각 대표 수심에서의 산호충류 상대피도 산출. 이를 근거로 시기별 변화양상 파악하였다.

5. 어류상 조사

어류군집 조사는 각 마을어장의 해중림 조성 사업지와 주변의 자연암반에서 SCUBA diving을 이용하여 Random Visual Census Method로 실시하였다(Seaman, 2000). Random Visual Census 조사는 각 마을어장의 조사정점에서 잠수조사 시 다이버가 수중비디오와 카메라를 이용하여 조사해역에 서식하는 어류를 수중촬영한 후 모니터 상에서 출현종과 개체수를 분석하는 방법으로 실시되었다. 어류의 분류와 동정에는 정(1977), 명(2001, 2009), 김 등(2005), Masuda and Kobayashi(1999) 등을 참조하였다.

제3장 조사결과

제1절 해양환경

1. 수온

해양공원 및 해양보호구역 주변해역의 수온 관측결과 표층은 15.80~25.99℃(평균 19.82℃), 저층은 15.70~22.57℃(평균 18.81℃)의 범위로 표층이 1℃ 높게 나타내고 있었다.

조사 시기별 관측 결과, 2월 조사시 표층은 16.20~17.00℃(평균 16.48℃)의 범위, 저층은 15.90~16.40℃(평균 16.13℃)의 범위로 외돌개 주변해역이 다소 높은 분포를 보이고 있었다. 5월 조사시 표층은 15.80~16.30℃(평균 15.95℃)의 범위, 저층은 15.70~16.00℃(평균 15.90℃)의 범위로 표·저층 간 큰 차이를 보이지 않았다. 8월 조사시 표층은 21.67~25.99℃(평균 24.69℃)의 범위, 저층은 20.20~22.57℃(평균 21.02℃)의 범위로 표층은 문섬 주변해역이 가장 높고, 섶섬해역이 낮은 값을 보였으며, 저층은 조사해역 간 큰 차이를 보이지 않았다. 11월 조사시 표층은 21.89~22.36℃(평균 22.15℃)의 범위, 저층은 21.91~22.50℃(평균 22.21℃)의 범위로 표·저층 간 균일한 수온 분포를 보였다.

<표 3.1.1> 2020년 해양공원 및 해양보호구역 수온 분포

구분	범섬		외돌개		문섬		섶섬		평균
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	
2월	16.2	15.9	17.0	16.2	16.2	15.9	16.5	16.4	16.3
5월	15.8	15.7	16.3	16.0	15.8	15.9	15.9	16.0	15.9
8월	25.8	22.6	25.3	20.5	26.0	20.9	21.7	20.2	22.9
11월	21.9	21.9	22.4	22.5	22.4	22.3	22.0	22.1	22.2









(그림 3.1.1) 해양공원 및 해양보호구역 주변해역의 수온 분포

2. 염분

해양공원 및 해양보호구역 주변해역의 염분 관측결과 표층은 32.18~35.01psu(평균 33.72psu), 저층은 33.01~35.10psu의 범위로 동계 조사시기인 2월에 높고 하계 조사시기인 8월에 낮게 관측되었으며 표층보다는 저층에서 높은 염분농도를 보였다.

조사 시기별 관측 결과, 2월 조사시 표층은 34.39~35.01psu(평균 34.81psu)의 범위, 저층은 34.51~35.10psu(평균 34.90psu)의 범위로 조사정점과 수층에 관계없이 유사한 염분농도를 보였다. 5월 조사시 표층은 34.65~34.82psu(평균 34.77psu)의 범위, 저층은 34.78~34.83psu(평균 34.81psu)의 범위로 조사정점과 수층에 관계없이 유사한 염분농도를 보였다. 8월 조사시 표층은 32.18~32.57psu(평균 32.35psu)의 범위, 저층은 33.01~33.51psu(평균 33.26psu)의 범위로 표층이 저층에 비해 낮은 염분농도를 보였다. 11월 조사시 표층은 32.84~33.10psu(평균 32.97psu)의 범위, 저층은 33.10~33.73psu(평균 33.29psu)의 범위로 표·저층 간 균일한 염분농도를 보였다.

<표 3.1.2> 2020년 해양공원 및 해양보호구역 염분 분포

구분	범섬		외돌개		문섬		섶섬		평균
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	
2월	35.0	35.1	34.4	34.5	35.0	35.1	34.9	34.9	34.9
5월	34.8	34.8	34.7	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8
8월	32.2	33.0	32.4	33.3	32.3	33.5	32.6	33.2	32.8
11월	33.1	33.1	33.1	33.2	32.9	33.7	32.8	33.1	33.1









(그림 3.1.2) 해양공원 및 해양보호구역 주변해역의 염분 분포

3. 수소이온농도(pH)

해양공원 및 해양보호구역 주변해역의 수소이온농도 관측결과 표층은 7.81~8.29(평균 8.12), 저층은 7.84~8.23(평균 8.12)의 범위를 나타내어 5월에 가장 낮고 8월에 가장 높은 농도를 보였다.

조사 시기별 관측 결과, 2월 조사시 표층은 8.34~8.43(평균 8.40)의 범위, 저층은 8.35~8.44(평균 8.40)의 범위로 조사정점과 수층에 관계없이 유사한 농도를 보였다.

5월 조사시 표층은 7.81~7.96(평균 7.90)의 범위, 저층은 7.84~7.99(평균 7.91)의 범위로 동계시와 큰 차이를 보이지 않았으며 수층과 조사 지역간 유사한 농도를 나타냈다. 8월 조사시 표층은 8.17~8.29(평균 8.25)의 범위, 저층은 8.12~8.23(평균 8.20)의 범위로 수층과 조사 지역간 유사한 농도를 나타냈다. 11월 조사시 표층은 8.14~8.23(평균 8.19)의 범위, 저층은 8.14~8.23(평균 8.18)의 범위로 8월 조사기간과 유사한 농도를 나타냈다.

<표 3.1.3> 2020년 해양공원 및 해양보호구역 수소이온농도(pH) 분포

구분	범섬		외돌개		문섬		섶섬		평균
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	
2월	8.19	8.21	8.13	8.18	8.14	8.18	8.11	8.17	8.16
5월	7.96	7.97	7.91	7.84	7.81	7.85	7.93	7.99	7.91
8월	8.17	8.12	8.27	8.22	8.26	8.22	8.29	8.23	8.22
11월	8.14	8.15	8.22	8.21	8.16	8.14	8.23	8.23	8.19









(그림 3.1.3) 해양공원 및 해양보호구역 주변해역의 수소이온농도(pH) 분포

4. 용존산소(DO)

해양공원 및 해양보호구역 주변해역의 용존산소 관측결과 표층은 6.60~8.02㎎/L(평균 7.26㎎/L), 저층은 평균 6.20~7.06㎎/L(평균 6.82㎎/L)의 범위를 나타냈다. 수층별로 표층은 2월(동계)에서 8월(하계)로 갈수록 낮은 농도를 보였으며, 저층은 계절 간 큰 차이를 보이지 않았다.

조사 시기별 관측 결과, 2월 조사시 표층은 8.21~8.40㎎/L의 범위, 저층은 7.53~8.12㎎/L의 범위로 범섬과 외돌개에서 수층간 차이가 크게 나타났다.

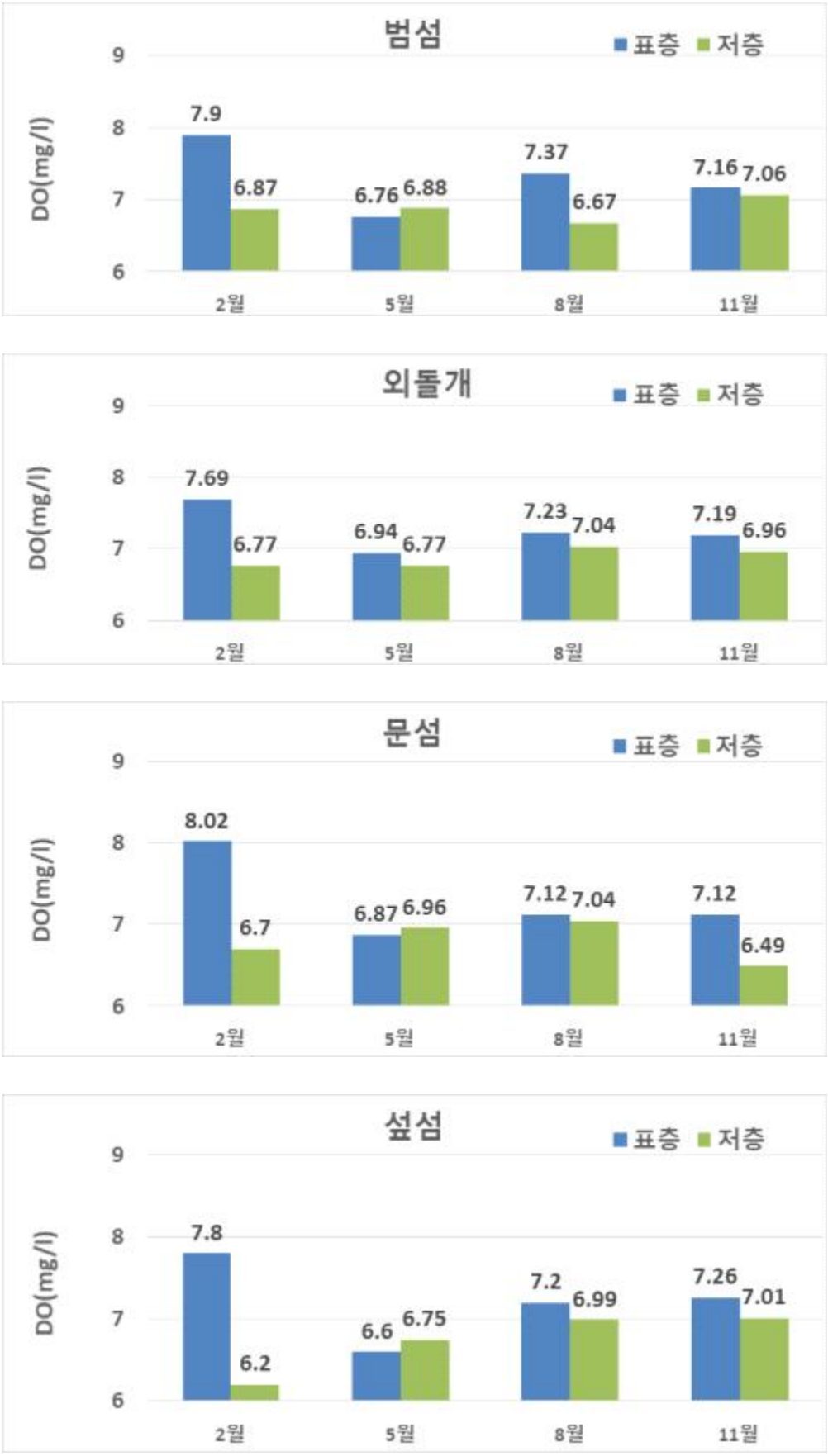
5월 조사시 표층은 6.60~6.94㎎/L(평균 6.79㎎/L)의 범위, 저층은 6.75~6.96㎎/L(평균 6.84㎎/L)의 표·저층 간 큰 차이를 보이지 않았다.

8월 조사시 표층은 7.12~7.37㎎/L(평균 7.23㎎/L)의 범위, 저층은 6.67~7.04㎎/L(평균 6.94㎎/L)의 범위를 나타내었다.

11월 조사시 표층은 7.12~7.26㎎/L(평균 7.18㎎/L)의 범위, 저층은 6.49~7.06㎎/L(평균 6.88㎎/L)의 범위로 조사해역 간 큰 차이는 없었으며, 저층에 비해 표층이 높은 분포를 보이고 있었다.

<표 3.1.4> 2020년 해양공원 및 해양보호구역 용존산소(DO) 분포

구분	범섬		외돌개		문섬		섶섬		평균
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	
2월	7.9	6.87	7.69	6.77	8.02	6.7	7.8	6.2	7.24
5월	6.76	6.88	6.94	6.77	6.87	6.96	6.6	6.75	6.82
8월	7.37	6.67	7.23	7.04	7.12	7.04	7.2	6.99	7.08
11월	7.16	7.06	7.19	6.96	7.12	6.49	7.26	7.01	7.03



(그림 3.1.4) 해양공원 및 해양보호구역 주변해역의 용존산소(DO) 농도 분포

5. 클로로필 a

해양공원 및 해양보호구역 주변해역의 클로로필 a 관측결과 표층에서 0.30~1.99㎎/L(평균 1.01㎎/L), 저층은 0.4~1.41㎎/L(평균 0.85㎎/L)의 범위를 나타냈다. 수층별로 표층은 11월(추계)에 높고, 8월(하계)에 낮은 농도를 보였으며, 저층은 8월(하계)이 높고 11월(추계)에 낮은 농도를 보였다.

조사 시기별 관측 결과, 2월 조사시 표층은 0.69~1.40㎎/L(평균 0.87㎎/L)의 범위, 저층은 0.67~1.35㎎/L(평균 0.94㎎/L)의 범위로 문섬에서 최대 외돌개와 섶섬에서 낮은 분포를 보였다. 5월 조사시 표층은 0.62~0.84㎎/L(평균 0.74㎎/L)의 범위, 저층은 0.51~0.62㎎/L(평균 0.59㎎/L)의 범위로 조사 지역간 큰 차이는 없으며, 저층에서 낮은 분포를 보였다. 8월 조사시 표층은 0.30~1.09㎎/L(평균 0.69㎎/L)의 범위, 저층은 0.40~0.84㎎/L(평균 0.61㎎/L)의 범위로 범섬해역이 다른 조사해역보다 높은 값을 나타내고 있었다. 11월 조사시 표층은 1.43~1.99㎎/L(평균 1.76㎎/L)의 범위, 저층은 0.98~1.41㎎/L(평균 1.25㎎/L)의 범위로 조사 지역간 큰 차이는 없으며, 표·저층 간 다른 계절에 비해 높은 분포를 보이고 있었다.

<표 3.1.5> 2020년 해양공원 및 해양보호구역 클로로필 a 분포

구분	범섬		외돌개		문섬		섶섬		평균
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	
2월	0.69	1.06	0.69	0.69	1.4	1.35	0.71	0.67	0.91
5월	0.74	0.51	0.62	0.62	0.84	0.62	0.74	0.62	0.66
8월	1.09	0.84	0.74	0.71	0.62	0.49	0.3	0.4	0.65
11월	1.74	1.41	1.87	1.3	1.43	0.98	1.99	1.3	1.50









(그림 3.1.5) 해양공원 및 해양보호구역 주변해역의 클로로필 a 농도 분포

6. 수질평가지수(WQI)

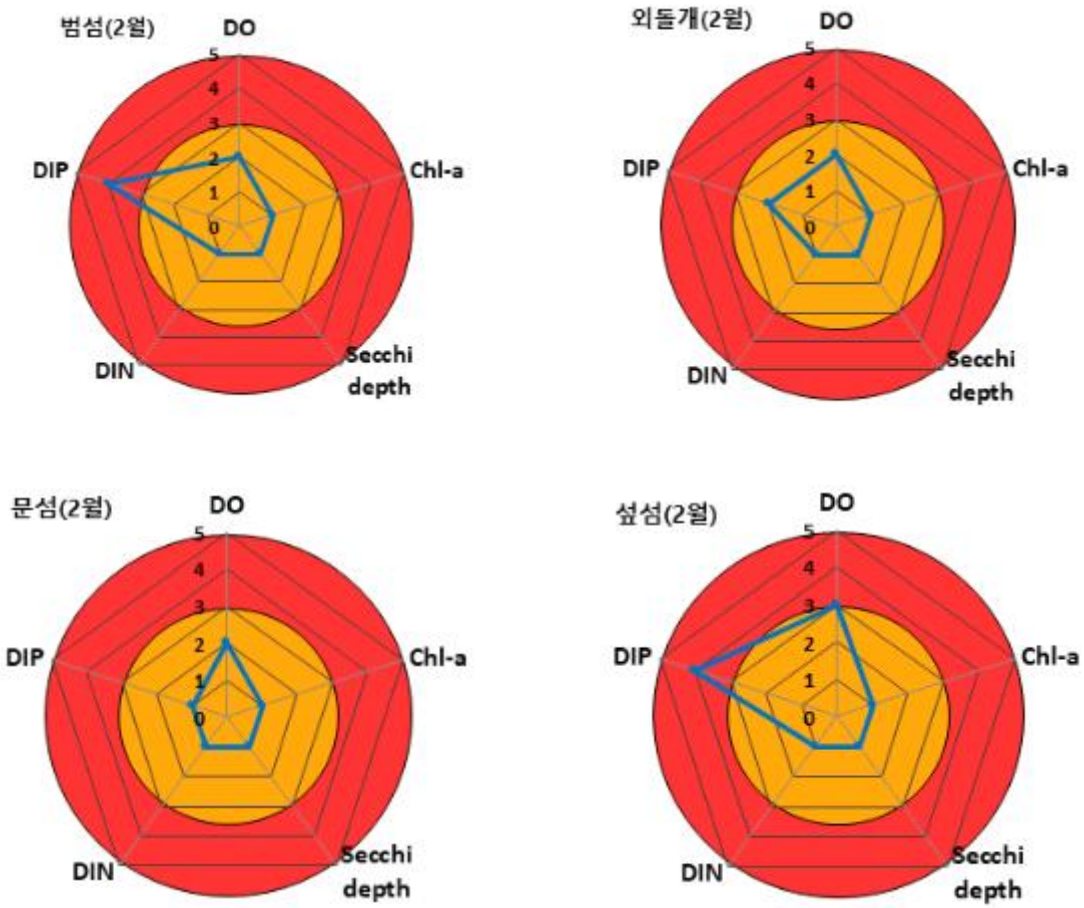
수질평가지수는 기준 항목의 해역별 기준값을 적용하여 나타난 점수를 이용, 수질평가지수를 계산하여 등급화하여 나타내었다.

2020년 2월 조사결과, 범섬, 섶섬 해역에서 Ⅲ등급(보통)을 나타내었고, 외돌개, 문섬 해역에서 Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다.

각 항목별 등급 점수는 범섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 4점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 36점으로 Ⅲ등급(보통)을 나타내었다. 외돌개 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 2점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 1점, WQI 32점으로 Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다. 문섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 1점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 1점, WQI 30점으로 Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다. 섶섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 4점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 1점, WQI 46점으로 Ⅲ등급(보통)을 나타내었다.

<표 3.1.6> 수질평가지수에 의한 등급(2020년 2월)

지점 \ 항목	표층 DIN (μg/L)	표층 DIP (μg/L)	Chl-a (μg/L)	투명도 (m)	저층 DO 포화도(%)	WQI	등급
	점수	점수	점수	점수	점수		
범섬	1	4	1	1	2	36	Ⅲ
외돌개	1	2	1	1	1	32	Ⅱ
문섬	1	1	1	1	1	30	Ⅱ
섶섬	1	4	1	1	1	46	Ⅲ



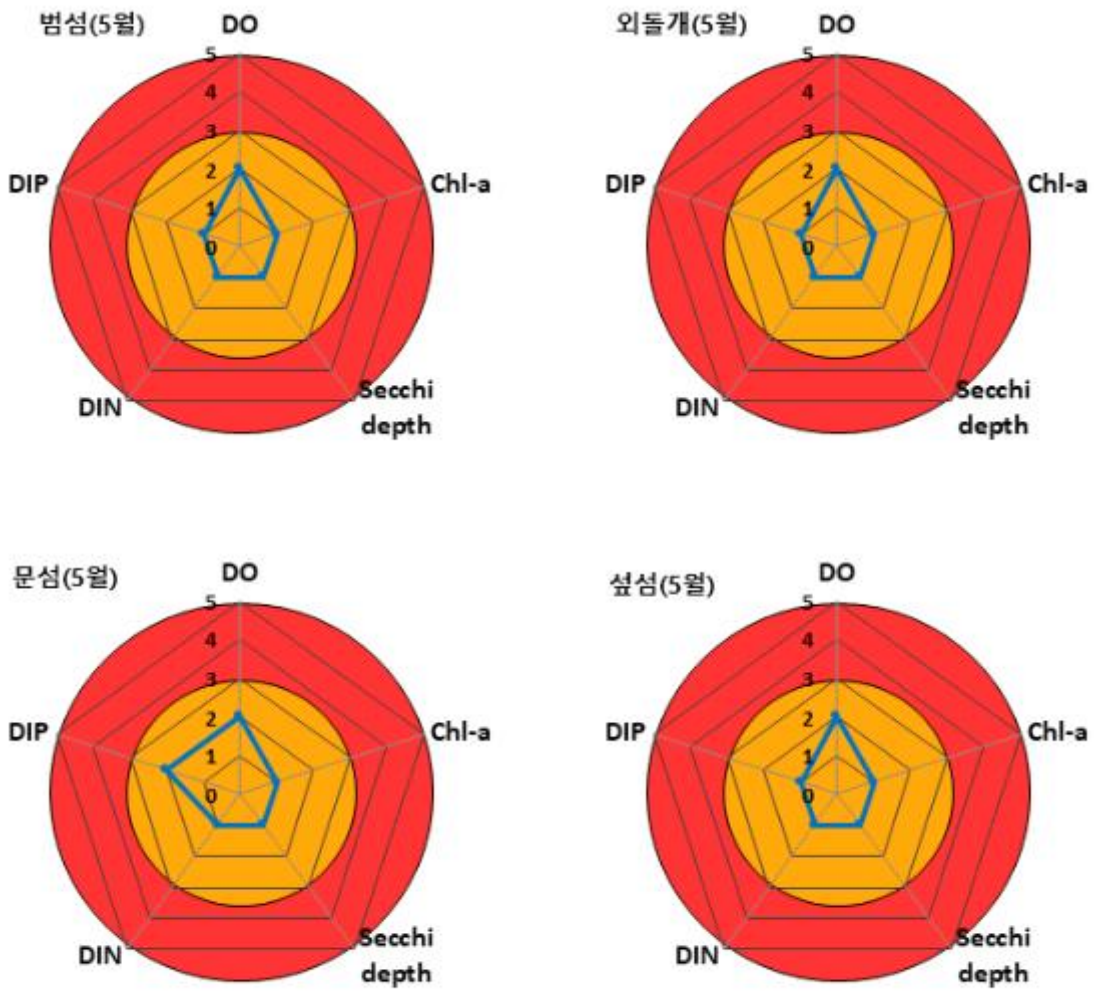
(그림 3.1.6) 수질등급도표(2020년 2월)

2020년 5월 조사결과, 모든 조사해역의 수질평가지수는 Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다.

각 항목별 등급 점수는 범섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 4점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 30점으로 Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다. 외돌개 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 1점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 30점으로 Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다. 문섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 2점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 32점으로 Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다. 섶섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 1점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 30점으로Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다.

<표 3.1.7> 수질평가지수에 의한 등급(2020년 5월)

지점 \ 항목	표층 DIN (μg/L)	표층 DIP (μg/L)	Chl-a (μg/L)	투명도 (m)	저층 DO 포화도(%)	WQI	등급
	점수	점수	점수	점수	점수		
범섬	1	1	1	1	2	30	Ⅱ
외돌개	1	1	1	1	2	30	Ⅱ
문섬	1	2	1	1	2	32	Ⅱ
섶섬	1	1	1	1	2	30	Ⅱ

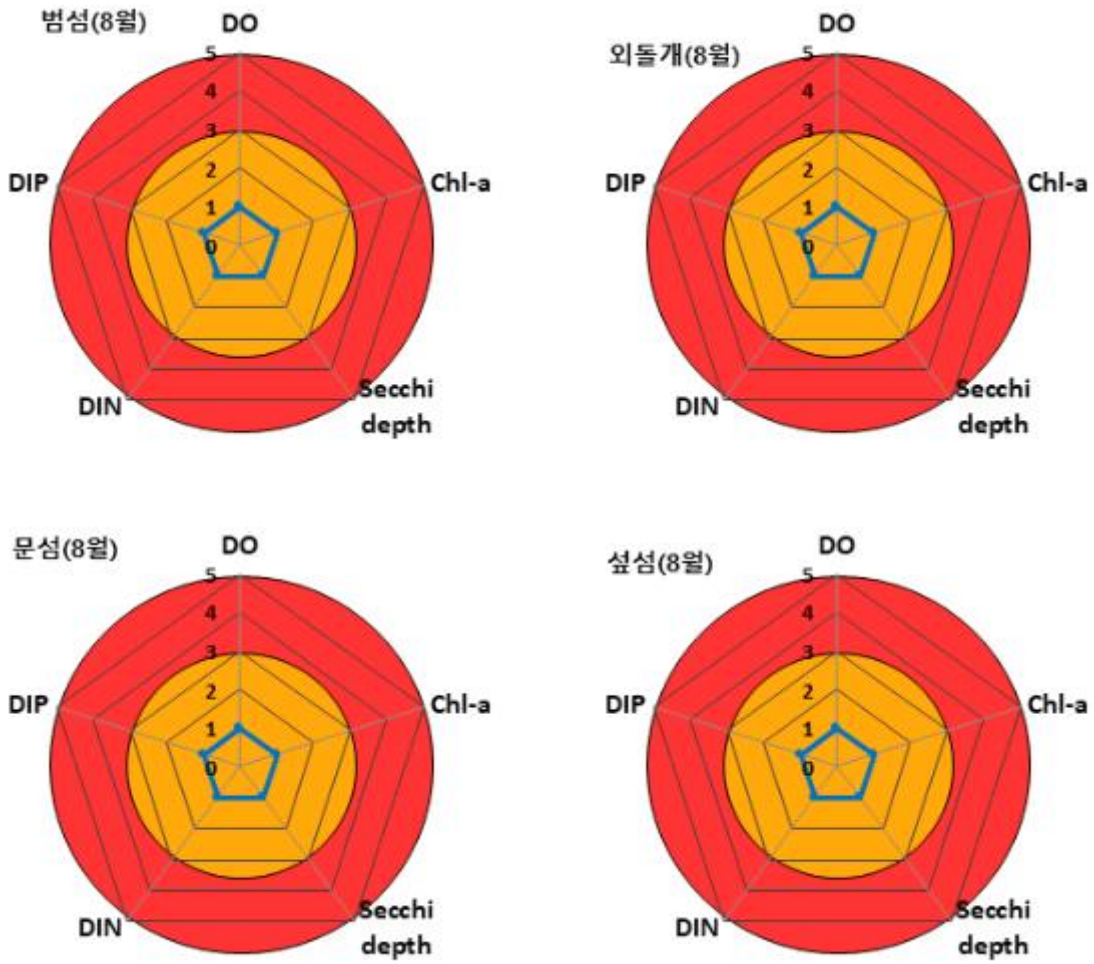


(그림 3.1.7) 수질등급도표(2020년 5월)

2020년 8월 조사결과, 모든 조사해역의 수질평가지수는 Ⅰ등급(매우좋음)을 나타내었다. 각 항목별 등급 점수는 범섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 1점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 20점으로 1등급을 나타내었다. 외돌개 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 1점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 20점으로 1등급을 나타내었다. 문섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 1점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 20점으로 1등급을 나타내었다. 섶섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 1점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 20점으로 1등급을 나타내었다.

<표 3.1.8> 수질평가지수에 의한 등급(2020년 8월)

항목 / 지점	표층 DIN (μg/L) 점수	표층 DIP (μg/L) 점수	Chl-a (μg/L) 점수	투명도 (m) 점수	저층 DO 포화도(%) 점수	WQI	등급
범섬	1	1	1	1	2	20	I
외돌개	1	1	1	1	2	20	I
문섬	1	2	1	1	2	20	I
섶섬	1	1	1	1	2	20	I



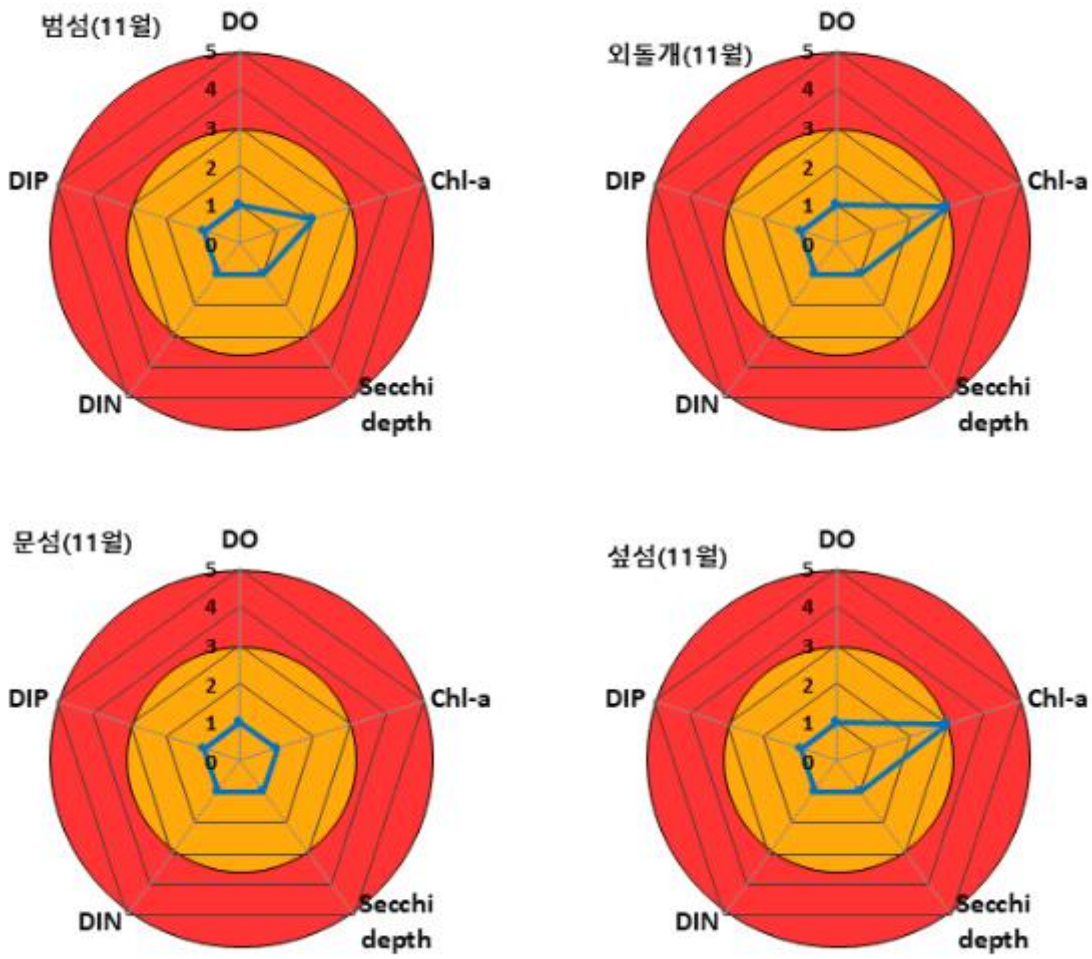
(그림 3.1.8) 수질등급도표(2020년 5월)

2020년 11월 조사결과, 범섬, 문섬 해역에서 I등급(매우 좋음), 외돌개, 섶섬 해역에서 Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다.

각 항목별 등급 점수는 범섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 1점, Chl-a 2점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 23점으로 Ⅰ등급(매우 좋음)을 나타내었다. 외돌개 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 1점, Chl-a 3점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 26점으로 Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다. 문섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 2점, Chl-a 1점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 20점으로 Ⅰ등급(매우 좋음)을 나타내었다. 섶섬 해역에서 표층 DIN(μg/L) 1점, 표층 DIP(μg/L) 1점, Chl-a 3점, 투명도 1점, 저층 DO포화도 2점, WQI 26점으로Ⅱ등급(좋음)을 나타내었다.

<표 3.1.9> 수질평가지수에 의한 등급(2020년 11월)

항목 / 지점	표층 DIN (μg/L) 점수	표층 DIP (μg/L) 점수	Chl-a (μg/L) 점수	투명도 (m) 점수	저층 DO 포화도(%) 점수	WQI	등급
범섬	1	1	2	1	2	23	Ⅰ
외돌개	1	1	3	1	2	26	Ⅱ
문섬	1	2	1	1	2	20	Ⅰ
섶섬	1	1	3	1	2	26	Ⅱ



(그림 3.1.9) 수질등급도표(2020년 5월)

제2절 부유생태계

1. 식물플랑크톤

2020년 2월에 조사해역의 식물플랑크톤 출현종수는 총 67종으로 수층에 따라 표층에서 53종, 저층에서 51종이 출현하였고, 평균 현존량은 표층 31,350 cells/L, 저층 37,016 cells/L로 평균 34,183 cells/L가 나타났다.

2020년 5월에 조사해역의 식물플랑크톤 출현종수는 총 45종으로 수층에 따라 표층에서 35종, 저층에서 29종이 출현하였고, 평균 현존량은 표층 4,014 cells/L, 저층 3,463 cells/L로 평균 3,739 cells/L가 나타났다.

