

BSPE99627-11966-3

동해 연안 Eco-mapping 연구

Eco-mapping and characterization of soft-hard
bottom area in the shore of the East Sea
(Eco-COAST)

2019. 2.

한국해양과학기술원

동해 연안 Eco-mapping 연구

Eco-mapping and characterization of soft-hard
bottom area in the shore of the East Sea
(Eco-COAST)

2019. 2.

한국해양과학기술원

제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “동해 연안 Eco-mapping 연구” 과제의 최종
보고서로 제출합니다.

2019년 2월 28일

총괄연구책임자: 노현수

참여연구원: 강수민, 강주원, 권순현, 김상렬, 김원혁, 김창환,
김현욱, 김형기, 박경득, 박선진, 박찬홍, 박현영,
배현미, 유옥환, 이명훈, 이영주, 이지민, 이태경,
이형곤, 이희갑, 이호진, 최순영

요 약 문

I. 제 목

동해 연안 Eco-mapping 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 필요성

- 동해 연안을 대표하는 서식지는 크게 두 가지로 나뉘는데, 육지와 연이은 기저암반에서 직벽으로 떨어지는 서식지와 다른 하나는 사질(연성기질)에서 수중암반(경질기질)으로 이어지는 서식지가 있음. 그러나 현재까지 서식지와 생태계와의 연관성에 관한 연구는 거의 수행되지 않았음
- 연안은 지구상에서 가장 생산성이 높은 생태계를 가진 공간이며, 전 세계 인구의 40%, 세계 50대 도시의 2/3가 연안에 위치하고 있어 인간생활과 직접적인 관련을 맺고 있는 경제·산업적으로 중요한 공간이기 때문에 체계적인 관리가 필요함

2. 연구개발의 목적

- 동해 북부(강릉), 중부(울진), 남부(울산) 연안의 대표 연구거점별 서식환경과 서식생물의 표준화된 연구결과를 확보하고 향후 기후변화 및 연안 생태계 변동과 관련된 연구를 위한 기반 구축을 목적으로 함

III. 연구개발의 내용 및 범위

1. 연구기간

2017. 01. 01 ~ 2018. 12. 31

2. 연구개발의 내용 및 범위

가. Eco-mapping 연구기법 개발 및 적용

- 각 분야별 연구수행 방법 매뉴얼 제작
- 표준화된 Eco-mapping 연구기법 적용을 통한 연구 거점별 통일된 결과물 확보

나. 동해 연안 서식지별 생물군 생태특성 분석

- 사질-수중암반 서식환경 유형별 무척추동물 종 다양성 조사
- 저서생물의 디지털이미지 및 동영상 확보
- 수중암반 서식지영상합성지도와 수중생태지도 작성
- 조하대 사질-암반 혼재 해역의 간극생물 군집 분석
- 사질-암반 해역 우점 저서생물 생태특성 파악

다. 동해 연안 생태계 서식환경 특성 연구

- 서식지 주변 정밀해저지형 및 해저면 영상 조사
- 서식지의 지형 및 퇴적물 특성과 서식생물과의 상관성 분석

라. 동해 연안 해역 자료활용 정보 생산

- 서식환경/서식생물 자료 DB 구축
- 다각적 환경/생물 환경생태도 작성

IV. 연구결과

가. Eco-mapping 연구기법 개발 및 적용

- 서식생물 및 서식환경 연구를 위한 각 분야별 연구수행 방법 표준화(매뉴얼 제작)
- 표준화된 Eco-mapping 연구기법을 활용하여 각 연구 거점별 통일된 결과물 확보

나. 동해 연안 서식지별 생물군 생태특성 분석

- 서식환경 유형별 해양생물의 생태특성 분석
- 사질-수중암반 서식환경 유형별 해양생물의 종 다양성 조사
- 수중암반 수중생태지도 및 서식지영상합성지도 작성
- 우점 서식생물의 디지털이미지 및 동영상 확보
- 우점 서식생물의 확증표본 확보 및 Inventory 구축
- 해양생물 분포도 작성(서식지 유형별, 수심별, 2차원 주제도 작성)
- 조하대 사질-수중암반 혼재 해역의 대형 및 중형저서동물 군집특성 분석
- 조사해역의 대형 및 중형저서동물 군집 분포 주제도 작성

다. 동해 연안 생태계 서식환경 특성 연구

- 대표 연구거점(Model station) 주변의 정밀해저지형 및 해저면 영상 조사
- 노출암의 드론 항공 영상 조사
- 서식지의 지형 및 퇴적물 특성과 서식생물과의 상관성 분석
- 정밀해저지형 영상과 서식지영상지도 합성을 통한 입체적 해저면 분석

라. 동해 연안 해역 자료활용 정보 생산

- 서식환경 및 서식생물 조사 자료의 DB 구축
- 다각적 서식환경/서식생물 주제도 작성
- 종합적인 연구결과의 가시화(Eco-Map 제작)

V. 연구개발 결과의 활용 계획

- 연안생태 뿐만 아니라 해저지형 및 환경에 관한 통합적인 Eco-mapping 적용 가능
- 연안역 해양환경영향 평가 능력 개선을 통한 효율적 해양환경보존정책 관련 기반자료 제공 가능
- 지속적인 연안역 해양환경 관측자료 확보를 통해 해양 환경 변화(기후변화 등)를 비교 평가
- 동해안 지방자치단체의 종합적이고 효율적인 국가 연안역 통합관리를 위한 해양환경 자료 제공

- 동해 연안의 Eco-map 작성으로 동해안을 기반으로 한 해양산업(양식, 환경기술 등)에 적용하여 산업적으로 적용 가능한 생태 및 환경 자료 제시
- 동해 연안에 대한 통합 Eco-map 작성으로 지역 교육기관(초, 중, 고 및 국립해양과학교육관 등)의 해양과학 교육 자료에 적극 활용
- Eco-map 제작을 통해 동해 연안을 기반으로 한 해양관광산업 활성화를 기대할 수 있음

SUMMARY

I . Title

Eco-mapping and characterization of soft-hard bottom area in the shore of the East Sea

II. Necessaries and Objectives of the Study

1. Necessities the study

- The habitat representing the East Sea coast is divided into two major habitats: the habitat that falls from the base rock to the wall in the continental margin, and the habitat that leads from the sandy (soft bottom) to the underwater rock (hard bottom). However, to date, there has been little research on the relationship between habitat and ecosystem
- The coastal is the most productive ecosystem on the planet. 40 percent of the world's population and two-thirds of the world's 50 largest cities are located on the coast, it is an important economic and industrial space directly related to human life, so systematic management to required.

2. Objectives of the study

- The aim of this project is obtain standardized results of habitat environment and habitat organism for the future research related to climate change and coastal ecosystem change in the northern shore (Gangneung), middle shore (Uljin), and Southern shore (Ulsan) of the East Sea.

III. Contents and scopes of the study

1. Research period

January 1, 2017 - December 31, 2018

2. Contents and scopes of the study

A. Development and application of Eco-mapping research technique

- Manufacture manuals of research methods by each field
- Application of standardized Eco-mapping research techniques to consistent results

B. Ecological characteristic analysis of habitat in the coastal of East Sea

- Survey of invertebrates biodiversity in type of habitat environment
- Digital images and videos of benthic organism
- Habitat image composite map and underwater biological map of underwater rock
- Cluster analysis of meiobenthos in sand/rock mixed area
- Ecological characteristic analysis of dominant benthic organism in sand/rock area

C. A study on habitat environment characteristics of ecosystem in the coastal of East Sea

- The survey of integrated visualization using seafloor images and detailed bathymetry map around the habitat, East Sea
- The correlation of habitat factors and habitat organisms

D. Information production for data utilization in the coastal of East Sea

- Establishment to data base of habitat environments and habitat organisms
- Production to synthetic eco-map of multilateral environment/organism

IV. Result

A. Development and application of Eco-mapping research technique

- Manufacture manuals of research methods by each field for habitat environments and habitat organisms
- Application of standardized Eco-mapping research techniques to consistent results

B. Ecological characteristic analysis of habitat in the coastal of East Sea

- Analysis of ecological characteristics in type of habitat environment
- Survey of marine organism biodiversity in type of habitat environment
- Habitat image composite map and underwater biological map of underwater rock
- Digital images and videos of dominant habitat organisms
- Establishment on voucher specimens and inventory of dominant habitat organisms
- Distribution map of marine organisms (type of habitat, type of depth, Eco-map of 2D)
- Cluster characteristic analysis of meiobenthos and macrobenthos in sand/rock mixed area
- Cluster distribution map of meiobenthos and macrobenthos in survey area

C. A study on habitat environment characteristics of ecosystem in the coastal of East Sea

- Detailed bathymetry and seafloor images in around the model station
- Drone aerial imaging of exposed rock
- The correlation of habitat factors and habitat organisms

- Three-dimensional seafloor analysis through the composite of Detailed bathymetry and Habitat image map

D. Information production for data utilization in the coastal of East Sea

- Establishment to data base of habitat environments and habitat organisms
- Production to theme map of multilateral environment/organism
- Visualization of research results (production of Eco-map)

V. Application plans of the results of the study

- It is possible to apply Eco-mapping on coastal ecology as well as bathymetry and environment
- Provide base data related to efficient marine environment preservation policy by improving marine environmental impact assessment capability in coastal zone
- Comparing and evaluating the changes of the marine environment (climate change, etc.) through the continuous observation of the coastal marine environment
- Provide marine environment data for comprehensive and efficient integrated coastal zone management of local governments in East Coast
- Production of Eco-map is applied to the marine industry based on the east coast (aquaculture, environment technology, etc.), to present industrial and ecological environment data
- The integrated Eco-map for the East Sea coast will be used for educational materials on marine science of local educational institutions (primary, middle, high school, national marine science education center, etc.)
- Production of Eco-map can be expected to revitalize the marine tourism industry based on the East Sea coast

목 차

| | |
|------------------------------------|------------|
| 요 약 문 | I |
| 목 차 | IX |
| 표 목 차 | XIII |
| 그림목차 | XIV |
| | |
| 제 1 장 서 론 | 1 |
| 제 1 절 연구개발의 필요성 | 3 |
| 제 2 절 연구개발 목표 및 내용 | 6 |
| | |
| 제 2 장 국내외 기술개발 현황 | 13 |
| 제 1 절 국내 연구동향 | 15 |
| 제 2 절 국외 연구동향 | 17 |
| 제 3 절 연구 수행 내용 및 방법 | 19 |
| | |
| 제 3 장 연구결과 | 21 |
| 제 1 절 동해 연안 서식지별 생물군 생태특성 분석 | 23 |
| 제 2 절 동해 연안 생태계 서식환경 특성 연구 | 108 |
| 제 3 절 동해 연안 해역 자료활용 정보 생산 | 146 |
| | |
| 제 4 장 목표 달성도 및 대외 기여도 | 183 |
| 제 1 절 목표 달성도 | 185 |
| 제 2 절 대외 기여도 | 189 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획 | 195 |
| 제 6 장 참고문헌 | 203 |
| 제 7 장 부 록 | 207 |

| | |
|---|-----|
| Chapter IV Achievements of objectives and contributions to the related | 183 |
| Section 1 Achievements of objectives | 185 |
| Section 2 Contributions to the related area | 189 |
| Chapter V Application plans of the results of the study ... | 195 |
| Chapter VI Reference | 203 |
| Chapter VII Appendix | 207 |

표 목 차

| | |
|---|-----|
| 표 3-1-1. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 우점종 목록 | 65 |
| 표 3-1-2. 강릉 십리바위 주변해역의 대형 및 중형저서동물의 종조성과 환경요인과의 상관분석 | 68 |
| 표 3-1-3. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 우점종 목록 | 104 |
| 표 3-1-4. 울산 선암 주변 해역의 대형 및 중형저서동물과 서식환경간의 상관관계 분석 | 107 |
| 표 3-2-1. 강릉 십리바위 주변 표층퇴적물 입도 및 TOC | 116 |
| 표 3-2-2. 울산 선암 주변 표층퇴적물 입도 및 TOC | 134 |
| 표 3-3-1. 조사데이터 dataset | 146 |
| 표 3-3-2. 십리바위 주변 조사정점 좌표 | 152 |
| 표 3-3-3. 십리바위 주변 해수환경 요약정보 | 154 |
| 표 3-3-4. 십리바위 주변 서식생물정보 dataset | 157 |
| 표 3-3-5. 선암 주변 조사정점 좌표 | 170 |
| 표 3-3-6. 선암 주변 해수환경 요약정보 | 173 |
| 표 3-3-7. 선암 주변 서식생물정보 dataset | 176 |

그림 목 차

| | |
|--|----|
| 그림 3-1-1. 연구 범위 설정 | 23 |
| 그림 3-1-2. 강릉 십리바위 주변 무척추동물의 출현 개체수 | 24 |
| 그림 3-1-3. 강릉 십리바위 주변 무척추동물의 출현종수 | 25 |
| 그림 3-1-4. 강릉 십리바위 주변 서식생물 생태사진 | 26 |
| 그림 3-1-5. 강릉 십리바위에 출현한 해양생물 | 31 |
| 그림 3-1-6. 동해 북부 연안 강릉 십리바위 서식지영상합성지도 제작 ... | 52 |
| 그림 3-1-7. 동해 북부 연안 강릉 십리바위 수중생태지도 제작 | 53 |
| 그림 3-1-8. 연구범위내 대형/중형저서동물 조사정점 | 55 |
| 그림 3-1-9. 조사정점별 표층과 저층의 수온분포 | 56 |
| 그림 3-1-10. 조사정점별 표층과 저층의 염분분포 | 56 |
| 그림 3-1-11. 조사정점별 표층과 저층의 용존산소분포 | 57 |
| 그림 3-1-12. 조사정점별 표층과 저층의 pH분포 | 57 |
| 그림 3-1-13. 연구지역의 중형저서동물 서식밀도 | 58 |
| 그림 3-1-14. 연구지역내 출현한 중형저서동물의 생체량 | 59 |
| 그림 3-1-15. 중형저서동물의 우점분류군인 선형동물의 서식밀도 분포 패턴 ... | 60 |
| 그림 3-1-16. 중형저서동물의 우점분류군인 저서성요각류의 서식밀도 분포 패턴 | 60 |
| 그림 3-1-17. 연구지역내 중형저서동물의 출현분류군수 | 61 |
| 그림 3-1-18. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 종수, 서식밀도, 종다양도, 생체량 | 63 |
| 그림 3-1-19. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 분류군별 종수, 서식밀도, 생체량 비율 | 64 |
| 그림 3-1-20. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 주요 우점종 분포 ... | 66 |
| 그림 3-1-21. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 군집구조 | 67 |
| 그림 3-1-22. 수중생태지도 제작 및 서식지영상지도 제작 조사구역 | 69 |
| 그림 3-1-23. 울산 선암 주변 무척추동물의 출현종수 | 70 |

| | |
|--|-----|
| 그림 3-1-24. 울산 선암 주변 서식생물의 생태사진 | 71 |
| 그림 3-1-25. 울산 선암에 출현한 해양생물 | 75 |
| 그림 3-1-26. 동해 남부 연안 울산 선암 주변 서식지영상합성지도 제작 | 90 |
| 그림 3-1-27. 동해 남부 연안 울산 선암 주변 수중생태지도 | 91 |
| 그림 3-1-28. 연구범위 내 대형/중형저서동물 조사정점 | 93 |
| 그림 3-1-29. 조사정점별 표층과 저층의 수온분포 | 94 |
| 그림 3-1-30. 조사정점별 표층과 저층의 염분분포 | 94 |
| 그림 3-1-31. 조사정점별 표층과 저층의 용존산소 분포 | 95 |
| 그림 3-1-32. 연구지역내 출현한 중형저서동물의 서식밀도 | 96 |
| 그림 3-1-33. 연구지역내 출현한 중형저서동물의 생체량 | 97 |
| 그림 3-1-34. 중형저서동물의 우점분류군인 선형동물의 서식밀도 분포 패턴 | 98 |
| 그림 3-1-35. 중형저서동물의 우점분류군인 저서성요각류의 서식밀도 분포 패턴 | 98 |
| 그림 3-1-36. 연구지역내 중형저서동물의 출현분류군수 | 99 |
| 그림 3-1-37. 연구지역내 중형저서동물의 분류군다양도 | 99 |
| 그림 3-1-38. 울산 선암 주변해역의 대형저서동물의 종수, 서식밀도, 종다양도, 생체량 | 102 |
| 그림 3-1-39. 울산 선암 주변해역의 대형저서동물의 분류군별 종수와 서식밀도 비율 | 103 |
| 그림 3-1-40. 울산 선암 주변해역의 주요 우점종의 서식밀도 | 105 |
| 그림 3-1-41. 울산 선암 주변 해역의 연구지역내 대형저서동물의 군집특성 | 106 |
| 그림 3-2-1. 동해 북부 연안(강릉 십리바위) 생태계 서식환경 특성 연구범위 | 108 |
| 그림 3-2-2. 강릉 십리바위 주변 정밀 해저 지형도(수직상공에서 본 모습) | 110 |
| 그림 3-2-3. 강릉 십리바위 주변 정밀 해저 지형도(3차원 모습)(a. 남쪽에서 본 모습, b. 서쪽에서 본 모습, c. 북쪽에서 본 모습, d. 동쪽에서 본 모습) | 111 |
| 그림 3-2-4. 강릉 십리바위 주변 해저면 영상도 | 113 |
| 그림 3-2-5. 강릉 십리바위 주변 표층퇴적물 획득 정점도 | 115 |
| 그림 3-2-6. 강릉 십리바위 주변 표층퇴적물 GSM 다이어그램 | 115 |
| 그림 3-2-7. 강릉 십리바위 주변 표층퇴적물 입도 분포도 | 116 |

| | |
|--|-----|
| 그림 3-2-8. 강릉 십리바위 주변 표층퇴적물 내 유기물 함량 분포도 ... | 117 |
| 그림 3-2-9. 강릉 십리바위 주변 서식지 환경 맵핑 주제도(정밀 해저 지형 + 해저면 영상, 수직상공에서 본 모습) | 119 |
| 그림 3-2-10. 강릉 십리바위 주변 서식지 환경 맵핑 주제도(정밀 해저 지형 + 해저면 영상, 3차원 모습)(a. 남서쪽에서 본 모습, b. 서쪽에서 본 모습, c. 동쪽에서 본 모습, d. 남쪽에서 본 모습) | 120 |
| 그림 3-2-11. 강릉 십리바위 주변 서식지 환경 맵핑 분류도(정밀 해저 지형 + 해저면 영상) | 121 |
| 그림 3-2-12. 강릉 십리바위 주변 서식지 입체 해저면영상합성지도(정밀 해저 지형 + 서식지영상합성지도, 수직상공에서 본 모습) | 123 |
| 그림 3-2-13. 강릉 십리바위 주변 서식지 입체 해저면영상합성지도(정밀 해저 지형 + 서식지영상합성지도, 3차원 모습)(a. 동쪽에서 본 모습, b. 북동쪽에서 본 모습, c. 남서쪽에서 본 모습) | 124 |
| 그림 3-2-14. 강릉 십리바위 주변 수직상공 정사영상도 | 126 |
| 그림 3-2-15. 동해 남부 연안(울산 선암) 생태계 서식환경 특성 연구범위 ... | 127 |
| 그림 3-2-16. 울산 선암 주변 정밀 해저 지형도(수직상공에서 본 모습) | 129 |
| 그림 3-2-17. 울산 선암 주변 정밀 해저 지형도(3차원 모습)(a. 남동쪽에서 본 모습, b. 북동쪽에서 본 모습, c. 남서쪽에서 본 모습, d. 북서쪽에서 본 모습) | 130 |
| 그림 3-2-18. 울산 선암 주변 해저면 영상도 | 131 |
| 그림 3-2-19. 울산 선암 주변 표층퇴적물 획득 정점도 | 133 |
| 그림 3-2-20. 울산 선암 주변 표층퇴적물 GSM 다이어그램 | 134 |
| 그림 3-2-21. 울산 선암 주변 표층퇴적물 입도 분포도 | 135 |
| 그림 3-2-22. 울산 선암 주변 표층퇴적물 내 유기물 함량 분포도 | 135 |
| 그림 3-2-23. 울산 선암 주변 서식지 환경 맵핑 주제도(정밀 해저 지형 + 해저면 영상, 수직상공에서 본 모습) | 137 |
| 그림 3-2-24. 울산 선암 주변 서식지 환경 맵핑 주제도(정밀 해저 지형 + 해저면 영상, 3차원 모습)(a. 남동쪽에서 본 모습, b. 북동쪽에서 본 모습, c. 남서쪽에서 본 모습, d. 북서쪽에서 본 모습) | 138 |

| | |
|--|-----|
| 그림 3-2-25. 울산 선암 주변 서식지 환경 맵핑 분류도(정밀 해저 지형 + 해저면 영상) | 139 |
| 그림 3-2-26. 울산 선암 주변 서식지 입체 해저면영상합성지도(예시)(정밀 해저 지형 + 서식지영상합성지도, 수직상공에서 본 모습) | 141 |
| 그림 3-2-27. 울산 선암 주변 서식지 입체 해저면영상합성지도(예시)(정밀 해저 지형 + 서식지영상합성지도, 3차원 모습)(a. 남쪽에서 본 모습, b. 남서쪽에서 본 모습, c. 남동쪽에서 본 모습) | 142 |
| 그림 3-2-28. 울산 선암 주변 수직상공 정사영상도 | 144 |
| 그림 3-2-29. 울산 선암 주변 육·해상 서식지 영상합성지도 | 145 |
| 그림 3-3-1. 강릉 십리바위 주변해역 데이터 GIS 피쳐 | 147 |
| 그림 3-3-2. 울산 선암 주변해역 데이터 GIS 피쳐 | 147 |
| 그림 3-3-3. 십리바위와 주변(출처: 네이버) | 148 |
| 그림 3-3-4. 2015년 경포해변 주변 해수욕장 이용현황(출처: 강릉시 통계연보) | 149 |
| 그림 3-3-5. 경포해수욕장 이용객 수(출처: 강릉시 통계연보) | 149 |
| 그림 3-3-6. 십리바위(좌)와 오리바위(우) 드론 사진 | 151 |
| 그림 3-3-7. 조사구역 및 조사정점 | 151 |
| 그림 3-3-8. 십리바위 주변 해저지형도(좌)와 해저면영상(우) | 153 |
| 그림 3-3-9. 십리바위 주변 경사분석도(좌)와 향분석도(우) | 153 |
| 그림 3-3-10. 십리바위 주변 표층퇴적물 평균입도(좌)와 퇴적물 유기물 함량(우) | 153 |
| 그림 3-3-11. 십리바위 주변 해수환경 | 155 |
| 그림 3-3-12. 십리바위 주변 해수환경정보 주제도. 첫 번째 행부터 수온 분포도, 염분 분포도, 용존산소 분포도, 마지막 행은 pH 분포도 | 156 |
| 그림 3-3-13. 십리바위 주변 해양무척추동물 출현종수와 개체수 분포도 | 158 |
| 그림 3-3-14. 해양무척추동물 출현종수와 개체수(좌: 십리바위 북서 정점, 우: 십리바위 남동 정점) | 158 |
| 그림 3-3-15. 대형저서동물 출현종수 분포 | 159 |
| 그림 3-3-16. 대형저서동물 개체수 | 160 |
| 그림 3-3-17. 대형저서동물 총 서식밀도 분포도 | 160 |

| | |
|--|-----|
| 그림 3-3-18. 대형저서동물 분류군별 서식밀도 분포도 | 161 |
| 그림 3-3-19. 대형저서동물 생체량 | 161 |
| 그림 3-3-20. 대형저서동물 총 생체량 분포도 | 162 |
| 그림 3-3-21. 대형저서동물 분류군별 생체량 분포도 | 162 |
| 그림 3-3-22. 중형저서동물 출현종수(좌)와 생체량(우) 분포도 | 163 |
| 그림 3-3-23. 중형저서동물 분류군별 서식밀도 분포도(a: 전체, b: Nematodes(선충류), c: Harpacticoids(저서성 요각류), d: Sarcomastigophorans(유공충류)) | 164 |
| 그림 3-3-24. 중형저서동물 크기별 서식밀도 분포 | 165 |
| 그림 3-3-25. 중형저서동물 크기별 서식밀도 분포도(a: 0.5 mm, b: 0.25 mm, c: 0.125 mm, d: 0.063 mm, e: 0.037 mm) | 165 |
| 그림 3-3-26. 울산 선암과 주변(출처: Daum 지도) | 166 |
| 그림 3-3-27. 연구지역 주변 기상관측장비 | 167 |
| 그림 3-3-28. 연구지역 주변 파랑 시계열 특성(2018년 1월~9월) | 168 |
| 그림 3-3-29. 연구지역 주변 파랑 시계열 특성(2018년 7월) | 168 |
| 그림 3-3-30. 연구지역 주변 월별 파고 현황(출처: 기상청 해양기상월보) | 169 |
| 그림 3-3-31. 연구지역 주변 풍향-풍속도. 2018년 1월 ~ 9월(좌), 2018년 7월(우)(출처: 기상청, 울기 AWS) | 169 |
| 그림 3-3-32. 연구지역 주변 풍향-풍속도. 2018년 1월 ~ 9월(좌), 2018년 7월(우)(출처: 기상청, 울산 해양기상부이) | 170 |
| 그림 3-3-33. 선암 주변 조사정점(출처: 구글 어스) | 171 |
| 그림 3-3-34. 선암 주변 해저지형도(a), 음영기복도(b), 경사분석도(c), 향 분석도(d) | 172 |
| 그림 3-3-35. 선암 주변 표층퇴적물 입도분포(좌)와 총 유기물탄소량 분포(우) | 172 |
| 그림 3-3-36. 선암 주변 해수환경 | 174 |
| 그림 3-3-37. 선암 주변 해수환경정보 주제도. 첫 번째 행부터 수온 분포도, 염분 분포도, 용존산소 분포도 | 175 |
| 그림 3-3-38. 대형저서동물 개체수 | 177 |
| 그림 3-3-39. 대형저서동물 총 서식밀도(좌)와 생체량 분포도(우) | 177 |
| 그림 3-3-40. 대형저서동물 분류군별 서식밀도 분포도 | 177 |

| | |
|---|-----|
| 그림 3-3-41. 대형저서동물 종별 서식밀도 분포도(a: <i>Diogenes edwardsii</i> , b: <i>Aonides oxycephala</i> , c: <i>Siphonoecetes exolitus</i> , d: <i>Magelona japonica</i> , e: <i>Spiophanes bombyx</i> , f: <i>Micropodarke dubia</i> , g: Capitellidae sp. 1, h: Maldanidae sp. 1) | 178 |
| 그림 3-3-42. 대형저서동물 종 다양도지수 분포도 | 179 |
| 그림 3-3-43. 대형저서동물 출현종수 | 179 |
| 그림 3-3-44. 대형저서동물 출현종수 분포도(a: 전체, b: Polychaete, c: Mollusca, d: Others) | 180 |
| 그림 3-3-45. 중형저서동물 총 서식밀도 분포도 | 181 |
| 그림 3-3-46. 중형저서동물 Nematodes(좌)와 Harpacticoids(우) 서식밀도 분포도 | 181 |
| 그림 3-3-47. 중형저서동물 총 생체량(좌)과 분류군별 생체량(우) 분포도 ... | 181 |
| 그림 3-3-48. 중형저서동물 Nematodes(좌)와 Copepods(우) 생체량 분포도 ... | 182 |
| 그림 3-3-49. 중형저서동물 출현분류군 수(좌)와 종 다양도지수 분포(우) ... | 182 |

List of Tables

| | |
|--|-----|
| Table 3-1-1. List of dominant species of macrobenthos in Gangneung area | 65 |
| Table 3-1-2. Correlation analysis between species composition of environmental factors in Gangneung area | 68 |
| Table 3-1-3. List of dominant species of macrobenthos in Ulsan area | 104 |
| Table 3-1-4. Correlation analysis between species composition of environmental factors in Ulsan area | 107 |
| Table 3-2-1. Classification of grain size sorting and TOC values of surface sediment samples around Sib-ri rock, Gangneung | 116 |
| Table 3-2-2. Classification of grain size sorting and TOC values of surface sediment samples around Seonam, Ulsan | 134 |
| Table 3-3-1. Dataset of survey data | 146 |
| Table 3-3-2. Coordinates of survey stations around Sib-ri rock | 152 |
| Table 3-3-3. A summary of environment of seawater around Sib-ri rock | 154 |
| Table 3-3-4. Dataset of inhabitants around Sib-ri rock | 157 |
| Table 3-3-5. Coordinates of survey stations around Seonam | 170 |
| Table 3-3-6. A summary of environment of seawater around Seonam | 173 |
| Table 3-3-7. Dataset of inhabitants around Seonam | 176 |

List of Figures

| | |
|---|----|
| Fig. 3-1-1. Selection of research area, Gangneung | 23 |
| Fig. 3-1-2. Number of individuals for invertebrates in the Sib-ri rock, Gangneung | 24 |
| Fig. 3-1-3. Number of species for invertebrates in the Sib-ri rock, Gangneung | 25 |
| Fig. 3-1-4. Ecological photograph of habitats organism around th Sib-ri rock, Gangneung | 26 |
| Fig. 3-1-5. Marine species in the Sib-ri rock, Gangneung | 31 |
| Fig. 3-1-6. Habitat image composite map in the northern shore of the East Sea (Sib-ri rock, Gangneung) | 52 |
| Fig. 3-1-7. Underwater eco-map in the northern shore of the East Sea (Sib-ri rock, Gangneung) | 53 |
| Fig. 3-1-8. Survey stations of macrobenthos and meiobenthos in study area | 55 |
| Fig. 3-1-9. Distribution of surface and bottom water temperature in study area | 56 |
| Fig. 3-1-10. Distribution of surface and bottom salinity in study area | 56 |
| Fig. 3-1-11. Distribution of surface and bottom dissolved oxygen in study area | 57 |
| Fig. 3-1-12. Distribution of surface and bottom pH in study area | 57 |
| Fig. 3-1-13. Total density of meiobenthos in study area | 58 |
| Fig. 3-1-14. Biomass of meiobenthos in study area | 59 |
| Fig. 3-1-15. Distribution pattern of density on dominant species (nematoda) of meiobenthos | 60 |
| Fig. 3-1-16. Distribution pattern of density on dominant species (harpacticoida) of meiobenthos | 60 |
| Fig. 3-1-17. Number of taxon for meiobenthos in the Sib-ri rock, Gangneung | 61 |

| | |
|--|----|
| Fig. 3-1-18. Number of species, density, diversity and biomass of macrobenthos in Gangneung area | 63 |
| Fig. 3-1-19. Number of species, density and biomass by taxa of macrobenthos in Gangneung area | 64 |
| Fig. 3-1-20. Distribution of dominant species for macrobenthos in Gangneung area | 66 |
| Fig. 3-1-21. Cluster analysis of macrobenthos in Gangneung area | 67 |
| Fig. 3-1-22. Underwater eco-map and Habitat image composite map in study area | 69 |
| Fig. 3-1-23. Number of species for invertebrates around the Seonam, Ulsan .. | 70 |
| Fig. 3-1-24. Ecological photograph of habitats organism around the Seonam, Ulsan | 71 |
| Fig. 3-1-25. Marine species in the Seonam, Ulsan | 75 |
| Fig. 3-1-26. Habitat image composite map in the southern shore of the East Sea (Seonam, Ulsan) | 90 |
| Fig. 3-1-27. Underwater eco-map in the southern shore of the East Sea (Seonam, Ulsan) | 91 |
| Fig. 3-1-28. Survey stations of macrobenthos and meiobenthos in study area | 93 |
| Fig. 3-1-29. Distribution of surface and bottom water temperature in study area | 94 |
| Fig. 3-1-30. Distribution of surface and bottom salinity in study area | 94 |
| Fig. 3-1-31. Distribution of surface and bottom dissolved oxygen in study area | 95 |
| Fig. 3-1-32. Total density of meiobenthos in study area | 96 |
| Fig. 3-1-33. Biomass of meiobenthos in study area | 97 |
| Fig. 3-1-34. Distribution pattern of density on dominant species (nematoda) of meiobenthos | 98 |
| Fig. 3-1-35. Distribution pattern of density on dominant species (harpacticoida) of meiobenthos | 98 |
| Fig. 3-1-36. Number of taxon for meiobenthos in the Seonam, Ulsan | 99 |

| | |
|--|-----|
| Fig. 3-1-37. Toxon diversity of meiobenthos in the Seonam, Ulsan | 99 |
| Fig. 3-1-38. Number of species, density, diversity and biomass of macrobenthos in Ulsan area | 102 |
| Fig. 3-1-39. Number of species and density by taxa of macrobenthos in Ulsan area | 103 |
| Fig. 3-1-40. Distribution of dominant species in Ulsan area | 105 |
| Fig. 3-1-41. Cluster analysis of macrobenthos in Ulsan area | 106 |
| Fig. 3-2-1. Study area of the habitat environment characteristics of the ecosystem in the northern shore of the East Sea (Sib-ri rock, Gangneung) | 108 |
| Fig. 3-2-2. Detailed bathymetry map around Sib-ri rock, Gangneung (vertical view) | 110 |
| Fig. 3-2-3. Detailed bathymetry map around Sib-ri rock, Gangneung (3D view)(SW, W, E and S view) | 111 |
| Fig. 3-2-4. Seafloor images around Sib-ri rock, Gangneung | 113 |
| Fig. 3-2-5. Sampling site map of the surface sediments around Sib-ri rock, Gangneung | 115 |
| Fig. 3-2-6. GSM diagram of surface sediments around Sib-ri rock, Gangneung | 115 |
| Fig. 3-2-7. Distribution map of the mean grain size of surface sediments around Sib-ri rock, Gangneung | 116 |
| Fig. 3-2-8. Distribution map of the TOC contents of surface sediments around Sib-ri rock, Gangneung | 117 |
| Fig. 3-2-9. The result of integrated visualization using seafloor images and detailed bathymetry map around Sib-ri rock, Gangneung (vertical view) | 119 |
| Fig. 3-2-10. The result of integrated visualization using seafloor images and detailed bathymetry map around Sib-ri rock, Gangneung (3D view)(SW, W, E and S view) | 120 |
| Fig. 3-2-11. Classification of surface-sediments facies around Sib-ri rock, Gangneung | 121 |
| Fig. 3-2-12. The result of integrated visualization using high-resolution underwater images and detailed bathymetry map around Sib | |

| | | |
|--------------|---|-----|
| | -ri rock, Gangneung (vertical view) | 123 |
| Fig. 3-2-13. | The result of integrated visualization using high-resolution underwater images and detailed bathymetry map around Sib-ri rock, Gangneung (3D view)(E, NE and SW view) | 124 |
| Fig. 3-2-14. | Aerial ortho photo map around Sib-ri rock, Gangneung | 126 |
| Fig. 3-2-15. | Study area of the habitat environment characteristics of the ecosystem in the southern shore of the East Sea (Seonam, Ulsan) | 127 |
| Fig. 3-2-16. | Detailed bathymetry map around Seonam, Ulsan (vertical view) | 129 |
| Fig. 3-2-17. | Detailed bathymetry map around Seonam, Ulsan (3D view) (SE, NE, SW and NW view) | 130 |
| Fig. 3-2-18. | Seafloor images around Seonam, Ulsan | 131 |
| Fig. 3-2-19. | Sampling site map of the surface sediments around Seonam, Ulsan | 133 |
| Fig. 3-2-20. | GSM diagram of surface sediments around Seonam, Ulsan | 134 |
| Fig. 3-2-21. | Distribution map of the mean grain size of surface sediments around Seonam, Ulsan | 135 |
| Fig. 3-2-22. | Distribution map of the TOC contents of surface sediments around Seonam, Ulsan | 135 |
| Fig. 3-2-23. | The result of integrated visualization using seafloor images and detailed bathymetry map around Seonam, Ulsan (vertical view) | 137 |
| Fig. 3-2-24. | The result of integrated visualization using seafloor images and detailed bathymetry map around Seonam, Ulsan (3D view)(SE, NE, SW and NW view) | 138 |
| Fig. 3-2-25. | Classification of surface-sediments facies around Seonam, Ulsan | 139 |
| Fig. 3-2-26. | The result of integrated visualization using high-resolution underwater images and detailed bathymetry map around Seonam, Ulsan (vertical view) | 141 |
| Fig. 3-2-27. | The result of integrated visualization using high-resolution underwater images and detailed bathymetry map around Seonam, | |

| | |
|---|-----|
| Ulsan (3D view)(S, SW and SE view) | 142 |
| Fig. 3-2-28. Aerial ortho photo map around Seonam, Ulsan | 144 |
| Fig. 3-2-29. Stereoscopic seafloor composite image map of habitat on land and at sea around Seonam, Ulsan | 145 |
| Fig. 3-3-1. GIS features for data around Sib-ri rock in Gangneung | 147 |
| Fig. 3-3-2. GIS features for data around Seonam in Ulsan | 147 |
| Fig. 3-3-3. Sib-ri rock and its vicinity (source: naver) | 148 |
| Fig. 3-3-4. Usage of beaches around Gyeongpo beach in 2015 (source: statistical annual report of Gangneung-si) | 149 |
| Fig. 3-3-5. Annual vistors to Gyeongpo beach (source: statistical annual report of Gangneung-si) | 149 |
| Fig. 3-3-6. Photos of Sib-ri rock (left) and Ori rock (right) using a drone | 151 |
| Fig. 3-3-7. Survey area and survey stations | 151 |
| Fig. 3-3-8. Bathymetry map (left) and seafloor image (right) around Sib -ri rock | 153 |
| Fig. 3-3-9. Slope map (left) and aspect map (right) around Sib-ri rock | 153 |
| Fig. 3-3-10. Surface sediment mean size (left) and sediment total organic carbon (right) distribution around Sib-ri rock | 153 |
| Fig. 3-3-11. Environment of seawater around Sib-ri rock | 155 |
| Fig. 3-3-12. Thematic map for environment of seawater around Sib-ri rock. From the first row, water temperature, salinity, diss -olved oxygen and pH distribution map | 156 |
| Fig. 3-3-13. Distribution map of marine invertebrate species and individuals around Sib-ri rock | 158 |
| Fig. 3-3-14. Species and individuals of marine invertebrate (left: NW station from Sib-ri rock, right: SE station from Sib-ri rock) | 158 |
| Fig. 3-3-15. Species distribution of macrobenthos | 159 |
| Fig. 3-3-16. Individuals of macrobenthos | 160 |
| Fig. 3-3-17. Total density distribution map of macrobenthos | 160 |
| Fig. 3-3-18. Taxon density distribution map of macrobenthos | 161 |
| Fig. 3-3-19. Biomass of macrobenthos | 161 |

| | |
|--|-----|
| Fig. 3-3-20. Total biomass distribution map of macrobenthos | 162 |
| Fig. 3-3-21. Taxon biomass distribution map of macrobenthos | 162 |
| Fig. 3-3-22. Species (left) and biomass (right) distribution map of meiobenthos | 163 |
| Fig. 3-3-23. Taxon density distribution map of meiobenthos (a: Total, b: nematodes, c: harpacticoids, d: sarcomastigophorans) | 164 |
| Fig. 3-3-24. Density distribution of meiobenthos by size | 165 |
| Fig. 3-3-25. Density distribution map of meiobenthos by size (a: 0.5 mm, b: 0.25 mm c: 0.125 mm, d: 0.063 mm, e: 0.037 mm) | 165 |
| Fig. 3-3-26. Seonam and its vicinity (source: daum) | 166 |
| Fig. 3-3-27. Weather observation equipments around study area | 167 |
| Fig. 3-3-28. Time series characteristics of wave around study area (Jan. ~ Sep. 2018) | 168 |
| Fig. 3-3-29. Time series characteristics of wave around study area (Jul. 2018) | 168 |
| Fig. 3-3-30. Monthly wave height around study area (source: monthly ocean weather report from KMA) | 169 |
| Fig. 3-3-31. Wind-rose map around study area. Jan. ~ Sep. 2018 (left), Jul. 2018 (right)(source : KMA, Ulgi AWS) | 169 |
| Fig. 3-3-32. Wind-rose map around study area. Jan. ~ Sep. 2018 (left), Jul. 2018 (right)(source : KMA, Ulsan ocean weather buoy) | 170 |
| Fig. 3-3-33. Survey stations around Seonam, Ulsan (source: google earth) | 171 |
| Fig. 3-3-34. Bathymetry map (a), hillshade map (b), slope map (c), aspect map (d) around Seonam, Ulsan | 172 |
| Fig. 3-3-35. Surface sediment mean size (left) and total organic carbon (right) distribution around Seonam, Ulsan | 172 |
| Fig. 3-3-36. Environment of seawater around Seonam, Ulsan | 174 |
| Fig. 3-3-37. Thematic map for environment of seawater around Seonam. From the first row, water temperature, salinity and dissolved oxygen distribution map | 175 |
| Fig. 3-3-38. Individuals of macrobenthos | 177 |
| Fig. 3-3-39. Total density (left) and biomass (right) distribution map of | |

| | |
|--|-----|
| macrobenthos | 177 |
| Fig. 3-3-40. Taxon density distribution map of macrobenthos | 177 |
| Fig. 3-3-41. Species density distribution map of macrobenthos (a: <i>Diogenes edwardsii</i> , b: <i>Aonides oxycephala</i> , c: <i>Siphonoecetes exolitus</i> , d: <i>Magelona japonica</i> , e: <i>Spiophanes bombyx</i> , f: <i>Micropodarke dubia</i> , g: Capitellidae sp. 1, h: Maldanidae sp. 1) | 178 |
| Fig. 3-3-42. Diversity index distribution map of macrobenthos | 179 |
| Fig. 3-3-43. Species of macrobenthos | 179 |
| Fig. 3-3-44. Species distribution map of macrobenthos (a: Total, b: Polychaete, c: Mollusca, d: Others) | 180 |
| Fig. 3-3-45. Total density distribution map of meiobenthos | 181 |
| Fig. 3-3-46. Nematodes (left) and harpacticoids (right) density distribution map of meiobenthos | 181 |
| Fig. 3-3-47. Total biomass (left) and taxon biomass (right) distribution map of meiobenthos | 181 |
| Fig. 3-3-48. Nematodes (left) and copepods (right) biomass distribution map of meiobenthos | 182 |
| Fig. 3-3-49. Taxons (left) and diversity index (right) distribution of meiobenthos | 182 |

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 필요성

제 2 절 연구개발 목표 및 내용

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 연구의 경제·사회 기술적 필요성

가. 기술적 측면

- 동해 연안을 대표하는 서식지는 크게 두 가지로 나뉘는데, 육지와 연이은 기저암반에서 직벽으로 떨어지는 서식지와 다른 하나는 사질(연성기질)에서 수중암반(경질기질)으로 이어지는 서식지가 있음. 그러나 현재까지의 연안생태계 연구에서 이러한 서식지와 생태계와의 연관성에 관한 연구는 거의 수행되지 않았음
- 그중, 해저 서식지(사질-수중암반)는 생물다양성이 매우 높으며, 직벽으로 떨어지는 서식지에 비하여 연구 접근성이 용이하다는 장점이 있음
- 한국해양과학기술원 동해연구소가 위치한 북위 37° 주변의 동해 중부연안은 동해 연안을 따라 북상하는 동한난류가 북쪽에서 남하하는 북한한류를 만나면서 연안으로 이안되는 지역으로 일종의 한·난류의 경계면으로 생물다양성이 매우 높은 해역이나, 해빈에 접한 연안 근접해역을 중심으로 한 연구는 매우 부족한 실정임
- 기후변화에 따른 해양의 수온과 해수면 상승은 연안역에서의 침식과 생태계 변화를 유발시키므로 중장기적인 해양환경변화에 대비하기 위해서는 우리나라 동해 연안에서 향후 나타날 수 있는 해양환경 및 생태계 변화, 그리고 연안 지형 및 퇴적환경 변화 등의 연구가 종합적인 차원에서 수행될 필요가 있음
- 동해 연안의 해양환경변화에 따른 해저 서식지(사질-수중암반) 생태계 특성의 변화를 분석하기 위하여 연속적인 연안생태계의 시계열 변화 분석이 필요함
- 해저(사질-수중암반) 생태계는 해양생물 다양성 보전 및 생물자원량 파악에 있어 해양생태계의 변화를 감시하고 피해를 예방하는데 필수적임
- 동해 연안의 침식 취약해역인 해빈(사질 해안)에는 사구식물 군락이 대규모로 발달한 지역이 많으며, 퇴적물 표면이나 내부에 굴을 파고 살아가는 대형저서생물과 보다 작은 생물인 선형동물, 저서성 요각류 등의 다양성이 높은 간극생물도 높은 밀도로 서식하여, 침식 대응 서식생물의 변동 영향에 대한 모니터링이 요구됨
- 국외의 경우 해저 서식지(사질-수중암반)에 대해 멀티빔을 활용한 정밀 해저지형 결과와 후방산란강도에 의하여 도시되는 해저면 영상과의 상관성 연구가 진행되고 있으나 국내

에서는 구체적인 연구가 진행된 바 없음

나. 경제·산업적 측면

- 연안은 지구상에서 가장 생산성이 높은 생태계를 가진 공간이며, 전 세계 인구의 40%, 세계 50대 도시의 2/3가 연안에 위치하고 있어 인간생활과 직접적인 관련을 맺고 있는 경제·산업적으로 중요한 공간이기 때문에 체계적인 관리가 필요함
- 연안은 연안가두리, 정치망, 해조류 채취 등 다양한 수산업 활동이 이루어지는 곳으로 연안 생태환경 연구는 국가적 차원의 경제, 산업적 측면에서도 중요함
- 연안은 중요 기간산업 및 인구가 집중된 지역으로 경제활동이 활발하여 자연적/인공적 환경변화 요인이 많음. 특히 연안 생태를 비롯한 해양환경은 이러한 요인으로 인하여 중요도에 비하여 많은 조사가 이루어지지 않았음
- 연안 생물의 생육장으로 중요한 동해안의 해빈 주변 중·소하천 하구와 수중 암반 생태계는 연안역의 개발에 따라 그 생태적 기능과 구조가 가장 먼저 영향을 받고 있기 때문에 효과적인 분석과 관리 연구가 시급한 실정임
- 동해안에 발달되어 있는 중·소하천 하구 및 해조류가 무성한 수중 암반의 경우, 연안 생물의 생육장으로 수산자원의 보전 측면에서 그 가치가 매우 중요한 지역임. 그러나 연안역의 개발과 호안 및 방파제 건설 등으로 자연적인 해안이 변하여 이들의 상대적 기능과 구조에 영향을 미치고 있으며, 그 범위도 점차 확대되고 있기 때문에 이를 효과적으로 평가하고 관리하는 연구가 절실히 시급한 실정임
- 환경생태지도화(Eco-mapping)는 해양환경 변화나 오염으로 인한 연안생태계 피해 발생 시, 해양 생태계 복원에 필요한 신속한 정보 제공이 가능함

다. 사회·문화적 측면

- 우리나라에서 전체 시군구 중 78개(26개 시, 34개 군, 18개 자치구)가 연안에 위치하고 있고, 전 국토의 32%와 전 인구의 33%가 살고 있으며, 2030년에는 전 인구의 40%가 거주하고, 국내 총 생산의 50%를 생산할 것으로 전망되는 등 그 가치와 중요성이 나날이 부각되고 있음
- 연안 생태계의 변화를 지속적으로 모니터링하고 관리하는 것은 학문적·환경적 필요성 뿐만 아니라, 어업 및 관광업과 관련된 국민의 경제·사회·문화적인 측면에서 매우 중요함
- 연안 해역 관리 및 활용을 위한 연안의 복합적 환경정보가 필요함. 연안 개발, 오염원 유입, 발전소 가동 등에 따른 영향으로 연안 어획량 감소와 양식장 피해가 빈번해지면서

환경문제에 대한 인식이 매우 높아져, 1980년대부터 환경영향평가를 비롯한 연안환경에 대한 지속적인 조사가 수행되고 있지만, 통합적인 연안 생태계 변화 연구나 효과적인 생태계 모니터링 기술 및 연안 서식지의 건강도에 대한 환경평가기법에 대한 연구는 매우 부족한 실정임

- 연안역 관리법에서는 연안역 관리를 위하여 매 5년마다 대상 연안의 실태에 관한 기초 조사를 실시하도록 규정함. 그러나 5년마다 실시되는 단기간의 조사에 의해서 복합적이고 지속적인 환경변화에 따른 생태계 변동을 이해하기에 매우 부족하며, 종합적인 연안역의 해양환경 변화 특성 규명을 통하여 연안역 통합 관리의 모델 연구가 필요한 실정임
- 이미 일본, 러시아, 중국 등은 해양자원 및 생태계 정보파악과 구축에 많은 노력을 기울이고 있으나, 우리나라는 상대적으로 부족한 실정임

제 2 절 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 목표

본 연구는 동해 연안의 대표적 서식환경인 사질-수중암반 생태계를 대상으로 대표 연구거점(Model station)을 구축하고 환경생태지도화(Eco-Mapping) 연구기법(표준화 및 매뉴얼 제작)을 적용하여 대표 연구거점의 서식환경·서식생물 상호간의 특성을 파악하고자 하였다.

1차년도는 동해 북부 연안의 대표적 수중암반 지역인 강릉 십리바위를 대표 연구거점으로 설정하고 환경생태지도화 연구기법을 적용하여 종합적인 환경생태도(Eco-map)를 제작하였다. 2차년도는 동해 남부 연안의 대표적인 해수욕장에 위치한 울산 선암을 대표 연구거점으로 설정하고 1차년도와 동일한 연구기법을 통해 연구를 수행하였다. 본 연구를 통해 최종적으로 동해 북부(강릉), 중부(울진), 남부(울산) 연안의 대표 연구거점별 서식환경과 서식생물의 표준화된 연구결과를 확보하고 향후 기후변화 및 연안 생태계 변동과 관련된 연구를 위한 기반 구축을 목표로 연구를 수행하였다. 연구수행을 위한 연구방법 및 내용은 다음과 같다.

가. Eco-mapping 연구기법 개발 및 적용

- Eco-Mapping 연구기법 개발을 위한 각 연구 항목별 연구수행 방법 매뉴얼
 - 서식생물 및 서식환경 연구를 위한 각 분야별 연구수행 방법 표준화(매뉴얼 제작)
 - 표준화된 Eco-Mapping 연구기법을 활용하여 각 연구 거점별 일관된 결과물 확보
 - 효율적인 연안 환경생태도 제시

나. 동해 연안 서식지별 생물군 특성 분석

- 동해 북부(1차년도 강릉), 남부(2차년도 울산) 연안 사질-수중암반 서식생물 종 다양성 특성 및 분포 분석
 - 서식환경 유형별 해양생물의 생태특성 분석
 - 사질-수중암반 서식환경 유형별 해양생물의 종 다양성 조사
 - 수중암반 수중생태지도 및 서식지영상합성지도 작성
 - 우점 서식생물의 디지털이미지 및 동영상 확보
 - 우점 서식생물의 확증표본 확보 및 Inventory 구축
 - 해양생물 분포도 작성(서식지 유형별, 수심별, 2차원 주제도 작성)

- 동해 북부(1차년도 강릉), 남부(2차년도 울산) 연안 사질-수중암반 주변 대형 및 중형저서동물의 생태특성 분석
 - 조하대 사질-수중암반 혼재 해역의 대형 및 중형저서동물 군집특성 분석
 - 조사해역의 대형 및 중형저서동물 군집 분포 주제도 작성

다. 동해 연안 생태계 서식환경 특성 연구

- 동해 북부(1차년도 강릉), 남부(2차년도 울산) 서식지 주변 기본환경 특성 파악
 - Model station 주변의 정밀해저지형 및 해저면 영상 조사
 - 노출암의 드론 항공 영상 조사
 - 서식지의 지형 및 퇴적물 특성과 서식생물과의 상관성 분석
 - 정밀해저지형 영상과 서식지영상지도 합성을 통한 입체적 해저면 분석

라. 동해 연안 해역 자료 활용 정보생산

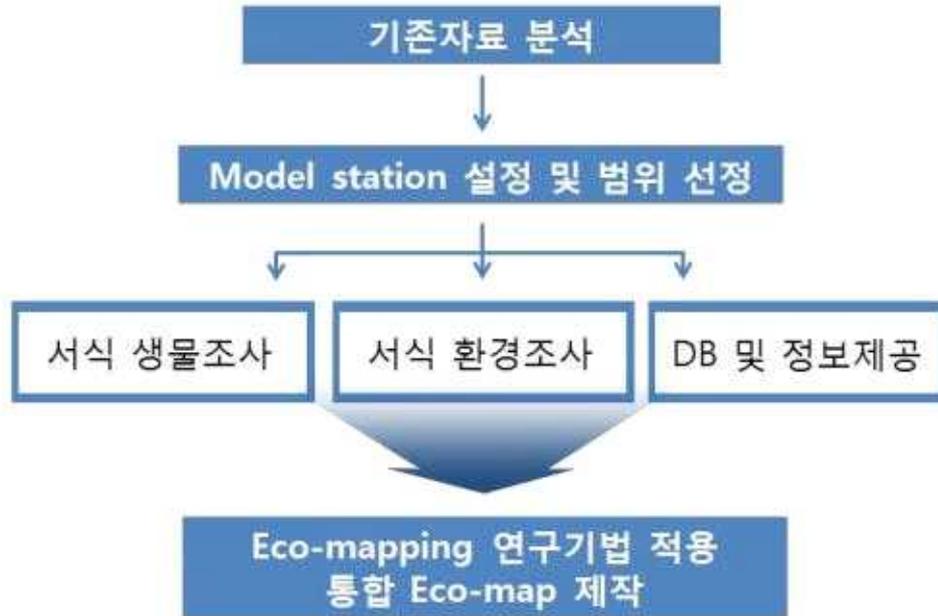
- 서식환경 및 서식생물 조사 자료의 DB 구축
- 다각적 서식환경/서식생물 주제도 작성
- 종합적인 연구결과의 가시화(Eco-Map 제작)

2. 연차별 연구개발 세부목표 및 내용

| 구분 | 세부목표 | 세 부 내 용 및 범 위 |
|----------------|---------------------------------|---|
| 1차년도 (2017) | • 동해 북부 연안(강릉) 서식지별 생물군 생태특성 분석 | <ul style="list-style-type: none"> • 사질-수중암반 서식환경 유형별 대형저서생물 종 다양성 조사 • 저서생물의 디지털이미지 및 동영상 확보 • 수중암반 서식지영상합성지도 작성 • 조하대 사질·암반 혼재 해역의 간극생물 군집 분석 • 사질/암반 해역 우점 저서생물 생태특성 파악 |
| | • 동해 북부 연안(강릉) 생태계 서식환경 특성 연구 | <ul style="list-style-type: none"> • 서식지 주변 정밀해저지형 및 해저면 영상 조사 • 서식지의 지형 및 퇴적물 특성과 서식생물과의 상관성 분석 |
| | • 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산 | <ul style="list-style-type: none"> • 서식환경/서식생물 자료 DB 구축 • 다각적 환경/생물 환경생태도 작성 |
| 2차년도 (2018) | • 동해 남부 연안(울산) 서식지별 생물군 생태특성 분석 | <ul style="list-style-type: none"> • 사질-수중암반 서식환경 유형별 대형저서생물 종 다양성 조사 • 저서생물의 디지털이미지 및 동영상 확보 • 수중암반 서식지영상합성지도 작성 • 조하대 사질·암반 혼재 해역의 간극생물 군집 분석 • 사질/암반 해역 우점 저서생물 생태특성 파악 |
| | • 동해 남부 연안(울산) 생태계 서식환경 특성 연구 | <ul style="list-style-type: none"> • 서식지 주변 정밀해저지형 및 해저면 영상 조사 • 서식지의 지형 및 퇴적물 특성과 서식생물과의 상관성 분석 |
| | • 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산 | <ul style="list-style-type: none"> • 서식환경/서식생물 자료 DB 구축 • 다각적 환경/생물 환경생태도 작성 |

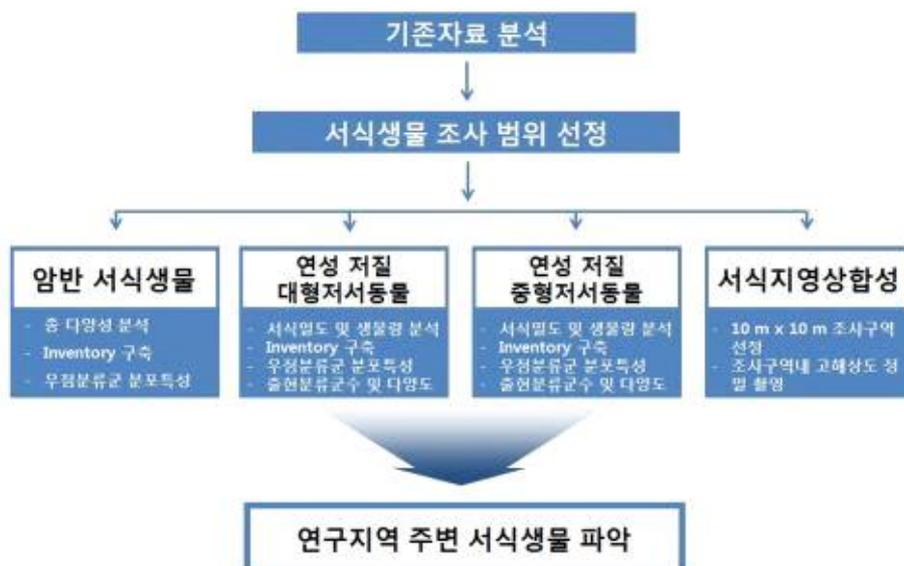
3. 연구 추진계획 및 수행 방법

가. 연구 추진계획



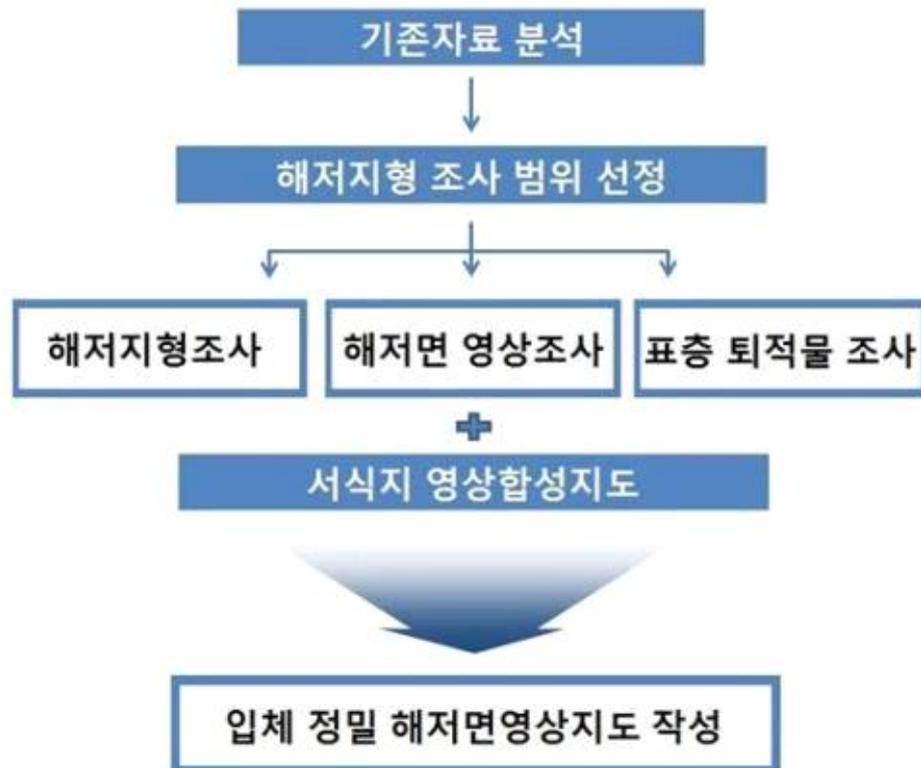
- 동해 연안 서식지별 생물군 생태특성 분석
- 동해 연안 생태계 서식환경 특성 연구
- 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산

나. 동해 연안 서식지별 생물군 생태특성 분석



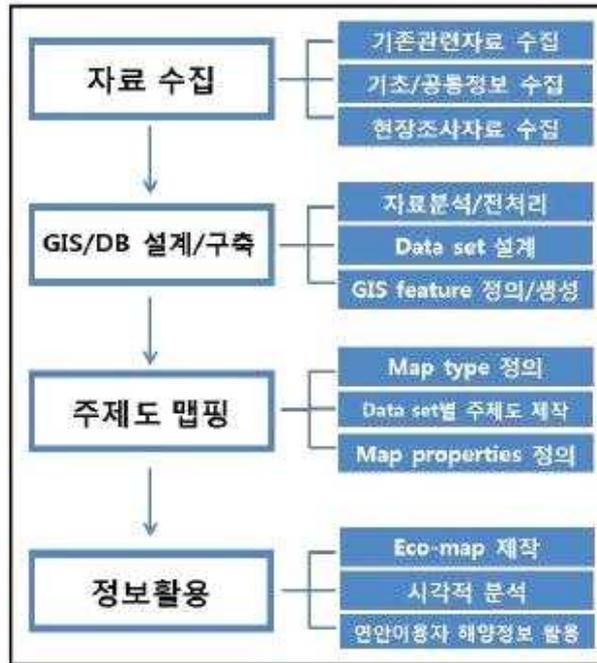
- 서식 환경 유형별 저서생물의 생태특성 분석
- 수중생태지도 작성
- 사질-수중암반 서식환경 유형별 대형저서생물 중 다양성 조사: 우점종, 서식밀도 등
- 우점 저서생물의 디지털이미지 및 동영상 촬영
- 대형 우점 저서생물 확증표본 확보 및 Inventory 구축
- 생물 분포도 작성(서식지 유형별, 수심별, 2차원 주제도 작성)
- 조하대 사질-수중암반 혼재 해역의 간극생물 군집특성 분석
- 조사해역의 간극생물 군집 분포 주제도 작성

다. 동해 연안 생태계 서식환경 특성 연구



- 대표 연구거점(Model station) 주변의 정밀해저지형 및 해저면 영상 조사
- 서식지의 지형 및 퇴적물 특성과 서식생물과의 상관성 분석
- 서식지영상지도 작성

라. 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산



- 서식환경 및 서식생물 조사자료의 DB 구축
- 다각적 서식환경/서식생물 환경생태도 작성

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 연구 동향

제 2 절 국외 연구 동향

제 3 절 연구 수행 내용 및 방법

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 연구 동향

1. 국립수산물과학원

- 국내 해양환경 측정망의 일환으로 연구 수행
- 전국 연안의 해양환경 실태 조사를 수행 중에 있음
- 연안보다는 광역을 중심으로 한 해역에서의 오염 모니터링을 목적으로 수행 중

2. 해양수산부

- 동해 연안역을 중심으로 한 환경과 생태계 관련 주요 연구 수행 중
- 울진 후포 주변의 “동서제주 바다 목장화 개발 연구”
- 왕돌초 해역의 다양성을 중심으로 한 “왕돌초 해역 해양생물 조사”, “해양생물다양성 보전 대책 연구” 등 수행
- 단편적인 연구에 그쳤으며, 연안 해양환경을 동시에 조사를 하여 정량적인 분석과 상관성 연구를 한 사례는 전무함

3. 국립해양조사원

- 연안환경도 작성
- 기본적인 현황 조사이며, 수심 측량 등의 단편적인 지형도 작성에 국한되어 있음
- 주요 항만에 대하여 기본적인 지형도 작성을 위한 조사는 수행되고 있으나, 생태 환경과 관련한 조사 및 연구는 수행되지 않고 있음

4. 한국해양과학기술원

- 무인도서의 체계적 유지/관리를 위해 효과적인 과학적 시스템 구축
- 지질, 지형환경, 물리환경, 기초 생태계 특성, 서식 수중생물 등의 기본 자료를 획득하여 서식지 맵핑을 기반으로 장기 생태계모니터링을 위한 기틀 마련
- 1단계 사업 종료로 인하여 ‘benthic habitat mapping’ 기법의 초안만이 만들어졌을 뿐

지형/지질자료와 생태환경과의 상관성에 대한 연구는 수행되지 못하였음

- 독도의 해저지형, 지질 연구, 주변 수중 생태계 진단 결과 등을 결합한 서식지 맵핑을 통해 독도 연안역을 중심으로 한 해양 생태계 보전 관련 국가적 관리 시스템 구축 및 정책 수립에 활용

제 2 절 국외 연구 동향

1. NOAA

- 해양 및 연안 자원 관리국 등과 오레곤 대학 등 미국의 연구기관들은 국가 연안역 관리 효율성 연구(National Coastal Zone Management Effectiveness: CZME)사업을 수행하고 있음
- NOAA Coastal Services Center의 Humboldt Bay의 저서생태계 지도화를 수행 중에 있으며 이는 생태계 기반의 연안관리 등에 큰 활용 가치가 있음
- Humboldt Bay는 캘리포니아 북쪽의 폐쇄성 만으로 100종의 어류, 200종의 물새 그리고 수십만 마리의 철새가 서식하는 지역으로 인근 도시가 발달하면서 개발 압력도 상존하고 있음
- 서식지 손실, 생물다양성의 훼손과 환경파괴, 해수면 상승으로 인한 해안가의 취약성 증가 등이 문제시 되고 있음
- 이러한 문제해결을 위해 각종 자료를 활용하고 있는데 자료의 활용은 서식지 보전, 기후변화적응 등에 도움을 줄 수 있고, 특히 갯벌의 저서생태계를 구분하여 지도화 함으로써 복원사업 및 연안관리에 큰 기여를 함

2. 해양대기청

- Coastal services center(<http://www.csc.noaa.gov/>)를 운영하여 기술, 정보, 연안관리 전략 등을 공유하고 있음
- 연안역 관리에 있어서 Tampa Bay, San Francisco Bay, Chesapeake Bay, Boston 내항 및 외항 해역 등을 대상으로 한 종합적인 연구를 수행하고 있고, 현재 실시간 예측 시스템을 구축하여 운용하고 있으며 최근에는 생태모델링의 도입이 보고되고 있음

3. 유럽연합의 Habitat mapping

- Habitat mapping에 필요한 퇴적물과 지형에 대한 표준화 시도를 2009년부터 수행하여 매뉴얼 초안을 발간하였음
- 연안역에서 일어나는 각종 프로세스 연구들을 활발히 수행중
- 자연적·인공적 대기 침적이 해양표층 영양염 변동 및 생물생산량에 미치는 영향, 기후변동에 따른 해수면 상승에 의한 연안 취약성 평가, 지중해 연안에서 일어나는 생지화학

변화, 용존산소 고갈 모니터링, 연안 물질순환 및 모델링 등의 연구를 수행하였거나 수행중임

- MESH (Mapping European Seabed Habitat)등과 같은 대규모의 체계적인 habitat mapping 프로젝트가 지속적으로 수행되고 있으며, habitat mapping 기법들에 대한 매뉴얼을 발간하였음
- 영국 런던의 The Marine Environmental Mapping Programme (MAREMAP)의 서식지 맵핑, 연안 및 암초 퇴적물 변동 및 해양환경에 있어 인간 및 지질재해에 따른 평가 진행
- 최신 기후모형을 사용하여 전 세계 해양에서 공급하는 먹이의 양적 변화를 예측하고 이를 이용하여 전 지구 해양생물에 대한 데이터베이스에서 추정된 생체량과의 관계를 구해 해양생물 변화에 대한 전망이 해역에 따라 다르지만 주로 줄어들 것으로 판단되고 생물의 크기도 줄 것으로 전망함

제 3 절 연구 수행 내용 및 방법

| 년 차 | 연구/사업의 수행내용 | 구체적인 수행방법 |
|----------------|--|---|
| 1차년도 (2017) | 동해 북부 연안 (강릉)서식지별 생물군 생태특성 분석 | <ul style="list-style-type: none"> · 동해 북부 연안(강릉) 서식지별 생물군 생태특성 분석 - 사질-수중암반 서식환경 유형별 조사를 통한 대형저서생물 종 다양성 연구 - 저서생물의 서식특성 연구를 위한 디지털이미지 및 동영상 확보 - 수중생태지도 작성 - 수중암반 서식지영상지도 작성 - 조하대 사질-수중암반 혼재 해역의 간극생물 군집 분석 - 사질-암반 해역 서식 우점 저서생물 생태특성 파악 |
| | 동해 북부 연안 (강릉) 생태계 서식환경 특성 연구 | <ul style="list-style-type: none"> · 동해 북부 연안(강릉) 생태계 서식환경 특성 연구 - 서식지의 정밀해저지형 및 해저면 영상 조사 - 서식지의 해저지형 및 퇴적물 특성과 서식생물과의 상관성 분석 |
| | 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산 | <ul style="list-style-type: none"> · 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산 - 서식환경/서식생물 자료 DB 구축 - 동해 연안 해역 연구 매뉴얼 작성 - 다각적 서식환경/서식생물 환경생태도 작성 |

| 년 차 | 연구/사업의 수행내용 | 구체적인 수행방법 |
|----------------|--|---|
| 2차년도 (2018) | 동해 남부 연안 (울산)서식지별 생물군 생태특성 분석 | <ul style="list-style-type: none"> · 동해 남부 연안(울산) 서식지별 생물군 생태특성 분석 - 사질-수중암반 서식환경 유형별 조사를 통한 대형저서생물 종 다양성 연구 - 저서생물의 서식특성 연구를 위한 디지털이미지 및 동영상 확보 - 수중생태지도 작성 - 수중암반 서식지영상지도 작성 - 조하대 사질-수중암반 혼재 해역의 간극생물 군집 분석 - 사질-암반 해역 서식 우점 저서생물 생태특성 파악 |
| | 동해 남부 연안 (울산) 생태계 서식환경 특성 연구 | <ul style="list-style-type: none"> · 동해 남부 연안(울산) 생태계 서식환경 특성 연구 - 서식지의 정밀해저지형 및 해저면 영상 조사 - 서식지의 해저지형 및 퇴적물 특성과 서식생물과의 상관성 분석 |
| | 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산 | <ul style="list-style-type: none"> · 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산 - 서식환경/서식생물 자료 DB 구축 - 동해 연안 해역 연구 매뉴얼 작성 - 다각적 서식환경/서식생물 환경생태도 작성 |

제 3 장 연구결과

제 1 절 동해 연안 서식지별 생물군 특성 분석

제 2 절 동해 연안 생태계 서식환경 특성 연구

제 3 절 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산

제 3 장 연구결과

제 1 절 동해 연안 서식지별 생물군 특성 분석

1. 동해 북부 연안(강릉) 서식환경 유형별 해양생물의 종 다양성 조사

가. 조사 방법

동해 북부 연안의 대표적인 사질-수중암반 서식지인 강릉 십리바위를 대표 연구거점 (Model station)으로 설정하고 십리바위를 중심으로 약 500 m x 500 m를 조사구역으로 선정하였다. 십리바위 주변 수중암반에 서식하는 다양한 생물들을 대상으로 종 다양성 조사와 수중생태지도 및 서식지영상지도 제작을 목적으로 수중과학잠수 조사를 수행하였다. 2017년 7월 17일 강릉 십리바위 주변 면적 10 m x 10 m 구역에서 수중과학잠수 조사를 통한 서식지영상지도를 제작하고 수중생태계를 보다 가시화하기 위해 수중생태지도를 제작하였다. 그리고 수중영상과 정성 채집을 통해 십리바위 주변 암반 서식생물의 종다양성 조사를 수행하여 inventory를 구축하였다. 동해 북부 연안 강릉 십리바위 주변의 조사구역은 그림 3-1-1과 같다.