2020년 8월에 조사해역의 식물플랑크톤 출현종수는 총 46종으로 수층에 따라 표층에서 36종, 저층에서 32종이 출현하였고, 평균 현존량은 표층 5,192 cells/L, 저층 3,209 cells/L로 평균 4,201 cells/L가 나타났다.

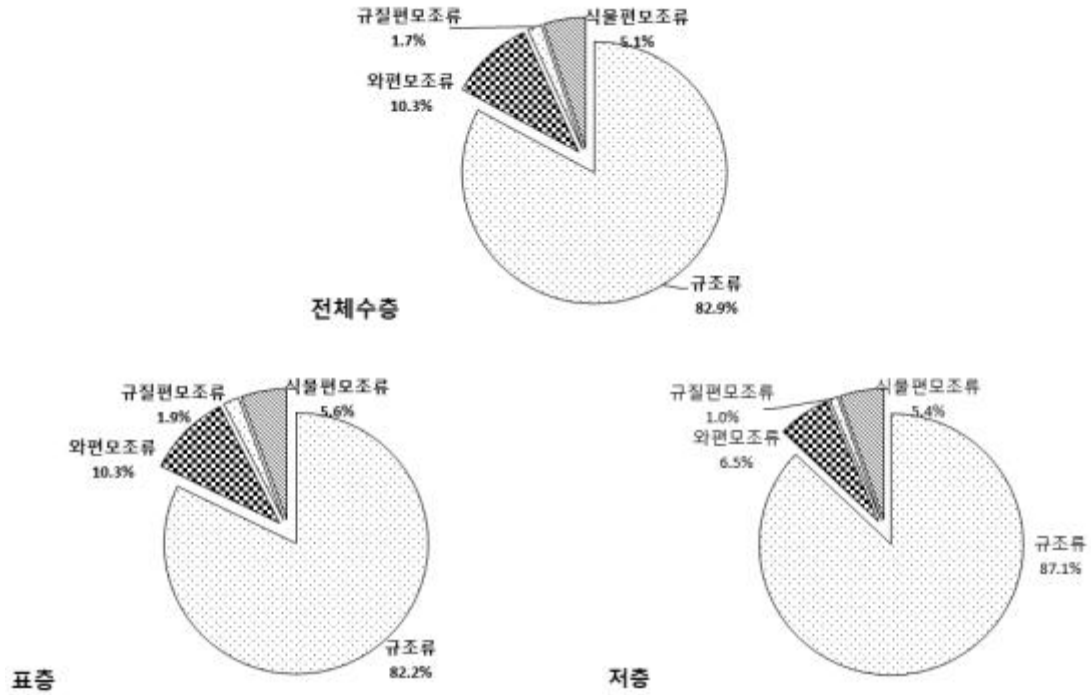
2020년 11월에 조사해역의 식물플랑크톤 출현종수는 총 79종으로 수층에 따라 표층에서 73종, 저층에서 59종이 출현하였고, 평균 현존량은 표층 41,945 cells/L, 저층 32,532 cells/L로 평균 37,239 cells/L가 나타났다.

<표 3.2.1> 식물플랑크톤의 조사시기별 출현종수와 평균 현존량 비교

조사시기 / 항목		출현종수	평균 현존량 (cells/L)	우점종
2020년 2월	표 층	53	31,350	*Chaetoceros socialis*
	저 층	51	37,016	*Chaetoceros decipiens*
	종수/평균	66	34,183	-
2020년 5월	표 층	35	4,014	*Chaetoceros decipiens*
	저 층	29	3,463	*Chaetoceros decipiens*
	종수/평균	45	3,738	-
2020년 8월	표층	36	6,535	*Chaetoceros decipiens*
	저층	32	3,703	*Chaetoceros decipiens*
	종수/평균	46	5,119	-
2020년 11월	표층	73	42,283	*Chaetoceros decipiens*
	저층	59	32,642	*Chaetoceros decipiens*
	종수/평균	79	37,463	-

1) 전체 종조성

전체 조사기간 동안 해양공원 및 해양보호구역 조사해역에서 출현한 식물플랑크톤은 4개 분류군으로 총 117종이 조사되었다. 분류군별로는 규조류(Bacillariophyceae)가 97종(82.9%)이 출현하여 가장 다양하였다. 와편모조류(Dinophyceae)는 12종, 규질편모조류(Silicoflagellates)는 2종, 식물편모조류(Phytoflagellates)는 6종이 출현하였다. 수층에 따라 표층 107종, 저층 93종으로 표층이 저층보다 상대적으로 다양한 종이 출현한 것으로 나타났다. 규조류는 표층과 저층이 각각 82.2%, 87.4%의 높은 점유율을 차지하는 것으로 나타났다.



(그림 3.2.1) 식물플랑크톤의 분류군별 종조성

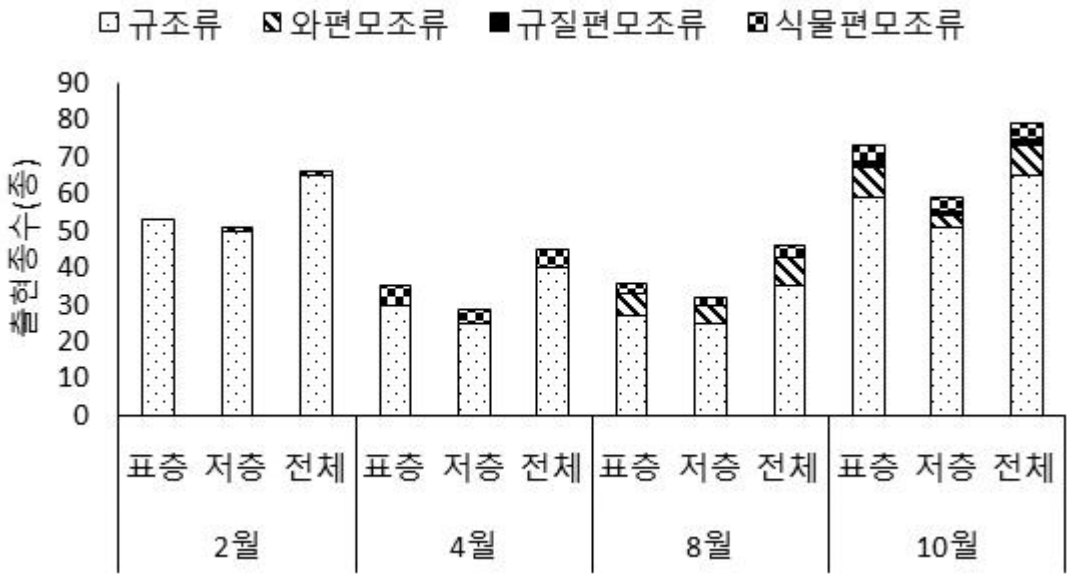
<표 3.2.2> 식물플랑크톤의 분류군별 종조성(전체 조사기간)

분류군	표층		저층		전체	
	종수	%	종수	%	종수	%
규조류	88	82.2	81	87.1	97	82.9
와편모조류	11	10.3	6	6.5	12	10.3
규질편모조류	2	1.9	1	1.0	2	1.7
식물편모조류	6	5.6	5	5.4	6	5.1
합 계	107	100.0	93	100.0	117	100.0

2) 시기별 종조성

조사 시기별 식물플랑크톤의 출현종수는 2020년 2월에 66종, 5월에 45종, 8월에 46종, 11월에 79종으로 추계인 11월에 많고, 춘계인 5월에 적은 종수가 출현하는 것으로 조사되었다.

식물플랑크톤의 수층별 종수를 살펴보면, 2월은 표층 53종, 저층 51종으로 저층이 표층보다 다소 많은 종수가 출현하였으며, 5월은 표층 35종, 저층 29종으로 2월과는 반대로 표층에서 많은 종수가 조사되었다. 8월은 표층 36종, 저층 32종으로 표층에서 많은 종이 출현하였고, 11월은 표층 73종, 저층 59종으로 표층에서 많은 종이 출현하였다.모든 수층과 모든 조사 시기에 규조류가 우점하는 분류군으로 나타났다.



(그림 3.2.2) 2020년 조사시기별 식물플랑크톤의 분류군별 종조성

<표 3.2.3> 2020년 조사시기별 식물플랑크톤의 분류군별 종조성

분류군	2월			5월			8월			11월		
	표층	저층	전체	표층	저층	전체	표층	저층	전체	표층	저층	전체
규조류	53	50	65	30	25	40	27	25	35	59	51	65
와편모조류							6	5	8	8	3	8
규질편모조류										2	1	2
식물편모조류		1	1	5	4	5	3	2	3	4	4	4
합 계	53	51	66	35	29	45	36	32	46	73	59	79

3) 시기별 현존량

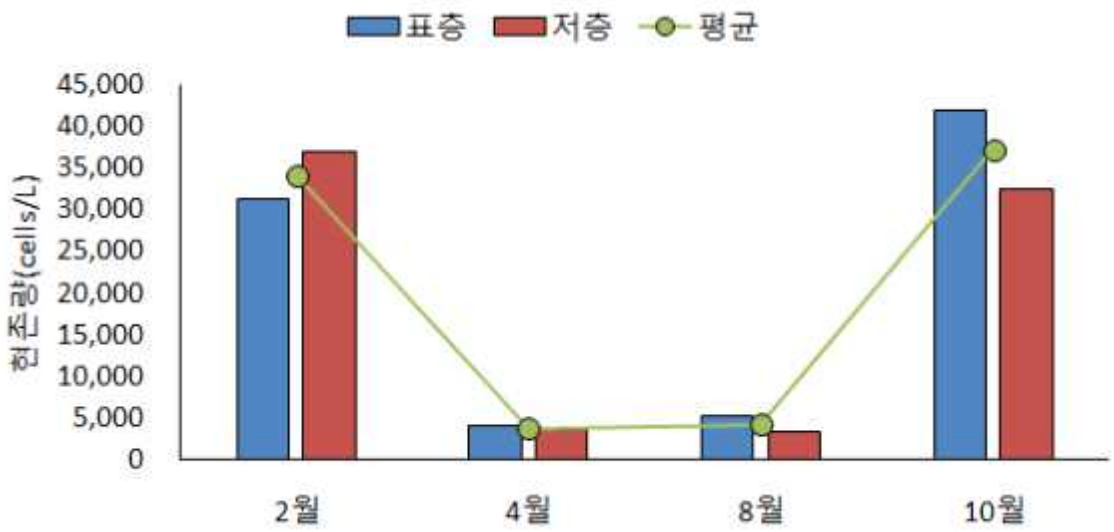
조사 기간 중 조사해역에 출현한 식물플랑크톤의 현존량은 3,739~37,239 cells/L(평균 19,841 cells/L)의 범위로 조사되었으며, 11월(추계)에 가장 많은 현존량을 보였고, 5월(춘계)에 가장 적은 현존량이 나타났다.

2020년 2월에 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 37,239 cells/L로 출현하였고, 수층별로는 표층이 31,350 cells/L, 저층이 37,017 cells/L로 수층 간 현존량은 유사하게 나타났다.

5월에 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 3,739 cells/L로 수층별로는 표층이 4,014 cells/L, 저층이 3,463 cells/L로 표층이 저층보다 많은 현존량이 나타났다.

8월에 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 4,201 cells/L로 수층별로는 표층이 5,192 cells/L, 저층이 3,209 cells/L로 표층이 저층보다 많은 현존량이 나타났다.

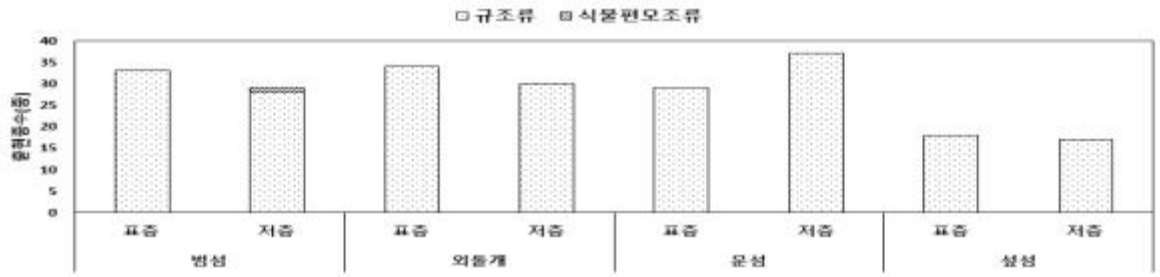
11월에 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 37,239 cells/L로 수층별로는 표층이 41,945 cells/L, 저층이 32,532 cells/L로 표층이 저층보다 많은 현존량이 나타났다.



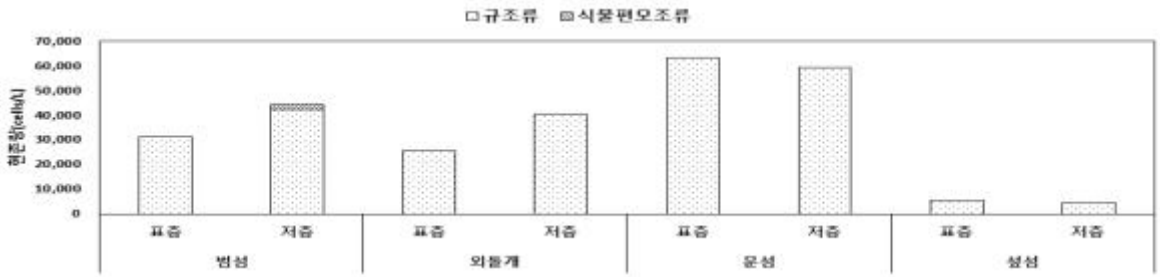
(그림 3.2.3) 조사시기별 식물플랑크톤의 현존량

4) 정점별 종조성 및 현존량

2020년 2월에 조사해역에 출현한 식물플랑크톤의 출현종수와 현존량을 살펴보면, 출현종수는 17~37종의 범위로 문섬(저층)에서 가장 많은 종이 출현하였고. 섶섬(저층)에서 가장 적게 출현하였다. 현존량은 4,368~63,258 cells/L의 범위로 조사 정점에 따른 현존량의 차이가 보였으며, 문섬(표층)에서 가장 높은 현존량을 보였고, 섶섬(저층)에서 가장 낮은 현존량을 나타내었다. 모든 정점에서 규조류의 종수와 현존량이 전체 분류군에서 차지하는 점유율이 높게 나타났다.



(그림 3.2.4) 식물플랑크톤의 정점별 출현종수(2020년 2월)



(그림 3.2.5) 식물플랑크톤의 정점별 현존량(2020년 2월)

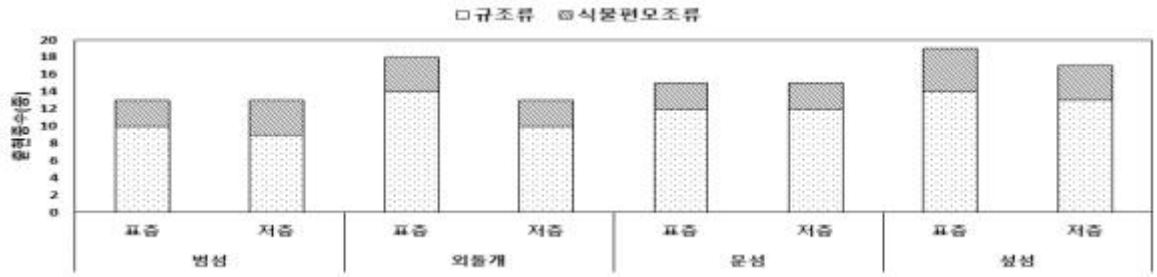
<표 3.2.4> 2020년 2월 정점별 식물플랑크톤의 종수

분류군	범섬		외돌개		문섬		섶섬		총 종수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
규조류	33	28	34	30	29	37	18	17	53	50
식물편모조류	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1
전체	33	29	34	30	29	37	18	17	53	51

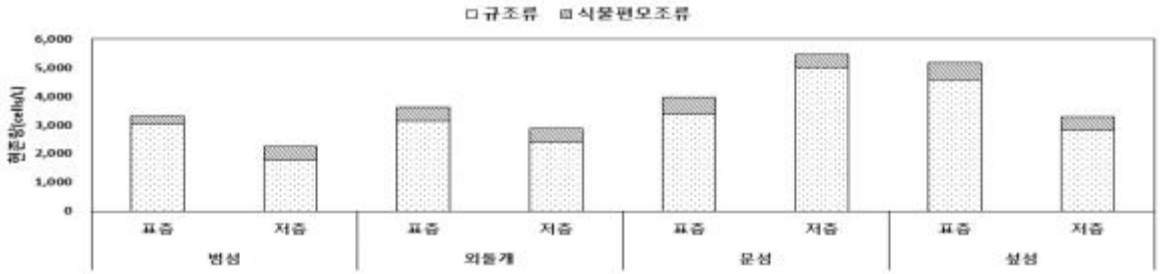
<표 3.2.5> 2020년 2월 정점별 식물플랑크톤의 현존량(cells/L)

분류군	범섬		외돌개		문섬		섶섬		평균	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
규조류	31,076	42,273	25,648	40,170	63,258	59,175	5,418	4,368	31,350	36,497
식물편모조류	–	2,079	–	–	–	–	–	–	–	520
전체	31,076	44,352	25,648	40,170	63,258	59,175	5,418	4,368	31,350	37,017

2020년 5월에 조사해역에 출현한 식물플랑크톤의 출현종수와 현존량을 살펴보면, 출현종수는 13~19종의 범위로 모든 정점이 유사한 종수를 보였으며, 비교적 섶섬(표층)에서 많은 종이 출현하였고. 범섬(표·저층)과 외돌개(저층)에서 적게 출현하였다. 현존량은 2,244~5,460 cells/L의 범위로 조사 정점에 따른 현존량의 차이가 보였고, 문섬(저층)에서 가장 높은 현존량을 보였고, 범섬(저층)에서 가장 낮은 현존량을 나타내었다. 모든 정점에서 규조류의 종수와 현존량이 전체 분류군에서 차지하는 점유율이 높게 나타났다.



(그림 3.2.6) 식물플랑크톤의 정점별 출현종수(2020년 5월)



(그림 3.2.7) 식물플랑크톤의 정점별 현존량(2020년 5월)

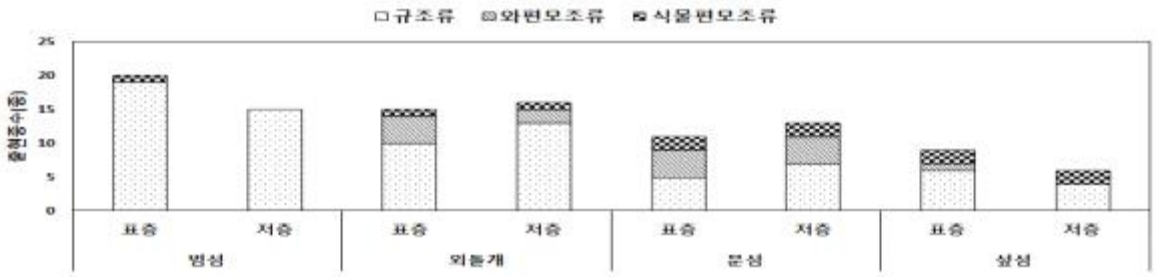
<표 3.2.6> 2020년 5월 정점별 식물플랑크톤의 종수

분류군	범섬		외돌개		문섬		섶섬		평균	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
규조류	10	9	14	10	12	12	14	13	30	25
식물편모조류	3	4	4	3	3	3	5	4	5	4
전체	13	13	18	13	15	15	19	17	35	29

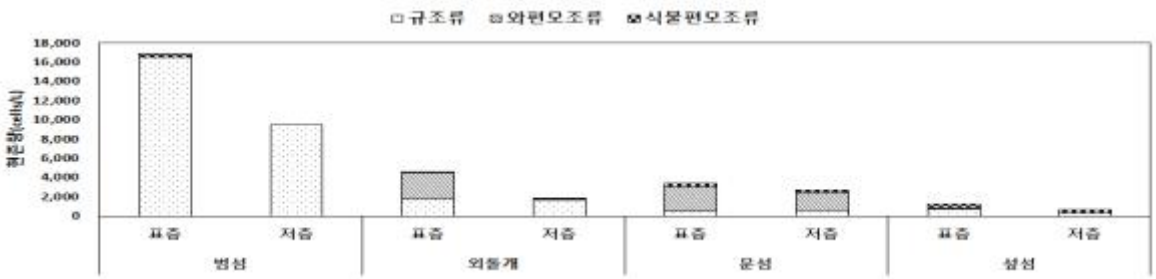
<표 3.2.7> 2020년 5월 정점별 식물플랑크톤의 현존량(cells/L)

분류군	범섬		외돌개		문섬		섶섬		평균	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
규조류	3,021	1,768	3,135	2,400	3,355	4,992	4,556	2,812	3,517	2,993
식물편모조류	285	476	495	480	605	468	603	456	497	470
전체	3,306	2,244	3,630	2,880	3,960	5,460	5,159	3,268	4,014	3,463

2020년 8월에 조사해역에 출현한 식물플랑크톤의 출현종수와 현존량을 살펴보면, 출현종수는 6~20종의 범위로 범섬(표층)에서 많은 종이 출현하였고. 섶섬(저층)에서 적게 출현하였다. 현존량은 702~16,807 cells/L의 범위로 조사 정점에 따른 현존량의 차이가 보였으며, 범섬(표층)에서 가장 높은 현존량을 보였고, 섶섬(저층)에서 가장 낮은 현존량을 나타내었다. 모든 정점에서 규조류의 종수가 높게 나타났으며, 현존량이 전체 분류군에서 차지하는 점유율 또한 대부분의 정점에서 높게 나타났으나 외돌개(표층)과 문섬(표층, 저층)에서는 와편모조류의 현존량이 규조류보다 높게 나타났다.



(그림 3.2.8) 식물플랑크톤의 정점별 출현종수(2020년 8월)



(그림 3.2.9) 식물플랑크톤의 정점별 현존량(2020년 8월)

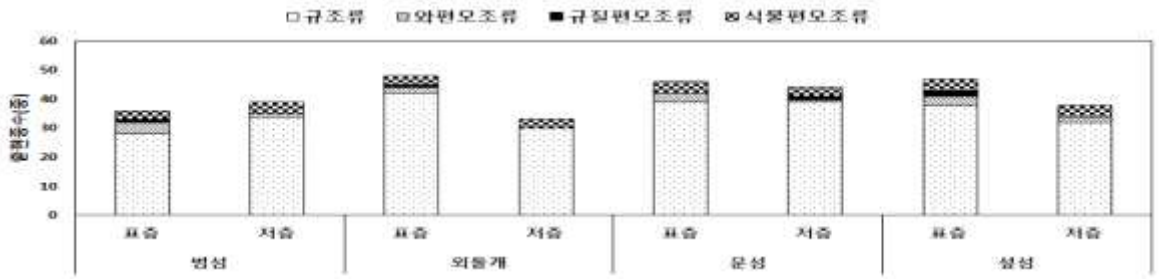
<표 3.2.8> 2020년 8월 정점별 식물플랑크톤의 종수

분류군	범섬		외돌개		문섬		섶섬		총 종수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
규조류	19	15	10	13	5	7	6	4	27	25
와편모조류	–	–	4	2	4	4	1	–	6	5
식물편모조류	1	–	1	1	2	2	2	2	3	2
전체	20	15	15	16	11	13	9	6	36	32

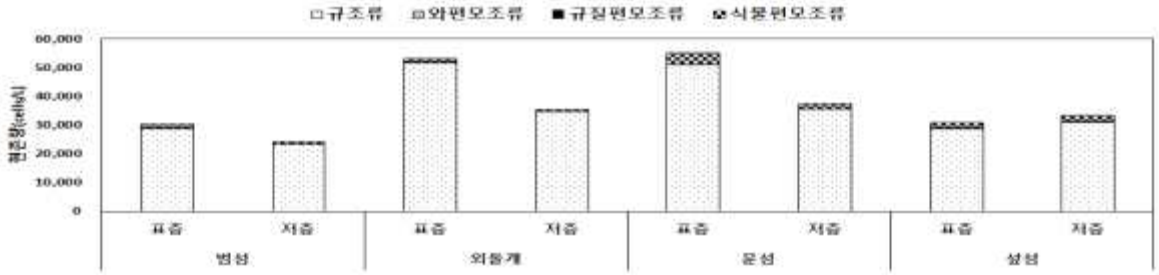
<표 3.2.9> 2020년 8월 정점별 식물플랑크톤의 현존량(cells/L)

분류군	범섬		외돌개		문섬		섶섬		평균	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
규조류	16,464	9,525	1,792	1,674	546	605	726	378	4,882	3,046
와편모조류	–	–	2,744	108	2,496	1,870	132	–	1,343	495
식물편모조류	343	–	112	108	390	220	396	324	310	163
전체	16,807	9,525	4,648	1,890	3,432	2,695	1,254	702	6,535	3,704

2020년 11월에 조사해역에 출현한 식물플랑크톤의 출현종수와 현존량을 살펴보면, 출현종수는 33~48종의 범위로 외돌개(표층)에서 많은 종이 출현하였고. 외돌개(저층)에서 적게 출현하였다. 현존량은 24,360~55,148 cells/L의 범위로 조사 정점에 따른 현존량의 차이가 보였으며, 문섬(표층)에서 가장 높은 현존량을 보였고, 범섬(저층)에서 가장 낮은 현존량을 나타내었다. 모든 정점에서 규조류의 종수와 현존량이 전체 분류군에서 차지하는 점유율이 높게 나타났다.



(그림 3.2.10) 식물플랑크톤의 정점별 출현종수(2020년 11월)



(그림 3.2.11) 식물플랑크톤의 정점별 현존량(2020년 11월)

<표 3.2.10> 2020년 11월 정점별 식물플랑크톤의 종수

분류군	범섬		외돌개		문섬		섶섬		총 종수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
규조류	28	34	42	30	39	39	38	32	59	51
와편모조류	4	1	2	–	3	1	3	2	8	3
규질편모조류	1	–	1	–	–	1	2	–	2	1
식물편모조류	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4
전체	36	39	48	33	46	44	47	38	73	59

<표 3.2.11> 2020년 11월 정점별 식물플랑크톤의 현존량(cells/L)

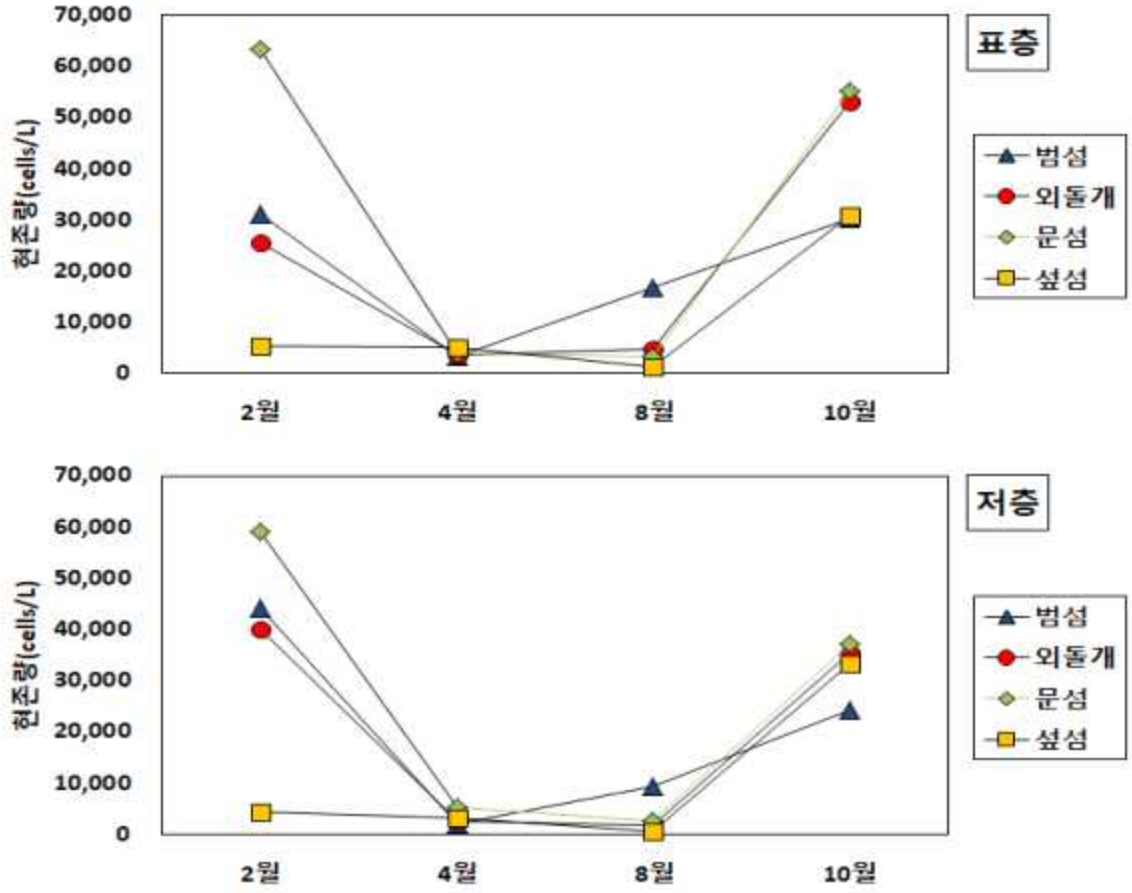
분류군	범섬		외돌개		문섬		섶섬		평균	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
규조류	28,650	23,280	51,600	34,706	50,932	35,563	28,730	31,125	39,978	31,169
와편모조류	450	60	250	-	204	53	195	225	275	85
규질편모조류	75	-	50	-	-	106	130	-	64	27
식물편모조류	1,050	1,020	1,050	740	4,012	1,590	1,755	2,100	1,967	1,363
전체	30,225	24,360	52,950	35,446	55,148	37,312	30,810	33,450	42,284	32,644

5) 해역별 식물플랑크톤의 군집 동태

해역별 식물플랑크톤의 군집 동태를 표층과 저층에 따라 비교하였다.

조사 시기별 평균 현존량은 표층에서 2월에 31,350 cells/L, 5월에 4,014 cells/L, 8월에 6,535 cells/L, 11월에 42,283 cells/L로 5월이 큰 폭으로 감소하였고, 11월이 큰 폭으로 증가하였다. 문섬 지역에서 가장 뚜렷하게 계절적인 변화를 보였고, 섶섬에서는 11월을 제외한 나머지 조사 시기에 유사한 현존량을 나타냈다.

저층에서 2월에 평균 37,016 cells/L, 5월에 평균 3,463 cells/L, 8월에 3,703 cells/L, 11월에 32,642 cells/L로 표층과 마찬가지로 5월에 큰 폭으로 감소하였으나 표층에서 계절적 감소폭 보다는 적었다. 표층과 유사하게 문섬에서 가장 뚜렷한 계절적인 변화를 나타냈고, 섶섬에서 가장 변화폭이 작았다.

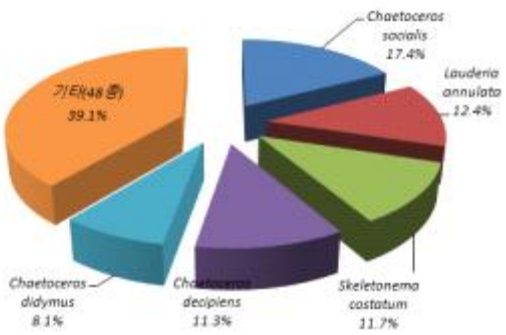


(그림 3.2.12) 정점 및 시기별 식물플랑크톤의 현존량

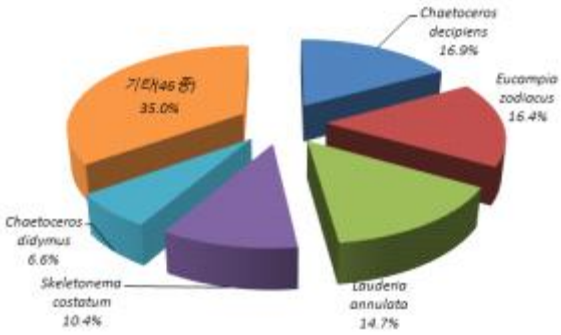
6) 우점종

식물플랑크톤의 우점종은 전체 조사 시료를 대상으로 하였을 때, 식물플랑크톤 총 현존량의 상위 우점한 5종을 대상으로 선정하였다.

2020년 2월에 표층의 식물플랑크톤은 규조류인 *Chaetoceros socialis*이 평균 5,466 cells/L로 총 현존량 대비 17.4%를 차지하여 최우점종으로 나타났고, 차우점종은 규조류 *Lauderia annulata*로 평균 3,893 cells/L의 현존량을 나타냈다. 저층은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*가 평균 6,245 cells/L로 총 현존량 대비 16.9%를 차지하여 최우점종으로 나타났고, 차우점종은 규조류인 *Eucampia zodiacus*로 평균 6,082 cells/L의 현존량을 나타냈다. 최우점종의 현존량은 저층이 표층보다 다소 많았다.