그림 3-1-1. 연구 범위 설정

나. 결과 및 토의

1) 서식환경 유형별 해양생물 생태특성 분석

동해 북부 연안 강릉 십리바위 남쪽(면적 909 m²)에서 출현한 무척추동물은 총 34종 79개체가 출현하였다. 그 중 절지동물 14종, 연체동물 10종 순으로 가장 높은 출현을 나타냈다(그림 3-1-2). 절지동물은 주로 따개비류(조무래기따개비, 거북손), 십각류(바위게) 등이 높은 출현을 나타냈으며, 연체동물은 밤고둥, 두드럭배말, 굽은줄격판담치 등이 높은 출현을 나타냈다.

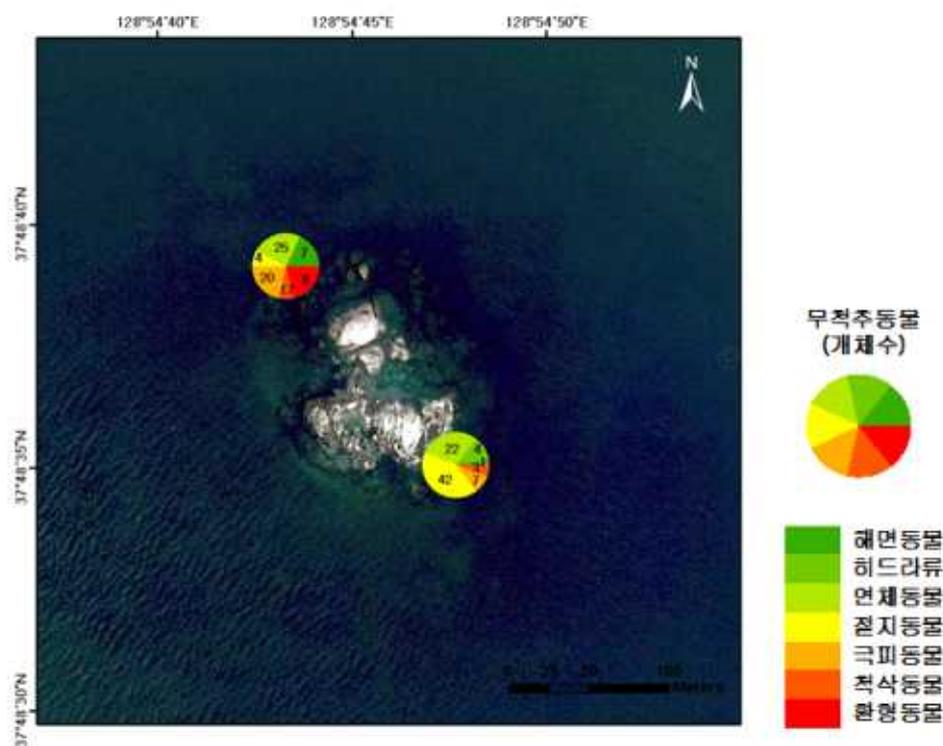


그림 3-1-2. 강릉 십리바위 주변 무척추동물의 출현 개체수

십리바위 주변 서식지영상합성지도 제작을 위한 조사구역(면적 10 m x 10 m)에서는 총 38종 81개체가 출현하였으며, 그 중 연체동물이 9종으로 가장 높은 출현을 나타내었고, 십리바위 남쪽 지역과는 달리 분류군별로 균등하게 출현하는 경향을 나타냈다. 동해지방해양항만청에서 보고한 2009년 강원도 무인도서 실태조사 및 관리유형 지정방안 마련 연구에서 출현한 무척추동물은 34종으로 기존 연구결과와 비교하여 본 연구와 유사한 무척추동물이 출현하는 것으로 나타났다(그림 3-1-3).

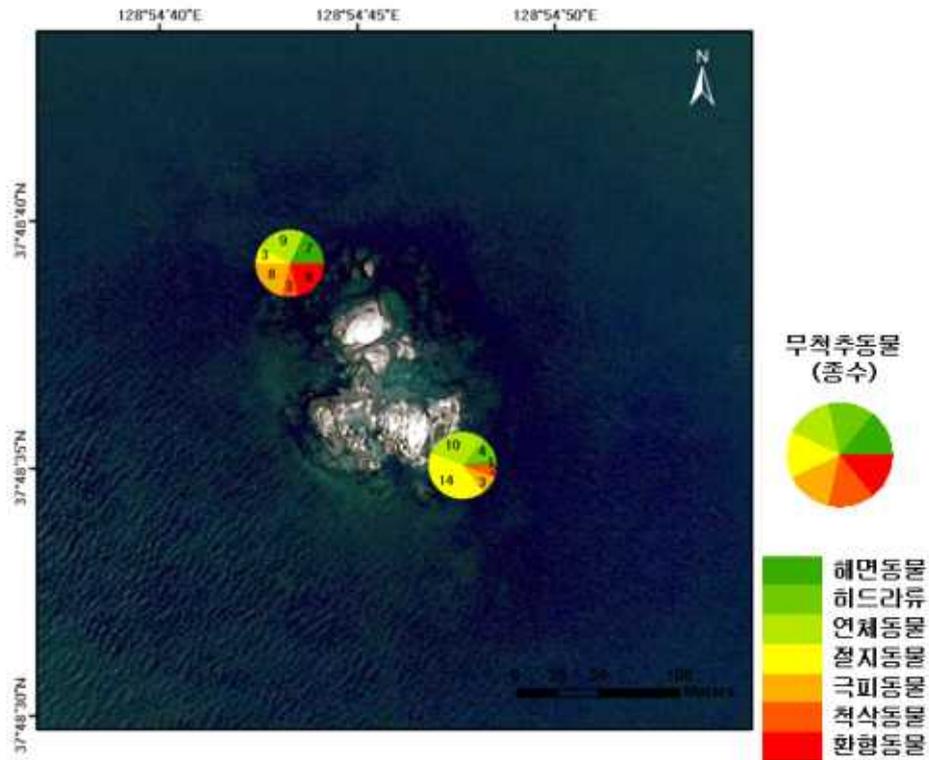
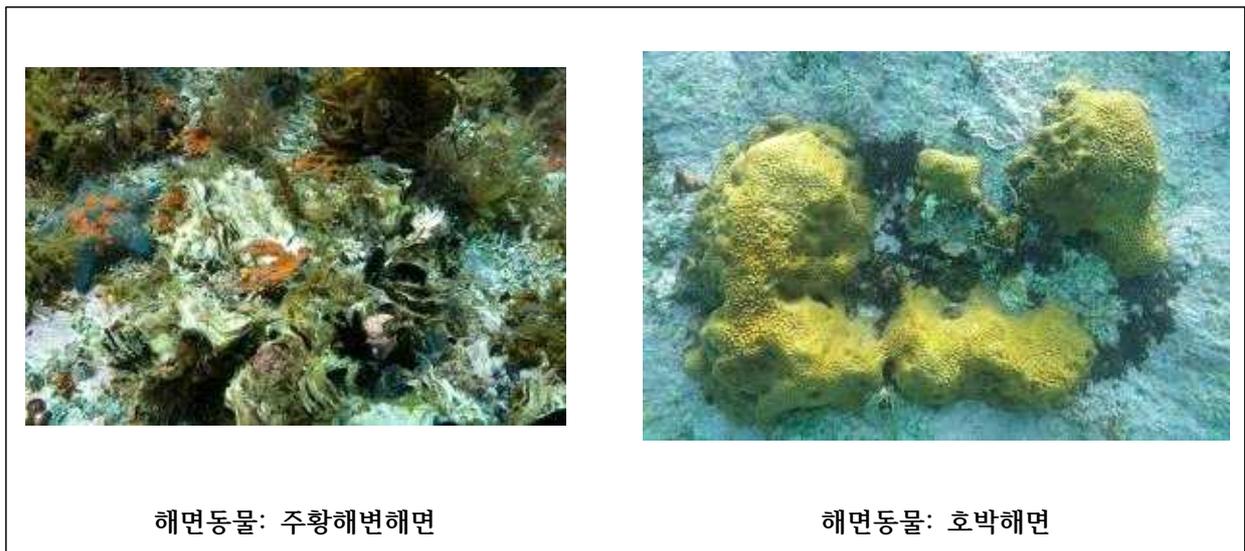


그림 3-1-3. 강릉 십리바위 주변 무척추동물의 출현종수

십리바위(십리바위 남쪽 면적 909 m²)과 십리바위 주변(십리바위 북쪽 면적 10 m x 10 m)에서 출현한 해양생물(무척추동물, 해조류)의 주요 우점분류군에 대한 수중생태사진 획득은 수중생태지도 제작 및 수중생태계에 대한 유용한 자료로 활용될 것으로 예상된다. 강릉 십리바위 주변에 서식하는 생물의 생태사진은 그림 3-1-4와 같다.



해면동물: 주황해변해면

해면동물: 호박해면

그림 3-1-4. 강릉 십리바위 주변 서식생물 생태사진



해면동물: 황록해변해면



자포동물: 갈색꽃해변말미잘



자포동물: 검정꽃해변말미잘



자포동물: 풀색꽃해변말미잘



자포동물: 섬유세닐말미잘



자포동물: 해변말미잘

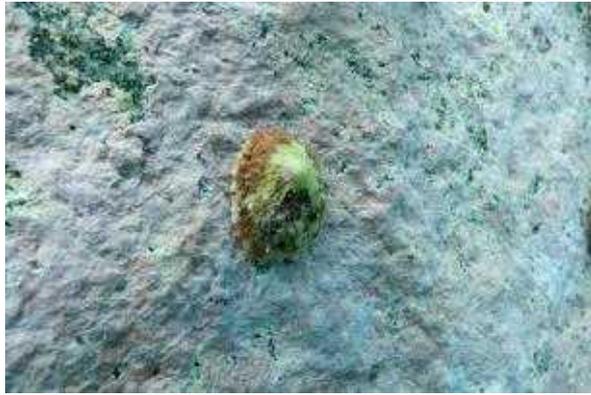


연체동물: 둥근전복



연체동물: 두드럭배말

그림 3-1-4. 강릉 십리바위 주변 서식생물 생태사진(계속)



연체동물: 흰삿갓조개



연체동물: 밤고둥



연체동물: 대수리



연체동물: 굴



연체동물: 고랑가리비



연체동물: 굵은줄격판담치



연체동물: 지중해담치



연체동물: 홍합

그림 3-1-4. 강릉 십리바위 주변 서식생물 생태사진(계속)



연체동물: 군소



환형동물: 명주실타래갯지렁이



환형동물: 우산석회관갯지렁이



절지동물: 바위게



절지동물: 무늬발게



절지동물: 거북손



절지동물: 갯강구



절지동물: 빨강따개비

그림 3-1-4. 강릉 십리바위 주변 서식생물 생태사진(계속)



절지동물: 조무래기따개비



극피동물: 돌기해삼



극피동물: 둥근성게



극피동물: 말뚝성게



극피동물: 아무르불가사리



극피동물: 아펠불가사리



극피동물: 별불가사리



극피동물: 태평양애기별불가사리

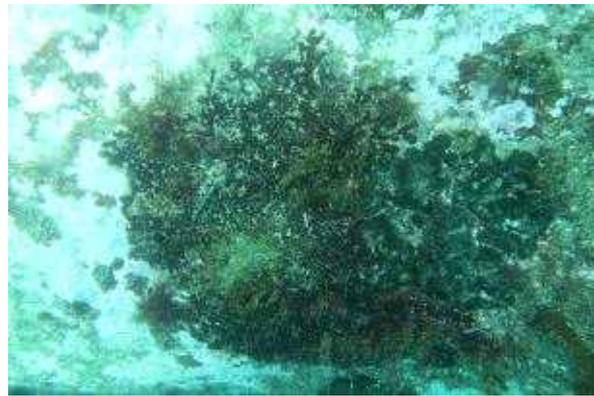
그림 3-1-4. 강릉 십리바위 주변 서식생물 생태사진(계속)



척삭동물: 미더덕



척삭동물: 우렁쟁이



척삭동물: 보라판명게



척삭동물: 흰덩이명게

그림 3-1-4. 강릉 십리바위 주변 서식생물 생태사진(계속)

2) 서식생물의 Inventory 구축

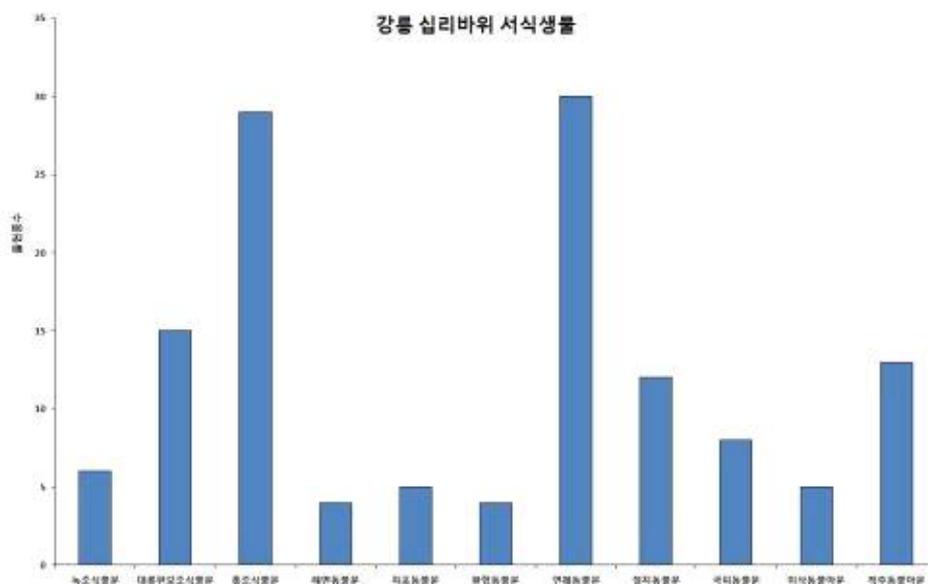


그림 3-1-5. 강릉 십리바위에 출현한 해양생물

동해 북부 연안 강릉 십리바위에서 출현한 해양생물의 Inventory 구축 결과 10문 131종이 출현하는 것으로 나타났다. 그중 연체동물문 30종, 홍조식물문 29종으로 가장 높은 출현을 나타냈으며, 과거연구결과(2009 강원도 무인도서 실태조사 및 관리유형 지정방안 마련 연구)와 본 연구결과에서 출현한 서식생물의 Inventory는 아래와 같다.

2017년 강릉 십리바위 주변 서식생물 List

동해 강릉 연안 십리바위 해양식물

Phylum Chlorophyta 녹조식물문

Class Chlorophyceae 녹조강

Order Cladophorales 대마디말목

Family Cladophoraceae 대마디말과

Genus *Cladophora* Kützing, 1845 염주말속

1. *Cladophora sakaii* Abbott, 1972 사카이대마디말

Cladophora sakaii: 동해지방해양항만청, 2009: 283; 한국해양과학기술원, 2017.

2. *Cladophora stimpsonii* Harvey, 1860 명주대마디말
Cladophora stimpsonii: 동해지방해양항만청, 2009: 283.

Family Bryopsidaceae 깃털말과

Genus *Bryopsis* Lamouroux, 1809 깃털말속

3. *Bryopsis plumosa* (Hudson) C. Agardh, 1823 참깃털말
Bryopsis plumosa: 동해지방해양항만청, 2009: 283.

Family Codiaceae 청각과

Genus *Codium* Stackhouse, 1797 청각속

4. *Codium arabicum* Kützinger, 1856 떡청각
Codium arabicum: 동해지방해양항만청, 2009: 283; 한국해양과학기술원, 2017.
5. *Codium fragile* (Suringar) Haroit, 1889 청각
Codium fragile: 동해지방해양항만청, 2009: 283; 한국해양과학기술원, 2017.

Order Ulvales 갈파래목

Family Ulvaceae 갈파래과

Genus *Ulva* Linnaeus, 1753 갈파래속

6. *Ulva australis* Areschoug, 1854 구멍갈파래
Ulva pertusa: 동해지방해양항만청, 2009: 283.
Ulva australis: 한국해양과학기술원, 2017.

Phylum Ochrophyta 대통편모조식물문

Class Phaeophyceae 갈조강

Order Ectocarpales 숨털목

Family Chordariaceae 민가지말과

Genus *Leathesia* Gray, 1821 바위두둑속

7. *Leathesia marina* (Lyngbye) Decaisne, 1842 바위두둑
Leathesia difformis: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Family Scytosiphonaceae 고리매과

Genus *Colpomenia* (Endlicher) Derbés et Solier in Castagne, 1851 블레기말속

8. *Colpomenia peregrina* Sauvageau, 1927 반질블레기말

Colpomenia peregrina: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Order Dictyotaceae 그물바탕말목

Family Dictyotaceae 그물바탕말과

Genus *Dictyota* Lamouroux, 1809 그물바탕말속

9. *Dictyota coriacea* (Holmes) Hwang et al., 2004 참가죽그물바탕말

Dictyota coriacea: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

10. *Dictyota dichotoma* (Hudson) Lamouroux, 1809 참그물바탕말

Dictyota dichotoma: 동해지방해양항만청, 2009: 284; 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Rugulopteryx* De Clerck & Coppejans, 2006 개그물바탕말속

11. *Rugulopteryx okamurae* (Dawson) Hwang et al., 2009 개그물바탕말

Dilophus okamurae: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Genus *Dictyopteris* Lamouroux, 1809 뼈대그물말속

12. *Dictyopteris pacifica* (Yendo) Hwang et al., 2004 참가시그물바탕말

Spatoglossum pacificum: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Genus *Spatoglossum* Kützing, 1843 가시그물바탕말속

13. *Spatoglossum crassum* Tanaka, 1991 황색가시그물바탕말

Spatoglossum crassum: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Order Laminariales 다시마목

Family Alariaceae 나래미역과

Genus *Undaria* Suringar, 1873 미역속

14. *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, 1873 미역

Undaria pinnatifida: 동해지방해양항만청, 2009: 284; 한국해양과학기술원, 2017.

Family Costariaceae 쇠미역과

Genus *Costaria* Greville, 1830 쇠미역속

15. *Costaria costata* (C. Agardh) Saunders, 1895 쇠미역/쇠미역사촌

Costaria costata: 동해지방해양항만청, 2009: 284; 한국해양과학기술원, 2017.

Family Laminariaceae 다시마과

Genus *Saccharina* Stackhouse, 1809 다시마속

16. *Saccharina japonica* (Areschoug) Lane et al., 2006 다시마
Laminaria japonica: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Order Fucales 모자반목, 말목

Family Sargassaceae 모자반과

Genus *Sargassum* Agardh, 1820 모자반속

17. *Sargassum confusum* C. Agardh, 1824 알송이모자반
Sargassum confusum: 한국해양과학기술원, 2017.
18. *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh, 1820 모자반
Sargassum fulvellum: 동해지방해양항만청, 2009: 284.
19. *Sargassum fusiforme* (Harvey) Setchell, 1931 툃
Hizikia fusiformis: 동해지방해양항만청, 2009: 284.
20. *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh, 1820 팽생이모자반
Sargassum horneri: 동해지방해양항만청, 2009: 284; 한국해양과학기술원, 2017.
21. *Sargassum yezoense* (Yamada) Yoshida & T. Konno, 1983 왜모자반
Sargassum yezoense: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Phylum Rhodophyta 홍조식물문

Class Florideophyceae 진정홍조강

Order Hildenbrandiales 분홍딱지목

Family Hildenbrandiaceae 분홍딱지과

Genus *Hildenbrandia* Nardo, 1834 분홍딱지속

22. *Hildenbrandia rubra* (Sommerfelt) Meneghini, 1841 진분홍딱지
Hildenbrandia rubra: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Order Corallinales 산호말목

Family Corallinaceae 산호말과

Genus *Corallina* Linnaeus, 1758 산호말속

23. *Corallina pilulifera* Postels & Ruprecht, 1840 작은구슬산호말
Corallina pilulifera: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Genus *Lithophyllum* Philippi, 1837 흑돌잎속

24. *Lithophyllum okamurae* Foslie, 1900 흑돌잎
Lithophyllum okamurae: 동해지방해양항만청, 2009: 284; 한국해양과학기술원, 2017.

Order Nemaliales 국수나물목

Family Liagoraceae 분홍국수말과

Genus *Nemalion* Duby, 1930 국수나물속

25. *Nemalion vermiculare* Suringar, 1874 참국수나물
Nemalion vermiculare: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Order Ceramiales 비단풀목

Family Ceramiaceae 비단풀과

Genus *Ceramium* Roth, 1797 비단풀속

26. *Ceramium paniculatum* Okamura, 1921 바늘비단풀
Ceramium paniculatum: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Family Dasyaceae 다홍풀과

Genus *Dasya* C. Agardh, 1824 다홍풀속

27. *Dasya collabens* Hooker & Harvey, 1845 깃가지다홍풀
Dasya collabens: 동해지방해양항만청, 2009: 285.

Genus *Dasysiphonia* I.K. Lee & J.A. West, 1980 분홍풀속

28. *Dasysiphonia japonica* (Yendo) H.-S. Kim, 2012 엇가지풀
Heterosiphonia japonica: 동해지방해양항만청, 2009: 285.
Dasysiphonia japonica: 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Heterosiphonia* Montagne, 1842 엇가지풀속

29. *Heterosiphonia pulchra* (Okamura) Falkenberg, 1901 털엇가지풀
Heterosiphonia pulchra: 동해지방해양항만청, 2009: 285.

Family Delesseriaceae 보라잎과

Genus *Acrosorium* Zanardini & Kützing, 1869 분홍잎속

30. *Acrosorium ciliolatum* (Harvey) Kylin, 1924 갈고리분홍잎
Acrosorium uncinatum: 동해지방해양항만청, 2009: 285.

Family Rhodomelaceae 빨간검등이과

Genus *Chondria* C. Agardh, 1817 개서실속

31. *Chondria crassicaulis* Harvey, 1860 개서실
Chondria crassicaulis: 동해지방해양항만청, 2009: 285; 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Laurencia* Lamouroux, 1813 서실속

32. *Laurencia intricata* Lamouroux, 1813 타래서실
Laurencia intricata: 동해지방해양항만청, 2009: 285.

Genus *Neosiphonia* M.S. Kim & I.K. Lee, 1999 새붉은실속

33. *Neosiphonia yendoi* (Segi) M.S. Kim & I.K. Lee, 1999 쇠털붉은실
Neosiphonia yendoi: 동해지방해양항만청, 2009: 285.

Genus *Symphyocladia* Falkenberg in Engler & Prantl, 1897 보라색우무속

34. *Symphyocladia latiuscula* (Harvey) Yamada, 1941 참보라색우무
Symphyocladia latiuscula: 동해지방해양항만청, 2009: 285.

Order Gelidiales 우뚝가사리목

Family Gelidiaceae 우뚝가사리과

Genus *Gelidium* Lamouroux, 1816 우뚝가사리속

35. *Gelidium amansii* (Lamouroux) Lamouroux, 1813 우뚝가사리
Gelidium amansii: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Order Gigartinales 돌가사리목

Family Endocladaceae 풀가사리과

Genus *Chondracanthus* Kützing, 1843 돌가사리속

36. *Chondracanthus intermedius* (Suringar) Hommersand, 1993 애기돌가사리
Chondracanthus intermedia: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Family Gigartinaceae 돌가사리과

Genus *Chondrus* Stackhouse, 1797 진두발속

37. *Chondrus ocellatus* Holmes, 1896 진두발

Chondrus ocellatus: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

38. *Chondrus pinnulatus* (Harvey) Okamura, 1930 깃꼴진두발

Chondrus pinnulatus: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Family Phylloporaceae 부챗살과

Genus *Ahnfeltiopsis* Silva et DeCew, 1992 좁쌀새기속, 부챗살속

39. *Ahnfeltiopsis flabelliformis* (Harvey) Masuda, 1993 부챗살

Ahnfeltiopsis flabelliformis: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Order Halymeniales 도박목

Family Halymeniaceae 지누아리과

Genus *Grateloupia* C. Agardh, 1822 지누아리속

40. *Grateloupia asiatica* Kawaguchi & Wang, 2001 지네지누아리

Grateloupia asiatica: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

41. *Grateloupia cornea* Okamura, 1913 붉은까막살

Prionitis cornea: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

42. *Grateloupia divaricata* Okamura, 1895 뼈지누아리

Grateloupia divaricata: 동해지방해양항만청, 2009: 284; 한국해양과학기술원, 2017.

43. *Grateloupia turuturu* Yamada, 1941 미끌도박

Grateloupia turuturu: 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Pachymeniopsis* Yamada & Kawabata, 1954 개도박속

44. *Pachymeniopsis lanceolata* (K. Okamura) Yamada & Kawabata, 1954 개도박

Grateloupia lanceolata: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Pachymeniopsis lanceolata: 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Polyopes* J. Agardh, 1849 까막살속

45. *Polyopes lancifolius* (Harvey) Kawaguchi & Wang, 2002 털지누아리

Polyopes lancifolius: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Order Peyssonneliales 바다표고목

Family Plocamiaceae 곱슬이과

Genus *Plocamium* Lamouroux, 1813 곱슬이속

46. *Plocamium telfairiae* (Hooker & Harvey) Harvey & Kützing, 1849 참곱슬이

Plocamium telfairiae: 동해지방해양항만청, 2009: 284; 한국해양과학기술원, 2017.

Order Rhodymeniales Schmitz 분홍치목

Family Champiaceae 사슬풀과

Genus *Champia* Desvaux, 1809 사슬풀속

47. *Champia parvula* (C. Agardh) Harvey, 1853 참사슬풀

Champia parvula: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Family Lomentariaceae 마디잘록이과

Genus *Lomentaria* Lyngbye, 1819 마디잘록이속

48. *Lomentaria hakodatensis* Yendo, 1920 애기마디잘록이

Lomentaria hakodatensis: 동해지방해양항만청, 2009: 284.

Family Rhodymeniaceae 분홍치과

Genus *Cryptarachne* (Harvey) Kylin, 1931 점액끈적이속

49. *Chrysomenia wrightii* (Harvey) Yamada, 1932 누른끈적이

Chrysomenia wrightii: 동해지방해양항만청, 2009: 284; 한국해양과학기술원, 2017.

Class Liliopsida 백합강

Family Zosteraceae 거머리말과

Genus *Phyllospadix* Hook, 1838 새우말속

50. *Phyllospadix japonica* Makino, 1897 게바다말

Phyllospadix japonica: 한국해양과학기술원, 2017.

동해 강릉 연안 십리바위 해양동물

Phylum Porifera 해면동물문

Class Demospongiae 보통해면강

Order Hadromerida 경해면목

Family Clionidae 호박해면과

Genus *Cliona* Grant, 1826

51. *Cliona celata* Grant, 1826 호박해면

Cliona celata: 한국해양과학기술원, 2017.

Order Halichondrida 해변해면목

Family Halichondriidae 해변해면과

Genus *Halichondria* Fleming, 1828 해변해면속

52. *Halichondria oshoro* (Tanita, 1961) 황록해변해면

Halichondria oshoro: 동해지방해양항만청, 2009: 281; 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Hymeniacidon* Bowerbank, 1861 주황해변해면속

53. *Hymeniacidon sinapium* de Laubenfels, 1930 주황해변해면

Hymeniacidon sinapium: 한국해양과학기술원, 2017.

Order Haplosclerida 단골해면목

Family Chalinidae 보라해면과

Genus *Haliclona* Grant, 1836 보라해면속

54. *Haliclona permollismilis* Hoshino, 1981 유사보라해면

Haliclona permollismilis: 한국해양과학기술원, 2017.

Phylum Cnidaria 자포동물문

Class Anthozoa 산호강

Order Actiniaria 해변말미잘목

Family Actiniidae 해변말미잘과

Genus *Actinia* Browne, 1756 해변말미잘속

55. *Actinia equina* Linne, 1767 해변말미잘

Actinia equina: 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Anthopleura* Duchassaing & Michelotti, 1860 꽃해변말미잘속

56. *Anthopleura japonica* Verrill, 1899 갈색꽃해변말미잘

Anthopleura japonica: 동해지방해양항만청, 2009: 281; 한국해양과학기술원, 2017.

57. *Anthopleura kurogane* Uchida & Muramatsu, 1958 김정꽃해변말미잘
Anthopleura kurogane: 한국해양과학기술원, 2017.

58. *Anthopleura midori* Uchida & Muramatsu, 1958 풀색꽃해변말미잘
Anthopleura midori: 한국해양과학기술원, 2017.

Family Metridiidae 섬유세닐말미잘과

Genus *Metridium* Oken, 1815 섬유세닐말미잘속

59. *Metridium senile* (Linne, 1767) 섬유세닐말미잘
Metridium senile: 한국해양과학기술원, 2017.

Phylum Annelida 환형동물문

Class Polychaeta 다모강

Family Arabellidae 홍점갯지렁이과

Genus *Arabella* Grube, 1850 홍점갯지렁이속

60. *Arabella iricolor* (Montagu, 1804) 홍점갯지렁이
Arabella iricolor: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Order Sabellida 꽃갯지렁이목

Family Sabellidae 꽃갯지렁이과

Genus *Pseudopotamilla* Bush, 1905 안점꽃갯지렁이속

61. *Pseudopotamilla ocellata* Moore, 1905 안점꽃갯지렁이
Pseudopotamilla ocellata: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Family Serpulidae 석회관갯지렁이과

Genus *Hydroides* Gunnerus, 1768 우산석회관갯지렁이속

62. *Hydroides ezoensis* Okuda, 1934 우산석회관갯지렁이
Hydroides ezoensis: 한국해양과학기술원, 2017.

Order Terebellida 유령갯지렁이목

Family Cirratulidae 실타래갯지렁이과

Genus *Cirriformia* Hartman, 1936 명주실타래갯지렁이속

63. *Cirriformia tentaculata* (Montagu, 1808) 명주실타래갯지렁이

Cirriformia tentaculata: 한국해양과학기술원, 2017.

Phylum Mollusca 연체동물문

Class Polyplacophora 다판강

Order Neoloricata 신군부목

Family Ischnochitonidae 연두군부과

Genus *Ischnochiton* Gray, 1847 연두군부속

64. *Ischnochiton comptus* (Gould, 1859) 연두군부

Ischnochiton comptus: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Family Mopaliidae 따가리과

Genus *Placiphorella* Carpenter in Dall, 1879 따가리속

65. *Placiphorella stimpsoni* (Gould, 1859) 따가리

Placiphorella stimpsoni: 동해지방해양항만청, 2009: 290.

Family Chitonidae 군부과

Genus *Acanthopleura* Guilding, 1829 군부속

66. *Acanthopleura japonica* (Lischke, 1873 in 1838-73) 군부

Liolophura japonica: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Family Acanthochitonidae 가시군부과

Genus *Acanthochitona* Gray, 1821 가시군부속

67. *Acanthochiton defilippii* (Tapparone-Canefri, 1874) 털군부

Acanthochiton defilippii: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Class Gastropoda 복족강

Order Archaeogastropoda 원시복족목

Family Haliotidae 전복과

Genus *Nordotis* Habe & Kosuge, 1964 둥근전복속

68. *Nordotis discus* (Reeve, 1846 in 1843-65) 둥근전복

Nordotis discus: 동해지방해양항만청, 2009: 281; 한국해양과학기술원, 2017.

Family Nacellidae 애기삿갓조개과

Genus *Cellana* H. Adams, 1869 진주배말속

69. *Cellana grata* (Gould, 1859 in 1859–61) 진주배말
Cellana grata: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

70. *Cellana toreuma* (Reeve, 1855 in 1843–65) 애기삿갓조개
Cellana toreuma: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Family Lottiidae Gray, 1840 두드럭배말과

Genus *Lottia* Gray, 1833 두드럭배말속

71. *Lottia dorsuosa* (Gould, 1859 in 1859–61) 두드럭배말
Collisella dorsuosa: 동해지방해양항만청, 2009: 281.
Lottia dorsuosa: 한국해양과학기술원, 2017.

72. *Lottia heroldi* (Dunker, 1861) 애기두드럭배말
Collisella heroldi: 동해지방해양항만청, 2009: 291.

Genus *Nipponacmaea* Sasaki & Okutani, 1993 배무래기속

73. *Nipponacmaea concinna concinna* (Lischke, 1870 in 1868–73) 둥근배무래기
Notoacmea concinna: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Family Acmaeidae 흰삿갓조개과

Genus *Acmaea* Eschscholtz in Rathke, 1833 흰삿갓조개속

74. *Acmaea pallida* (Gould, 1859 in 1859–61) 흰삿갓조개
Acmaea pallida: 동해지방해양항만청, 2009: 281; 한국해양과학기술원, 2017.

Family Trochidae 밤고등과

Genus *Chlorostoma* Swainson, 1840 밤고등속

75. *Chlorostoma lischkei* Tapparone-Canefri, 1874 밤고등
Chlorostoma argyrostoma lischkei: 동해지방해양항만청, 2009: 281.
Chlorostoma lischkei: 한국해양과학기술원, 2017.

76. *Chlorostoma xanthostigma* Adams, 1853 명주고등
Chlorostoma xanthostigma: 동해지방해양항만청, 2009: 291.

Genus *Monodonta* Lamarck, 1799

77. *Monodonta labio* Linnaeus, 1758 울타리고둥

Monodonta labio: 동해지방해양항만청, 2009: 291.

78. *Monodonta perplexa perplexa* Pilsbry, 1889 갯장각시고둥

Monodonta perplexa perplexa: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Genus *Umbonium* Link, 1807 in 1806-08

79. *Umbonium costatum* (Valenciennes in Kierner, 1838 in 1834-50) 바단고둥

Umbonium costatum: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Order Mesogastropoda 중복족목

Family Littorinidae 총알고둥과

Genus *Littorina* Férussac, 1822 총알고둥속

80. *Littorina brevicula* (Philippi, 1844) 총알고둥

Littorina brevicula: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Genus *Nodilittorina* Martens, 1879

81. *Nodilittorina exigua* (Dunker, 1860) 좁쌀무늬총알고둥

Granulolittorina exigua: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Family Vermetidae 뱀고둥과

Genus *Dendropoma* Mörch, 1861

82. *Dendropoma maximum* (Sowerby, 1825) 뱀고둥

Dendropoma maximum: 동해지방해양항만청, 2009: 281.

Order Neogastropoda 신복족목

Family Muricidae 뿔소라과

Genus *Nucella* Röding, 1798 옆주름고둥속

83. *Nucella heyseana* (Dunker, 1882) 옆주름고둥

Nucella freycineti: 동해지방해양항만청, 2009: 282.

Genus *Thais* Röding, 1798

84. *Thais bronni* (Dunker, 1860) 두드럭고둥

Reishia bronni: 동해지방해양항만청, 2009: 282.

85. *Thais clavigera* (Küster, 1858) 대수리
Reishia clavigera: 동해지방해양항만청, 2009: 282.
Thais clavigera: 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Ceratostoma* Herrmannsen, 1846 맵사리속

86. *Ceratostoma rorifluum* (Adams & Reeve, 1850 in 1848–50) 맵사리
Ceratostoma rorifluum: 동해지방해양항만청, 2009: 282.

Order Basommatophora 기안목

Family Siphonariidae 고랑딱개비과

Genus *Siphonaria* Sowerby I, 1823 고랑딱개비속

87. *Siphonaria japonica* (Donovan, 1824 in 1823–27) 고랑딱개비
Siphonaria japonica: 동해지방해양항만청, 2009: 282.

Order Anaspidea 무순목

Family Aplysiidae 군소과

Genus *Aplysia* Linnaeus, 1767 군소속

88. *Aplysia kurodai* Baba, 1937a 군소
Aplysia kurodai: 한국해양과학기술원, 2017.

Class Bivalvia 이매패강

Order Mytiloida 홍합목

Family Mytilidae 홍합과

Genus *Mytilus* Linnaeus, 1758 홍합속

89. *Mytilus coruscus* Gould, 1861 in 1859–61 홍합
Mytilus coruscus: 동해지방해양항만청, 2009: 282; 한국해양과학기술원, 2017.

90. *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 지중해담치
Mytilus galloprovincialis: 한국해양과학기술원, 2017, 000.

Genus *Septifer* Réluz, 1848 격판담치속

91. *Septifer virgatus* (Wiegmann, 1837) 굵은줄격판담치
Septifer virgatus: 동해지방해양항만청, 2009: 282; 한국해양과학기술원, 2017.

Order Ostreoida 굴목

Family Ostreidae 굴과

Genus *Crassostrea* Sacco, 1897 굴속

92. *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) 굴

Crassostrea gigas: 한국해양과학기술원, 2017.

Family Pectinidae Wilkes, 1810 가리비과

Genus *Chlamys* Röing, 1798 비단가리비속

93. *Chlamys swiftii* (Bernardi, 1858) 고랑가리비

Chlamys swiftii: 한국해양과학기술원, 2017.

Phylum Arthropoda 절지동물문

Class Pycnogonida 바다거미강

Order Pantopoda 바다거미목

Family Ammotheidae 접시바다거미과

Genus *Achelia* Hodge, 1864 애기손바다거미속

94. *Achelia bituberculata* Hedgpeth, 1949 등뿔족애기손바다거미

Achelia bituberculata: 동해지방해양항만청, 2009: 291.

Genus *Ammothea* Leach, 1814 술병부리바다거미속

95. *Ammothea hilgendorfi* (Böhm, 1879) 술병부리바다거미

Ammothea hilgendorfi: 동해지방해양항만청, 2009: 291.

Class Crustacea 갑각강

Order Thoracica 완흉목

Family Scalpellidae 부처손과

Genus *Pollicipes* Leach, 1817 거북손속

96. *Pollicipes mitella* (Linnaeus, 1758) 거북손

Pollicipes mitella: 동해지방해양항만청, 2009: 282; 한국해양과학기술원, 2017.

Family Chthamalidae 조무래기따개비과

Genus *Chthamalus* Ranzani, 1817 조무래기따개비속

97. *Chthamalus challengerii* Hoek, 1883 조무래기따개비

Chthamalus challenger: 동해지방해양항만청, 2009: 282; 한국해양과학기술원, 2017.

Family Balanidae 따개비과

Genus *Megabalanus* Hoek, 1913 빨강따개비속

98. *Megabalanus rosa* (Pilsbry, 1916) 빨강따개비

Megabalanus rosa: 한국해양과학기술원, 2017.

Order Isopoda 등각목

Family Idoteidae 주걱벌레과

Genus *Cleantiella* Richardson, 1912 갯주걱벌레속

99. *Cleantiella isopus* (Miers, 1881) 갯주걱벌레

Cleantiella isopus: 동해지방해양항만청, 2009: 282.

Genus *Idotea* Fabricius, 1798 주걱벌레속

100. *Idotea ochotensis* Brandt, 1851 북방주걱벌레

Idotea ochotensis: 동해지방해양항만청, 2009: 282.

Family Ligiidae 갯강구과

Genus *Ligia* Fabricius, 1798 갯강구속

101. *Ligia exotica* Roux, 1828 갯강구

Ligia exotica: 동해지방해양항만청, 2009: 282; 한국해양과학기술원, 2017.

Family Tylidae 갯쥐머느리과

Genus *Tylos* Audouin, 1826 갯쥐머느리속

102. *Tylos granuliferus* Budde-Lund, 1885 갯쥐머느리

Tylos granuliferus: 동해지방해양항만청, 2009: 291.

Order Decapoda 십각목

Family Porcellanidae 게불이과

Genus *Pachycheles* Stimpson, 1858 게불이속

103. *Pachycheles stevensii* Stimpson, 1858 게불이

Pachycheles stevensii: 동해지방해양항만청, 2009: 291.

Family Grapsidae 바위게과

Genus *Hemigrapsus* Dana, 1851 풀게속

104. *Hemigrapsus sanguineus* (De Haan, 1835) 무늬발게

Hemigrapsus sanguineus: 동해지방해양항만청, 2009: 282; 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Pachygrapsus* Randall, 1840 바위게속

105. *Pachygrapsus crassipes* Randall, 1840 바위게

Pachygrapsus crassipes: 동해지방해양항만청, 2009: 282; 한국해양과학기술원, 2017.

Phylum Echinodermata 극피동물문

Class Stelleroidea 불가사리강

Order Valvatida 연변목

Family Asterinidae 별불가사리과

Genus *Asterina* Nardo, 1834 별불가사리속

106. *Asterina pectinifera* Muller & Troschel, 1842 별불가사리

Asterina pectinifera: 동해지방해양항만청, 2009: 282; 한국해양과학기술원, 2017.

107. *Asterina pseudoexigua pacifica* Hayashi, 1977 태평양애기별불가사리

Asterina pseudoexigua pacifica: 한국해양과학기술원, 2017.

Order Forcipulata 차극목

Family Asteroiidae 불가사리과

Genus *Aphelasterias* Fisher, 1923 아펠불가사리속

108. *Aphelasterias japonica* (Bell, 1881) 아펠불가사리

Aphelasterias japonica: 동해지방해양항만청, 2009: 292; 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Asterias* Linnaeus, 1758 불가사리속

109. *Asterias amurensis* Lütken, 1871 아무르불가사리

Asterias amurensis: 한국해양과학기술원, 2017.

Class Echinoidea 성게강

Order Echinoida 성게목

Family Strongylocentrotidae 등근성게과

Genus *Hemicentrotus* Mortensen, 1942 말뚝성게속

110. *Hemicentrotus pulcherrimus* (A. Agassiz, 1863) 말뚝성게

Hemicentrotus pulcherrimus: 동해지방해양항만청, 2009: 282; 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Pseudocentrotus* Mortensen, 1903 분홍성게속

111. *Pseudocentrotus depressus* (A. Agassiz, 1863) 분홍성게

Pseudocentrotus depressus: 동해지방해양항만청, 2009: 282.

Genus *Strongylocentrotus* Brandt, 1835 등근성게속

112. *Strongylocentrotus nudus* (A. Agassiz, 1863) 등근성게

Strongylocentrotus nudus: 한국해양과학기술원, 2017.

Class Holothuroidea 해삼강

Order Aspidochirotida 준수목

Family Stichopodidae 돌기해삼과

Genus *Apostichopus* Liao, 1986 아포돌기해삼속

113. *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) 돌기해삼

Apostichopus japonicus: 한국해양과학기술원, 2017.

Phylum Chordata 척삭동물문

Subphylum Urochordata 미삭동물아문

Class Ascidiacea 해초강

Order Aplousobranchia 무관목

Family Didemnidae 흰덩이멍게과

Genus *Didemnum* Savigny, 1816 흰덩이멍게속

114. *Didemnum (Didemnum) moseleyi* (Herdman, 1886) 흰덩이멍게

Didemnum (Didemnum) moseleyi: 한국해양과학기술원, 2017.

Order Stolidobranchia Lahille, 1887 강새목

Family Botryllidae Verrill, 1871 판멍게과

Genus *Botrylloides* Milne Edwards, 1841 보라판멍게속

115. *Botrylloides violaceus* Oka, 1927 보라판멍게

Botrylloides violaceus: 한국해양과학기술원, 2017.

Family Styelidae 미더덕과

Genus *Styela* Fleming, 1822 미더덕속

116. *Styela clava* Herdmann, 1881 미더덕

Styela clava: 동해지방해양항만청, 2009: 282; 한국해양과학기술원, 2017.

Family Pyuridae 멍게과

Genus *Halocynthia* Verrill, 1879 멍게속

117. *Halocynthia hilgendorfi igaboja* (Oka, 1906) 이가보야개멍게

Halocynthia hilgendorfi igaboja: 동해지방해양항만청, 2009: 282.

118. *Halocynthia roretzi* (von Drasche, 1884) 우렁챙이(멍게)

Halocynthia roretzi: 한국해양과학기술원, 2017.

Subphylum Vertabrata 척추동물아문

Class Actinopterygii 조기강

Order Beloniformes 동갈치목

Family Hemiramphidae 학공치과

Genus *Hyporhamphus* Gill, 1859 학공치속

119. *Hyporhamphus sajori* (Temminck & Schlegel, 1846) 학공치

Hyporhamphus sajori: 한국해양과학기술원, 2017.

Order Scorpaeniformes 썸뱅이목

Family Scorpaenidae 양블락과

Genus *Hypodytes* Gistel, 1848 미역치속

120. *Hypodytes rubripinnis* (Temminck & Schlegel, 1843) 미역치

Hypodytes rubripinnis: 한국해양과학기술원, 2017.

Genus *Sebastes* Cuvier, 1829 불락속

121. *Sebastes schlegelii* Hilgendorf, 1880 조피불락

Sebastes schlegelii: 한국해양과학기술원, 2017.

Family Platycephalidae 양태과

Genus *Platycephalus* Bloch, 1795 양태속

122. *Platycephalus indicus* (Linnaeus, 1758) 양태

Platycephalus indicus: 한국해양과학기술원, 2017.

Family Hexagrammidae 쥐노래미과

Genus *Hexagrammos* Tilesius, 1810 쥐노래미속

123. *Hexagrammos agrammus* (Temminck & Schlegel, 1843) 노래미

Hexagrammos agrammus: 한국해양과학기술원, 2017.

Order Perciformes 농어목

Family Sillaginidae 보리멸과

Genus *Sillago* Cuvier, 1816 보리멸속

124. *Sillago sihama* (Forsskål, 1775) 보리멸

Sillago sihama: 한국해양과학기술원, 2017.

Family Carangidae 전갱이과

Genus *Trachurus* Rafinesque, 1810 전갱이속

125. *Trachurus japonicus* (Temminck & Schlegel, 1844) 전갱이

Trachurus japonicus: 한국해양과학기술원, 2017.

Family Kyphosidae 황줄감정어과

Genus *Microcanthus* Swainson, 1839 범돔속

126. *Microcanthus strigatus* (Cuvier, 1831) 범돔

Microcanthus strigatus: 한국해양과학기술원, 2017.

Family Embiotocidae 망상어과

Genus *Ditrema* Temminck & Schlegel, 1844 망상어속

127. *Ditrema temminckii* Bleeker, 1853 망상어

Ditrema temminckii: 한국해양과학기술원, 2017.

Order Pleuronectiformes 가자미목

Family Paralichthyidae 넙치과

Genus *Paralichthys* Girard, 1858 넙치속

128. *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel, 1846) 넙치

Paralichthys olivaceus: 한국해양과학기술원, 2017.

Order Tetraodontiformes 복어목

Family Monacanthidae 쥐치과

Genus *Thamnaconus* Smith, 1949 말쥐치속

129. *Thamnaconus modestus* (Günther, 1877) 말쥐치

Thamnaconus modestus: 한국해양과학기술원, 2017.

Family Tetratodontidae 참복과

Genus *Takifugu* Abe, 1949 참복속

130. *Takifugu niphobles* (Jordan & Snyder, 1901) 복섬

Takifugu niphobles: 한국해양과학기술원, 2017.

Class Aves 조강

Order Charadriiformes 도요목

Family Laridae 갈매기과

Genus *Larus* Linnaeus, 1758 갈매기속

131. *Larus canus* Linnaeus, 1758 갈매기

Larus canus: 한국해양과학기술원, 2017.

3) 수중암반 수중생태지도 및 서식지영상합성지도 작성

동해 북부 연안 강릉 십리바위 주변(십리바위 북쪽 면적 10 m x 10 m)에서 서식지의 구체적인 특징 및 가시화를 위해 수중암반 서식지영상합성지도를 제작하였다. 조사범위에서 수중과학잠수조사를 통해 약 900 ~ 1,200 여장의 고화질 이미지(2100만 화소급)를 합성하여 하나의 서식지영상합성지도를 제작하고 이를 정밀해저지형과 mapping하여 입체적인 서식지영상합성지도를 제작하였다. 또한 강릉 십리바위 주변의 수중생태계에 대한 사실적이고 구체적인 정보 제공을 목적으로 서식지영상지도를 제작한 지역의 수중생태지도를 제작하였다. 이를 통해 눈에 보이지 않는 수중생태계를 한 눈에 볼 수 있으며, 서식지에 대한 구체적인 정보를 확보하였다(그림 3-1-6 ~ 3-1-7).

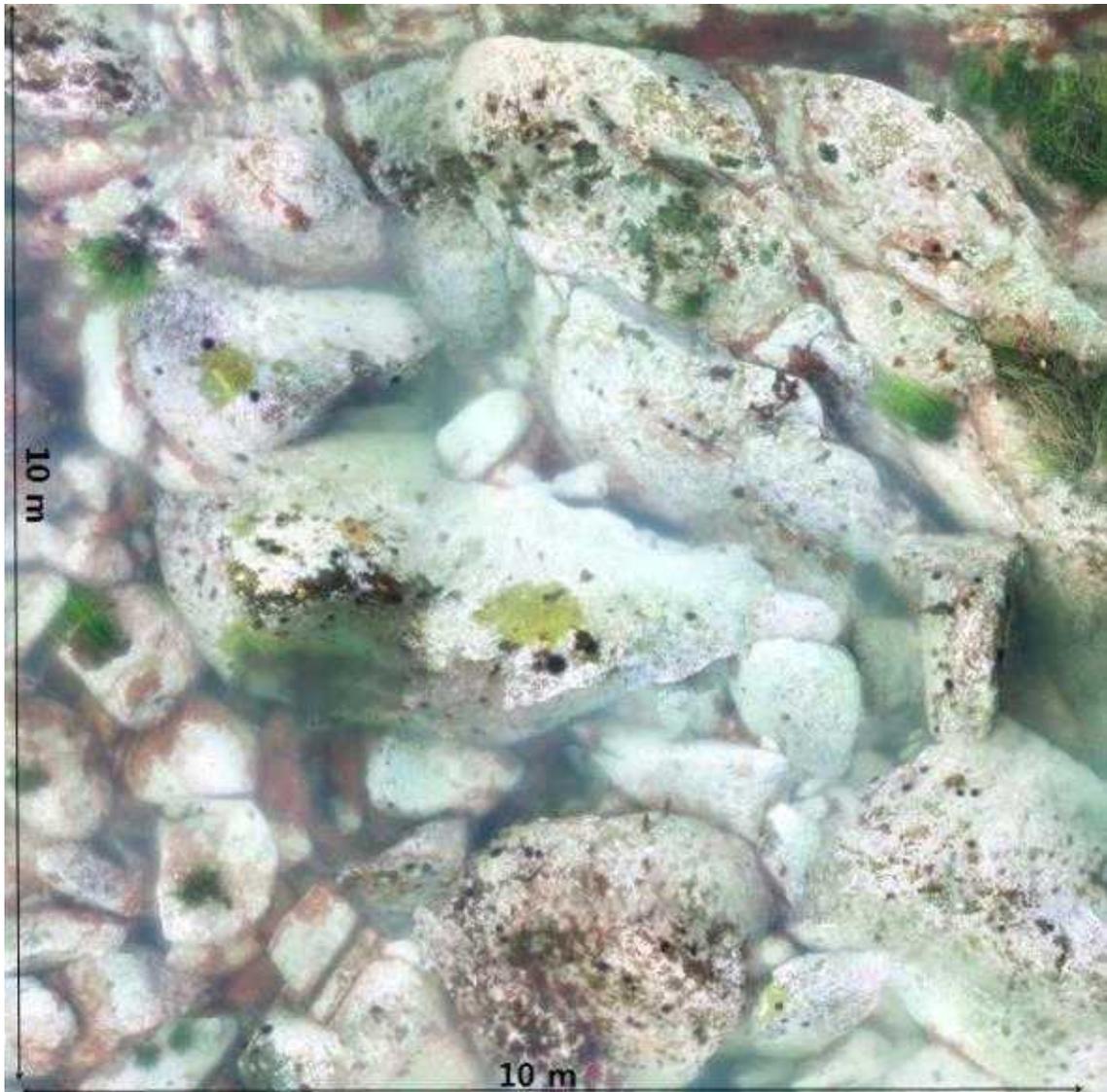


그림 3-1-6. 동해 북부 연안 강릉 십리바위 서식지영상합성지도 제작



그림 3-1-7. 동해 북부 연안 강릉 십리바위 수중생태지도 제작

2. 동해 북부 연안(강릉) 사질-수중암반 주변 대형 및 중형저서동물의 생태특성 분석

가. 동해 북부 연안(강릉) 사질-수중암반 주변 중형저서동물의 생태특성 분석

1) 조사 방법

동해 북부 연안의 대표적인 사질-수중암반인 강릉 십리바위 주변 중형저서동물의 생태특성을 조사하기 위하여, 각 정점별 Smith-McIntyre grab (0.1 m²)을 이용하여 2017년 7월 10개 정점에서 퇴적물 시료를 채집하였다(그림 3-1-8). 채집된 퇴적물은 선상에서 syringe core(10 cm³)를 이용하여 3개의 부시료를 확보하고 5 % 중성포르말린으로 고정된 후 현장에서 연구실로 운반하였다. 운반되어진 시료는 실험실에서 1 mm 체를 통과하고 37 μ m 체에 남겨진 시료를 silica-gel Ludox HS-40에 넣어 원심분리 하여 밀도차이에 의한 생물 분리 방법을 통해 중형저서동물을 퇴적물과 분리하였다(Robert Burgess, 2001). 퇴적물과 분리된 중형저서동물은 각 크기의 체(500 μ m, 250 μ m, 125 μ m, 63 μ m, 37 μ m)로 크기별로 걸러내어 해부현미경 하에서 계수하였고, 광학현미경 하에서 동정, 분류하였다. 생체량 분석은 Shirayama(1983)의 중형저서동물의 주요 분류군별 개체당의 ash free dry weigh(μ g) 환산값을 사용하였다. 각 정점의 군집 다양도를 평가하기 위하여 풍부도(Richness), 균등도 지수(Evenness Index), 다양도 지수(Diversity Index)는 Shannon and Wiener (1963)에 의하여 구하였다. 또한 중형저서동물의 환경특성과 군집특성간의 상관관계를 파악하고자 출현분류군수, 서식밀도, 생체량, 종 다양도 값과 환경특성(Temperature, Salinity, pH, DO, TOC, 평균입도)값을 이용하여 비모수 통계기법(non-parametric)인 spearman rank correlation coefficient를 사용하여 상관성 분석을 실시하였다(SPSS ver. 12.0).

중형저서동물의 서식에 영향을 주는 수층환경(수온, 염분, DO 등)은 생물채집과 동시에 현장에서 CTD를 이용하여 측정하였으며, 저서환경(퇴적물 입도, 유기물 등)은 상자형시료채취기에서 소량의 퇴적물을 채취한 후, 총유기탄소량(TOC)과 퇴적물입도 분석을 위해 냉동보관하여 실험실로 운반하였다.

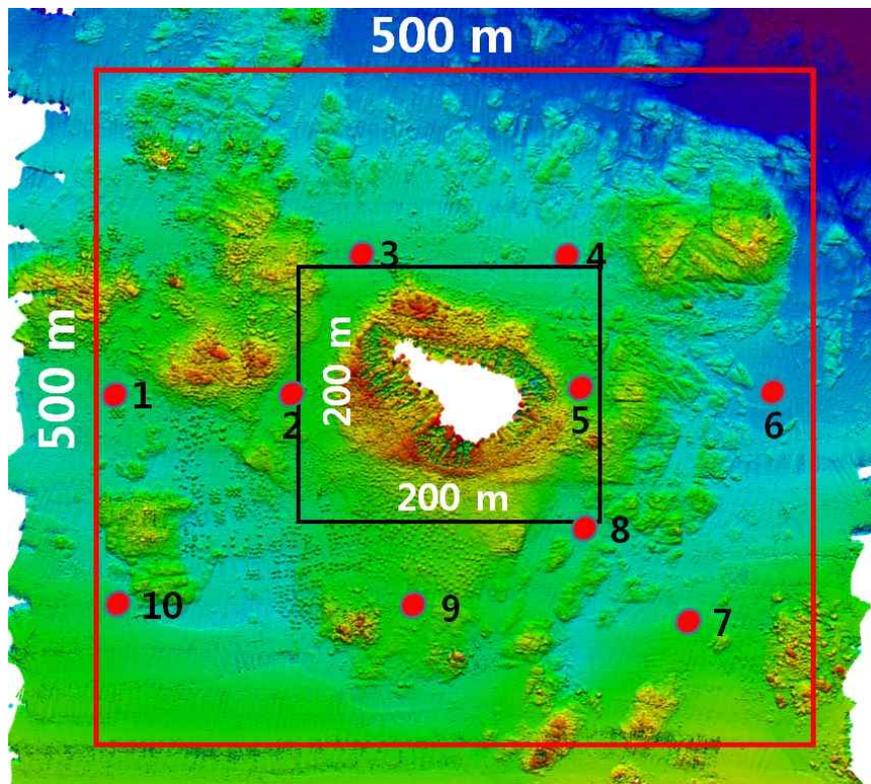
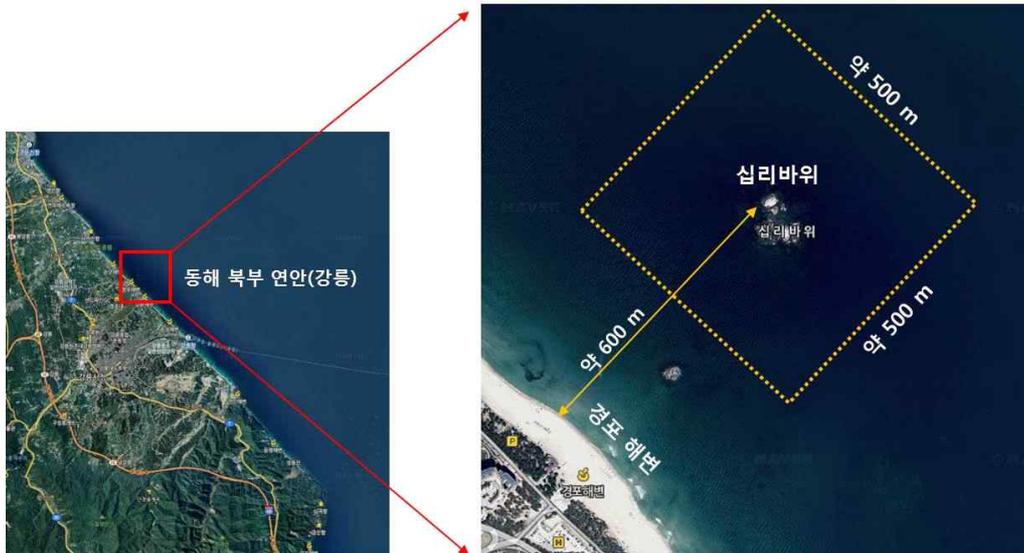


그림 3-1-8. 연구범위내 대형/중형저서동물 조사정점

2) 결과 및 토의

가) 동해 북부 연안 강릉 십리바위 주변 연성저질의 저서환경

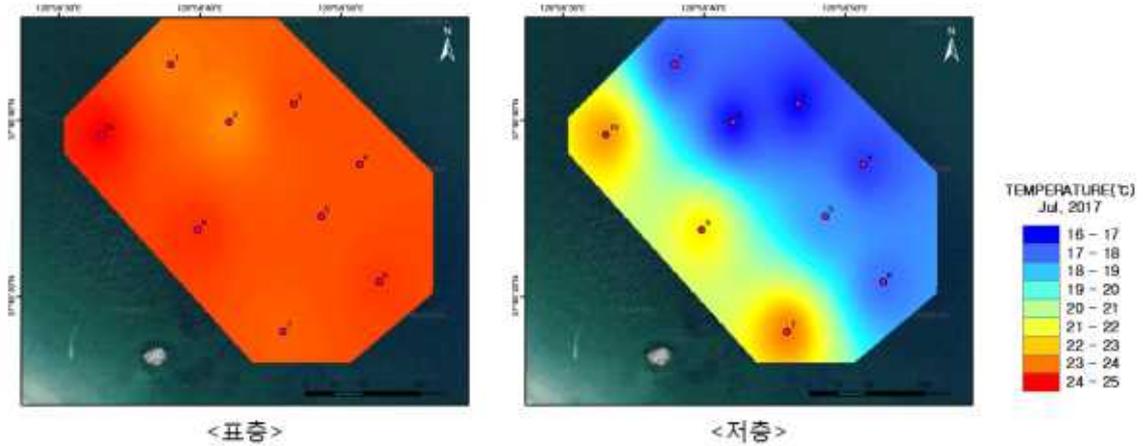


그림 3-1-9. 조사정점별 표층과 저층의 수온분포

동해 북부 강릉 십리바위 주변의 7월 표층수온은 연구지역에서 24 ~ 25 °C 분포를 나타냈으며, 저층수온은 연안에 인접한 지역은 21 ~ 24 °C 분포를 나타낸 반면 십리바위 동쪽으로 갈수록 수온이 16 ~ 19 °C 분포를 나타내어 두 지역 간의 저층 수온이 큰 차이를 나타냈다(그림 3-1-9).