표층



저층

(그림 3.2.13) 식물플랑크톤의 상위 우점종 조성비(2020년 2월)

<표 3.2.12> 2020년 2월 표층에서 식물플랑크톤의 상위 우점종

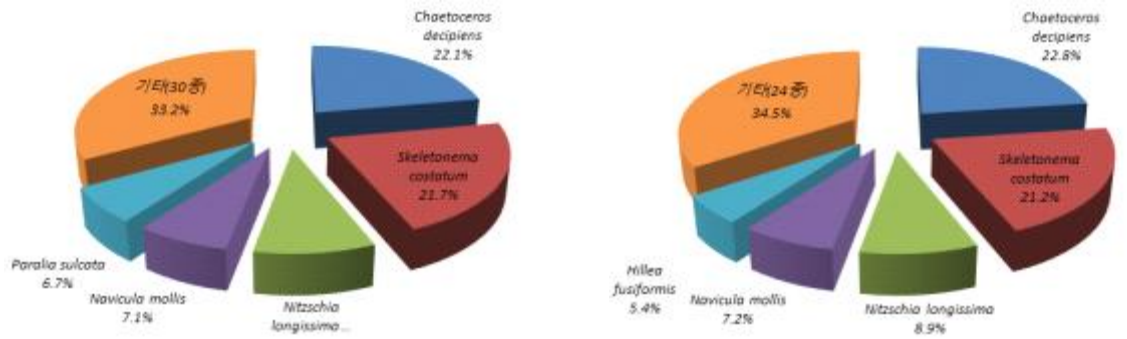
순위	분류군	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평균 현존량 (cells/L)	우점율 (%)
1	규조류	*Chaetoceros socialis*	3,264	2,296	16,302		5,466	17.4
2	규조류	*Lauderia annulata*	2,108	2,856	10,608		3,893	12.4
3	규조류	*Skeletonema costatum*	3,196	6,272	4,212	1,032	3,678	11.7
4	규조류	*Chaetoceros decipiens*	7,004	392	4,914	1,806	3,529	11.3
5	규조류	*Chaetoceros didymus*	4,012	3,248	2,652	258	2,543	8.1
		기타(48종)	11,492	10,584	24,570	2,322	12,242	39.1

<표 3.2.13> 2020년 2월 저층에서 식물플랑크톤의 상위 우점종

순위	분류군	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평균 현존량 (cells/L)	우점율 (%)
1	규조류	*Chaetoceros decipiens*	8,624	9,984	5,250	1,120	6,245	16.9
2	규조류	*Eucampia zodiacus*	7,007	5,772	11,550		6,082	16.4
3	규조류	*Lauderia annulata*	5,544	8,268	7,875	112	5,450	14.7
4	규조류	*Skeletonema costatum*	4,851	2,730	7,050	784	3,854	10.4
5	규조류	*Chaetoceros didymus*	3,311	780	5,550	112	2,438	6.6
		기타(46종)	15,015	12,636	21,900	2,240	12,948	35.0

2020년 5월에 표층의 식물플랑크톤은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*가 평균 886 cells/L로 총 현존량 대비 22.1%를 차지하여 최우점종으로 나타났고, 차우점종은 규조류 *Skeletonema costatum*으로 평균 870 cells/L의 현존량을 나타냈다. 저층의 식물플랑크톤은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*가 평균 789 cells/L로 총 현존량 대비 22.8%를 차지하여 최우점종으로 나타났고, 차우점종은 규조류인 *Skeletonema costatum*으로 평균 733

cells/L의 현존량을 나타냈다. 최우점종의 현존량은 표층이 저층보다 다소 많았다.



표층 저층

(그림 3.2.14) 식물플랑크톤의 상위 우점종 조성비(2020년 5월)

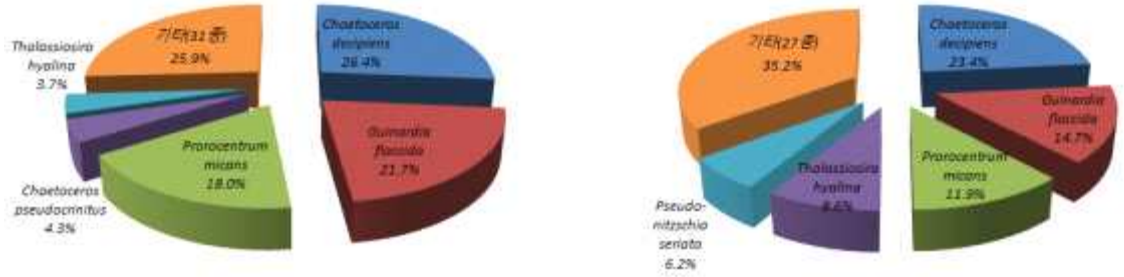
<표 3.2.14> 2020년 5월 표층에서 식물플랑크톤의 상위 우점종

순위	분류군	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평균 현존량 (cells/L)	우점율 (%)
1	규조류	*Chaetoceros decipiens*	1,140	715	550	1,139	886	22.1
2	규조류	*Skeletonema costatum*	342	440	1,760	938	870	21.7
3	규조류	*Nitzschia longissima*	171	495	220	603	372	9.2
4	규조류	*Navicula mollis*		385	220	536	285	7.1
5	규조류	*Paralia sulcata*	798	275			268	6.7
		기타(30종)	855	1,320	1,210	1,943	1,332	33.2

<표 3.2.15> 2020년 5월 저층에서 식물플랑크톤의 상위 우점종

순위	분류군	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평균 현존량 (cells/L)	우점율 (%)
1	규조류	*Chaetoceros decipiens*	816	880	624	836	789	22.8
2	규조류	*Skeletonema costatum*	272	320	2,340		733	21.2
3	규조류	*Nitzschia longissima*	136	480	390	228	309	8.9
4	규조류	*Navicula mollis*	68	160	390	380	250	7.2
5	식물편모조류	*Hillea fusiformis*	204	240	156	152	188	5.4
		기타(24종)	748	800	1,560	1,672	1,195	34.5

2020년 8월에 표층의 식물플랑크톤은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*가 평균 1,724cells/L로 총 현존량 대비 26.4%를 차지하여 최우점종으로 나타났고, 차우점종은 규조류 *Guinardia flaccida*로 평균 1,421 cells/L의 현존량을 나타냈다. 저층의 식물플랑크톤은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*가 평균 867 cells/L로 총 현존량 대비 23.4%를 차지하여 최우점종으로 나타났고, 차우점종은 규조류인 *Guinardia flaccida*로 평균 544 cells/L의 현존량을 나타냈다. 최우점종의 현존량은 표층이 저층보다 2배 이상 많았다.



표층 저층

(그림 3.2.15) 식물플랑크톤의 상위 우점종 조성비(2020년 8월)

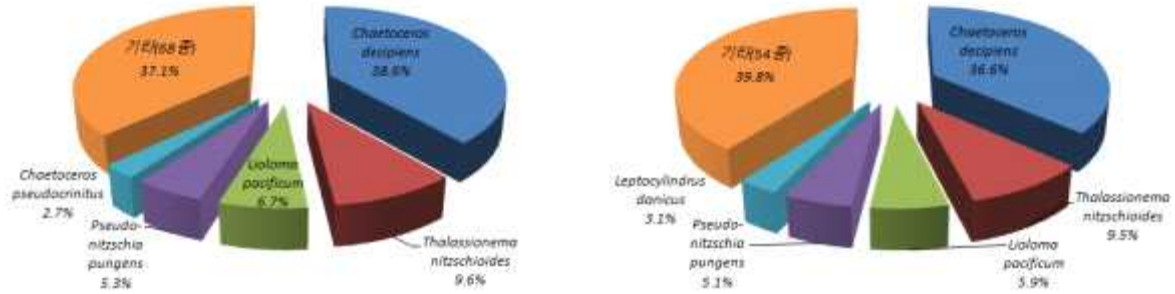
<표 3.2.16> 2020년 8월 표층에서 식물플랑크톤의 상위 우점종

순위	분류군	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평균 현존량 (cells/L)	우점율 (%)
1	규조류	*Chaetoceros decipiens*	5,831	1,064			1,724	26.4
2	규조류	*Guinardia flaccida*	5,684				1,421	21.7
3	와편모조류	*Prorocentrum micans*		2,520	2,184		1,176	18.0
4	규조류	*Chaetoceros pseudocrinitus*	1,127				282	4.3
5	규조류	*Thalassiosira hyalina*	833	56		66	239	3.7
		기타(31종)	3,332	1,008	1,248	1,188	1,694	25.9

<표 3.2.17> 2020년 8월 저층에서 식물플랑크톤의 상위 우점종

순위	분류군	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평균 현존량 (cells/L)	우점율 (%)
1	규조류	*Chaetoceros decipiens*	2,925	432	110		867	23.4
2	규조류	*Guinardia flaccida*	2,175				544	14.7
3	와편모조류	*Prorocentrum micans*		54	1,705		440	11.9
4	규조류	*Thalassiosira hyalina*	1,275				319	8.6
5	규조류	*Pseudo-nitzschia seriata*	600	162		162	231	6.2
		기타(27종)	2,550	1,242	880	540	1,303	35.2

2020년 11월에 표층의 식물플랑크톤은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*가 평균 16,326 cells/L로 총 현존량 대비 38.6%를 차지하여 최우점종으로 나타났고, 차우점종은 규조류 *Thalassionema nitzschioides*로 평균 4,062 cells/L의 현존량을 나타냈다. 저층의 식물플랑크톤은 규조류인 *Chaetoceros decipiens*가 평균 11,951 cells/L로 총 현존량 대비 36.6%를 차지하여 최우점종으로 나타났고, 차우점종은 규조류인 *Thalassionema nitzschioides*로 평균 3,114 cells/L의 현존량을 나타냈다. 최우점종의 현존량은 표층이 저층보다 다소 많았다.



표층 저층

(그림 3.2.16) 식물플랑크톤의 상위 우점종 조성비(2020년 11월)

<표 3.2.18> 2020년 11월 표층에서 식물플랑크톤의 상위 우점종

순위	분류군	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평균 현존량 (cells/L)	우점율 (%)
1	규조류	*Chaetoceros decipiens*	11,625	29,450	14,348	9,880	16,326	38.6
2	규조류	*Thalassionema nitzschioides*	5,025	5,000	2,516	3,705	4,062	9.6
3	규조류	*Lioloma pacificum*	2,025	1,850	6,120	1,365	2,840	6.7
4	규조류	*Pseudo-nitzschia pungens*	1,650	1,200	3,536	2,535	2,230	5.3
5	규조류	*Chaetoceros pseudocrinitus*	1,275	250	3,060		1,146	2.7
		기타(68종)	8,625	15,200	25,568	13,325	15,680	37.1

<표 3.2.19> 2020년 11월 저층에서 식물플랑크톤의 상위 우점종

순위	분류군	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평균 현존량 (cells/L)	우점율 (%)
1	규조류	*Chaetoceros decipiens*	7,080	15,984	13,939	10,800	11,951	36.6
2	규조류	*Thalassionema nitzschioides*	2,400	3,996	2,385	3,675	3,114	9.5
3	규조류	*Lioloma pacificum*	1,320	2,072	2,385	1,950	1,932	5.9
4	규조류	*Pseudo-nitzschia pungens*	1,500	1,258	1,431	2,475	1,666	5.1
5	규조류	*Leptocylindrus danicus*	1,080	962	1,272	675	997	3.1
		기타(54종)	10,980	11,174	15,900	13,875	12,982	39.8

7) 생태지수

2020년 2월에 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 평균 2.50 ±0.17로 2.24~2.70의 분포범위를 보였고, 섶섬 저층에서 가장 낮게 분석되었고, 범섬 표층과 문섬 저층에서는 높게 나타나 상대적으로 안정된 군집구조를 보였다. 풍부도지수는 평균 2.68±0.53으로 섶섬 저층에서 1.91로 가장 낮았고, 문섬 저층에서 3.28로 가장 높게 나타났다. 균등도지수는 평균 0.76±0.03으로 섶섬 표층 및 저층에서 높게 나타나고, 외돌개 저층에서 낮은 균등도를 나타냈다. 수층별로 표층은 풍부도 2.71, 균등도 0.76, 다양도 2.51로 나타나 저층의 풍부도 2.64, 균등도 0.75, 다양도 2.49보다 높은 생태지수를 보였다.

2020년 5월에 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 평균 2.23 ±0.23로 1.98～2.54의 분포범위를 보였고, 범섬 표층에서 가장 낮게 분석되었고, 외돌개 표층에서 높게 나타나 상대적으로 안정된 군집구조를 보였다. 풍부도지수는 평균 1.75±0.26으로 범섬 표층에서 1.48로 가장 낮았고, 섶섬 표층에서 2.11로 가장 높게 나타났다. 균등도지수는 평균 0.82±0.05로 외돌개 표층에서 높게 나타나고, 문섬 표층에서 낮은 균등도를 나타냈다. 수층별로 표층은 풍부도 1.84, 균등도 0.81, 다양도 2.24로 나타나 저층의 풍부도 1.67, 균등도 0.83, 다양도 2.23보다 다소 높은 생태지수를 보였다.

2020년 8월에 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 평균 1.86 ±0.37로 1.46～2.54의 분포범위를 보였고, 문섬 표층에서 가장 낮게 분석되었고, 외돌개 저층에서 높게 나타나 상대적으로 안정된 군집구조를 보였다. 풍부도지수는 평균 1.47±0.42로 섶섬 저층에서 0.76으로 가장 낮았고, 외돌개 저층에서 1.99로 가장 높게 나타났다. 균등도지수는 평균 0.75±0.17로 섶섬 표층에서 높게 나타나고, 외돌개 표층에서 낮은 균등도를 나타냈다. 수층별로 표층은 풍부도 1.49, 균등도 0.70, 다양도 1.76으로 나타나 저층의 풍부도 1.45, 균등도 0.81, 다양도 1.97보다 다소 낮은 생태지수를 보였다.

2020년 11월에 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 평균 2.58 ±0.28로 2.10～2.92의 분포범위를 보였고, 외돌개 표층에서 가장 낮게 분석되었고, 문섬 표층에서 높게 나타나 상대적으로 안정된 군집구조를 보였다. 풍부도지수는 평균 3.84±0.49로 외돌개 저층에서 3.05로 가장 낮았고, 섶섬 표층에서 4.45로 가장 높게 나타났다. 균등도지수는 평균 0.70±0.07로 범섬 표층과 문섬 표층에서 높게 나타나고, 외돌개 표층에서 낮은 균등도를 나타냈다. 수층별로 표층은 풍부도 4.07, 균등도 0.67, 다양도 2.54로 나타나 저층의 풍부도 3.61, 균등도 0.72, 다양도 2.62보다 다소 낮은 생태지수를 보였다.

<표 3.2.20> 식물플랑크톤의 정점별 생태지수(2020년 2월)

정점	수층	범섬	외돌개	문섬	섶섬
풍부도	표층	3.09	3.25	2.53	1.98
	저층	2.62	2.74	3.28	1.91
균등도	표층	0.77	0.73	0.74	0.79
	저층	0.76	0.71	0.75	0.79
다양도	표층	2.70	2.58	2.48	2.28
	저층	2.57	2.43	2.70	2.24

<표 3.2.21> 식물플랑크톤의 정점별 생태지수(2020년 5월)

정점	수층	범섬	외돌개	문섬	섶섬
풍부도	표층	1.48	2.07	1.69	2.11
	저층	1.56	1.51	1.63	1.98
균등도	표층	0.77	0.88	0.74	0.83
	저층	0.83	0.85	0.76	0.88
다양도	표층	1.98	2.54	2.00	2.45
	저층	2.14	2.19	2.06	2.51

<표 3.2.22> 식물플랑크톤의 정점별 생태지수(2020년 8월)

정점	수층	범섬	외돌개	문섬	섶섬
풍부도	표층	1.95	1.66	1.23	1.12
	저층	1.53	1.99	1.52	0.76
균등도	표층	0.63	0.58	0.61	0.96
	저층	0.77	0.92	0.60	0.95
다양도	표층	1.89	1.57	1.46	2.10
	저층	2.09	2.54	1.54	1.70

<표 3.2.23> 식물플랑크톤의 정점별 생태지수(2020년 11월)

정점	수층	범섬	외돌개	문섬	섶섬
풍부도	표층	3.39	4.32	4.12	4.45
	저층	3.76	3.05	4.08	3.55
균등도	표층	0.67	0.54	0.76	0.72
	저층	0.76	0.66	0.71	0.74
다양도	표층	2.38	2.10	2.92	2.76
	저층	2.78	2.31	2.70	2.70

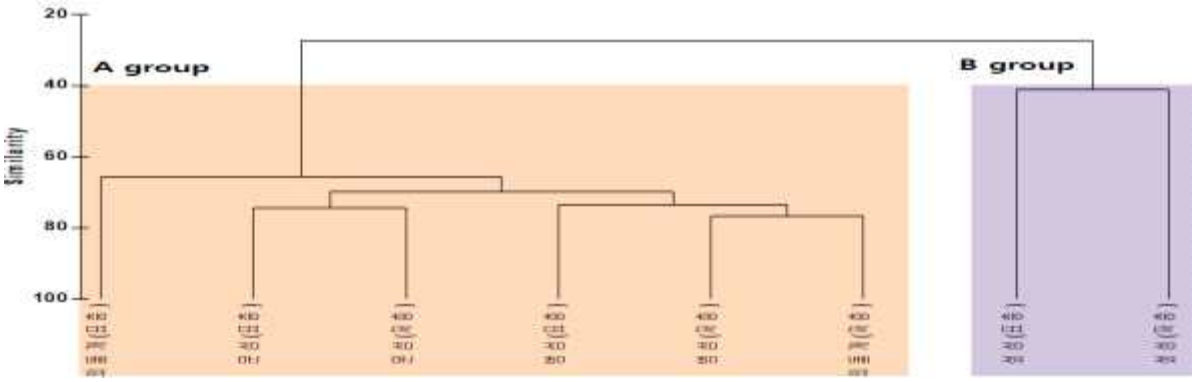
8) 군집분석

해양공원 및 해양보호구역 주변해역 식물플랑크톤의 출현종과 개체수에 근거한 군집분석 결과를 보면 2020년 2월에 식물플랑크톤 군집의 정점간 유사도는 전체 정점이 유사도 27%의 수준에서 모든 정점이 연결되었다. 정점간 유사도는 섶섬 해역(표층, 저층)과 그 외 범섬, 외돌개, 문섬의 정점이 41% 이상의 유사도에서 나뉘는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 조사 해역의 지역적 특성을 반영한 것으로 판단된다.

2020년 5월에 식물플랑크톤 군집의 정점간 유사도는 전체 정점이 유사도 56%의 수준에서 모든 정점이 연결되었다. 57%의 유사도 수준에서 A그룹(범섬과 외돌개 해역), B그룹(문섬과 섶섬 해역)으로 나뉘었다.

2020년 8월에 식물플랑크톤 군집의 정점간 유사도는 전체 정점이 유사도 13%의 수준에서 모든 정점이 연결되었다. 36%의 유사도 수준에서 A그룹(범섬 해역), B 그룹(외둘개 표층과 문섬 해역), C 그룹(외돌개 저층과 섶섬 해역)으로 나뉘었다.

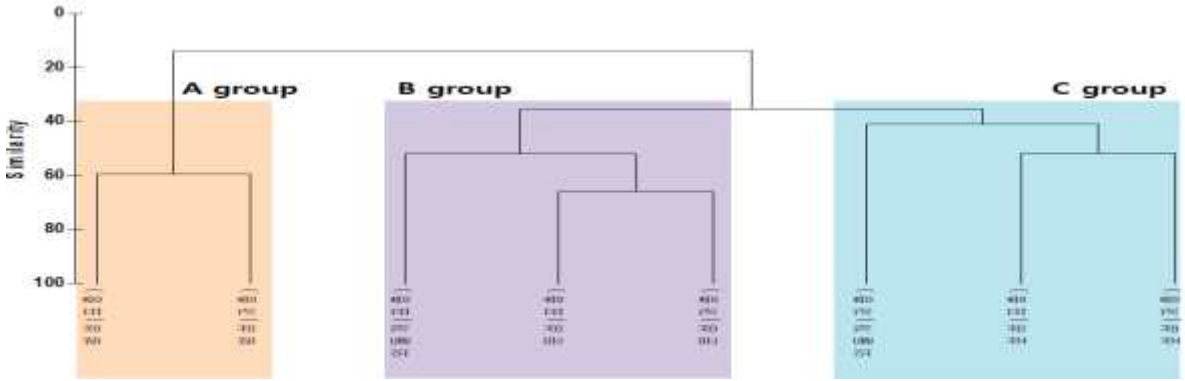
2020년 11월에 식물플랑크톤 군집의 정점간 유사도는 전체 정점이 유사도 67%의 수준에서 모든 정점이 연결되었다. 70%의 유사도 수준에서 A그룹(섶섬과 외돌개, 문섬 저층 해역)과 그룹에 들지 못하는 해역(범섬 표층, 범섬 저층, 문섬 표층)으로 나뉘었다.



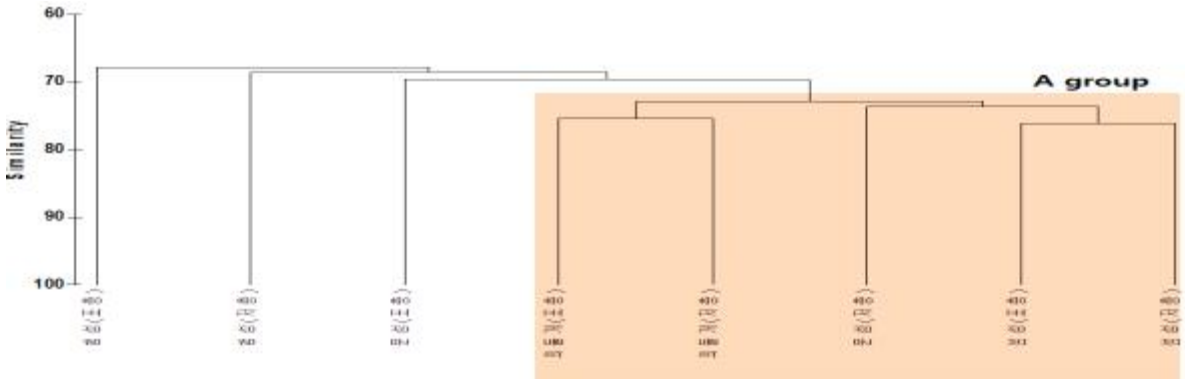
(그림 3.2.17) 식물플랑크톤의 정점간 유사도(2020년 2월)



(그림 3.2.18) 식물플랑크톤의 정점간 유사도(2020년 5월)



(그림 3.2.19) 식물플랑크톤의 정점간 유사도(2020년 8월)



(그림 3.2.20) 식물플랑크톤의 정점간 유사도(2020년 11월)

3. 동물플랑크톤

1) 전체 종조성

2020년 2월에 조사해역에서 출현한 동물플랑크톤의 출현종수는 51종이며, 평균 개체수는 122 indiv./㎥, 평균 생물량은 31.1 ㎎/㎥로 나타났다. 우점종은 *Paracalanus indicus*로 나타났고, 출현종 가운데 수환경 변화에 내성이 강한 절지동물이 동물플랑크톤 전체 종조성의 대부분을 차지하여 최근 우리나라 연안역의 공통된 해역특성을 나타내고 있다.

2020년 5월에 조사해역에서 출현한 동물플랑크톤의 출현종수는 24종이며, 평균 개체수는 20 indiv./㎥, 평균 생물량은 31.4 ㎎/㎥로 나타났다. 우점종은 *Calanus sinicus*로 나타났으며, 출현종 가운데 수환경 변화에 내성이 강한 절지동물이 동물플랑크톤 전체 종조성의 대부분을 차지하여 최근 우리나라 연안역의 공통된 해역특성을 나타내고 있다.

2020년 8월에 조사해역에서 출현한 동물플랑크톤의 출현종수는 46종이며, 평균 개체수는 57 indiv./㎥, 평균 생물량은 15.5 ㎎/㎥로 나타났다. 우점종은 *Lucifer* sp.로 나타났으며, 출현종 가운데 수환경 변화에 내성이 강한 절지동물이 동물플랑크톤 전체 종 조성의 대부분을 차지하여 최근 우리나라 연안역의 공통된 해역특성을 나타내고 있다.

2020년 11월에 조사해역에서 출현한 동물플랑크톤의 출현종수는 64종이며, 평균 개체수는 76 indiv./㎥, 평균 생물량은 85.0 ㎎/㎥로 나타났다. 우점종은 *Oikopleura* sp.로 나타났으며, 출현종 가운데 수환경 변화에 내성이 강한 절지동물이 동물플랑크톤 전체 종 조성의 대부분을 차지하여 최근 우리나라 연안역의 공통된 해역특성을 나타내고 있다.

<표 3.2.24> 동물플랑크톤의 조사시기별 출현종수 및 평균 개체수

조사시기 / 항목	출현종수	평균 개체수 (indiv./㎥)	주요 우점종
2020년 2월	51	122	*Paracalanus indicus*
2020년 5월	24	20	*Calanus sinicus*
2020년 8월	46	57	*Lucifer* sp.
2020년 11월	64	76	*Oikopleura* sp.

전체 조사기간 동안 해양공원 및 해양보호구역 조사해역에서 출현한 동물플랑크톤은 9개 분류군으로 총 103종이 출현하였다. 분류군별로는 절지동물(Arthropoda)에 속하는

종들이 전체 출현 종수의 70.0%에 해당하는 72종이 출현하여 가장 다양하였다.



(그림 3.2.21) 동물플랑크톤 종조성 점유율

<표 3.2.25> 동물플랑크톤의 분류군별 종조성(전체 조사기간)

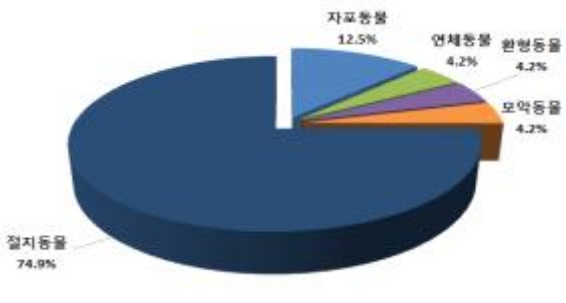
분 류 군	출현종수	점유율(%)
원생동물	2	1.9
자포동물	9	8.7
유즐동물	1	1.0
연체동물	6	5.8
환형동물	3	2.9
모악동물	5	4.9
절지동물	72	70.0
극피동물	2	1.9
척삭동물	3	2.9
합 계	58	100.0

2) 시기별 종조성

조사 시기별 동물플랑크톤의 출현종수는 2020년 2월에 7개 분류군 58종, 5월에 5개 분류군 24종, 8월에 5개 분류군 46종, 11월에 9개 분류군 64종으로 추계인 11월이 가장 출현종수가 높게 조사되었다. 출현분류군 중 절지동물(Arthropoda)에 속하는 종들이 2월에는 74.2%에 해당하는 43종이, 5월에는 74.9%에 해당하는 18종이, 8월에는 80.4%에 해당하는 37종이, 11월에는 65.7%에 해당하는 42종이 출현하여 모든 조사 시기에 우점하는 분류군으로 조사되었다.



2020년 2월



2020년 5월



2020년 8월



2020년 11월

(그림 3.2.22) 동물플랑크톤 종조성 점유율

<표 3.2.26> 동물플랑크톤의 분류군별 종조성(2020년 2월~11월)

분 류 군	2020년 2월		2020년 5월		2020년 8월		2020년 11월	
	출현종수	점유율(%)	출현종수	점유율(%)	출현종수	점유율(%)	출현종수	점유율(%)
원생동물	–	–	–	–	–	–	2	3.1
자포동물	3	5.9	3	12.5	2	4.4	5	7.8
유즐동물	–	–	–	–	–	–	1	1.6
연체동물	3	5.9	1	4.2	3	6.5	5	7.8
환형동물	2	3.9	1	4.2	–	–	2	3.1
모악동물	1	2.0	1	4.2	3	6.5	3	4.7
절지동물	38	74.4	18	74.9	37	80.4	42	65.7
극피동물	1	2.0	–	–	–	–	2	3.1
척삭동물	3	5.9	–	–	1	2.2	2	3.1
합 계	51	100.0	24	100.0	46	100.0	64	100.0

3) 정점별 종조성 및 생물량

2020년 2월에 출현한 동물플랑크톤의 지점별 출현종수는 25~35종의 범위로 평균 29종이 출현하였고, 범섬에서 가장 적고, 섶섬에서 가장 많은 출현종수를 보였다. 개체수는 15~200 indiv./㎥의 범위로 평균 122 indiv./㎥로 나타났고, 섶섬에서 가장 적고, 문섬에서 가장 많이 출현하였다. 생물량은 1.5~84.5 ㎎/㎥의 범위로 평균 31.1 ㎎/㎥를 나타냈고, 섶섬에서 가정 적고 외돌개에서 가장 높았다.

2020년 5월에 출현한 동물플랑크톤의 지점별 출현종수는 8~16종의 범위로 평균 12종이 출현하였고, 섶섬에서 가장 적고, 외돌개에서 가장 많은 출현종수를 보였다. 개체수는 2~39 indiv./㎥의 범위로 평균 20 indiv./㎥로 나타났고, 문섬에서 가장 적고, 범섬에서 가장 많이 출현하였다. 생물량은 3.1~76.5 ㎎/㎥의 범위로 평균 31.4 ㎎/㎥를 나타냈고, 문섬에서 가정 적고 외돌개에서 가장 높았다.

2020년 8월에 출현한 동물플랑크톤의 지점별 출현종수는 17~31종의 범위로 평균 26종이 출현하였고, 섶섬에서 가장 적고, 문섬에서 가장 많은 출현종수를 보였다. 개체수는 13~131 indiv./㎥의 범위로 평균 57 indiv./㎥로 나타났고, 문섬에서 가장 적고, 범섬에서 가장 많이 출현하였다. 생물량은 1.8~50.8 ㎎/㎥의 범위로 평균 15.5 ㎎/㎥를 나타냈고, 문섬에서 가정 적고 범섬에서 가장 높았다.

2020년 11월에 출현한 동물플랑크톤의 지점별 출현종수는 40~46종의 범위로 평균 44종이 출현하였고, 섶섬에서 가장 적고, 범섬과 외돌개에서 가장 많은 출현종수를 보였다. 개체수는 42~157 indiv./㎥의 범위로 평균 77 indiv./㎥로 나타났고, 문섬과 섶섬에서 가장 적고, 외돌개에서 가장 많이 출현하였다. 생물량은 4.1~9.7 ㎎/㎥의 범위로 평균 7.1 ㎎/㎥를 나타냈고, 문섬에서 가정 적고 범섬에서 가장 높았다.