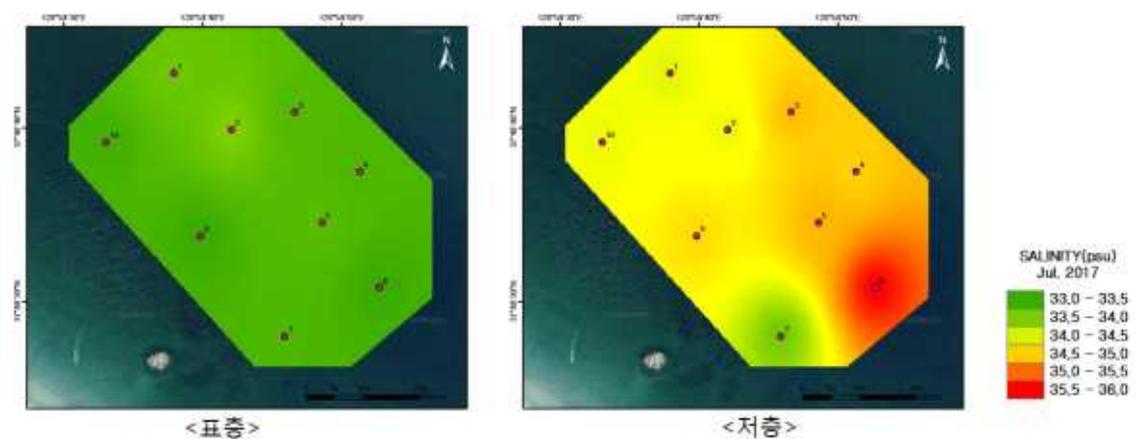


그림 3-1-10. 조사정점별 표층과 저층의 염분분포

연구지역내 7월 표층 염분은 33 ~ 34 psu 범위 분포를 나타냈으며, 저층 염분은 십리바

위 남쪽 지역에서 35.5 ~ 36 psu로 높은 염분분포를 나타내고, 십리바위 남쪽 연안 인접 정점에서 33 ~ 33.5 psu로 가장 낮은 염분분포를 나타내어 정점별로 차이를 나타냈다(그림 3-1-10).

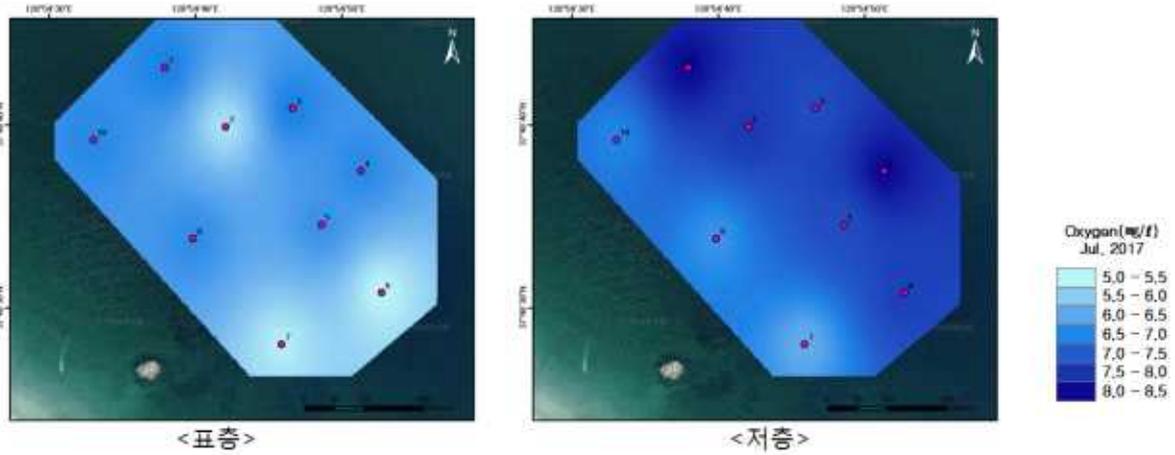


그림 3-1-11. 조사정점별 표층과 저층의 용존산소분포

연구지역내 7월 표층 용존산소는 5 ~ 7 mg/l 범위를 나타냈으며, 십리바위 인근과 남쪽에서 가장 낮은 용존산소를 나타냈다. 저층 용존산소는 연안 인접 정점과 십리바위 동쪽 지역의 용존산소가 큰 차이를 나타냈고, 연안 인접정점이 저층 용존산소 5 ~ 6 mg/l 범위를 나타낸 반면 십리바위 동쪽에서는 7.5 ~ 8.5 mg/l 범위를 나타냈다(그림 3-1-11).

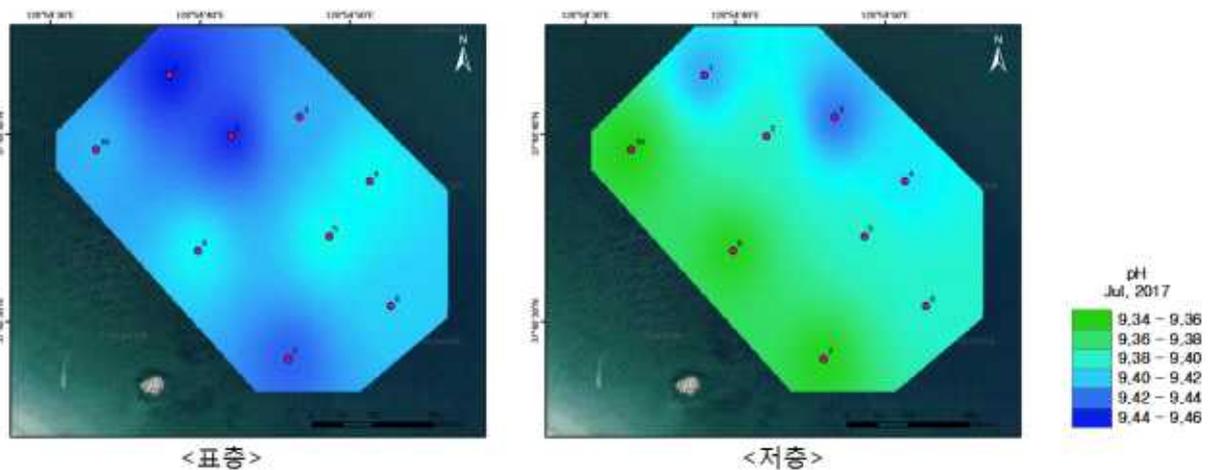


그림 3-1-12. 조사정점별 표층과 저층의 pH분포

연구지역내 7월 표층 pH는 정점별로 9.38 ~ 9.46 범위로 다양한 분포 패턴을 나타냈으

며, 저층 pH는 연안 인접 정점과 십리바위 동쪽 지역의 근소한 차이가 나타났다. 연안 인접 정점의 pH는 9.34 ~ 9.36의 범위를 나타낸 반면 십리바위 동쪽은 9.38 ~ 9.46의 범위를 나타내어 정점간 큰 차이는 없었다(그림 3-1-12).

나) 중형저서동물의 군집특성 분석

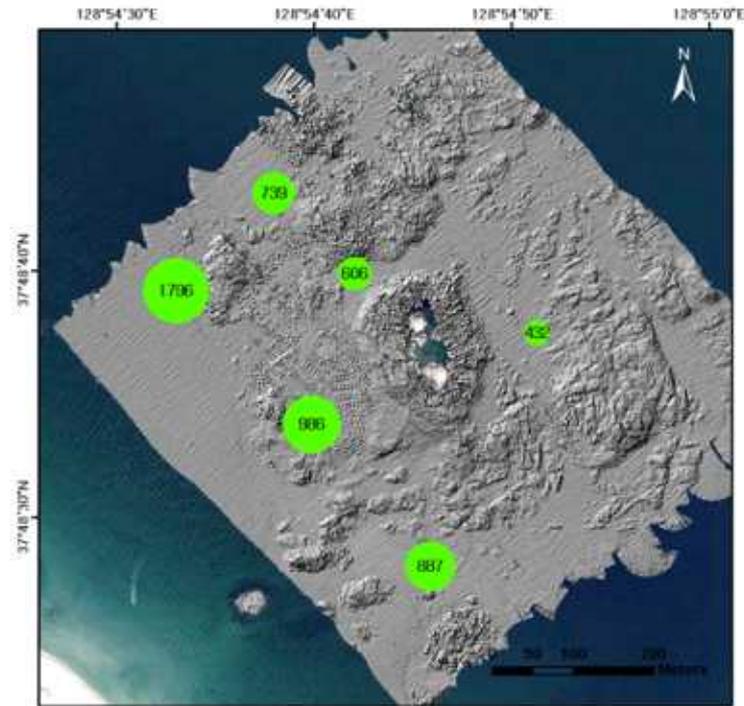


그림 3-1-13. 연구지역의 중형저서동물 서식밀도

동해 북부 연안 강릉 십리바위 주변 연성기질에 서식하는 중형저서동물의 서식밀도 분석 결과 연안 인접 정점과 십리바위 주변과의 뚜렷한 차이를 나타냈으며, 연안 인접 정점들에서 높은 서식밀도를 나타내고 십리바위 주변은 낮은 서식밀도를 나타냈다(그림 3-1-13). 연구지역의 저서환경(저층 수온, 염분, pH, 용존산소) 분포 경향처럼 연안 인접 정점과 십리바위 주변의 뚜렷한 환경차이를 나타낸 것과 유사한 경향을 나타냈다.

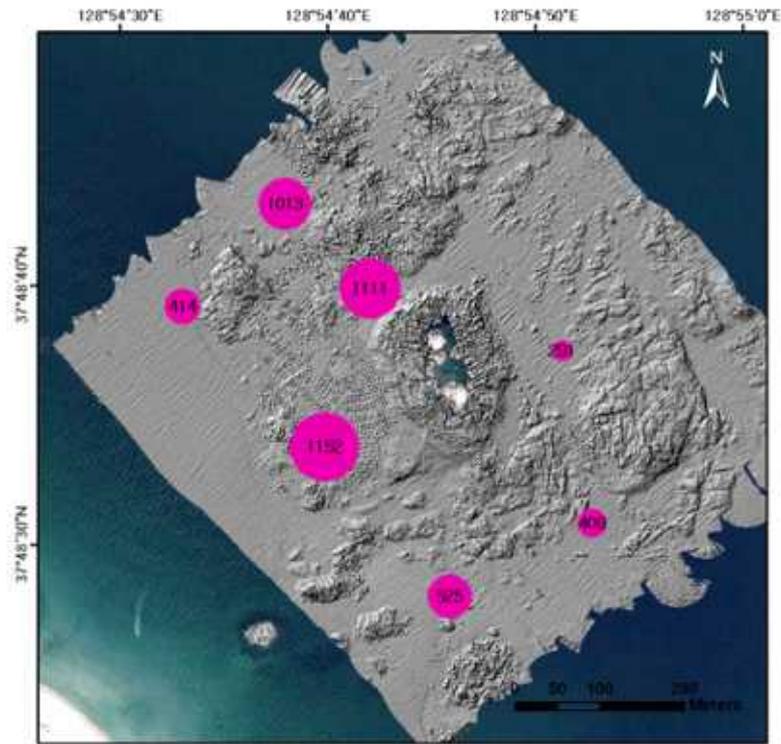


그림 3-1-14. 연구지역내 출현한 중형저서동물의 생체량

연구지역의 중형저서동물 생체량은 서식밀도의 분포 경향과는 다르게 십리바위 주변 지역에서 높은 생체량 값을 나타냈으며, 정점별로 다양한 분포 경향성을 나타냈다. 높은 생체량을 나타낸 정점들은 주로 사질의 조립한 입도를 나타낸 정점들로 중형저서동물의 우점분류군 중 하나인 저서성 요각류의 높은 서식밀도에 기인한 결과로 나타났다(그림 3-1-15).

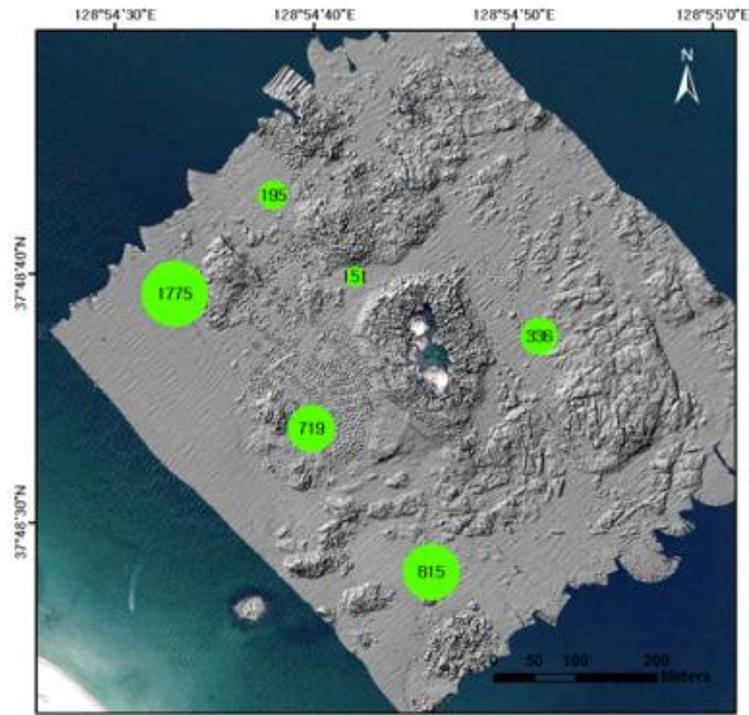


그림 3-1-15. 중형저서동물의 우점분류군인 선형동물의 서식밀도 분포 패턴

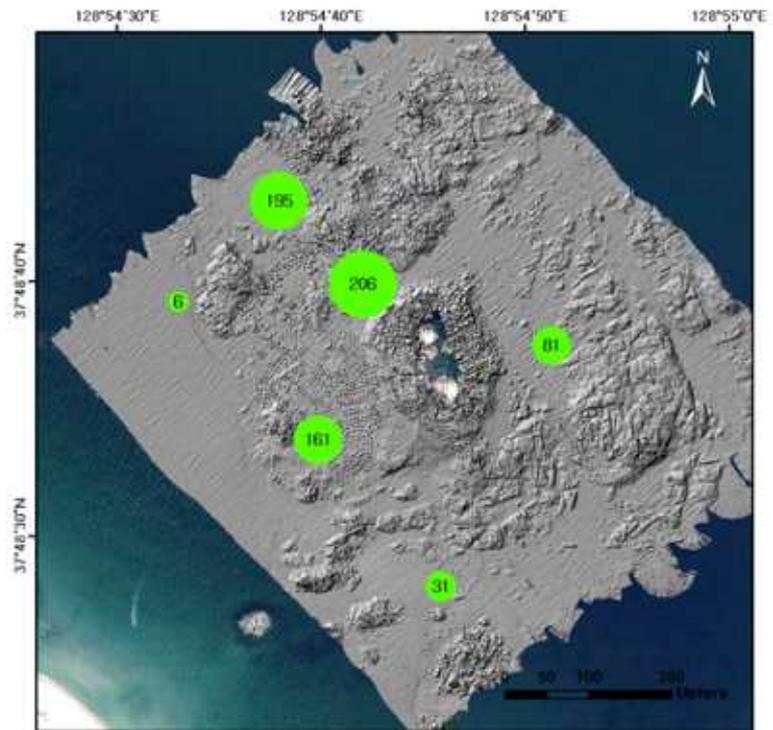


그림 3-1-16. 중형저서동물의 우점분류군인 저서성요각류의 서식밀도 분포 패턴

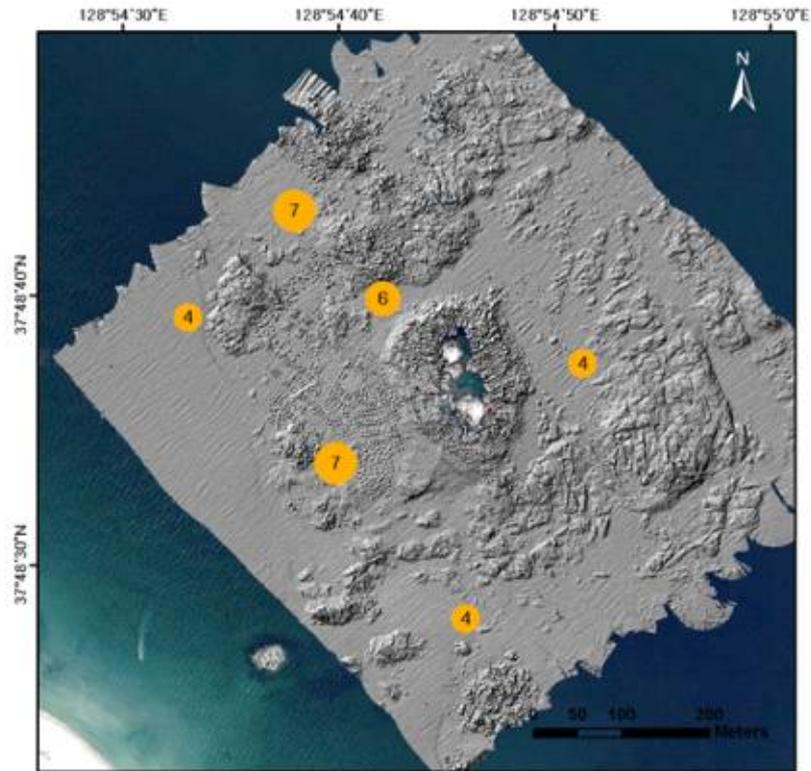


그림 3-1-17. 연구지역내 중형저서동물의 출현분류군수

연구지역에서 출현한 중형저서동물 그룹 중 주요 우점분류군인 선충류와 저서성요각류의 서식밀도 분포 경향은 가장 높은 서식밀도를 나타낸 선충류의 경우 총 서식밀도 분포 경향과 유사하며, 두 번째로 높은 서식밀도를 나타낸 저서성요각류는 생체량의 분포 경향과 유사한 분포를 나타냈다(그림 3-1-15 ~ 3-1-16). 저서성요각류의 서식밀도는 유기물 함량의 분포 경향과 유사하며, 유기물 함량이 적은 지역에서 높은 서식밀도를 나타내고, 유기물 함량이 높은 지역에서 낮은 서식밀도를 나타냈다. 연구지역에서 출현한 중형저서동물은 4 ~ 7 분류군이 출현하였으며, 연안 인접 지역과 십리바위 북쪽에서 가장 높은 출현분류군수를 나타냈다(그림 3-1-17). 이는 퇴적물 내 총 유기물 함량의 분포 특성과 유사한 경향을 나타냈으며, 퇴적물내 총 유기물 함량 분석 결과 유기물 함량이 가장 적은 지역에서 높은 출현분류군수를 나타낸 반면 유기물 함량이 높은 지역에서 낮은 출현분류군수를 나타냈다.

나. 동해 북부 연안(강릉) 사질-수중암반 주변 대형저서동물의 생태특성 분석

1) 조사 방법

동해 연안 사질-수중암반인 강릉 십리바위 주변 대형저서동물의 생태특성을 조사하기 위하여, Smith-McIntyre grab(0.1 m²)을 이용하여 2017년 7월 중형저서동물과 동일한 10개 정점에서 퇴적물 시료를 채집하였다. 채집된 퇴적물은 선상에서 대형저서동물의 채집방법에 따라 시료를 채취하였다. 장비에 채집된 퇴적물은 선상에서 여과된 해수를 이용하여 1 mm 이상 크기의 채로 걸렀으며, 채에 남은 퇴적물과 시료를 10 % 포르말린으로 고정하였다. 채집된 시료는 실험실에서 주요 분류군 별로 생물을 고른 후, 분류군 생체량을 측정된 후, 주요 분류군은 가능한 중 수준까지 동정하였다.

대형저서동물의 서식에 영향을 주는 수층환경(수온, 염분, DO 등)은 생물채집과 동시에 현장에서 CTD를 이용하여 측정하였으며, 저서환경(퇴적물 입도, 유기물 등)은 상자형시료채취기에서 소량의 퇴적물을 채취한 후, 총유기탄소량(TOC)과 퇴적물입도 분석을 위해 냉동 보관하여 실험실로 운반하였다.

2) 결과 및 토의

가) 대형저서동물의 군집특성 분석

연구지역에서 출현한 대형저서동물의 종수는 총 79종이 출현하였으며, St. 2에서 가장 적은 13종이 출현하였고 십리바위 북쪽에 있는 St. 1에서 가장 많은 39종이 출현하였다(그림 3-1-18). 분류군별로는 절지동물이 35종으로 가장 많이 나왔고 극피동물은 4종으로 가장 적게 나왔다. 대형저서동물의 출현 서식밀도는 1,188 inds./m²이며, 북측 연안 St. 1에서 1,520 inds./m² 으로 가장 높았고, St. 2는 470 inds./m²으로 가장 적었다. 대형저서동물 우점분류군별 서식밀도분포 패턴을 보았을 때, 연체동물의 경우 정점 St. 10에서 680 inds./m² 로 가장 높았고 St. 1에서 90 inds./m² 으로 두 번째로 높았다(그림 3-1-19). 환형동물은 St. 7에서 740 inds./m² 로 가장 높았으며, St. 2에서는 90 inds./m² 으로 가장 낮았다. 절지동물의 경우 St. 9에서 680 inds./m²으로 가장 높게 나왔고, 정점 St.2에서 120 inds./m² 으로 가장 낮았다. 극피동물은 St. 1에서 255 inds./m² 으로 가장 높게 나왔고 St. 6, 9, 10 에서는 나오지 않았다. 연구지역내 출현한 대형저서동물의 생체량은 평균

103 g/m² 나왔지만, St. 1과 St. 4에서 각각 277 g/m², 427 g/m² 로 높게 나타났으며 다른 정점들에 경우 10 g/m² 를 넘지 않았다. St. 1의 경우 연체동물이 생체량에 많은 영향을 미쳤으며, St. 4는 극피동물로 인해 높은 생체량을 보였다. 종 다양성 지수는 평균 2.6이며, 연안 St. 9, 10에서 2.8 이상으로 높게 나타났다.

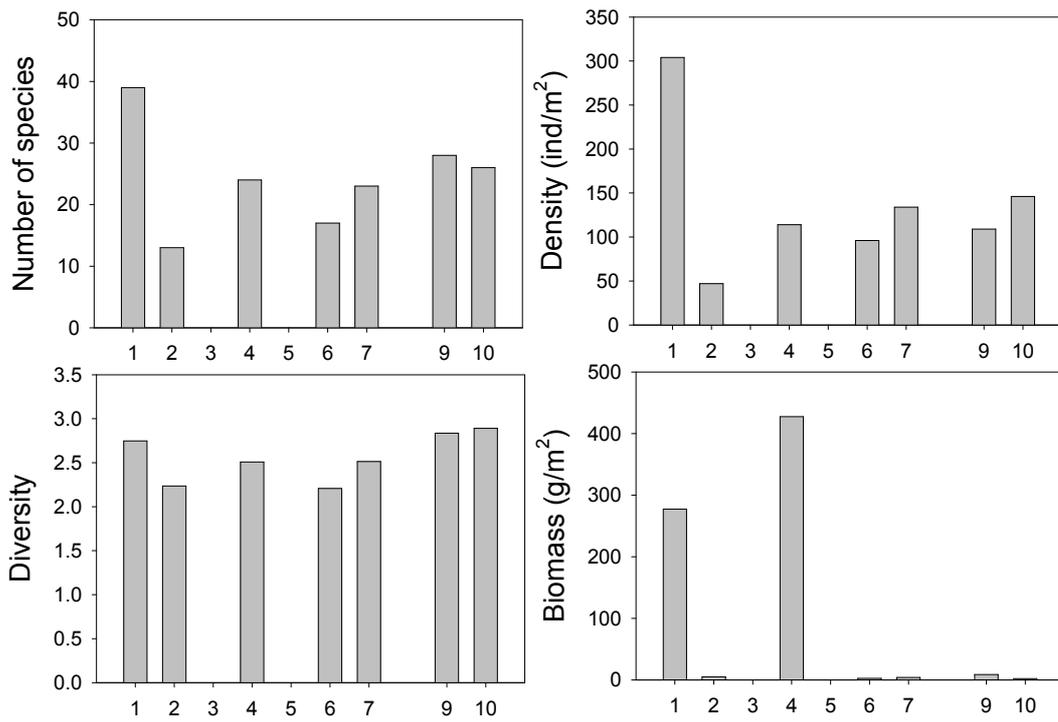


그림 3-1-18. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 종수, 서식밀도, 종다양도, 생체량

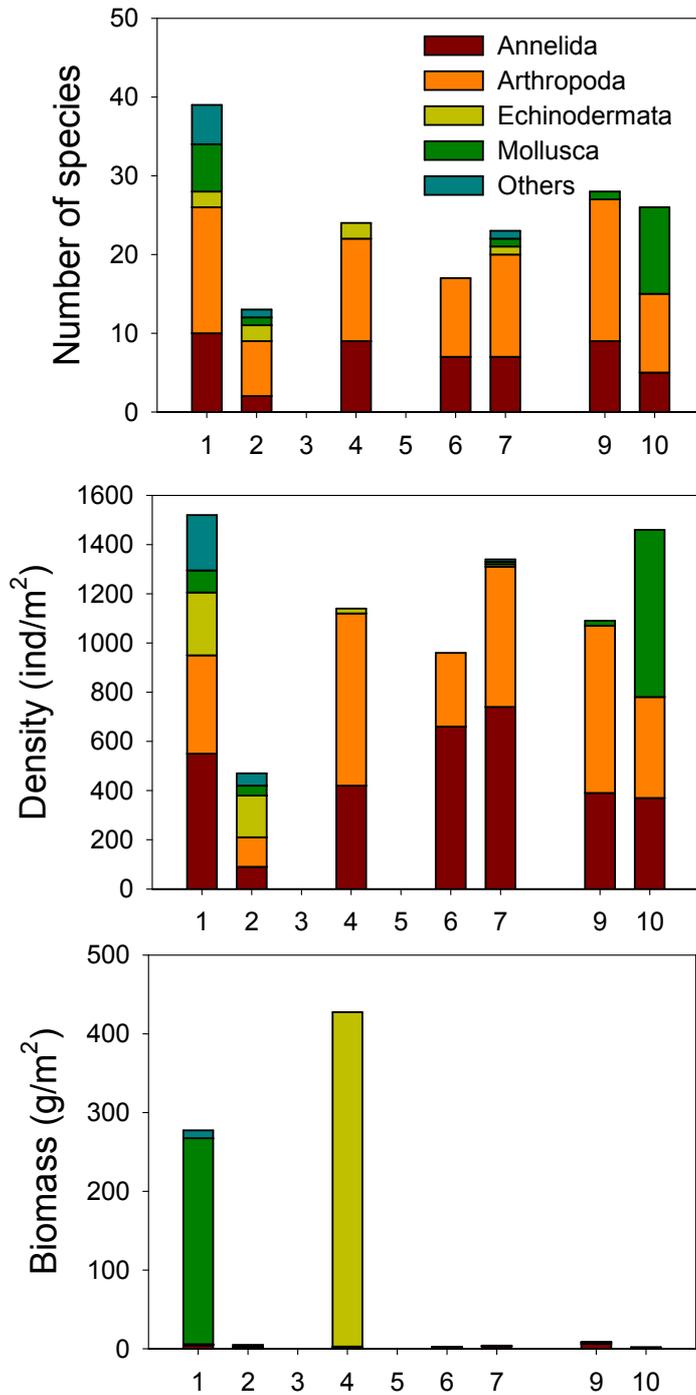


그림 3-1-19. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 분류군별 종수, 서식밀도, 생체량 비율

상위 2% 이상 출현한 우점종은 17종이며, 절지동물이 7종으로 가장 많은 우점종으로 나타났으며, 환형동물은 6종으로 두 번째로 높게 나타났다(표 3-1-1). 다모류인 침보석요

정갯지렁이(*Armandia lanceolata*)가 가장 우점하였으며 평균서식밀도가 113 inds./m² 으로 나타났으며, 반다리미갯지렁이(*Hemiodus yenourensis*) (평균 59 inds./m²), 납작빨 붙은눈옆새우류(*Eochelidium lenorostralum*) (평균 103 inds./m²), 민얼굴갯지렁이 (*Spiophans bombyx*) (평균 93 inds./m²) 순으로 우점하였다. 반다리미갯지렁이의 경우 평균 서식밀도는 높지 않았지만 St. 1에서 많은 수가 출현하여 두 번째로 높은 우점종이 되었다. 우점종들에 경우 사질 서식지를 선호하는 종이며, 종별로 선호 서식지의 차이가 나타났다(그림 3-1-20).

표 3-1-1. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 우점종 목록

| Taxa | species name | 국명 | Density |
|--------|-----------------------------------|---------------|---------|
| Apo | <i>Armandia lanceolata</i> | 침보석요정갯지렁이 | 113 |
| Apo | <i>Hemiodus yenourensis</i> | 반다리미갯지렁이 | 59 |
| Cam | <i>Eochelidium lenorostralum</i> | 납작빨 붙은눈옆새우류 | 103 |
| Apo | <i>Spiophans bombyx</i> | 민얼굴갯지렁이 | 93 |
| Ccu | <i>Pseudoleucon sorex</i> | | 70 |
| Apo | <i>Cirratulus cirratus</i> | 가는실타래갯지렁이 | 59 |
| EOp | <i>Amphipholis</i> sp. | 양비늘거미불가사리류 | 39 |
| Others | <i>Emplectonemamitsuui</i> | | 33 |
| Apo | <i>Goniada japonica</i> | 큰갈매기고리갯지렁이 | 57 |
| Cam | <i>Pontogeneia rostrata</i> | 북태평양짧은채찍옆새우 | 26 |
| Cam | <i>Urothoe grimaldii japonica</i> | 넓적다리모래무지옆새우사촌 | 43 |
| Ccu | <i>Hemilamprops californicus</i> | 한줄가시삽꼬리올챙이새우 | 39 |
| EOp | <i>Ophiactis</i> sp. | 뱀이거미불가사리류 | 24 |
| Cmy | <i>Archaeomysis vulgaris</i> | 옛곤쟁이속류 | 25 |
| MBi | <i>Corbula venusta</i> | 예쁜이쇄방사늑조개 | 31 |
| Apo | <i>Micropodarke dubia</i> | 작은수염갯지렁이 | 16 |
| Cmy | <i>Nipponomysis ornata</i> | 두가시일본곤쟁이 | 29 |
| MBi | <i>Eximiothracia concinna</i> | 아기도기조개 | 27 |
| Apo | <i>Scoloplos amiger</i> | 삼각모자갯지렁이 | 26 |

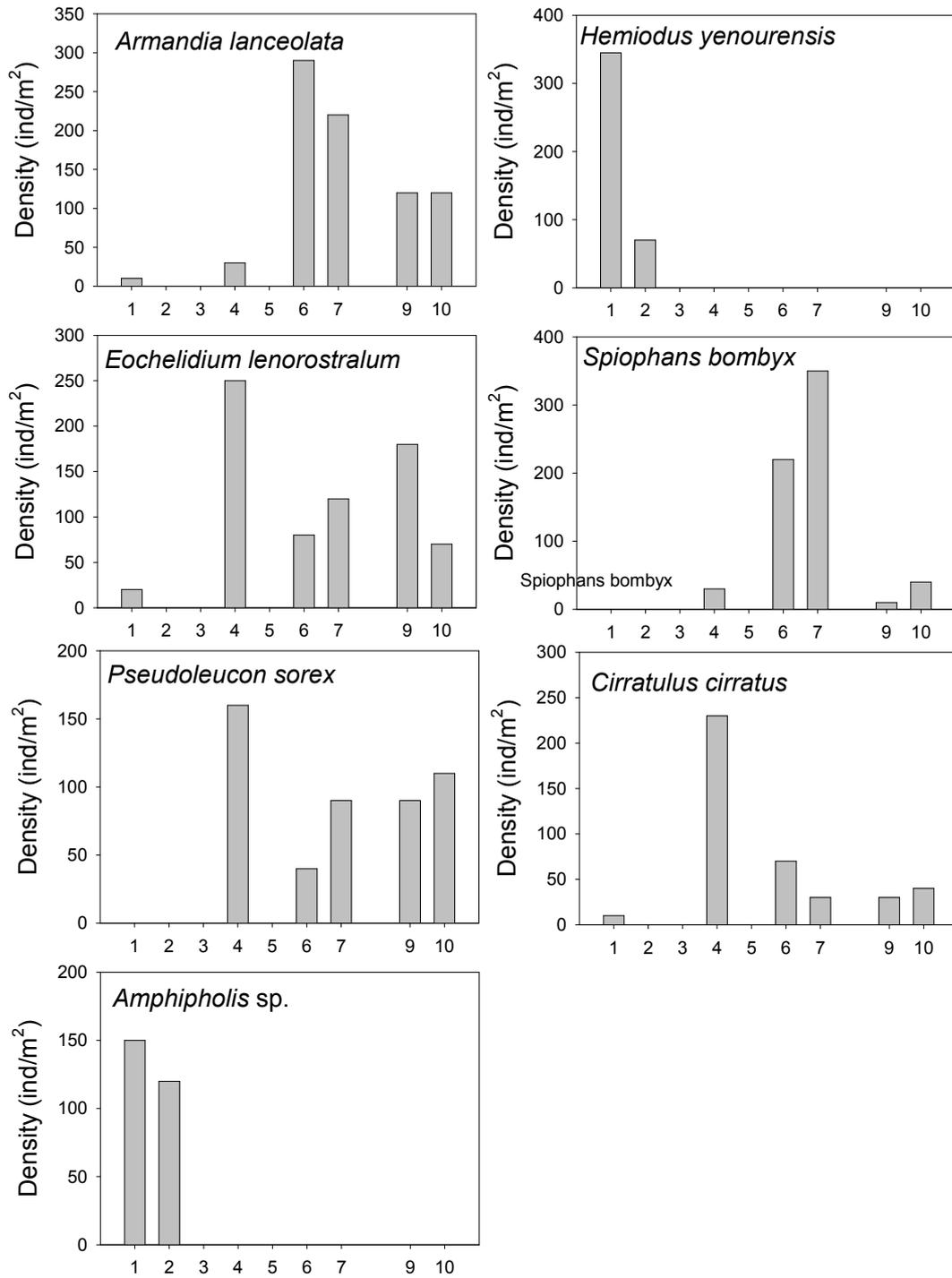


그림 3-1-20. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 주요 우점종 분포

연구지역내 대형저서동물 군집구조는 3개의 그룹으로 나뉘어졌다(그룹 a- St. 1, 2 / 그룹 b- St. 4, 5, 6, 7 / 그룹 c- St. 10)(그림 3-1-21). Simper 테스트를 통해 그룹이 나뉘는 데에 있어 가장 기여한 종을 보았을 때, 그룹 a와 b는 반다리미갑갯지렁이가 가장 기여한 종으로 나타났고, 그룹 a와 c 역시 반다리미갑갯지렁이가 가장 큰 기여를 하였다. 그룹 c와 b의 경우 삼각모자갯지렁이가 그룹을 나뉘는데 있어 가장 큰 영향을 주었다. 군집구조에 영향을 주는 환경요인(BIO-ENV test)을 찾아보았을 때, 퇴적물의 자갈함량이($r=0.899$) 가장 큰 영향을 주는 환경요인으로 나왔고, 표층수온과 자갈함량, 모래함량이($r=0.874$) 두 번째로 큰 영향을 주었다.

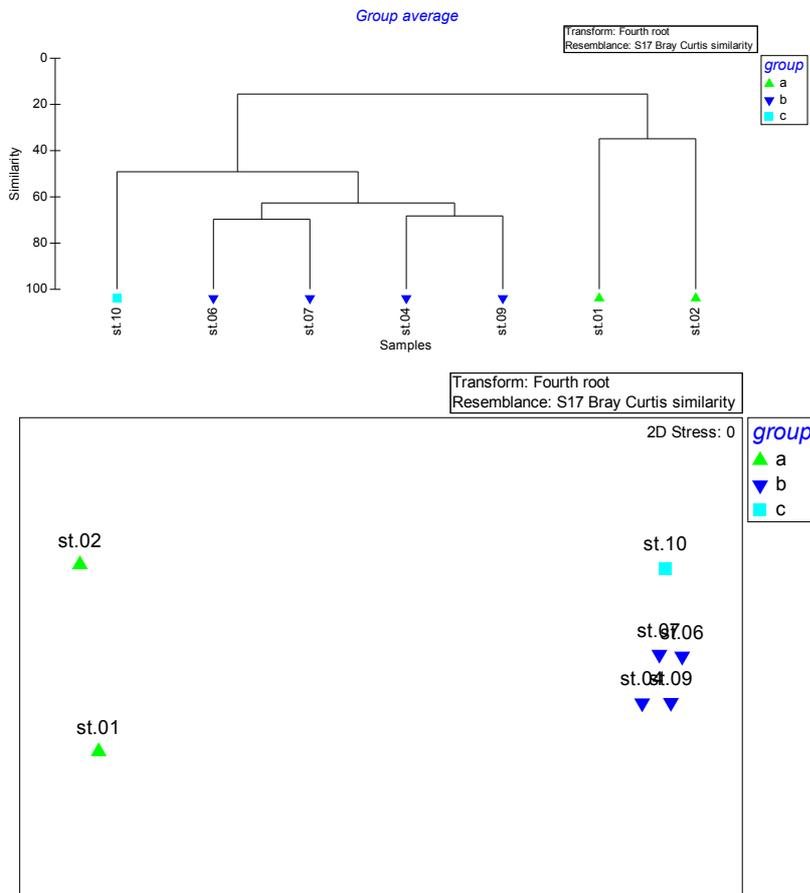


그림 3-1-21. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 군집구조

대형저서동물 및 중형저서동물의 종 조성과 환경요인과의 상관분석을 실시한 결과, 중형저서동물의 출현분류군수, 생체량, 우점분류군인 저서성 요각류 서식밀도는 퇴적물 내 유기물 함량과 음의 상관성을 나타냈다. 저서성 요각류는 퇴적물 내 유기물 함량이 적은

서식지 지역을 선호하는 것으로 나타났다. 최우점 분류군인 선충류의 서식밀도는 저층 수온과 양의 상관관계를 나타냈으며, 저층 용존산소와는 음의 상관관계를 나타냈다. 대형 저서동물의 종수는 용존산소와 양의 상관성 보였다. 극피동물은 수온과 음의 상관성, 염분과 양의 상관성을 보여, 수온이 낮고 염분이 높은 깊은 수심을 선호하는 것으로 여겨진다(표 3-1-2). 절지동물의 생체량은 용존산소와 양의 상관성을 보여 생체량이 클 수록 산소 농도가 높은 지역을 선호하였다. 우점종인 침보석요정갯지렁이는 저층수온과는 양의 상관성 그리고 표층염분과 음의 상관성을 보여, 저층 수온이 높고, 염분이 낮은 연안역을 선호하였다. 반다리미갯지렁이는 표층수온/입도/유기물함량과 음의 상관성 그리고 표층염분과 양의 상관성을 보여 수온이 낮고 염분이 높고 퇴적물이 조립하고 자갈함량이 높은 지역을 선호하는 것으로 여겨진다. 우점종 납작빨불은눈옆새우류는 표층 pH/자갈함량과 음의 상관성, 유기물함량과는 양의 상관성을 보여 자갈함량이 낮고 유기물 함량이 높은 연안 사질역을 선호하였으며, 민얼굴갯지렁이는 저층 수온과 양의 상관성을 보여 연안역을 선호하는 것으로 여겨진다.

표 3-1-2. 강릉 십리바위 주변해역의 대형 및 중형저서동물의 종조성과 환경요인과의 상관분석

| | 저층 Temp | 저층 Salinity | DO(µg/L) | pH | MZ | Gravel(%) | TOC(%) |
|----------------------|---------|-------------|----------|----|----|-----------|--------|
| 중형저서동물 출현분류군수 | | | | | | | - |
| 대형저서동물 출현분류군수 | | | + | | | | |
| 중형저서동물 서식밀도 | + | | - | | | | |
| 중형저서동물 생체량 | | | | | | | - |
| 대형저서동물 극피동물 생체량 | | | | | - | + | |
| 대형저서동물 절지동물 생체량 | | | + | | | | + |
| 주요 우점분류군 선충류 서식밀도 | + | | - | | | | |
| 주요 우점분류군 저서성요각류 서식밀도 | | | | | | | - |
| 주요 우점분류군 극피동물 서식밀도 | - | + | | | - | + | |
| 주요 우점분류군 절지동물 서식밀도 | | | + | | | | + |

[Negative or positive correlation by Sperman rank correlation (p<0.05)]

3. 동해 남부 연안(울산) 서식환경 유형별 해양생물의 종 다양성 조사

가. 조사 방법

동해 남부 연안의 대표적인 사질-수중암반 서식지인 울산 선암을 대표 연구거점(Model station)으로 설정하고 선암을 중심으로 약 500 m x 500 m를 조사구역으로 선정하였다. 선암 주변 수중암반에 서식하는 다양한 생물들을 대상으로 종 다양성 조사와 수중생태지도 및 서식지영상지도 제작을 목적으로 수중과학잠수 조사를 수행하였다. 2018년 7월 울산 선암 주변 면적 10 m x 10 m 구역에서 수중과학잠수 조사를 통한 서식지영상지도를 제작하고 수중생태계를 보다 가시화하기 위해 수중생태지도를 제작하였다. 그리고 수중영상과 정성 채집을 통해 울산 선암 주변 암반 서식생물의 종다양성 조사를 수행하여 inventory를 구축하였다. 동해 남부 연안 울산 선암 주변의 조사구역은 그림 3-1-22와 같다.



그림 3-1-22. 수중생태지도 제작 및 서식지영상지도 제작 조사구역

나. 결과 및 토의

1) 서식환경 유형별 해양생물 생태특성 분석

울산 선암 주변 서식지영상합성지도 제작을 위한 조사구역(면적 10 m x 10 m)에서 출현한 무척추동물은 총 49종이 출현하였으며, 해면동물 3종, 자포동물 3종, 연체동물 24종, 환형

동물 2종, 절지동물 6종, 완족동물 1종, 극피동물 8종, 척삭동물 2종이 출현하였다. 노출암 상부에는 연체동물인 두드럭배말과 굽은줄격판담치, 절지동물인 거북손이 높은 밀도로 출현하였고, 수중암반에는 자포동물인 갈색꽃해변말미잘, 검정꽃해변말미잘, 풀색꽃해변말미잘과 완족동물인 세로줄조개사돈, 연체동물인 등근전복, 밤고둥, 뚝뚝이짚신고둥, 빨두드럭고둥, 대수리 등이 우점하여 나타났다(그림 3-1-23).

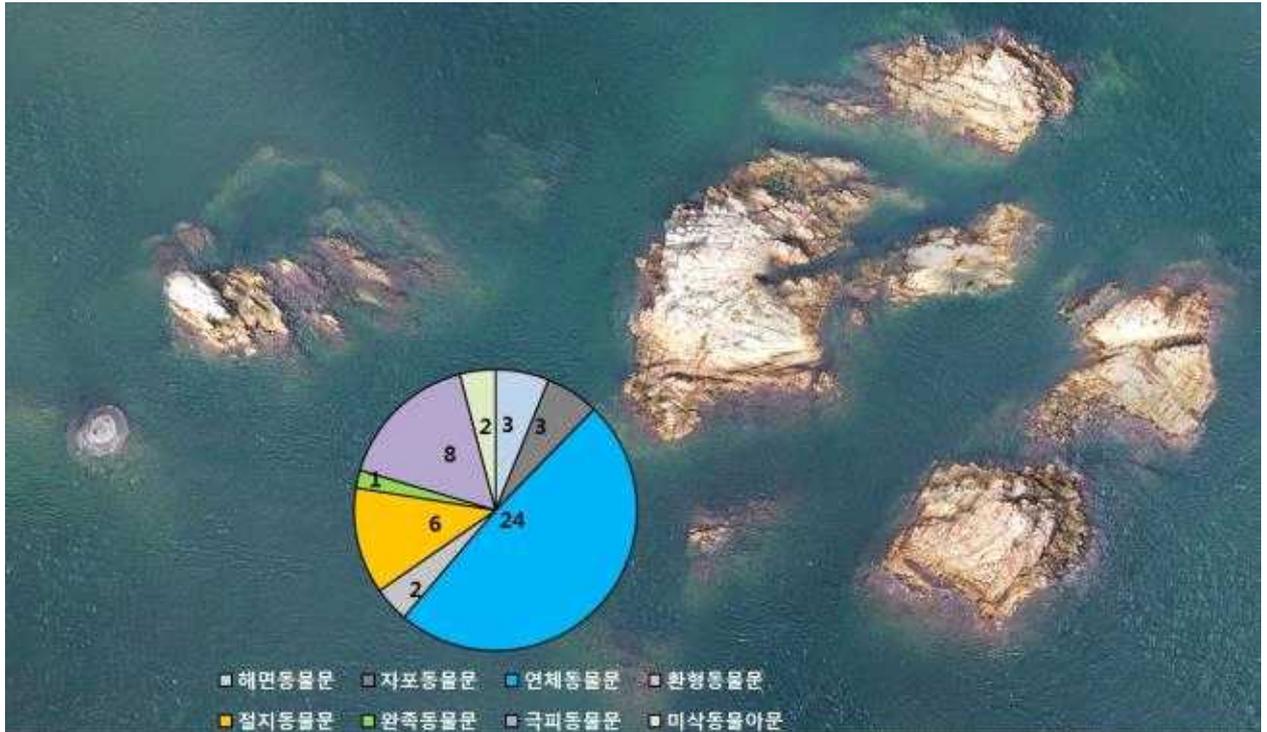


그림 3-1-23. 울산 선암 주변 무척추동물의 출현종수

울산 선암 주변 수중암반에서 출현한 해양생물(무척추동물, 해조류)의 주요 우점분류군에 대한 수중생태사진 획득은 수중생태지도 제작 및 수중생태계에 대한 유용한 자료로 활용될 것으로 예상된다. 울산 선암 주변에 서식하는 생물의 생태사진은 그림 3-1-24와 같다.



해면동물: 주황해변해면



해면동물: 호박해면



해면동물: 유사보라해면



자포동물: 갈색꽃해변말미잘



자포동물: 검정꽃해변말미잘



완족동물: 세로줄조개사돈



연체동물: 검은테군소



연체동물: 따가리

그림 3-1-24. 울산 선암 주변 서식생물의 생태사진



환형동물: 명주실타래갯지렁이



환형동물: 남색꽃갯지렁이



연체동물: 탐뿔고둥



연체동물: 소라



연체동물: 매끈이고둥



연체동물: 둥근전복



연체동물: 흰삿갓조개



연체동물: 두드럭배말

그림 3-1-24. 울산 선암 주변 서식생물의 생태사진(계속)



연체동물: 기생고깔고둥



연체동물: 굵은줄격판담치



절지동물: 거북손



절지동물: 검은큰따개비



절지동물: 바위게



극피동물: 돌기해삼



극피동물: 별불가사리



극피동물: 아무르불가사리

그림 3-1-24. 울산 선암 주변 서식생물의 생태사진(계속)



극피동물: 둥근성게



극피동물: 분홍성게



극피동물: 말뚝성게



극피동물: 뱀거미불가사리



극피동물: 일본깃갯고사리



척삭동물: 우렁쉥이

그림 3-1-24. 울산 선암 주변 서식생물의 생태사진(계속)

2) 서식생물의 Inventory 구축

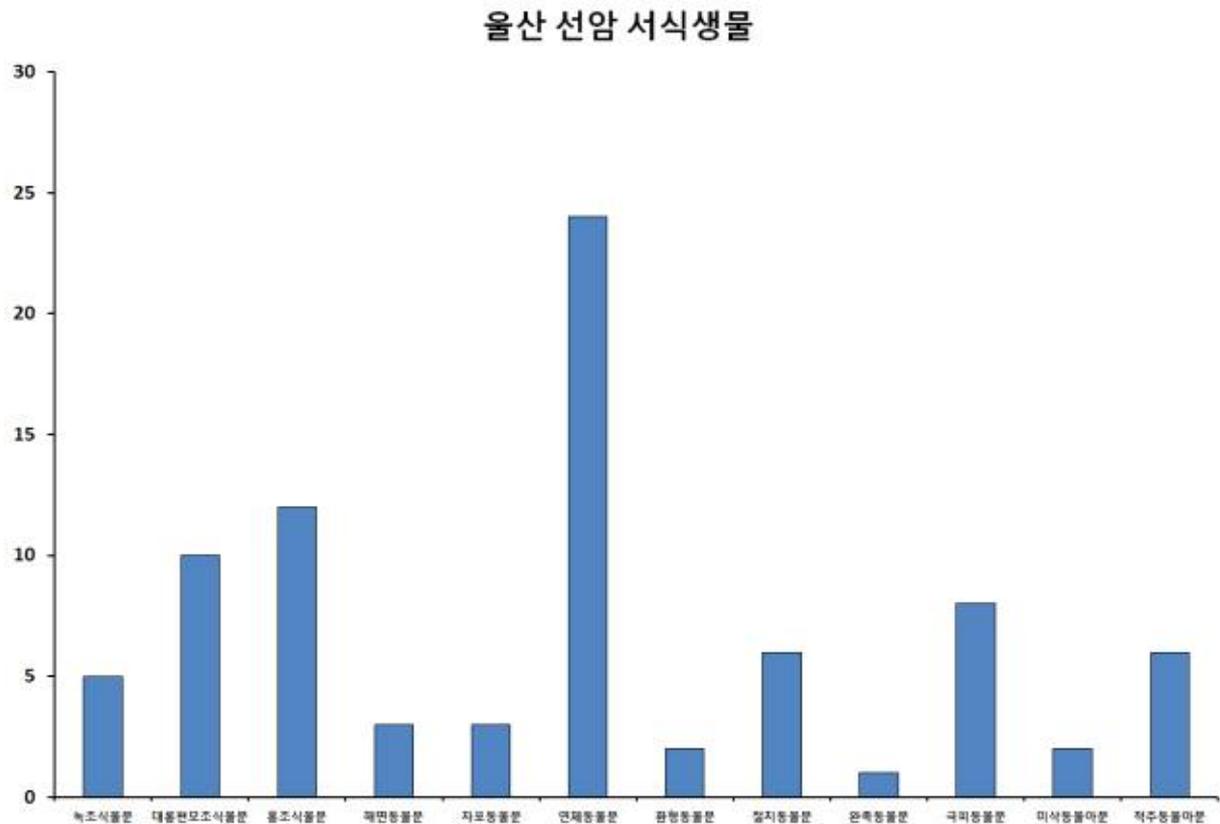


그림 3-1-25. 울산 선암에 출현한 해양생물

동해 남부 연안 울산 선암에서 출현한 해양생물의 Inventory 구축 결과 11문 84종이 출현하는 것으로 나타났다(그림 3-1-25). 그중 연체동물문에서 24종, 홍조식물문에서 13종, 대롱편모조식물문에서 10종으로 가장 높은 출현을 나타냈다. 연체동물 중 대수리, 둥근전복, 밤고등이 우점하여 나타났으며, 완족동물인 세로줄조개사돈이 우점하여 나타났다. 노출암 상부에서는 굵은줄격판담치, 거북손, 검은큰따개비가 높은 우점을 나타냈으며, 본 연구를 통해 동해 남부 연안 울산 선암의 Inventory는 아래와 같다.

2018년 울산 선암 주변 서식생물 List

동해 연안 울산 선암 해양식물

Phylum Chlorophyta 녹조식물문

Class Chlorophyceae 녹조강

Order Cladophorales 대마디말목

Family Cladophoraceae 대마디말과

Genus *Cladophora* Kützing, 1845 대마디말속

1. *Cladophora sakaii* Abbott, 1972 사카이대마디말
Cladophora sakaii: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Bryopsidales 깃털말목

Family Bryopsidaceae 깃털말과

Genus *Bryopsis* Lamouroux, 1809 깃털말속

2. *Bryopsis plumosa* (Hudson) C. Agardh, 1823 참깃털말
Bryopsis plumosa: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Codiaceae 청각과

Genus *Codium* Stackhouse, 1797 청각속

3. *Codium arabicum* Kützing, 1856 떡청각
Codium arabicum: 한국해양과학기술원, 2018.
4. *Codium fragile* (Suringar) Haroit, 1889 청각
Codium fragile: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Ulvales 갈파래목

Family Ulvaceae 갈파래과

Genus *Ulva* Linnaeus, 1753 갈파래속

5. *Ulva australis* Areschoug, 1854 구멍갈파래
Ulva australis: 한국해양과학기술원, 2018.

Phylum Ochrophyta 대롱편모조식물문

Class Phaeophyceae 갈조강

Order Ectocarpales 솜털목

Family Scytosiphonaceae 고리매과

Genus *Colpomenia* (Endlicher) Derbès et Solier in Castagne, 1851 불레기말속

6. *Colpomenia sinuosa* (Mertens ex Roth) Derbès et Solier in Castagne, 1851 불레기말
Colpomenia sinuosa: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Ralfsiales 바위딱지목

Family Ralfsiaceae 바위딱지과

Genus *Ralfsia* Berkeley in Smith & Sowerby, 1843 바위딱지속

7. *Ralfsia verrucosa* (Areschoug) Areschoug in Fries, 1845 바위딱지

Ralfsia verrucosa: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Dictyotales 그물바탕말목

Family Dictyotaceae 그물바탕말과

Genus *Dictyopteris* Lamouroux, 1809 뼈대그물말속

8. *Dictyopteris prolifera* (Okamura) Okamura, 1930 가시뼈대그물말

Dictyopteris prolifera: 한국해양과학기술원, 2018.

9. *Dictyota dichotoma* (Hudson) Lamouroux, 1809 그물바탕말

Dictyota dichotoma: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Rugulopteryx* De Clerck & Coppejans, 2006 개그물바탕말속

10. *Rugulopteryx okamurae* (E. Y. Dawson) I. K. Hwang et al., 2009 개그물바탕말

Rugulopteryx okamurae: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Padina* Adanson, 1763 부챗말속

11. *Padina arborescens* Holmes, 1896 부챗말

Padina arborescens: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Desmarestiales 산말목

Family Desmarestiaceae 산말과

Genus *Desmarestia* Lamouroux, 1813 산말속

12. *Desmarestia virideis* (Müller) Lamouroux, 1813 쇠꼬리산말

Desmarestia virideis: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Laminariales 다시마목

Family Lessoniaceae 감태과

Genus *Undaria* Suringar, 1873 미역속

13. *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, 1873 미역

Undaria pinnatifida: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Fucales 모자반목, 말목

Family Sargassaceae 모자반과

Genus *Sargassum* Agardh, 1820 모자반속

14. *Sargassum fusiforme* (Harvey) Setchell, 1931 툃
Sargassum fusiforme: 한국해양과학기술원, 2018.

15. *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh, 1820 팽생이모자반
Sargassum horneri: 한국해양과학기술원, 2018.

Phylum Rhodophyta 홍조식물문

Class Florideophyceae 진정홍조강

Order Corallinales 산호말목

Family Corallinaceae 산호말과

Genus *Amphiroa* J. V. Lamouroux, 1812 게발속

16. *Amphiroa anceps* (Lamarck) Decaisne, 1842 넓은게발
Amphiroa anceps: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Corallina* Linnaeus, 1758 산호말속

17. *Corallina officinalis* Linnaeus, 1758 참산호말
Corallina officinalis: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Hildenbrandiales 분홍딱지목

Family Hildenbrandiaceae 분홍딱지과

Genus *Lithophyllum* Philippi, 1837 흑돌잎속

18. *Lithophyllum okamurae* Foslie, 1900 흑돌잎
Lithophyllum okamurae: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Melobesiaceae 짝과

Genus *Synarthrophyton* R. A. Townsend, 1979 낭과짝속

19. *Synarthrophyton chejuensis* J. H. Kim et al., 2004 낭과짝
Synarthrophyton chejuensis: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Ceramiales 비단풀목

Family Rhodomelaceae 빨간검등이과

Genus *Symphycladia* Falkenberg (in Schmitz & Falkenberg, 1897) 보라색우무속

20. *Symphycladia latiuscula* (Harvey) Yamada, 1941 개우무

Symphycladia latiuscula: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Gelidiales 우뚝가사리목

Family Gelidiaceae 우뚝가사리과

Genus *Gelidium* Lamouroux, 1816 우뚝가사리속

21. *Gelidium amansii* (Lamouroux) Lamouroux, 1813 우뚝가사리

Gelidium amansii: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Gigartinales 돌가사리목

Family Gigartinaceae 돌가사리과

Genus *Chondracanthus* Kützing, 1843 돌가사리속

22. *Chondracanthus tenellus* (Harvey) Hommersand, 1993 돌가사리

Chondracanthus tenellus: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Chondrus* Stackhouse, 1797 진두발속

23. *Chondrus ocellatus* Holmes, 1896 진두발

Chondrus ocellatus: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Gracilariales 꼬시래기목

Family Gracilariaceae 꼬시래기과

Genus *Gracilaria* Greville, 1830 꼬시래기속

24. *Gracilaria textorii* (Suringar) Hariot, 1895 앞꼬시래기

Gracilaria textorii: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Halymeniales 도박목

Family Halymeniaceae 지누아리과

Genus *Grateloupia* C. Agardh, 1822 지누아리속

25. *Grateloupia divaricata* Okamura, 1895 뺨지누아리

Grateloupia divaricata: 한국해양과학기술원, 2018.

26. *Grateloupia elliptica* Holmes, 1896 참도박

Grateloupia elliptica: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Pachymeniopsis* Y. Yamada ex S. Kawabata, 1954 개도박속

27. *Pachymeniopsis elliptica* (Holmes) Yamada (in kawabata, 1958) 참개도박

Pachymeniopsis elliptica: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Rhodymeniales Schmitz 분홍치목

Family Rhodymeniaceae 분홍치과

Genus *Sparlingia* G. W. Saunders et al., 1999 구멍분홍치속

28. *Sparlingia pertusa* (Postels & Ruprecht) G. W. Saunders et al., 1999 구멍분홍치

Sparlingia pertusa: 한국해양과학기술원, 2018.

동해 연안 울산 선암 해양동물

Phylum Porifera 해면동물문

Class Demospongiae 보통해면강

Order Hadromerida 경해면목

Family Clionidae 호박해면과

Genus *Cliona* Grant, 1826

29. *Cliona celata* Grant, 1826 호박해면

Cliona celata: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Halichondrida 해변해면목

Family Halichondriidae 해변해면과

Genus *Hymeniacidon* Bowerbank, 1861 주황해변해면속

30. *Hymeniacidon sinapium* de Laubenfels, 1930 주황해변해면

Hymeniacidon sinapium: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Haplosclerida 단골해면목

Family Chalinidae 보라해면과

Genus *Haliclona* Grant, 1836 보라해면속

31. *Haliclona permollismilis* Hoshino, 1981 유사보라해면

Haliclona permollismilis: 한국해양과학기술원, 2018.

Phylum Cnidaria 자포동물문

Class Anthozoa 산호강

Order Actiniaria 해변말미잘목

Family Actiniidae 해변말미잘과

Genus *Anthopleura* Duchassaing & Michelotti, 1860 꽃해변말미잘속

32. *Anthopleura japonica* Verrill, 1889 갈색꽃해변말미잘

Anthopleura japonica: 한국해양과학기술원, 2018.

33. *Anthopleura kurogane* Uchida & Muramatsu, 1958 검정꽃해변말미잘

Anthopleura kurogane: 한국해양과학기술원, 2018.

34. *Anthopleura midori* Uchida & Muramatsu, 1958 풀색꽃해변말미잘

Anthopleura midori: 한국해양과학기술원, 2018.

Phylum Mollusca 연체동물문

Class Polyplacophora 다판강

Order Neoloricata 신군부목

Family Ischnochitonidae 연두군부과

Genus *Ischnochiton* Gray, 1847 연두군부속

35. *Ischnochiton comptus* (Gould, 1859) 연두군부

Ischnochiton comptus: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Mopaliidae 따가리과

Genus *Placiphorella* Carpenter in Dall, 1879 따가리속

36. *Placiphorella stimpsoni* (Gould, 1859) 따가리

Placiphorella stimpsoni: 한국해양과학기술원, 2018.

Class Gastropoda 복족강

Order Archaeogastropoda 원시복족목

Family Haliotidae 전복과

Genus *Nordotis* Habe & Kosuge, 1964 등근전복속

37. *Nordotis discus* (Reeve, 1846 in 1843-65) 등근전복

Nordotis discus: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Nacellidae 애기삿갓조개과

Genus *Cellana* H. Adams, 1869 진주배말속

38. *Cellana toreuma* (Reeve, 1855 in 1843–65) 애기삿갓조개
Cellana toreuma: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Lottiidae Gray, 1840 두드럭배말과

Genus *Lottia* Gray, 1833 두드럭배말속

39. *Lottia dorsuosa* (Gould, 1859 in 1859–61) 두드럭배말
Lottia dorsuosa: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Acmaeidae 흰삿갓조개과

Genus *Acmaea* Eschscholtz in Rathke, 1833 흰삿갓조개속

40. *Acmaea pallida* (Gould, 1859 in 1859–61) 흰삿갓조개
Acmaea pallida: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Trochidae 밤고등과

Genus *Chlorostoma* Swainson, 1840 밤고등속

41. *Chlorostoma lischkei* Tapparone-Canefri, 1874 밤고등
Chlorostoma lischkei: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Calliostoma* Swainson, 1840 방석고등속

42. *Calliostoma unicum* (Dunker, 1860) 방석고등
Calliostoma unicum: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Omphalius* Philippi, 1847 팽이고등속

43. *Omphalius pfeifferi carpenteri* (Dunker, 1860) 팽이고등
Omphalius pfeifferi carpenteri: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Turbinidae 소라과

Genus *Turbo* Linnaeus, 1758 소라속

44. *Turbo cornutus* Lightfoot, 1786 소라
Turbo cornutus: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Calyptraeidae 배고등과

Genus *Crepidula* Lamarck, 1799 짚신고등속

45. *Crepidula onyx* Sowerby, 1824 뽕뽕이짚신고등
Crepidula onyx: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Neogastropoda 신복족목

Family Muricidae 뿔소라과

Genus *Ergalatax* Iredale, 1931 탐뿔고등속

46. *Ergalatax contracta* (Reeve, 1846) 탐뿔고등
Ergalatax contracta: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Reishia* Kuroda & Habe, 1971

47. *Reishia luteostoma* (Holten, 1802) 뿔두드럭고등
Reishia luteostoma: 한국해양과학기술원, 2018.

48. *Reishia clavigera* (Küster, 1858) 대수리
Reishia clavigera: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Ceratostoma* Herrmannsen, 1846 맵사리속

49. *Ceratostoma roriflum* (Adams & Reeve, 1850 in 1848–50) 맵사리
Ceratostoma roriflum: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Buccinidae 물레고등과

Genus *Kelletia* Fischer, 1884 매편이고등속

50. *Kelletia lischkei* Kuroda, 1938 매편이고등
Kelletia lischkei: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Anaspidea 무순목

Family Aplysiidae 군소과

Genus *Aplysia* Linnaeus, 1767 군소속

51. *Aplysia parvula* Guilding, 1863 검은테군소
Aplysia parvula: 한국해양과학기술원, 2018.

Class Bivalvia 이매패강

Order Mytiloida 홍합목

Family Mytilidae 홍합과

Genus *Modiolus* Lamarck, 1799 털담치속

52. *Modiolus agripetus* (Iredale, 1939) 개적구

Modiolus agripetus: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Septifer* Réluz, 1848 격판담치속

53. *Septifer virgatus* (Wiegmann, 1837) 굵은줄격판담치

Septifer virgatus: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Arcoida 돌조개목

Family Arcidae 돌조개과

Genus *Arca* Linnaeus, 1758 돌조개속

54. *Arca avellana* Lamarck, 1819 in 1815-22 돌조개

Arca avellana: 한국해양과학기술원, 2018.

55. *Arca boucardi* Jousseume, 1894 긴네모돌조개

Arca boucardi: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Barbatia* Gray, 1842 방주조개속

56. *Barbatia virescens* (Reeve, 1844 in 1843-65) 복털조개

Barbatia virescens: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Ostreoida 굴목

Family Pectinidae 가리비과

Genus *Chlamys* Röding, 1798 비단가리비속

57. *Chlamys farreri nipponensis* (Kuroda, 1932) 비단가리비

Chlamys farreri nipponensis: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Veneroida 백합목

Family Carditidae 주름방사특조개과

Genus *Cardita* Bruguière, 1792 in 1789-1816 주름방사특조개속

58. *Cardita leana* Dunker, 1860 주름방사특조개

Cardita leana: 한국해양과학기술원, 2018.

Phylum Annelida 환형동물문

Class Polychaeta 다모강

Order Sabellida 꽃갯지렁이목

Family Sabellidae 꽃갯지렁이과

Genus *Sabellastarte* Krøyer, 1856 꽃갯지렁이속

59. *Sabellastarte spectabilis* (Grube, 1878) 남색꽃갯지렁이

Sabellastarte spectabilis: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Terebellida 유령갯지렁이목

Family Cirratulidae 실타래갯지렁이과

Genus *Cirriformia* Hartman, 1936 명주실타래갯지렁이속

60. *Cirriformia tentaculata* (Montagu, 1808) 명주실타래갯지렁이

Cirriformia tentaculata: 한국해양과학기술원, 2018.

Phylum Arthropoda 절지동물문

Class Maxillopoda 소악강

Order Thoracica 완흉목

Family Scalpellidae 부치손과

Genus *Pollicipes* Leach, 1817 거북손속

61. *Pollicipes mitella* (Linnaeus, 1758) 거북손

Pollicipes mitella: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Tetracelitidae 사각따개비과

Genus *Tetracelita* Schumacher, 1817 사각따개비속

62. *Tetracelita japonica* Pilsbry, 1916 검은큰따개비

Tetracelita japonica: 한국해양과학기술원, 2018.

Class Malacostraca 연갑강

Order Isopoda 등각목

Family Ligiidae 갯강구과

Genus *Ligia* Fabricius, 1798 갯강구속

63. *Ligia exotica* Roux, 1828 갯강구

Ligia exotica: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Decapoda 십각목

Family Epialtidae 빨물맞이게과

Genus *Pugettia* Dana, 1851 빨물맞이게속

64. *Pugettia intermedia* Sakai, 1938 중간빨물맞이게

Pugettia intermedia: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Grapsidae 바위게과]

Genus *Hemigrapsus* Dana, 1851 풀게속

65. *Hemigrapsus sanguineus* (De Haan, 1835) 무늬말게

Hemigrapsus sanguineus: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Pachygrapsus* Randall, 1840 바위게속

66. *Pachygrapsus crassipes* Randall, 1840 바위게

Pachygrapsus crassipes: 한국해양과학기술원, 2018.

Phylum Brachiopoda 완족동물문

Class Rhynchonellata

Order Rhynchonellida

Family Dallininidae 고려조개사돈과

Genus *Coptothyris* Jackson, 1918

67. *Coptothyris grayi* (Davidson, 1825) 세로줄조개사돈

Coptothyris grayi: 한국해양과학기술원, 2018.

Phylum Echinodermata 극피동물문

Class Stelleroidea 불가사리강

Order Valvatida 연변목

Family Asterinidae 별불가사리과

Genus *Asterina* Nardo, 1834 별불가사리속

68. *Asterina pectinifera* Muller & Troschel, 1842 별불가사리

Asterina pectinifera: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Forcipulata 차극목

Family Asteriidae 불가사리과

Genus *Asterias* Linnaeus, 1758 불가사리속

69. *Asterias amurensis* Lütken, 1871 아무르불가사리
Asterias amurensis: 한국해양과학기술원, 2018.

Class Ophiuroidea 거미불가사리강

Order Ophiurida 사미목

Family Ophiodermatidae 가죽거미불가사리과

Genus *Ophiarachnella* Ljungman, 1872 뱀거미불가사리속

70. *Ophiarachnella gorgonia* Müller & Troschel, 1842 뱀거미불가사리
Ophiarachnella gorgonia: 한국해양과학기술원, 2018.

Class Echinoidea 성게강

Order Echinoida 성게목

Family Strongylocentrotidae 둥근성게과

Genus *Hemicentrotus* Mortensen, 1942 말뚝성게속

71. *Hemicentrotus pulcherrimus* (A. Agassiz, 1863) 말뚝성게
Hemicentrotus pulcherrimus: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Pseudocentrotus* Mortensen, 1903 분홍성게속

72. *Pseudocentrotus depressus* (A. Agassiz, 1863) 분홍성게
Pseudocentrotus depressus: 한국해양과학기술원, 2018.

Genus *Strongylocentrotus* Brandt, 1835 둥근성게속

73. *Strongylocentrotus nudus* (A. Agassiz, 1863) 둥근성게
Strongylocentrotus nudus: 한국해양과학기술원, 2018.

Class Holothuroidea 해삼강

Order Aspidochirotida 순수목

Family Stichopodidae 돌기해삼과

Genus *Apostichopus* Liao, 1986 아포돌기해삼속

74. *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) 돌기해삼
Apostichopus japonicus: 한국해양과학기술원, 2018.

Class Crinoidea 바다나리강

Order Comatulida 바다나리목

Family Comasteridae 갯갯고사리과

Genus *Oxycomanthus* Rowe et. al., 1986 털갯갯고사리속

75. *Oxycomanthus japonicus* (Müller, 1841) 일본갯갯고사리

Oxycomanthus japonicus: 한국해양과학기술원, 2018.

Phylum Chordata 척삭동물문

Subphylum Urochordata 미삭동물아문

Class Ascidiacea 해초강

Order Stolidobranchia Lahille, 1887 강새목

Family Pyuridae 멩게과

Genus *Halocynthia* Verrill, 1879 멩게속

76. *Halocynthia roretzi* (von Drasche, 1884) 우렁챙이(멍게)

Halocynthia roretzi: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Styelidae 미더덕과

Genus *Styela* Fleming, 1822 미더덕속

77. *Styela clava* Herdmann, 1881 미더덕

Styela clava: 한국해양과학기술원, 2018.

Subphylum Vertebrata 척추동물아문

Class Actinopterygii 조기강

Order Scorpaeniformes 쏨뱅이목

Family Scorpaenidae 양볼락과

Genus *Sebastes* Cuvier, 1829 볼락속

78. *Sebastes schlegelii* Hilgendorf, 1880 조피볼락

Sebastes schlegelii: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Hexagrammidae 쥐노래미과

Genus *Hexagrammos* Tilesius, 1810 쥐노래미속

79. *Hexagrammos agrammus* (Temminck & Schlegel, 1843) 노래미

Hexagrammos agrammus: 2018; 한국해양과학기술원, 2018.

Order Perciformes 농어목

Family Sillaginidae 보리멸과

Genus *Sillago* Cuvier, 1816 보리멸속

80. *Sillago sihama* (Forsskål, 1775) 보리멸
Sillago sihama: 한국해양과학기술원, 2018.

Family Oplegnathidae 돌돔과

Genus *Oplegnathus* Richardson, 1840 돌돔속

81. *Oplegnathus fasciatus* (Temminck & Schlegel, 1844) 돌돔
Oplegnathus fasciatus: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Pleuronectiformes 가자미목

Family Paralichthyidae 넙치과

Genus *Paralichthys* Girard, 1858 넙치속

82. *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel, 1846) 넙치
Paralichthys olivaceus: 한국해양과학기술원, 2018.

Order Tetraodontiformes 복어목

Family Tetratodontidae 참복과

Genus *Takifugu* Abe, 1949 참복속

83. *Takifugu niphobles* (Jordan & Snyder, 1901) 복섬
Takifugu niphobles: 한국해양과학기술원, 2018.

Class Aves 조강

Order Charadriiformes 도요목

Family Laridae 갈매기과

Genus *Larus* Linnaeus, 1758 갈매기속

84. *Larus canus* Linnaeus, 1758 갈매기
Larus canus: 한국해양과학기술원, 2018.

3) 수중암반 수중생태지도 및 서식지영상합성지도 작성

동해 남부 연안 울산 주변(선암 남쪽 면적 10 m x 10 m)에서 서식지의 구체적인 특징 및 가시화를 위해 수중암반 서식지영상합성지도를 제작하였다. 조사범위에서 수중과학잠수 조사를 통해 약 900 ~ 1,200 여장의 고화질 이미지(2100만 화소급)를 합성하여 하나의 서식지영상합성지도를 제작하고 이를 정밀해저지형과 mapping하여 입체적인 서식지영상합성지도를 제작하였다. 또한 울산 선암 주변의 수중생태계에 대한 사실적이고 구체적인 정보 제공을 목적으로 서식지영상지도를 제작한 지역의 수중생태지도를 제작하였다. 이를 통해 눈에 보이지 않는 수중생태계를 한 눈에 볼 수 있으며, 서식지에 대한 구체적인 정보를 확보하였다(그림 3-1-26 ~ 3-1-27).

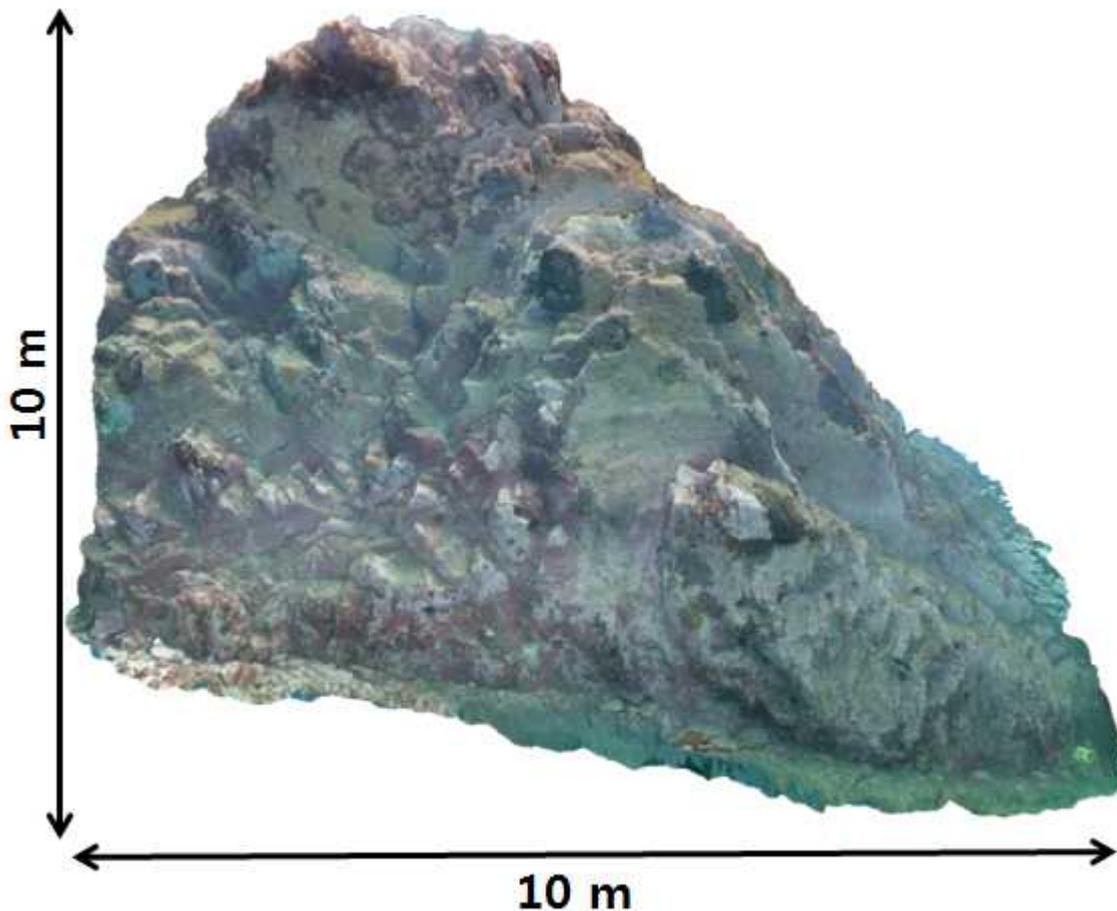


그림 3-1-26. 동해 남부 연안 울산 선암 주변 서식지영상합성지도 제작

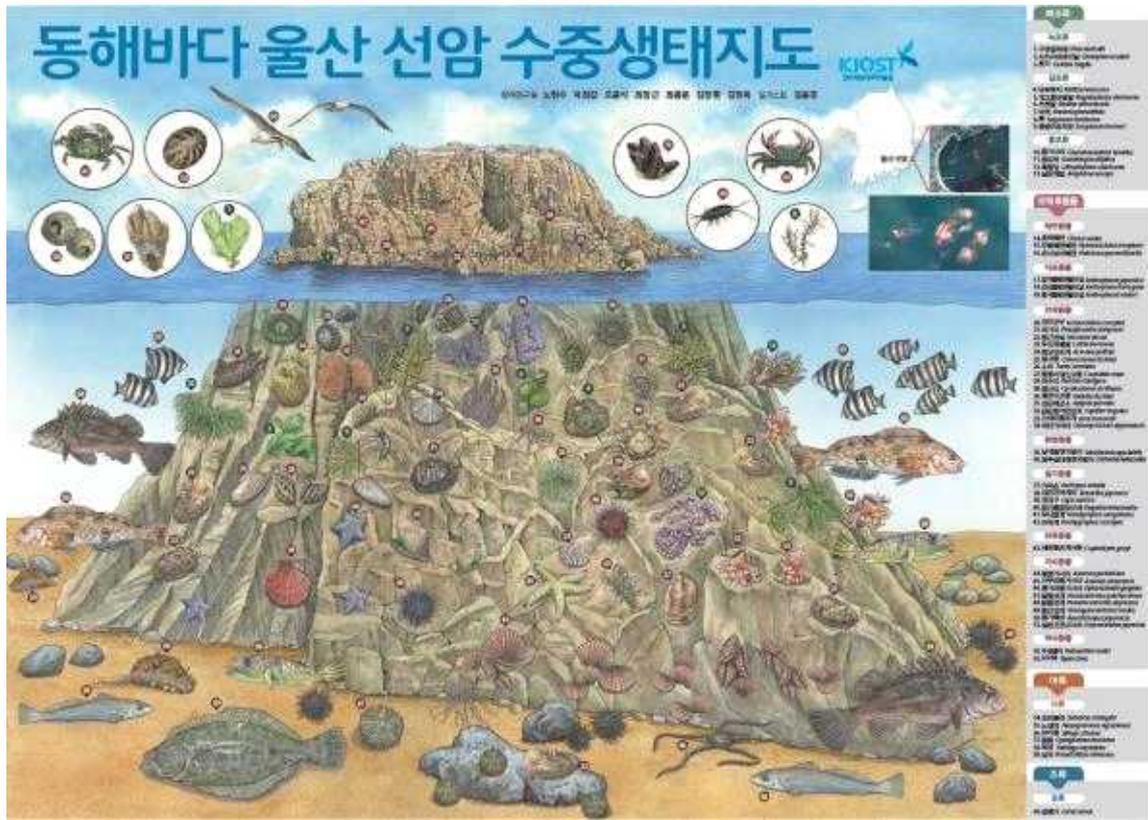


그림 3-1-27. 동해 남부 연안 울산 선암 주변 수중생태지도

4. 동해 남부 연안(울산) 사질-수중암반 주변 대형 및 중형저서동물의 생태특성 분석

가. 동해 남부 연안(울산) 사질-수중암반 주변 중형저서동물의 생태특성 분석

1) 조사 방법

동해 남부 연안의 대표적인 사질-수중암반인 울산 선암 주변 중형저서동물의 생태특성을 조사하기 위하여, 각 정점별 Smith-McIntyre grab (0.1 m²)을 이용하여 2018년 7월 11개 정점에서 퇴적물 시료를 채집하였다(그림 3-1-28). 채집된 퇴적물은 선상에서 syringe core(10 cm³)를 이용하여 3개의 부시료를 확보하고 5 % 중성포르말린으로 고정한 후 현장에서 연구실로 운반하였다. 운반되어진 시료는 실험실에서 1 mm 체를 통과하고 37 μ m 체에 남겨진 시료를 silica-gel Ludox HS-40에 넣어 원심분리 하여 밀도차이에 의한 생물 분리 방법을 통해 중형저서동물을 퇴적물과 분리하였다(Robert Burgess, 2001). 퇴적물과 분리된 중형저서동물은 각 크기의 체(500 μ m, 250 μ m, 125 μ m, 63 μ m, 37 μ m)로 크기별로 걸러내어 해부현미경 하에서 계수하였고, 광학현미경 하에서 동정, 분류하였다. 생체량 분석은 Shirayama(1983)의 중형저서동물의 주요 분류군별 개체당의 ash free dry weigh(μ g) 환산값을 사용하였다. 각 정점의 군집 다양도를 평가하기 위하여 풍부도(Richness), 균등도 지수(Evenness Index), 다양도 지수(Diversity Index)는 Shannon and Wiener (1963)에 의하여 구하였다. 또한 중형저서동물의 환경특성과 군집특성간의 상관관계를 파악하고자 출현분류군수, 서식밀도, 생체량, 종 다양도 값과 환경특성(Temperature, Salinity, pH, DO, TOC, 평균입도)값을 이용하여 비모수 통계기법(non-parametric)인 spearman rank correlation coefficient를 사용하여 상관성 분석을 실시하였다(SPSS ver. 12.0).

중형저서동물의 서식에 영향을 주는 수층환경(수온, 염분, DO 등)은 생물채집과 동시에 현장에서 CTD를 이용하여 측정하였으며, 저서환경(퇴적물 입도, 유기물 등)은 상자형시료채취기에서 소량의 퇴적물을 채취한 후, 총유기탄소량(TOC)과 퇴적물입도 분석을 위해 냉동보관하여 실험실로 운반하였다.

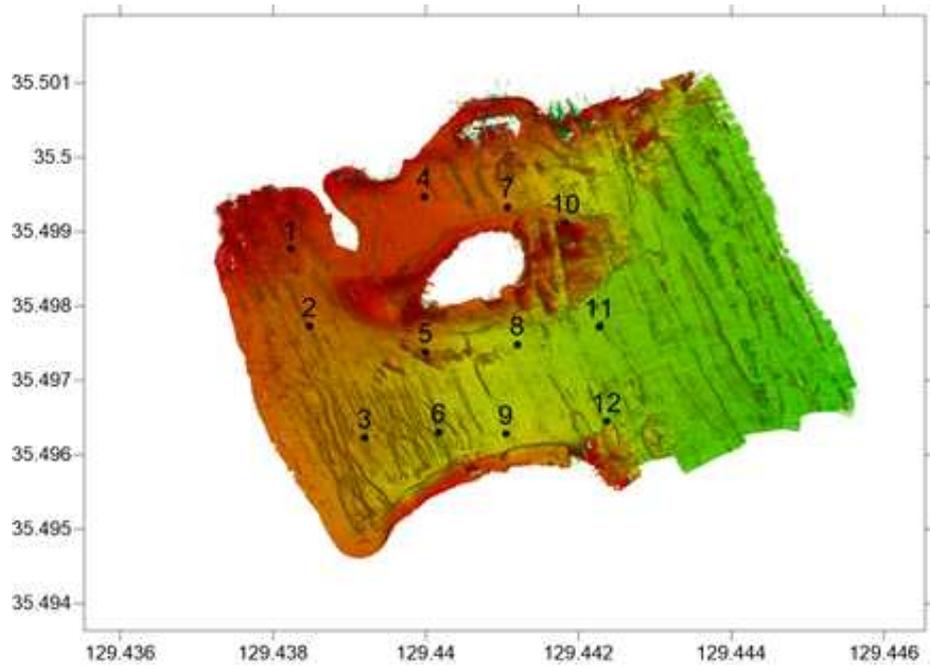


그림 3-1-28. 연구범위 내 대형/중형저서동물 조사정점

2) 결과 및 토의

가) 동해 남부 연안 울산 선암 주변 연성저질의 저서환경

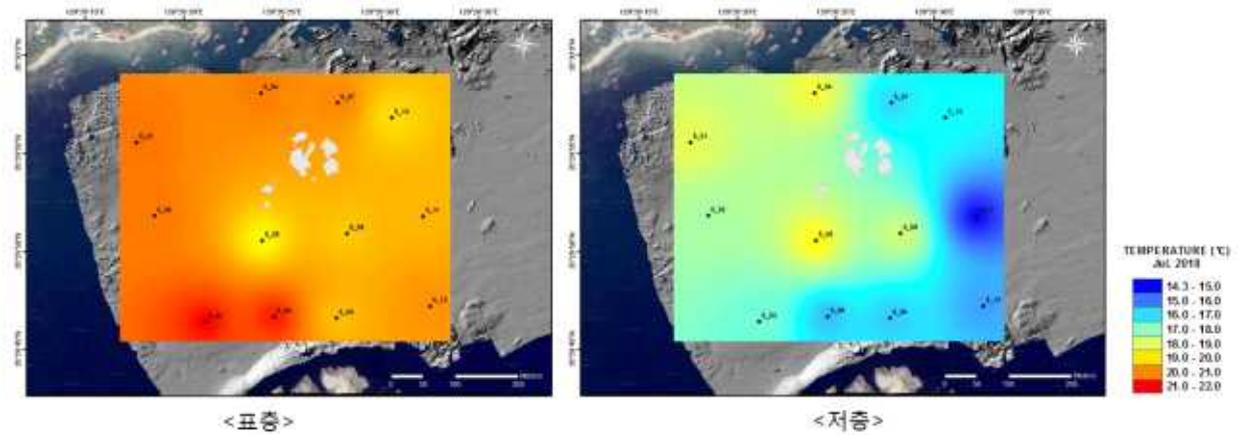


그림 3-1-29. 조사정점별 표층과 저층의 수온분포

동해 남부 연안 울산 선암의 7월 표층수온은 연구지역에서 19 ~ 20°C 분포를 나타냈으며, 저층수온은 14 ~ 18°C 분포를 나타냈다. 표층수온은 정점별로 큰 차이를 보이지 않았으나 수심이 얇고 연안에 인접한 정점이 비교적 높게 나타났다. 저층수온은 선암 바깥쪽의 수심이 깊은 정점에서 14 ~ 15°C로 낮은 수온 분포를 나타냄(그림 3-1-29).

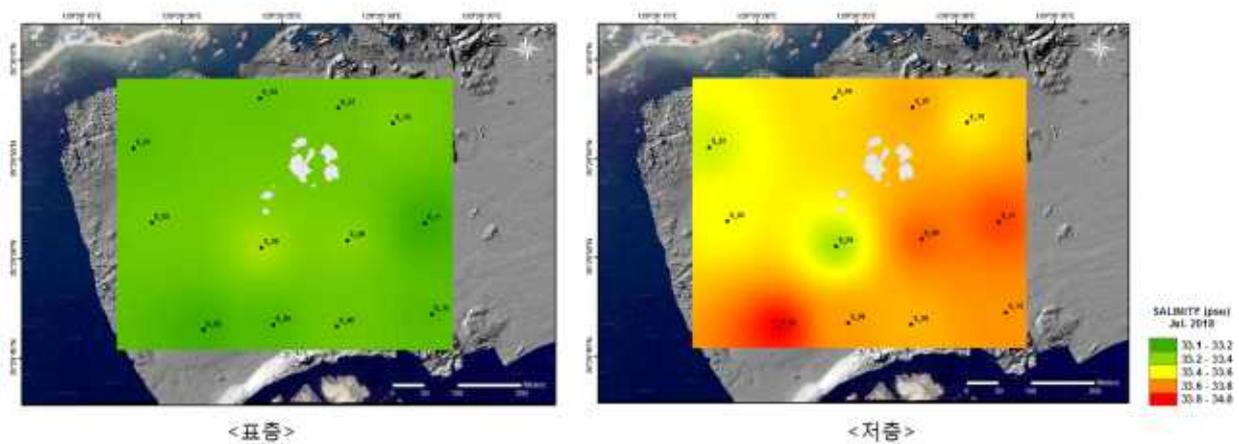


그림 3-1-30. 조사정점별 표층과 저층의 염분분포

연구지역내 7월 표층염분과 저층염분은 연구지역에서 33 psu 범위 분포를 나타냈으며, 표

층과 저층의 염분 값은 큰 차이를 보이지 않았다. 선암 바깥쪽 깊은 수심의 정점이 상대적으로 수심이 얇은 정점에 비해 염분 값이 높고 변화폭이 작게 나타났다(그림 3-1-30).

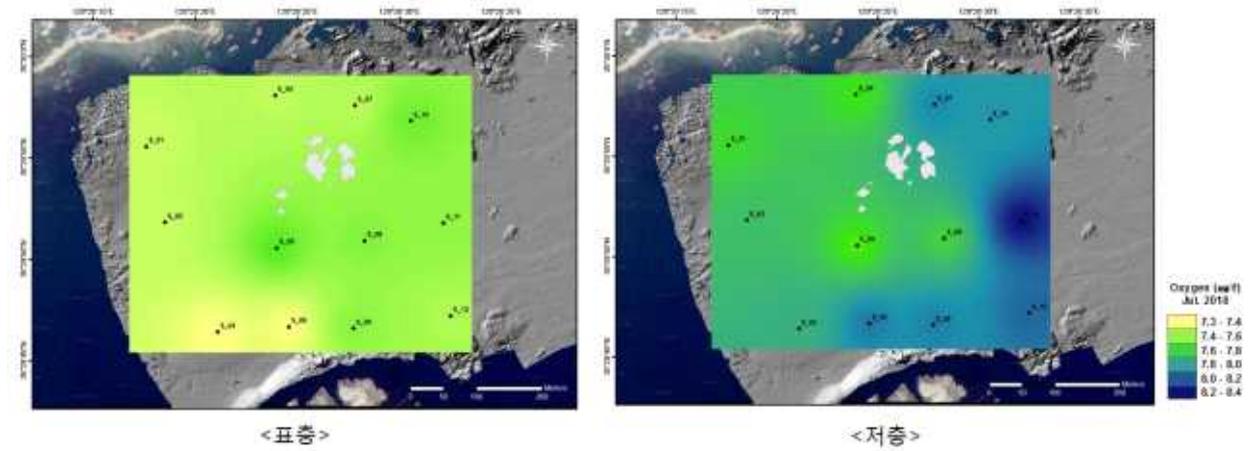


그림 3-1-31. 조사정점별 표층과 저층의 용존산소 분포

연구지역내 7월 표층 용존산소는 7.3 ~ 7.5 mg/ℓ 범위를 나타냈으며, 연안 인접 지역에서 낮은 값을 나타내고 선암 주변 및 바깥쪽 정점들에서 높은 값을 나타냈다. 저층 용존산소는 7.6 ~ 8.3 mg/ℓ 범위를 나타냈으며, 수심이 얇은 연안 인접 지역에서 낮은 값을 나타내고 선암 바깥쪽 정점들에서 높은 값을 나타냈다. 표층에 비해 저층의 용존산소가 높은 값을 나타냈다(그림 3-1-31).

나) 중형저서동물의 군집특성 분석

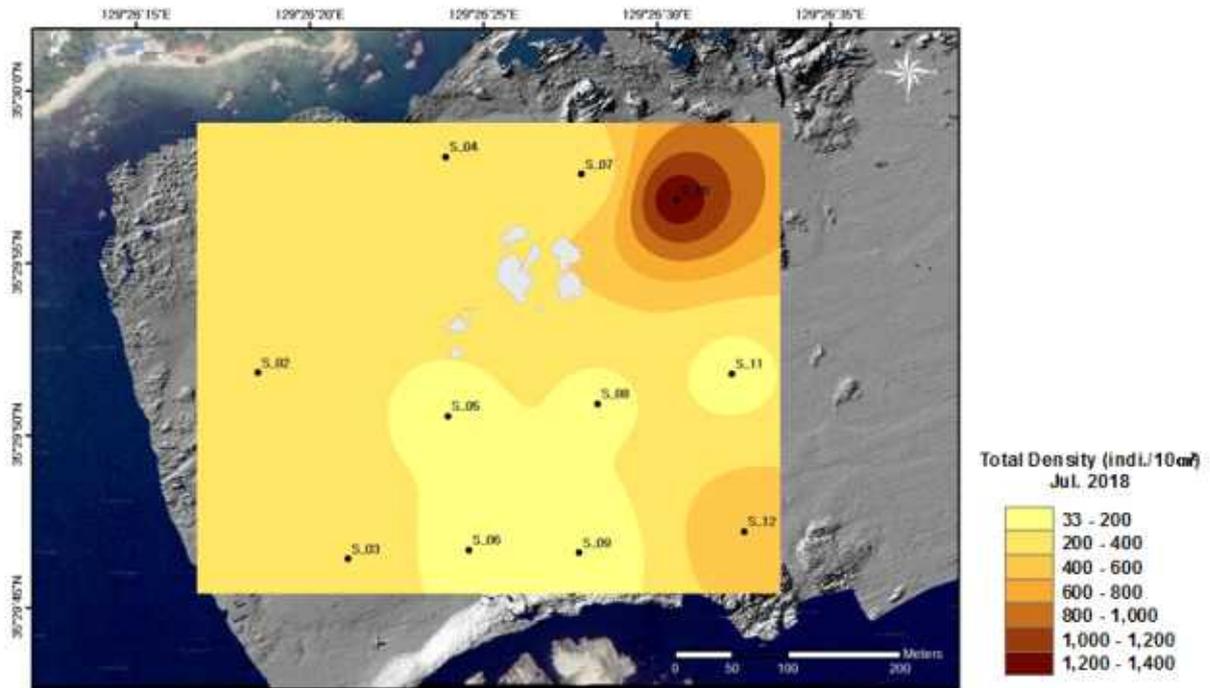


그림 3-1-32. 연구지역내 출현한 중형저서동물의 서식밀도

동해 남부 연안 울산 선암 주변 연성기질에 서식하는 중형저서동물의 서식밀도 분석결과 선암을 중심으로 남쪽과 북쪽이 뚜렷한 차이를 나타냈다. 북쪽 정점들에서 높은 서식밀도를 나타내고 남쪽 정점들에서 낮은 서식밀도를 나타냈다. 선암을 기준으로 수심이 깊은 북측 바깥 정점 10에서 선형동물이 극우점하여 가장 높은 서식밀도를 나타냈으며, 수심이 가장 얇은 북측 정점 4에서 저서성 요각류의 서식밀도가 가장 높게 나타났다(그림 3-1-32).

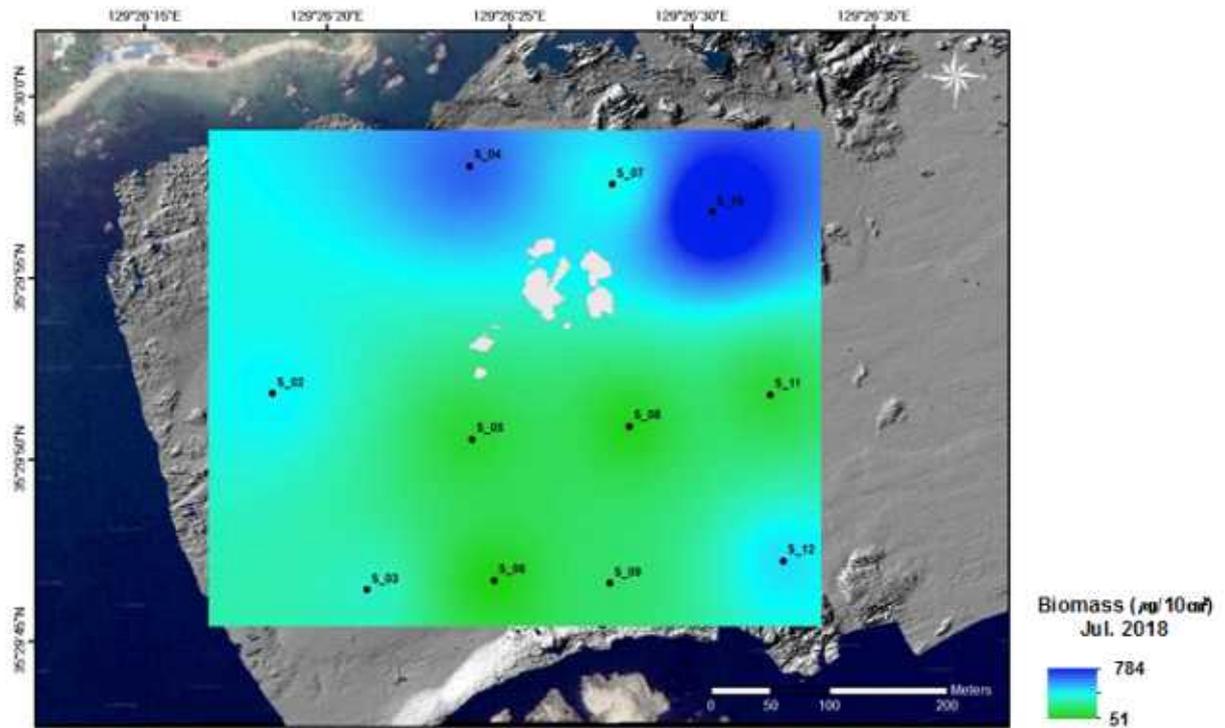


그림 3-1-33. 연구지역내 출현한 중형저서동물의 생체량

연구지역내 서식하는 중형저서동물의 생체량 분석결과 선암을 중심으로 남쪽과 북쪽이 뚜렷한 차이를 나타냈다. 북쪽 정점들에서 높은 생체량 나타내고 남쪽 정점들에서 낮은 생체량을 나타냈다. 선암을 기준으로 수심이 깊은 북측 바깥 정점에서 선형동물이 극우점하여 가장 높은 생체량을 나타냈으며, 수심이 가장 얇은 북측 정점 4에서 저서성 요각류의 생체량이 가장 높게 나타났다(그림 3-1-33)

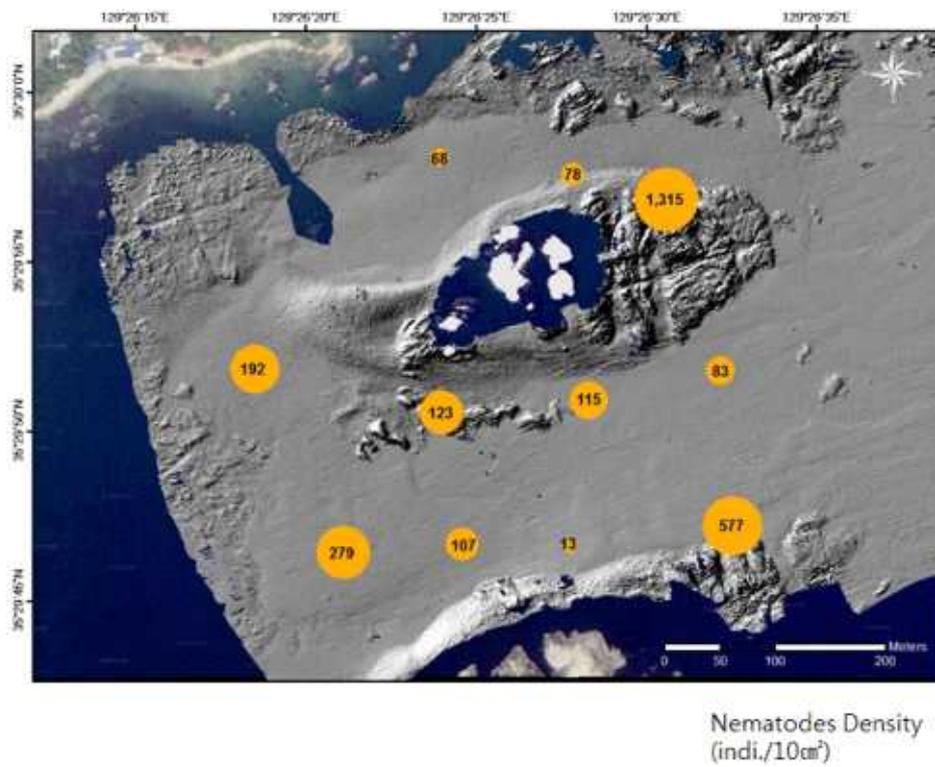


그림 3-1-34. 중형저서동물의 우점분류군인 선형동물의 서식밀도 분포 패턴

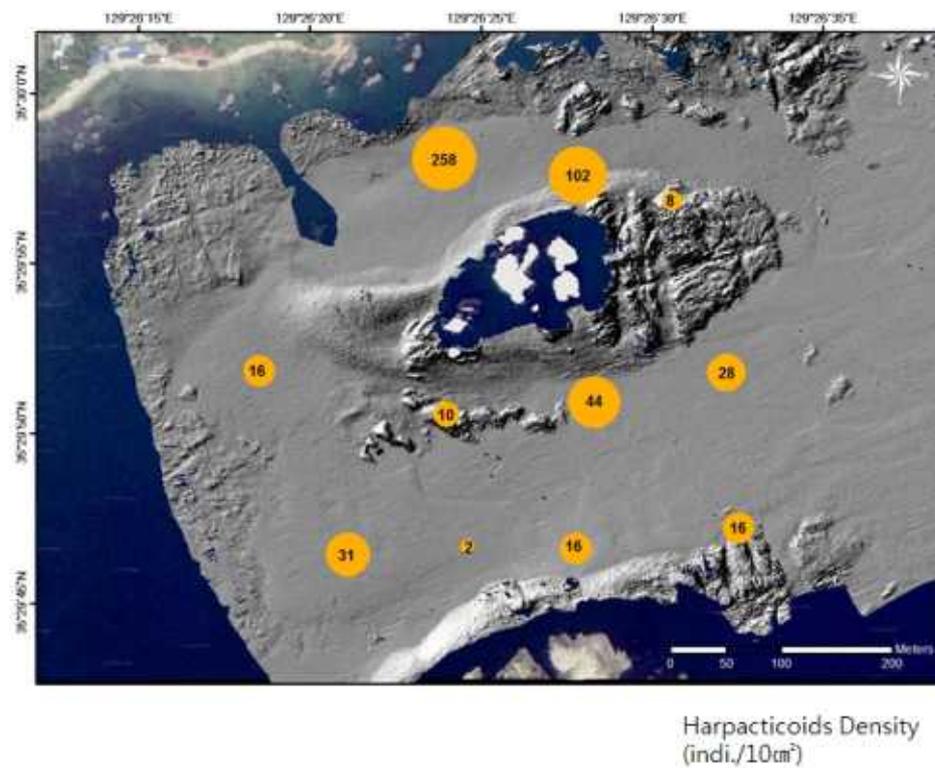


그림 3-1-35. 중형저서동물의 우점분류군인 저서성요각류의 서식밀도 분포 패턴

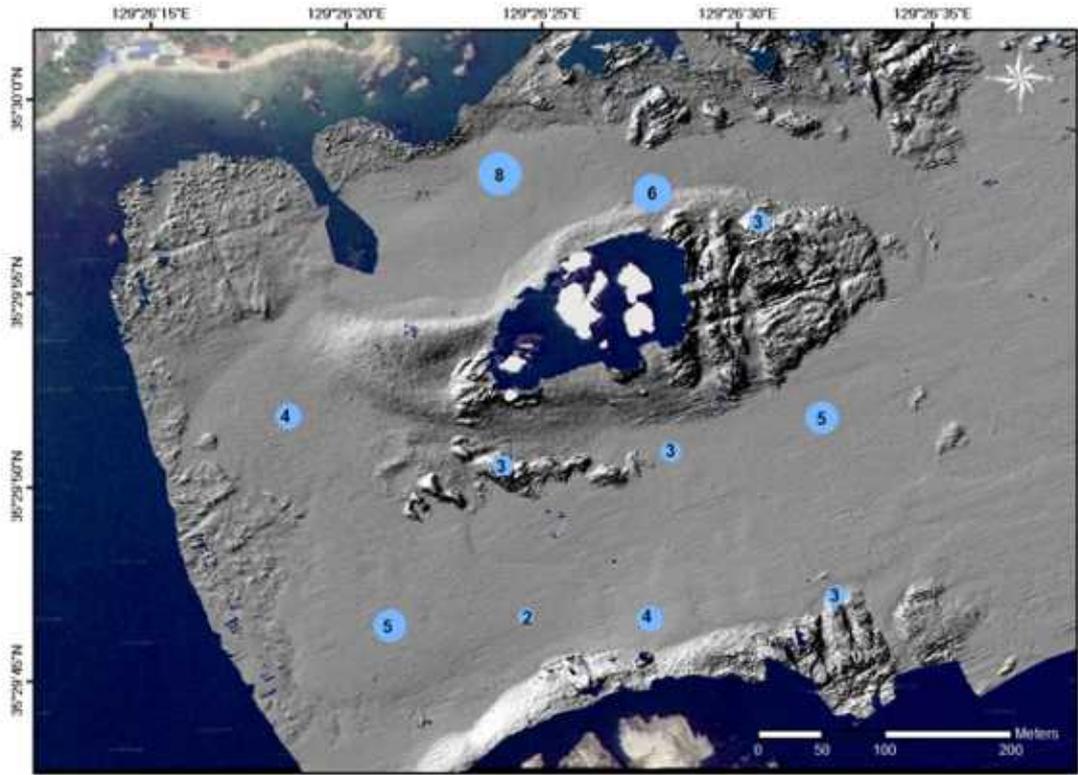


그림 3-1-36. 연구지역내 중형저서동물의 출현분류군수

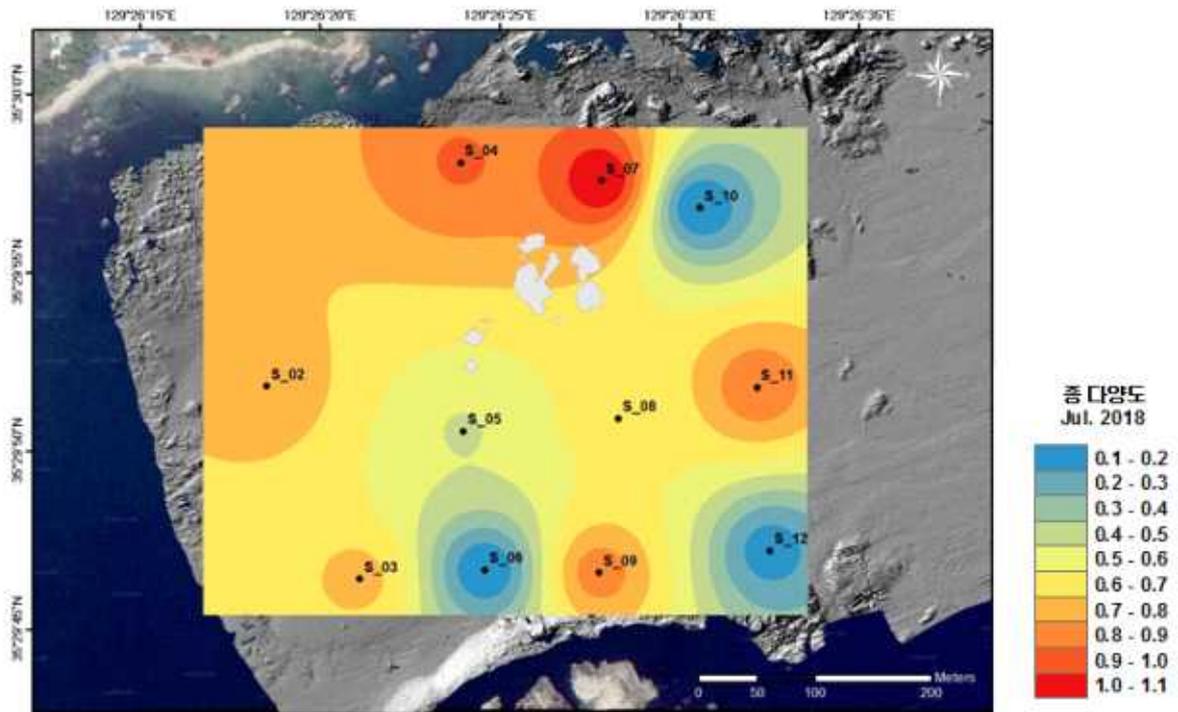


그림 3-1-37. 연구지역내 중형저서동물의 분류군다양도

동해 남부 연안 울산 선암 연구지역에서 출현한 중형저서동물 그룹 중 주요 우점분류군인 선충류와 저서성 요각류의 서식밀도 분포 경향은 가장 높은 서식밀도를 나타낸 선충류의 경우 총 서식밀도 분포 경향과 유사하며, 두 번째로 높은 서식밀도를 나타낸 저서성 요각류는 생체량의 분포 경향과 유사한 분포를 나타냈다(그림 3-1-34 ~ 3-1-35). 선충류와 저서성 요각류의 서식밀도는 유기물 함량이 낮은 정점들에서 높은 서식밀도를 유지하는 분포 경향을 나타냈다. 연구지역에서 출현한 중형저서동물은 2 ~ 8 분류군이 출현하였으며, 연안 인접 지역과 선암 북쪽에서 가장 높은 출현분류군수를 나타냈다. 이는 퇴적물 내 총 유기물 함량의 분포 특성과 유사한 경향을 나타냈다(그림 3-1-36).

퇴적물 내 총 유기물 함량 분석 결과 유기물 함량이 가장 적은 지역에서 높은 출현분류군수를 나타낸 반면 유기물 함량이 높은 지역에서 낮은 출현분류군수를 나타냈다(그림 3-1-37). 우점분류군인 저서성 요각류의 서식밀도 또한 유기물 함량이 적은 지역에서 높은 서식밀도를 나타냈으며, 중형저서동물 그룹 중 가장 높은 서식밀도를 나타낸 선충류의 경우 퇴적물 입자 크기와 유사한 경향을 나타냈다. 본 연구지역에서 중형저서동물의 분포 경향은 퇴적물의 입자 크기와 퇴적물 내 유기물 함량과 유의한 상관관계를 나타냈다

나. 동해 남부 연안(울산) 사질-수중암반 주변 대형저서동물의 생태특성 분석

1) 조사 방법

동해 남부 연안의 대표적인 사질-수중암반인 울산 선암 주변 대형저서동물의 생태특성을 조사하기 위하여, Smith-McIntyre grab (0.1 m²)을 이용하여 2018년 7월 중형저서동물 조사 지역과 동일한 11개 정점에서 퇴적물 시료를 채집하였다. 채집된 퇴적물은 선상에서 대형저서동물의 채집방법에 따라 시료를 채취하였다. 장비에 채집된 퇴적물은 선상에서 여과된 해수를 이용하여 1 mm 이상 크기의 체로 걸렀으며, 체에 남은 퇴적물과 시료를 10 % 포르말린으로 고정하였다. 채집된 시료는 실험실에서 주요 분류군 별로 생물을 고른 후, 분류군 생체량을 측정 한 후, 주요 분류군은 가능한 종 수준까지 동정하였다.

대형저서동물의 서식에 영향을 주는 수층환경(수온, 염분, DO 등)은 생물채집과 동시에 현장에서 CTD를 이용하여 측정하였으며, 저서환경(퇴적물 입도, 유기물 등)은 상자형시료채취기에서 소량의 퇴적물을 채취한 후, 총유기탄소량(TOC)과 퇴적물입도 분석을 위해 냉동보관하여 실험실로 운반하였다.

2) 결과 및 토의

연구지역에서 출현한 대형저서동물의 종수는 총 92종이 출현하였으며, St. 7에서 가장 적은 10종이 출현하였고 수심이 낮은 St. 2에서 가장 많은 29종이 출현하였다(그림 3-1-38). 분류군별로는 환형동물이 45종으로 가장 많이 나왔고 연체동물은 17종으로 가장 적게 나왔다(그림 3-1-39). 총 서식밀도는 평균 966 inds./m²이며, 수심이 깊은 외측 St. 12에서 3,770 inds./m² 으로 가장 높았고 St. 5는 280 inds./m²으로 가장 적었다. 대형저서동물 우점분류군별 서식밀도분포 패턴을 보았을 때, 연체동물의 경우 평균 서식밀도가 20 inds./m²이며, St. 10에서 60 inds./m² 로 가장 높았고 St. 8에서는 출현하지 않았다. 환형동물은 평균 550 inds./m² 나왔으며, St. 9에서 1,290 inds./m² 로 가장 높았으며 St. 11에서는 145 inds./m² 으로 가장 낮았다. 절지동물은 평균 375 inds./m² 출현하였고, St. 7에서 260 inds./m² 으로 가장 높게 나왔고 St. 3에서 5 inds./m² 으로 가장 낮았다(그림 3-1-39).

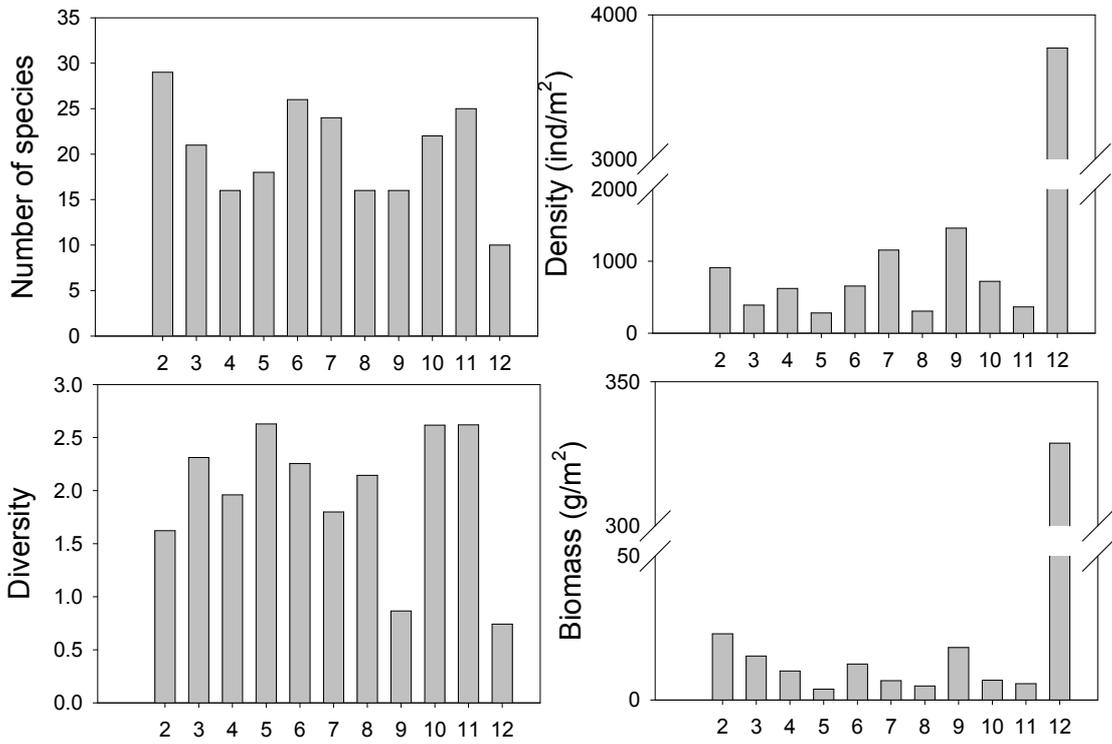


그림 3-1-38. 울산 선암 주변해역의 대형저서동물의 종수, 서식밀도, 종다양도, 생체량

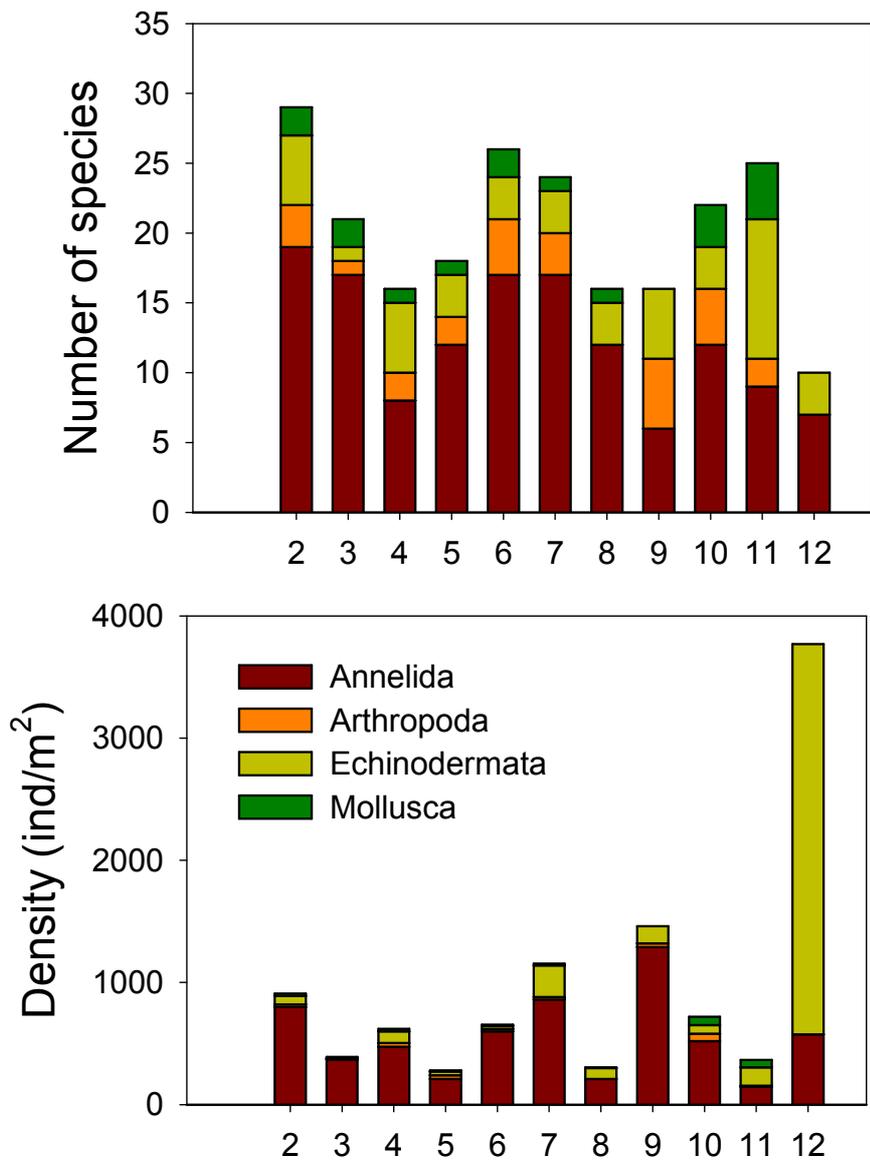


그림 3-1-39. 울산 선암 주변해역의 대형저서동물의 분류군별 종수와 서식 밀도 비율

연구지역내 출현한 대형저서동물의 생체량은 평균 39.6 g/m² 나왔지만, 대부분의 정점에서 생체량이 평균 10 g/m² 이하로 낮게 나왔다. 조사지역 외측의 St. 12에서는 328.7 g/m² 이상의 높은 생체량을 보였는데 이는 갑각류(집게류)가 다수 출현하였기 때문이다. 종 다양성 지수는 평균 2.5이며, St. 11에서 2.62 으로 가장 높고 St. 12에서 0.74로 가장

낮았다. 대체로 조사 지역의 동북에서 남서쪽 점점에서 높게 나타났다(그림 3-1-39).

상위 2% 이상 출현한 종은 8종이며, 환형동물이 6종으로 가장 많은 우점종이 나타났으며, 절지동물은 2종으로 두 번째로 높게 나타났다(표 3-1-3). 갑각류(집게)에 속하는 넓적손원손집게(*Diogenes edwardsii*)가 가장 우점하였으며 평균서식밀도가 286 inds./m²으로 나타났으며, 얼굴갯지렁이(*Aonides oxycephala*)가 평균 272 inds./m²으로 두 번째로 높게 나왔다. 넓적손원손집게(*Diogenes edwardsii*)는 대부분에 정점에서 10 inds./m² 이하로 나왔지만, St. 12에서 3115 inds./m²가 출현해서 가장 우점하는 종이 되었고, 얼굴갯지렁이(*Aonides oxycephala*)는 모든 정점에서 출현하였다. *Siphonoecetes exolitus*, 양손갯지렁이(*Magelona japonica*), 민얼굴갯지렁이(*Spiophanes bombyx*), 작은수염갯지렁이(*Micropodarke dubia*), 버들갯지렁이류(Capitellidae sp. 1), 대나무갯지렁이류(Maldanidae sp. 1) 순으로 우점하였다. 이들 우점종들은 사질 서식지를 선호하는 종이며, 종별로 선호 서식지의 차이가 나타난다 (그림 3-1-40).

표 3-1-3. 강릉 십리바위 주변해역의 대형저서동물의 우점종 목록

| Taxa | Species | 국명 | Density | % |
|------|-------------------------------|----------|---------|------|
| Cde | <i>Diogenes edwardsii</i> | 넓적원손집게 | 286 | 29.6 |
| Apo | <i>Aonides oxycephala</i> | 얼굴갯지렁이류 | 272 | 28.2 |
| Cam | <i>Siphonoecetes exolitus</i> | | 54 | 5.6 |
| Apo | <i>Magelona japonica</i> | 양손갯지렁이 | 39 | 4.0 |
| Apo | <i>Spiophanes bombyx</i> | 민얼굴갯지렁이 | 34 | 3.5 |
| Apo | <i>Micropodarke dubia</i> | 작은수염갯지렁이 | 31 | 3.2 |
| Apo | Capitellidae sp.1 | 버들갯지렁이류 | 22 | 2.3 |
| Apo | Maldanidae sp.1 | 대나무갯지렁이류 | 21 | 2.2 |

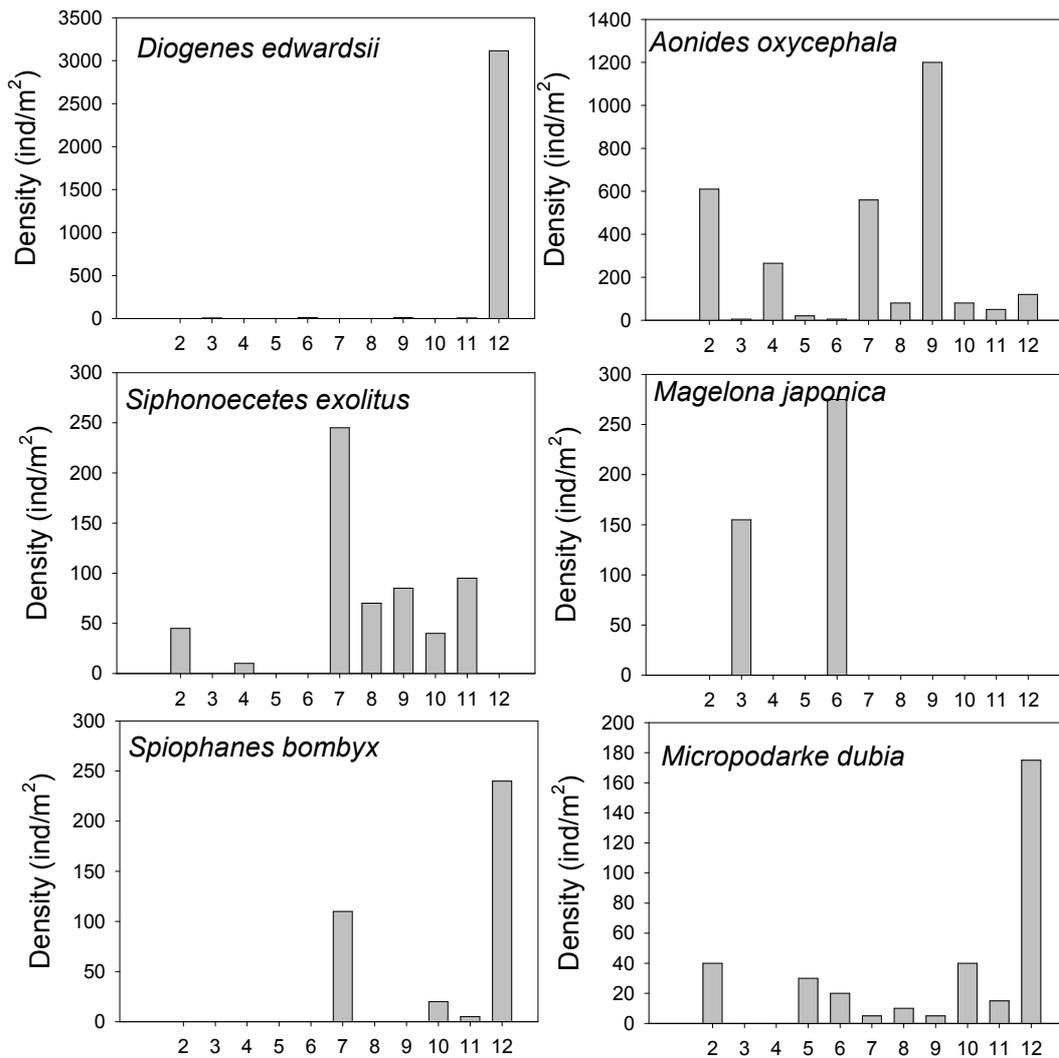


그림 3-1-40. 울산 선암 주변해역의 주요 우점종의 서식밀도

연구지역내 대형저서동물 군집구조는 1개의 그룹으로 나뉘어지며, 세부적으로 2개의 그룹으로 다시 구분되어졌다(그룹 a- St. 3, 5, 6 / 그룹 b- St. 2, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12)(그림 3-1-41). Simper 테스트를 통해 그룹이 나뉠 때에 있어 가장 기여한 종을 보았을 때, a그룹에는 양손갯지렁이(*Magelona japonica*), b그룹에는 얼굴갯지렁이(*Aonides oxycephala*), 넓적손원손집게(*Diogenes edwardsii*)가 우점하여 출현하였다. 군집구조에 영향을 주는 환경요인(BIO-ENV test)에서 가장 높은 상관계수($r > 0.63$)를 보이는 요인으로는 수심과 표층 수온, 퇴적물의 실트 함량, 퇴적물 평균 입도 등의 조합으로 나타났다.

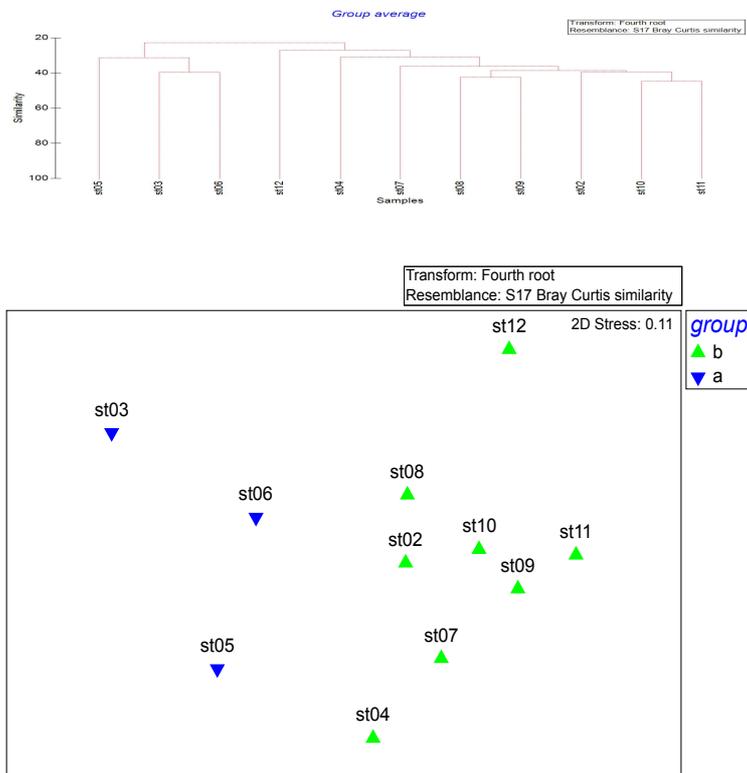


그림 3-1-41. 울산 선암 주변 해역의 연구지역내 대형저서동물의 군집특성

대형저서동물 및 중형저서동물의 종 구성과 환경요인과의 상관분석을 실시한 결과, 중형저서동물의 출현분류군수, 생체량, 우점분류군인 저서성 요각류 서식밀도는 퇴적물 내 유기물 함량과 음의 상관성을 나타냈다($p < 0.05$). 저서성 요각류는 유기물 함량이 적은 서식지를 선호하는 것으로 추정된다. 우점분류군인 선충류는 퇴적물의 입자 크기와 양의 상관성을 나타냈다($p < 0.05$). 대형저서동물의 주요 분류군인 연체동물의 서식밀도는 저층 염분과 유의한 음의 상관관계($r = -0.78, p < 0.01$)를 보였으며, 갑각류의 종수는 퇴적물의 입도와 유의한 음의 상관관계($r = -0.87, p < 0.001$)가 나타났고, 갑각류의 서식밀도는 퇴적물의 실트함량과 유의한 음의 상관관계($r = -0.68, p < 0.05$)를 보였다. 대형저서동물의 우점종인 넓적원손집게는 저층수온($r = -0.76, p < 0.001$)과 평균 염분농도($r = 0.84, p < 0.001$)와 저층 용존산소($r = 0.76, p < 0.001$) 그리고 모래의 함량($r = 0.60, p < 0.05$)과 유의한 상관관계를 보였다. 또한 다모류인 양손갯지렁(*Magelona japonica*)는 퇴적물의 평균입도와 유의한 양의 상관관계($r = 0.66, p < 0.05$)를 보였으나, 얼굴갯지렁이류(*Aonides oxycephala*)와 민얼굴갯지렁이(*Siphonocetes exolitus*)은 퇴적물의 평균입도와 음의 상관관계($p < 0.05$)를 보였다(표 3-1-4).

표 3-1-4. 울산 선암 주변 해역의 대형 및 중형저서동물과 서식환경간의 상관관계 분석

| | 저층 Temp | 저층 Salinity | DO($\mu\text{g/L}$) | pH | MZ | Silt(%) | TOC(%) |
|----------------------------|------------|----------------|-----------------------|----|----|---------|--------|
| 중형저서동물 출현분류군수 | | | | | | | - |
| 중형저서동물 서식밀도 | | | | | + | | |
| 중형저서동물 생체량 | | | | | | | - |
| 주요 우점분류군 선충류 서식밀도 | | | | | + | | |
| 주요 우점분류군 저서성요각류 서식밀도 | | | | | | | - |
| 주요 우점분류군 연체동물 서식밀도 | | - | | | | | |
| 주요 우점분류군 절지동물 서식밀도 | | | | | | - | |
| 주요 우점분류군 절지동물 종수 | | | | | - | - | |

[Negative or positive correlation by Spearman rank correlation ($p < 0.05$)]

동해 연안 사질-수중암반인 강릉 십리바위와 울산 선암 주변 대형저서동물의 생태특성을 분석한 결과, 강릉 십리바위 주변 해역에서 대형저서동물의 종수는 총 79종이었으나 울산 선암 주변 해역에서는 92종으로 울산 선암 해역의 종수가 상대적으로 더 높았다. 반면에 대형저서동물의 서식밀도와 생체량은 울산 선암 주변 해역 보다 높았다. 대형저서동물의 종 다양도 지수는 울산 조사지역이 강릉 지역보다 생물상이 다양하고 많이 출현하였으며, 특히 환형동물이 다양하게 출현하였다. 강릉지역의 최우점종은 다모류인 침보석요정갯지렁이 (*Armandia lanceolata*)였으나, 울산 지역은 갑각류(집게)에 속하는 넓적손원손집게 (*Diogenes edwardsii*)가 가장 우점하였다. 강릉 지역의 경우 대형저서동물 군집구조는 퇴적물의 자갈함량에 가장 큰 영향을 받았으나, 울산 연구지역은 다양한 환경요인(수심과 표층 수온, 퇴적물의 실트 함량, 퇴적물 평균 입도 등)의 영향을 받았다. 이와 같은 결과, 대형저서동물의 군집특성은 강릉 십리바위 주변해역보다는 울산 선암 주변해역이 다양한 해양환경의 영향을 받고 있는 것으로 여겨진다.