<표 3.2.27> 동물플랑크톤의 정점별 출현종수

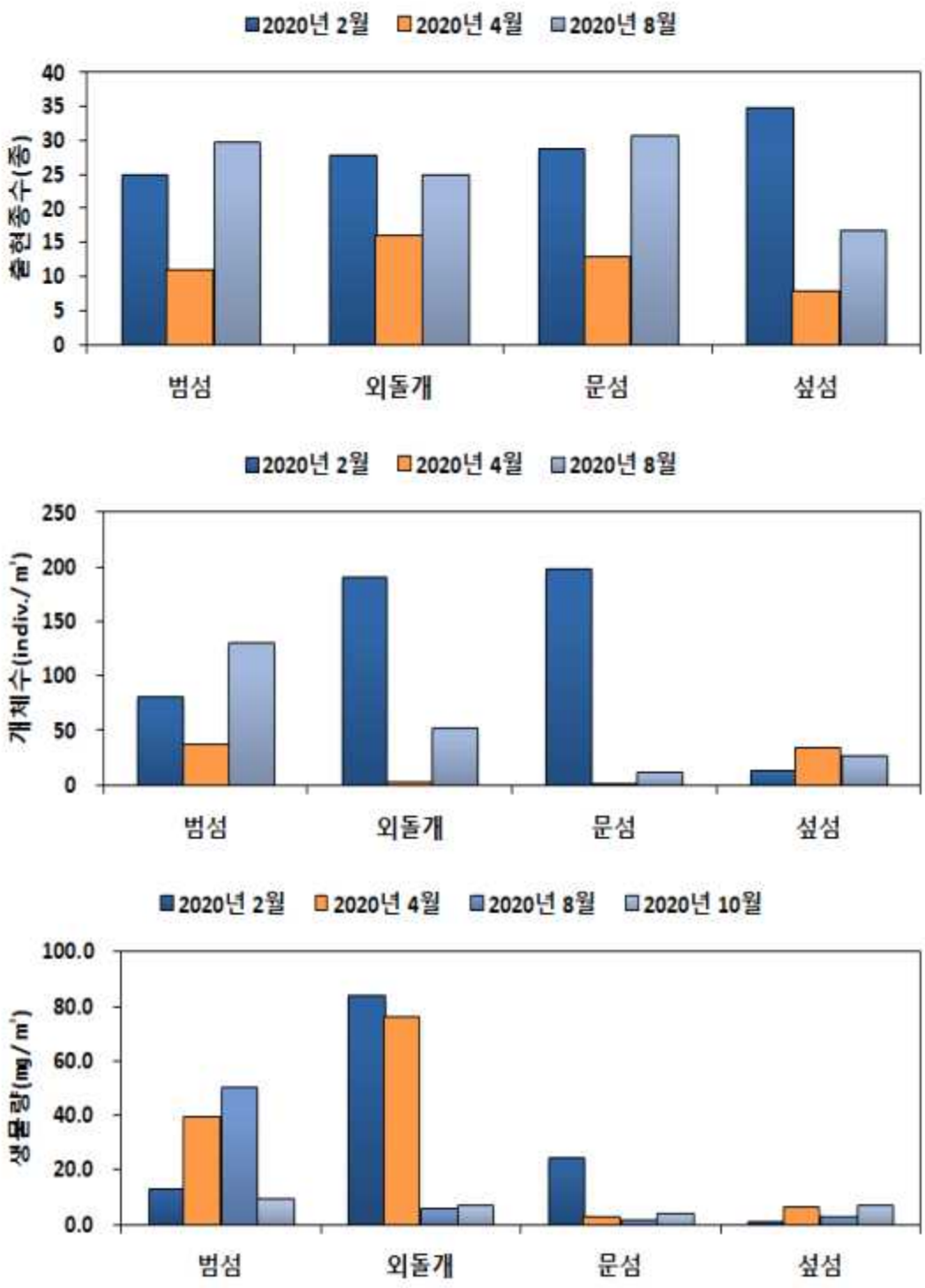
조사 시기	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평 균
2020년 2월	25	28	29	35	29
2020년 5월	11	16	13	8	12
2020년 8월	30	25	31	17	26
2020년 11월	46	46	45	40	44

<표 3.2.28> 동물플랑크톤의 정점별 출현 개체수(indiv./㎥)

조사 시기	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평 균
2020년 2월	82	192	200	15	122
2020년 5월	39	4	2	36	20
2020년 8월	131	54	13	28	57
2020년 11월	65	157	42	42	77

<표 3.2.29> 동물플랑크톤의 정점별 생물량(㎎/㎥)

조사 시기	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평 균
2020년 2월	13.7	84.5	24.7	1.5	31.1
2020년 5월	39.6	76.5	3.1	6.4	31.4
2020년 8월	50.8	6.1	1.8	3.2	15.5
2020년 11월	9.7	7.3	4.1	7.1	7.1



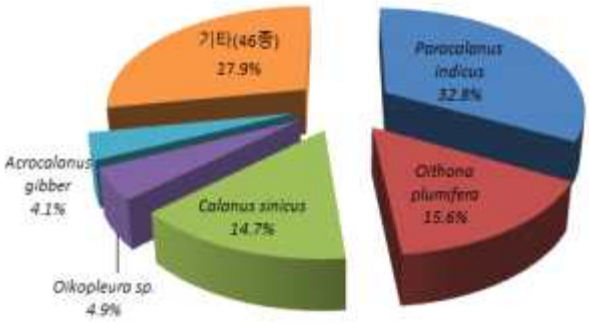
(그림 3.2.23) 동물플랑크톤의 출현종수, 개체수 및 생물량

4) 주요 우점종

동물플랑크톤 종의 우점현상은 종의 서식지에 대한 적응 정도를 유추할 수 있는 한 가지 척도로 볼 수 있는데, 조사해역의 총 출현량에서 상위 5위 이내의 점유율을 차지하는 종을 우점종으로 선정하였다.

2020년 2월에는 요각류인 *Paracalanus indicus*가 161 indiv.가 채집되어 총 출현량 대비 32.8%를 차지하며 최우점하였고, 다음으로 요각류인 *Oithona plumifera*가 75indiv.(15.6%)로 차우점하였다.

2월에 최우점한 *Paracalanus indicus*는 태평양, 인도양 및 대서양에 분포하는 온대성 내만종으로 인천항, 진해, 마산만, 제주 근해, 동해 등 전 연안에서 연중 주요 우점종으로 출현하는 것으로 알려져 있다.



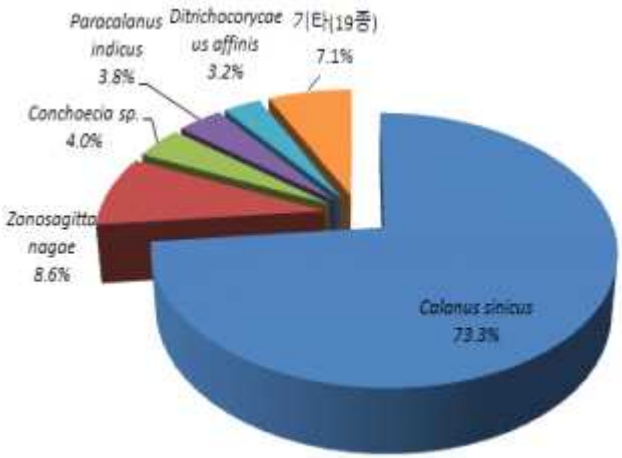
(그림 3.2.24) 2020년 2월 동물플랑크톤의 상위 우점종 조성비

<표 3.2.30> 2020년 2월에 동물플랑크톤의 상위 우점종

순위	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	합계 (indiv.)	우점율 (%)
1	*Paracalanus indicus*	23	43	94	1	161	32.8
2	*Oithona plumifera*	17	31	24	3	75	15.6
3	*Calanus sinicus*	5	61	6	–	72	14.7
4	*Oikopleura* sp.	6	3	16	1	25	4.9
5	*Acrocalanus gibber*	3	8	8	<1	19	4.1
	기타(46종)	28	47	52	10	137	27.9

2020년 5월에 요각류인 *Calanus sinius*가 59 indiv.가 채집되어 총 출현량 대비 73.4%를 차지하며 최우점하였고, 다음으로 화살벌레류인 *Zonosagitta nagae*가 7indiv. (8.6%)로 차우점하였다.

5월에 최우점한 *Calanus sinicus*는 냉수대에 넓게 분포하는 종으로 서해, 동해, 북서태평양, 오호츠크해, 샌프란시스코 만에 분포하며, 우리나라 연안에서 냉수대가 출현하는 해역에서 연중 주요 우점종으로 출현하는 것으로 알려져 있다.



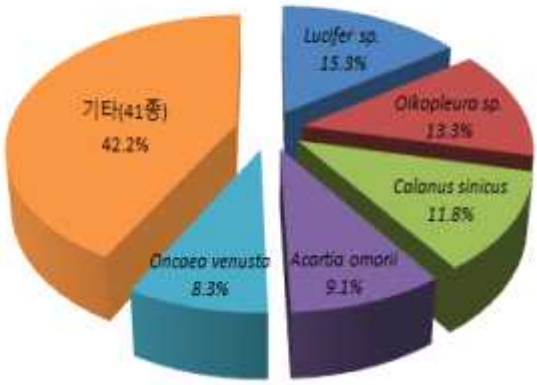
(그림 3.2.25) 2020년 5월 동물플랑크톤의 상위 우점종 조성비

<표 3.2.31> 2020년 5월에 동물플랑크톤의 상위 우점종

순위	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	합계 (indiv.)	우점율 (%)
1	*Calanus sinicus*	33	<1	<1	26	59	73.3
2	*Zonosagitta nagae*	3	<1	<1	3	7	8.6
3	*Conchoecia* sp.	-	<1	<1	3	3	4.0
4	*Paracalanus indicus*	2	<1	<1	<1	3	3.8
5	*Ditrichocorycaeus affinis*	<1	<1	<1	<1	3	3.2
	기타(19종)	1	7	1	36	6	7.1

2020년 8월에 십각류인 *Lucifer* sp.가 35 indiv.가 채집되어 총 출현량 대비 15.3%를 차지하며 최우점하였고, 다음으로 미충류인 *Oikopleura* sp.가 30indiv. (13.3%)로 차우점하였다.

8월에 최우점한 *Lucifer* sp.는 열대 해양에 넓게 분포하는 원양종으로, 우리나라 연안에서 종종 여름철에 출현하지만 우점종으로 출현하는 경우는 드문 것으로 알려져 있다.



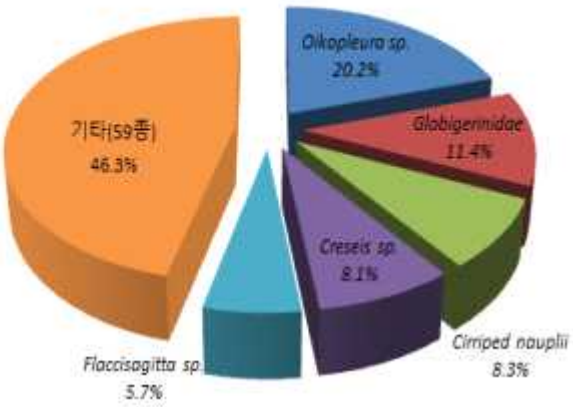
(그림 3.2.26) 2020년 8월 동물플랑크톤의 상위 우점종 조성비

<표 3.2.32> 2020년 8월에 동물플랑크톤의 상위 우점종

순위	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	합계 (indiv.)	우점율 (%)
1	*Lucifer sp.*	34	<1	–	–	35	15.3
2	*Oikopleura sp.*	<1	26	3	–	30	13.3
3	*Calanus sinicus*	14	10	1	2	27	11.8
4	*Acartia omorii*	–	3	1	16	20	9.1
5	*Oncaea venusta*	17	2	1	<1	19	8.3
	기타(41종)	66	13	7	10	96	42.2

2020년 11월에 미충류인 *Oikopleura* sp.가 62 indiv.가 채집되어 총 출현량 대비 20.2%를 차지하며 최우점하였고, 다음으로 유공충인 Unid. Globigerinidae가 35indiv.(11.4%)로 차우점하였다.

11월에 최우점한 *Oikopleura* sp.는 전세계 해역에 넓게 분포하는 종으로 한국 전 연안에서 연중 주요 우점종으로 출현하는 것으로 알려져 있다.



(그림 3.2.27) 2020년 11월 동물플랑크톤의 상위 우점종 조성비

<표 3.2.33> 2020년 11월에 동물플랑크톤의 상위 우점종

순위	우점종	범섬	외돌개	문섬	섶섬	합계 (indiv.)	우점율 (%)
1	*Oikopleura* sp.	4	41	13	4	35	20.2
2	Unid. Globigerinidae	10	23	2	–	30	11.4
3	Cirriped nauplii	6	15	2	3	27	8.3
4	*Creseis* sp.	6	6	5	9	20	8.1
5	*Flaccisagitta* sp.	3	11	1	2	19	5.7
	기타(59종)	66	13	7	10	96	46.3

5) 생태지수

2020년 2월에 동물플랑크톤의 종다양성지수는 평균 2.40±0.41이고, 2.06(문섬)~2.96(섶섬)의 분포범위를 나타내어 섶섬에서 상대적으로 안정된 군집구조를 보였다. 풍부도지수는 5.14(외돌개)~12.59(섶섬), 평균 7.12±3.65, 균등도지수는 0.61(문섬)~0.83(섶섬), 평균 0.71±0.10, 우점도지수는 0.30(섶섬)~0.59(문섬), 평균 0.48±0.13의 분포범위를 나타내었다. 정점별로 비교하였을 때 문섬의 경우 종다양성지수, 풍부도지수와 균등도지수는 타 정점에 비해 상대적으로 낮게 나타난 반면, 우점도지수는 높게 나타났다.

2020년 5월에 동물플랑크톤의 종다양성지수는 평균 1.68±0.93이고, 0.70(범섬)~2.50(외돌개)의 분포범위를 나타내어 외돌개에서 상대적으로 안정된 군집구조를 보였다. 풍부도지수는 1.93(섶섬)~22.61(문섬), 평균 9.58±9.61, 균등도지수는 0.29(범섬)~0.95(문섬), 평균 0.67±0.32, 우점도지수는 0.33(외돌개)~0.91(범섬), 평균 0.60±0.30의 분포범위를 나타내었다. 정점별로 비교하였을 때 문섬의 경우 종다양성지수, 풍부도지수와 균등도지수는 타 정점에 비해 상대적으로 높게 나타난 반면, 우점도지수는 낮게 나타났다.

2020년 8월에 동물플랑크톤의 종다양성지수는 평균 2.21±0.56이고, 1.58(섶섬)~2.80(문섬)의 분포범위를 나타내어 문섬에서 상대적으로 안정된 군집구조를 보였다. 풍부도지수는 4.80(섶섬)~11.59(문섬), 평균 7.09±3.05, 균등도지수는 0.56(섶섬)~0.82(문섬), 평균 0.68±0.12, 우점도지수는 0.36(문섬)~0.72(섶섬), 평균 0.53±0.18의 분포범위를 나타내었다. 정점별로 비교하였을 때 문섬의 경우 종다양성지수, 풍부도지수와 균등도지수는 타 정점에 비해 상대적으로 높게 나타난 반면, 우점도지수는 낮게 나타났다.

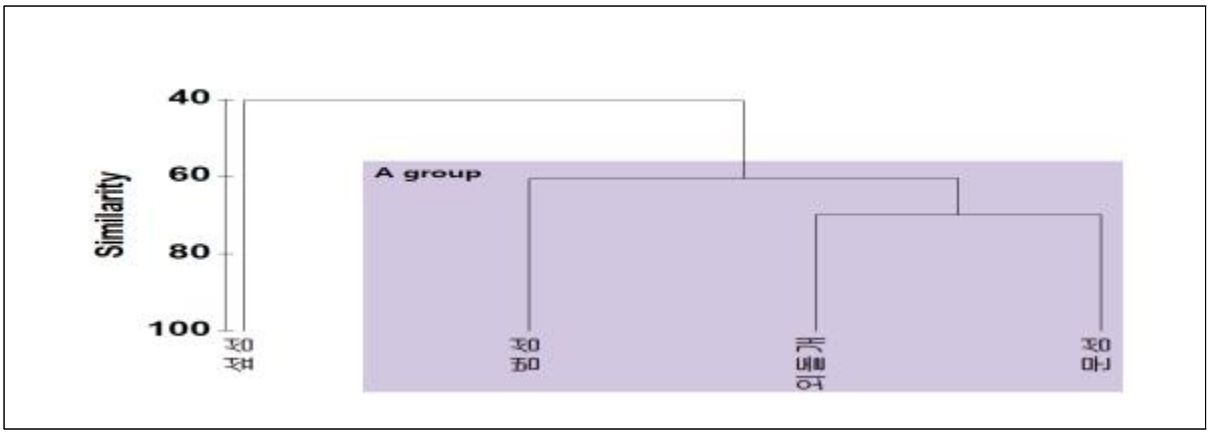
2020년 11월에 동물플랑크톤의 종다양성지수는 평균 2.83±0.16이고, 2.67(외돌개)~3.03(범섬)의 분포범위를 나타내어 범섬에서 상대적으로 안정된 군집구조를 보였다. 풍부도지수는 8.90(외돌개)~11.74(문섬), 평균 10.48±1.18, 균등도지수는 0.70(외돌개)~0.79(범섬), 평균 0.75±0.04, 우점도지수는 0.28(범섬)~0.42(문섬), 평균 0.36±0.07의 분포범위를 나타내었다. 정점별로 비교하였을 때 외돌개의 경우 종다양성지수, 풍부도지수와 균등도지수는 타 정점에 비해 상대적으로 낮게 나타난 반면, 우점도지수는 높게 나타났다.

<표 3.2.34> 동물플랑크톤의 정점별 생태지수

수층	정점	범섬	외돌개	문섬	섶섬	평균
2월	풍부도(R)	5.45	5.14	5.29	12.59	7.12±3.65
	균등도(J)	0.75	0.65	0.61	0.83	0.71±0.10
	다양도(H′)	2.43	2.15	2.06	2.96	2.40±0.41
	우점도(D)	0.48	0.54	0.59	0.30	0.48±0.13
5월	풍부도(R)	2.72	11.02	22.61	1.96	9.58±9.61
	균등도(J)	0.29	0.90	0.95	0.52	0.67±0.32
	다양도(H′)	0.70	2.50	2.43	1.07	1.68±0.93
	우점도(D)	0.91	0.33	0.35	0.81	0.60±0.30
8월	풍부도(R)	5.95	6.01	11.59	4.80	7.09±3.05
	균등도(J)	0.74	0.60	0.82	0.56	0.68±0.12
	다양도(H′)	2.53	1.93	2.80	1.58	2.21±0.56
	우점도(D)	0.39	0.66	0.36	0.72	0.53±0.18
11월	풍부도(R)	10.80	8.90	11.74	10.47	10.48±1.18
	균등도(J)	0.79	0.70	0.72	0.78	0.75±0.04
	다양도(H′)	3.03	2.67	2.76	2.87	2.83±0.16
	우점도(D)	0.28	0.41	0.42	0.34	0.36±0.07

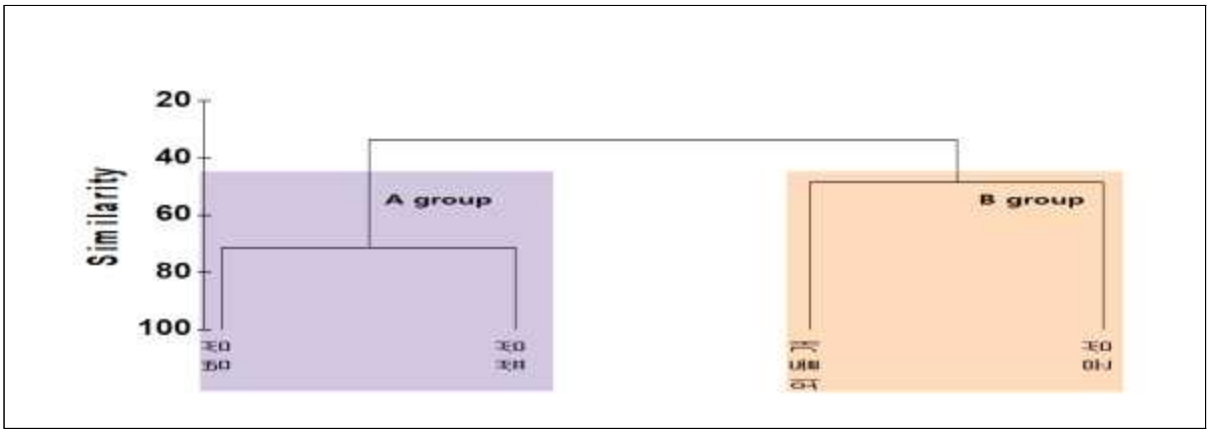
6) 군집분석

해양공원 및 해양보호구역 주변해역 식물플랑크톤의 출현종과 개체수에 근거한 군집분석 결과, 2020년 2월에 동물플랑크톤 군집의 유사도는 전체 정점이 유사도 약 40%의 중간 수준에서 모든 정점이 연결되었고, 각 정점은 1개의 그룹과 1개의 정점으로 나누어졌다. 그 중 A그룹은 상대적으로 출현종수가 낮은 정점이며, 섶섬은 다양도와 균등도 및 풍부도가 높은 특성을 보였다.



(그림 3.2.28) 동물플랑크톤의 정점간 유사도(2020년 2월)

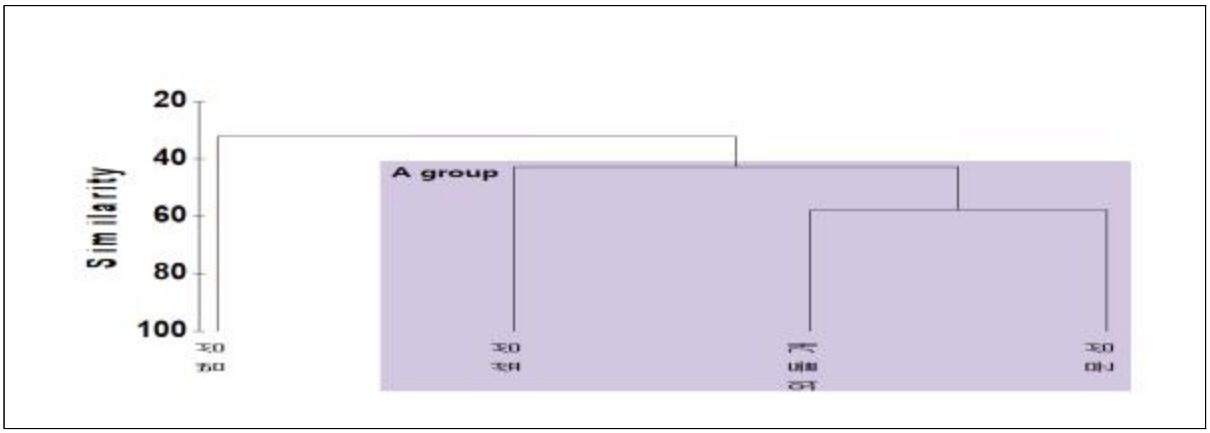
2020년 5월에 동물플랑크톤 군집의 유사도는 전체 정점이 유사도 약 33%의 낮은 수준에서 모든 정점이 연결되었고, 각 정점은 2개의 그룹으로 나누어졌다. 각 그룹 중 A그룹은 상대적으로 출현종수가 낮고 출현개체수는 높은 정점들이며, B그룹은 반대로 낮은 출현개체수와 높은 출현종수로 인해 다양도와 균등도가 높은 특성을 보였다.



(그림 3.2.29) 동물플랑크톤의 정점간 유사도(2020년 5월)

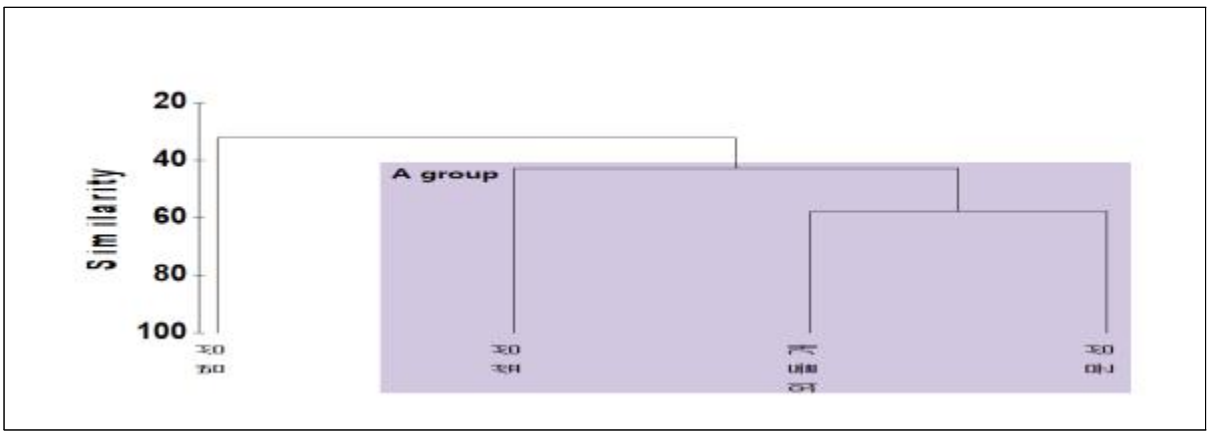
2020년 8월에 동물플랑크톤 군집의 유사도는 전체 정점이 유사도 약 32%의 낮은 수

준에서 모든 정점이 연결되었고, 각 정점은 1개의 그룹과 한 개의 정점으로 나누어졌다. 그 중 A 그룹은 상대적으로 출현개체수가 낮은 정점들이며, 범섬은 반대로 출현개체수가 높은 특성을 보였다.



(그림 3.2.30) 동물플랑크톤의 정점간 유사도(2020년 8월)

2020년 11월에 동물플랑크톤 군집의 유사도는 전체 정점이 유사도 약 60%의 중간 수준에서 모든 정점이 연결되었고, 각 정점은 1개의 그룹과 한 개의 정점으로 나누어졌다. 그 중 A 그룹은 상대적으로 출현개체수가 낮은 정점들이며, 외돌개는 반대로 출현개체수가 높은 특성을 보였다.



(그림 3.2.31) 동물플랑크톤의 정점간 유사도(2020년 11월)

제3절 저서생물상

1) 전체 종조성

조하대 저서동물의 채집은 잠수(SCUBA)조사를 실시하였다. 잠수조사시 각 정점에서 저서동물의 분포를 대표할 수 있는 지점을 선정하여 50㎝×50㎝ 면적의 방형구를 이용하여 방형구 내에 분포하는 모든 저서동물을 끌과 칼을 이용하여 정량 채집하였다. 또한 조사정점의 생육지 환경 및 주변 생물상을 파악하기 위한 자료수집 일환으로 방형구 내에 출현하지 않은 저서동물에 대하여 사진촬영을 이용한 정성조사를 병행하여 실시하였다. 채집된 저서동물은 냉장상자에 보관하여 실험실로 운반하였고, 운반된 시료는 확대경 및 해부현미경을 이용하여 분류군별로 선별 및 동정을 실시한 후, 개체수를 계수하고 생체량(wet weight)을 0.001g까지 측정하였으며, 이 값들은 다시 단위면적당(㎡) 개체수와 생체량으로 환산하였다. 채집된 저서동물의 분류 및 동정은 한국동물분류학회(1997)를 근거로 하였다.

본 조사에 출현한 저서무척추동물은 총 9문 131종이 출현하였다. 분류군별로는 자포동물이 41종으로 31.0%의 가장 높은 출현율을 보였고, 연체동물이 38종으로 29.0%, 극피동물이 14종 11%, 해면동물이 16종으로 12.0%, 척삭동물이 9종으로 7.0%, 태형동물이 7종, 5.0%의 출현비율을 나타냈다.

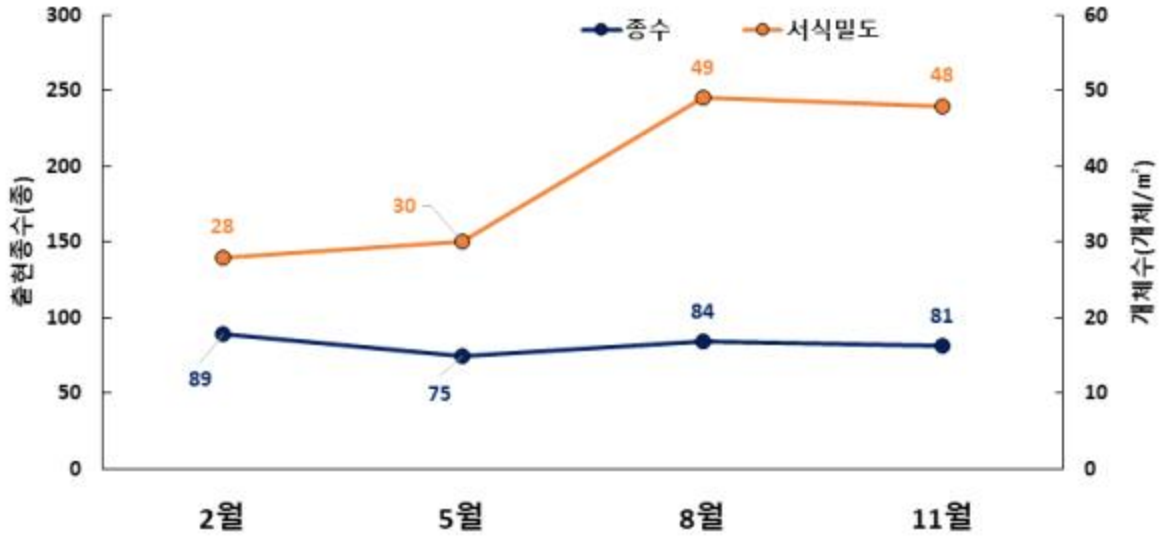


(그림 3.3.1) 저서무척추동물 분류군별 출현비율

2) 시기별 종조성

조사 시기별로는 2월에 89종으로 가장 많이 출현하였고, 5월에 75종, 8월에 84종, 11월에 81종이 출현하였고, 시기별 서식밀도(개체수/㎡)는 2월에 28개체/㎡, 5월에 30개체/

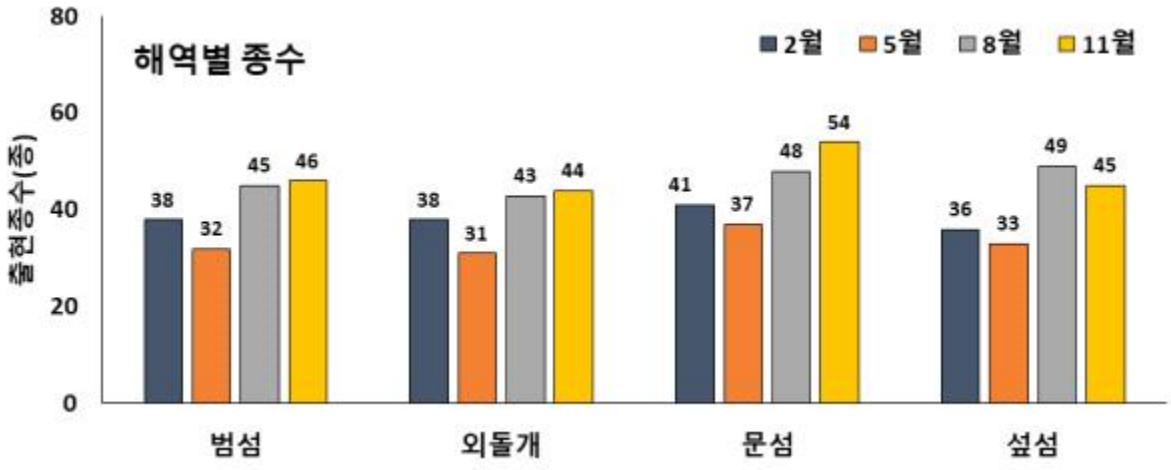
㎡, 8월에 49개체/㎡, 11월에 48개체/㎡를 나타냈다.



(그림 3.3.2) 저서무척추동물 출현종수 및 서식밀도

3) 해역별 종조성 및 생물량

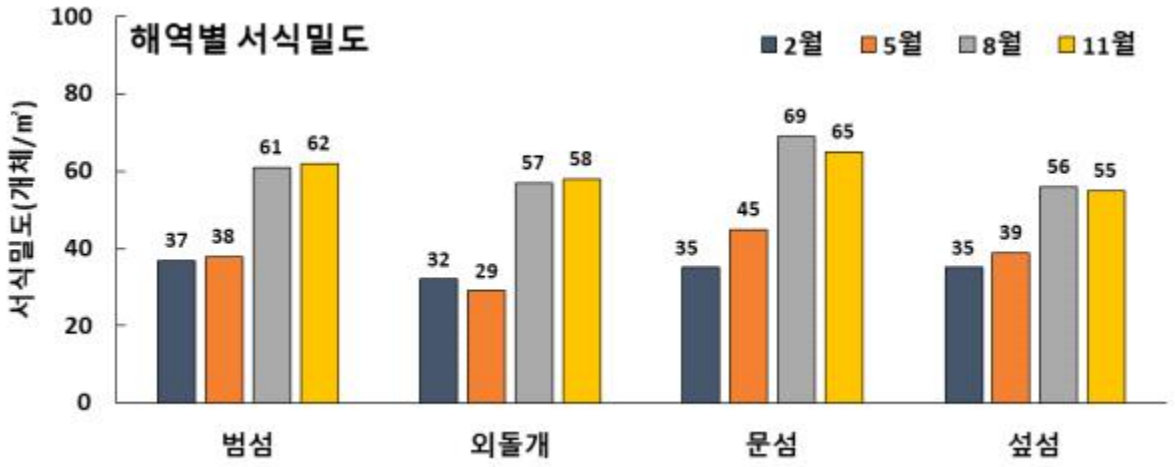
조사해역별 출현종수는 범섬해역에서 80종으로 총 출현종수의 61.1%의 출현율을 보였고, 외돌개 해역에서는 78종, 59.5%, 문섬해역에서는 89종, 67.9%, 섶섬해역에서는 81종, 61.8%의 출현 비율을 보였다. 조사기간 중 문섬해역의 11월에 54종으로 가장 높은 종이 출현하였다.