제 2 절 동해 연안 생태계 서식환경 특성 연구

1. 동해 북부 연안(강릉) 생태계 서식환경 특성 연구

가. 조사방법

동해 북부 연안의 대표적인 서식환경인 사질-수중암반 생태계를 대상으로 동해 연안 지역별 대표 연구거점(Model Station)의 기본적인 환경 특성 파악을 위한 Eco-mapping 연구 기법을 적용하기 위해 정밀 해저 지형조사, 해저면 영상조사 및 표층퇴적물 채취를 수행하였다. 연구지역은 동해 북부 연안의 서식지 중 한 곳인 강릉 경포 해변 앞 십리바위를 중심으로 주변 약 500 m x 500 m 해역이다. 조사시기는 2017년 3월 20일부터 3월 25일까지 약 6일간 정밀 해저 지형조사 및 해저면 영상조사를 수행하였으며, 해수면 위 십리바위 노출구역에 대한 드론촬영은 2017년 7월 18일, 표층퇴적물 시료 획득은 2017년 7월 26일에 수행하였다. 조사내용으로는 정밀 해저 지형조사는 다중빔 음향측심기(Multibeam Echo sounder, MBES), 해저면 영상조사는 해저면 영상탐사기(Side Scan Sonar, SSS), 표층퇴적물 시료 획득은 Smith McIntyre Grab을 이용하여 과업에 필요한 조사를 각각 수행하였다(그림 3-2-1). 현장조사를 수행한 강릉 십리바위 주변 해역은 십리바위(노출암)와 주변 해저암반지대 및 얕은 수심대가 분포하여 대형 연구선이 아닌 소형 선박의 활용이 필요하였으며, 다중빔 음향측심기, 해저면 영상탐사기, DGPS 안테나, 모션 센서 등 현장조사 장비를 소형 선박에 직접 설치하여 현장조사를 수행하였다.



그림 3-2-1. 동해 북부 연안(강릉 십리바위) 생태계 서식환경 특성 연구 범위

나. 결과 및 토의

1) 정밀 해저 지형

현장조사로 획득한 정밀 해저 지형자료를 이용하여 연구지역인 강릉 경포해변 십리바위 주변 해역에 대한 정밀 해저 지형도를 작성하였다(그림 3-2-2, 그림 3-2-3). 연구지역의 정밀 해저 지형도를 살펴보면 강릉 경포해변 십리바위 주변 약 500 m x 500 m 범위 해역은 동해 연안의 대표적인 서식환경 특성인 사질-수중암반 지대가 잘 형성되어 있다. 십리바위 주변의 경우 강릉 경포해변으로부터 약 600 m 정도 떨어져 있으며 연구지역의 전체적인 수심은 노출암인 십리바위부터 수심 약 20 m의 범위 내에 분포한다. 노출암인 십리바위 바로 주변과 북쪽 및 동쪽 해역에서는 큰 규모의 수중암반 지대가 발달한 특징을 보이고 있다. 십리바위 서쪽(경포해변 방향)으로는 인위적으로 설치한 인공어초 구역이 형성되어 있는데, 인공어초 역할을 하는 것으로 판단되는 구조물들은 수백 개에 달하며, 크기 및 형태는 다양하게 나타나고 있다. 십리바위 주변 해역은 전반적으로 수중암반 지역이 불규칙하게 형성되어 있는데, 이러한 수중암반 지역 주변으로는 사질 퇴적지역이 발달해 있으며, 수중암반이 형성된 일부 구역 내에서도 퇴적물들이 나타나는 특징을 보이고 있다.

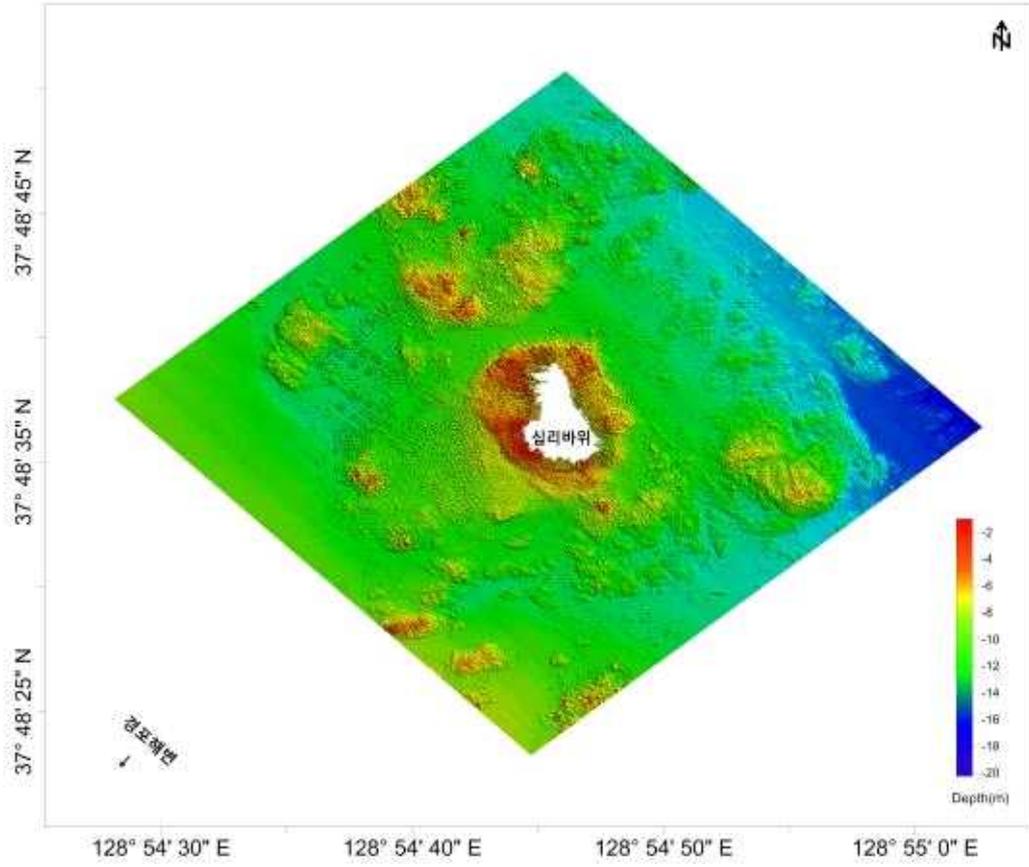


그림 3-2-2. 강릉 십리바위 주변 정밀 해저 지형도(수직상공에서 본 모습)

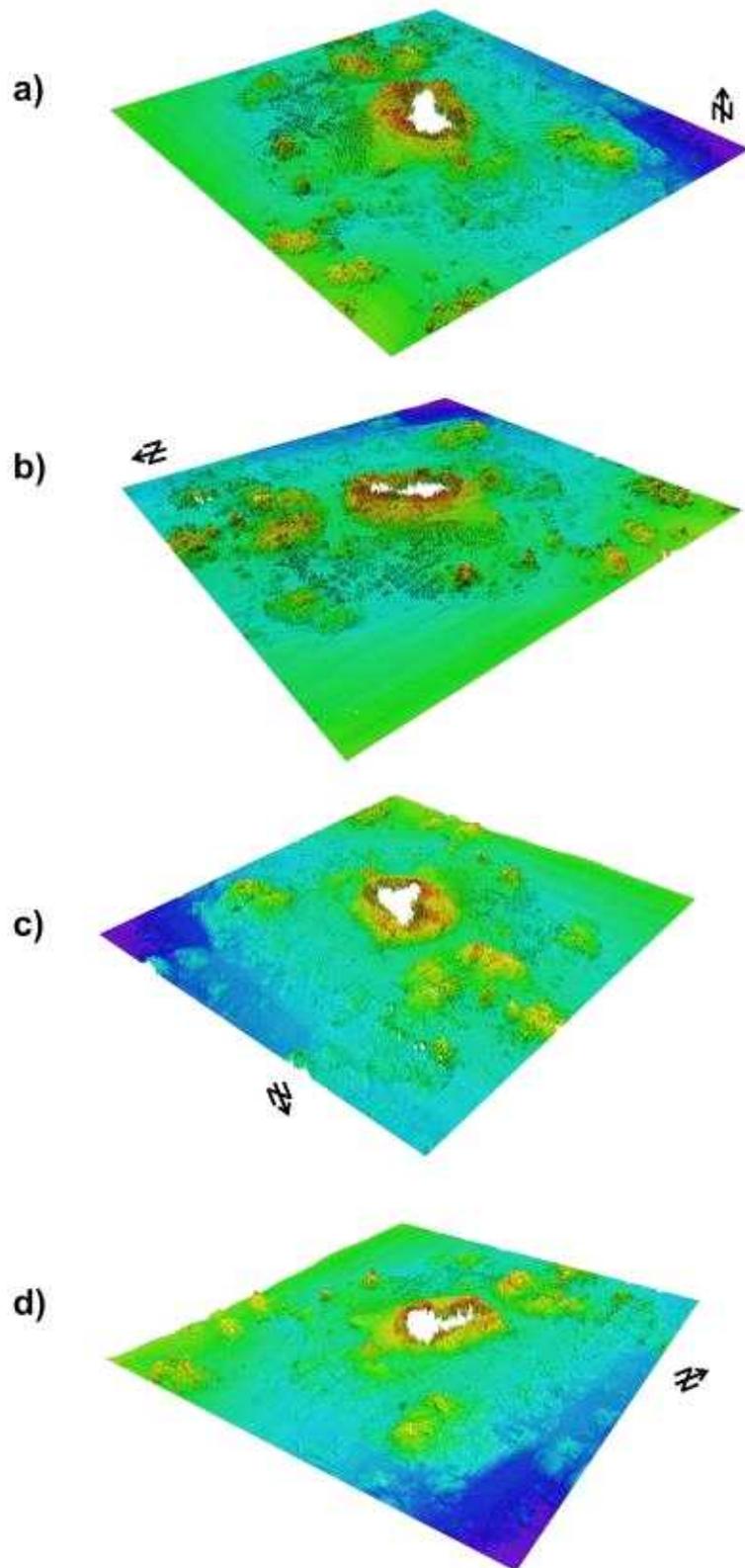


그림 3-2-3. 강릉 십리바위 주변 정밀 해저 지형도(3차원 모습)

- a. 남쪽에서 본 모습
- b. 서쪽에서 본 모습
- c. 북쪽에서 본 모습
- d. 동쪽에서 본 모습

2) 해저면 영상

현장조사로 획득한 해저면 영상자료를 이용하여 연구지역인 강릉 십리바위 주변 해역에 대해 해저면 영상도를 작성하였다(그림 3-2-4). 해저면 영상자료는 정밀 해저 지형과 동일한 범위의 해저면 영상자료를 획득하여 분석하였다. 해저면 영상자료를 수중에서 양방향으로 음파를 발생시켜 반사되어 온 음향신호를 영상으로 보여줌으로서 해저면의 이상체에 대한 정보 취득이나 상태와 관련된 표층퇴적물의 분포특징, 암반의 분포상태, 해저면에 대한 정보를 파악하는데 용이하다. 연구지역의 해저면 영상도를 살펴보면 전체적으로 십리바위 바로 주변과 북쪽 및 동쪽 해역의 반사강도가 강하고 복잡하게 나타나는데, 이러한 범위 해역이 주로 암반지역으로 예상된다. 정밀 해저 지형도에서 확인된 십리바위 서쪽의 인공어초 구역 역시 해저면 영상도에서 진한 음영으로 나타나고 있는 특징을 보인다. 암반이라 판단되는 지역 외 다른 범위에서는 강한 반사강도 특징이 나타나지 않는 것으로 보아 퇴적지대가 우세한 것으로 예상된다. 최종 분석한 해저면 영상도는 해저면 환경 특성 정보를 분석하는데 중요한 자료로 이용할 수 있으며, 해저면 영상도와 정밀 해저 지형자료를 서식지 맵핑 주제도 작성에 같이 활용함으로써 통합 연계 분석이 가능하다.

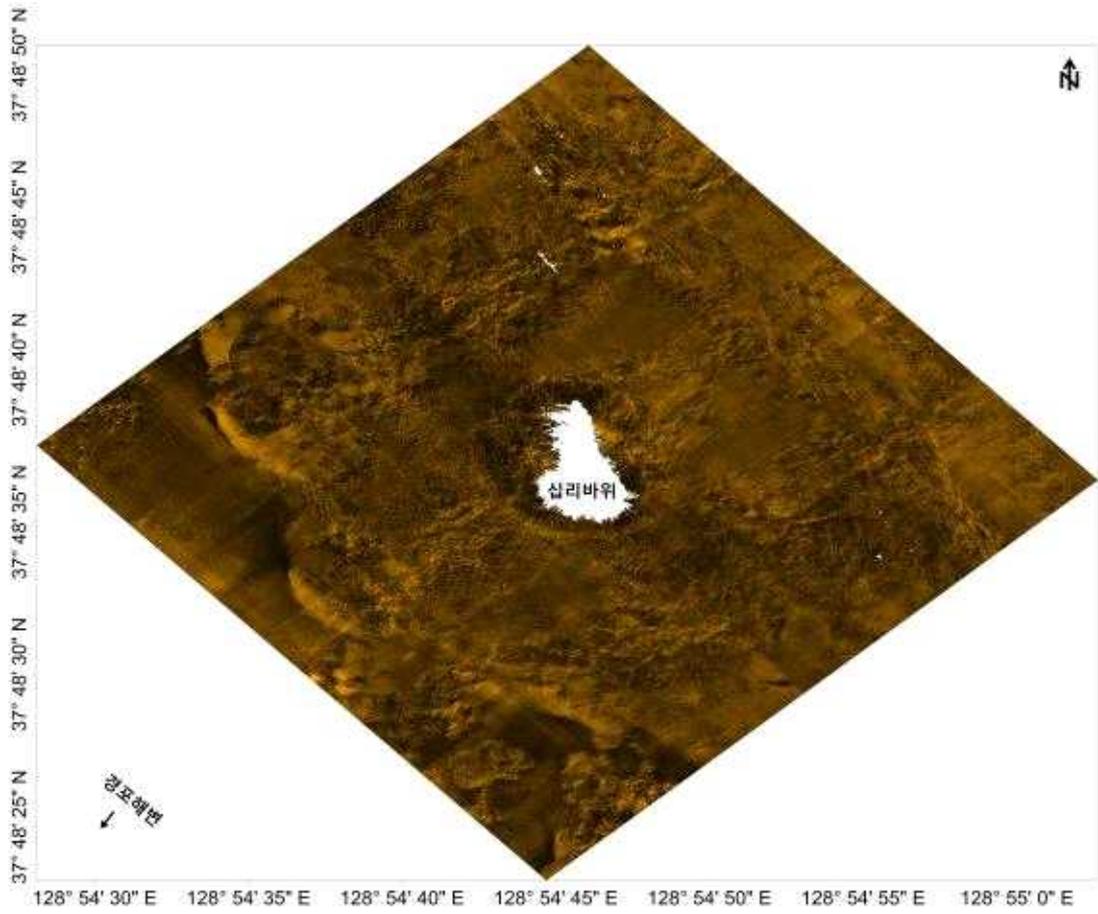


그림 3-2-4. 강릉 십리바위 주변 해저면 영상도

3) 표층퇴적물

동해 북부 연안의 사질-수중암반 지대인 십리바위 주변의 정밀 해저 지형과 해저면 영상 자료를 분석한 약 500 m x 500 m 범위 해역 내에서 표층퇴적물 시료를 획득하고 분석하여 해저면 환경 특성을 파악하고자 하였다. 정점은 총 10개 정점이며 연구지역에 대한 전체적인 해저환경 특성을 분석하기 위해 정밀 해저 지형자료를 사전 분석하여 강릉 십리바위 주변지역에서 퇴적지대 위주로 정점을 선정하였다(그림 3-2-5). 총 10개 정점 중 7개 정점(St. 1, St. 2, St. 4, St. 6, St. 7, St. 9, St. 10)에서 표층퇴적물 시료를 획득하였으며, 시료를 획득하지 못한 3 정점(St. 3, St. 5, St. 8)은 수중암반 지대 위로 퇴적층이 얇게 형성되어 퇴적물이 획득되지 못한 것으로 판단된다. 십리바위 주변해역의 퇴적상을 살펴보면 각 정점에서 획득한 표층퇴적물의 입도조성을 Folk(1968)의 삼각좌표(GSM Diagram)에 도시한 결과, 연구지역은 역질사(gS, gravelly sand)와 사질(S, Sand)로 분류되는 총 약 2개의 퇴적상으로 분류되었다(그림 3-2-6, 표 3-2-1). 대부분의 정점(St. 4, St. 6, St. 7, St. 9, St. 10)에서 사질(S, sand) 위주의 퇴적물이 우세하게 나타났으며, 일부 정점(St.01, St.02)은 역질사(gS, gravelly sand)로 분포하였다. 퇴적물 입도의 지역적인 분포로는 십리바위를 기점으로 연안 해역(경포해변 방향)에서 획득한 표층퇴적물들의 입도가 십리바위 기준 외해방향의 표층퇴적물들에 비해 입도가 작게 나타나는 특징을 보이고 있다. 이러한 분포양상은 십리바위 주변으로 우세하게 발달되어 있는 수중암반의 지역적 특성으로 인해 얇은 수심대에 형성되어 있는 퇴적층 지역에 비해 표층퇴적물의 입도가 크게 나타나는 퇴적양상을 보이는 것으로 판단된다(그림 3-2-7). 퇴적물 내 유기물 함량 분포(TOC)를 살펴보면 십리바위 남쪽과 남서쪽 해역에서 전체적으로 높게 나타나는데, 이 해역은 십리바위 남서쪽 방향에 위치한 오리바위 및 경포해변에 인접한 해역으로 이들에 의한 영향이 유기물 함량 분포에도 반영되는 것으로 예상된다(그림 3-2-8).

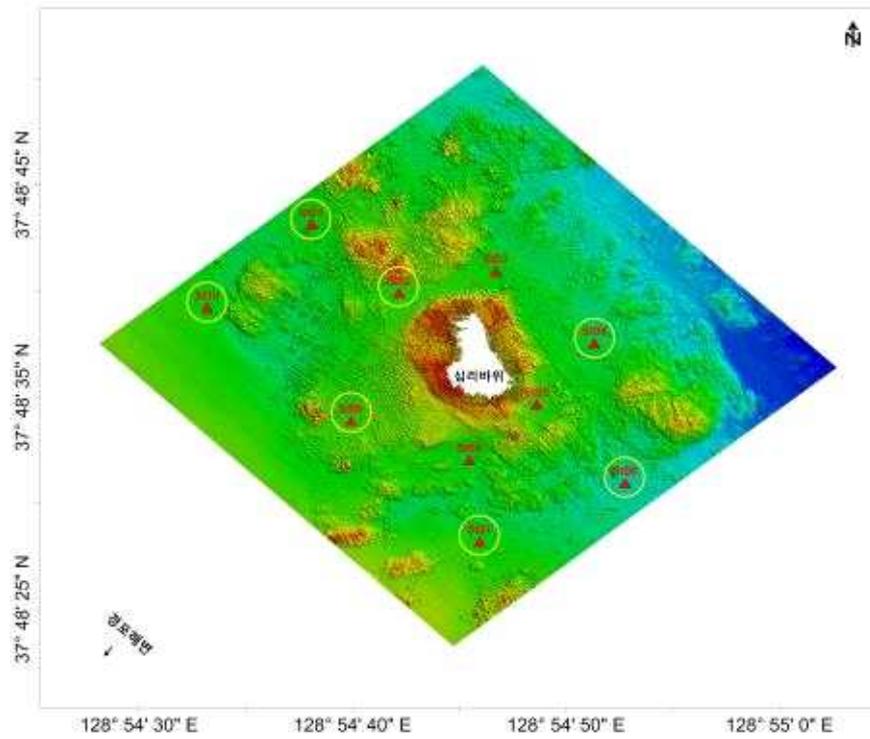


그림 3-2-5. 강릉 십리바위 주변 표층퇴적물 획득 정점도
 ▲ : 계획 정점, ○ : 획득 정점

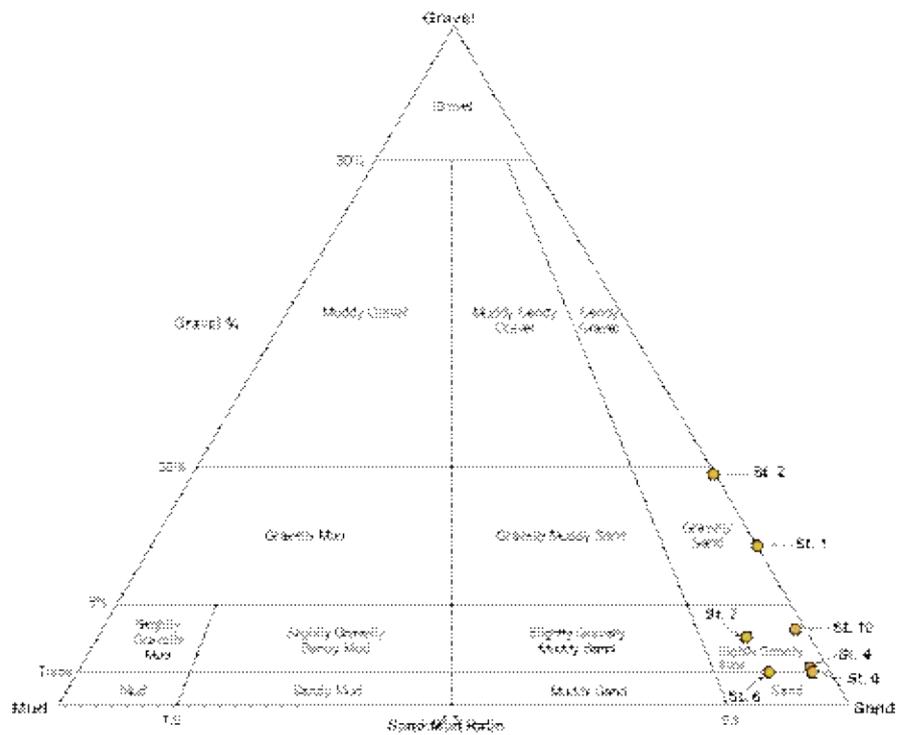


그림 3-2-6. 강릉 십리바위 주변 표층퇴적물 GSM 다이어그램

표 3-2-1. 강릉 십리바위 주변 표층퇴적물 입도 및 TOC

| Sample No | | ST1 | ST2 | ST4 | ST6 | ST7 | ST9 | ST10 |
|------------------------|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Composition (%) | Gravel | 18.52 | 30.58 | 1.40 | 1.12 | 3.44 | 1.11 | 3.97 |
| | Sand | 81.48 | 69.42 | 97.06 | 97.39 | 90.54 | 93.30 | 95.21 |
| | Silt | 0.00 | 0.00 | 1.54 | 1.49 | 6.02 | 5.59 | 0.82 |
| | clay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sed Type | | <i>gS</i> | <i>gS</i> | <i>S</i> | <i>S</i> | <i>S</i> | <i>S</i> | <i>S</i> |
| TOC (%) | | 0.07 | 0.07 | 0.12 | 0.11 | 0.22 | 0.14 | 0.10 |
| Statistical Parameters | MZ(Phi) | -0.54 | 0.06 | 2.24 | 2.25 | 2.49 | 2.52 | 2.41 |
| | St.De. | 0.21 | 0.73 | 0.62 | 0.60 | 0.66 | 0.57 | 0.66 |
| | Skew. | 1.96 | 1.21 | -0.31 | -0.31 | 0.02 | 0.12 | -0.32 |
| | Kurt. | 0.16 | 0.77 | 1.15 | 1.17 | 1.88 | 1.64 | 1.99 |

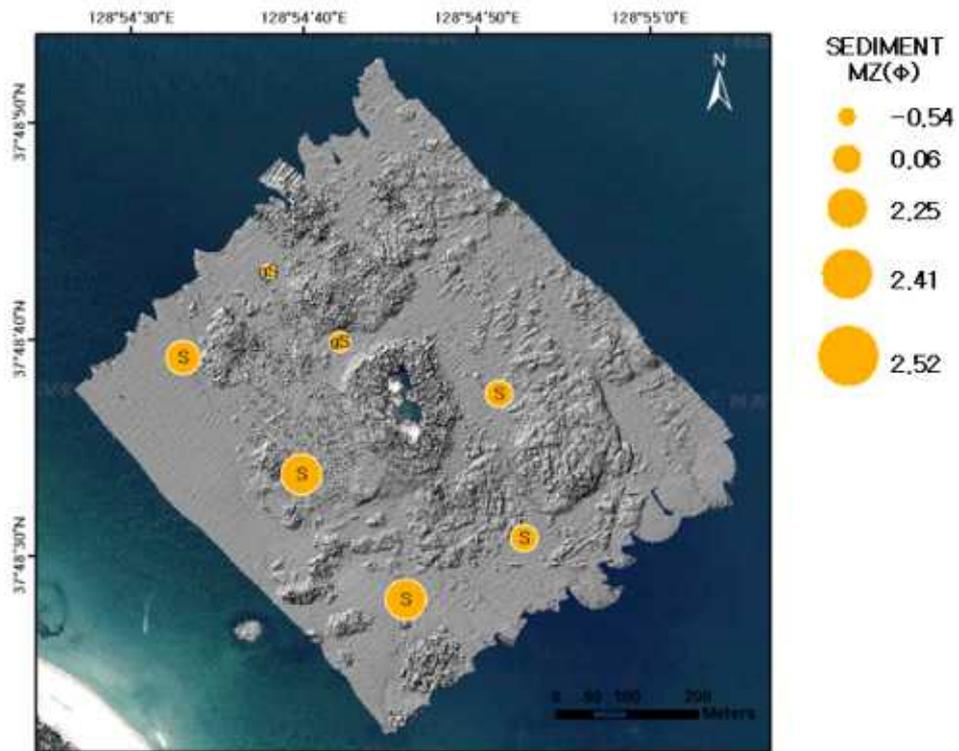


그림 3-2-7. 강릉 십리바위 주변 표층퇴적물 입도 분포도

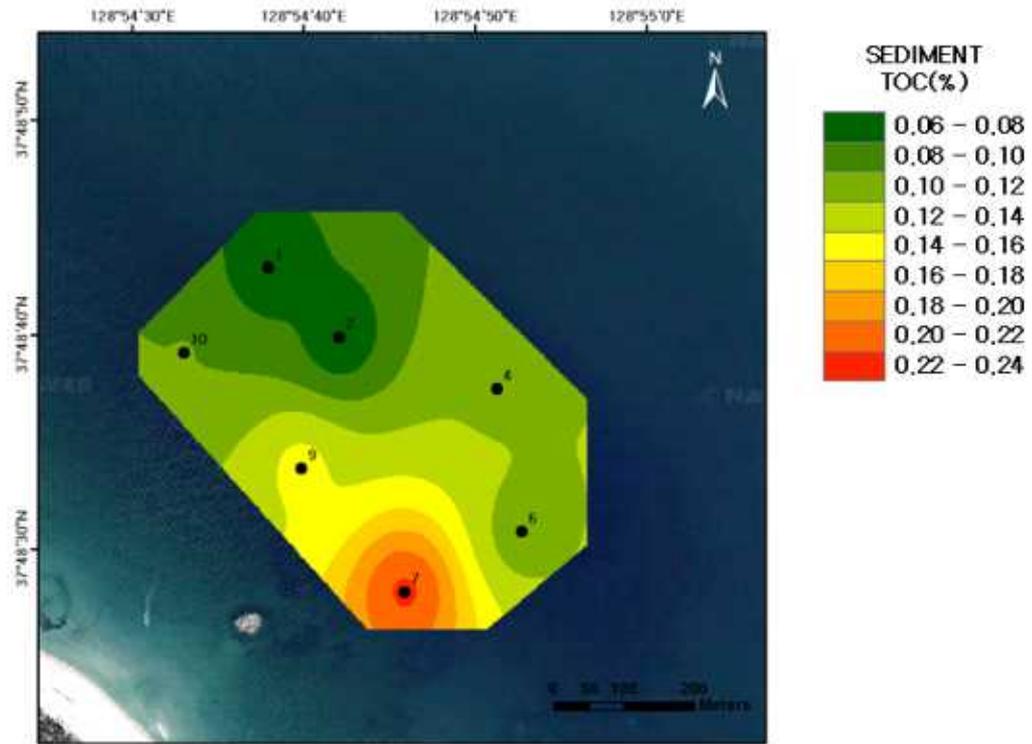


그림 3-2-8. 강릉 십리바위 주변 표층퇴적물 내 유기물 함량 분포도

4) 서식지 환경 맵핑 분석

동해 북부 연안의 대표적인 사질-수중암반 지대가 발달해 있는 강릉 경포해변의 십리바위(노출암) 주변 해역에서 획득한 정밀 해저 지형자료와 해저면 영상자료를 중첩·통합 분석하여 해저면 환경 맵핑 주제도를 작성하였다(그림 3-2-9, 그림 3-2-10). 본 연구에서 작성한 해저면 환경 맵핑 주제도는 해저면에 대한 3차원 정밀 해저지형 정보를 기반으로 2차원의 해저면 환경 정보인 해저면 영상 자료를 중첩 분석한 결과로 십리바위 주변해역에 형성되어 있는 서식지의 해저면 환경 특성 정보를 통합 시각화한 결과이다. 십리바위 주변의 정밀 해저 지형자료 결과와 해저면 영상자료를 통합하여 비교하였을 때 수중암반 지대와 퇴적층 지역 범위가 잘 일치함을 확인하였다. 정밀 해저 지형도에서 암반이나 인공어초가 위치하고 있는 수심 굴곡이 복잡한 지역들은 해저면 영상도에서 표현되는 반사강도가 크고 변화가 복잡하게 나타남으로서 암반지역과 사질 퇴적층 지역이 확연히 구분되어 수중암반 지대와 퇴적 지대 범위를 비교적 쉽게 구분할 수 있다. 그 결과 강릉 십리바위 주변해역은 크게 3개 타입의 해저면 환경으로 분류되는데, 십리바위 바로 주변과 북쪽, 동쪽 범위의 수중암반 지대와, 수중암반 지대 사이 및 주변의 퇴적 지대, 그리고 십리바위 서쪽(경포해변) 방향에 인공적으로 형성된 어초역할 목적의 인공어초 지역이 나타난다(그림 3-2-11). 해저 지형, 해저면 영상, 표층퇴적물 자료를 통합 분석한 연구 결과들은 동해 연안에서 나타나는 사질-수중암반 지대의 서식지 기본 환경 특성 파악 및 모니터링 자료로 활용도가 높을 것으로 판단된다.

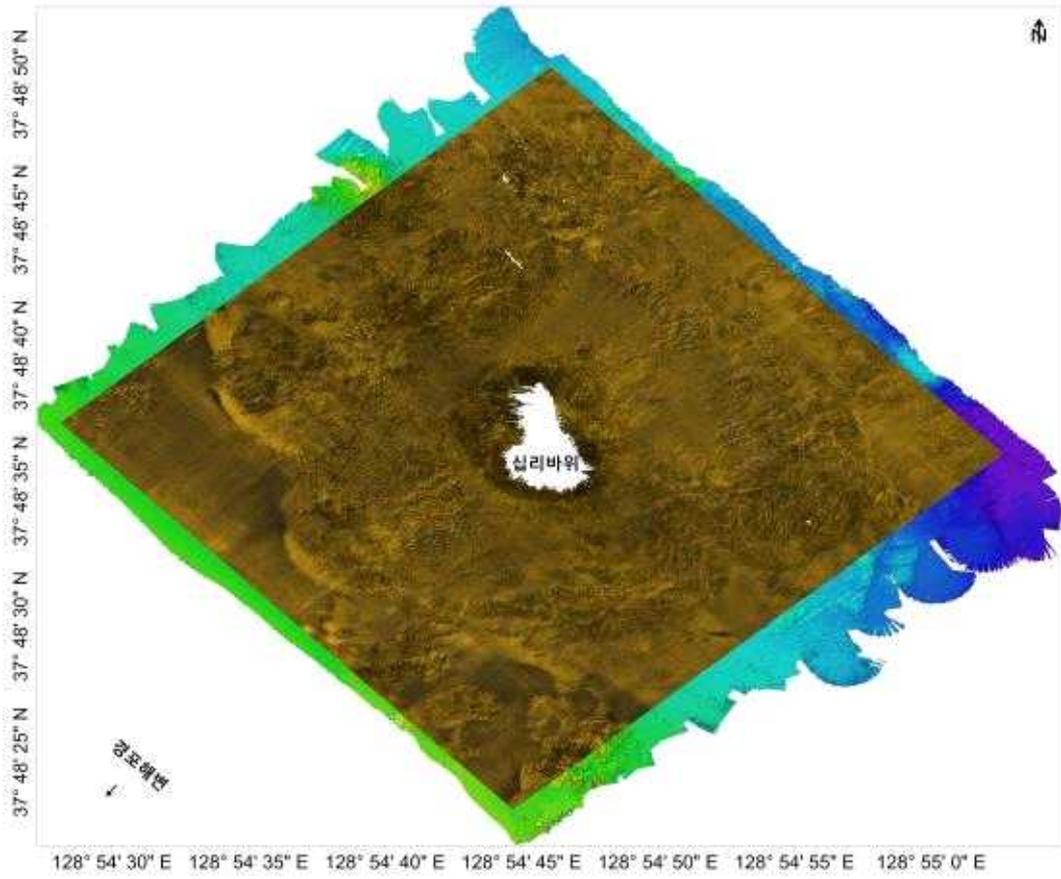


그림 3-2-9. 강릉 십리바위 주변 서식지 환경 맵핑 주제도
(정밀 해저 지형 + 해저면 영상, 수직상공에서 본 모습)

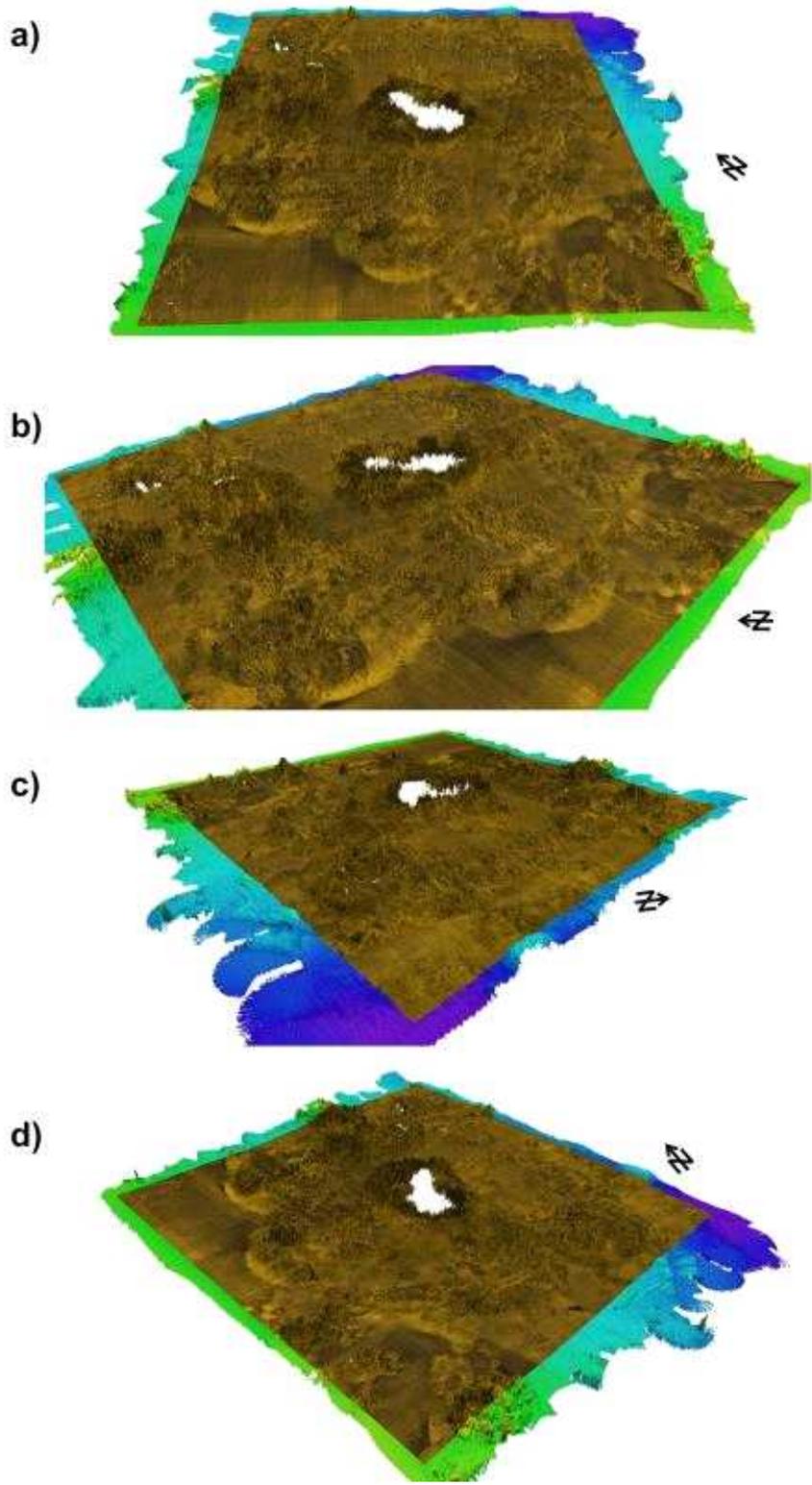


그림 3-2-10. 강릉 십리바위 주변 서식지 환경 맵핑 주제도
 (정밀 해저 지형 + 해저면 영상, 3차원 모습)
 a. 남서쪽에서 본 모습
 b. 서쪽에서 본 모습
 c. 동쪽에서 본 모습
 d. 남쪽에서 본 모습

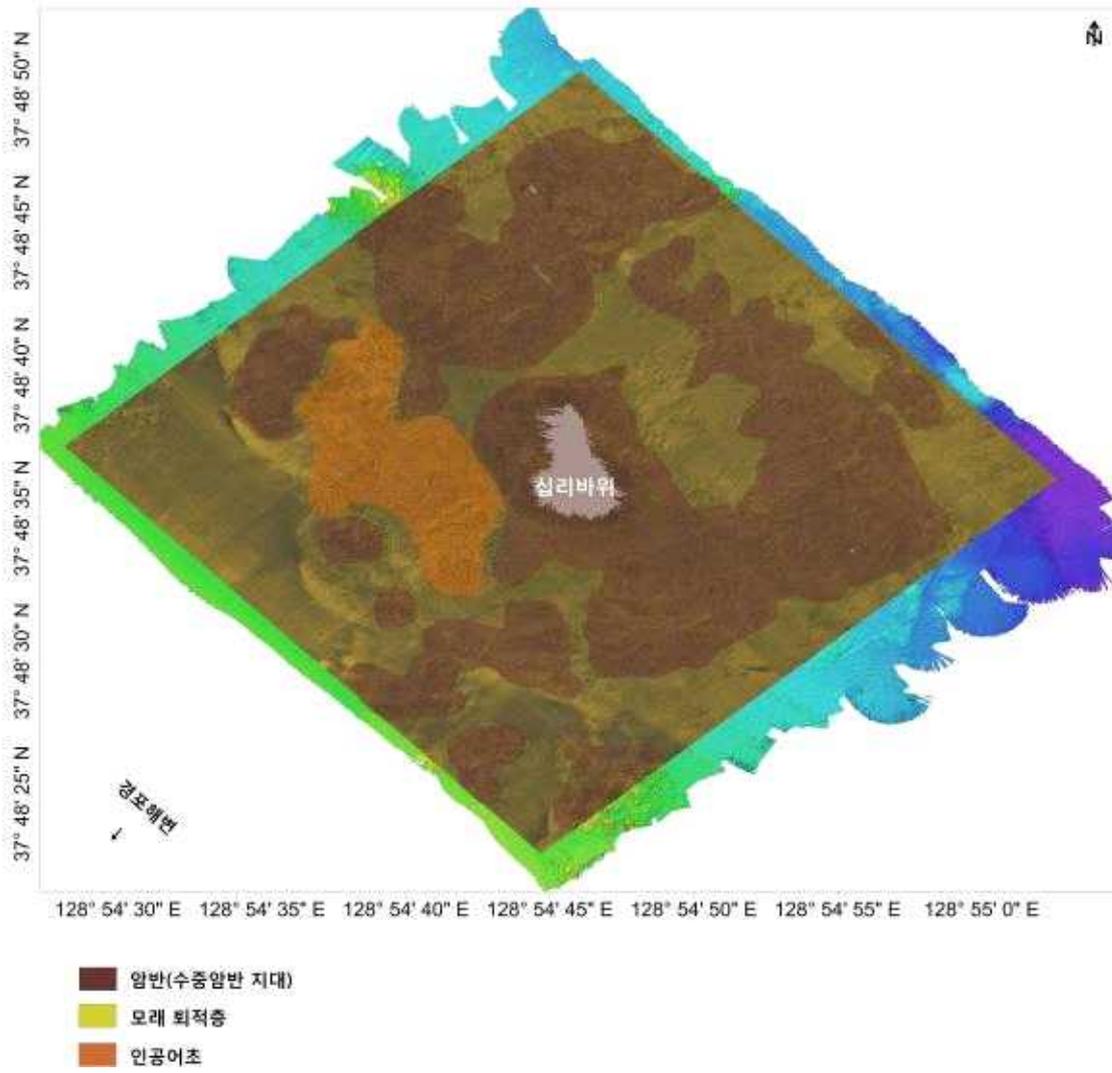


그림 3-2-11. 강릉 심리바위 주변 서식지 환경 맵핑 분류도
(정밀 해저 지형 + 해저면 영상)

강릉 십리바위 주변해역에서 획득하고 분석한 정밀 해저 지형도와 고해상도로 합성한 서식지영상합성지도 자료를 기반으로 맵핑 분석을 통해 서식지 입체 해저면영상합성지도를 작성하였다(그림 3-2-12, 그림 3-2-13). 서식지영상합성지도는 수중과학잠수 현장조사 시에 획득하였으며, 실제 해저면의 서식지 환경을 촬영한 영상 정보이다. 이는 정밀 해저 지형자료와 주요 서식지의 생물상에 대한 연계 분석을 목적으로 맵핑 주제도 작성에 활용하였다. 약 10 m x 10 m 범위의 서식지영상합성지도를 해당 범위의 지형자료와 중첩하였고 이를 통합하여 분석함으로써 해저 지형 및 해저환경과 생물상의 연계 분석을 수행하였다. 강릉 십리바위 주변해역을 대상으로 작성한 서식지 입체 해저면영상합성지도 결과를 보면, 수심 약 6 ~ 8 m 범위에 발달한 수중암반에 의한 해저면 지형 기복이 수중 영상에서 확인되는 지형 특성과 잘 일치하는 것을 확인할 수 있으며, 이러한 수중암반 주변에 성게류나 해조류(게바다말, 개서실 등) 등이 주로 서식하고 있는 특징을 보이고 있다. 본 맵핑 분석에서 활용한 서식지영상합성지도를 고정 모니터링 정점 개념으로 계절별로 조사한다면 연구지역에 대한 계절별 변화상 모니터링이 가능할 것으로 기대된다. 또한 이를 기반으로 동해 북부 연안 강릉 십리바위의 수중생태지도를 제작하여 연안의 환경변동성을 시각화하고 연안환경 및 생태계 관측 자료 제공을 통해 어업 생산성 증진에 간접적으로 기여할 것으로 판단된다.

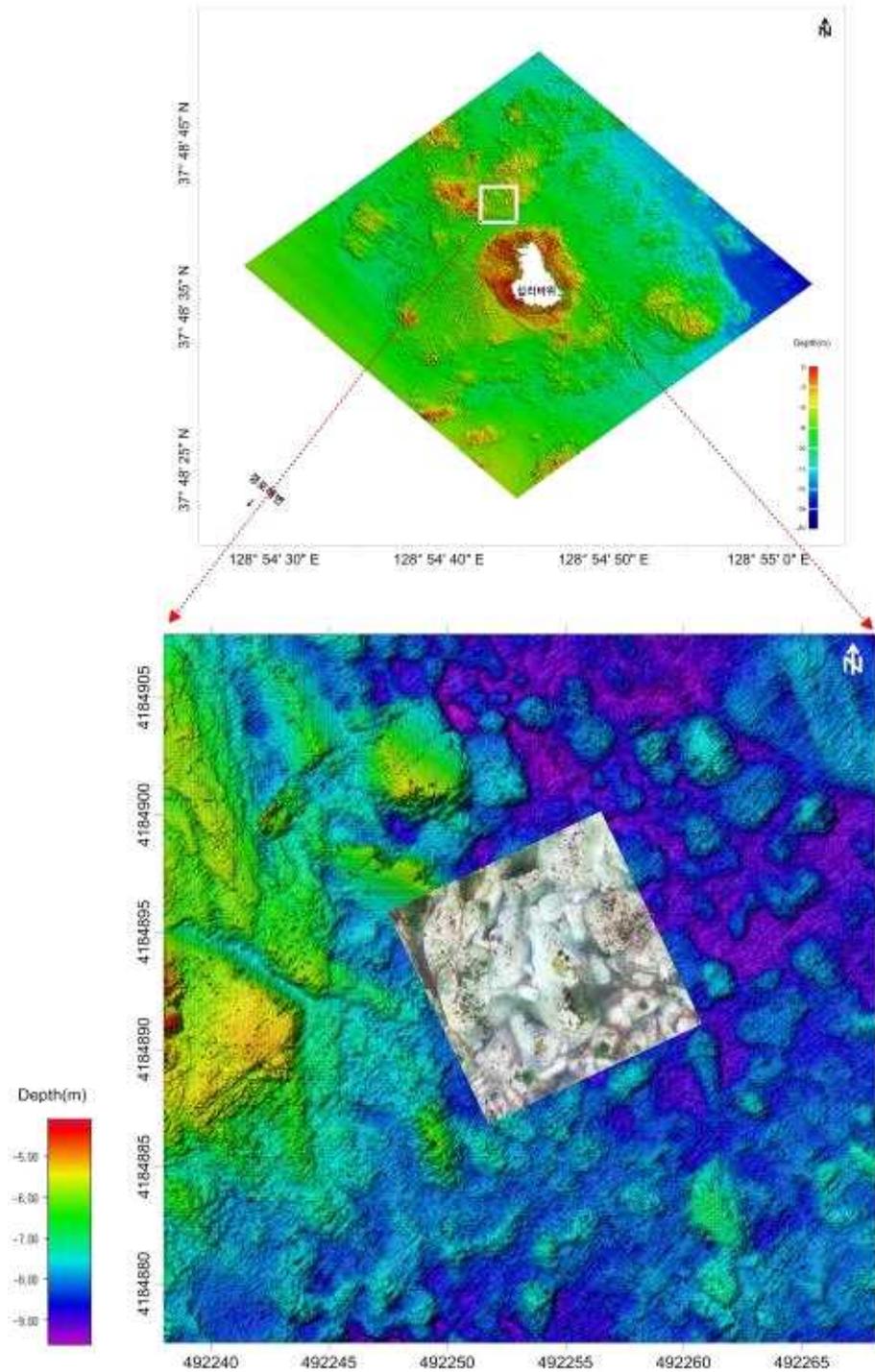


그림 3-2-12. 강릉 십리바위 주변 서식지 입체 해저면영상합성지도
 (정밀 해저 지형 + 서식지영상합성지도, 수직상공에서 본 모습)

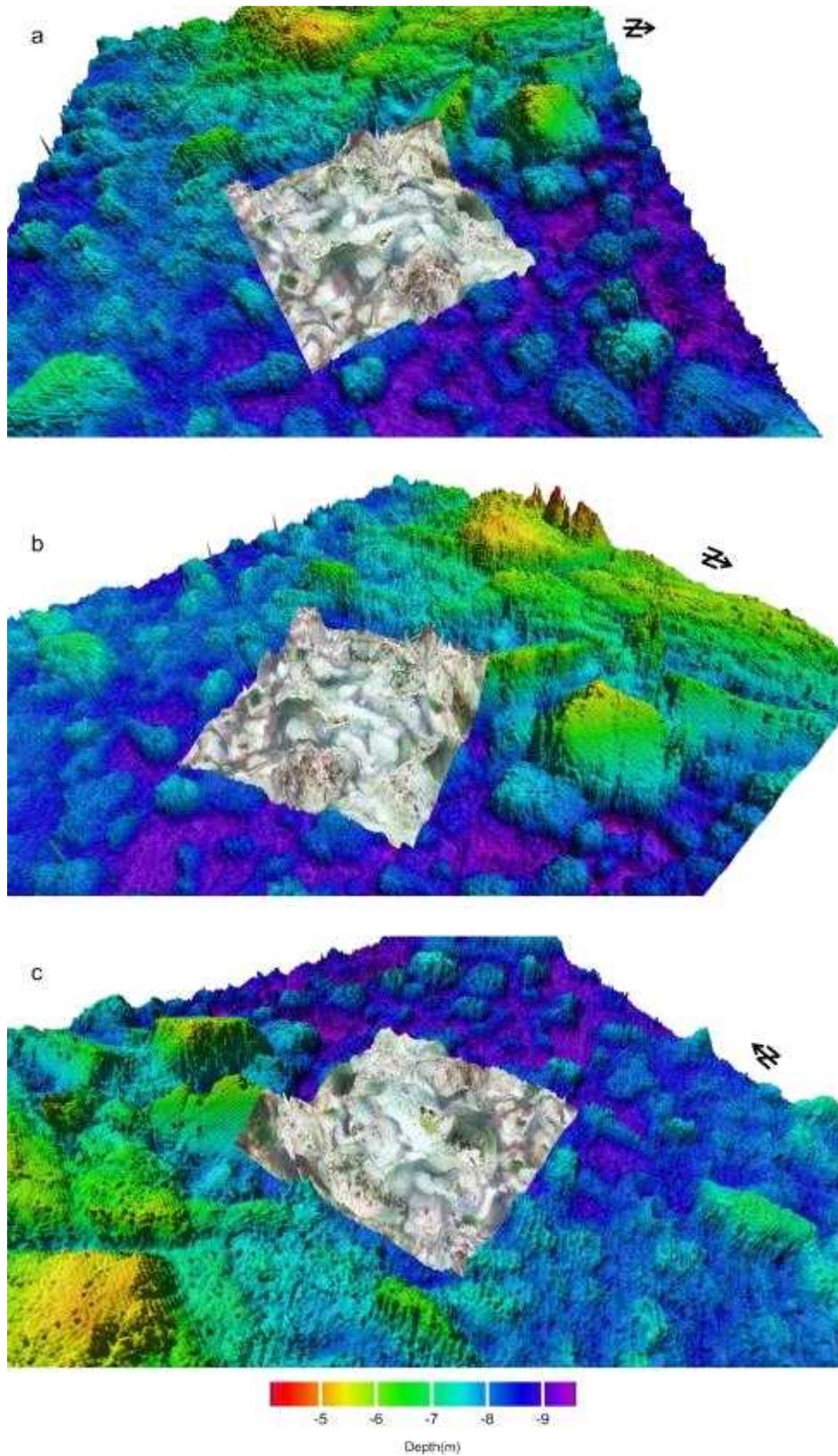


그림 3-2-13. 강릉 십리바위 주변 서식지 입체 해저면영상합성지도
 (정밀 해저 지형 + 서식지영상합성지도, 3차원 모습)
 a. 동쪽에서 본 모습
 b. 북동쪽에서 본 모습
 c. 남서쪽에서 본 모습

연구지역의 해저면 환경 조사 및 분석 외에 십리바위의 정확한 형태 및 모습을 파악하고자 추가적으로 십리바위의 해수면 위 노출 범위에 대한 드론 촬영을 수행하고 정사영상도를 작성하였다(그림 3-2-14). 드론 촬영은 고도 약 150 m 이내 범위에서 십리바위 주변 구역을 전체적으로 촬영하였으며, 별도로 고도 약 20 ~ 30 m에서 노출암과 해수면의 경계 주변을 촬영하여 해수면 인접지역의 생태 환경을 파악하고자 하였다. 수직상공에서 총 약 250여 장을 촬영하였으며 기준점 보정 및 이미지 합성을 통해 십리바위 주변 수직상공 정사영상도를 완성하였다. 해수면 위로 드러난 십리바위는 크게 두 바위로 나뉘어져 있는데, 북서쪽 방향과 남동쪽 방향으로 대칭으로 형성된 특징을 보이고 있다. 드론 자료를 기반으로 작성한 영상자료는 해저면 환경 생태계 뿐 만 아니라 해수면 경계 및 육상(바위)의 환경 생태계도 함께 연계 분석이 가능하여 향후 종합적인 연구 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

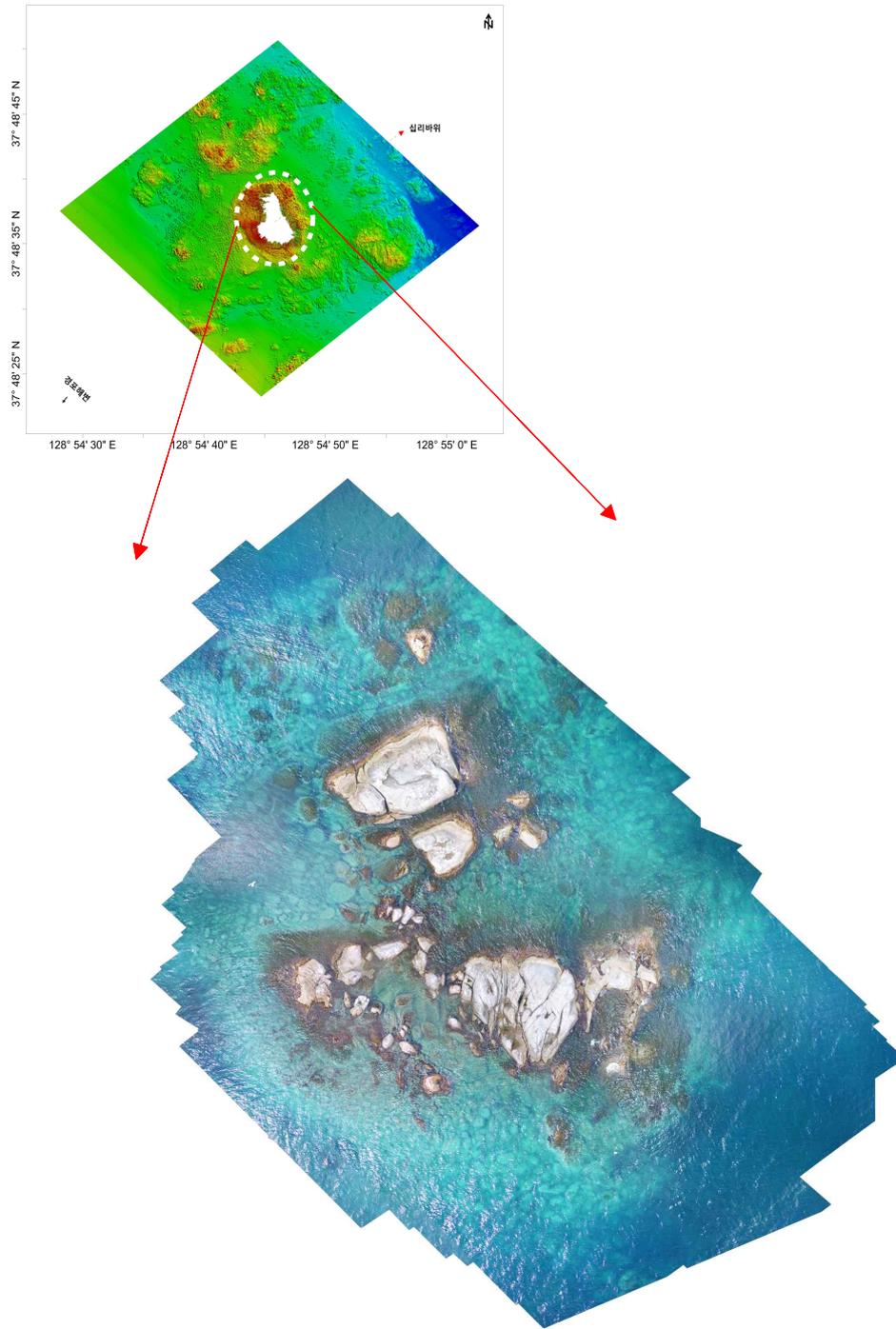


그림 3-2-14. 강릉 십리바위 주변 수직상공 정사영상도(드론)

2. 동해 남부 연안(울산) 생태계 서식환경 특성 연구

가. 조사방법

동해 남부 연안의 대표적 서식환경인 사질-수중암반 생태계를 대상으로 동해 연안 지역별 대표 연구거점(Model station)의 기본적인 환경 특성 파악을 위한 Eco-mapping 연구기법을 적용하기 위해 정밀 해저 지형조사, 해저면 영상조사 및 표층퇴적물 채취를 수행하였다. 연구지역은 동해 남부 연안의 서식지 중 한 곳인 울산 일산해변 앞 선암을 중심으로 주변 약 500 m x 500 m 해역이다. 조사시기는 2018년 5월 9일부터 2018년 5월 12일까지 약 4일간 정밀 해저 지형조사 및 해저면 영상 조사를 수행하였으며, 표층퇴적물 시료 획득은 2018년 7월 25일 수행하였다. 추가적으로 2018년 9월 18일에 선암 주변의 드론촬영을 수행하였다. 조사내용으로는 정밀 해저 지형조사는 다중빔 음향측심기(Multibeam Echo Sounder, MBES), 해저면 영상조사는 해저면 영상탐사기(Side Scan Sonar, SSS), 표층퇴적물 시료 획득은 Smith McIntyre Grab를 이용하여 과업에 필요한 조사를 각각 수행하였다(그림 3-2-15). 현장조사를 수행한 울산 선암 주변 해역은 선암(노출암)와 주변 해저암반지대 및 얕은 수심대가 분포하여 대형 연구선이 아닌 소형 선박의 활용이 필요하였으며, 다중빔 음향측심기, 해저면 영상탐사기, DGPS 안테나, 모션 센서 등 현장조사 장비를 소형 선박에 직접 설치하여 현장조사를 수행하였다.



그림 3-2-15. 동해 남부 연안(울산 선암) 생태계 서식환경 특성 연구범위

나. 결과 및 토의

1) 정밀 해저 지형

현장조사로 획득한 정밀 해저 지형자료를 이용하여 연구지역인 울산 일산해변 선암 주변 해역에 대해 정밀 해저 지형도를 작성하였다(그림 3-2-16 ~ 3-2-17). 연구지역의 정밀 해저 지형도를 살펴보면 울산 일산해변 선암 주변은 동해 연안의 대표적인 서식환경 특성인 사질-수중암반 지대가 잘 형성되어 있다. 선암 주변의 경우 울산 일산해변으로부터 약 850 m 정도 떨어져 있으며 연구지역의 전체적인 수심은 노출암인 선암부터 수심 약 23 m의 범위 내에 분포한다. 노출암인 선암 주변은 연안과 외해가 이어지는 길목에 있으며 전체적으로 동쪽과 서쪽 해역의 해저 지형 양상이 다르게 나타나고 있다. 선암 주변 동쪽 해역은 큰 규모의 수중암반 지대가 발달하고 있으며 수중암반 지대를 넘어서는 외해로 이어지면서 수심이 급격히 깊어지고 있다. 그에 비해 선암 주변 서쪽 인접 지역은 완만한 구릉 지형이 나타나면서 일산 해수욕장 방향으로 수심변화가 완만하게 낮아지는 형태를 보인다. 선암 주변 북쪽과 남쪽 해역은 전체적으로 완만하지만 남쪽이 북쪽에 비해 깊은 수심을 보이며 동쪽의 외해역과 이어지고 있다. 북쪽과 남쪽 연안 주변에는 육지지역과 맞닿아 있어 대부분 암반 지역이 분포하고 있다. 수중암반 지대는 조사지역에 전체적으로 불규칙하게 형성되어 있고 암반지대를 제외하고 주변으로 사질 퇴적지역이 형성되어 있으며 수중암반 사이에도 퇴적물이 나타난다. 한편 연구지역 일대는 지질도에서 중생대 백악기 시대의 반상흑운모 화강암이 주로 분포하고 있는 것으로 보아 해안 침식에 남아 있는 선암(노출암)도 화강암으로 판단된다.

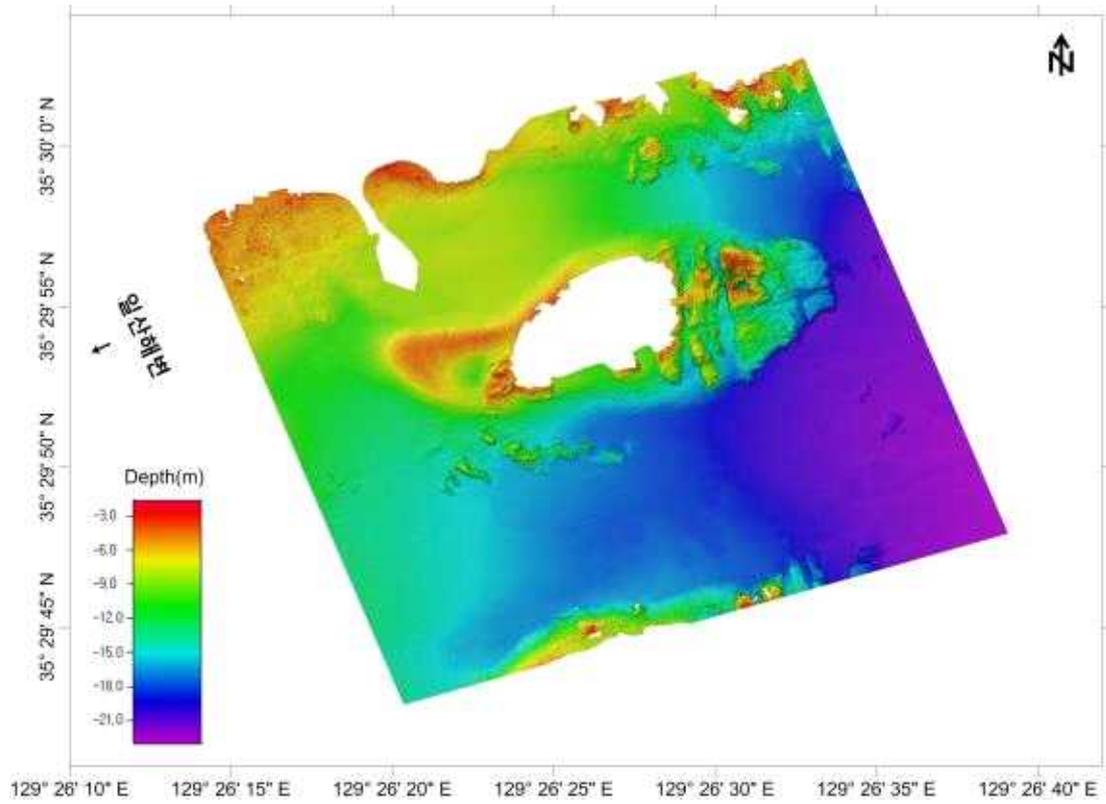


그림 3-2-16. 울산 선압 주변 정밀 해저 지형도(수직상공에서 본 모습)

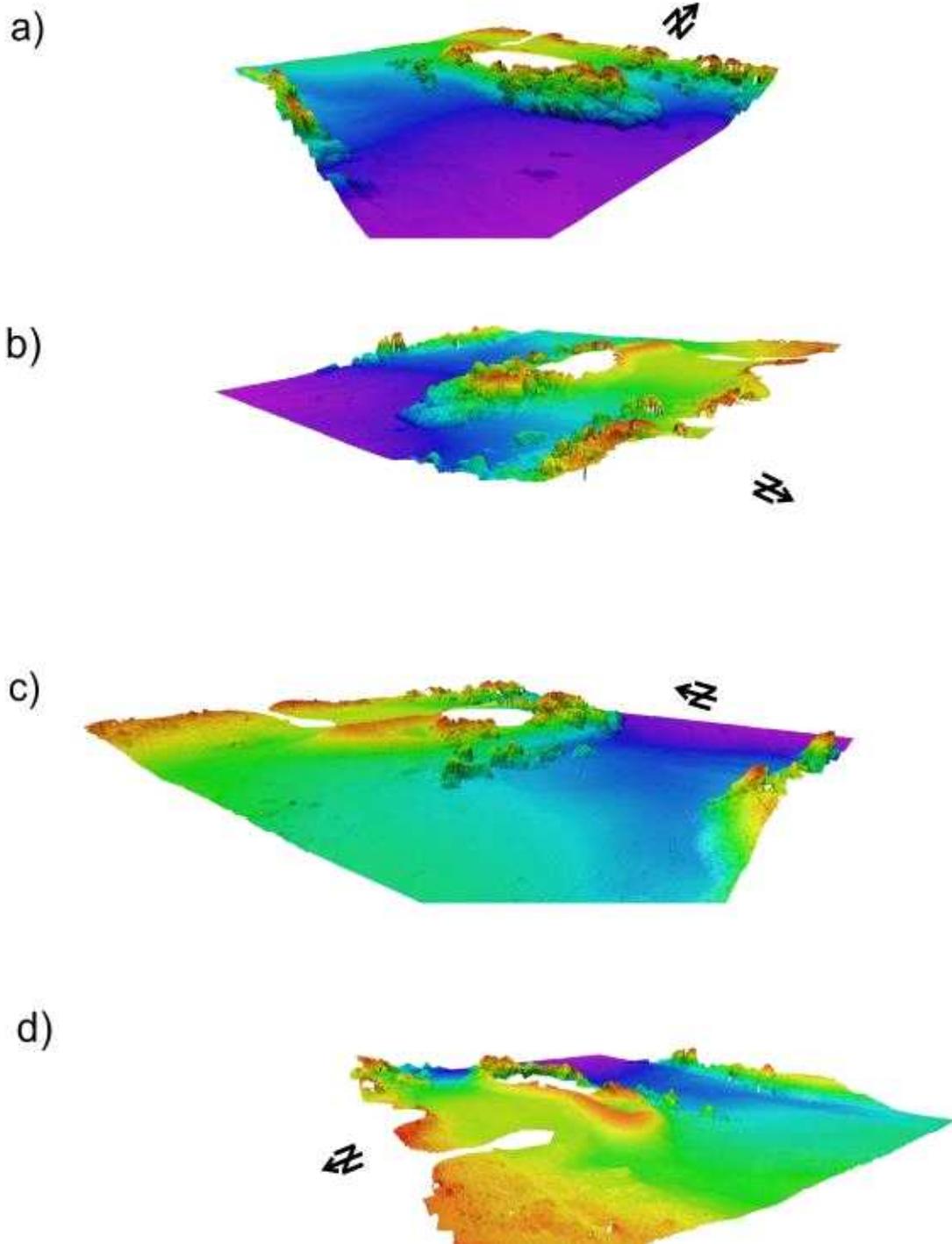


그림 3-2-17. 울산 선암 주변 정밀 해저 지형도(3차원 모습)

- a. 남동쪽에서 본 모습
- b. 북동쪽에서 본 모습
- c. 남서쪽에서 본 모습
- d. 북서쪽에서 본 모습

2) 해저면 영상

현장조사로 획득한 해저면 영상자료를 이용하여 연구지역인 울산 선암 주변 해역에 대해 해저면 영상도를 작성하였다(그림 3-2-18). 해저면 영상자료는 정밀 해저 지형과 동일한 범위의 해저면 영상자료를 획득하여 분석하였다. 해저면 영상자료는 수중에서 양방향으로 음파를 발생시켜 반사되어 온 음향신호를 영상으로 보여줌으로서 해저면의 이상체에 대한 정보 취득이나 상태와 관련된 표층퇴적물의 분포특징, 암반의 분포상태, 해저면에 대한 정보를 파악하는데 용이하다. 연구지역의 해저면 영상도를 살펴보면 전체적으로 선암 주변의 동쪽 및 서쪽 인접 지역, 그리고 북부 및 남부 연안 해역의 반사강도가 강하고 복잡하게 나타난다. 이는 주로 암반지역으로 예상된다. 그 밖에 연구지역의 해저면 영상자료에는 인공어초와 같은 양식장 시설은 존재하지 않는 것으로 나타났으며 암반으로 예상되는 지역 외 다른 범위에서는 강한 반사강도 특징이 나타나지 않는 것으로 보아 니질 또는 퇴적물이 우세할 것으로 예상된다. 이처럼 해저면 영상도는 해저면 환경 특성 정보를 분석하는데 중요한 자료로 이용할 수 있으며 해저면 영상도와 정밀 해저 지형자료를 서식지 맵핑 주제도 작성에 같이 활용함으로써 통합 연계 분석이 가능하다.