(그림 3.3.3) 조사해역별 저서무척추동물 출현 종수

저서무척추동물의 개체수는 총 4,640개체가 채집되었으며, 평균 49 개체/㎡의 서식밀도를 나타냈다. 해역별로는 범섬해역에서 1,184개체가 채집되어 평균 50 개체/㎡의 서식

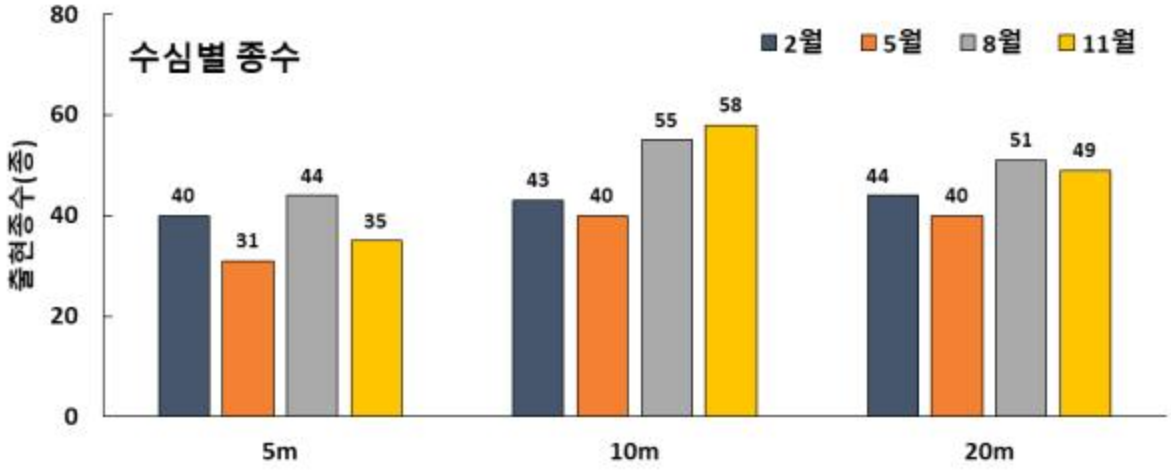
밀도를 보였으며 2월에 37 개체/㎡, 5월에 38 개체/㎡, 8월에 61 개체/㎡, 11월에 62개체/㎡의 서식밀도를 보였다. 외돌개해역서는 1,060개체가 채집되어 평균 44개체/㎡의 서식밀도를 보였으며 2월에 32 개체/㎡, 5월에 29 개체/㎡, 8월에 57 개체/㎡, 11월에 58개체/㎡의 서식밀도를 보였다. 문섬해역에서는 1,284개체가 채집되어 평균 54 개체/㎡의 서식밀도를 보였으며 2월에 35 개체/㎡, 5월에 45 개체/㎡, 8월에 69 개체/㎡, 11월에 65개체/㎡의 서식밀도를 보였다. 섶섬해역에서는 1,112개체가 채집되어 평균 46 개체/㎡의 서식밀도를 보였으며 2월에 35 개체/㎡, 5월에 39 개체/㎡, 8월에 56 개체/㎡, 11월에 55개체/㎡의 서식밀도를 보였다.



(그림 3.3.4) 조사해역별 저서무척추동물 서식밀도

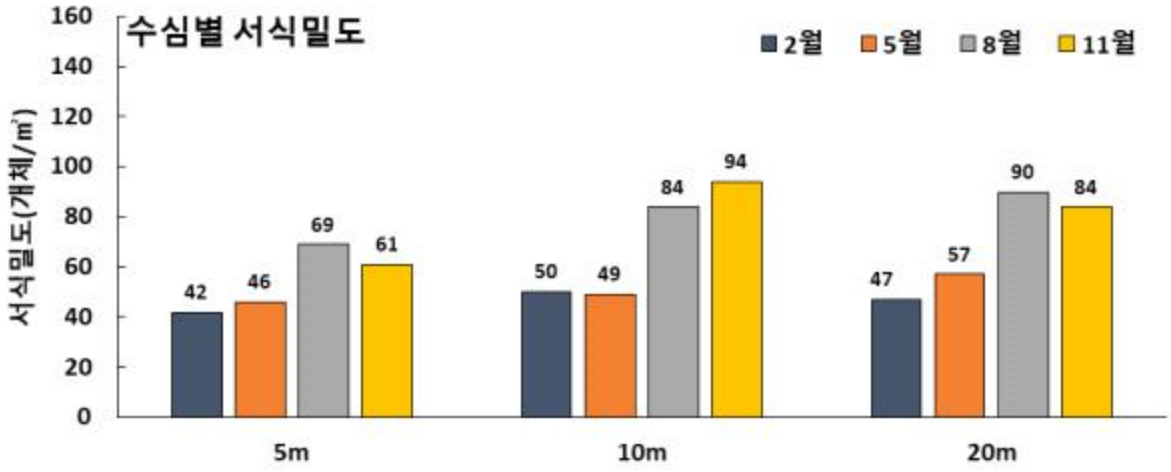
4) 수심별 종조성 및 생물량

조사 해역의 수심에 따른 저서무척추동물 출현종수는 10m, 20m 수심대에서 가장 많은 종이 출현하였으며, 5m 수심대에서 2월에 40종, 5월에 31종, 8월에 44종, 11월 35종으로 8월에 가장 많은 종이 출현하였다, 10m와 20m 수심대에서는 유사하게 출현비유을 보이고 있으며 2월에 43종, 5월에 40종, 8월에 55종, 11월에 58종으로 11월에 가장 많은 종이 출현하였다.



(그림 3.3.5) 조사 수심별 저서무척추동물 출현 종수

수심별 저서무척추동물의 서식밀도는 5m 수심대에서 1,312개체가 채집되어 42~69 개체/㎡의 범위로서 평균 55 개체/㎡이었다. 8월에 69 개체/㎡로 가장 높았으며, 2월에 42개체/㎡로 가장 낮았다. 10m 수심대에서 1,660개체가 채집되어 49~94 개체/㎡의 범위로서 평균 69 개체/㎡였으며 11월에 94 개체/㎡로 가장 높았으며, 5월에 49개체/㎡로 가장 낮았다. 20m 수심대에서 1,668개체가 채집되어 47~90 개체/㎡의 범위로서 평균 70 개체/㎡로 10m 수심대와 유사하게 나타났으며 8월에 90 개체/㎡로 가장 높았고, 2월에 47개체/㎡로 가장 낮았다.



(그림 3.3.6) 조사 수심별 저서무척추동물 서식밀도

5) 저서 무척추동물의 생태지수

조사해역에서 출현한 저서무척추동물의 출현 개체수를 기준으로 풍부도, 균등도, 다양도 및 우점도 지수를 산정하였다.

2020년 2월, 범섬에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수 분석 결과, 풍부도 지수는 2.94~4.49(평균 3.97)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 가장 낮게, 수심 20m에서 가장 높게 나타났다. 균등도 지수는 0.96~0.99(평균 0.97)의 분포를 보였으며, 수심대별 큰 차이는 보이지 않았다. 다양도는 2.30~2.81(평균 2.63)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 가장 높게 나타났다. 우점도는 0.17~0.33(평균 0.26)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 가장 높은 값을 나타내었다. 분석결과 수심대가 깊어질수록 풍부도와 우점도가 상태적으로 높고, 균등도와 다양도는 5m 수심대에서 높게 나타났다.

5월 조사 결과 풍부도 지수는 2.60~3.96(평균 3.29)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.92~0.97(평균 0.94)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 다양도는 2.13~2.54(평균 2.38)의 분포를 보였으며, 수심 20 m에서 높게 나타났다. 우점도는 0.26~0.44(평균 0.36)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 높게 나타났다. 분석결과 10m수심대에서는 우점도는 높고 풍부도와 다양도가 상대적으로 낮게 나타나는 것으로 나타났다.

8월 조사 결과 풍부도 지수는 3.80~5.62(평균 4.55)의 분포를 보였으며, 5m수심대에서 20m 수심대로 갈수록 높게 나타나고 있었다. 균등도 지수는 0.89~0.98(평균 0.94)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 상대적으로 낮은 값을 보이고 있었다. 다양도는 2.61~3.12(평균 2.78)의 분포를 보였으며, 수심 20m에서 높게 나타났다. 우점도는 0.13~0.37(평균 0.26)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 높게 나타났다. 분석결과 수심 20m에서 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

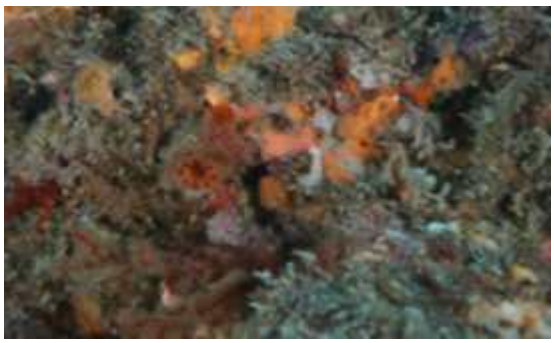
11월 조사 결과 풍부도 지수는 3.48~5.69(평균 4.90)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.92~0.98(평균 0.95)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 낮게 나타났다. 다양도는 2.25~3.16(평균 2.87)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 우점도는 0.12~0.32(평균 0.24)의 분포를 보였으며, 수심 20m에서 낮게 나타났다. 분석결과 5m 수심대보다 20m 수심대에서의 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

<표 3.3.1> 범섬에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수

시기	생태지수	수심			평균	최소	최대
		5m	10m	20m			
2월	풍부도	2.94	4.47	4.49	3.97	2.94	4.49
	균등도	0.96	0.99	0.96	0.97	0.96	0.99
	다양도	2.30	2.81	2.78	2.63	2.30	2.81
	우점도	0.33	0.17	0.27	0.26	0.17	0.33
5월	풍부도	3.30	2.60	3.96	3.29	2.60	3.96
	균등도	0.97	0.93	0.92	0.94	0.92	0.97
	다양도	2.48	2.13	2.54	2.38	2.13	2.54
	우점도	0.26	0.44	0.36	0.36	0.26	0.44
8월	풍부도	3.80	4.24	5.62	4.55	3.80	5.62
	균등도	0.94	0.89	0.98	0.94	0.89	0.98
	다양도	2.61	2.61	3.12	2.78	2.61	3.12
	우점도	0.27	0.37	0.13	0.26	0.13	0.37
11월	풍부도	3.48	5.54	5.69	4.90	3.48	5.69
	균등도	0.95	0.92	0.98	0.95	0.92	0.98
	다양도	2.52	2.95	3.16	2.87	2.52	3.16
	우점도	0.29	0.32	0.12	0.24	0.12	0.32



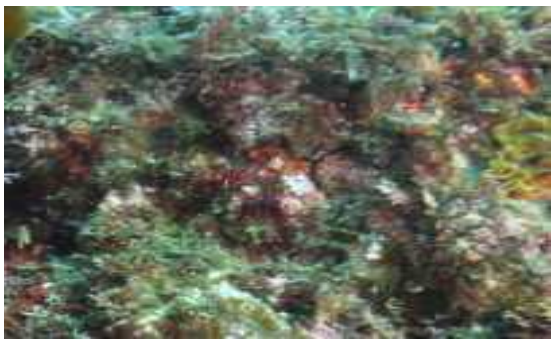
꽃가시산호



분홍멍게

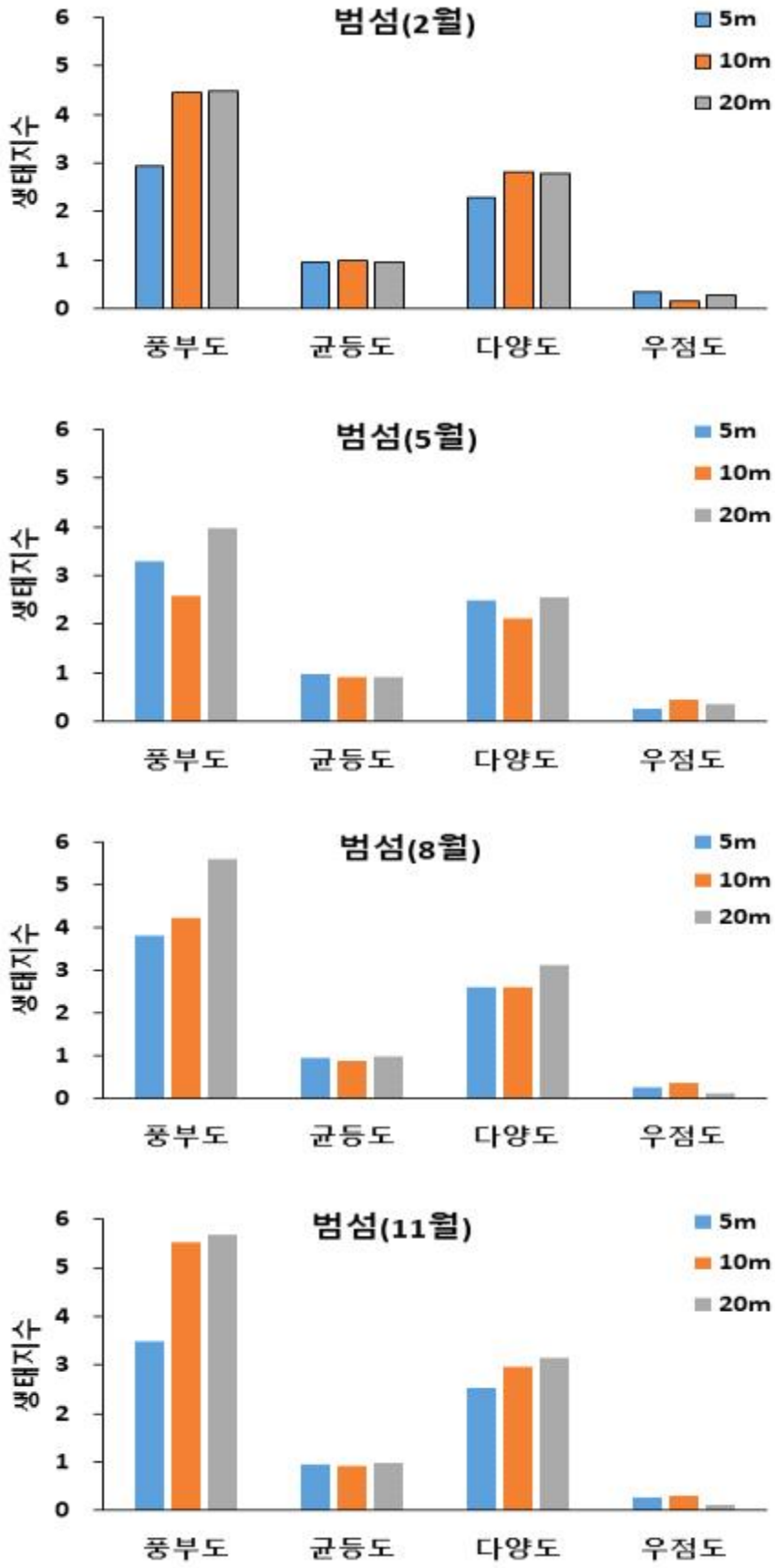


상어껍질별벌레



벌지굴

(그림 3.4.7) 범섬에서 출현한 주요 우점종



(그림 3.3.8) 범섬에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수

2020년 2월, 외돌개에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수 분석 결과, 풍부도 지수는 3.46~3.79(평균 3.59)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 가장 낮게, 수심 10m에서 가장 높게 나타났다. 균등도 지수는 0.95~1.00(평균 0.98)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 가장 높게 나타났다. 다양도는 2.49~2.56(평균 2.53)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 가장 높게 나타났다. 우점도는 0.17~0.32(평균 0.23)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 분석결과 5m수심대에서 풍부도와 다양도가 높고 우점도는 낮게 나타나고 있어 안정된 군집구조를 보이고 있었다.

5월 조사 결과 풍부도 지수는 2.27~4.04(평균 3.33)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.97~0.99(평균 0.98)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 다양도는 2.02~2.69(평균 2.43)의 분포를 보였으며, 수심 20 m에서 높게 나타났다. 우점도는 0.19~0.36(평균 0.26)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 높게 나타났다. 분석결과 수심 20m에서 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

8월 조사 결과 풍부도 지수는 4.34~5.58(평균 4.86)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.93~0.98(평균 0.96)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 상대적으로 높은 값을 보이고 있었다. 다양도는 2.76~3.12(평균 2.89)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 높게 나타났다. 우점도는 0.16~0.31(평균 0.24)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 높게 나타났다. 분석결과 수심 20m에서 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

11월 조사 결과 풍부도 지수는 3.75~6.24(평균 4.98)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.97~0.98(평균 0.97)의 분포를 보였으며, 수심대별 큰 차이를 보이지 않았다. 다양도는 2.62~3.25(평균 2.95)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 우점도는 0.16~0.24(평균 0.19)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 높게 나타났다. 분석결과 수심 20m에서 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

<표 3.3.2> 외돌개에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수

시기	생태지수	수심			평균	최소	최대
		5m	10m	20m			
2월	풍부도	3.46	3.70	3.60	3.59	3.46	3.70
	균등도	1.00	0.95	0.99	0.98	0.95	1.00
	다양도	2.49	2.56	2.54	2.53	2.49	2.56
	우점도	0.17	0.32	0.21	0.23	0.17	0.32
5월	풍부도	2.27	3.69	4.04	3.33	2.27	4.04
	균등도	0.97	0.98	0.99	0.98	0.97	0.99
	다양도	2.02	2.59	2.69	2.43	2.02	2.69
	우점도	0.36	0.24	0.19	0.26	0.19	0.36
8월	풍부도	4.68	4.34	5.58	4.86	4.34	5.58
	균등도	0.93	0.98	0.97	0.96	0.93	0.98
	다양도	2.79	2.76	3.12	2.89	2.76	3.12
	우점도	0.31	0.25	0.16	0.24	0.16	0.31
11월	풍부도	3.75	6.24	4.97	4.98	3.75	6.24
	균등도	0.97	0.97	0.98	0.97	0.97	0.98
	다양도	2.62	3.25	2.97	2.95	2.62	3.25
	우점도	0.24	0.16	0.18	0.19	0.16	0.24



꽃부채게



소라

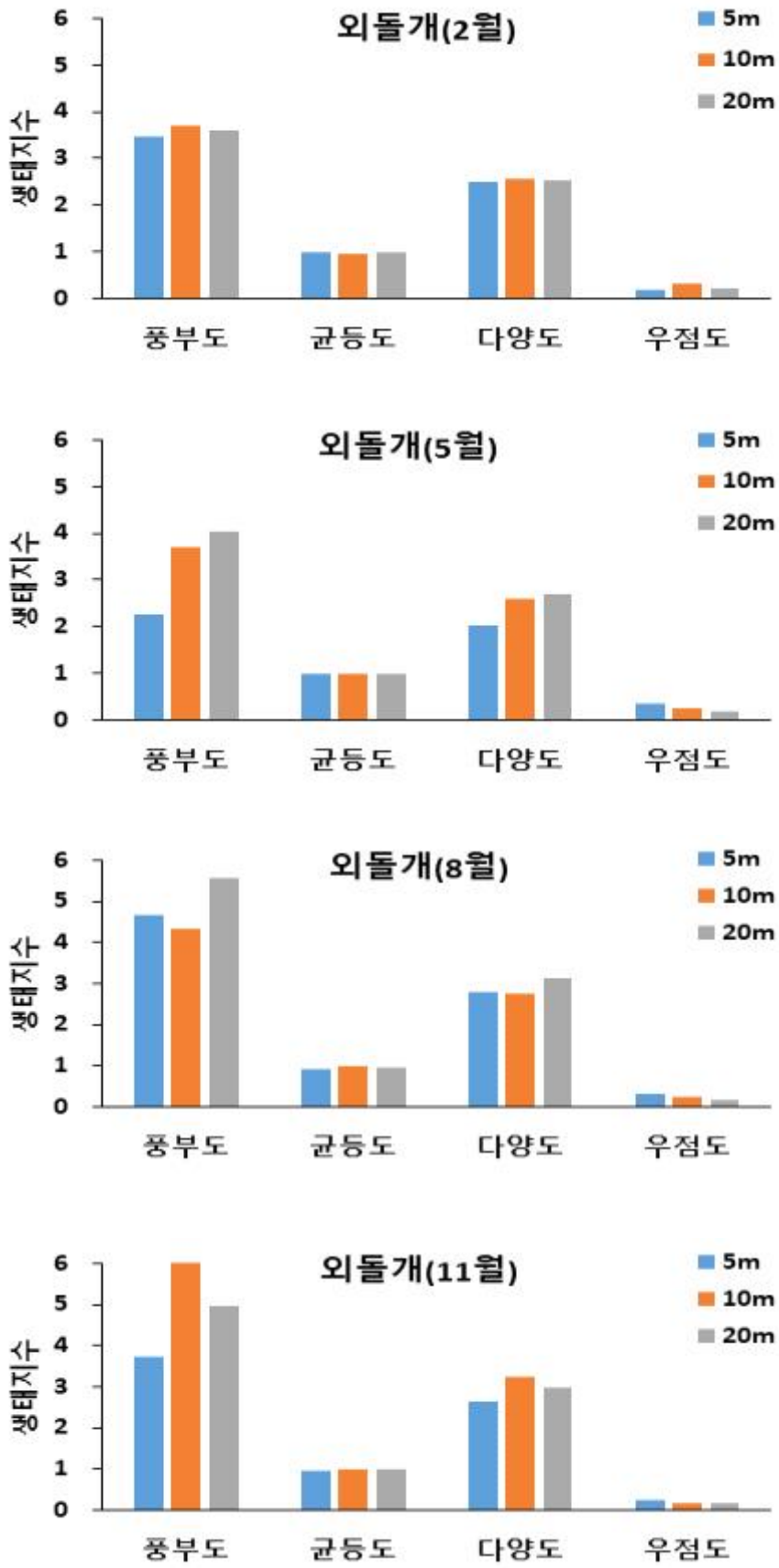


바위굴



노란솜털갯지렁이

(그림 3.4.9) 외돌개에서 출현한 주요 우점종



(그림 3.3.10) 외돌개에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수

2020년 2월, 문섬에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수 분석 결과, 풍부도 지수는 3.53~3.91(평균 3.74)의 분포를 보였으며, 수심 20m에서 가장 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.97~0.98(평균 0.98)의 분포를 보였으며, 수심 20m에서 가장 높게 나타났다. 다양도는 2.49~2.66(평균 2.60)의 분포를 보였으며, 수심대별 큰 차이를 보이지 않았다. 우점도는 0.20~0.27(평균 0.23)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 분석결과 10m수심대에서 풍부도와 다양도가 높고 우점도는 낮게 나타나고 있어 안정된 군집구조를 보이고 있었다.

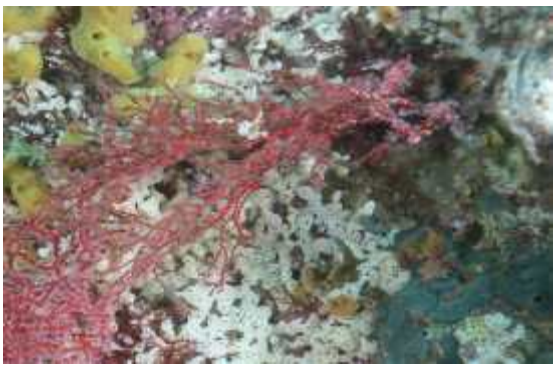
5월 조사 결과 풍부도 지수는 3.25~4.70(평균 4.12)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.90~0.98(평균 0.93)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 다양도는 2.32~2.87(평균 2.62)의 분포를 보였으며, 수심 20 m에서 높게 나타났다. 우점도는 0.22~0.40(평균 0.32)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 높게 나타났다. 분석결과 수심 20m에서 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

8월 조사 결과 풍부도 지수는 4.09~5.74(평균 5.10)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.92~0.96(평균 0.94)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 상대적으로 높은 값을 보이고 있었다. 다양도는 2.71~3.09(평균 2.92)의 분포를 보였으며, 수심 20m에서 높게 나타났다. 우점도는 0.23~0.28(평균 0.25)의 분포를 보였으며, 수심 20m에서 낮게 나타났다. 분석결과 수심 20m에서 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

11월 조사 결과 풍부도 지수는 4.60~6.12(평균 5.43)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.94~0.98(평균 0.96)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 다양도는 2.80~3.20(평균 3.03)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 우점도는 0.16~0.29(평균 0.21)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 높게 나타났다. 분석결과 수심 10m에서 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

<표 3.3.3> 문섬에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수

시기	생태지수	수심			평균	최소	최대
		5m	10m	20m			
2월	풍부도	3.80	3.91	3.53	3.74	3.53	3.91
	균등도	0.98	0.98	0.97	0.98	0.97	0.98
	다양도	2.65	2.66	2.49	2.60	2.49	2.66
	우점도	0.20	0.22	0.27	0.23	0.20	0.27
5월	풍부도	3.25	4.39	4.70	4.12	3.25	4.70
	균등도	0.90	0.93	0.98	0.93	0.90	0.98
	다양도	2.32	2.67	2.87	2.62	2.32	2.87
	우점도	0.40	0.33	0.22	0.32	0.22	0.40
8월	풍부도	4.09	5.48	5.74	5.10	4.09	5.74
	균등도	0.96	0.92	0.95	0.94	0.92	0.96
	다양도	2.71	2.97	3.09	2.92	2.71	3.09
	우점도	0.24	0.28	0.23	0.25	0.23	0.28
11월	풍부도	4.60	6.12	5.57	5.43	4.60	6.12
	균등도	0.94	0.97	0.98	0.96	0.94	0.98
	다양도	2.80	3.20	3.10	3.03	2.80	3.20
	우점도	0.29	0.17	0.16	0.21	0.16	0.29



포모사바늘산호



상어껍질별벌레

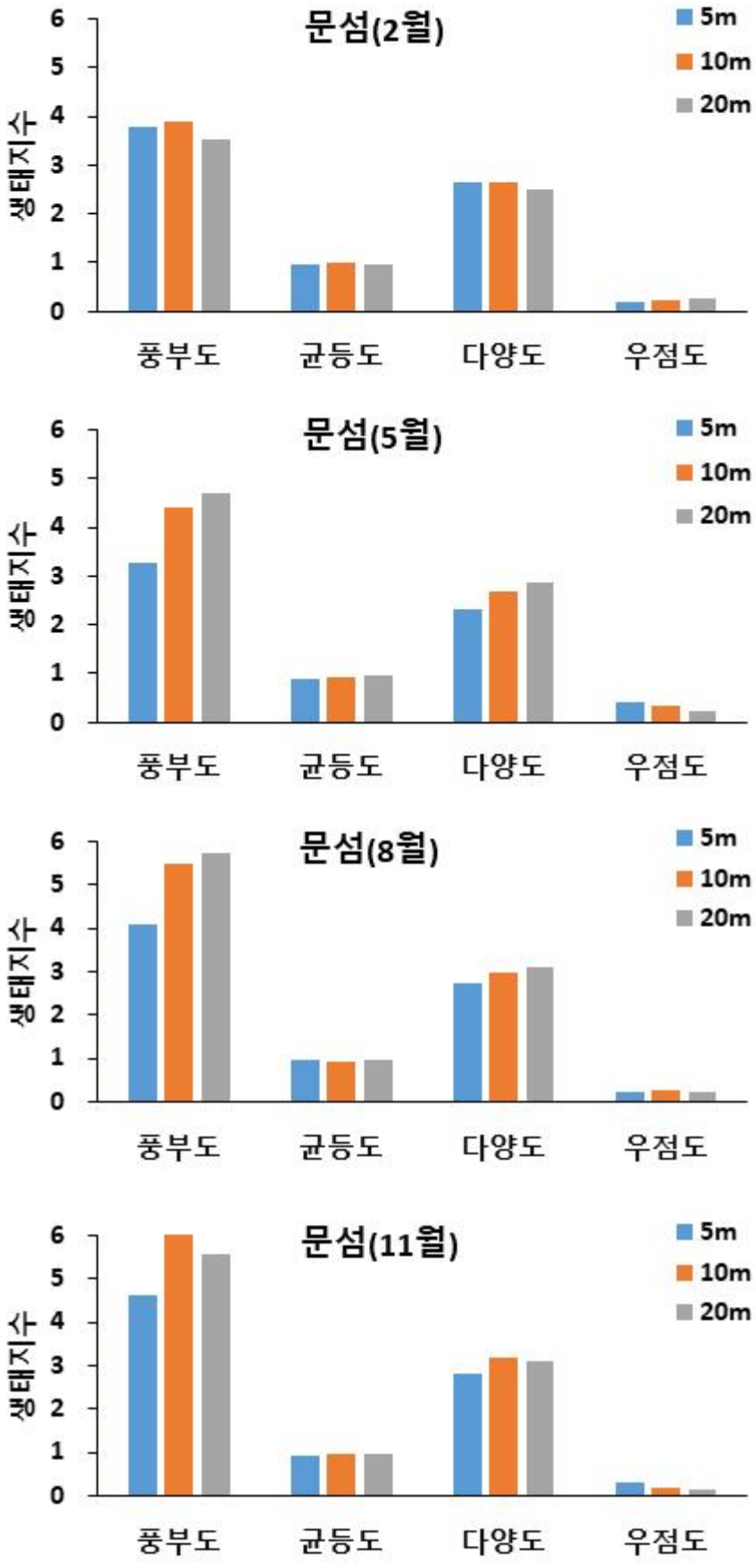


분홍멍게



탑뿔고둥

(그림 3.4.11) 문섬에서 출현한 주요 우점종



(그림 3.3.12) 외돌개에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수

2020년 2월, 섶섬에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수 분석 결과, 풍부도 지수는 3.12~4.34(평균 3.54)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 가장 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.96~0.98(평균 0.97)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 가장 낮은 값을 보이고 있었다. 다양도는 2.40~2.76(평균 2.53)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 가장 낮게 나타났다. 우점도는 0.25~0.29(평균 0.26)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 가장 높은 값을 나타내었다. 분석결과 20m수심대에서 풍부도와 다양도가 높고 우점도는 낮게 나타나고 있어 안정된 군집구조를 보이고 있었다.

5월 조사 결과 풍부도 지수는 3.10~3.85(평균 3.47)의 분포를 보였으며, 수심 20m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.87~0.98(평균 0.94)의 분포를 보였으며, 수심 20m에서 낮게 나타났다. 다양도는 2.23~2.65(평균 2.47)의 분포를 보였으며, 수심 20 m에서 낮게 나타났다. 우점도는 0.21~0.46(평균 0.31)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 분석결과 수심 5m에서 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

8월 조사 결과 풍부도 지수는 3.88~6.06(평균 4.95)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.94~0.99(평균 0.97)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 상대적으로 낮은 값을 보이고 있었다. 다양도는 2.61~3.21(평균 2.94)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 높게 나타났다. 우점도는 0.13~0.29(평균 0.19)의 분포를 보였으며, 수심 10m에서 낮게 나타났다. 분석결과 수심 10m에서 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

11월 조사 결과 풍부도 지수는 3.57~5.97(평균 4.81)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.95~0.98(평균 0.96)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 다양도는 2.51~3.20(평균 2.87)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 낮게 나타났다. 우점도는 0.12~0.32(평균 0.22)의 분포를 보였으며, 수심 5m에서 높게 나타났다. 분석결과 수심 20m에서 저서동물 군집이 풍부도와 다양도가 상대적으로 높고 우점도는 낮아 안정된 저서동물 군집을 보이는 것으로 조사되었다.

<표 3.3.4> 섶섬에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수

시기	생태지수	수심			평균	최소	최대
		5m	10m	20m			
2월	풍부도	3.17	3.12	4.34	3.54	3.12	4.34
	균등도	0.98	0.96	0.98	0.97	0.96	0.98
	다양도	2.43	2.40	2.76	2.53	2.40	2.76
	우점도	0.25	0.29	0.25	0.26	0.25	0.29
5월	풍부도	3.85	3.46	3.10	3.47	3.10	3.85
	균등도	0.98	0.98	0.87	0.94	0.87	0.98
	다양도	2.65	2.51	2.23	2.47	2.23	2.65
	우점도	0.21	0.25	0.46	0.31	0.21	0.46
8월	풍부도	3.88	6.06	4.93	4.95	3.88	6.06
	균등도	0.94	0.99	0.98	0.97	0.94	0.99
	다양도	2.61	3.21	2.99	2.94	2.61	3.21
	우점도	0.29	0.13	0.14	0.19	0.13	0.29
11월	풍부도	3.57	4.89	5.97	4.81	3.57	5.97
	균등도	0.95	0.95	0.98	0.96	0.95	0.98
	다양도	2.51	2.90	3.20	2.87	2.51	3.20
	우점도	0.32	0.23	0.12	0.22	0.12	0.32



분홍바다맨드라미



상어껍질별벌레

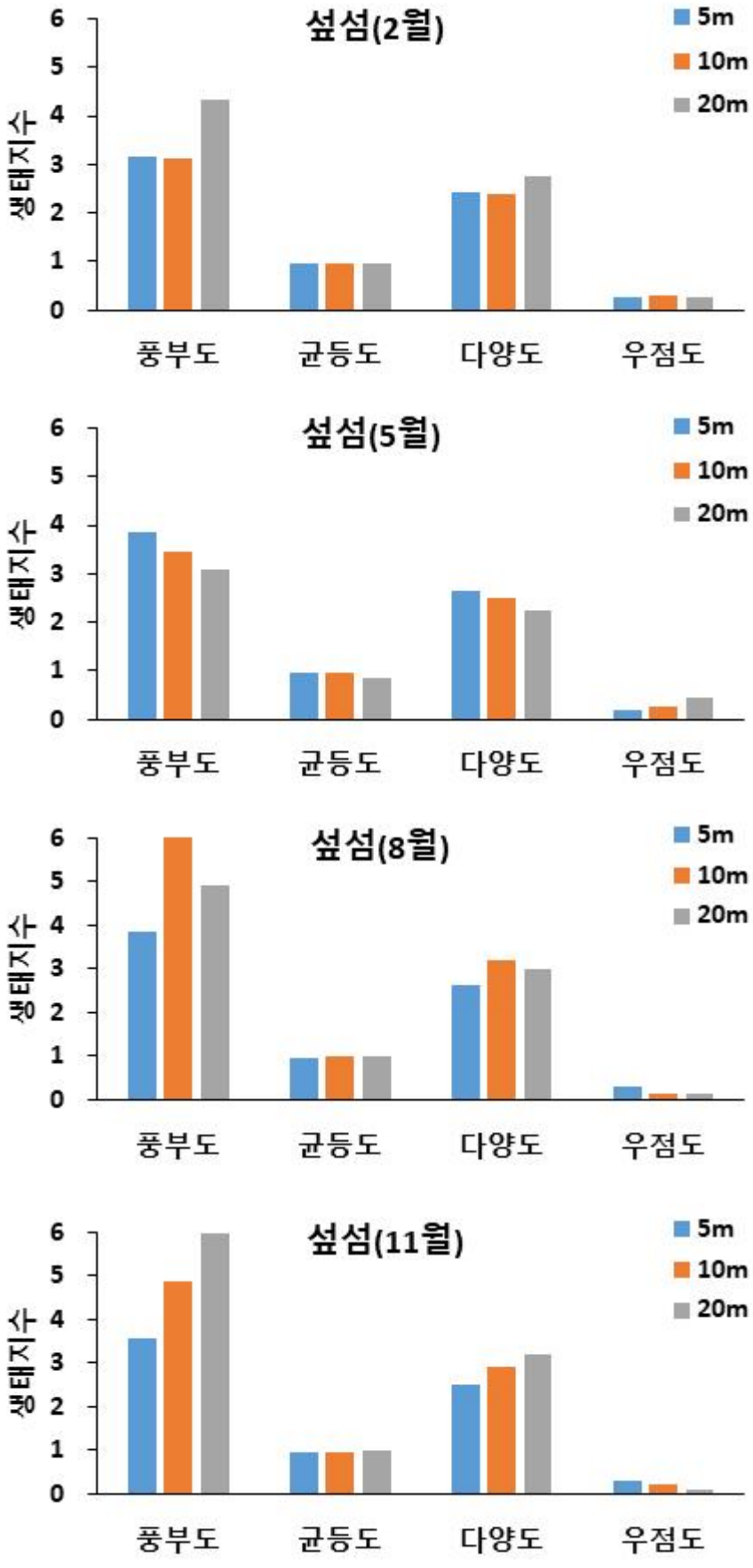


애기돌맛조개



노란솜털갯지렁이

(그림 3.4.13) 섶섬에서 출현한 주요 우점종

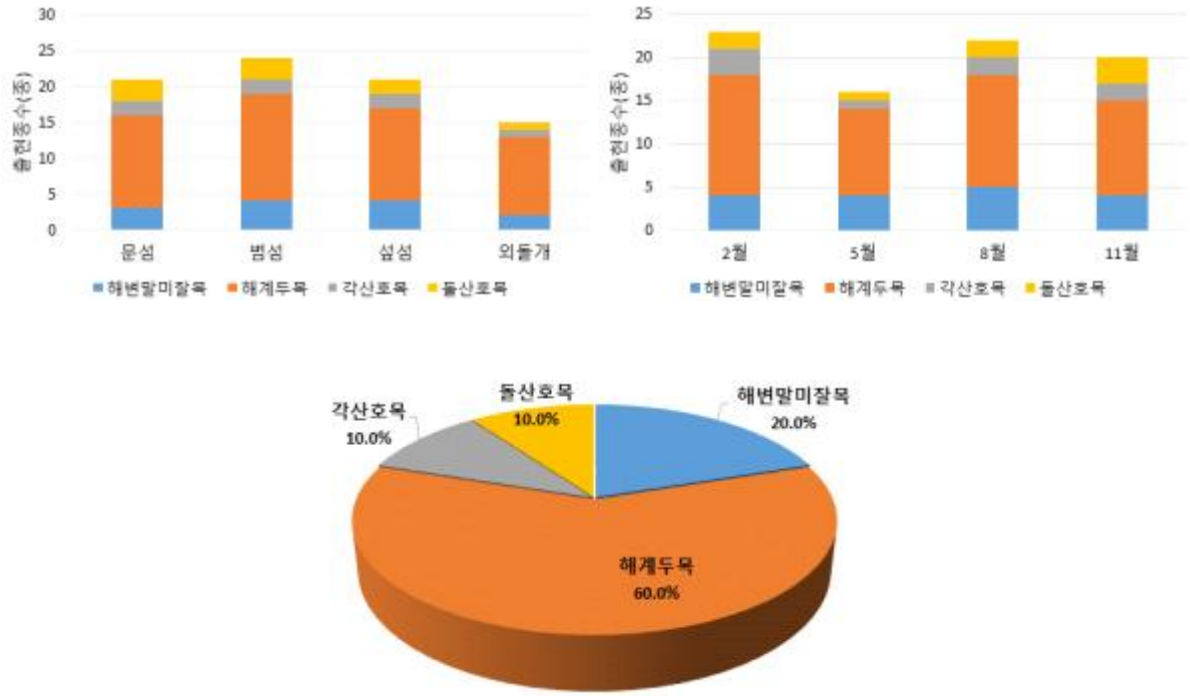


(그림 3.3.14) 외돌개에서 출현한 저서동물 군집의 생태지수

제4절 산호류 분포

1. 산호류 종조성

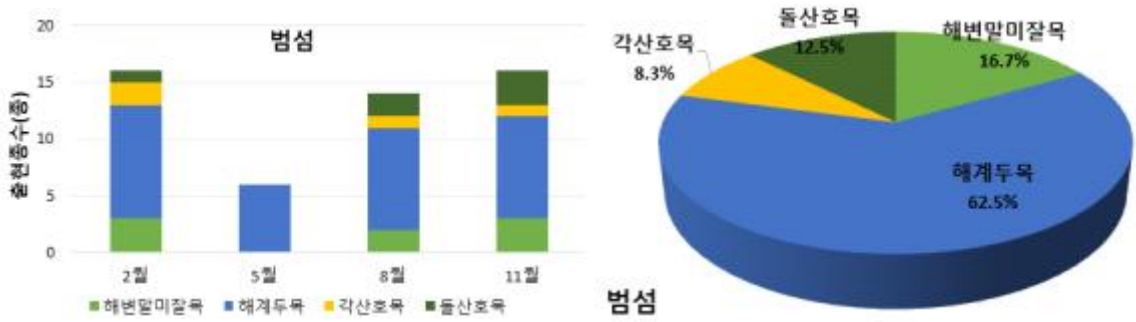
산호충류는 4개 해역에서 총 30종이 관찰되었으며, 문섬 21종, 섶섬 21종, 범섬 24종, 외돌개 15종이 출현하였다. 해변말미잘목 6종, 해계두목 18종, 각산호목 3종, 돌산호목 3종이었다. 분류군별 출현종수비는 해계두목이 60.0%를 차지하여 가장 많은 종이 출현한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 해변말미잘목(20.0%), 각산호목과 돌산호목이 가가각 10.0%의 순으로 출현하였다.계절별 출현종수는 2월(동계) 23종, 5월(춘계) 16종, 8월(하계) 22종, 11월(추계) 20종이 출현하였다. 춘계에서 동계로 가면서 출현종수가 증가하는 경향을 보이고 있다.



(그림 3.4.1) 범섬 조사해역에서 산호충류의 출현종수

범섬 조사해역에서 동계(2월), 춘계(5월), 하계(8월), 추계(11월) 4회 조사에 걸쳐 출현한 산호충류는 총 21종으로 해변말미잘목 4종, 해계두목 15종, 각산호목 2종, 돌산호목 3종이었다. 분류군별 출현종수비는 해계두목이 62.5%를 차지하여 가장 많은 종이 출현한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 해변말미잘목(16.7%), 돌산호목(12.5%), 각산호목(8.3%) 순으로 출현하였다.

조사 시기별 출현종수는 2월에 16종, 5월에 6종, 8월에 14종, 11월 16종으로 5월에 가장 낮은 출현종수를 보여 계절적 출현종수의 변화를 보이고 있었다.



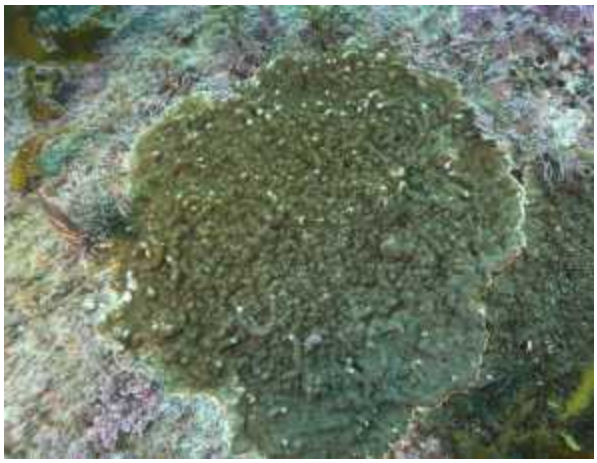
(그림 3.4.2) 범섬 조사해역에서 산호충류의 출현종수

<표 3.4.1> 범섬 조사해역에서 출현한 산호충류의 출현종수

구 분	2월	5월	8월	11월	합계
해변말미잘목	3	0	2	3	4
해계두목	10	6	9	9	15
각산호목	2	0	1	1	2
돌산호목	1	0	2	3	3
합계	16	6	14	16	24



큰수지맨드라미



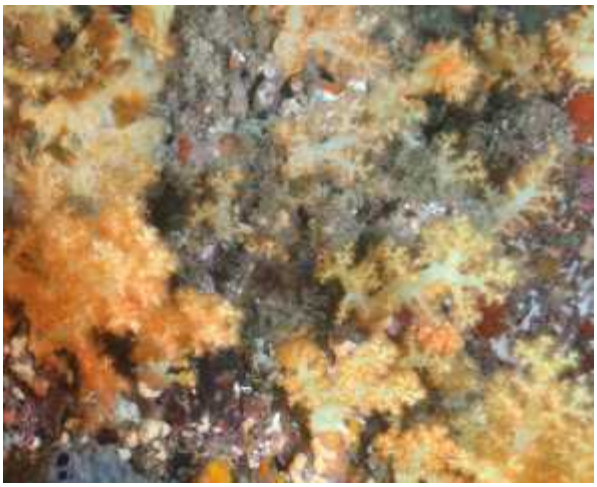
빛단풍돌산호



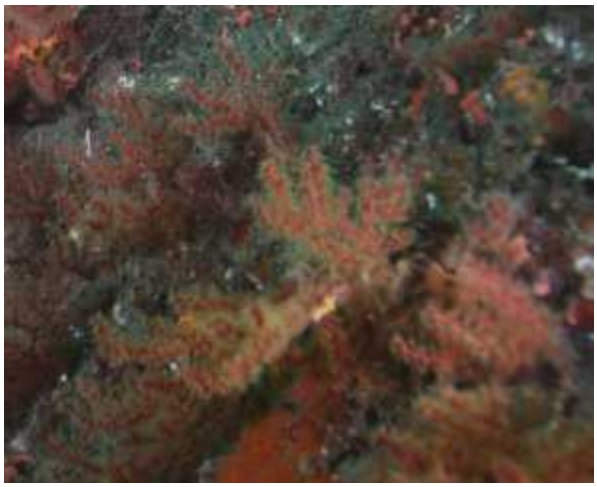
꽃총산호



빨강별총산호



분홍바다맨드라미



꽃가시산호

(그림 3.4.3) 범섬 조사해역에서 출현한 산호충류의 주요종

외돌개 조사해역에서 동계(2월), 춘계(5월), 하계(8월), 추계(11월) 4회 조사에 걸쳐 출현한 산호충류는 총 15종으로 해변말미잘목 2종, 해계두목 11종, 각산호목 1종, 돌산호목 1종이었다. 분류군별 출현종수비는 해계두목이 73.3%를 차지하여 가장 많은 종이 출현한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 해변말미잘목(13.3%), 돌산호목과, 각산호목이 6.7% 순으로 출현하였다.

조사 시기별 출현종수는 2월에 5종, 5월에 8종, 8월에 9종, 11월 10종으로 11월에 가장 높은 출현종수를 보이고 있고 계절에 따른 출현 종수의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다



(그림 3.4.4) 외돌개 조사해역에서 산호충류의 출현종수

<표 3.4.2> 외돌개 조사해역에서 출현한 산호충류의 출현종수

구 분	2월	5월	8월	11월	합계
해변말미잘목	1	1	1	1	2
해계두목	3	5	6	8	11
각산호목	0	1	1	0	1
돌산호목	1	1	1	1	1
합계	5	8	9	10	15



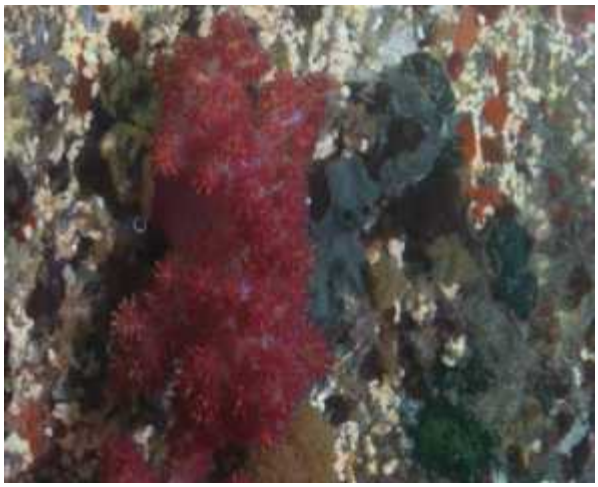
큰수지맨드라미



분홍바다맨드라미



빨강별총산호



밤수지맨드라미



빛단풍돌산호

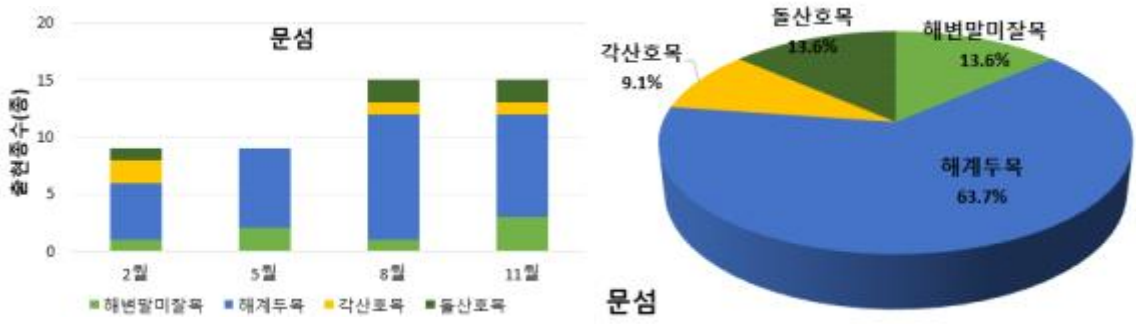


꽃총산호

(그림 3.4.5) 외돌개 조사해역에서 출현한 산호충류의 주요종

문섬 조사해역에서 동계(2월), 춘계(5월), 하계(8월), 추계(11월) 4회 조사에 걸쳐 출현한 산호충류는 총 22종으로 해변말미잘목 3종, 해계두목 14종, 각산호목 2종, 돌산호목 3종이었다. 분류군별 출현종수비는 해계두목이 63.7%를 차지하여 가장 많은 종이 출현한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 해변말미잘목이 13.6%, 돌산호목이 13.6%, 각산호목이 9.1% 순으로 출현하였다.

조사 시기별 출현종수는 2월에 9종, 5월에 9종, 8월에 15종, 11월 15종으로 계절에 따른 출현 종수의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.



(그림 3.4.6) 문섬 조사해역에서 산호충류의 출현종수

<표 3.4.3> 문섬 조사해역에서 출현한 산호충류의 출현종수

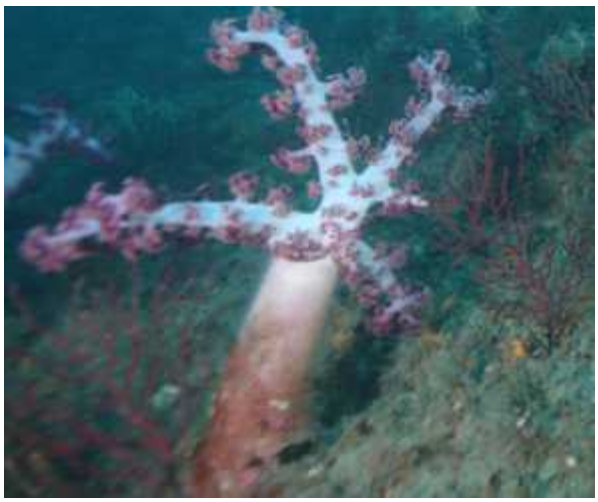
구 분	2월	5월	8월	11월	합계
해변말미잘목	1	1	1	1	2
해계두목	3	5	6	8	11
각산호목	0	1	1	0	1
돌산호목	1	1	1	1	1
합계	5	8	9	10	15



큰수지맨드라미



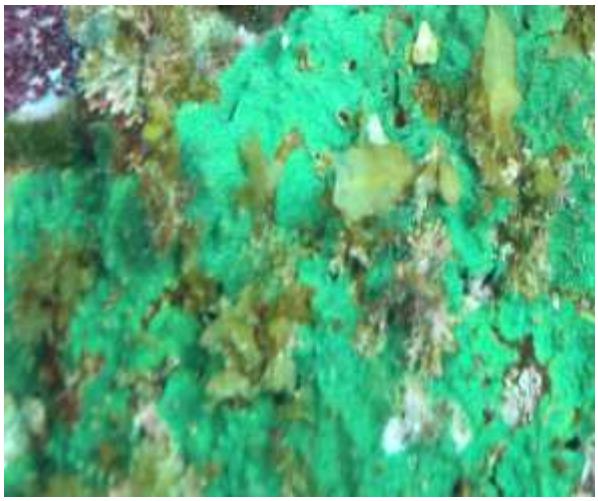
분홍바다맨드라미



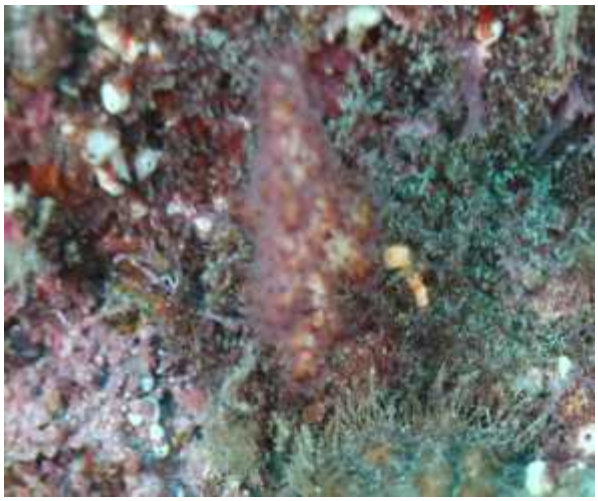
가시수지맨드라미



밤수지맨드라미



그물코돌산호

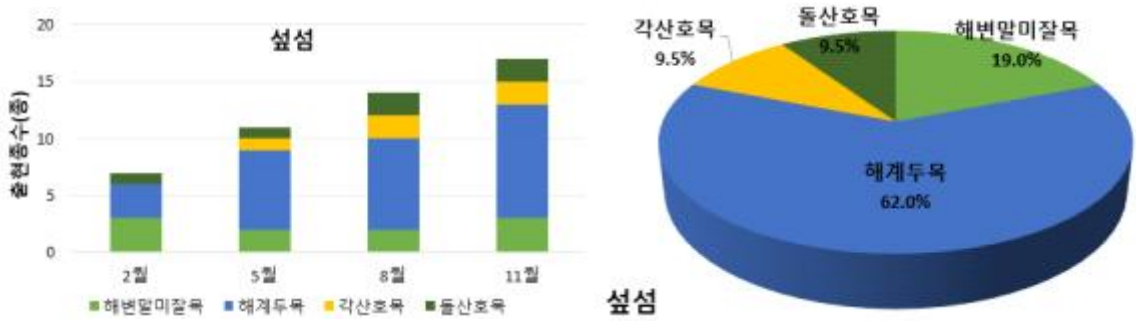


검붉은수지맨드라미

(그림 3.4.7) 문섬에서 출현한 산호충류의 주요종

섶섬 조사해역에서 동계(2월), 춘계(5월), 하계(8월), 추계(11월) 4회 조사에 걸쳐 출현한 산호충류는 총 21종으로 해변말미잘목 4종, 해계두목 13종, 각산호목 2종, 돌산호목 2종이었다. 분류군별 출현종수비는 해계두목이 62.0%를 차지하여 가장 많은 종이 출현한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 해변말미잘목이 19.0%, 각산호목과 돌산호목이 9.5%의 순으로 출현하였다.

조사 시기별 출현종수는 2월에 7종, 5월에 11종, 8월에 14종, 17월 15종으로 동계에서 추계로 가면서 출현종수가 증가하는 경향을 보이고 있었다.



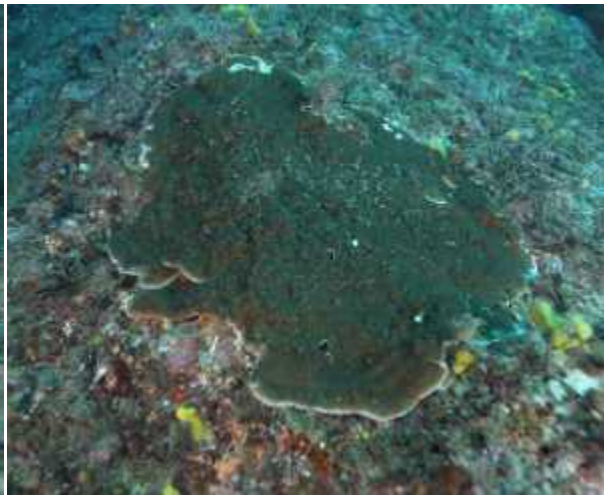
(그림 3.4.8) 섶섬 조사해역에서 산호충류의 출현종수

<표 3.4.4> 섶섬 조사해역에서 출현한 산호충류의 출현종수

구 분	2월	5월	8월	11월	합계
해변말미잘목(Actiniaria)	1	1	1	1	2
해계두목(Actiniaria)	3	5	6	8	11
각산호목(Antipatharia)	0	1	1	0	1
돌산호목(Scleractinia)	1	1	1	1	1
합계	5	8	9	10	15



큰수지맨드라미



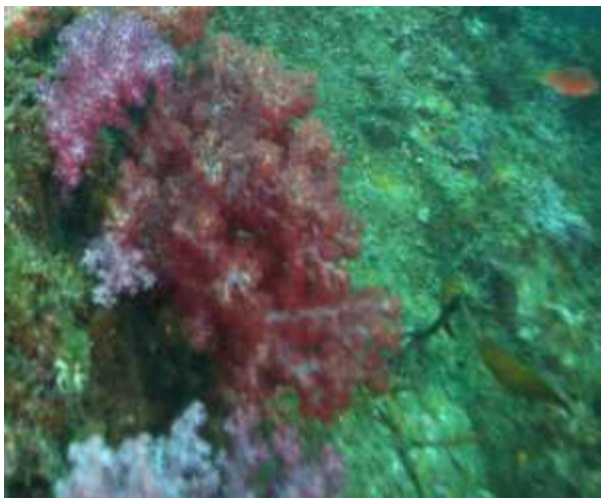
빛단풍돌산호



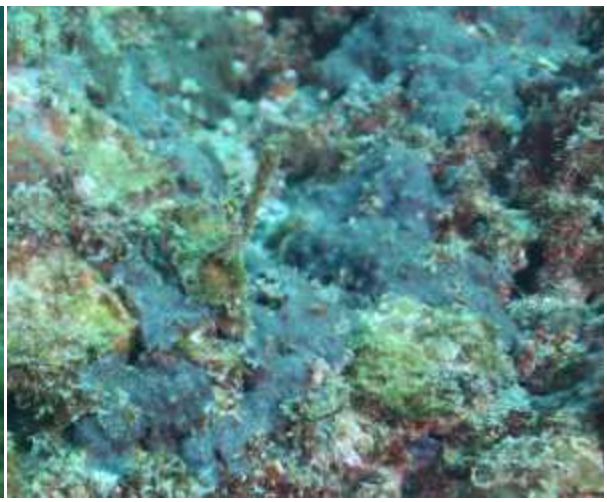
분홍바다맨드라미



꽃총산호



밤수지맨드라미



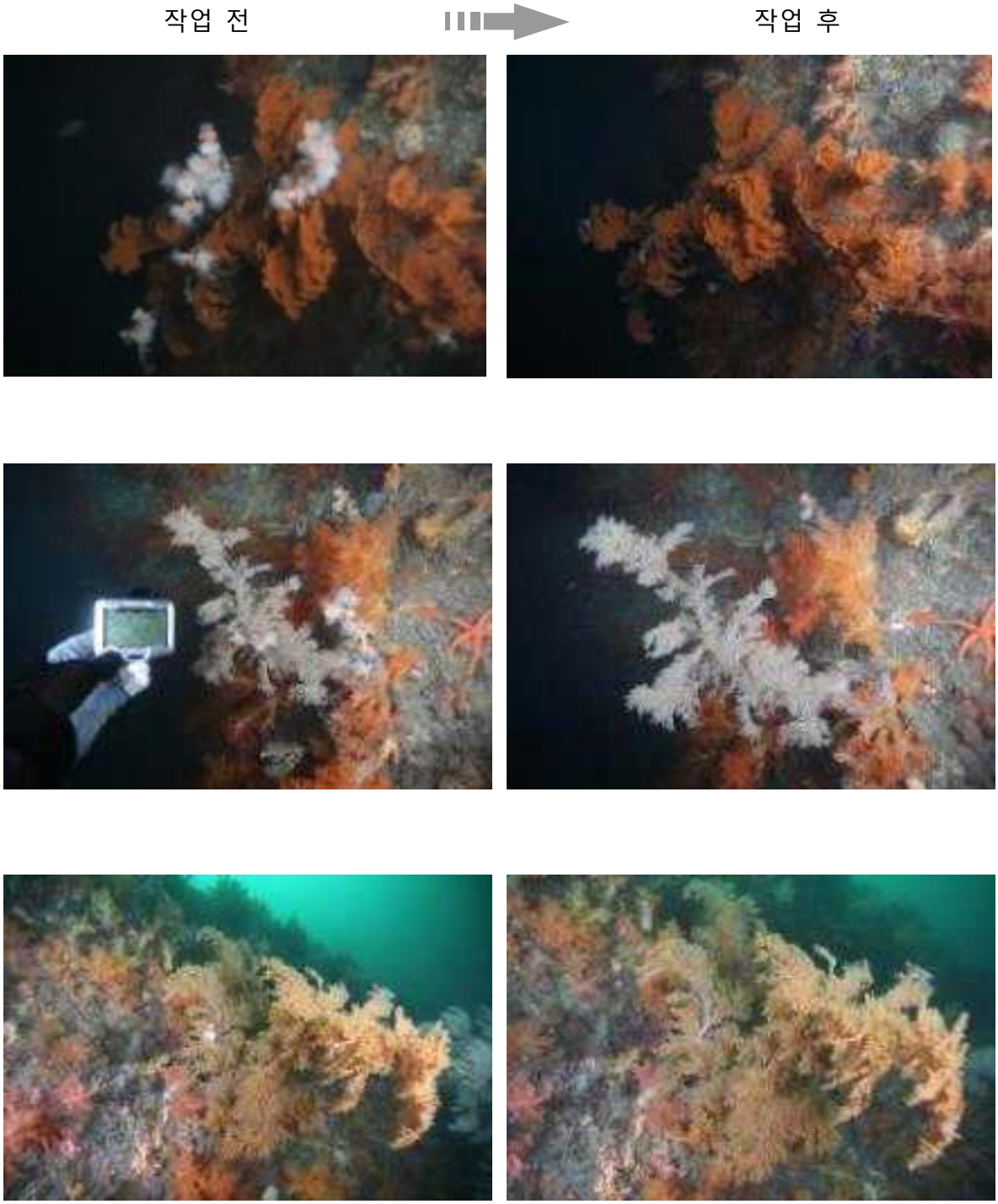
그물코돌산호

(그림 3.4.9) 섶섬 조사해역에서 출현한 산호충류의 주요종

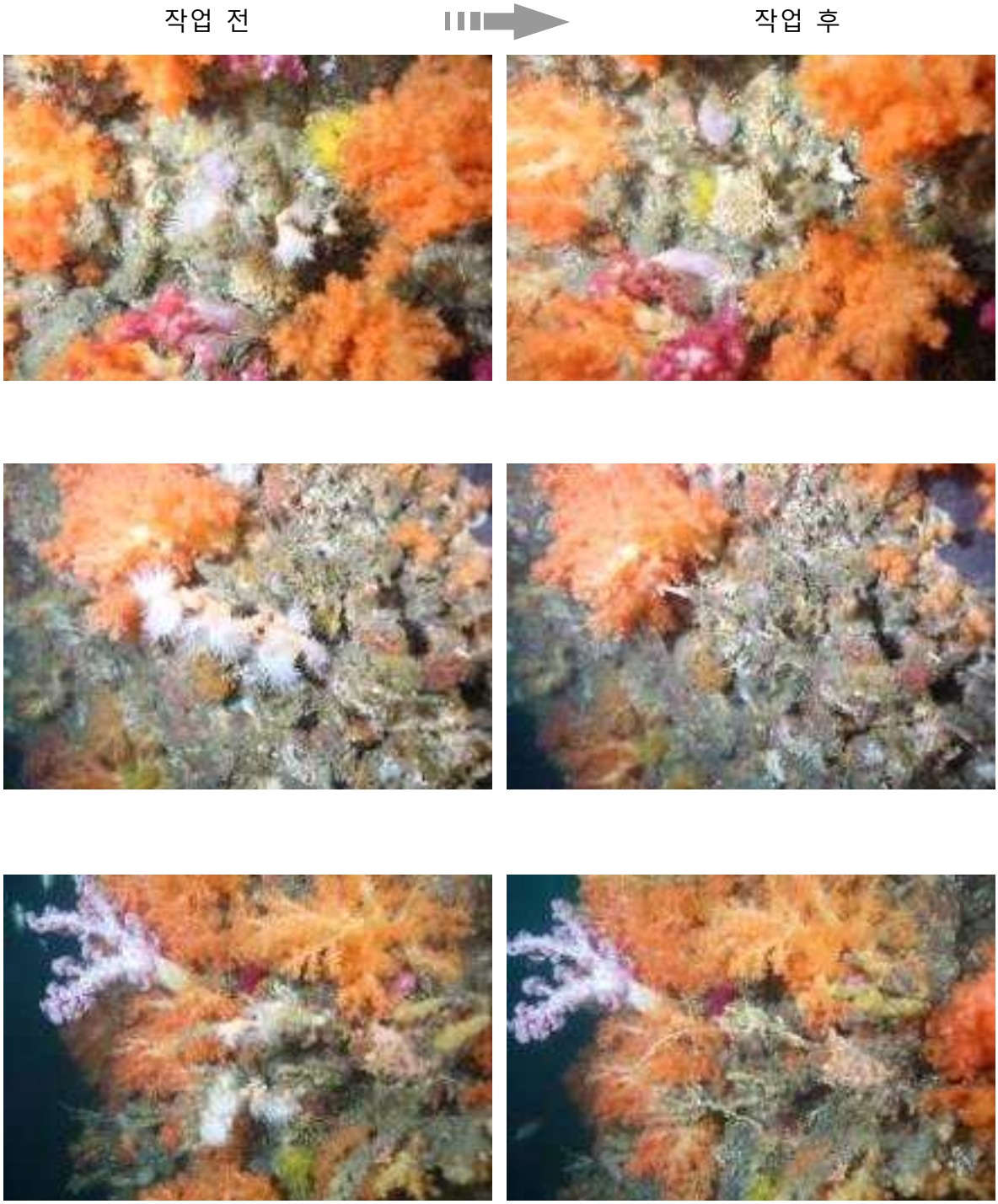
2. 유해생물 구제작업

중요한 생물자원의 보고인 제주 해양공원 및 해양보호구역에서 서식하는 산호류의 보존 및 복원을 위해서는 외래종에 의한 산호류 피해현황 파악 및 대응방안 마련, 산호자원에 대한 다양한 종의 배양 기술확보, 해양보호구역 내 해양폐기물 수거 등을 들 수 있다. 외래종인 담홍말미잘, 보키반타이끼벌레는 조하대 수심 10~40m 지역에서, 해양보호생물 및 천연기념물으로 지정되 있는 긴가지해송 및 해송의 가지에 대규모 서식하며 섭식 및 생장을 방해하고, 어린 개체의 경우 폐사를 유발하기 때문에 '제거'라는 가장 적극적인 대처방법을 사용하여 해적생물에 취약한 어린 해송의 경우 생존율을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