그림 3-2-18. 울산 선암 주변 해저면 영상도

3) 표층퇴적물

동해 남부 연안의 사질-수중암반 지대인 울산 선암 주변의 정밀 해저 지형과 해저면 영상 자료를 분석한 약 500 m x 500 m 범위 해역 내에서 표층퇴적물 시료를 획득하고 분석하여 해저면 환경 특성을 파악하고자 하였다. 정점은 총 12개 정점이며 연구지역에 대한 전체적인 해저환경 특성을 분석하기 위해 정밀 해저 지형자료를 사전 분석하여 울산 선암 주변지역에서 퇴적지대 위주로 정점을 선정하였다(그림 3-2-19). 총 12개 정점 중 11개 정점(St. 2, St. 3, St. 4, St. 5, St. 6, St. 7, St. 8, St. 9, St. 10, St. 11, St. 12)에서 표층퇴적물 시료를 획득하였으며, 시료를 획득하지 못한 St. 1은 수중암반 지대 위로 퇴적층이 얇게 형성되어 퇴적물이 획득되지 못한 것으로 판단된다. 선암 주변해역의 퇴적상을 살펴보면 각 정점에서 획득한 표층퇴적물의 입도조성을 Folk(1968)의 삼각좌표(GSM Diagram)에 도시한 결과, 연구지역은 역질사(gS, gravelly sand), 사질역(gG, sandy gravel), 연역질사((g)S, slightly gravelly sand), 연역니질사((g)mS, slightly gravelly muddy sand), 사(S, sand)로 분류되는 총 약 5개의 퇴적상으로 분류되었다(그림 3-2-20, 표 3-2-2). 대부분의 정점(St. 3, St. 5, St. 6, St. 7, St. 8, St. 9, St. 10, St. 11, St. 12)에서 사질 위주 퇴적물이 우세하게 나타났으며, 일부 정점(St. 2, St. 4)은 역질을 다소 포함한 퇴적물이 분포하였다. 특히 연역질사((g)S)와 연역니질사((g)mS) 퇴적물과 같은 사질분포가 매우 높은 퇴적물(St. 6 ~ St. 11)이 주를 이루는 것으로 보아 이 지역의 대부분은 사질퇴적물로 이루어져 있음을 파악하였다. 퇴적물 입도의 지역적인 분포로는 선암을 기점으로 연구지역 북쪽 및 북서쪽 해역이 남쪽 및 남서쪽 해역보다 입도가 좀 더 큰 것으로 나타났다(그림 3-2-21). 이러한 분포양상은 북쪽 연안지역이 남쪽 연안지역보다 암반지대의 분포가 넓어 북쪽 암반지대로부터 큰 입자의 퇴적물들이 많이 유입되어 북쪽 및 북서쪽 해역의 입도가 좀 더 큰 것으로 예상된다. 퇴적물 내 유기물 함량 분포(TOC)를 살펴보면 전체적으로 선암 주변 남쪽 및 동쪽 해역이 유기물 함량이 높은 것으로 파악되었으며 상대적으로 북쪽 및 서쪽 해역의 경우 낮은 유기물 함량 분포가 나타났다(그림 3-2-22). 이러한 결과는 서식지별 생물군 분포와 연계 분석한다면 좋은 결과가 도출될 것으로 예상된다.

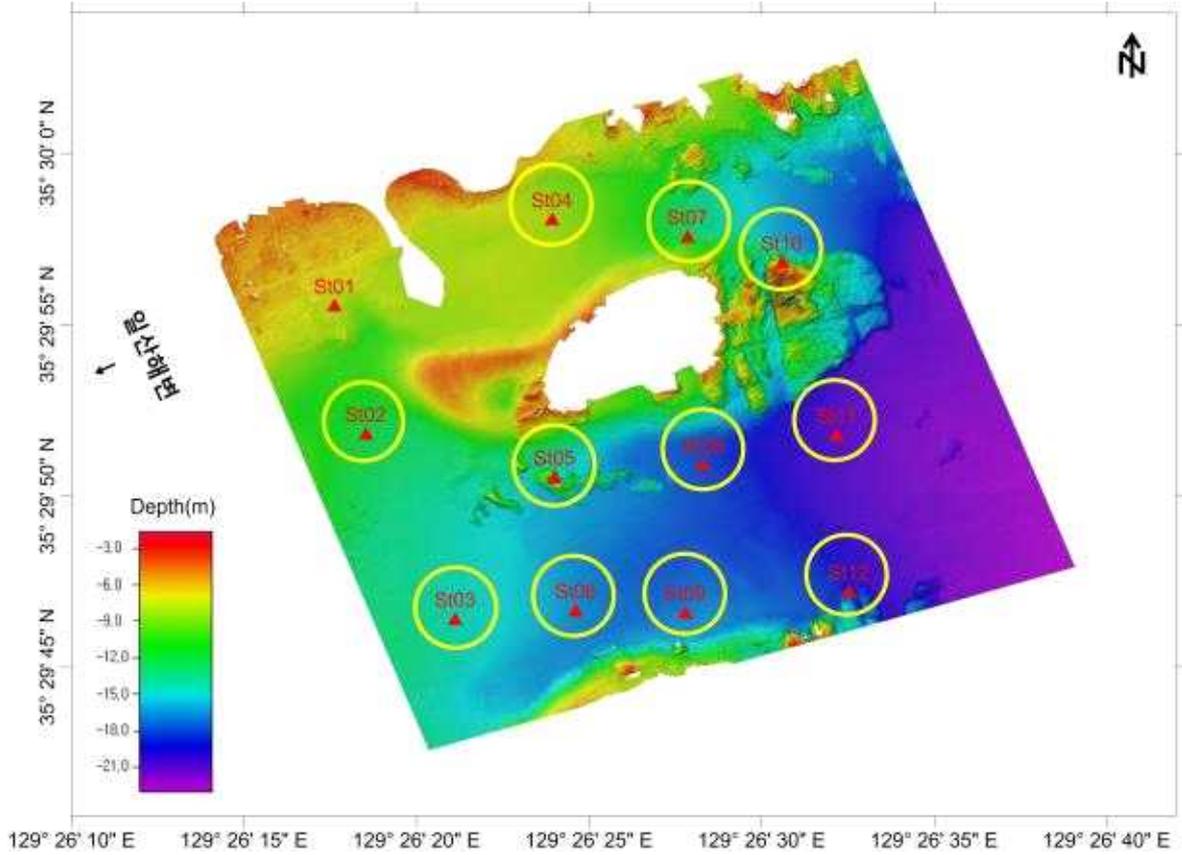


그림 3-2-19. 울산 선암 주변 표층퇴적물 획득 정점도

▲ : 계획정점, ○ : 획득정점

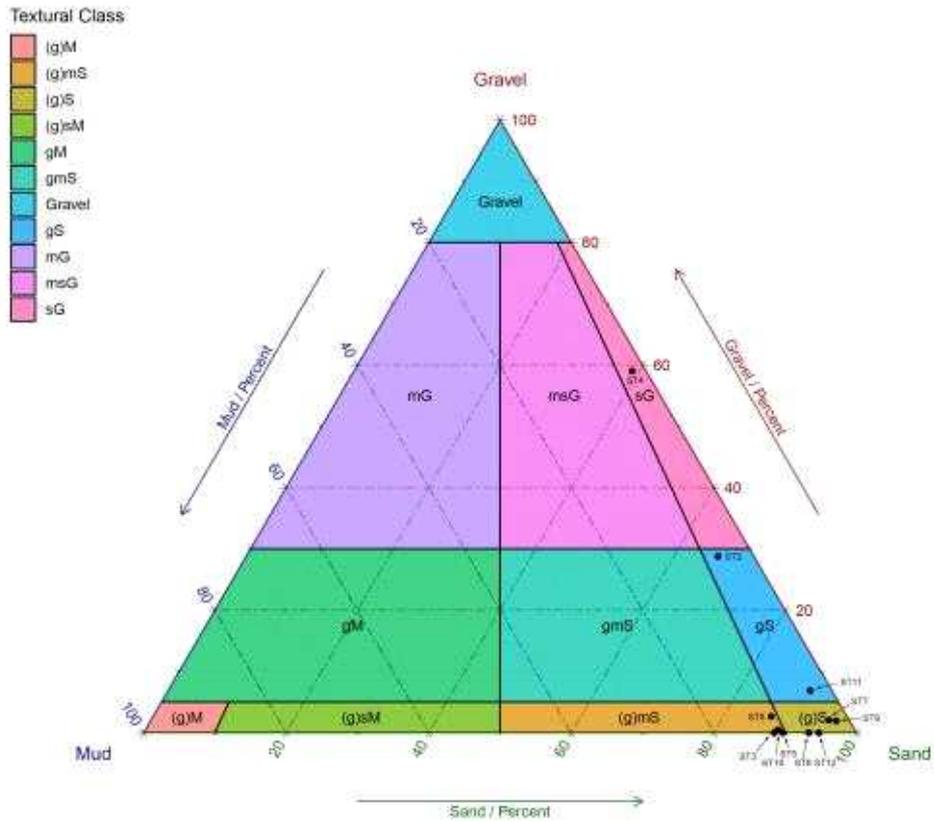


그림 3-2-20. 울산 선암 주변 표층퇴적물 GSM 다이어그램

표 3-2-2. 울산 선암 주변 표층퇴적물 입도 및 TOC

| Sample No | ST2 | ST3 | ST4 | ST5 | ST6 | ST7 | ST8 | ST9 | ST10 | ST11 | ST12 | |
|------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-----------|----------|-------|
| Composition (%) | Gra. | 28.80 | 0.00 | 59.02 | 0.00 | 0.02 | 2.09 | 2.68 | 1.94 | 0.46 | 6.90 | 0.00 |
| | Sand | 66.15 | 88.42 | 38.99 | 89.67 | 93.28 | 95.09 | 86.67 | 96.18 | 88.71 | 90.02 | 94.70 |
| | Silt | 0.72 | 2.98 | 0.18 | 2.07 | 1.00 | 0.32 | 1.79 | 0.15 | 1.83 | 0.28 | 0.74 |
| | Clay | 4.33 | 8.60 | 1.80 | 8.27 | 5.71 | 2.50 | 8.85 | 1.73 | 9.00 | 2.80 | 4.56 |
| Sed Type | <i>gS</i> | <i>(g)mS</i> / <i>cS</i> | <i>sG</i> | <i>(g)mS</i> / <i>cS</i> | <i>(g)S</i> | <i>(g)S</i> | <i>(g)mS</i> | <i>(g)S</i> | <i>(g)mS</i> | <i>gS</i> | <i>s</i> | |
| TOC (%) | 0.31 | 0.27 | 0.04 | 0.97 | 0.21 | 0.24 | 0.97 | 0.63 | 0.52 | 0.86 | 0.30 | |
| Statistical Parameters | MZ(P hi) | 0.10 | 3.10 | -0.99 | 1.99 | 2.99 | 0.92 | 1.72 | 0.91 | 2.27 | 0.59 | 2.42 |
| | St.De. | 1.81 | 1.66 | 0.83 | 1.97 | 1.62 | 0.78 | 2.08 | 0.99 | 1.90 | 1.03 | 1.06 |
| | Skew. | 0.20 | 0.37 | 0.38 | 0.43 | 0.40 | -0.04 | 0.43 | 0.07 | 0.39 | -0.11 | 0.17 |
| | Kurt. | 1.26 | 2.89 | 0.97 | 2.96 | 2.94 | 0.92 | 3.44 | 1.06 | 3.08 | 1.02 | 2.64 |

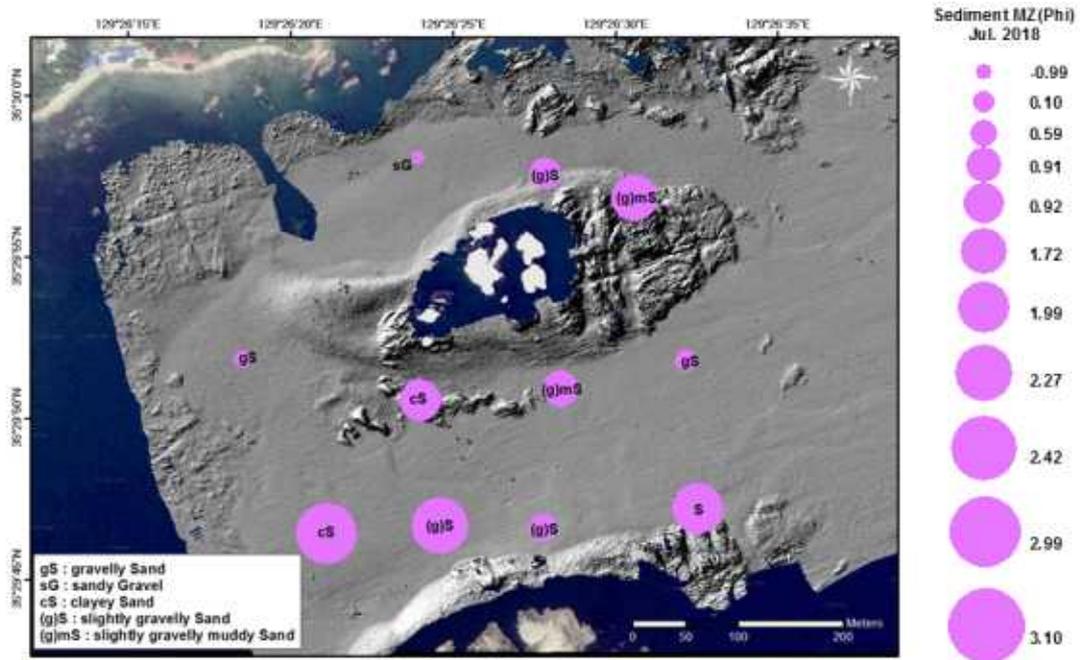


그림 3-2-21. 울산 선암 주변 표층퇴적물 입도 분포도

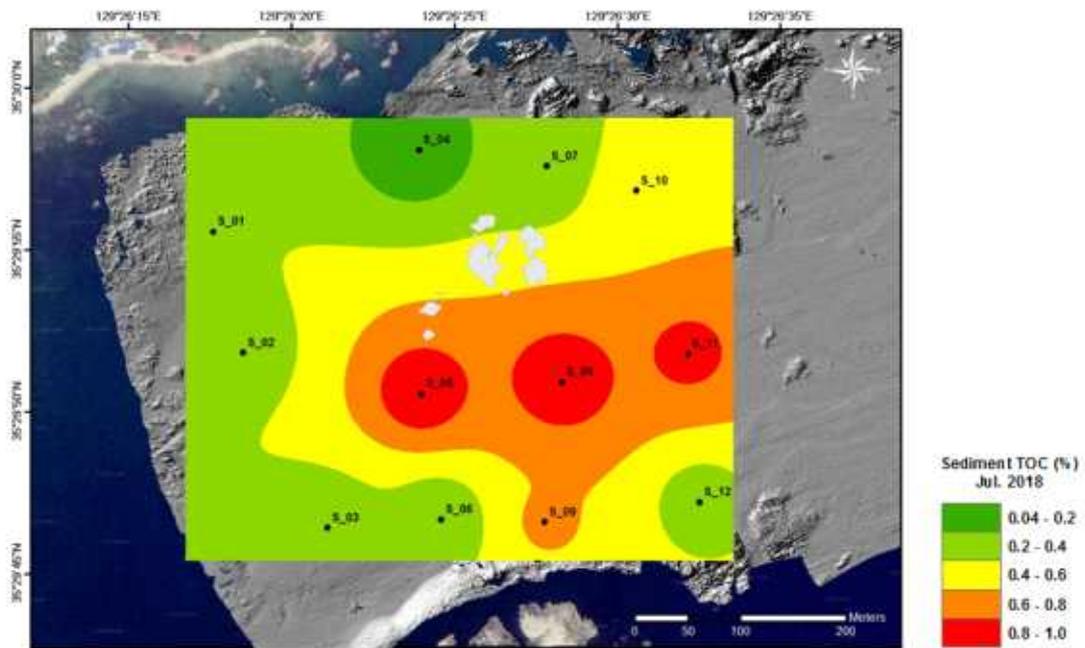


그림 3-2-22. 울산 선암 주변 표층퇴적물 내 유기물 함량 분포도

4) 서식지 환경 맵핑 분석

동해 남부 연안의 대표적인 사질-수중암반 지대가 발달해 있는 울산 선암(노출암) 주변 해역에서 획득한 정밀 해저 지형자료와 해저면 영상자료를 중첩·통합 분석하여 해저면 환경 맵핑 주제도를 작성하였다(그림 3-2-23 ~ 3-2-24). 본 연구에서 작성한 해저면 환경 맵핑 주제도는 해저면에 대한 3차원 정밀 해저 지형정보를 기반으로 2차원의 해저면 환경정보인 해저면 영상자료를 중첩 분석한 결과로 선암 주변해역에 형성되어 있는 서식지의 해저면 환경 특성 정보를 통합 시각화한 결과이다. 선암 주변의 정밀 해저 지형자료 결과와 해저면 영상자료를 통합하여 비교하였을 때 수중암반 지대와 퇴적층 지역 범위가 잘 일치함을 확인하였다. 정밀 해저 지형도에서 암반이 위치하고 있는 수심 굴곡이 복잡한 지역들은 해저면 영상도에서 표현되는 반사강도가 크고 변화가 복잡하게 나타남으로서 암반지역과 사질 퇴적층 지역이 확연히 구별되어 수중암반 지대와 퇴적 지대 범위를 비교적 쉽게 구분할 수 있다. 서식지 환경 맵핑 주제도(정밀 해저 지형 + 해저면 영상)와 표층퇴적물 분석을 함께 활용하여 서식지 환경 맵핑 분류도를 작성하였다(그림 3-2-25). 서식지 환경 맵핑 분류도에서는 크게 암반지역과 모래퇴적층 지역 두 가지 해저환경 특성으로 분류할 수 있으며 정밀 해저 지형도와 해저면 영상도에서 나타난 암반지역 분류 결과와 표층퇴적물 분석 결과가 유사하게 나타났다. 선암 주변의 동쪽 및 서쪽 인접지역, 그리고 북쪽 및 남쪽 연안 해역에 암반지역이 집중적으로 분포하고 있으며 한편 선암 주변 인접지역과 북쪽과 남쪽 연안 해역 사이의 중간 해역은 암반이 거의 존재하지 않는 것이 특징적이다. 이러한 특징은 이 해역이 연안과 외해로 연결되는 지역으로서 해수의 이동에 따른 퇴적물의 주 이동통로로서 타 해역보다 비교적 활발한 퇴적활동이 일어났을 것으로 예상된다. 해저 지형, 해저면 영상, 표층퇴적물 자료를 통합 분석한 연구 결과들은 동해 연안에서 나타나는 사질-수중암반 지대의 서식지 기본 환경 특성 파악 및 모니터링 자료로 활용도가 높을 것으로 판단된다.

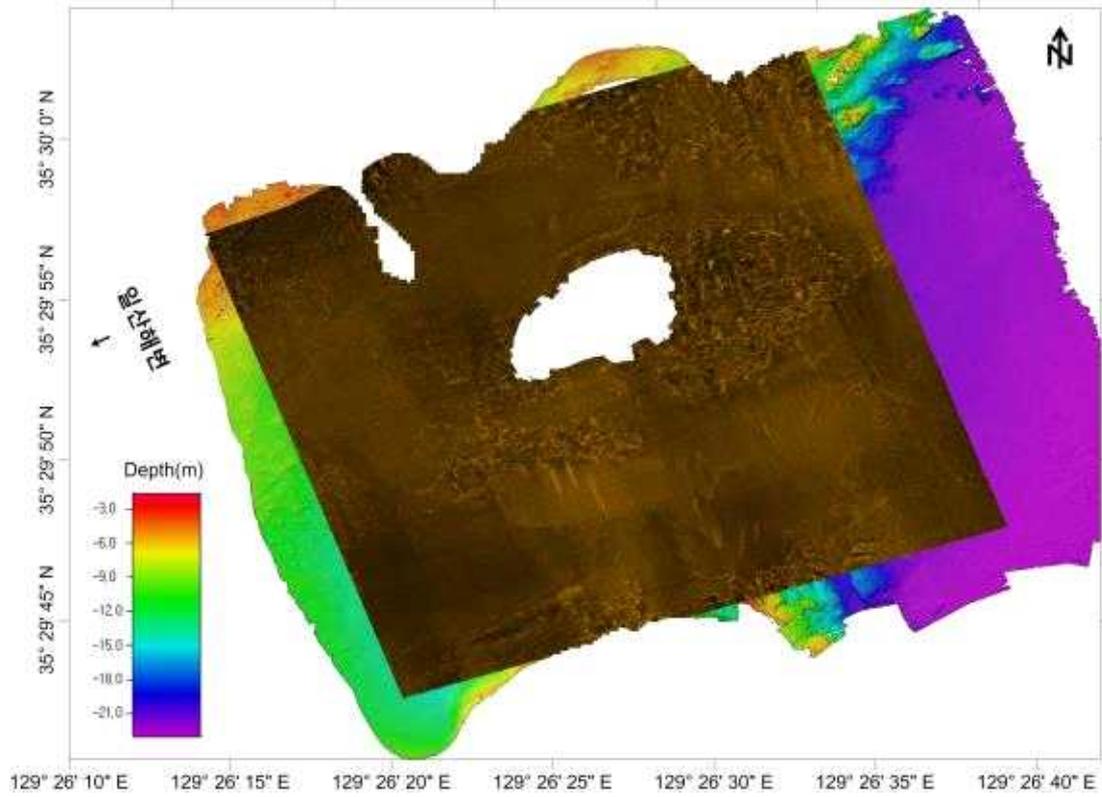


그림 3-2-23. 울산 선암 주변 서식지 환경 맵핑 주제도(정밀 해저 지형 + 해저면 영상, 수직상공에서 본 모습)

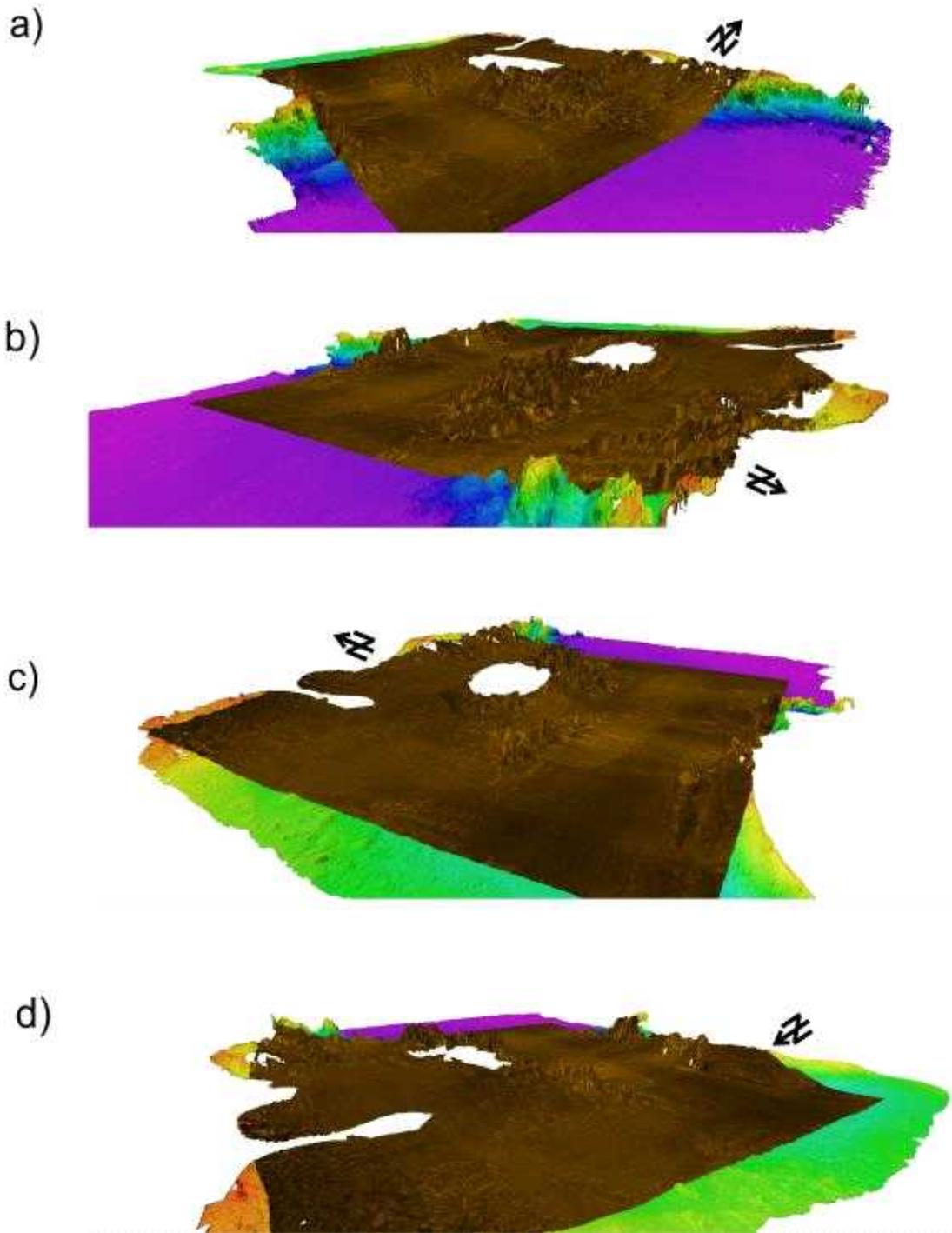


그림 3-2-24. 울산 선암 주변 서식지 환경 맵핑 주제도
 (정밀 해저 지형 + 해저면 영상, 3차원 모습)
 a. 남동쪽에서 본 모습
 b. 북동쪽에서 본 모습
 c. 남서쪽에서 본 모습
 d. 북서쪽에서 본 모습

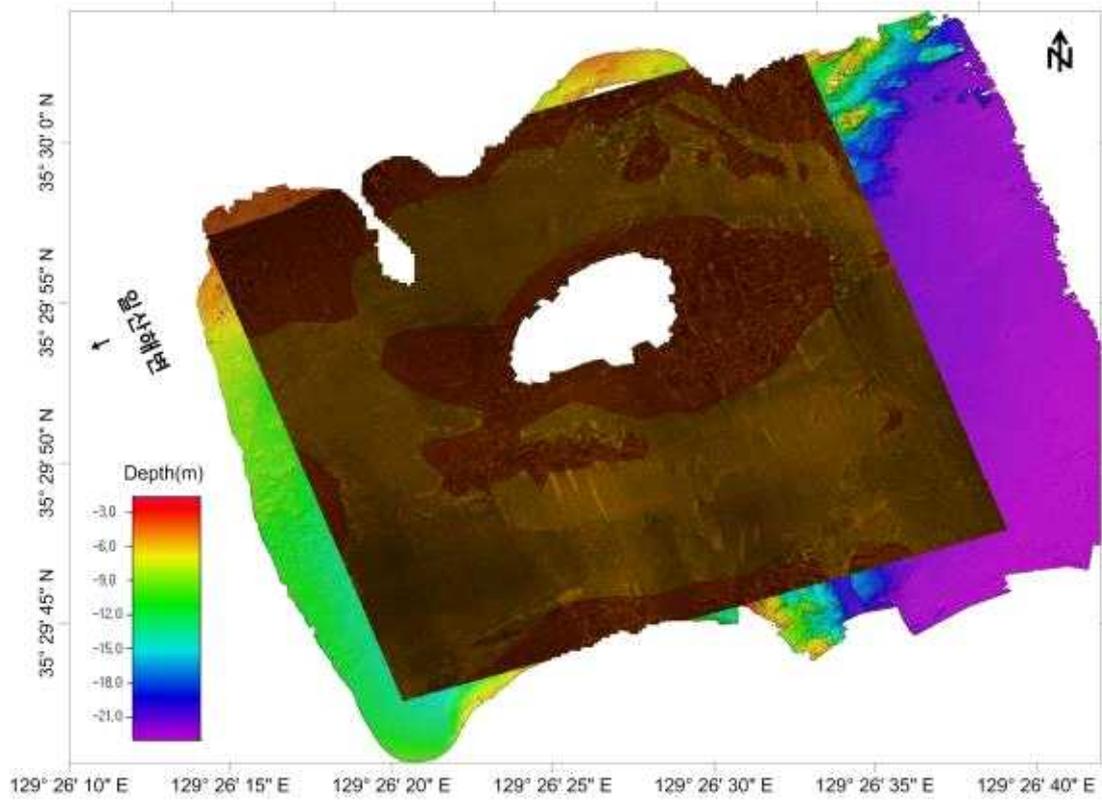


그림 3-2-25. 울산 선암 주변 서식지 환경 맵핑 분류도
(정밀 해저 지형 + 해저면 영상)

울산 선암 주변해역에서 획득하고 분석한 정밀 해저 지형도와 고해상도로 합성한 서식지 영상합성지도 자료를 기반으로 맵핑 분석을 통해 서식지 입체 해저면영상합성지도를 작성하였다. 서식지영상합성지도는 수중과학잠수 현장조사 시에 획득하였으며, 실제 해저면의 서식지 환경을 촬영한 영상 정보이다. 이는 정밀 해저 지형자료와 주요 서식지의 생물상에 대한 연계 분석을 목적으로 맵핑 주제도 작성에 활용하였다. 약 10 m x 10 m 범위의 서식지영상합성지도를 해당 범위의 지형자료와 중첩하였고 이를 통합하여 분석함으로써 해저 지형 및 해저환경과 생물상의 연계 분석을 수행하였다. 2018년의 경우 선암 주변 지역은 천해 수심이 급격하게 얕아지는 관계로 해저 지형 조사 선박이 노출암 주변 및 수중영상 촬영 구역에 접근하기 어려워서 정밀 해저 지형 조사지역을 중첩할 수 없었다. 따라서 정확한 위치의 해저 지형에 중첩하지 못한 서식지영상합성지도를 선암 주변 수중암반 지역의 유사한 해저 지형에 중첩하여 서식지 입체 해저면영상합성지도를 예시로 작성하였다(그림 3-2-26 ~ 3-2-27). 서식지 입체 해저면영상합성지도(예시)에서는 원래 수중영상조사를 수행한 유사 지형인 해저 지형에 맞춰 서식지 영상합성지도를 중첩하였으며 중첩한 해저 지형의 수심은 약 8 ~ 14 m 범위에 분포하고 있다. 다양한 환경 특성 주제도를 활용해 주요 서식지 입체 생태 영상 지도를 작성함으로써 수중영상에서 확인되는 성게류나 해조류 등의 서식지가 형성된 생태계 환경을 해저면의 지형 특성과 비교 분석이 가능하다. 본 맵핑 분석에서 활용한 서식지영상합성지도를 고정 모니터링 정점 개념으로 계절별로 조사한다면 연구지역에 대한 계절별 변화상 모니터링이 가능할 것으로 기대된다. 또한 이를 기반으로 동해 남부 연안 울산 선암지역의 수중생태지도를 제작하여 연안의 환경변동성을 시각화하고 연안환경 및 생태계 관측 자료 제공을 통해 어업 생산성 증진에 간접적으로 기여할 것으로 판단된다.

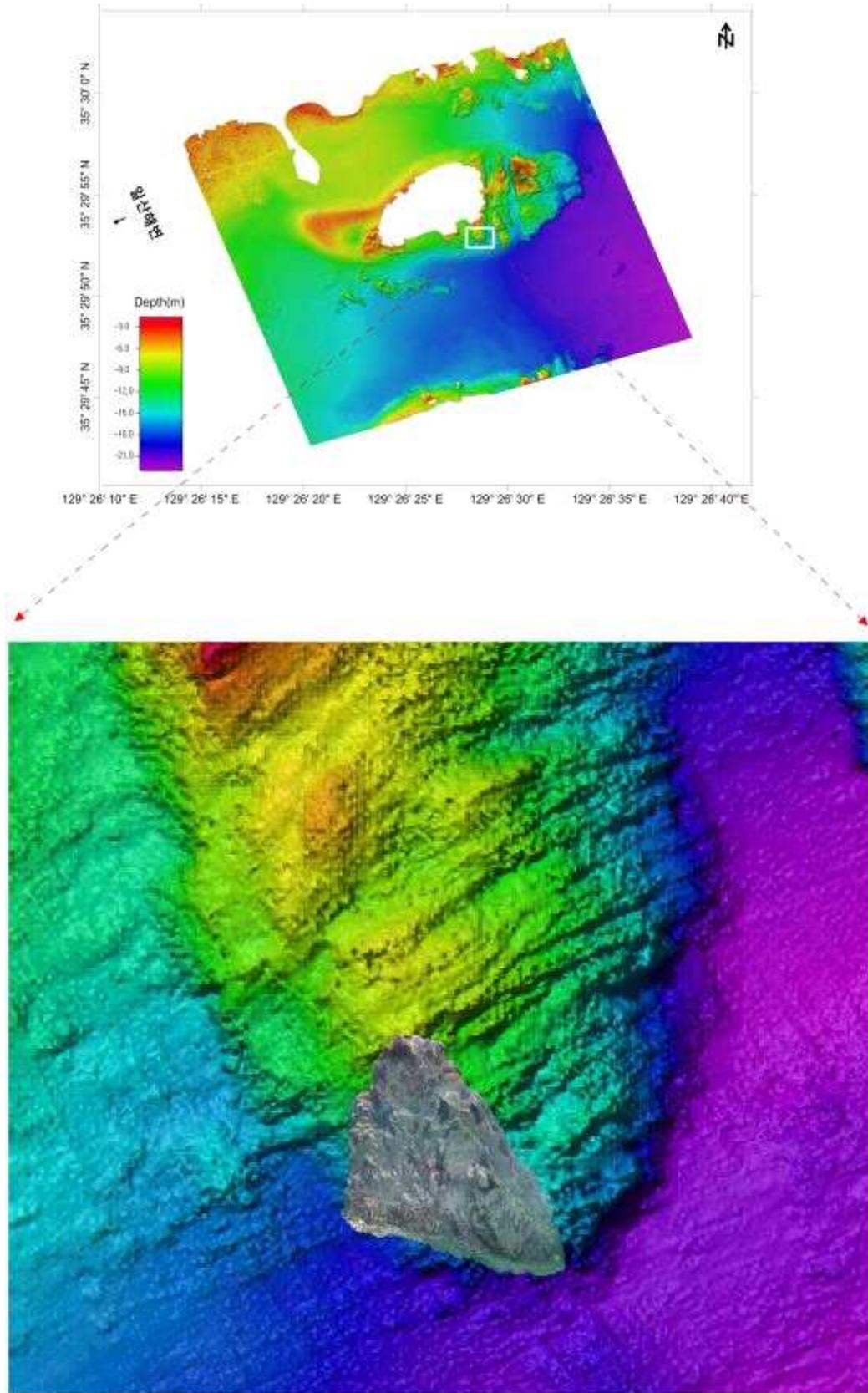


그림 3-2-26. 울산 선암 주변 서식지 입체 해저면영상합성지도(예시)
 (정밀 해저 지형 + 서식지영상합성지도, 수직상공에서 본 모습)

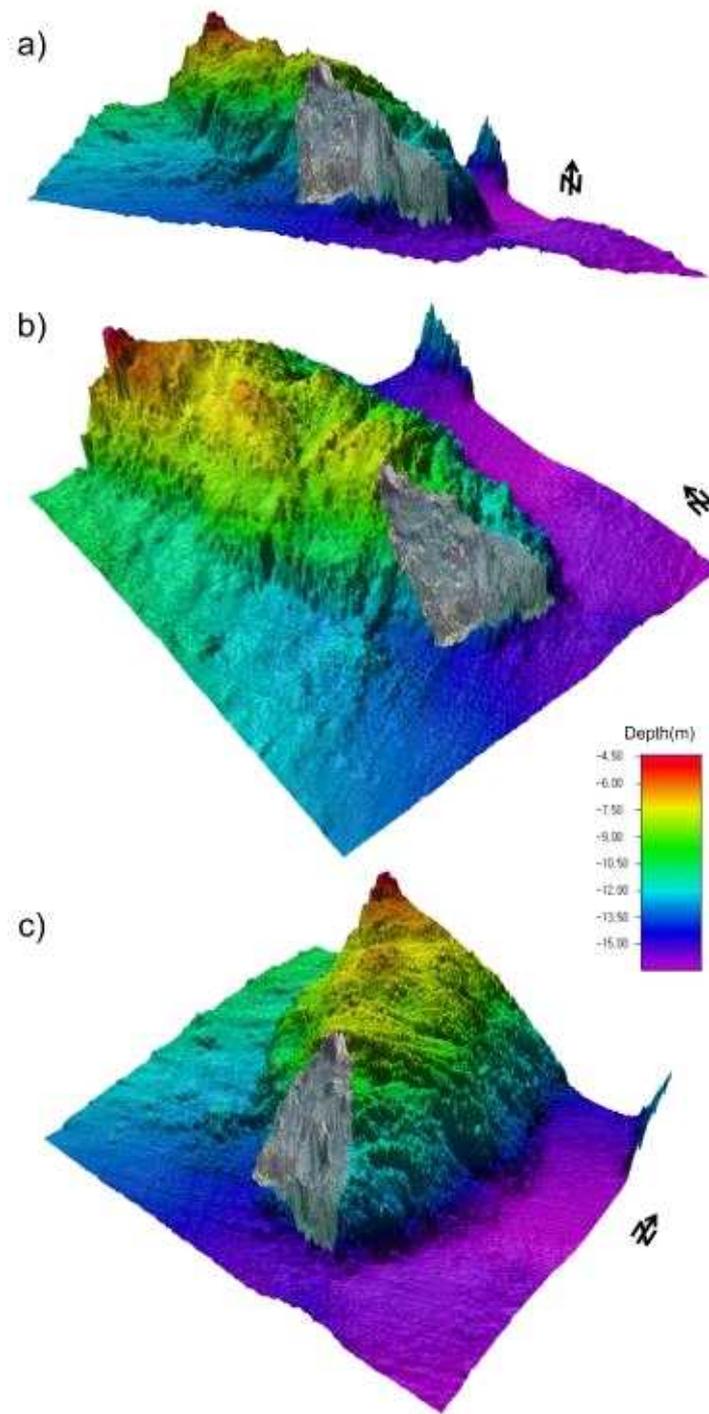


그림 3-2-27. 울산 선암 주변 서식지 입체 해저면영상합성 지도(예시)(정밀 해저 지형 + 서식지영상합성지도, 3차원 모습)
 a. 남쪽에서 본 모습
 b. 남서쪽에서 본 모습
 c. 남동쪽에서 본 모습

연구지역의 해저면 환경 조사 및 분석 외에 선암의 정확한 형태 및 모습을 파악하고자 추가적으로 선암의 해수면 위 노출 범위에 대한 드론 촬영을 수행하고 정상영상도를 작성하였다(그림 3-2-28). 드론 촬영은 고도 약 150 m 이내 범위에서 선암 주변 구역을 전체적으로 촬영하였으며, 별도로 고도 약 20 ~ 30 m에서 노출암과 해수면의 경계 주변을 촬영하여 해수면 인접지역의 생태 환경을 파악하고자 하였다. 수직상공에서 총 약 200여장을 촬영하였으며 기준점 보정 및 이미지 합성을 통해 선암 주변 수직상공 정상영상도를 완성하였다. 해수면 위로 드러난 선암은 크게 두 지역으로 나뉘어져 있으며 북동쪽 지역은 대략 5개의 여(큰 바위) 위주로 구성되어 있고, 남서쪽 지역은 1개의 여와 등표가 위치하고 있다. 수면으로 드러난 여들 외에 주변에 수중여가 곳곳에 존재하고 특히 남서쪽에 얇은 수중여들이 산재하고 있다. 한편 선암 주변을 촬영한 드론사진과 작성된 서식지영상합성지도를 같이 중첩시켜 육·해상 서식지영상합성지도를 작성하였다(그림 3-2-29). 드론 자료를 기반으로 작성한 영상자료는 해저면 환경 생태계 뿐 만 아니라 해수면 경계 및 육상(바위)의 환경 생태계도 함께 연계 분석이 가능하여 향후 종합적인 연구 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

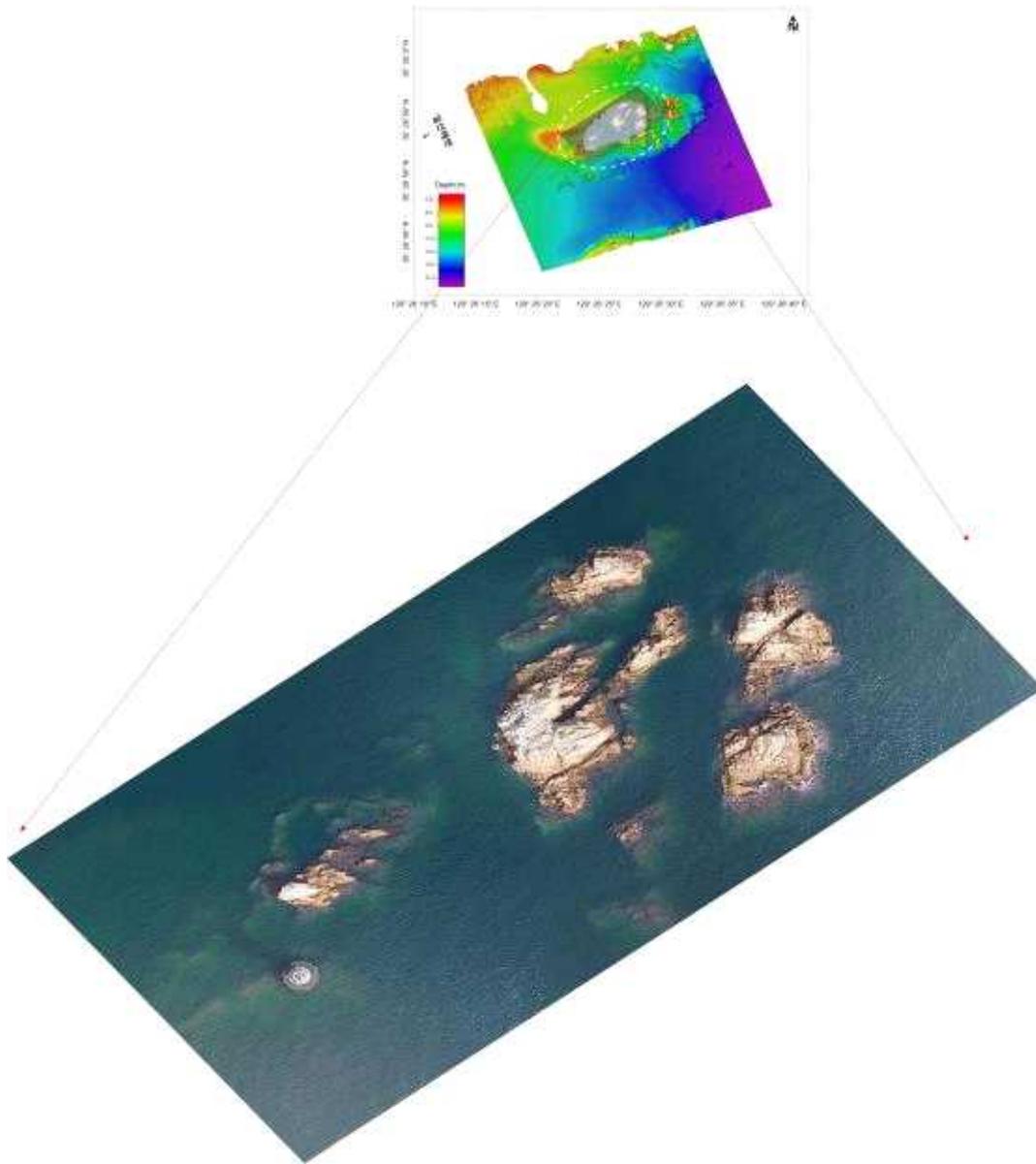


그림 3-2-28. 울산 선암 주변 수직상공 정사영상도(드론)

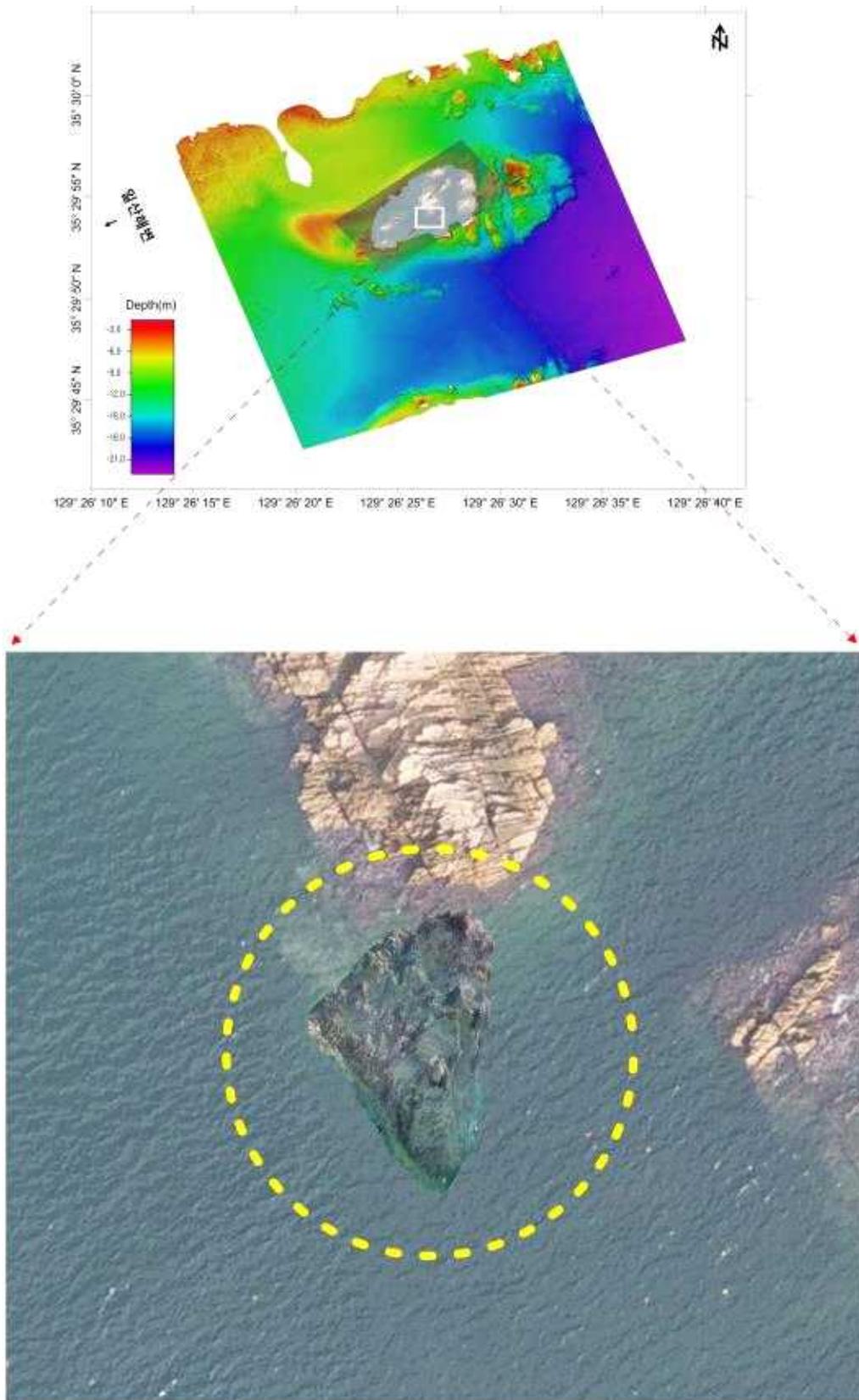


그림 3-2-29. 울산 선암 주변 육·해양 서식지 영상합성지도
(드론 촬영 + 서식지영상합성지도)

제 3 절 동해 연안 자료활용 정보 생산

1. 동해 연안 데이터셋 구축

동해 연안 해역의 서식환경 및 서식생물 조사자료를 수집하여 GIS 주제도 작성을 위한 데이터셋을 구축하였다. 데이터 수집 대상은 2017년도 연구지역인 강릉 십리바위(강원도 강릉시 안현동 854~5, 37°48' 37" N 128°54' 46" E) 주변 해역과 2018년도 연구지역인 울산 선암(울산광역시 동구 일산동, 35°29' 55" N 129°55' 10" E) 주변 해역에서 조사된 연안 서식환경 및 생물 조사데이터이다. 강릉 십리바위는 경포해수욕장에서 약 0.43 km 떨어져 있으며, 울산 선암은 일산해수욕장에서 약 0.5 km 떨어져 있어 인간들의 연안에서의 활동공간과 매우 가까운 곳에 위치하고 있는 특징을 가지고 있다. 따라서 이러한 연구지역에 대한 서식환경 및 생태계에 대한 데이터셋 구축 및 주제도 작성은 더 나은 연안 해양환경 관리에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

수집한 2017 ~ 2018년도 조사데이터는 GIS 자료관리 기반으로 구축하기 위해 표 3-3-1 과 같이 해수환경정보, 서식생물정보, 해저공간정보, 기본지리정보 카테고리 분류하여 관리항목을 선정하였다. 그리고 이들 데이터셋의 자료는 유형과 특성에 따라 전처리 과정을 거쳐 점(point), 선(polyline), 면(polygon), 격자(raster) 등의 GIS 피처로 생성하였다(그림 3-3-1 ~ 3-3-2).

표 3-3-1. 조사데이터 dataset

| 구분 | 항목 | 속성 |
|--------|--------------|----------------------|
| 해수환경정보 | 해수 물리, 화학 | 수온, 염분, pH, 용존산소 |
| 서식생물정보 | 중/대형저서동물 | 출현종, 개체수, 서식밀도, 생체량 |
| 해저공간정보 | 해저지형, 퇴적물 입도 | 수심, 등심도, 해저면영상, 퇴적유형 |
| 공통 정보 | 조사정점도, 조사구역도 | 위도, 경도 |
| 기본지리정보 | 연구지역 기초정보 | 위성자료, 드론 사진, 기후 등 |



그림 3-3-1. 강릉 십리바위 주변해역 데이터 GIS 피쳐

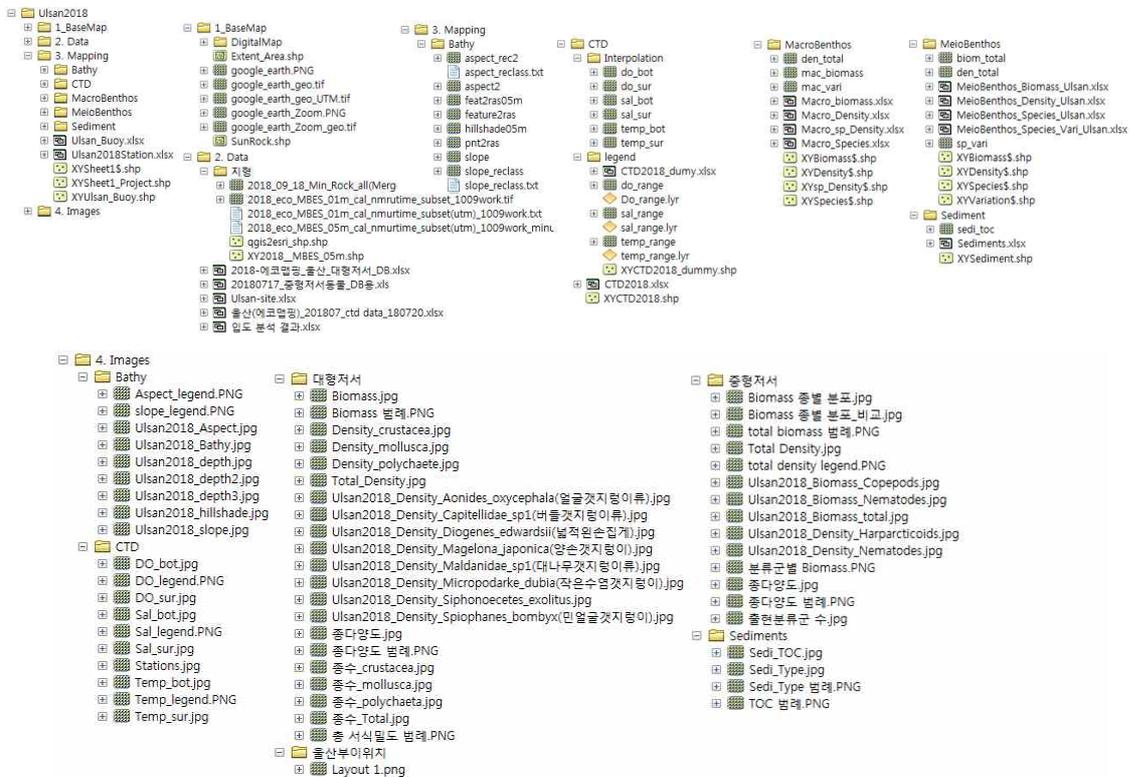


그림 3-3-2. 울산 선암 주변해역 데이터 GIS 피쳐

2. 서식환경 및 생물 주제도 작성

가. 동해 북부 연안 강릉 십리바위 주변해역

강릉 십리바위 주변해역의 해양조사 데이터의 주제도 작성을 위해 표 3-3-1과 그림 3-3-1을 기반으로 연구해역에 대한 기본지리정보 및 공통정보, 해수환경정보, 서식생물정보, 해저공간정보의 세부 조사항목을 지도기반 분포도로 작성하였다.

1) 기본공통정보

기본공통정보는 연구지역에 대한 이해와 데이터 분석 시 참고자료로 활용하기 위해 연구지역 주변에 대한 기초정보를 수집·요약하고, 조사구역 및 정점정보를 표출하였다. 이 중 강릉 십리바위 주변해역은 동해안 대표적 서식환경인 수중암반과 사질로 구성되어 있어 동해안 연안 서식환경 및 생물간 특성 이해를 위해 2017년도에 조사되었다.

먼저, 연구해역인 십리바위와 그 주변 정보에 대해 살펴보면 지리적으로 경포해변과 오리바위가 있다(그림 3-3-3). 경포해변은 해수욕장으로써 위치는 강원도 강릉시 안현동에 소재하고, 면적은 약 144,000 m², 길이는 약 1.8 km, 폭은 약 80 m에 이른다. 그리고 강원도에 소재하는 주변 해수욕장 중에서도 경포해변이 약 89.3%로 가장 높은 이용현황을 나타내고 있고, 해수욕장 기간 중 이용객 수는 약 6,000 여명을 웃도는 수치를 기록하고 있다(그림 3-3-4 ~ 3-3-5). 이것은 경포해변이 친수공간으로써 인간의 이용이 활발하고 연중 내내 다양한 레저활동과 축제행사 등이 이루어지고 있어 연구해역의 해양생태계와도 밀접한 연관이 있을 것으로 사료된다.



그림 3-3-3. 십리바위와 주변(출처: 네이버)

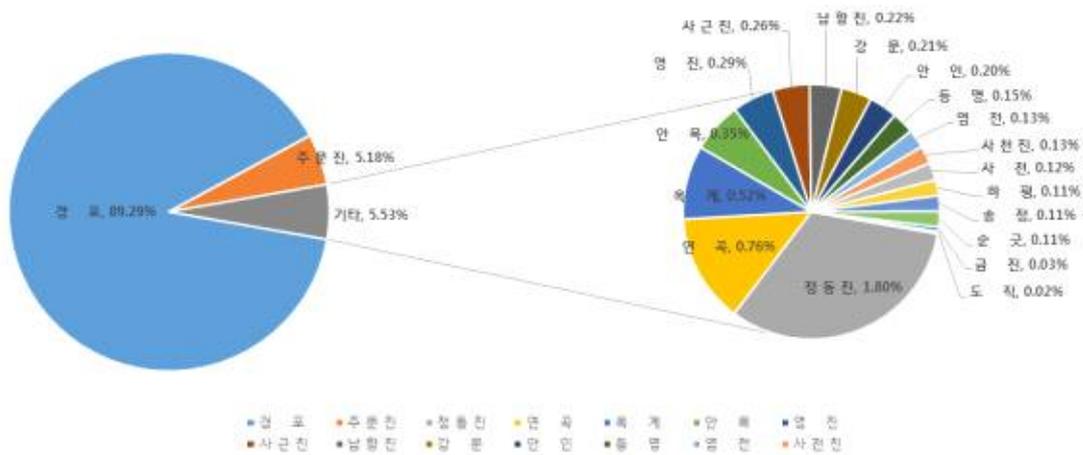


그림 3-3-4. 2015년 경포해변 주변 해수욕장 이용현황(출처: 강릉시 통계연보)

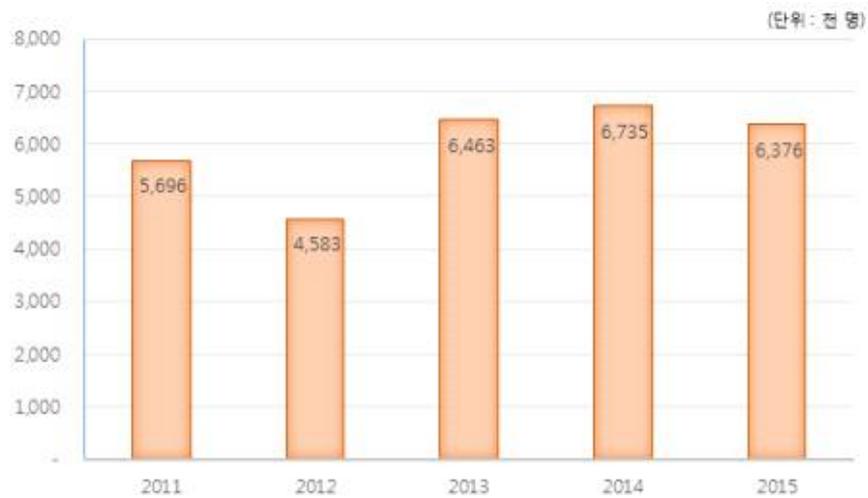


그림 3-3-5. 경포해수욕장 이용객 수(출처: 강릉시 통계연보)

그리고, 십리바위와 함께 육지와와의 사이에 있는 오리바위에 대한 기존 자료는 해양수산부 무인도서 종합정보제공(<http://uui.mof.go.kr/>)을 통해 확인할 수 있었으며, 그 내용을 간단히 요약하면 다음과 같다.

○ 십리바위

- 명칭 : 십리바위(외가리암)
- 좌표 : 37°48' 37" N 128°54' 46" E
- 지번 : 안현동 854(십리바위 1), 855(십리바위 2)
- 면적 : 1,745 m²(십리바위1 - 836 m² / 십리바위2 - 909 m²)
- 육지와와의 거리 : 0.43 km(안현동 0.43 km)

- 이용현황 : 경포 사근진 어촌계와 강문 어촌계 주민들이 주변해역에서 해산물 채취를 하며, 육지쪽(도서 서쪽) 해역은 경포해수욕장으로 이용됨
- 지형/지질 : 섬의 형상은 돔(dome) 형태이고, 수평, 수직 절리면을 따라 파식에 의한 침식이 진행되고 있음. 십리바위1, 2는 하나로 연결된 섬이었으나 해식노치에 의해 비슷한 규모의 2개 바위섬으로 분리됨
- 주요생물 : 육상 동·식물 및 조류, 곤충류는 서식하기 어려운 환경임. 주요 해양생물로는 조간대 동물 35종이 분포하고 조무래기따개비가 우점. 해조류 47종을 확인한 바 있고, 조하대에 사카이대마디말, 왜모자반, 그물바탕말류 등 혼생함
- 해역경관 : 주변 해역 조하대 1 m 지점에 미역이 거대한 숲을 형성하고 있음. 20 m 앞쪽에 해중립초를 투하 관리하고 있으며, 해중공원 조성을 위한 철제 H-빔 모형선박이 투하되었음

○ 오리바위

- 명칭 : 오리바위(내加里岬)
- 좌표 : 37°48' 27" N 128°54' 37" E
- 지번 : 안현동 853
- 면적 : 691.0 m²
- 육지와와의 거리 : 0.12 km(안현동 0.12 km)
- 이용현황 : 경포 사근진 어촌계와 강문 어촌계 주민들이 주변해역에서 해산물 채취를 하며, 육지쪽(도서 서쪽) 해역은 경포해수욕장으로 이용됨
- 지형/지질 : 기반암상에 수직절리가 많이 발달되어 있고 섬의 서쪽부분은 급경사의 해식애를 이룸. 섬 내부에 차별침식으로 소규모의 단계모양의 암괴를 이룸
- 주요생물 : 육상 동·식물 및 조류, 곤충류는 서식하기 어려운 환경임. 주요 해양생물로는 조무래기따개비, 갯강구 등 조간대 동물 30종 분포. 해조류는 녹조류 6종, 갈조류 13종, 홍조류 20종으로 총 39종 확인. 조하대에 대마디말류, 왜모자반, 방식청각, 구멍쇠미역, 참곱슬이 등 혼생
- 해역경관 : 서쪽은 급경사를 이루고, 조하대는 기반암을 제외하면 사질해안으로 이루어짐



그림 3-3-6. 십리바위(좌)와 오리바위(우) 드론 사진

다음으로, 연구해역의 조사구역 및 조사정점에 대한 공통정보는 그림 3-3-7과 표 3-3-2와 같다. 십리바위를 중심으로 약 500 x 500 m 구역에서 해저공간 및 해수환경 조사를 수행하고, 서식생물 조사는 십리바위 주변 약 200 m 이내에서 수행되었다. 그리고 조사정점은 10개 정점을 계획하여 수행하였다.



그림 3-3-7. 조사구역 및 조사정점

표 3-3-2. 십리바위 주변 조사정점 좌표

| 정점명 | 경도 | | | 위도 | | |
|-----|-----|----|-------|----|----|-------|
| | 도 | 분 | 초 | 도 | 분 | 초 |
| 1 | 128 | 54 | 37.98 | 37 | 48 | 43.14 |
| 2 | 128 | 54 | 42.12 | 37 | 48 | 39.9 |
| 3 | 128 | 54 | 46.68 | 37 | 48 | 40.92 |
| 4 | 128 | 54 | 51.36 | 37 | 48 | 37.5 |
| 5 | 128 | 54 | 48.66 | 37 | 48 | 34.56 |
| 6 | 128 | 54 | 52.8 | 37 | 48 | 30.84 |
| 7 | 128 | 54 | 45.96 | 37 | 48 | 28.02 |
| 9 | 128 | 54 | 39.9 | 37 | 48 | 33.78 |
| 10 | 128 | 54 | 33.06 | 37 | 48 | 39.18 |

2) 해저공간정보

연구해역의 해저공간정보는 서식지 환경에 대한 정보로써 해저지형도와 해저면영상, 경사 분석도, 향분석도, 표층퇴적물 분포도를 제작하였다(그림 3-3-8 ~ 3-3-10). 연구해역의 수심은 약 20 m 이내로써, 십리바위 주변으로 사질(sand)과 암반(rock)으로 형성되어 있음을 볼 수 있고, 해저지형은 대부분 10도 미만의 매우 완만한 경사(slope)로 분포하고 있으며, 향(aspect)은 다소 차이는 있으나 특정 방향이 우세하게 나타나지는 않음을 볼 수 있다. 또한 표층퇴적물의 유형은 대부분 사질로 구성되어 있었으며, 총 유기탄소(total organic carbon)의 분포는 0.07 ~ 0.22%로 나타났고, 연구해역의 가장 남쪽이면서 연안과 근접한 정점 7번에서 가장 높고, 북쪽에 위치한 정점에서 가장 낮게 나타났다.