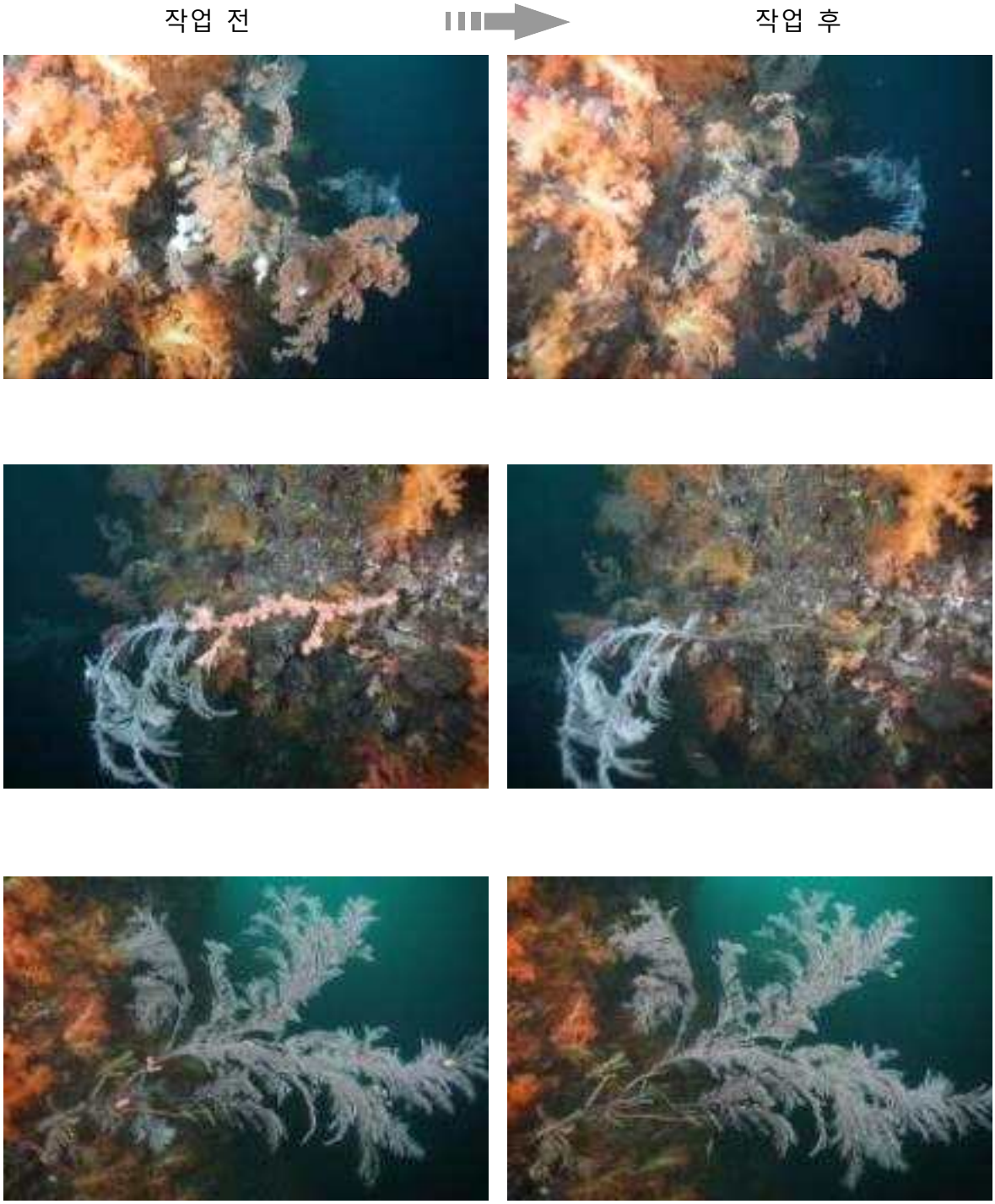
조사해역 중 문섬 주변 새끼섬에 서식하는 천연기념물 해송, 긴가지해송에 기생하는 담홍말미잘을 구제하여 해송 폐사를 방지하기 위한 구제작업을 실시하였다. 구제작업은 문섬, 새끼섬 일대 수심 10m에서 30m 수심대까지 서식하는 해송, 긴가지해송에 대하여 총 74개체를 조사하고, 여기에 기생하는 담홍말미잘을 제거하였다. 작업기간 중에 총 제거된 담홍말미잘은 총 중량 50kg 내외였다. 조사기간 중 제거된 담홍말미잘은 난류성으로 해변말미잘목에 속하는 자포동물로서, 수심 10m에서 30m 이심까지 분포하고 있었으며, 다량의 담홍말미잘이 부착된 해송의 가지는 죽어있는 것으로 확인되었다. 이번에 제거된 담홍말미잘과(Nemanthidae)에 속하는 Nemanthus(담홍말미잘속) 으로 확인하였으며 제주도 전역, 거제도, 부산, 일본(사가미 만, 보닌섬, 포트 로이드)에 주로 서식하며 족반(흡착부위)이 넓고, 매끈한 체벽에는 세로 주름이 많으며 체벽의 위 가장자리는 뚜렷하고 촉수는 190개 이상이며 6방사형으로 체벽은 대부분 적자색이고, 구반(口盤) 쪽은 오렌지색이거나 황색을 띠고, 촉수는 흰색이거나 측면에 오렌지색의 선을 가지는 살구색을 나타내고 있었다. 담홍말미잘은 주로 수심 10~50m 범위에 서식하며 대형 갈조류의 엽상체나 산호류, 해송류의 가지 등에 부착하는데, 2~5개체씩 인접한 상태로 무리 지어 발견된다. 산호류에 부착할 경우, 기질이 되는 부분의 산호 가지의 각 개체들은 영양분을 공급받지 못해 죽게 되고 해류를 따라 다른 기질로 옮겨가는 특성이 있으며, 말미잘의 천적은 일반적으로 밤고둥, 불가사리, 대구·넙치·뱀장어·청베도라치로 알려져 있다.



(그림 3.4.10) 문섬(새끼섬) 주변해역 내 담홍말미잘 구제작업



(그림 3.4.11) 문섬(새끼섬) 주변해역 내 담홍말미잘 구제작업



(그림 3.4.12) 문섬(새끼섬) 주변해역 내 담홍말미잘 구제작업

제5절 어류상 분포

해양공원 주변해역에서 출현한 어류의 주요종은 목시조사에서 관찰된 어류의 개체수를 기준으로 조사 분석하였다.

범섬 조사해역에서는 2월에 멸치(*Engraulis japonicus*)와 주걱치(*Pempheris japonica*)가 40.8%의 출현율 나타냈다. 5월에는 자리돔(*Chromis notata*)이 32.7%의 비율을 차지하여 주요 출현종으로 확인되었다. 8월에는 쏠종개(*Plotosus lineatus*)가 43.3%로 가장 많은 비중을 차지하였고 11월에는 자리돔(*Chromis notata*)이 38.4%의 출현비율을 보이고 있었다.

<표 3.5.1> 범섬 주변해역에 출현한 어류의 주요 출현종

시기	주요종		비율
	학명	국명	
2월	*Engraulis japonicus*	멸치	40.8
	Pempheris japonica	주걱치	40.8
	Chromis notata	자리돔	17.3
	Pomacentrus coelestis	파랑돔	0.3
	Trimma grammistes	꼬마줄망둑	0.1
	Others(16종)	기타	0.7
5월	*Chromis notata*	자리돔	32.7
	Sebastes thompsoni	볼락	31.9
	Apogon semilineatus	줄도화돔	20.9
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	10.7
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	0.9
	Others(20종)	기타	2.9
8월	*Plotosus lineatus*	쏠종개	43.3
	Apogon semilineatus	줄도화돔	31.5
	Chromis notata	자리돔	7.8
	Pempheris japonica	주걱치	5.9
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	4.0
	Others(23종)	기타	7.5
11월	*Chromis notata*	자리돔	38.4
	Parapristipoma trilineatum	벤자리	32.4
	Apogon semilineatus	줄도화돔	12.3
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	6.2
	Pempheris japonica	주걱치	4.4
	Others(27종)	기타	6.3



멸치(*Engraulis japonicus*)



자리돔(*Chromis notata*)



쏠종개(*Plotosus lineatus*)



주걱치(*Pempheris japonica*)



주걱치(*Pempheris japonica*)



볼락(*Sebastes thompsoni*)



줄도화돔(*Apogon semilineatus*)



벤자리(*Parapristipoma trilineatum*)

(그림 3.5.1) 범섬에 출현한 주요 어종

외돌개 조사해역에서는 2월에 자리돔(*Chromis notata*), 황놀래기(*Pseudolabrus sieboldi*), 놀래기류(*Halichoeres tenuispinis*) 등이 주로 관찰되었으며 자리돔(*Chromis notata*)이 어류 개체수 중 매우 높은 96.5%의 비율을 나타내어 우점하는 것으로 조사되었다. 5월에는 멸치(*Engraulis japonicus*), 자리돔(*Chromis notata*), 놀래기(*Halichoeres tenuispinis*), 줄도화돔(*Apogon semilineatus*) 등이 주로 관찰되었으며 멸치(*Engraulis japonicus*)가 72.3%의 비율을 차지하여 주요 출현종으로 확인되었다. 8월에는 전갱이(*Trachurus japonicus*), 놀래기(*Halichoeres tenuispinis*), 자리돔(*Chromis notata*) 등이 주로 관찰되었으며, 전갱이(*Trachurus japonicus*)가 82.5%로 관찰된 어류의 대부분의 비중을 차지하였다. 11월에는 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 자리돔(*Chromis notata*), 놀래기(*Halichoeres tenuispinis*)등이 주로 관찰되었으며, 줄도화돔(*Apogon semilineatus*)이 45.4%로 주요 출현종으로 조사되었고, 다음으로 자리돔(*Chromis notata*)이 45.7%로 우점하는 것으로 확인되었다.

<표 3.5.63> 외돌개 주변해역에 출현한 어류의 주요 출현종

시기	주요종		비율
	학명	국명	
2월	*Chromis notata*	자리돔	96.5
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	1.0
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	0.7
	Halichoeres poecilepterus	용치놀래기	0.3
	Others(11종)	기타	1.5
5월	*Engraulis japonicus*	멸치	72.3
	Chromis notata	자리돔	23.3
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	1.9
	Apogon semilineatus	줄도화돔	1.6
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	0.5
	Others(11종)	기타	0.4
8월	*Trachurus japonicus*	전갱이	82.5
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	7.8
	Chromis notata	자리돔	3.9
	Apogon semilineatus	줄도화돔	3.1
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	1.2
	Others(19종)	기타	1.5
11월	*Apogon semilineatus*	줄도화돔	45.7
	Chromis notata	자리돔	45.7
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	14.1
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	5.3
	Others(15종)	기타	3.7



자리돔(*Chromis notata*)



황놀래기(*Pseudolabrus sieboldi*)



멸치(*Engraulis japonicus*)



전갱이(*Trachurus japonicus*)



용치놀래기(*Halichoeres poecilepterus*)



줄도화돔(*Apogon semilineatus*)



놀래기(*Halichoeres tenuispinis*)



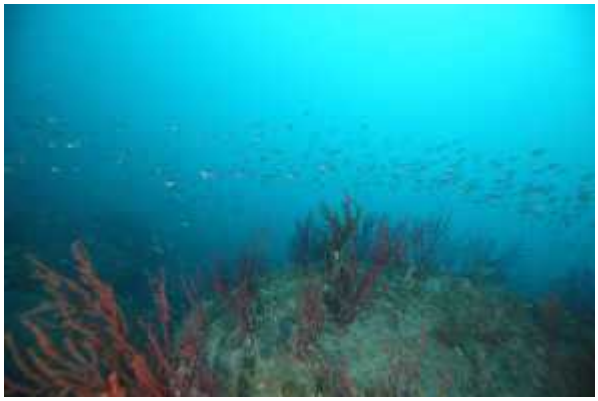
어렝놀래기(*Pteragogus flagellifer*)

(그림 3.5.154) 외돌개에 출현한 주요 어종

문섬 조사해역에서는 2월에 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 자리돔(*Chromis notata*), 볼락(*Sebastes inermis*)등이 주로 관찰되었으며 줄도화돔(*Apogon semilineatus*)이 어류 개체수 중 매우 높은 59.3%의 비율을 나타내어 우점하는 것으로 조사되었다. 5월에는 불볼락(*Sebastes thompsoni*), 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 자리돔(*Chromis notata*) 등이 주로 관찰되었으며 불볼락(*Sebastes thompsoni*)이 50.0%, 줄도화돔(*Apogon semilineatus*)이 26.6%의 비율로 출현하는 것으로 확인되었다. 8월에는 황조어(*Labracoglossa argenteiventris*), 자리돔(*Chromis notata*), 줄도화돔(*Apogon semilineatus*) 등이 주로 관찰되었으며, 황조어(*Labracoglossa argenteiventris*)가 31.9%, 자리돔(*Chromis notata*)이 30.4%, 줄도화돔(*Apogon semilineatus*)이 19.8%의 순으로 출현하고 있었다. 11월에는 자리돔(*Chromis notata*), 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 황놀래기(*Abudefduf vaigiensis*)등이 주로 관찰되었으며, 자리돔(*Chromis notata*)이 74.4%로 주요 출현종으로 조사되었고, 다음으로 줄도화돔(*Apogon semilineatus*) 13.7%의 출현비율을 보이고 있었다.

<표 3.5.64> 문섬 주변해역에 출현한 어류의 주요 출현종

시기	주요종		비율
	학명	국명	
2월	*Apogon semilineatus*	줄도화돔	59.3
	Chromis notata	자리돔	33.6
	Sebastes inermis	볼락	2.4
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	1.9
	Stephanolepis cirrhifer	쥐치	0.4
	Others(14종)	기타	2.4
5월	*Sebastes thompsoni*	불볼락	50.0
	Apogon semilineatus	줄도화돔	26.6
	Chromis notata	자리돔	17.1
	Pomacentrus coelestis	파랑돔	1.1
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	1.1
	Others(18종)	기타	4.1
8월	*Labracoglossa argenteiventris*	황조어	31.9
	Chromis notata	자리돔	30.4
	Apogon semilineatus	줄도화돔	19.8
	Pempheris japonica	주걱치	6.5
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	3.9
	Others(24종)	기타	7.5
11월	*Chromis notata*	자리돔	74.4
	Apogon semilineatus	줄도화돔	13.7
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	2.9
	Abudefduf vaigiensis	해포리고기	1.7
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	1.7
	Others(21종)	기타	5.6



줄도화돔(*Apogon semilineatus*)notata)



자리돔(*Chromis notata*)



불볼락(*Sebastes thompsoni*)



쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*)



황조어(*Labracoglossa argenteiventris*)



주걱치(*Pempheris japonica*)



해포리고기(*Abudefduf vaigiensis*)



파랑돔(*Pomacentrus coelestis*)

(그림 3.5.155) 문섬에 출현한 주요 어종

섶섬 조사해역에서는 2월에 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 자리돔(*Chromis notata*), 아홉동가리(*Goniistius zonatus*)등이 주로 관찰되었으며 줄도화돔(*Apogon semilineatus*)이 어류 개체수 중 매우 높은 79.7%의 비율을 나타내어 우점하는 것으로 조사되었다. 5월에는 자리돔(*Chromis notata*), 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 등이 주로 관찰되었으며 자리돔(*Chromis notata*)이 76.2%, 줄도화돔(*Apogon semilineatus*)이 9.3%의 비율로 출현하는 것으로 확인되었다. 8월에는 자리돔(*Chromis notata*), 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 주걱치(*Pempheris japonica*) 등이 주로 관찰되었으며, 자리돔(*Chromis notata*) 32.8%, 줄도화돔(*Apogon semilineatus*) 30.7%, 주걱치(*Pempheris japonica*) 18.4%의 순으로 출현하고 있었다. 11월에는 자리돔(*Chromis notata*), 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 벵에돔(*Girella punctata*)등이 주로 관찰되었으며, 자리돔(*Chromis notata*)이 61.3%를 나타내었고, 다음으로 줄도화돔(*Apogon semilineatus*) 15.1%의 출현비율로 주요 출현종으로 조사되었다.

<표 3.5.65> 섶섬 주변해역에 출현한 어류의 주요 출현종

시기	주요종		비율
	학명	국명	
2월	*Apogon semilineatus*	줄도화돔	79.7
	Chromis notata	자리돔	19.9
	Goniistius zonatus	아홉동가리	0.1
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	0.1
	Others(20종)	기타	0.2
5월	*Chromis notata*	자리돔	76.2
	Apogon semilineatus	줄도화돔	9.3
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	7.4
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	1.6
	Pomacentrus coelestis	파랑돔	1.4
	Others(18종)	기타	4.1
8월	*Chromis notata*	자리돔	32.8
	Apogon semilineatus	줄도화돔	30.7
	Pempheris japonica	주걱치	18.4
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	10.2
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	1.7
	Others(25종)	기타	6.2
11월	*Chromis notata*	자리돔	61.3
	Apogon semilineatus	줄도화돔	15.1
	Girella punctata	벵에돔	11.1
	Halichoeres tenuispinis	놀래기	6.8
	Pseudolabrus sieboldi	황놀래기	2.3
	Others(21종)	기타	3.4



자리돔(*Chromis notata*)



줄도화돔(*Apogon semilineatus*)



아홉동가리(*Goniistius zonatus*)



놀래기(*Halichoeres tenuispinis*)



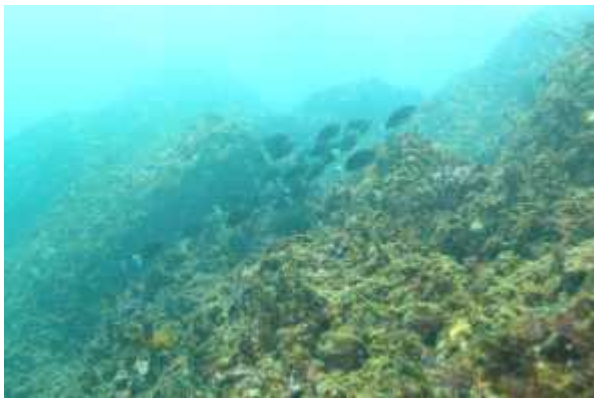
멸치(*Engraulis japonicus*)



주걱치(*Pempheris japonica*),



황놀래기(*Pseudolabrus sieboldi*)



벵에돔(*Girella punctata*)

(그림 3.5.156) 섶섬에 출현한 주요 어종

제4장 고찰 및 제언

해양공원 및 해양보호구역 생태계 조사는 기후 변화 등에 의한 수온 상승으로 보호대상 해양생물의 서식지와 이동경로 등 해양생태계가 변화되고, 생물권보전지역 내에 서식하는 해양생물의 변화가 발생하고 있는 실정으로 해양공원 및 해양보호구역에 서식하는 해양생물의 서식상태, 생물의 출현양상과 분포특성 등을 정기 모니터링을 하여 생물 종 다양성의 보전과 활용을 위한 기초자료를 확보하는데 그 목적이 있다.

2020년 해양공원 및 해양보호구역 생태계 조사 결과, 해역별 수질등급은 Ⅰ~Ⅲ등급의 분포로 8월에는 전체 조사해역이 Ⅱ등급에서 11월에는 Ⅰ등급을 보이다가 2월에는 Ⅰ~Ⅲ등급을 나타내었다. 외돌개, 섶섬 해역에서 2월에 Ⅲ등급을 제외하고는 조사기간 중 Ⅰ, Ⅱ등급의 양호한 수질등급을 나타내었다. 2월의 낮은 등급은 투명도, DIN, DIP에 의해 영향을 받을 것으로 조사되었다.

2020년 2월, 5월, 8월과 1월에 해양공원 및 해양보호구역 조사해역에 출현한 식물플랑크톤은 총 117종, 현존량은 평균 20,126 cells/L로 2011년 80~116종(18,864 cells/L)와 2014년 83종(9,767 cells/L), 2019년 117종(72,045 cells/L) 조사 결과와 비교하여 출현종수 및 현존량은 시기에 따라 증가하였다. 선행 연구에서 우점종은 2011년에는 은편모조류(Cryptomonad), 담녹조류(Prasinophyceae), 2014년에는 규조류에 속하는 *Nitzschia*속, 2019년에는 규조류 *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros decipiens*, 식물편모조류 *Hillea fusiformis*가 선행 연구에는 우점하였고, 본 조사인 2020년에는 규조류 *Chaetoceros socialis*와 *Chaetoceros decipiens*로 2019년의 연구와 유사한 우점종 분포를 보였다.

2020년 2월, 5월, 8월과 11월에 조사해역에 출현한 동물플랑크톤은 총 103종이 출현하였고, 제주도 주변 해역을 흐르는 해류의 유입에 따라 온수종, 난류외양종 또는 냉수종이 출현하여 종조성이 풍부하였다. 출현 개체수는 평균 69 indiv./㎥로 조사되었고, 절지동물의 점유율이 우세한 양상을 보였다. 주요 우점종 특성은 연안종들로 환경인자와의 상관분석에서 먹이원과의 상관관계가 나타나 조사해역의 동물플랑크톤은 먹이원 및 연안종의 증감에 따라 개체군이 조절되는 것으로 나타났다. 선행 조사와의 비교에서는 동물플랑크톤 군집 특성이 큰 차이를 보이지 않았고, 종조성은 요각류 및 부유유생이 우세한 특성을 보였고, 출현개체수는 요각류 및 척삭동물이 많았으며, 연안종 및 요각류가 주요 우점종으로 출현한 특성 등이 기조사와 본 조사에서 동일하였다.

저서생물이 서식, 생활하는 저질의 상태에 따라 구분하자면 크게 연성저질(soft substratum) 군집과 경정기질(hard substratum) 군집으로 나눌 수 있다. 한반도의 육지 연안은 대부분 연성저질인데 반하여 섬의 해안은 많은 부분이 경성저질로 이루어져 있다. 지금까지의 해양 저서동물의 군집 연구는 상대적으로 연성저질을 중심으로 수행되어 있다(한국해양연구소, 1991).

경성저질 즉 암반생태계 환경에는 해조류가 부착할 수 있는 기질과 수많은 미세환경(micro environment)이 존재하고 있어(Thorson, 1957), 다른 해양 환경과 비교하여 식물을 비롯하여 더 다양한 생물군이 서식함에도 국내에서는 이들에 대한 생태 연구실적은 미미하다. 왜냐하면 다양한 생물군의 분류와 생물 채집 방법에 큰 어려움이 있기 때문이다. 이러한 문제점이 해결되지 않고는 경성저질에 서식하는 생물들의 동태 군집구조의 연구는 어려울 것이다. 육상생태계와 마찬가지로 해양 경성저질의 연구에는 동물보다는 식물인 해조류의 연구가 질과 양적으로 더 많이 수행되어 동물 또는 전체 생물군집 연구에 영향을 미치고 있다. 해양 저서동물의 경우 분류에 있어서는 갑각류, 해면동물, 자포동물, 갯지렁이류, 해초류, 태형동물 등 분류군은 비교적 많은 연구가 되어 있으나 연체동물의 일부 분류군과 상대적으로 작은 분류군들은 아직 연구가 미미하다.

조하대에 서식하는 해조류와 저서무척추동물의 군집구조는 수심, 조류, 기질 종류 등에 의해 영향을 받으며(Neushul, 1967), 극심한 환경변화를 보이는 조간대와 다르게 일정한 수심부터는 도달하는 광량과 부착 기질과 같은 몇가지 환경 요인의 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Mathienson, 1979).

해양공원 및 해양보호구역 암반 조하대에 서식하는 저서무척추동물은 총 131종으로 해역별로 외돌개 78종으로 가장 적고, 문섬 89종으로 가장 많은 종이 출현하였다. 시기별로는 2월 89종, 5월 75종, 8월 84종, 11월 81종이 출현하여 2월에 가장 많은 종이 출현하였다. 해역별 서식밀도분포는 범섬 해역에서 평균 50개체/㎡, 외돌개 해역에서 평균 44개체/㎡, 문섬 해역에서 평균 54개체/㎡, 섶섬 해역에서 평균 46개체/㎡의 밀도를 보였다. 문섬해역에서 다른 해역보다 높은 밀도를 보이고 있었다. 수심별 출현종수는 5m 수심대에서 85종, 10m 와 20m 수심대에서는 93종이 출현하였다.

산호충류는 4개 해역에서 총 30종이 관찰되었으며, 문섬 21종, 섶섬 21종, 범섬 24종, 외돌개 15종이 출현하였다. 계절별 출현종수는 2월(동계) 23종, 5월(춘계) 16종, 8월(하계) 22종, 11월(추계) 20종이 출현하였다. 춘계에서 동계로 가면서 출현종수가 증가하는 경향을 보이고 있으며 수온상승과 함께 열대 및 아열대 지역의 산호초에서 주로 서식하는 빛단풍돌산호의 수직 및 수평적으로 서식범위가 넓게 분포하는 것으로 나타나 기후변화와 관련하여 앞으로도 지속적인 장기 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

(기후변화에 따른 생물군집양상)

전 지구적인 기후변화는 해양산성화를 초래하고 있으며, 이로 인해 해양생태계의 변화를 예측할 수 있는 중요한 생물 중 하나인 산호류의 변화가 두드러지게 나타나고 있다(Institute for Climate Change Action, http://clima-teaction.re.kr/). 산호는 여러군체가 모여 군락지를 이루는데 이렇게 형성된 군락지는 각종 해양생물에게는 서식지를 제공하므로 해양생태계에서는 매우 중요한 역할을 한다.

최근 제주 연안에서도 산호초를 형성할 수 있는 조초산호에 대한 7종이 보고된바 있다(Sugihara et. al., 2015). 기후변화에 따른 제주 연안에서의 산호초 형성은 생태계 변화의 결과로서 충분히 예상되는 결과이다. 이들 돌산호류 중 *Montipora millepora*, *Psammocora albopicta*, *Oulastrea crispata*, *Acanthastrea* cf. *lordhowensis*, 그리고 *Favites* sp.와 같이 국내에 잘 알려지지 않은 돌산호류이지만, 빛단풍돌산호(*M. trabeculata*), 그물코돌산호(*Psammocora profundacella*) 그리고 거품돌산호(*A. japonica*)는 이미 학계나 관련 연구자들 사이에 잘 알려진 종들이다.

현재의 생태적인 지위(Ecological niche)에서 이들 종은 일부 해역을 제외하곤 그다지 중요한 위치에 있지 않다. 그러나 이들 종이 생존할 수 있는 생태학적 여건이 제주바다의 가장 중요한 해조류 군락과 그 맥을 같이 한다는데 중요성이 있을 수 있다. 즉 조초산호의 증가는 해조류의 감소를 야기한다는 분명한 사실이다. 이들 돌산호류는 수심 5~10m 사이에 주로 서식하면서 해조류가 서식하기 적합한 환경(수심, 기질 등)에 분포하기 때문에 생물간 종간경쟁이 매우 크게 나타나고 있는 것으로 추정된다. 2020년 해양공원 및 해양보호구역 조사에서도 빛단풍돌산호, 빛단풍돌산호가, 거품돌산호가 수심 5~10m에서 주요 우점종으로 나타났으며 이러한 종들은 둘레가 2~3m를 넘게 암반에 부착하여 넓게 성장하므로 해조류의 부착을 방해하면서 군집의 범위를 확대하고 있어 이러한 특정 종에 대한 지속적인 모니터링을 통에 확대 범위를 관찰할 필요가 있을 것으로 판단된다.

(해양보호구역 관리 현황)

국내 해양보호구역 관리는 지방해양수산청의 관리기본계획 수립과 시민모니터링, 기초지자체의 관리기본계획에 근거한 교육·홍보, 환경보전 및 개선, 지역주민 지원, 이용 및 편의시설 설치 등, 해양환경관리공단의 지역역량 강화교육, 인식 증진·홍보, 관리사업 평가 등을 추진하고 있다. 특히, 순천만갯벌은 하구환경의 니질(mud)퇴적물로 천연기념물이자 멸종위기종인 노랑부리저어새와 흑두리미 등이 도래하는 지역, 육지로부터 유입된

오염원을 정화하는 완충지역, 지역민의 패류양식이 활발하게 이루어지는 생활과 삶의 공간, 생태환경자원으로서 갈대 군락 등 “보전가치가 뛰어난 갯벌”을 보호하기 위해 2003년 12월 31일에 습지보호지역으로 지정하였으며, 주요 시설물 및 사업은 순천만 자연생태전시관, 갯벌체험지구, 목재전망대와 용산전망대 조성, 갯벌배후지역 토지매입, 순천만 갯벌 접근시설 개선(자가차량의 무절제한 접근 지양 및 이층버스 및 자전거 활용) 등 추진하고 있다. 순천만습지는 국내 습지관리의 선도지역인 동시에 국내외적 성공사례로 주목받고 있으며, 특히 순천만국가정원 및 순천만 자연생태연구소 등 국가와 지역이 함께 함으로써 지속가능한 이용을 위한 미래가치를 향상시킬 수 있고, 해양보호구역으로서 국내외적 브랜드 가치를 제고할 수 있을 것으로 평가하고 있다.

(해양보호구역별 주요 관리항목)

해양보호구역은 보호대상 해양생물, 해양경관, 생물다양성, 주요 수산생물 서식지 등을 해역·지역특성을 토대로 지정·관리하고, 보호구역별 대표관리 대상선정을 통한 체계적인 보호·관리가 필요할 것이다.

해양보호구역은 바다와 연안을 포함하기 때문에 파랑이나 조석, 해류, 바람 등의 자연에너지가 끊임없이 이동・교환되는 동역학적 환경이며, 과거부터 사람에 의한 다양한 이용 활동도 많은 공간으로 자연환경의 측면은 물론 인문사회적인 측면에서도 다양한 관리 수요를 발생시킨다.

분야별로 관리부문을 살펴보면, 자연환경 분야에서는 해양보호구역의 보호생물이나 생태계 보전, 수질 관리, 수량 변화 및 퇴적환경 관리 등이 있으며, 인문사회 분야에서는 어업활동에 대한 관리, 이용 및 관광활동에 대한 관리, 보호구역 이해관계자의 역할 및 조정 등이 해당된다.

해양 보호구역 지정의 기본적인 목적은 보호생물과 해양생태계 보전을 위해 해양보호구역에 대한 보전적 관리를 전제하고 있으며, 생물의 생활주기를 고려한 보호구역을 중심으로 보전활동이 이루어지되 생태적 연결성을 고려하여 관리행위가 해양보호구역 내로 제한하지 않는다. 관리방안으로는 대표적인 관리대상 생물종 선정하여 관리대상 생물종의 생태와 이를 위협하는 요인 파악하고, 대응 조치 강구하여야 한다. 교란요인에 대한 저감, 감소 및 제거에 노력을 하여야하며, 관찰하고자 하는 대상의 출현주기나 변화주기에 맞추어 모니터링의 정도와 시기를 선정하고 보호구역의 환경변화를 확인할 수 있는 모니터링 대상을 선정해야 한다. 해양보호구역의 자정능력과 청정 수환경 유지하기 위해서 육상과 해양에서 배출되는 오염물질원 파악하고, 유역 내에 발생한 오염부하의 적절한 처리와 배출을 하여야 한다. 해역 내 양식 등 어업활동에 의한 오염도를 파악하고

지역별 어업활동의 특성(어구 어법, 양식 방식 등)에 따른 오염도 조사를 실시한다. 구역 내의 유류오염 관리를 위해 관련 선박 및 시설물 관리 대책을 점검하고, 방재 역량(인력, 물품, 연락망 등) 등을 점검한다.

수환경인 해양보호구역에서 수체의 종류(해수/담수)와 흐름(방향과 세기, 주기)은 해양보호구역의 지질학적·생물학적 환경을 결정하는 가장 중요한 요인으로 담수의 유입량, 유입실태를 주기적으로 모니터링하고 특히, 침식이나 퇴적으로 퇴적환경의 변화가 제기되는 환경은 반드시 시행하여야 한다. 퇴적물 공급과 제거원(sink), 교란환경(연안구조물 등)과 물질 수지 파악하여 원인 규명을 실시한다.

인문사회 분야에서의 어업활동에 관한 관리, 이용 및 관광활동에 관한 관리 및 보호구역 이해관계자 역할 및 조정에 대한 관리방안으로서, 우선 어업활동에 관한 관리는 어업활동에 의한 해양보호구역 내외의 생물다양성 훼손을 방지하고 어업활동에 대한 관리 필요성은 어촌공동체가 인정하는 것을 전제로 하여 어업활동의 조업시기, 조업공간, 조업방식을 조정하고, 자원보호구역 지정, 채취금지구역 지정, 휴식년제 도입, 어구・어법 규제 등 어업활동의 수단을 조정하며, 이에 따른 어업인 대상 교육 및 인식증진에 대하여 지속적으로 지원한다. 다음으로 이용 및 관광활동에 관한 관리방안으로서 보호구역 출입에 따른 교란을 최소화하고, 보호구역 관리에 관한 자치규약의 설정, 공공부문의 지원, 인식증진 프로그램의 지원한다. 이용객의 규모와 이용특성을 고려한 환경수용력 산정과 출입 통제가 필요하다. 예를들어 이용예약제, 교육 후 출입제, 구역별 진입 허가 등 수용력에 따른 일방적・일괄적 출입통제가 아닌 다양한 출입 관리 방식 고안할 필요가 있다. 엄격한 관리가 필요한 구역이나 다이빙이 가능한 곳에서는 생태안내인(지역 다이버 등 안내인)의 역할 확보하여 환경관리와 안전관리를 실시한다.