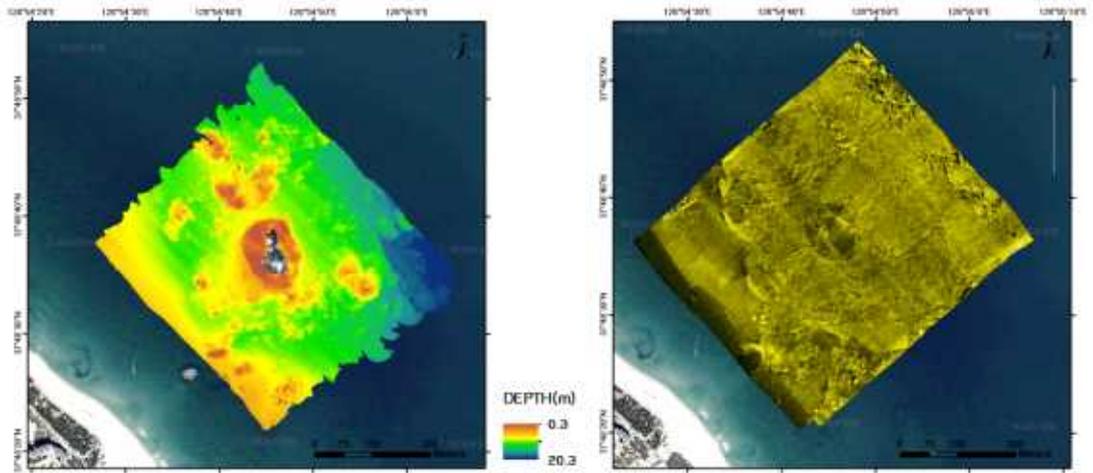


그림 3-3-8. 십리바위 주변 해저지형도(좌)와 해저면영상(우)

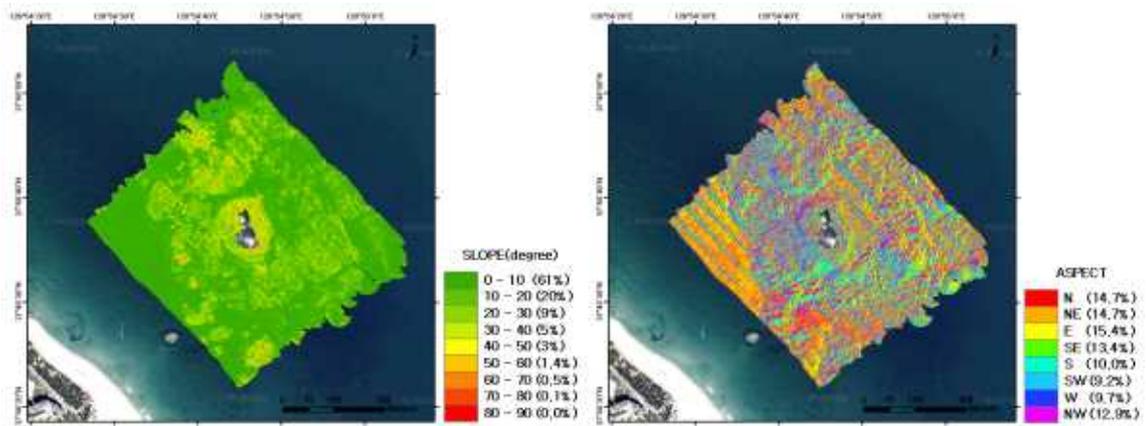


그림 3-3-9. 십리바위 주변 경사분석도(좌)와 향분석도(우)

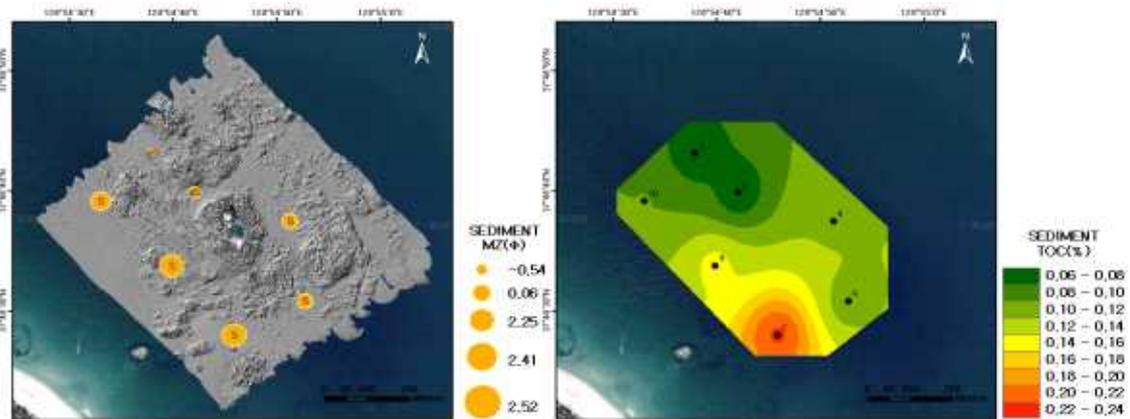


그림 3-3-10. 십리바위 주변 표층퇴적물 평균입도(좌)와 퇴적물 유기물 함량(우)

3) 해수환경정보

해수환경정보를 구성하는 조사항목은 수온, 염분, 용존산소, pH이며, 2017년 7월에 조사를 수행하였다. 이들 데이터의 요약은 표 3-3-3과 그림 3-3-11과 같으며 해수환경정보 주제도는 그림 3-3-12와 같다. 수온분포는 표층에서 약 23.0 ~ 24.3℃(평균 23.7℃), 저층에서 약 16.1 ~ 23.2℃(평균 18.7℃)로 분포하는 것으로 나타났고, 표층은 수온변동이 거의 없는 반면 저층에서는 십리바위를 기점으로 연안에 가까운 정점과 나머지 정점들과의 수온차가 뚜렷이 나타나는 것을 볼 수 있다. 염분분포는 표층에서 약 33.01 ~ 33.60 psu(평균 33.22 psu), 저층에서 약 33.49 ~ 35.86 psu(평균 34.58 psu)로 표층보다 저층에서의 농도가 높게 나타났다. 특히 저층에서 정점 6번과 7번은 지리적으로 가까운 위치임에도 염분 농도의 차이가 크게 나타나는 특징을 보이고 있다. 용존산소 분포는 표층에서 약 5.16 ~ 6.76 mg/l(평균 6.18 mg/l), 저층에서 약 6.10 ~ 8.23 mg/l(평균 7.29 mg/l)의 분포로 표층보다 저층에서 용존산소 농도가 높게 나타나고 있으며, 저층에서는 수온분포와 같이 연안에 가까운 정점과 나머지 정점들과의 농도차가 뚜렷이 나타나는 것을 파악할 수 있다. pH 분포는 표층에서 약 9.40 ~ 9.46(평균 9.42), 저층에서 약 9.35 ~ 9.44(평균 9.39)로 표층과 저층의 농도차이는 크게 나타나지 않는 것으로 보인다. 단지 저층에서의 수온분포와 같이 pH 저층에서는 연안에서 가까운 십리바위 안쪽 지역과 바깥쪽 지역의 농도차가 뚜렷하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

표 3-3-3. 십리바위 주변 해수환경 요약정보

| 항목 | 수층 | 최소 | 최대 | 평균 | 표준편차 |
|----------------|----|-------|-------|-------|------|
| 수온 (℃) | 표층 | 23.0 | 24.25 | 23.68 | 0.38 |
| | 저층 | 16.05 | 23.20 | 18.66 | 3.03 |
| 염분 (psu) | 표층 | 33.01 | 33.60 | 33.22 | 0.20 |
| | 저층 | 33.49 | 35.86 | 34.58 | 0.64 |
| 용존산소 (mg/l) | 표층 | 5.16 | 6.76 | 6.18 | 0.70 |
| | 저층 | 6.10 | 8.23 | 7.29 | 0.74 |
| pH | 표층 | 9.40 | 9.46 | 9.42 | 0.02 |
| | 저층 | 9.35 | 9.44 | 9.39 | 0.03 |

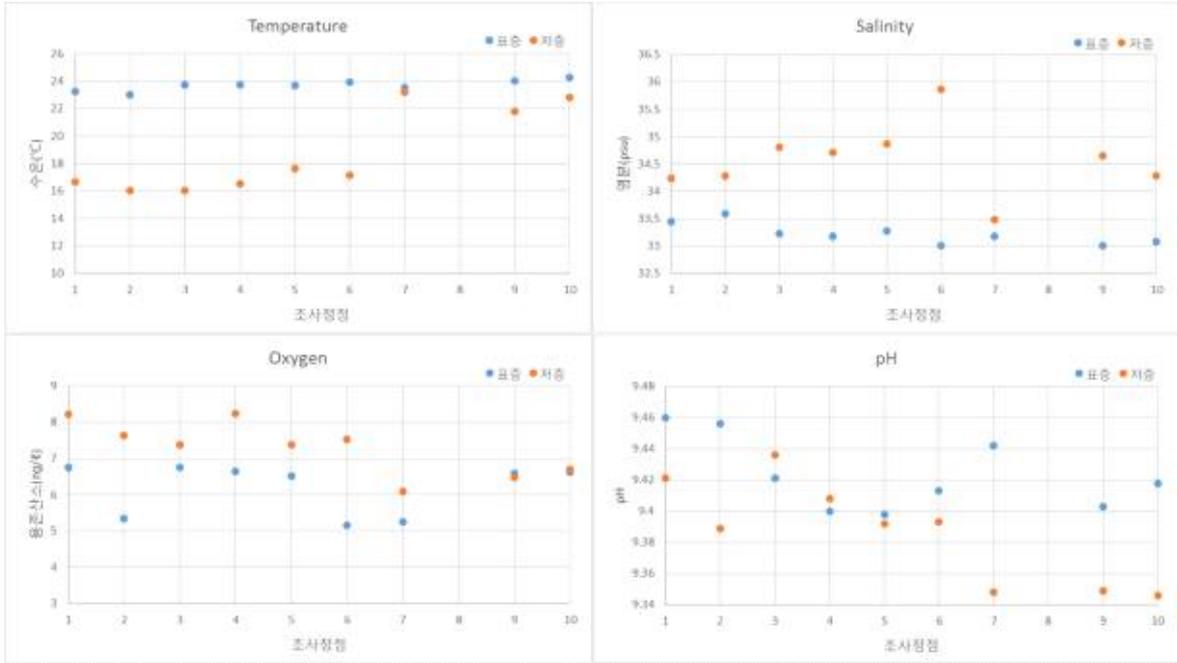


그림 3-3-11. 십리바위 주변 해수환경

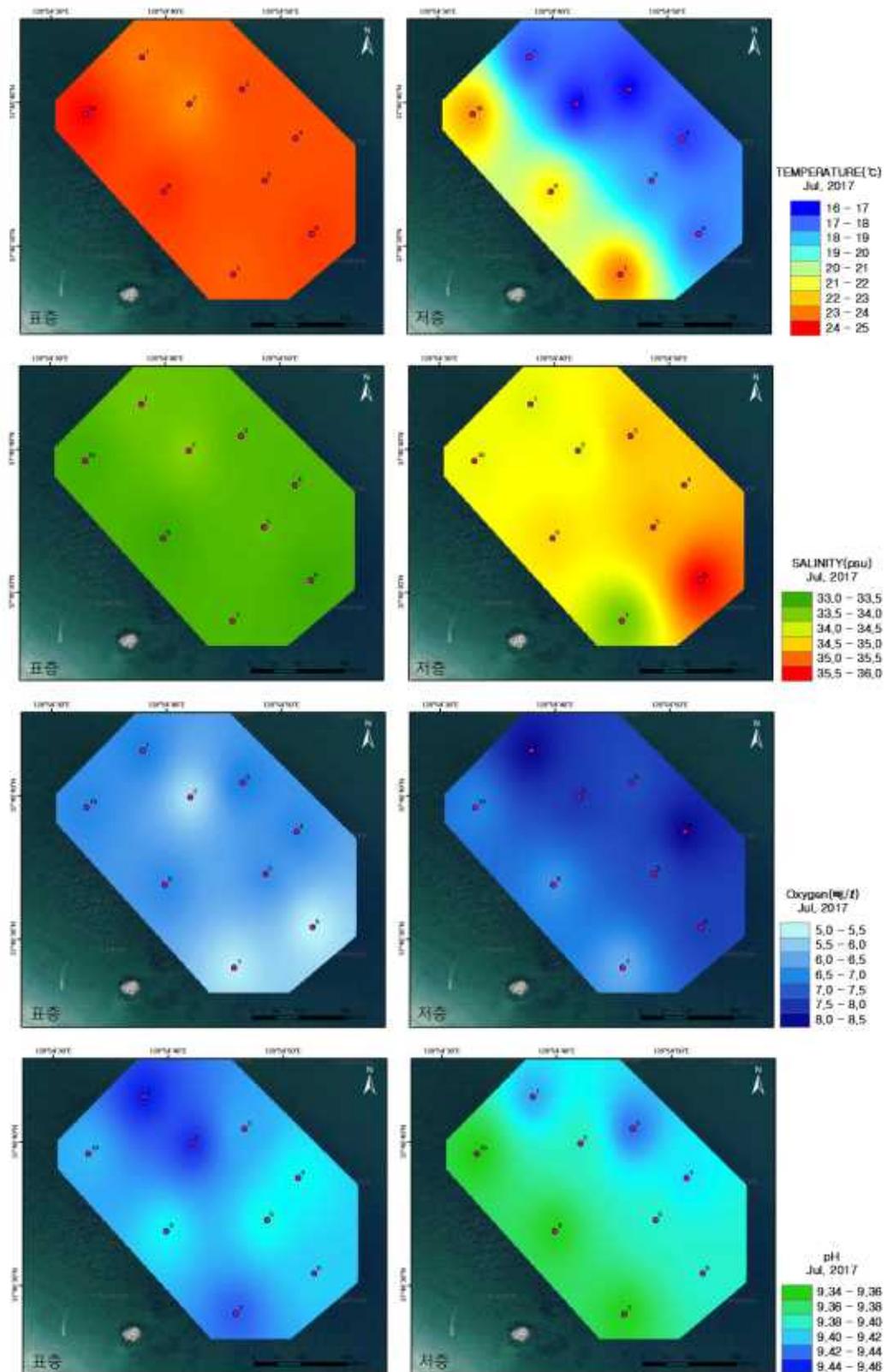


그림 3-3-12. 십리바위 주변 해수환경정보 주제도. 첫 번째 행부터 수온 분포도, 염분 분포도, 용존산소 분포도, 마지막 행은 pH 분포도

4) 서식생물정보

십리바위 주변해역의 서식생물정보는 2017년 7월에 조사한 해양무척추동물 출현종수, 개체수, 대형저서동물 출현종수, 생체량, 서식밀도, 중형저서동물 출현종수, 생체량, 서식밀도 등에 대해 주제도로 작성하였다(표 3-3-4).

표 3-3-4. 십리바위 주변 서식생물정보 dataset

| 생물정보 종류 | 속성 | 심볼유형 | 피쳐유형 |
|---------|-------------------|----------------------|-----------------|
| 해양무척추동물 | 출현종수, 개체수 | Pie graph | Point |
| 대형저서동물 | 출현종수 생체량, 서식밀도 | Bar graph Contour | Point Raster |
| 중형저서동물 | 출현종수 생체량, 서식밀도 | Pie graph | Point |

해양무척추동물의 조사기간 내 출현종수와 개체수 분포는 생물 분류군별 데이터의 구성비와 관측값을 적절히 표현하기 위해 point feature로 생성하여 pie graph로 시각화하였다(그림 3-3-13). 그림 3-3-13 ~ 3-3-14의 해양무척추동물 출현종수와 개체수 간의 관계를 살펴보면, 조사정점에서 출현종수가 많으면 개체수도 그 이상 출현하는 것으로 나타나고 있다. 특히 십리바위 북서 정점에서는 연체동물, 척삭동물, 극피동물의 개체수가 높은 비율로 나타나고, 남동 정점에서는 절지동물의 개체수가 높은 비율로 나타나고 있음을 볼 수 있다.

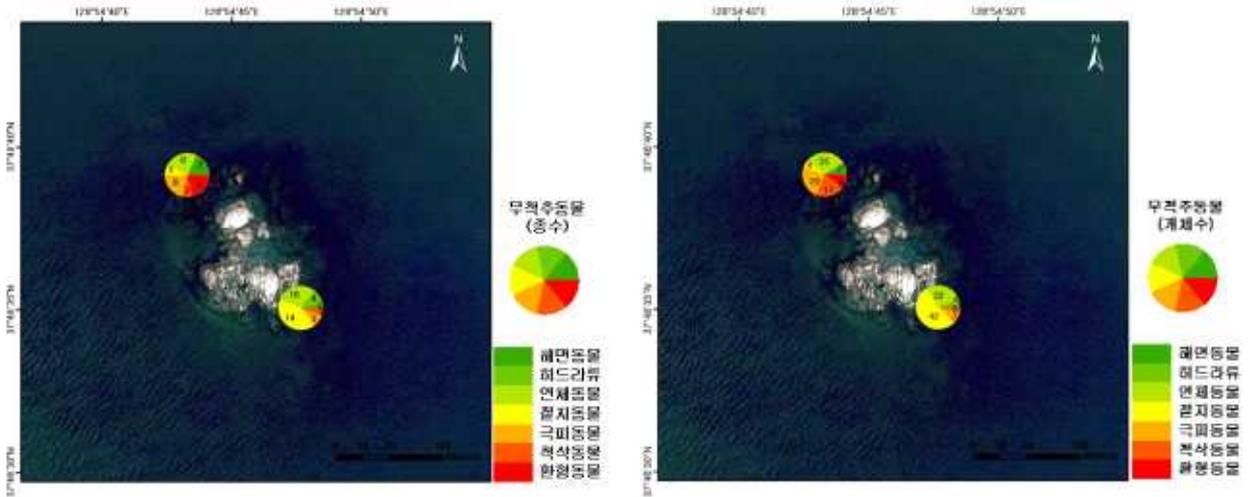


그림 3-3-13. 십리바위 주변 해양무척추동물 출현종수와 개체수 분포도

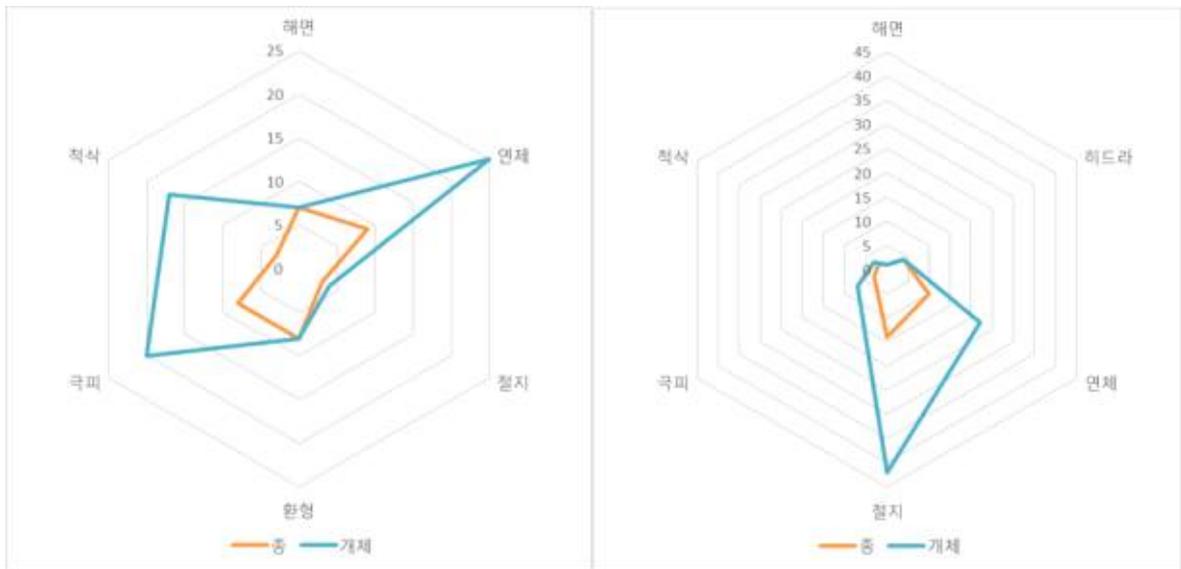


그림 3-3-14. 해양무척추동물 출현종수와 개체수(좌: 십리바위 북서 정점, 우: 십리바위 남동 정점)

대형저서동물 주제도는 출현종수, 생체량, 서식밀도에 대한 분포도 작성으로써 point feature, raster 유형으로 생성하고 bar graph와 contour로 심볼화 하였다. 먼저 각 조사정점에서의 분류군별 출현종수를 보면 정점 1에서 가장 많은 종수가 출현하였음을 알 수 있고, 모든 정점에서 절지동물의 출현이 가장 높게 나타났다(그림 3-3-15).

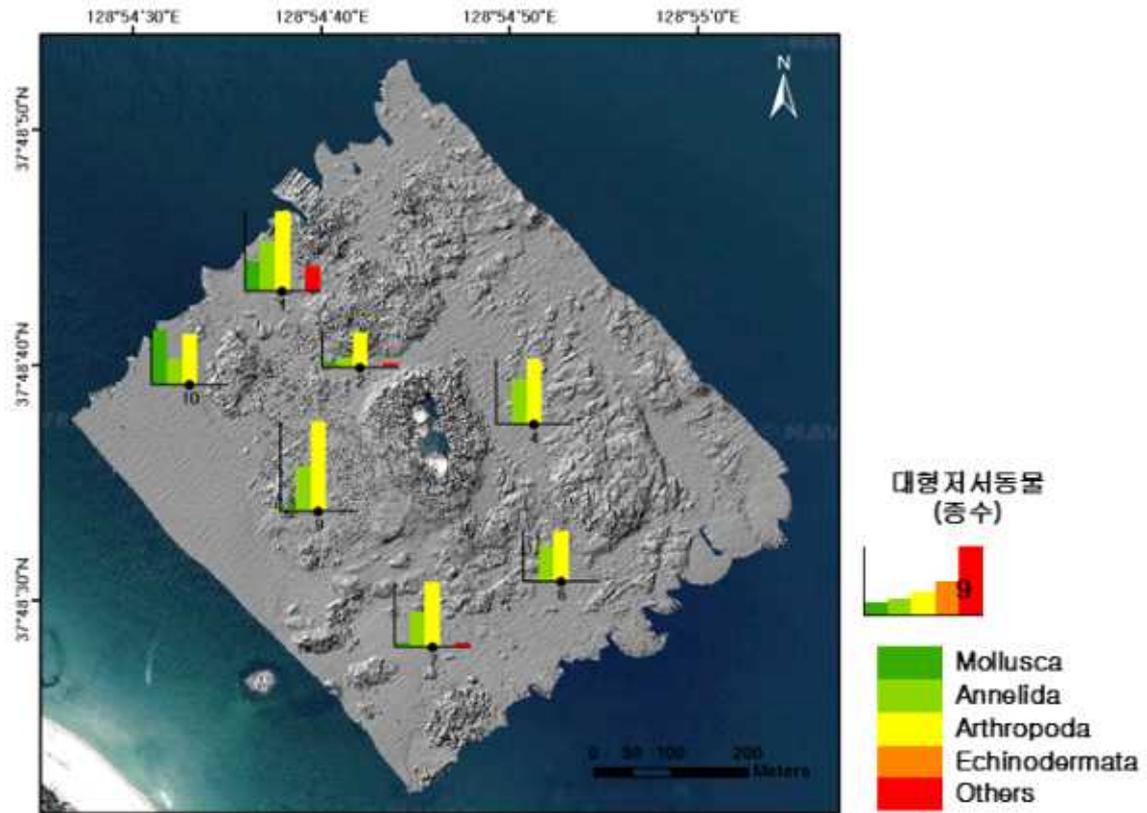


그림 3-3-15. 대형저서동물 출현종수 분포

그리고 대형저서동물의 서식분포는 그림 3-3-16과 같이 출현하였으며, 이를 기반으로 서식밀도 분포도는 그림 3-3-17 ~ 3-3-18과 같이 raster 피쳐 유형을 생성하여 contour로 심불화 하였다. 대형저서동물의 총 서식밀도는 약 470 ~ 1,520 indi./m²의 범위로 십리바위와 가장 가까운 정점 2에서 개체수의 밀도가 가장 낮게 나타났고, 북서쪽 연안 정점 1과 10, 그리고 남쪽 연안 정점 7에서 높은 밀도 순으로 나타났다. 환형동물과 절지동물은 정점 2을 제외한 연구지역에서 모두 분포하고 있는 것으로 나타났고, 특히 연체동물은 정점 10, 극피동물은 정점 1에서 다른 지역에 비해 높은 서식밀도를 나타내고 있다.

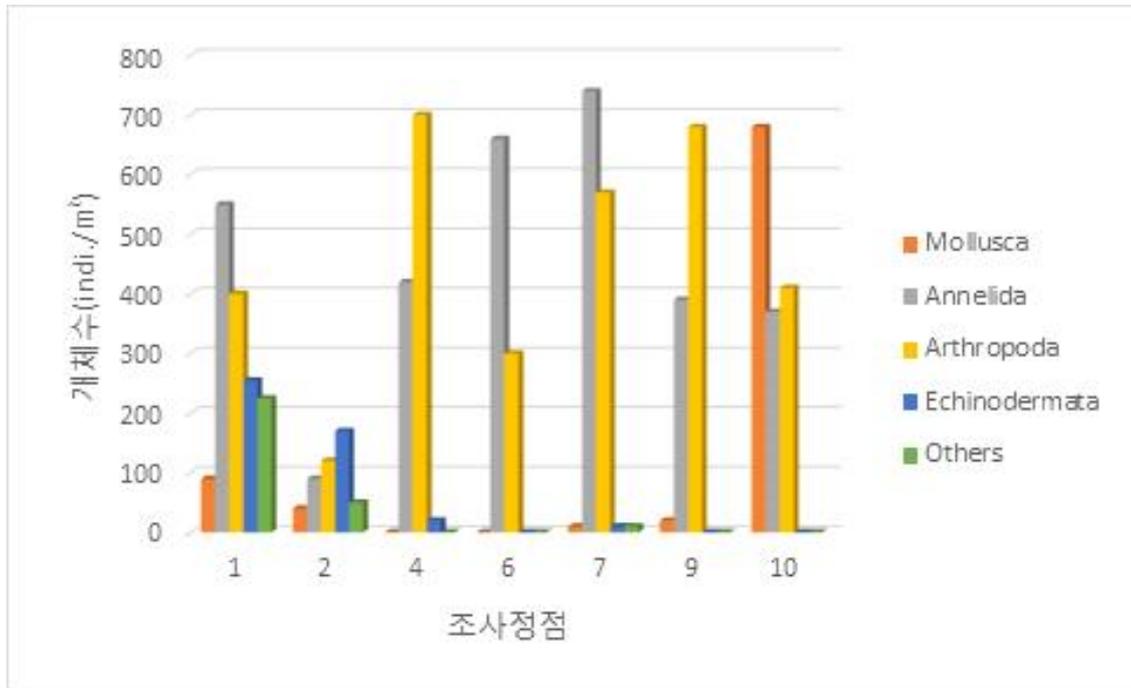


그림 3-3-16. 대형저서동물 개체수

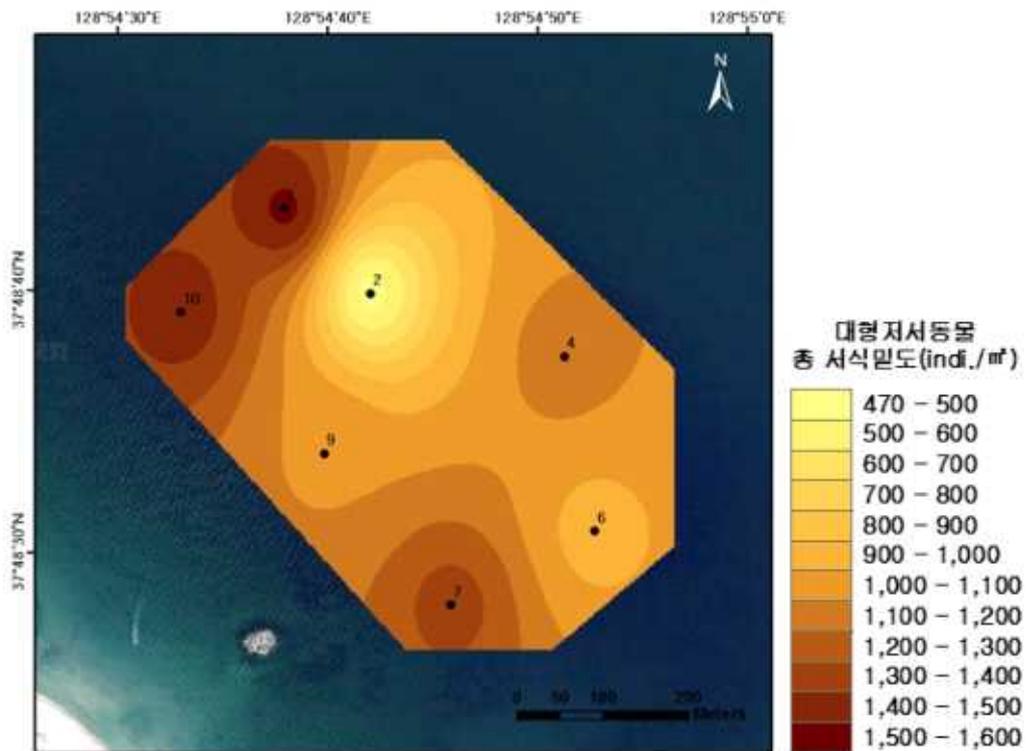


그림 3-3-17. 대형저서동물 총 서식밀도 분포도

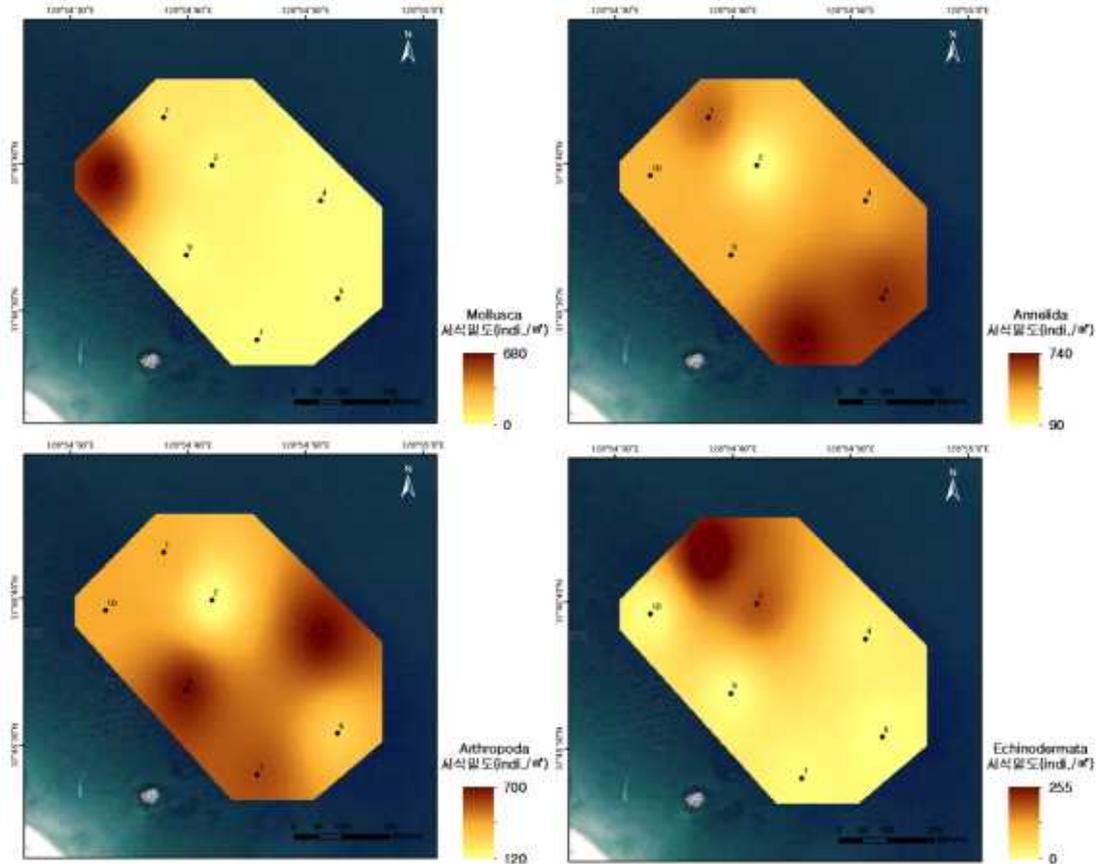


그림 3-3-18. 대형저서동물 분류군별 서식밀도 분포도

대형저서동물의 생체량 분포는 그림 3-3-19과 같이 나타났으며, 이를 기반으로 한 생체량 분포도는 서식밀도 분포도와 마찬가지로 raster 피쳐 유형을 생성하여 contour로 심볼화 하였다(그림 3-3-20 ~ 3-3-21).

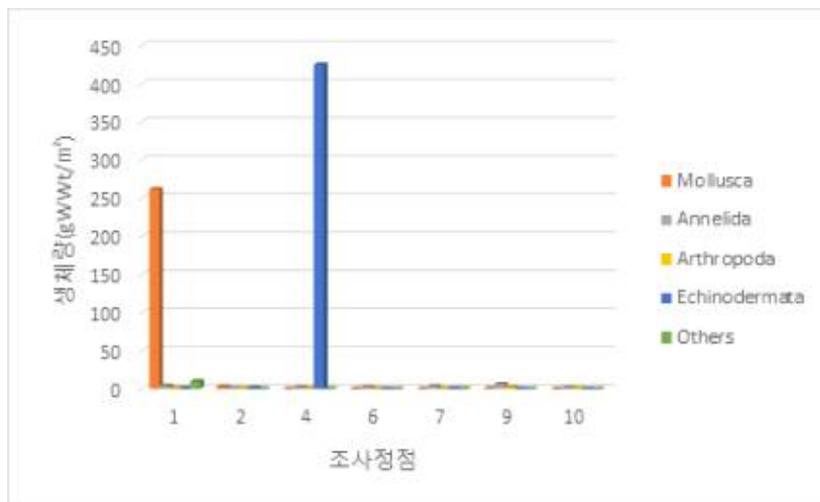


그림 3-3-19. 대형저서동물 생체량

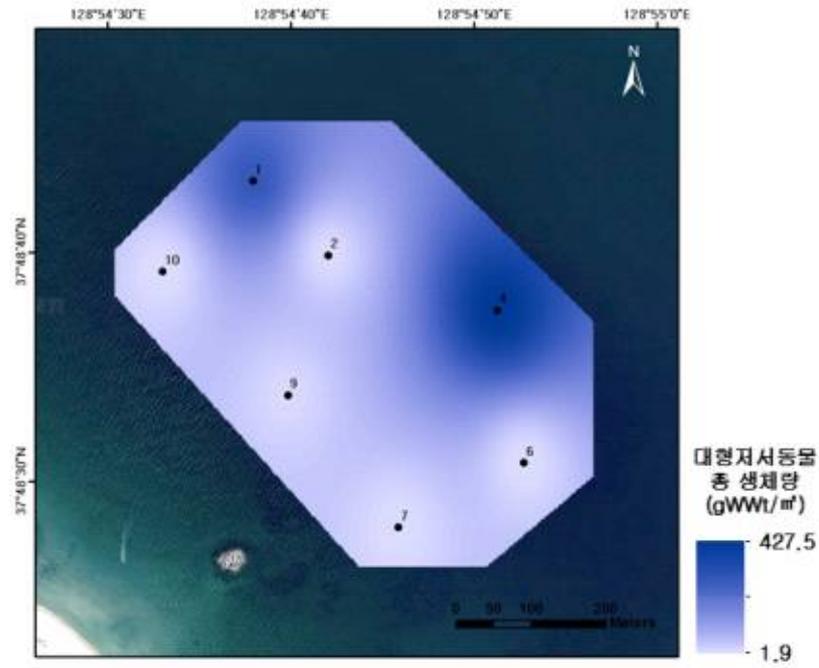


그림 3-3-20. 대형저서동물 총 생체량 분포도

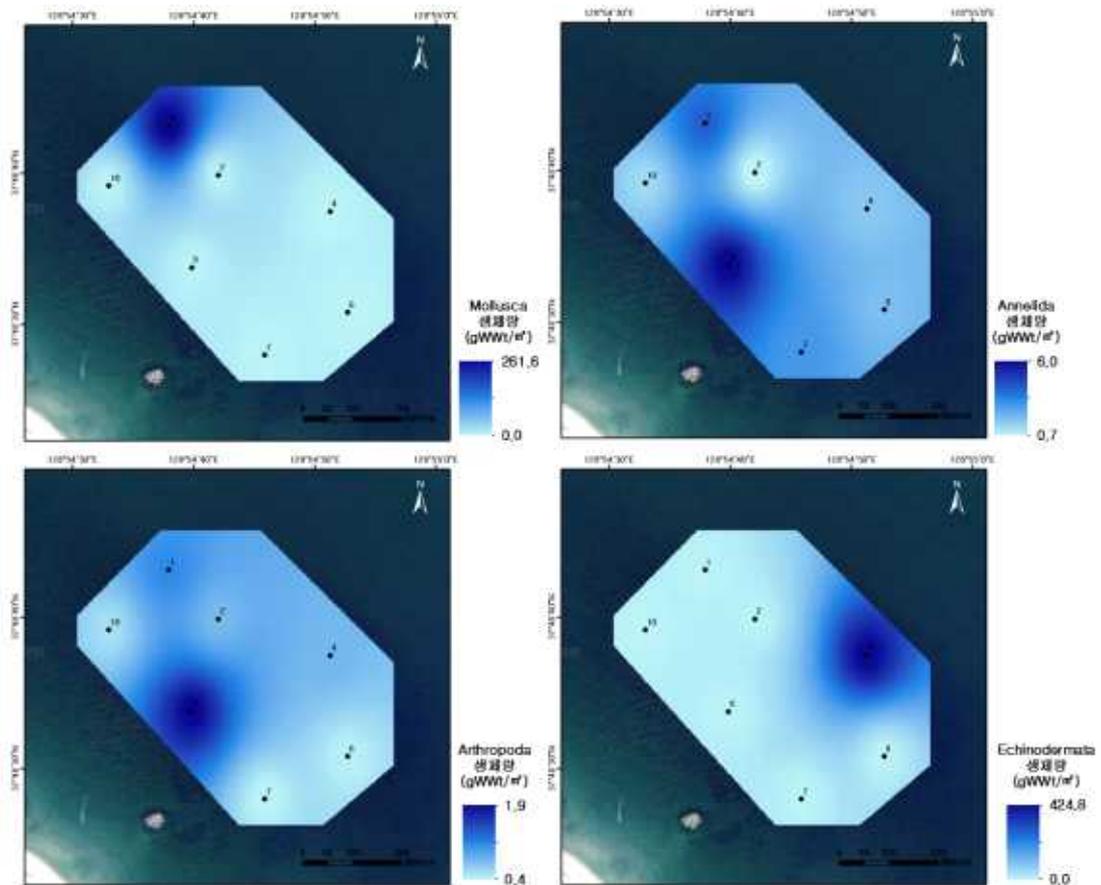


그림 3-3-21. 대형저서동물 분류군별 생체량 분포도

대형저서동물의 총 생체량 분포는 약 1.9 ~ 427.5 gWWt/m²으로 나타났으며, 조사정점 1에서는 연체동물의 생체량 약 261.6 gWWt/m², 정점 4에서는 극피동물의 생체량 약 424.8 gWWt/m²이 상대적으로 매우 높게 나타났다. 환형동물과 절지동물의 생체량은 비교적 낮은 분포를 보이지만, 그 중에서 연안에서 가장 가까운 정점 9에 높은 분포값을 보이고 있는 것으로 나타났다.

중형저서동물 주제도는 출현종수, 생체량, 서식밀도에 대한 분포도를 작성하였으며, 시각화 방법을 대형저서동물과는 달리하여 point로 생성한 피처를 graduated symbol로 나타내었다. 중형저서동물의 출현분류군수는 4 ~ 7 종으로 나타났으며, 생체량은 약 291 ~ 1,152 $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 로 조사정점 9에서 가장 높았다(그림 3-3-22)

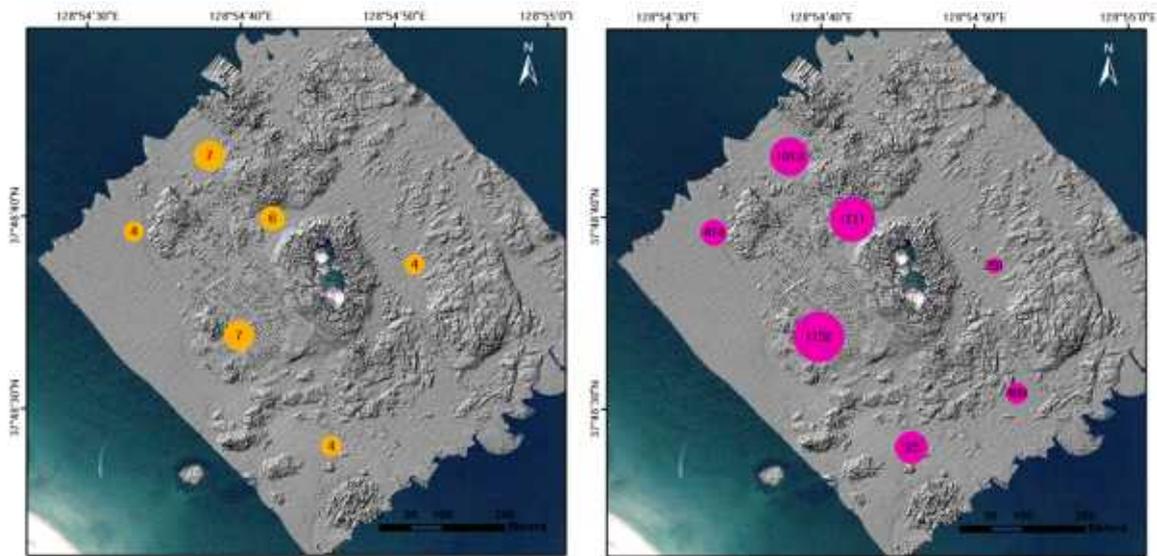


그림 3-3-22. 중형저서동물 출현종수(좌)와 생체량(우) 분포도

그리고, 중형저서동물의 서식밀도 분포는 그림 3-3-23과 같다. 중형저서동물의 총 서식밀도(약 432 ~ 1,796 indi./10cm²)는 십리바위를 기점으로 연안에 가까운 정점 7, 9, 10에서 높게 나타났고, 선충류의 분포(약 151 ~ 1,775 indi./10cm²)도 동일한 양상을 보인다(그림 3-3-23 (a)와 (b)). 저서성 요각류(약 6 ~ 206 indi./10cm²)와 유공충류(약 11 ~ 265 indi./10cm²)의 서식밀도는 십리바위의 북서쪽 정점 1과 2에서 높은 출현양상을 보이면서 생체량의 분포와 유사하다(그림 3-3-23 (c)와 (d)).

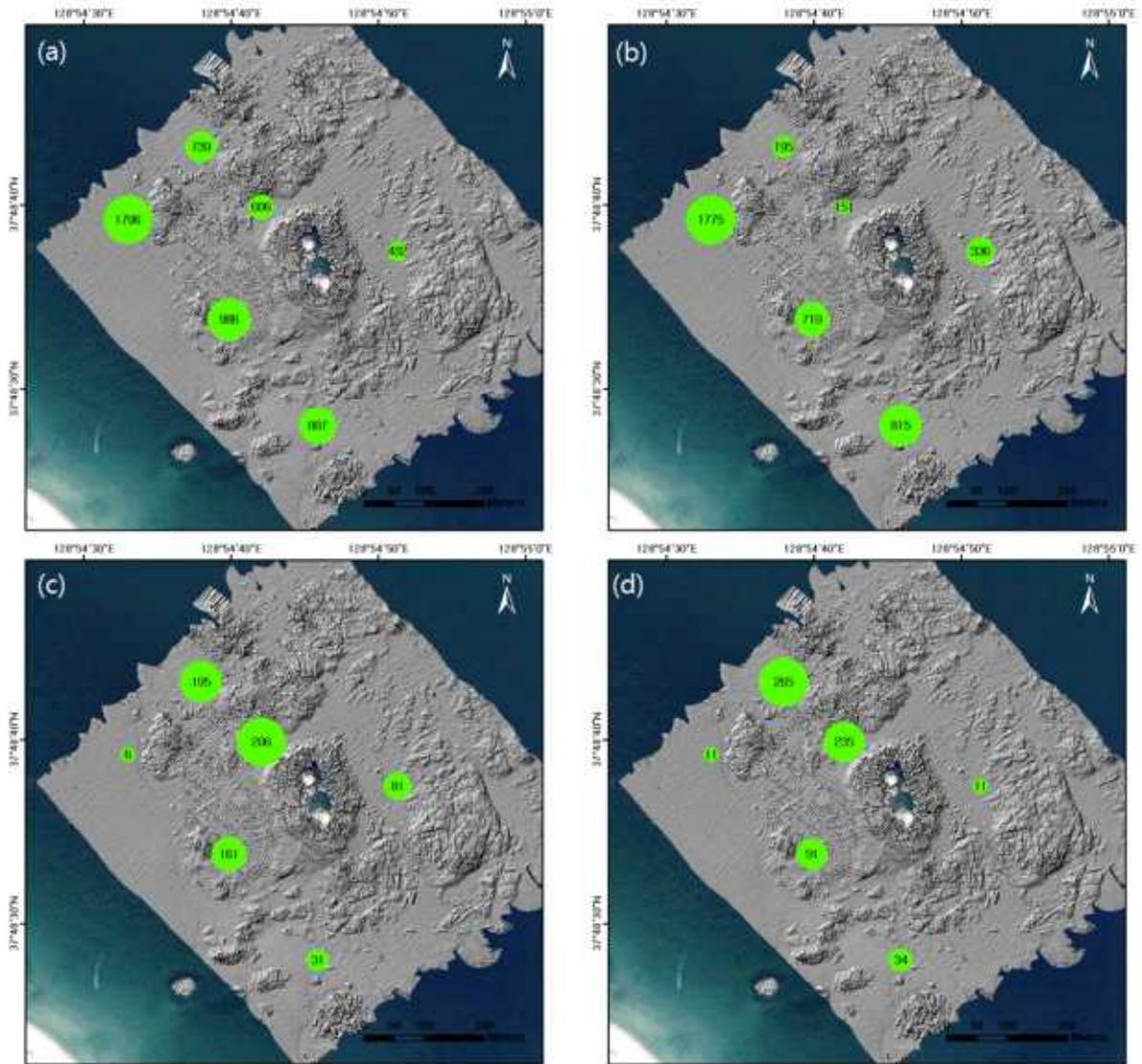


그림 3-3-23. 중형저서동물 분류군별 서식밀도 분포도(a: 전체, b: Nematodes(선충류), c: Harpacticoids(저서성 요각류), d: Sarcomastigophorans(유공충류))

그리고, 중형저서동물의 크기별 서식밀도 분포는 그림 3-3-24와 같으며, 크기는 0.5, 0.25, 0.125, 0.063, 0.037 mm로 구분하여 분포도를 작성하였다(그림 3-3-25). 0.063 ~ 0.125 mm 크기의 중형저서동물이 대체로 연안과 가까운 정점인 6, 7, 9 10에서 높게 서식하고 있는 것으로 보이고, 특히 0.037 ~ 0.063 mm 크기는 정점 10에 높게 서식하는 것으로 나타났다.

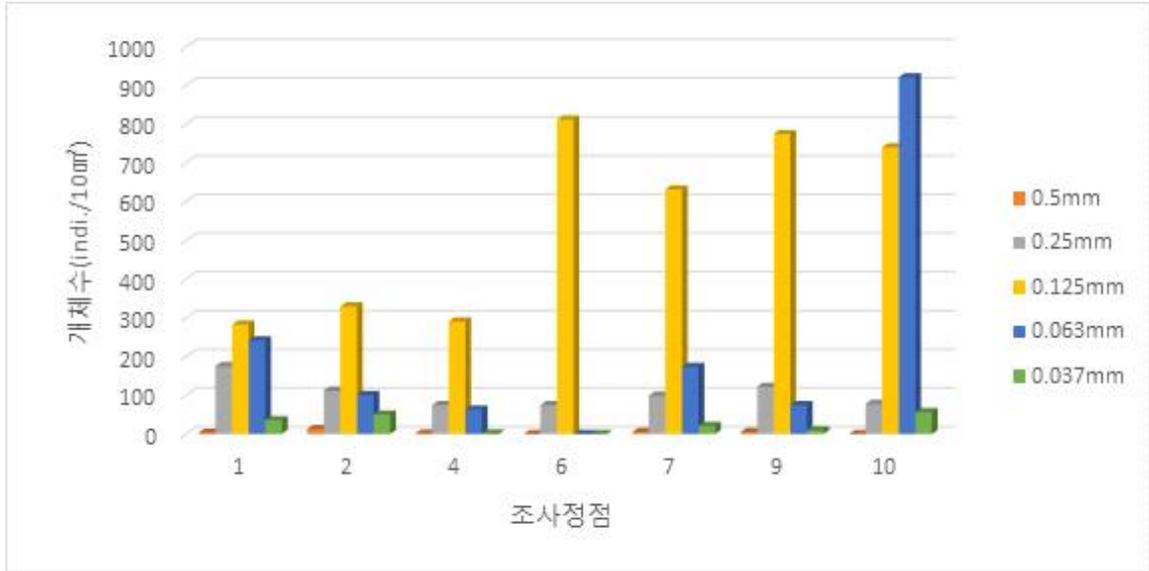


그림 3-3-24. 중형저서동물 크기별 서식밀도 분포

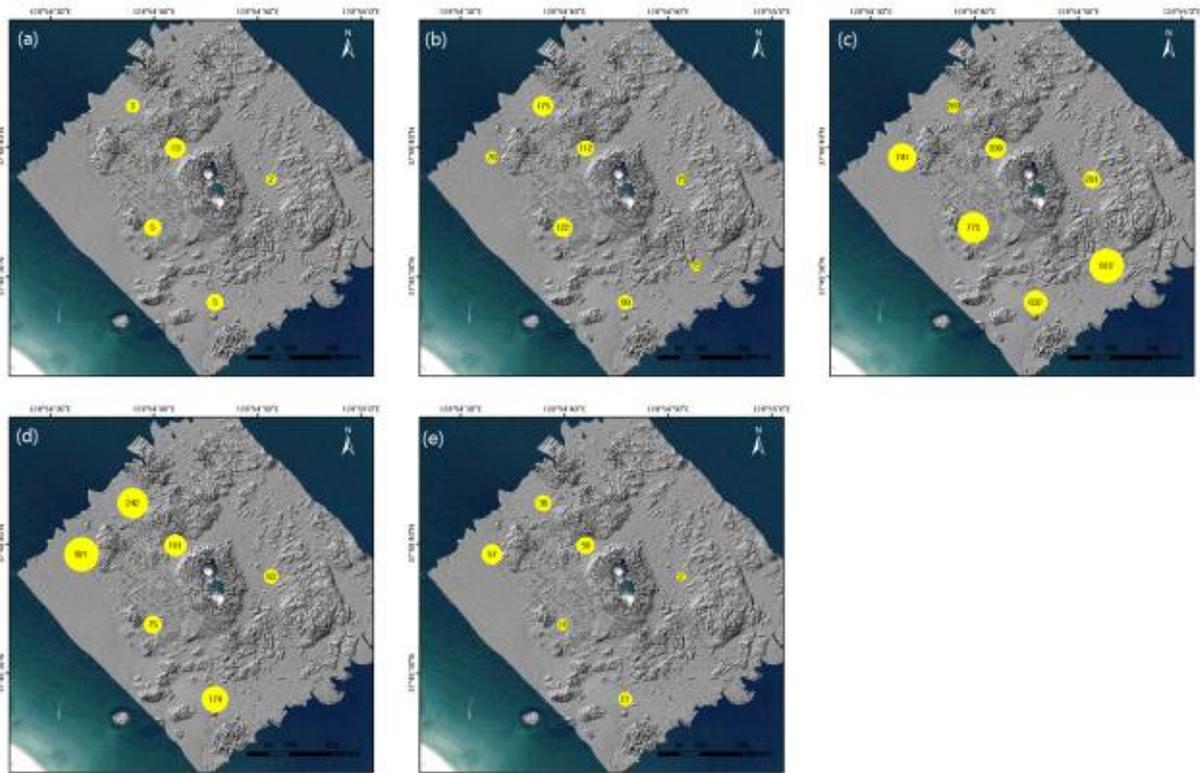


그림 3-3-25. 중형저서동물 크기별 서식밀도 분포도(a: 0.5 mm, b: 0.25 mm c: 0.125 mm, d: 0.063 mm, e: 0.037 mm)

나. 동해 남부 연안 울산 선암 주변해역

울산 선암 주변해역의 해양조사 데이터의 주제도 작성을 위해 표 3-3-1과 그림 3-3-2를 기반으로 연구해역에 대한 기본지리정보 및 공통정보, 해수환경정보, 서식생물정보, 해저공간정보의 세부 조사항목을 지도기반 분포도로 작성하였다.

1) 기본공통정보

동해 연안 Eco-mapping 및 서식환경과 생물의 특성 연구를 위해 울산 선암 주변해역을 연구지역으로 선정하여 2018년도 조사가 수행되었다. 따라서, 연구지역에 대한 이해와 데이터 분석 시 참고자료로 활용하기 위해 기초정보를 수집·정리하였다.

먼저, 울산 선암은 행정 소재지는 울산광역시 동구 일산동에 있으며 일산해수욕장 앞바다에 위치한 바위섬이다(그림 3-3-26). 그 주변으로 남쪽에는 대왕암공원이 있고, 북쪽에는 현대중공업이 있다. 울산 선암은 민섬, 여기암(女妓岩), 미인섬(美人島)으로도 불리며, 가까운 해변인 일산해수욕장은 길이 600 m, 폭 40 ~ 60 m, 면적 26,000 m²의 규모로 질 좋은 모래가 깔려있고 매년 7, 8월 수온은 21.2℃, 수심 1 ~ 2 m의 완만한 경사를 이루고 있다(출처: 울산 동구청, 일산동 주민센터 홈페이지).



그림 3-3-26. 울산 선암과 주변(출처: Daum 지도)

그리고 해양수산부 무인도서 종합정보제공(<http://uui.mof.go.kr/>)에서는 울산 선암에 대해 다음과 같이 관리정보를 제공한다.

○ 선암

- 명칭 : 선암
- 좌표 : 35° 29′ 55″ N 129° 55′ 10″ E
- 지번 : 일산동
- 육지와와의 거리 : 일산해수욕장으로부터 0.5 km
- 이용현황 : 없음
- 지형/지질 : 중생대 백악기 화강암으로 구성된 바위섬(고도 약 10 m). 절리에 의해 4개로 분리. 주변에 등대 설치, 각종 폐어구와 생활쓰레기 방치.
- 주요생물 : 해안무척추동물 총 10종 출현, 암반조간대로 전반적으로 조무래기따개비의 밀도가 높음, 조간대 하부에 홍합과 거북손이 우점출현, 해조류는 녹조류 1종, 갈조류 2종, 홍조류 2종으로 총 5종 출현
- 해역경관 : 절리에 의해 4개로 분리. 주변에 등대 설치, 각종 폐어구와 생활쓰레기 방치.

또한, 연구지역 주변에는 기상청에서 운용하는 울기 자동기상관측장비와 울산 해양기상부이가 있다(그림 3-3-27). 울기 자동기상관측장비(AWS, Automatic Weather System)은 기온, 풍향, 풍속, 강수 등을 매분 단위로 자동 관측하며, 울산 해양기상부이는 연구지역에서 동쪽으로 약 40 km 떨어진 해상에 위치하고 있으며, 풍향, 풍속, 기압, 기온, 습도, 파고, 파주기, 파향, 수온 등을 매 정시자료를 생산하고 있다.

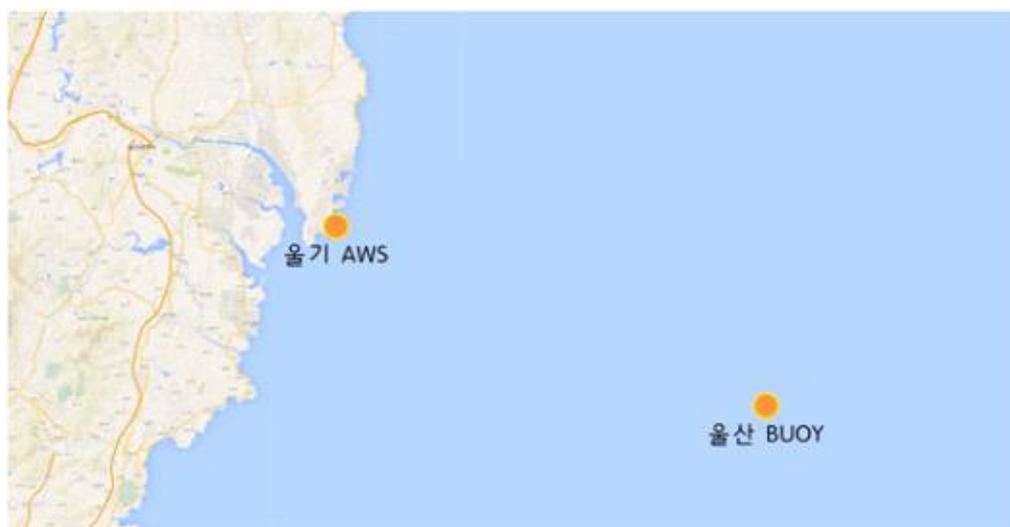


그림 3-3-27. 연구지역 주변 기상관측장비

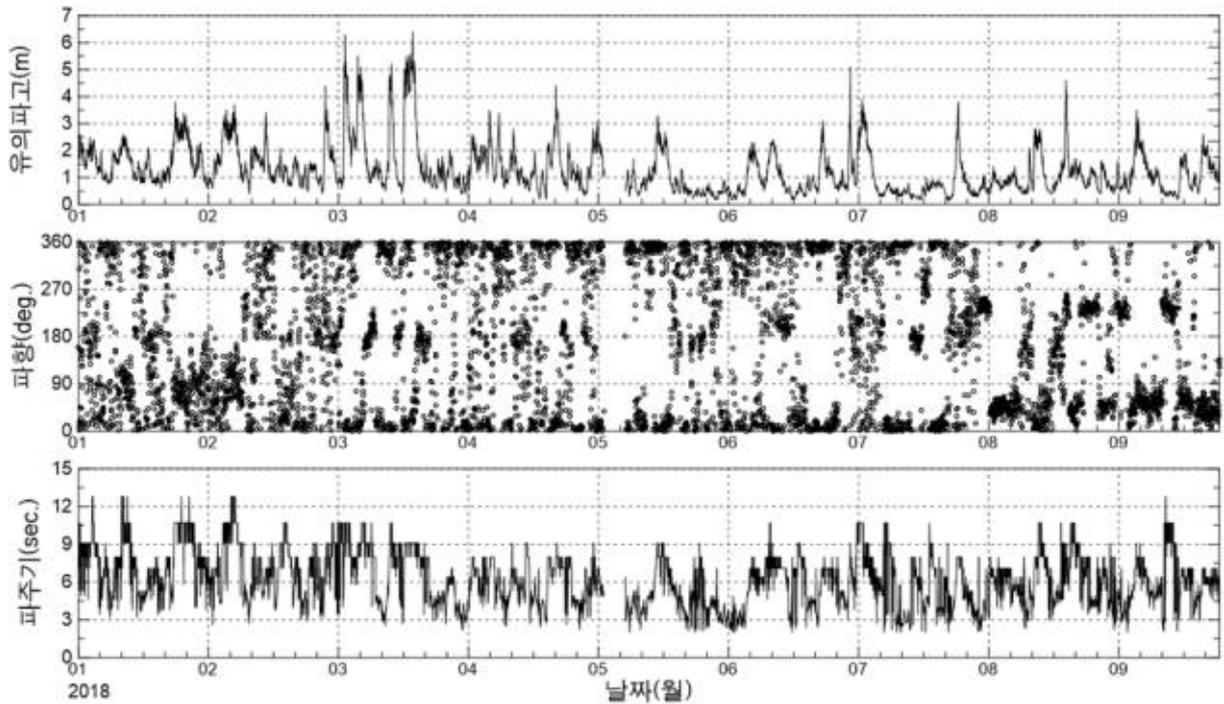


그림 3-3-28. 연구지역 주변 파랑 시계열 특성(2018년 1월~9월)

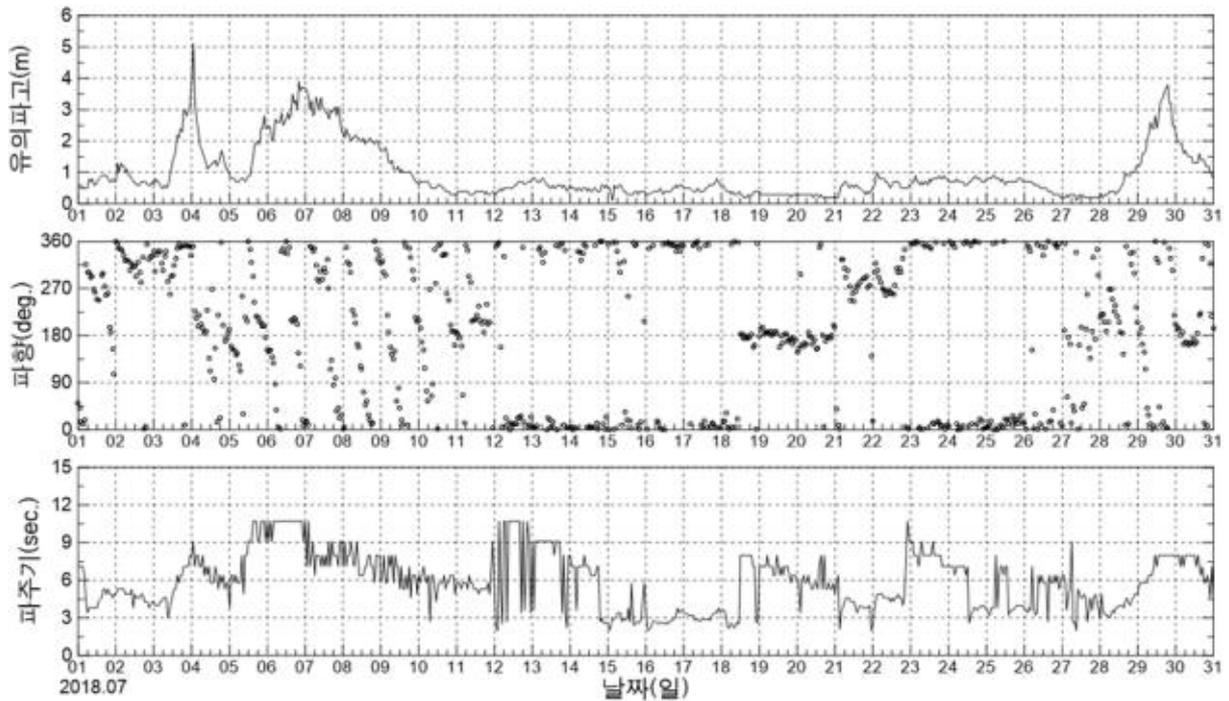


그림 3-3-29. 연구지역 주변 파랑 시계열 특성(2018년 7월)

연구기간 내 울산 해양기상부이에 관측한 2018년 1월 ~ 9월까지의 시계열 파랑 특성을 살펴보면, 유의파고는 0.1 ~ 6.4 m(평균 1.3 m)로 관측되었으며, 같은 기간의 최대파고는 0.3 ~ 10.4 m(평균 2.1 m)로 나타났다. 특히 현장조사가 수행된 7월에는 초순과 하순에 비

교적 파고가 높게 나타났으며, 최대 유의파고 5.1 m, 최대파고 8 m를 기록하였다. 파향과 파주기는 전반적으로 북쪽에서의 방향이 우세하고, 약 2 ~ 12.8sec(평균 6.2sec) 주기로 관측되었다(그림 3-3-28 ~ 3-3-30).

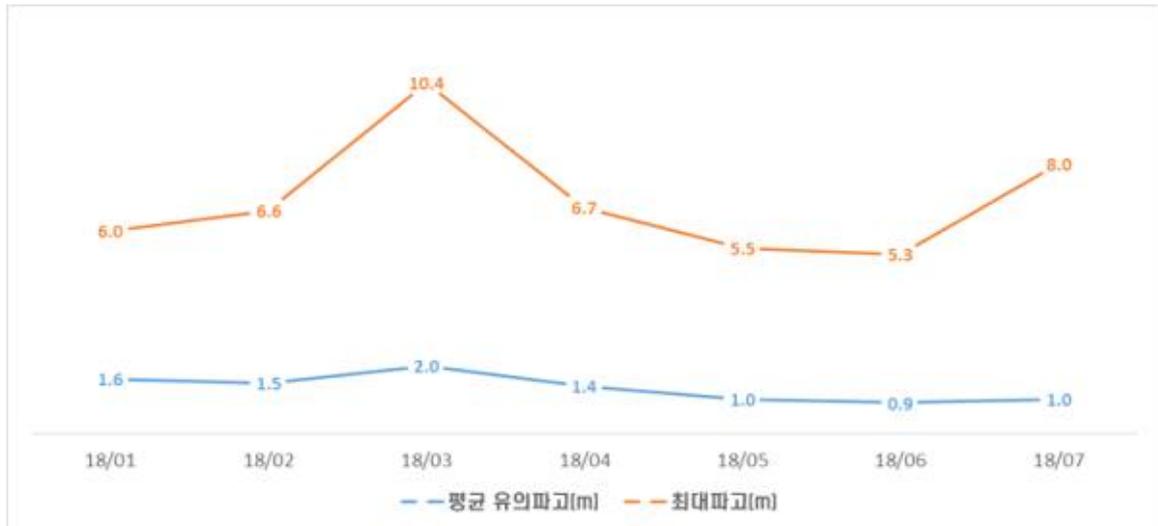


그림 3-3-30. 연구지역 주변 월별 파고 현황(출처: 기상청 해양기상월보)

그리고 울기 자동기상관측장비와 울산 해양기상부이가 관측한 연구지역 주변의 기상현황을 살펴보면 풍향은 북동풍 계열과 남서풍 계열이 우세한 것으로 보이고, 풍속은 해양기상부이에서 최대 19.2 m/s(평균 6.7 m/s)로 관측되었고, 육지에 있는 자동기상관측장비에서는 최대 12 m/s(평균 3.3 m/s)로 관측되어 연안쪽이 풍속이 다소 약한 것을 알 수 있다(그림 3-3-31 ~ 3-3-32).