해양보호구역 이해관계자 역할 및 조정에 대한 관리방안은 보호구역 지정을 주도한 세력, 보호구역 관리의 여건, 지역의 전통이나 정서에 따라 중심적인 관리 주체는 지역별로 다름을 인정하는데, 예를들어 지자체 주도로 보호구역 관리・기획이 우세한 경우나 지역의 민간단체와 공조직의 협력적 전통이 있는 경우, 해역별 관할기관의 차이가 있는 경우(지방해양항만청 또는 지자체 등) 등 다양하므로 해양보호구역 방문객 센터나 전시관이 있는 경우 주도적으로 관리가 가능하도록 한다. 어촌계, 주민(마을)협의회, 스킨스쿠버 리조트(샵) 협의체등 적절한 법제도적 틀에 따라 만들어진 지역 내 조직은 자연자원의 지속 가능한 관리에 있어 가장 유력한 관리 주체로서 지역 내 조직을 활용한다. 해양보호구역 구역에 대한 관리를 통해 얻어진 이익은 해당지역에서 공정하게 분배하여 환원하고 감시되도록 하여 지역사회의 지속적인 지지를 확보하여야 한다.

(산호류의 피해현황 파악 및 관리방안)

우리나라에 서식하는 산호류의 최대 서식지는 제주도 남쪽 해역에 위치한다. 이 지역은 쿠로시오 난류의 영향을 직접 받아 온대, 아열대 그리고 열대의 해산 무척추동물이 혼재하여 분포하는 것이 큰 특징이며(이 등, 2001), 제주도의 산호류는 Rho and Song(1976), Song(1995) 등에 의해 97종이 보고되고 있다. 제주도 남쪽 해안을 중심으로 좁은 지역에 다양한 연산호류가 밀집 분포하여 세계적으로 희귀한 서식처를 이루는 국내 연산호 군락의 보존은 매우 중요하며, 따라서 개체군의 기본적인 서식패턴의 이해와 더불어 인위적인 교란현상이 산호 군락에 미치는 영향과 서식환경의 변화에 따른 개체군의 변화 양상을 파악하는 것 역시 중요하다 할 수 있다.

중요한 생물자원의 보고인 제주 해양공원 및 해양보호구역에서 서식하는 산호류의 보존 및 복원을 위해서는 외래종에 의한 산호류 피해현황 파악 및 대응방안 마련, 산호자원에 대한 다양한 종의 배양 기술확보, 해양보호구역 내 해양폐기물 수거 등을 들 수 있다. 외래종인 담홍말미잘, 보키반타이끼벌레는 조하대 수심 10~40m 지역에서, 해양보호생물 및 천연기념물으로 지정되 있는 긴가지해송 및 해송의 가지에 대규모 서식하며 섭식 및 생장을 방해하고, 어린 개체의 경우 폐사를 유발하기 때문에 '제거'라는 가장 적극적인 대처방법을 사용하여 해적생물에 취약한 어린 해송의 경우 생존율을 높일 수 있을 것으로 예상된다. 다음으로 산호자원에 대한 다양한 종의 배양 기술확보이다. 종 복원을 통한 산호종의 인공증식 개발로 산호농장사업을 진행하고, 증식 배양된 산호군락의 보전관리 및 복원연구 및 산호생태계 모니터링의 다양한 기법 개발로 해양 생태계 보전관리를 통한 제주 해양보호구역 종 다양성 및 산호생태에 대한 다양한 분야의 발전을 함께 도모 할수 있을 것이라 예상된다. 마지막으로, 현재 해양공원 및 해양보호구역은 다이버 및 낚시인들의 출입이 잦고 주변 어업행위로 인한 폐기물이 발생할 여지가 많다. 이러한 폐기물은 수중 생물에의 서식지를 파괴할 뿐만 아니라 생명에도 위협적인 요소가 될 뿐만 아니라 자연 경관을 해칠 수 있다. 따라서 해양보호구역 내 정기적인 폐기물 수거를 통해 보호대상 해양생물 서식지 및 경관적 위해요소의 잠재적 위협을 저감시키고, 관리사업에 지역주민을 참여시켜 관리인식을 향상시키고 해양탐방객에 대한 정주 여건을 개선을 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

대한민국해군. 2015. 제주민군복합형관광미항 건설사업 사후환경영향조사 결과통보서(2015년도).

서호영. 2010. 한국의 무척추동물 제 21권 3호 해산 부유성 요각류(절지동물문: 갑각강: 요각아강: 긴노요각목, 검물벼룩목). 국립생물자원관. 199pp.

서호영, 문성용, 위진희. 2013. 한국의 무척추동물 제 21권 28호 해산 부유성 요각류 Ⅱ(절지동물문: 소악강: 요각아강: 긴노요각목, 검물벼룩목). 국립생물자원관. 157pp.

박 철, 이창래, 김정창. 1998. 동해 전선역 동물플랑크톤 군집:2.수온과 분포의 관계. 한수지. 5:749-759.

유광일. 1995. 한국동식물도감 제35권 동물편(해양동물플랑크톤). 교육부. 415pp.

제주특별자치도 해양수산연구원. 2018년 해양공원 및 해양보호구역 생태계 조사용역 조사보고서. 2018.

해양수산부. 2012. 2011년 해양보호구역 조사관찰. 483p.

해양수산부. 2014. 2014년 해양보호구역 조사관찰. 334p.

해양수산부, 한국해양과학기술진흥원. 2013. 해양생태계복원기술개발 기획연구. 296pp.

Chihara, M., Murano, M., 1997. An illustrated guide to marine plankton in Japan. Tokai Univ. Press, 1574p.

Cupp, E. E., 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Scripps Institution of Oceanography.

Glynn, P.W., 1988. El Nino Southern Oscillation 1982-83: nearshore population, community and ecosystem responses. Annu. Rev. Ecol. Syst., 19(1): 309-346.

Round, F. E., Craeford, R. M. & Mann, D. G., 1990. The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, 747pp.

Shim, J. H. & Park, Y. C., 1984. Community structure and spatial distribution of phytoplankton in the southwestern sea of Korea, in early summer. J. Oceanol. Soc. Korea, 19: 68~81.

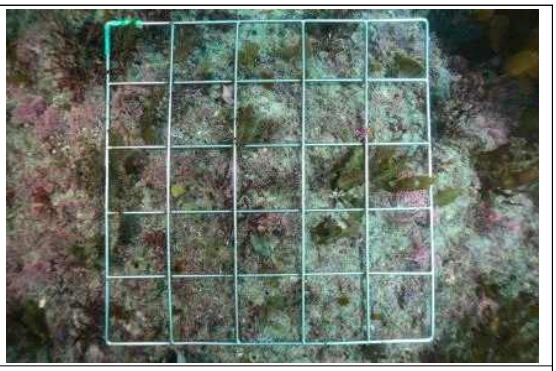
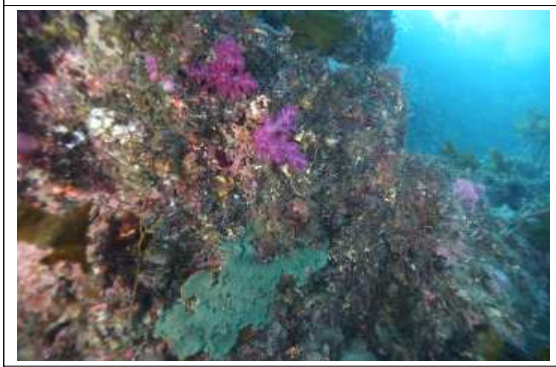
Tomas, C. R., 1996. Identifying marine diatom and dinoflagellates. Academic press, San Diego, CA, 858pp.

峯水 亮. 2002. 海の甲殻類. 文一総合出版, 344pp.

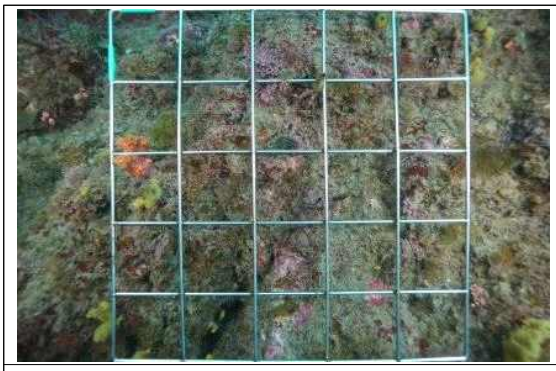
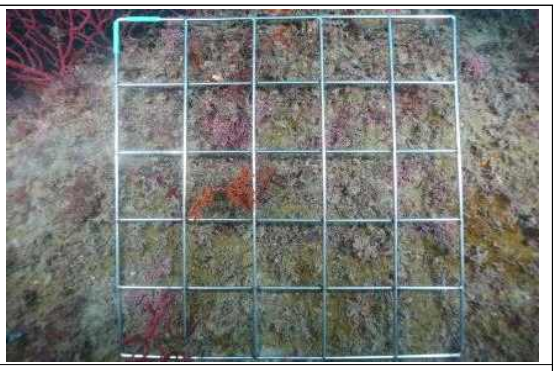
山路 勇. 1984. 日本海洋プランクトン圖鑑. 保育社. 537pp.

千原光雄, 村野正昭. 1997. 日本海洋プランクトン檢索圖說. 東海大學出版會.

2020년 해양공원 생태 환경 조사(문섬, 2월)

	
문섬 Line 1 방형구	문섬 Line 2 방형구
	
문섬 5m 전경	문섬 5m 전경
	
문섬 10m 전경	문섬 10m 전경
	
문섬 20m 전경	문섬 20m 전경

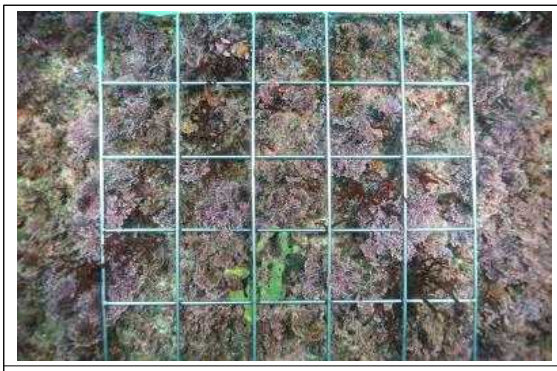
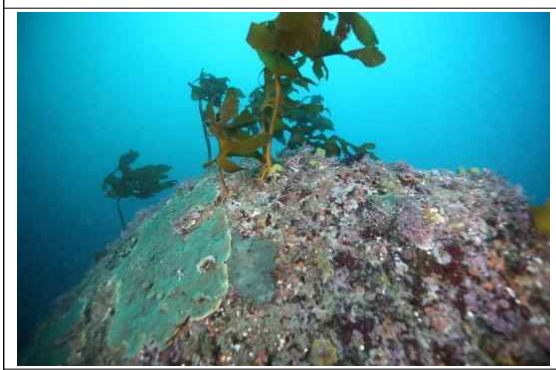
2020년 해양공원 생태 환경 조사(범섬, 2월)

	
범섬 Line 1 방형구	범섬 Line 2 방형구
	
범섬 5m 전경	범섬 5m 전경
	
범섬 10m 전경	범섬 10m 전경
	
범섬 20m 전경	범섬 20m 전경

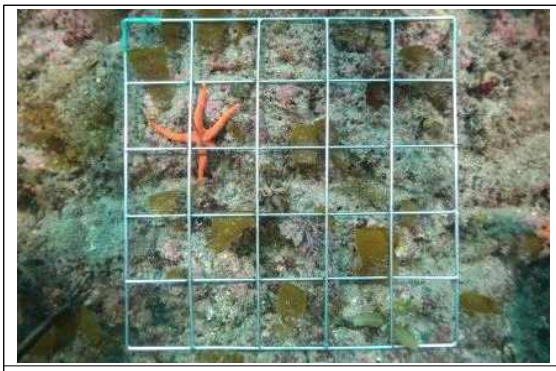
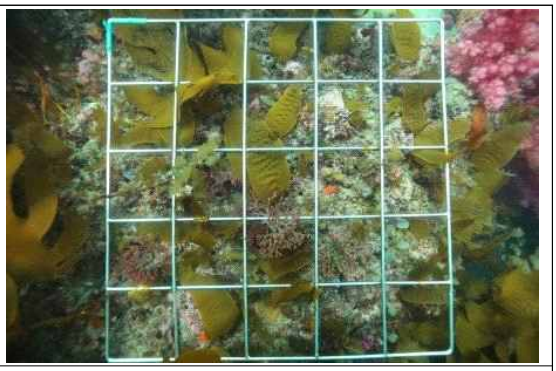
2020년 해양공원 생태 환경 조사(섶섬, 2월)

	
섶섬 Line 1 방형구	섶섬 Line 2 방형구
	
섶섬 5m 전경	섶섬 5m 전경
	
섶섬 10m 전경	섶섬 10m 전경
	
섶섬 20m 전경	섶섬 20m 전경

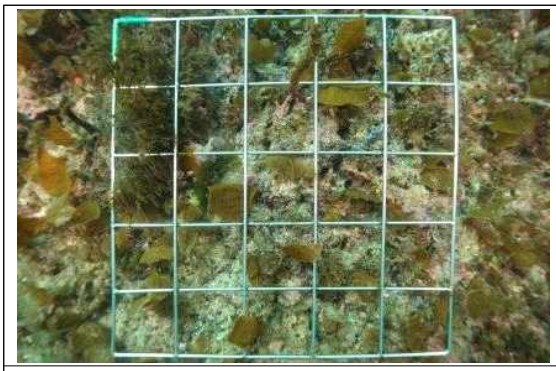
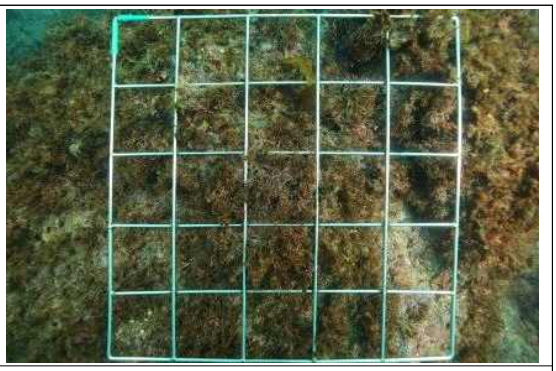
2020년 해양공원 생태 환경 조사(외돌개, 2월)

	
외돌개 Line 1 방형구	외돌개 Line 2 방형구
	
외돌개 5m 전경	외돌개 5m 전경
	
외돌개 10m 전경	외돌개 10m 전경
	
외돌개 20m 전경	외돌개 20m 전경

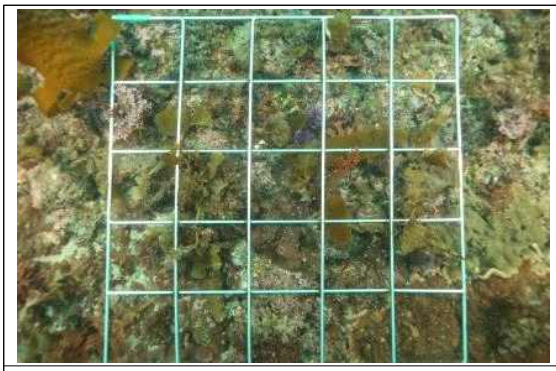
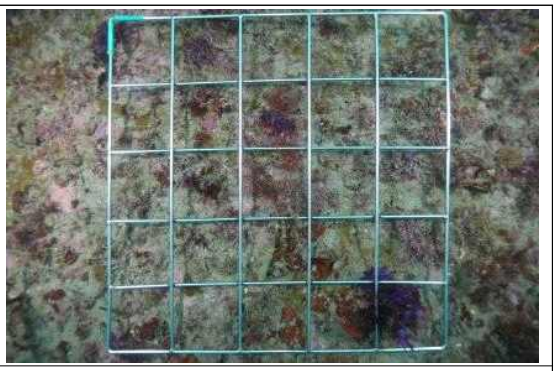
2020년 해양공원 생태 환경 조사(문섬, 5월)

	
문섬 Line 1 방형구	문섬 Line 2 방형구
	
문섬 5m 전경	문섬 5m 전경
	
문섬 10m 전경	문섬 10m 전경
	
문섬 20m 전경	문섬 20m 전경

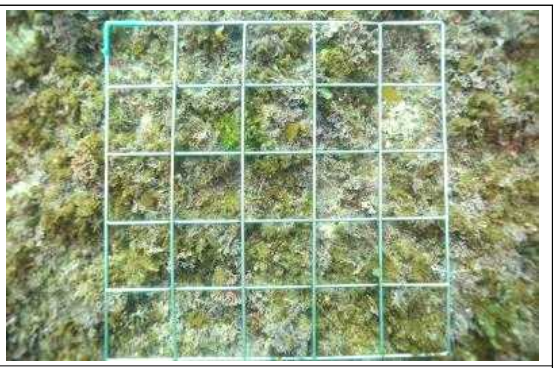
2020년 해양공원 생태 환경 조사(범섬, 5월)

	
범섬 Line 1 방형구	범섬 Line 2 방형구
	
범섬 5m 전경	범섬 5m 전경
	
범섬 10m 전경	범섬 10m 전경
	
범섬 20m 전경	범섬 20m 전경

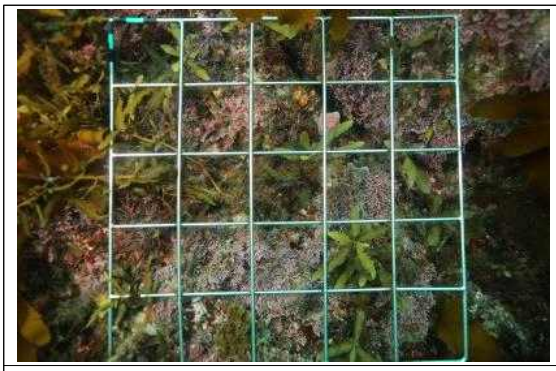
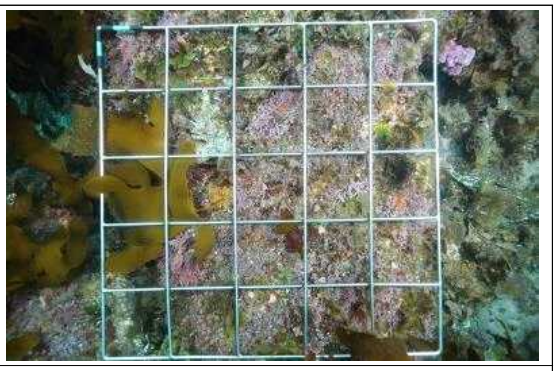
2020년 해양공원 생태 환경 조사(섶섬, 5월)

	
섶섬 Line 1 방형구	섶섬 Line 2 방형구
	
섶섬 5m 전경	섶섬 5m 전경
	
섶섬 10m 전경	섶섬 10m 전경
	
섶섬 20m 전경	섶섬 20m 전경

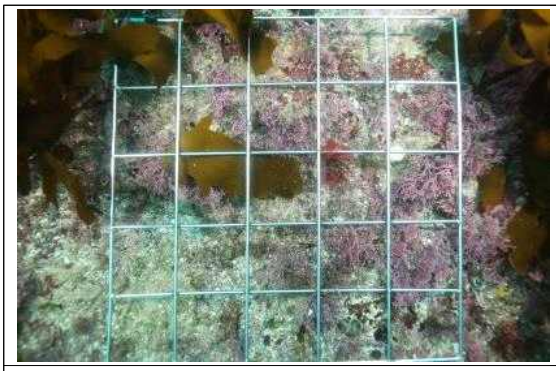
2020년 해양공원 생태 환경 조사(외돌개, 5월)

	
외돌개 Line 1 방형구	외돌개 Line 2 방형구
	
외돌개 5m 전경	외돌개 5m 전경
	
외돌개 10m 전경	외돌개 10m 전경
	
외돌개 20m 전경	외돌개 20m 전경

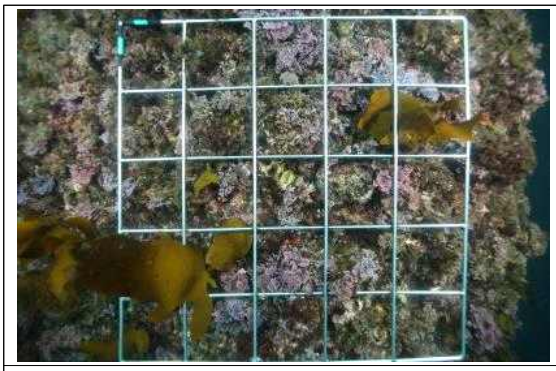
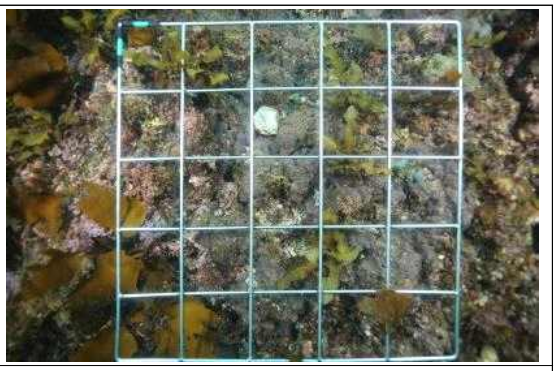
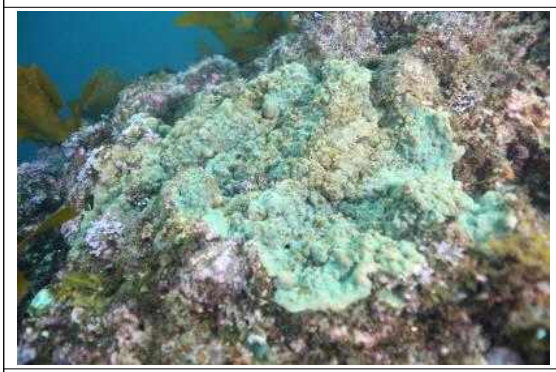
2020년 해양공원 생태 환경 조사(문섬, 8월)

	
문섬 Line 1 방형구	문섬 Line 2 방형구
	
문섬 5m 전경	문섬 5m 전경
	
문섬 10m 전경	문섬 10m 전경
	
문섬 20m 전경	문섬 20m 전경

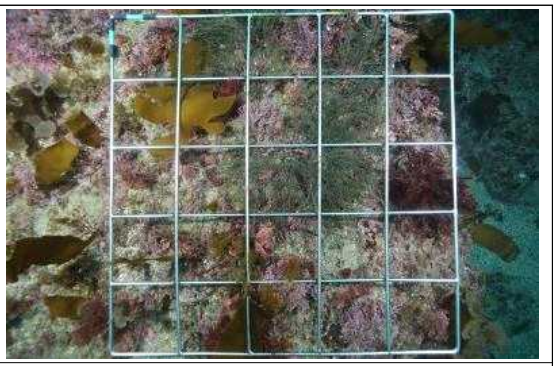
2020년 해양공원 생태 환경 조사(범섬, 8월)

	
범섬 Line 1 방형구	범섬 Line 2 방형구
	
범섬 5m 전경	범섬 5m 전경
	
범섬 10m 전경	범섬 10m 전경
	
범섬 20m 전경	범섬 20m 전경

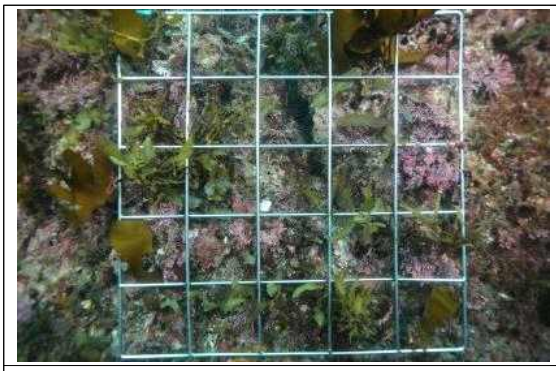
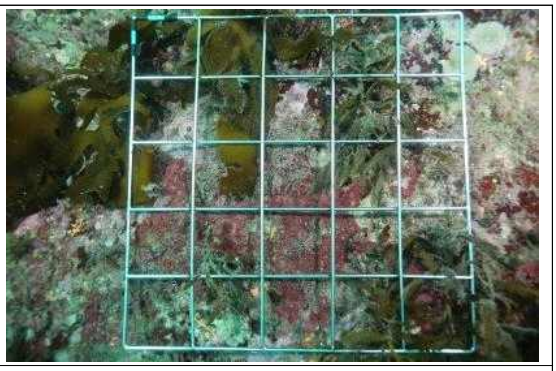
2020년 해양공원 생태 환경 조사(섶섬, 8월)

	
섶섬 Line 1 방형구	섶섬 Line 2 방형구
	
섶섬 5m 전경	섶섬 5m 전경
	
섶섬 10m 전경	섶섬 10m 전경
	
섶섬 20m 전경	섶섬 20m 전경

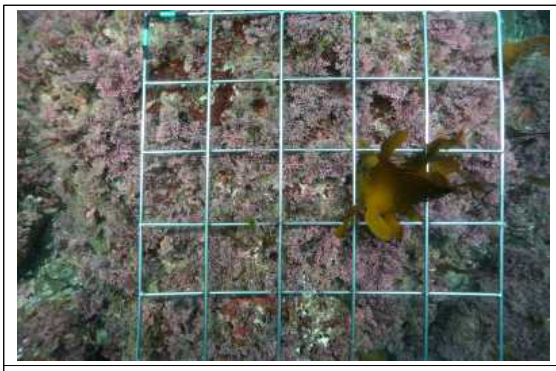
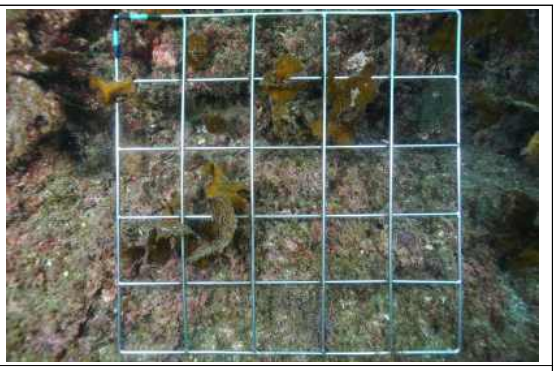
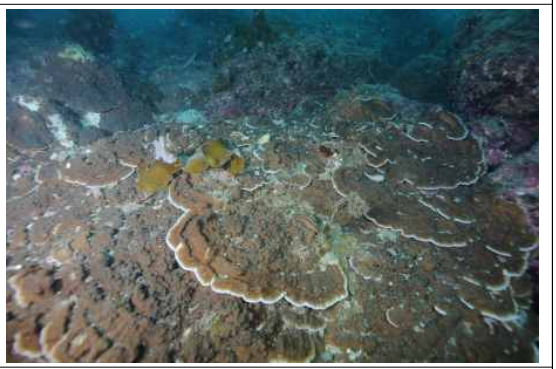
2020년 해양공원 생태 환경 조사(외돌개, 8월)

	
외돌개 Line 1 방형구	외돌개 Line 2 방형구
	
외돌개 5m 전경	외돌개 5m 전경
	
외돌개 10m 전경	외돌개 10m 전경
	
외돌개 20m 전경	외돌개 20m 전경

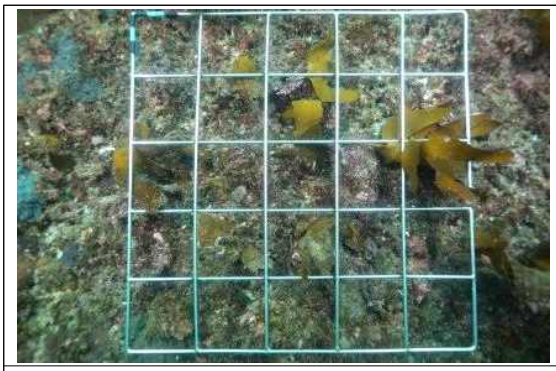
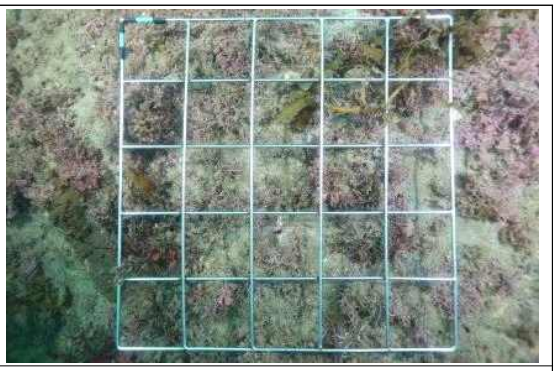
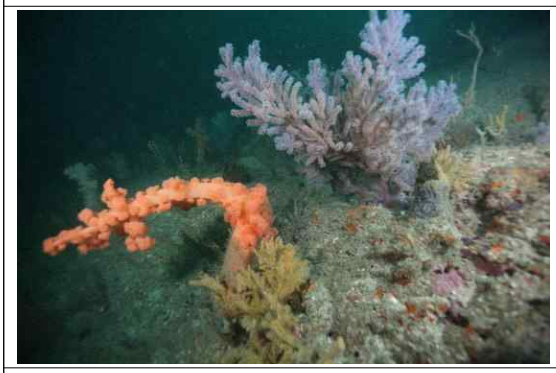
2020년 해양공원 생태 환경 조사(문섬, 11월)

	
문섬 Line 1 방형구	문섬 Line 2 방형구
	
문섬 5m 전경	문섬 5m 전경
	
문섬 10m 전경	문섬 10m 전경
	
문섬 20m 전경	문섬 20m 전경

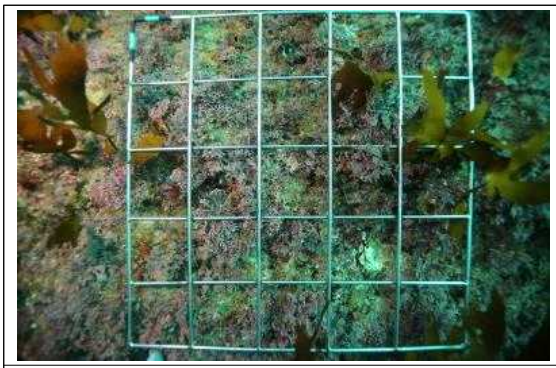
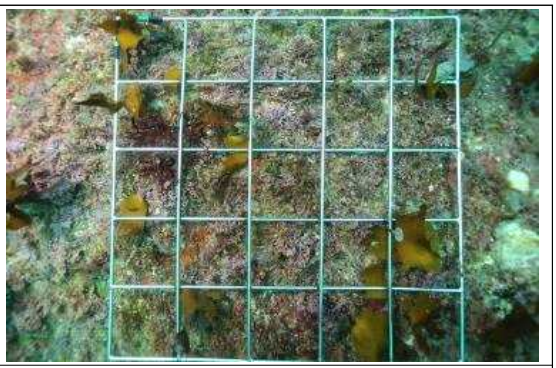
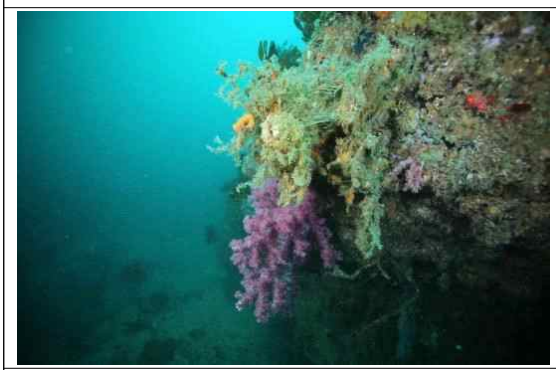
2020년 해양공원 생태 환경 조사(범섬, 11월)

	
범섬 Line 1 방형구	범섬 Line 2 방형구
	
범섬 5m 전경	범섬 5m 전경
	
범섬 10m 전경	범섬 10m 전경
	
범섬 20m 전경	범섬 20m 전경

2020년 해양공원 생태 환경 조사(섶섬, 11월)

	
섶섬 Line 1 방형구	섶섬 Line 2 방형구
	
섶섬 5m 전경	섶섬 5m 전경
	
섶섬 10m 전경	섶섬 10m 전경
	
섶섬 20m 전경	섶섬 20m 전경

2020년 해양공원 생태 환경 조사(외돌개, 11월)

	
외돌개 Line 1 방형구	외돌개 Line 2 방형구
	
외돌개 5m 전경	외돌개 5m 전경
	
외돌개 10m 전경	외돌개 10m 전경
	
외돌개 20m 전경	외돌개 20m 전경