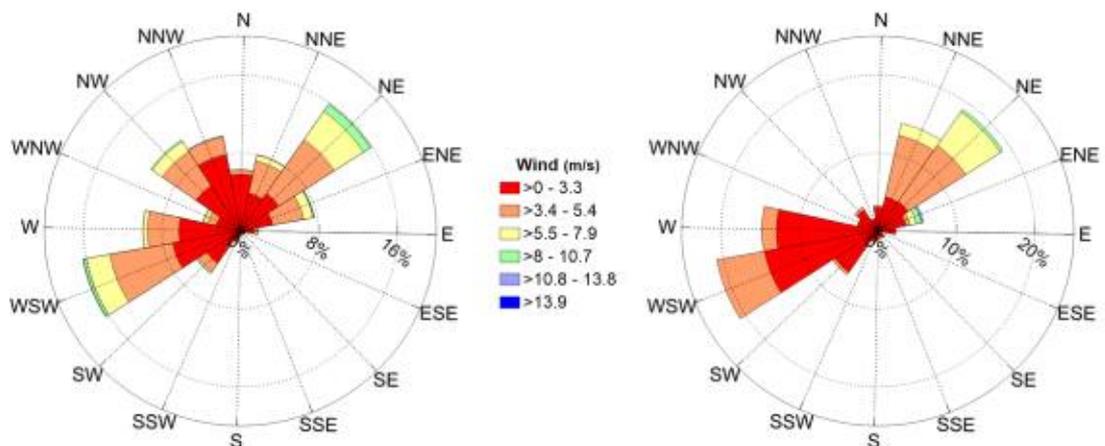


그림 3-3-31. 연구지역 주변 풍향-풍속도. 2018년 1월 ~ 9월(좌), 2018년 7월(우)(출처: 기상청, 울기 AWS)

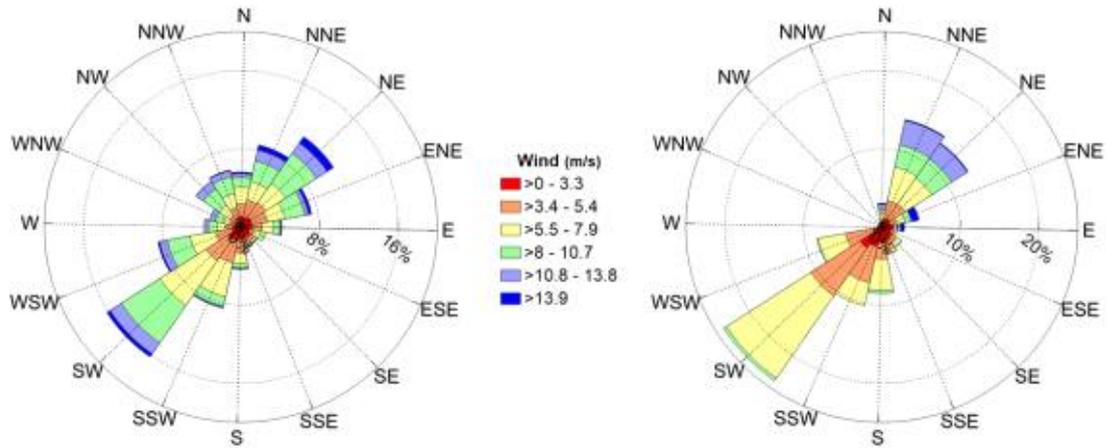


그림 3-3-32. 연구지역 주변 풍향-풍속도. 2018년 1월 ~ 9월(좌), 2018년 7월(우)(출처: 기상청, 울산 해양기상부이)

마지막 기본공통정보로 연구해역의 조사구역 및 조사정점에 대한 정보는 그림 3-3-33과 표 3-3-5와 같다. 선암을 중심으로 약 500 x 500 m 구역에서 해저공간 및 해수환경 조사를 수행하고, 주변 12개의 조사정점을 계획하여 2018년 7월에 조사를 수행하였다.

표 3-3-5. 선암 주변 조사정점 좌표

| 정점명 | 경도 | | | 위도 | | |
|-----|-----|----|--------|----|----|--------|
| | 도 | 분 | 초 | 도 | 분 | 초 |
| 1 | 129 | 26 | 17.628 | 35 | 29 | 55.572 |
| 2 | 129 | 26 | 18.528 | 35 | 29 | 51.828 |
| 3 | 129 | 26 | 21.12 | 35 | 29 | 46.428 |
| 4 | 129 | 26 | 23.928 | 35 | 29 | 58.092 |
| 5 | 129 | 26 | 24 | 35 | 29 | 50.568 |
| 6 | 129 | 26 | 24.612 | 35 | 29 | 46.68 |
| 7 | 129 | 26 | 27.852 | 35 | 29 | 57.588 |
| 8 | 129 | 26 | 28.32 | 35 | 29 | 50.928 |
| 9 | 129 | 26 | 27.78 | 35 | 29 | 46.608 |
| 10 | 129 | 26 | 30.588 | 35 | 29 | 56.832 |
| 11 | 129 | 26 | 32.172 | 35 | 29 | 51.792 |
| 12 | 129 | 26 | 32.532 | 35 | 29 | 47.22 |



그림 3-3-33. 선암 주변 조사정점(출처: 구글 어스)

2) 해저공간정보

연구해역의 해저공간정보는 서식지 환경에 대한 정보로써 해저지형도와 음영기복도, 경사 분석도, 향분석도, 표층퇴적물 분포도를 제작하였다(그림 3-3-34 ~ 3-3-35). 연구해역의 수심은 약 25 m 이내로써, 대부분 10도 미만의 매우 완만한 경사(slope)로 분포하고 있으며, 향(aspect)은 선암을 기점으로 남동 방향으로 서서히 수심이 깊어진다. 또한 표층퇴적물의 유형은 대부분 사질이 우세하게 구성되어 있으며, 총 유기탄소(total organic carbon)의 분포는 0.04 ~ 0.97%로 나타났고, 선암의 북쪽 정점에서 가장 낮고, 남쪽 정점에서 대체로 높게 나타났다.

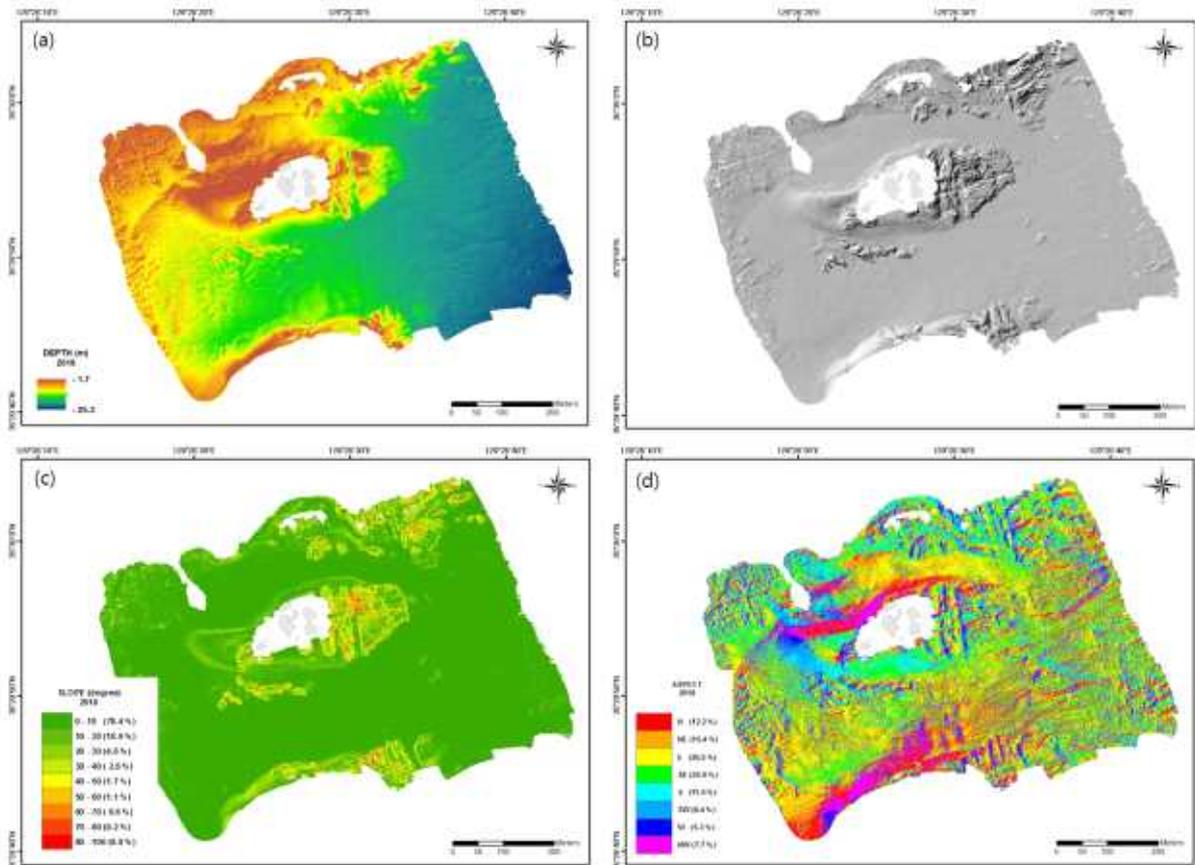


그림 3-3-34. 선암 주변 해저지형도(a), 음영기복도(b), 경사분석도(c), 향분석도(d)

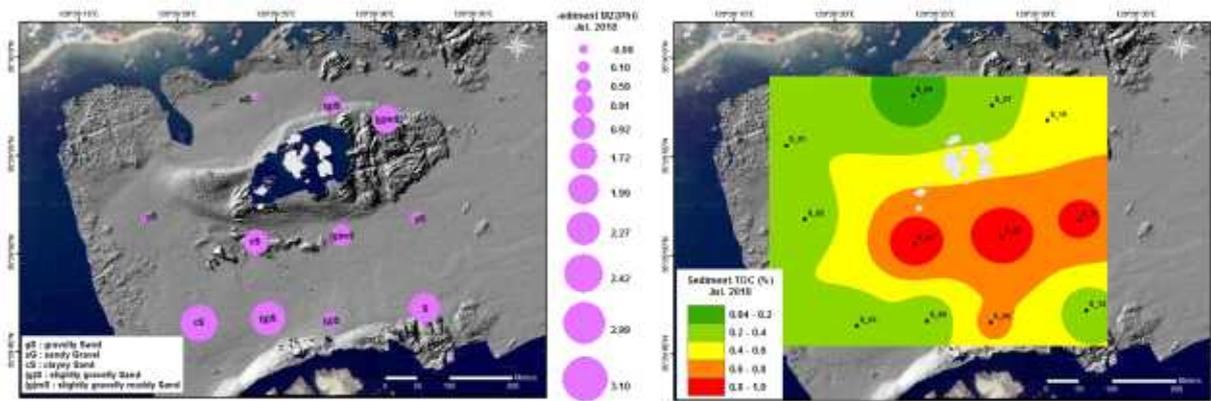


그림 3-3-35. 선암 주변 표층퇴적물 입도분포(좌)와 총 유기물탄소량 분포(우)

3) 해수환경정보

해수환경정보를 구성하는 조사항목은 수온, 염분, 용존산소이며, 2018년 7월에 조사를 수

행하였다. 이들 데이터의 요약은 표 3-3-6과 그림 3-3-36과 같으며 해수환경정보 주제도는 그림 3-3-37과 같다. 수온분포는 표층에서 약 19.1 ~ 21.3℃(평균 20.2℃), 저층에서 약 14.3 ~ 19.0 ℃(평균 17.0 ℃)로 분포하는 것으로 나타났고, 표층은 선암의 남쪽이면서 대왕암공원 안쪽에 위치한 정점 3과 6에서 다소 높은 수온이 측정되었고, 저층에서는 외해쪽에 위치한 정점 11에서 가장 낮은 수온이 측정되었다. 염분분포는 표층에서 약 33.06 ~ 33.32 psu(평균 33.18 psu), 저층에서 약 33.33 ~ 33.93 psu(평균 33.62 psu)로 표층보다 저층에서의 농도가 높게 나타났다. 염분은 저층에서 조사정점 간 농도의 차이가 조금 있어 보이나 그 변동이 크지 않으므로, 수온에 비해 표층, 저층 모두 지리적 위치에 따른 농도 분포의 차이가 크지 않은 것으로 보인다. 용존산소 분포는 표층에서 약 7.3 ~ 7.6 mg/l(평균 7.45 mg/l), 저층에서 약 7.6 ~ 8.3 mg/l(평균 7.9 mg/l)의 분포로 표층보다 저층에서 용존산소 농도가 높게 나타나고 있다. 용존산소의 분포는 수온분포와 가장 유사하게 나타나고 있으며, 수온이 높으면 용존산소의 농도가 낮고, 수온이 낮으면 용존산소의 농도가 높게 측정된 것으로 분포하고 있다.

표 3-3-6. 선암 주변 해수환경 요약정보

| 항목 | 수층 | 최소 | 최대 | 평균 | 표준편차 |
|----------------|----|-------|-------|-------|------|
| 수온 (℃) | 표층 | 19.11 | 21.34 | 20.22 | 0.70 |
| | 저층 | 14.29 | 19.04 | 17.02 | 1.43 |
| 염분 (psu) | 표층 | 33.06 | 33.32 | 33.18 | 0.07 |
| | 저층 | 33.33 | 33.93 | 33.62 | 0.17 |
| 용존산소 (mg/l) | 표층 | 7.29 | 7.59 | 7.45 | 0.09 |
| | 저층 | 7.60 | 8.31 | 7.89 | 0.21 |

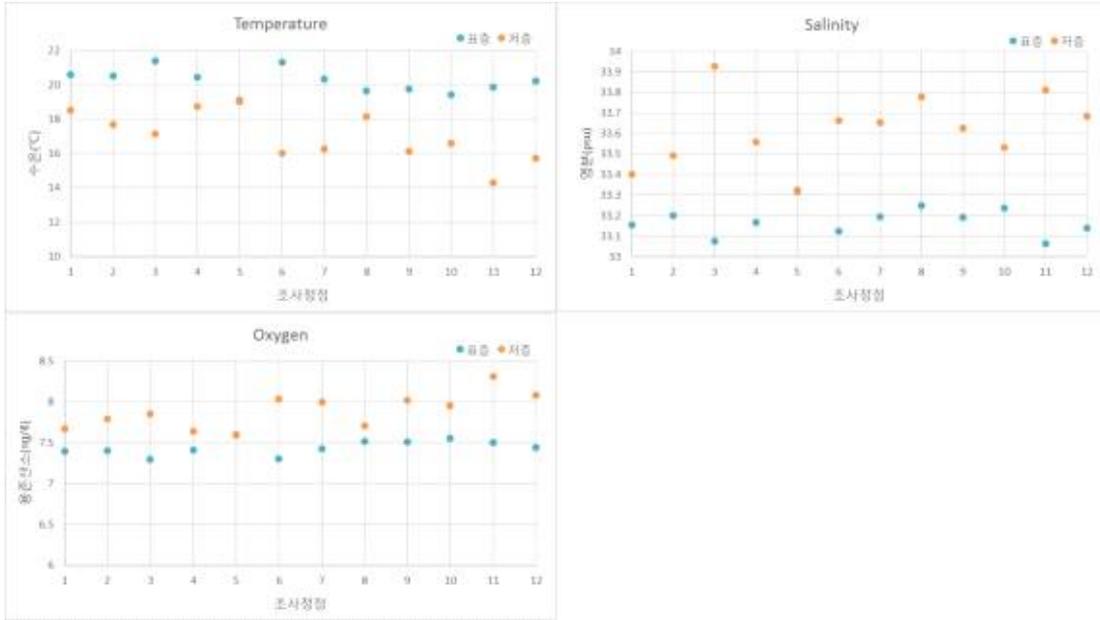


그림 3-3-36. 선암 주변 해수환경

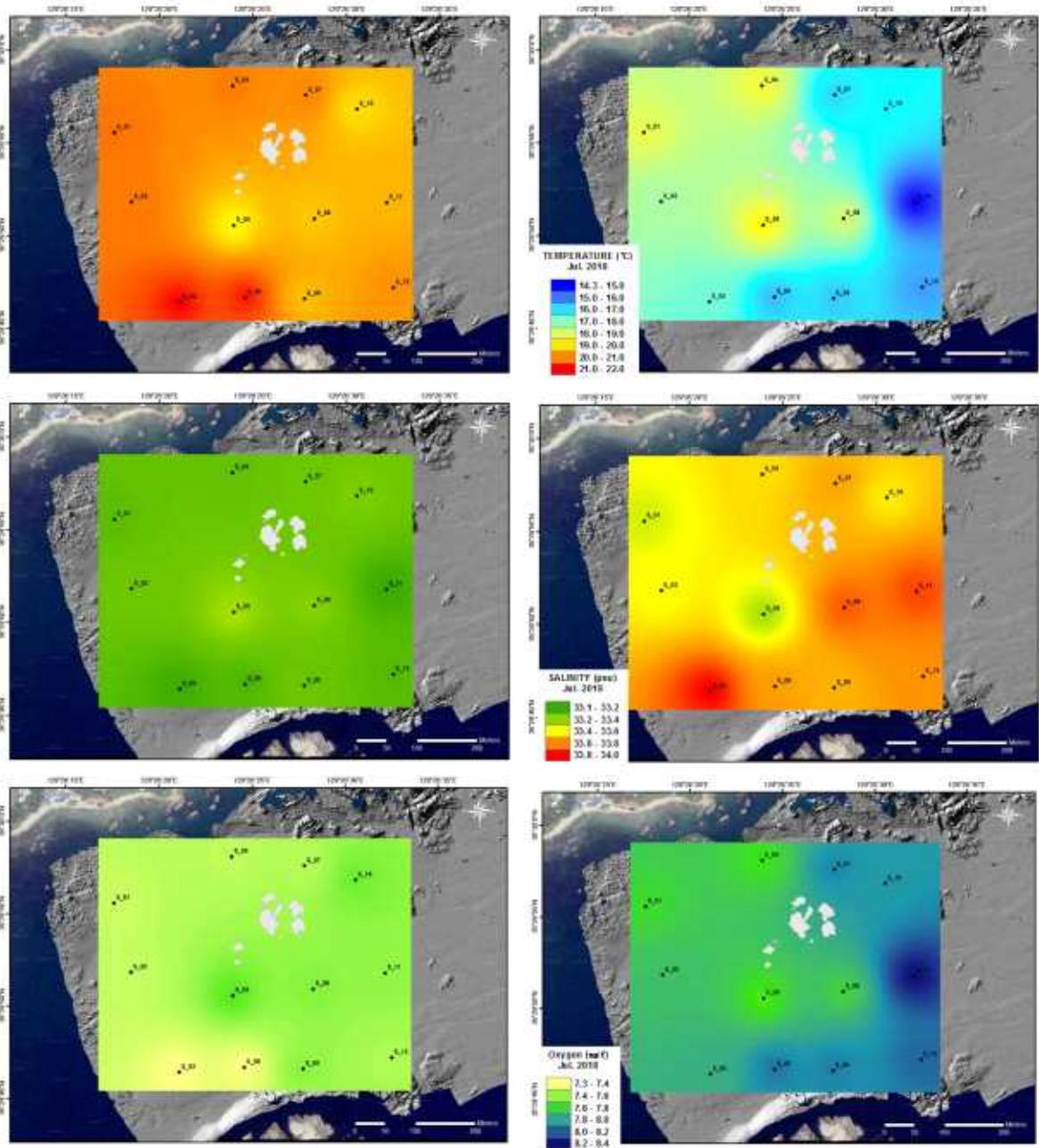


그림 3-3-37. 선암 주변 해수환경정보 주제도. 첫 번째 행부터 수온 분포도, 염분 분포도, 용존 산소 분포도

4) 서식생물정보

선암 주변해역의 서식생물정보는 2018년 7월에 조사한 대형저서동물 출현종수, 생체량, 서식밀도, 중형저서동물 출현분류군수, 생체량, 서식밀도 등에 대해 주제도로 작성하였으며, point, raster 유형으로 피처를 생성하고 graduated symbol과 contour로 심볼화 하였다.(표

3-3-7).

표 3-3-7. 선암 주변 서식생물정보 dataset

| 생물정보 종류 | 속성 | 심볼유형 | 피처유형 |
|---------|-------------------|----------------------|-----------------|
| 대형저서동물 | 출현종수 생체량, 서식밀도 | Pie graph Contour | Point Raster |
| 중형저서동물 | 출현종수 생체량, 서식밀도 | Pie graph Contour | Point Raster |

대형저서동물의 서식밀도와 생체량 분포는 그림 3-3-38 ~ 3-3-41과 같다. 총 서식밀도는 약 5 ~ 3,195 indi./m²로, 생체량은 약 3.8 ~ 328.7 gWWt/m²의 범위로 관측되었으며 조사정점 12에서 가장 높게 나타났다. 정점 12에서의 높은 서식밀도는 갑각류(crustacea)가 높은 밀도를 보였고, 다모류(polychaete)는 연구해역 모든 정점에서 골고루 분포하면서 정점 9와 7에서 높은 서식밀도로 뒤를 이어 나타났다. 분류군별 총 서식밀도는 다모류(polychaete) 6,055 indi./m², 갑각류(crustacea) 4,130 indi./m²로 나타났으나 다모류(polychaete)는 모든 정점에서 높은 개체수를 보인 반면 갑각류(crustacea)는 정점 12에서 가장 높게 나타났다.

종별 서식밀도를 살펴보면, 넓적원손집게(*Diogenes edwardsii*)가 3,145 indi./m²로 가장 높게 나타났으며, 그 뒤로 얼굴갯지렁이(*Aonides oxycephala*)가 2,995 indi./m²로 많이 나타났다. 갑각류인 넓적원손집게(*Diogenes edwardsii*)는 대부분 정점 12에서 출현하였으며, 얼굴갯지렁이(*Aonides oxycephala*)는 정점 9에서 높게 나타났다. *Siphonocetes exolitus*는 전체 590 indi./m²로 정점 7에서 가장 높게 나타났고, 양손갯지렁이(*Magelona japonica*)는 전체 430 indi./m²로 선암에서 남쪽인 정점 3과 6에서만 출현하였다. 그리고 민얼굴갯지렁이(*Spiophanes bombyx*)는 전체 375 indi./m² 선암을 기준으로 외해쪽 정점에서만 출현하였으며 정점 12에서 가장 높게 나타났다. 작은수염갯지렁이(*Micropodarke dubia*)는 전체 340 indi./m² 대체로 연구해역 내 골고루 분포하고 있다. 버들갯지렁이류(Capitellidae sp. 1)는 전체 245 indi./m²로 정점 10에서 가장 높았으며, 대나무갯지렁이류(Maldanidae sp.1)는 전체 235 indi./m²로 정점 6에서 가장 높게 나타났다.

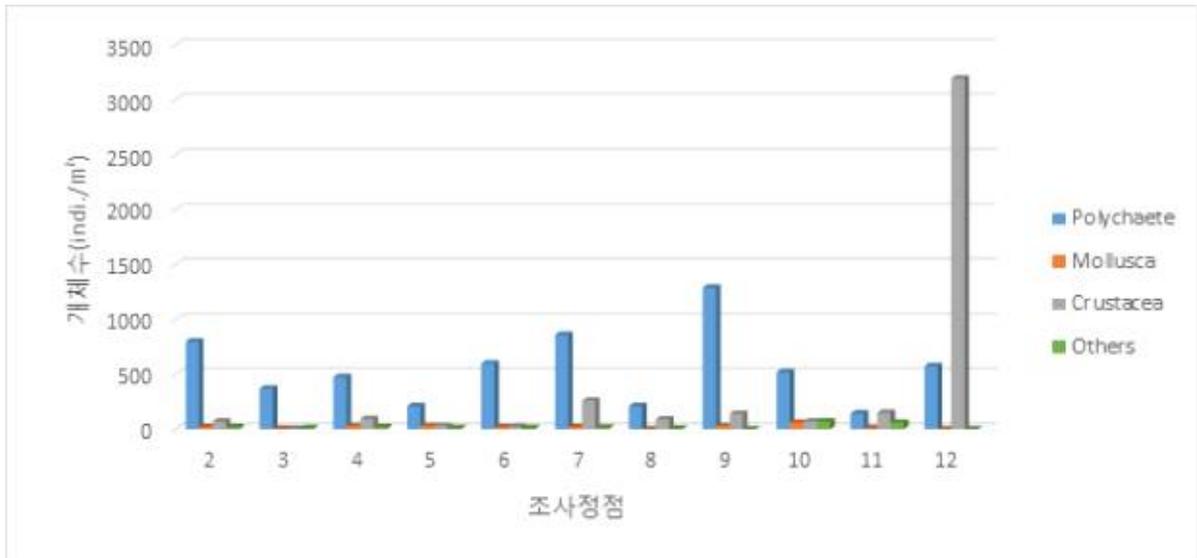


그림 3-3-38. 대형저서동물 개체수

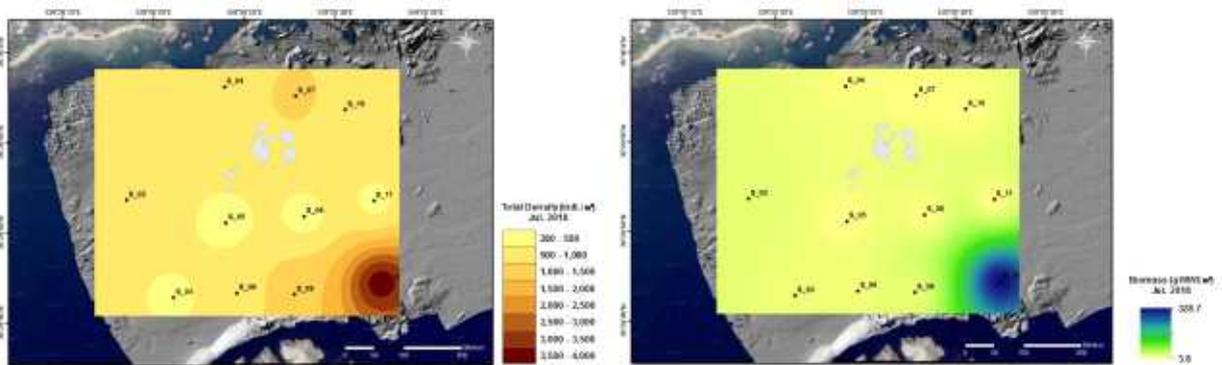


그림 3-3-39. 대형저서동물 총 서식밀도(좌)와 생체량 분포도(우)

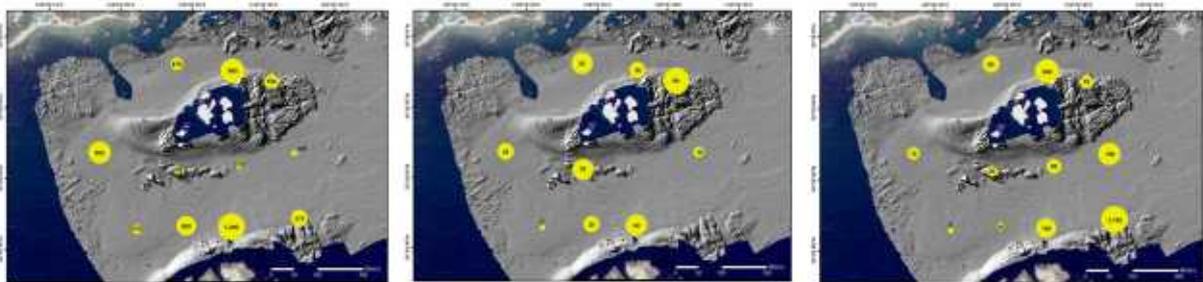


그림 3-3-40. 대형저서동물 분류군별 서식밀도 분포도

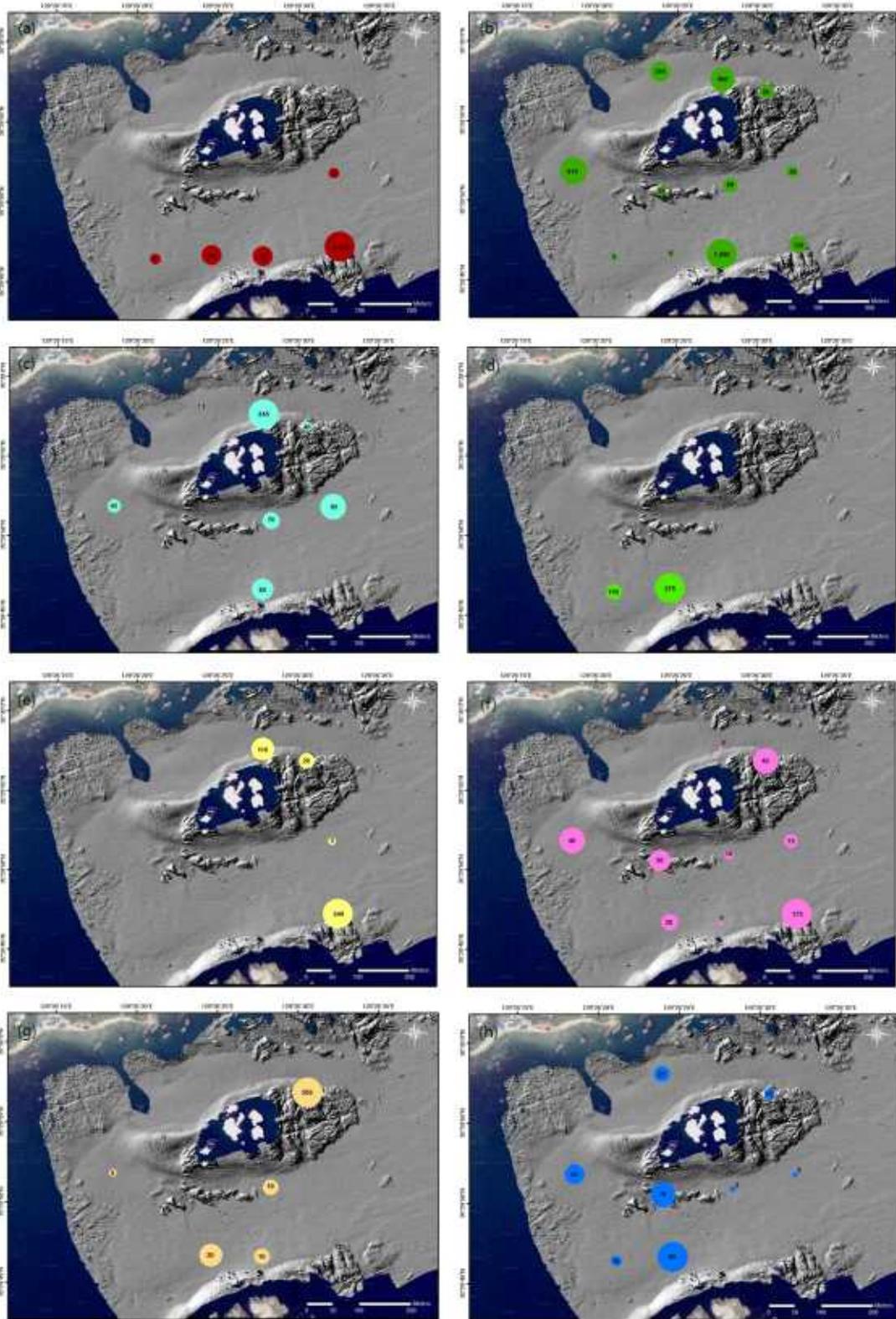


그림 3-3-41. 대형저서동물 종별 서식밀도 분포도(a: *Diogenes edwardsii*, b: *Aonides oxycephala*, c: *Siphonoecetes exolitus*, d: *Magelona japonica*, e: *Spiophanes bombyx*, f: *Micropodarke dubia*, g: *Capitellidae* sp. 1, h: *Maldanidae* sp. 1)

그리고 대형저서동물의 출현종수는 그림 3-3-42 ~ 3-3-44와 같다. 종 다양도지수 분포는 대형저서동물의 서식밀도와 생체량과는 달리 정점 12에서 가장 낮고, 선암 주변 정점 5, 10, 11에서 높게 나타났다. 전체적으로 다모류(polychaete)의 출현종수가 가장 많았으며 분포도 모든 정점에서 골고루 나타났다. 갑각류(Crustacea)는 비교적 출현종수는 많지 않았고 서식 밀도가 가장 높았던 정점 12에서는 3종이 관측되었다.

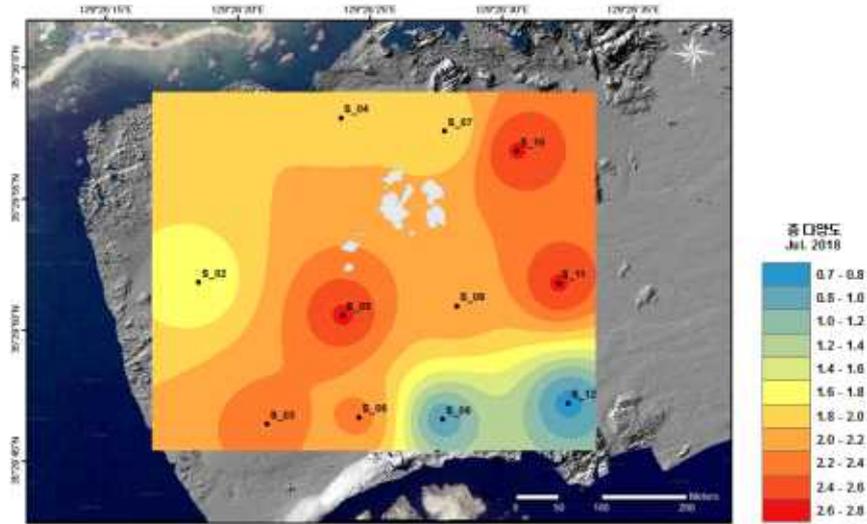


그림 3-3-42. 대형저서동물 종 다양도지수 분포도

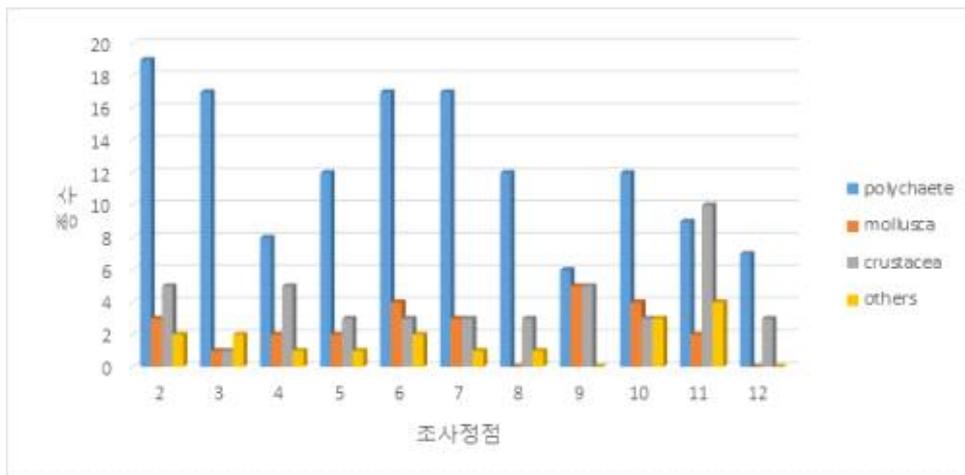


그림 3-3-43. 대형저서동물 출현종수

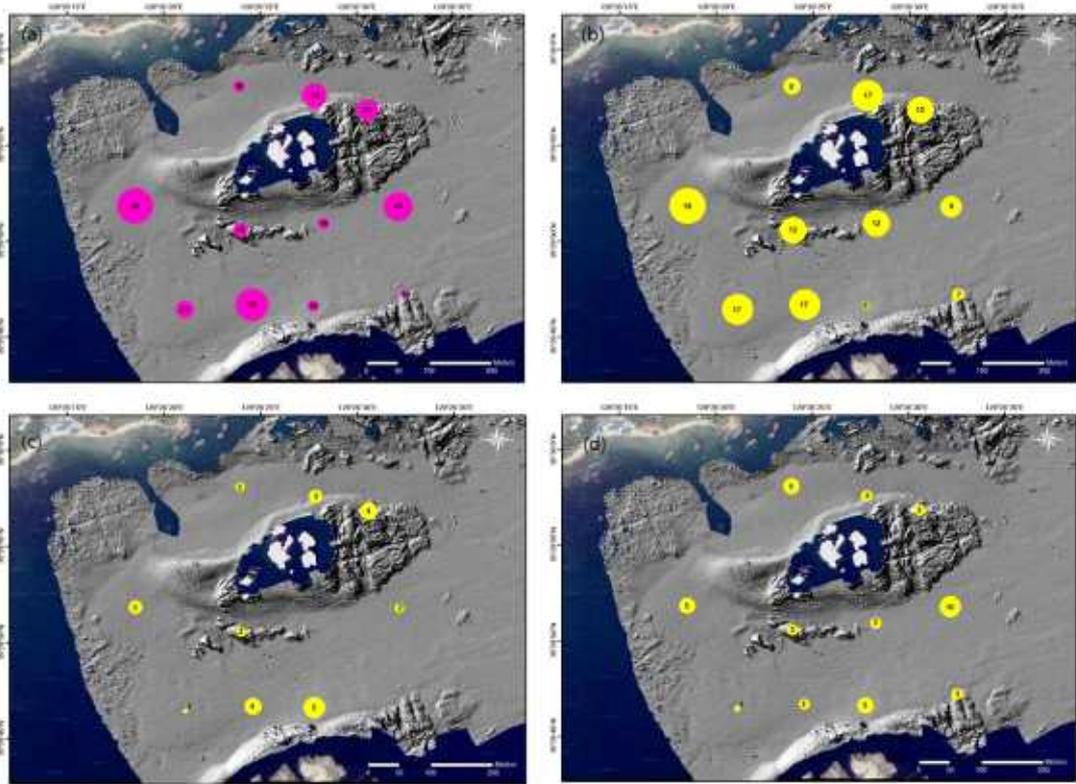


그림 3-3-44. 대형저서동물 출현종수 분포도(a: 전체, b: Polychaete, c: Mollusca, d: Others)

중형저서동물의 서식밀도와 생체량 분포는 그림 3-1-45~48과 같다. 전체적인 서식밀도는 $32 \sim 1,325 \text{ indi./cm}^2$ 의 분포로 정점 10에서 가장 높게 나타났으며, 가장 많이 관측된 분류군별로는 선충류(Nematodes)가 $2,951 \text{ indi./cm}^2$ 로 가장 많이 나타났으며, 그 뒤로 저서성 요각류(Harpacticoids) 531 indi./cm^2 , 유공충류(Sarcomastigophorans) 138 indi./cm^2 순으로 나타났다. 그리고 전체 생체량은 $51 \sim 784 \mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 의 분포로 정점 10에서 $784 \mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 로 가장 높게 나타났고 다음으로는 정점 4에서 $530 \mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 로 나타났다. 생체량 분류군별 분포는 선충류가 $1,594 \mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 로 가장 높게 나타났고, 그 뒤로 저서성 요각류 $901 \mu\text{g}/10\text{cm}^2$, 기타 $530 \mu\text{g}/10\text{cm}^2$, rhizopods $32 \mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 로 나타났다. 대부분의 정점에서는 선충류가 우세하였으나, 정점 4에서는 저서성 요각류가 우세하였고, 정점 7과 9에서는 기타 분류군이 우세하게 나타났다.

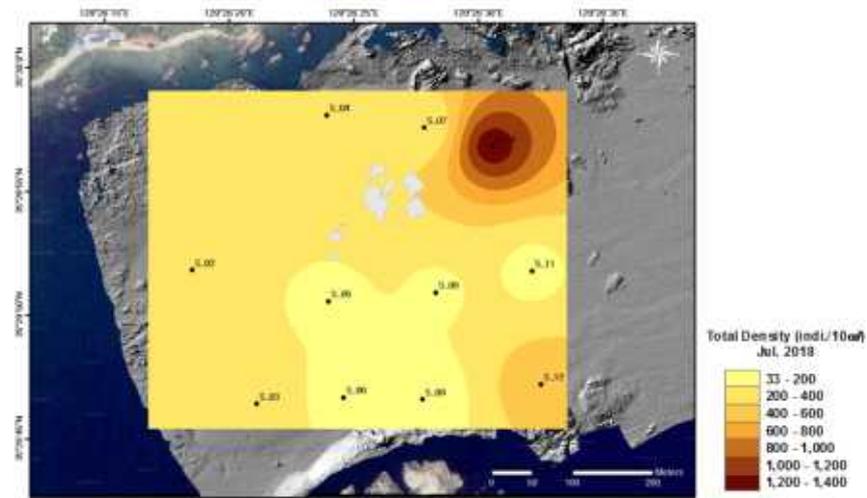


그림 3-3-45. 중형저서동물 총 서식밀도 분포도

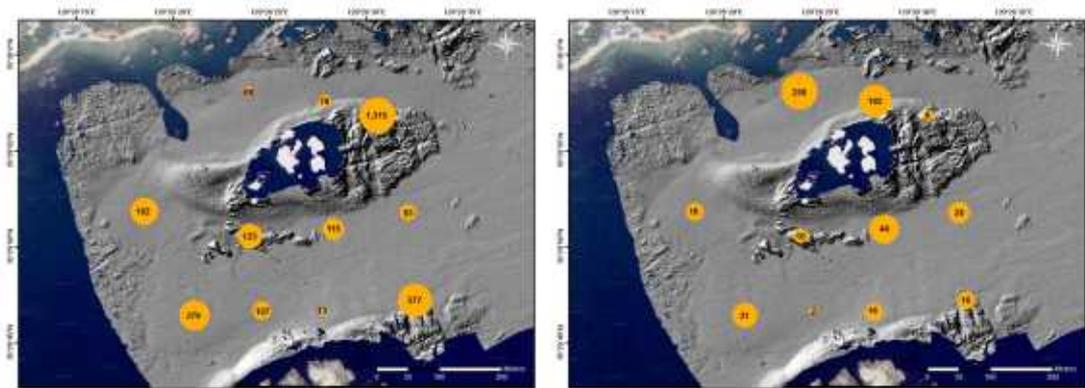


그림 3-3-46. 중형저서동물 Nematodes(좌)와 Harpacticoids(우) 서식밀도 분포도

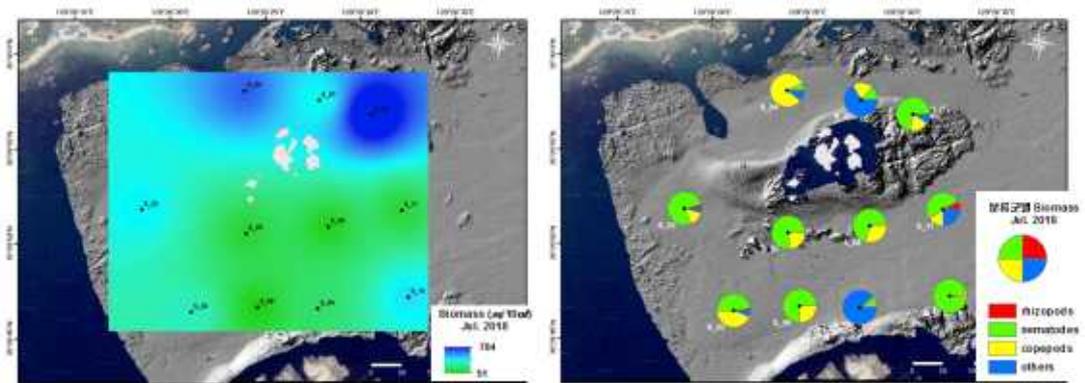


그림 3-3-47. 중형저서동물 총 생체량(좌)과 분류군별 생체량(우) 분포도

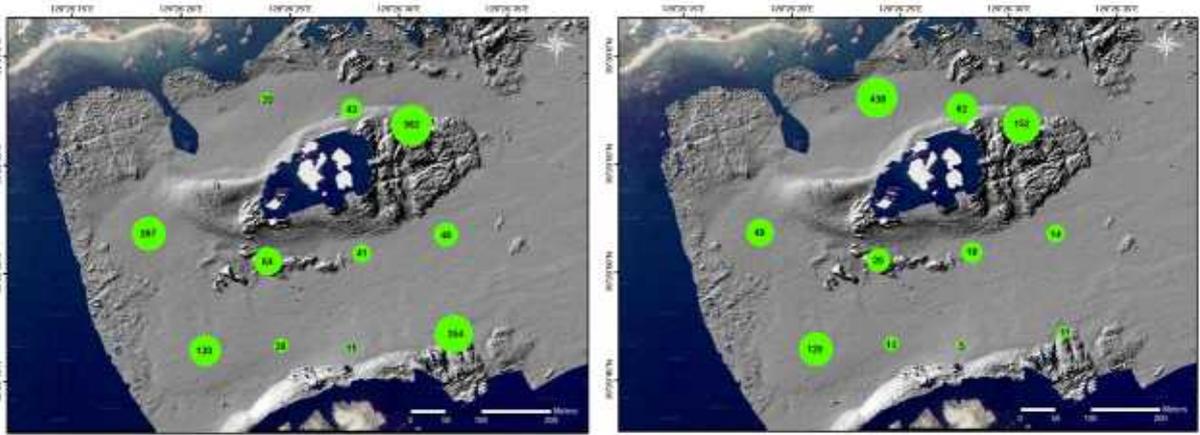


그림 3-3-48. 중형저서동물 Nematodes(좌)와 Copepods(우) 생체량 분포도

그리고 중형저서동물의 출현분류군 수는 그림 3-3-49와 같다. 출현분류군 수는 2 ~ 8 분류군이 출현하였으며 정점 4에서 가장 많이 관측되었고, 다양도지수는 0.1 ~ 1.1의 분포로 정점 7에서 가장 높고, 정점 10에서 가장 낮게 나타났다.

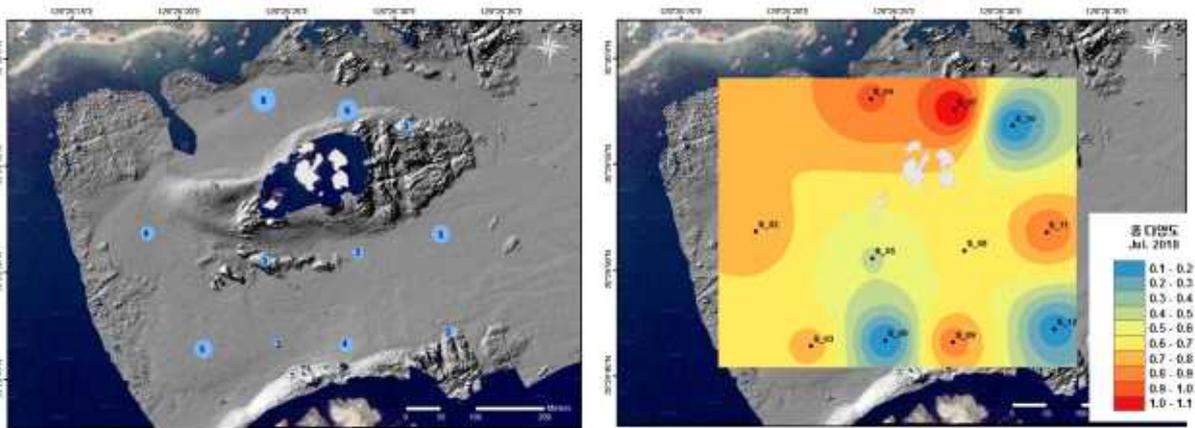


그림 3-3-49. 중형저서동물 출현분류군 수(좌)와 종 다양도지수 분포(우)

제 4 장 목표달성도 및 대외기여도

제 1 절 목표 달성도

제 2 절 대외 기여도

제 4 장 목표달성도 및 대외기여도

제 1 절 목표 달성도

1. 총 연구기간 내 연구내용 대비 달성율(%)

가. 1차년도(2017년)

| 총연구기간내 연차별 목표 대비 달성율(%) | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|---|----------------|------|--------------------------------------|-----|
| 구분 | 연차별 달성내용 | | | | 연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%) | |
| | 성과목표 | 연구내용 | 가중 치 (A) | 달성실적 | | |
| 1년차 (2017) | 1. 동해 북부 연안(강릉) 서식지별 생물군 생태특성 분석 | 1-1. 사질-수중암반 서식환경 유형별 해양생물의 종 다양성 조사 | 0.4 | 조사완료 | 100 | |
| | | 1-2. 서식생물의 디지털이미지 및 동영상 확보 | | 확보완료 | | |
| | | 1-3. 수중암반 수중생태지도 및 서식지영상합성지도 제작 | | 제작완료 | | |
| | | 1-4. 조하대 사질/암반 혼재 해역의 대형 및 중형저서동물 군집 분석 | | 분석완료 | | |
| | | 1-5. 사질/암반 해역 우점 서식생물 생태특성 파악 | | 분석완료 | | |
| | 2. 동해 북부 연안(강릉) 생태계 서식환경 특성 연구 | 2-1. 서식지 주변 정밀해저지형 및 해저면 영상 조사 | 0.3 | 조사완료 | 100 | |
| | | 2-2. 서식지의 지형 및 퇴적물 특성과 서식생물과의 상관성 분석 | | 분석완료 | | |
| | 3. 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산 | 3-1. 서식환경/서식생물 DB 구축 | 0.3 | 구축완료 | 100 | |
| | | 3-2. 다각적 환경/생물 주제도 작성 | | 작성완료 | | |
| | 계 | | | 1.0 | | 100 |

나. 2차년도(2018년)

| 총연구기간내 연차별 목표 대비 달성율(%) | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--|----------------|------|--------------------------------------|-----|
| 구분 | 연차별 달성내용 | | | | 연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%) | |
| | 성과목표 | 연구내용 | 가중 치 (A) | 달성실적 | | |
| 2년차 (2018) | 1. 동해 남부 연안(울산) 서식지별 생물군 생태특성 분석 | 1-1. 사질-수중암반 서식환경 유형별 해양생물의 종 다양성 조사 | 0.4 | 조사완료 | 100 | |
| | | 1-2. 서식생물의 디지털이미지 및 동영상 확보 | | 확보완료 | | |
| | | 1-3. 수중암반 수중생태지도 및 서식지영상합성지도 제작 | | 제작완료 | | |
| | | 1-4. 조하대 사질/암반 혼재 해역의 대형 및 중형저서 동물 군집 분석 | | 분석완료 | | |
| | | 1-5. 사질/암반 해역 우점 서식생물 생태특성 파악 | | 분석완료 | | |
| | 2. 동해 남부 연안(울산) 생태계 서식환경 특성 연구 | 2-1. 서식지 주변 정밀해저지형 및 해저면 영상 조사 | 0.3 | 조사완료 | 100 | |
| | | 2-2. 서식지의 지형 및 퇴적물 특성과 서식생물과의 상관성 분석 | | 분석완료 | | |
| | 3. 동해 연안 해역 자료 활용 정보 생산 | 3-1. 서식환경/서식생물 DB 구축 | 0.3 | 구축완료 | 100 | |
| | | 3-2. 다각적 환경/생물 주제도 작성 | | 작성완료 | | |
| | 계 | | | 1.0 | | 100 |

2. 정량적 목표 달성도

- 1차년도(2017년)

| 구분 | | 가중치* | 달성 목표(건) | 세부 가중치 | 달성(건) | 달성도(%) | |
|-----------|------|------|--------------|-----------|-------------|----------|-------------|
| 과학적 성과 | 논문 | 30% | mrnIF 81점 이상 | | | | |
| | | | mrnIF 61~80 | | | | |
| | | | mrnIF 41~60 | | | | |
| | | | mrnIF 40점 이하 | 2 | 30% | 2 | 100% |
| | | | 소계 | 2 | 30% | 2 | 100% |
| | 저서 | 70% | 국제저서 | | | | |
| | | | 국내저서 | | | | |
| | | | 국제편저 | | | | |
| | | | Eco-Map 작성 | 1 | 70% | 1 | 100% |
| | | | 소계 | 1 | 70% | 1 | 100% |
| 기술적 성과 | 특허 | | 국제특허 출원 | | | | |
| | | | 국제특허 등록 | | | | |
| | | | 국제특허 추가등록 | | | | |
| | | | 국내특허 출원 | | | | |
| | | | 국내특허 등록 | | | | |
| | | | 소계 | | | | |
| 경제적 성과 | 기술료 | | 기술이전 성과 | | | | |
| | | | 소계 | | | | |
| 사회적,인프라 | 홍보활동 | | 홍보1 | | | | |
| | | | 홍보2 | | | | |
| | | | 소계 | | | | |
| | 대외활동 | | 대외1 | | | | |
| | | | 대외2 | | | | |
| | | | 소계 | | | | |
| 계 | - | 100% | | 3 | 100% | 3 | 100% |

- 2차년도(2018년)

| 구분 | | 가중치* | 달성 목표(건) | | 세부 가중치 | 달성(건) | 달성도(%) |
|-----------|------|-----------|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 과학적 성과 | 논문 | 30% | mrnIF 81점 이상 | | | | |
| | | | mrnIF 61~80 | | | | |
| | | | mrnIF 41~60 | | | | |
| | | | mrnIF 40점 이하 | 2 | 30% | 2 | 100% |
| | | | 학술발표 | - | - | 10 | 100% |
| | | | 소계 | 2 | 30% | 12 | 100% |
| | 저서 | 70% | 국제저서 | | | | |
| | | | 국내저서 | | | | |
| | | | 국제편저 | | | | |
| | | | Eco-Map 작성 | 1 | 70% | 1 | 100% |
| 소계 | | | 1 | 70% | 1 | 100% | |
| 기술적 성과 | 특허 | 국제특허 출원 | | | | | |
| | | 국제특허 등록 | | | | | |
| | | 국제특허 추가등록 | | | | | |
| | | 국내특허 출원 | | | | | |
| | | 국내특허 등록 | | | | | |
| | | 소계 | | | | | |
| 경제적 성과 | 기술료 | 기술이전 성과 | | | | | |
| | | 소계 | | | | | |
| 사회적,인프라 | 홍보활동 | | 외부 강연 | - | - | 1 | 100% |
| | 대외활동 | | 정보 제공 | - | - | 1 | 100% |
| 계 | - | 100% | | 3 | 100% | 14 | 100% |

제 2 절 대외 기여도

1. 기술적 측면

- 동해 연안을 대표할 수 있는 해저 서식지 생태계의 Eco-mapping 연구
 - 동해 연안을 대표하는 서식지는 크게 두 가지로 나뉘는데, 육지와 연이은 기저암반에서 직벽으로 떨어지는 서식지와, 다른 하나는 사질(연성기질)에서 수중암반(경질기질)으로 이어지는 서식지가 있음. 그러나 현재까지의 연안생태계 연구에서 이러한 서식지와 생태계와의 연관성에 관한 연구는 거의 수행되지 않았음
 - 그중, 해저 서식지(사질-수중암반)는 생물다양성이 매우 높으며, 직벽으로 떨어지는 서식지에 비하여 연구 접근성이 용이하다는 장점이 있음
 - 한국해양과학기술원 동해연구소가 위치한 북위 37° 주변의 동해 중부연안은 동해 연안을 따라 북상하는 동한난류가 북쪽에서 남하하는 북한한류를 만나면서 연안으로 이안되는 지역으로 일종의 한·난류의 경계면으로 생물다양성이 매우 높은 해역이나, 해빈에 접한 연안 근접해역을 중심으로 한 연구는 매우 부족한 실정임
 - 기후변화에 따른 해양의 수온과 해수면 상승은 연안역에서의 침식과 생태계 변화를 유발시키므로 중장기적인 해양환경변화에 대비하기 위해서는 우리나라 동해 연안에서 향후 나타날 수 있는 해양환경 및 생태계 변화, 그리고 연안 지형 및 퇴적환경 변화 등의 연구가 종합적인 차원에서 수행될 필요가 있음
 - 동해 연안의 해양환경변화에 따른 해저 서식지(사질-수중암반) 생태계 특성의 변화를 분석하기 위하여 연속적인 연안생태계의 시계열 변화 분석이 필요함
 - 해저(사질-수중암반) 생태계는 해양생물 다양성 보전 및 생물자원량 파악에 있어 해양생태계의 변화를 감시하고 피해를 예방하는데 필수적임
 - 동해 연안의 침식 취약해역인 해빈(사질 해안)에는 사구식물 군락이 대규모로 발달한 지역이 많으며, 퇴적물 표면이나 내부에 굴을 파고 살아가는 대형저서생물과 보다 작은 생물인 선형동물, 저서성 요각류 등의 다양성이 높은 간극생물도 높은 밀도로 서식하여, 침식 대응 서식생물의 변동 영향에 대한 모니터링이 요구됨
 - 국외의 경우 해저 서식지(사질-수중암반)에 대해 멀티빔을 활용한 정밀 해저지형 결과와 후방산란강도에 의하여 도시되는 해저면 영상과의 상관성 연구가 진행되

고 있으나 국내에서는 구체적인 연구가 진행된 바 없음

- 기존 연안 연구는 산발적이고 정량적인 연구결과물의 도출이 미흡하였으나 본 연구에서 환경생태지도화(Eco-mapping) 연구기법을 매뉴얼 화하여 종합적인 연구결과물을 정량화 하고 효율적으로 가시화하여 연안 연구의 방향을 제시함
- 연구결과물로 끝나는 것이 아닌 대표 연구거점별 환경생태도를 제작하고 수록된 모든 콘텐츠(수중생태지도, 서식지영상합성지도, Eco-map, 드론 항공 영상합성도 등)를 효율적으로 가시화(지도화)하는 mapping 연구기법을 통해 연구결과물의 활용성을 극대화함
- 동해 북부 연안의 대표 연구거점(model station)을 강릉 십리바위(대표적인 해양 레저 활동 및 해수욕장)로 선정하고, 정량적인 연구기법(Eco-mapping 연구기법 매뉴얼 화) 적용을 통해 일관되고 지속성 있는 연구결과물을 확보함
- 기존 서식지 맵핑 보다 정밀하고 구체적인 연안 서식지의 Eco-mapping 연구기법 적용을 통해 서식환경과 서식생물과의 상관관계를 한눈에 파악할 수 있는 Eco-map을 제작하여 연안 서식지 관리에 효율성을 높임
- 동해 남부 연안의 대표 연구거점(model station)을 울산 선암(양식 산업 발달 및 대표적 해수욕장)으로 선정하고, 정량적인 연구기법(Eco-mapping 연구기법 매뉴얼 화) 적용을 통해 일관되고 지속성 있는 연구결과물을 확보함
- 수중생태계 뿐만 아니라 드론 항공 영상합성 연구를 통해 노출암에 대한 구체적인 정보를 제공하여 서식지 환경에 대한 종합적인 가시화 방안을 극대화함
- 동해연구소의 활용도를 극대화함으로써 해양생명환경산업과의 시너지효과를 기대할 수 있으며, 해양특성 변동 메커니즘 규명 및 해양생태계·수산자원 변동 예측연구 연계를 통하여 해양자원의 효율적 이용 및 관리기반 구축 활용 가능
- 임해연구소인 동해연구소의 입지조건을 활용하여 동해 연안의 해양환경자료를 모니터링하고 데이터베이스화하여 향후 기후변화에 의한 해양환경변동 연구의 기초기반 자료 축적
- 동해 연안의 생태환경과 서식지환경(지질)의 총체적 융합 조사 및 연구를 통하여 서식지 생태환경에 대한 연관성 연구 시도
- 해양생물 다양성 보전 및 생물자원량 파악을 위한 inventory 구축 및 Eco-map 작성

2. 경제 산업적 측면

- Eco-mapping을 통해 해양 생태계 복원에 필요한 신속한 정보 제공
 - 연안은 지구상에서 가장 생산성이 높은 생태계를 가진 공간이며, 전 세계 인구의 40%, 세계 50대 도시의 2/3가 연안에 위치하고 있어 인간생활과 직접적인 관련을 맺고 있는 경제·산업적으로 중요한 공간이기 때문에 체계적인 관리가 필요함
 - 연안은 연안가두리, 정치망, 해조류 채취 등 다양한 수산업 활동이 이루어지는 곳으로 연안 생태환경 연구는 국가적 차원의 경제, 산업적 측면에서도 중요함
 - 연안은 중요 기간산업 및 인구가 집중된 지역으로 경제활동이 활발하여 자연적/인공적 환경변화 요인이 많음. 특히 연안 생태를 비롯한 해양환경은 이러한 요인으로 인하여 중요도에 비하여 많은 조사가 이루어지지 않았음
 - 연안 생물의 생육장으로 중요한 동해안의 해빈 주변 중·소하천 하구와 수중 암반 생태계는 연안역의 개발에 따라 그 생태적 기능과 구조가 가장 먼저 영향을 받고 있기 때문에 효과적인 분석과 관리 연구가 시급한 실정임
 - 동해안에 발달되어 있는 중·소하천 하구 및 해조류가 무성한 수중 암반의 경우, 연안 생물의 생육장으로 수산자원의 보전 측면에서 그 가치가 매우 중요한 지역임. 그러나 연안역의 개발과 호안 및 방파제 건설 등으로 자연적인 해안이 변하여 이들의 상대적 기능과 구조에 영향을 미치고 있으며, 그 범위도 점차 확대되고 있기 때문에 이를 효과적으로 평가하고 관리하는 연구가 절실히 시급한 실정임
 - 환경생태지도화(Eco-mapping)는 해양환경 변화나 오염으로 인한 연안생태계 피해 발생시, 해양 생태계 복원에 필요한 신속한 정보 제공이 가능함
 - 동해안의 대표적 연구 거점별(동해 북부, 중부, 남부) 서식생물과 서식환경의 종합적 연구를 통해 연구지역의 양식 및 수산업, 문화산업(생태관광, 레저산업 등)에 직접적인 수중생태계 정보를 제공함
 - 또한 환경기술(어초 조성 등)과 관련된 서식지 복원 및 보전에 필수적인 최적의 적지 선정을 위한 기초자료로 활용됨(“강릉 십리마위 주변 해중공원 조성 사업”)
 - 연구 거점별 종합적인 연구결과를 수록한 환경생태도 발간을 통해 초·중·고에 일반인을 대상으로 홍보(대외 강연)하고 연안 관리의 중요성에 대한 인식을 높이는 데 일조함
 - 동해 남부 연안 울산 선암 환경생태도 제작을 통해 해양산업(양식, 환경기술 등),

- 문화산업(생태관광, 레저산업 등)에 활용될 직접적인 생태 및 환경 자료를 제시함
 - 지역 어촌계와 초·중·고에 배포하여 성과물을 홍보하고 확산함
 - 동해 북부, 중부, 남부 각각의 환경생태도 제작 및 발간을 통해 동해안의 거점별 서식환경과 서식생물의 종합적인 정보 제공이 가능함
- 연안 해역 관리 및 활용을 위한 연안의 체계적인 환경정보의 요구성 증대
- 우리나라에서 전체 시군구 중 78개(26개 시, 34개 군, 18개 자치구)가 연안에 위치하고 있고, 전 국토의 32%와 전 인구의 33%가 살고 있으며, 2030년에는 전 인구의 40%가 거주하고, 국내 총 생산의 50%를 생산할 것으로 전망되는 등 그 가치와 중요성이 나날이 부각되고 있음
 - 연안 생태계의 변화를 지속적으로 모니터링하고 관리하는 것은 학문적·환경적 필요성 뿐만 아니라, 어업 및 관광업과 관련된 국민의 경제·사회·문화적인 측면에서 매우 중요함
 - 연안 해역 관리 및 활용을 위한 연안의 복합적 환경정보가 필요함. 연안 개발, 오염원 유입, 발전소 가동 등에 따른 영향으로 연안 어획량 감소와 양식장 피해가 빈번해지면서 환경문제에 대한 인식이 매우 높아져, 1980년대부터 환경영향평가를 비롯한 연안환경에 대한 지속적인 조사가 수행되고 있지만, 통합적인 연안 생태계 변화 연구나 효과적인 생태계 밍핑 기술 및 연안 서식지의 건강도에 대한 환경평가기법에 대한 연구는 매우 부족한 실정임
 - 연안역 관리법에서는 연안역 관리를 위하여 매 5년마다 대상 연안의 실태에 관한 기초조사를 실시하도록 규정함. 그러나 5년마다 실시되는 단기간의 조사에 의해서 복잡적이고 지속적인 환경변화에 따른 생태계 변동을 이해하기에 매우 부족하며, 종합적인 연안역의 해양환경 변화 특성 규명을 통하여 연안역 통합 관리의 모델 연구가 필요한 실정임
 - 이미 일본, 러시아, 중국 등은 해양자원 및 생태계 정보과약과 구축에 많은 노력을 기울이고 있으나, 우리나라는 상대적으로 부족한 실정임
 - 본 연구를 통한 수중 생태계의 구성과 분포 연구는 그 지역 수산자원의 보존과 활용 등의 계획 수립에 기초 자료로 이용 가능함
 - 연안환경/생태계 관측 자료 제공을 통한 대어민 서비스 및 어업 생산성 증진에 간접적으로 기여
 - 생태계 자료의 축적 및 홍보는 지역사회의 경제적 편익, 지역사회 홍보, 주민참

- 여 필요성 제고, 관광객의 지역 생태관광에 대한 지식상승 및 해양보전의 필요성에 대한 인식 증대를 가져올 것으로 예상됨
- 연안 생태계 보전 및 복원을 위한 기본 가이드라인 제시

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

- <Eco-mapping 연구기법 정량화를 통한 효율적 연안 관리 방안 제시>
 - 연안 연구에 필수적인 연구기법 매뉴얼화를 통해 결과물을 정량화 하고 이를 타 지역에 적용하여도 같은 결과물을 확보할 수 있는 연구 재현성을 높임
 - 향후 종합적인 연안 연구에 적용될 연구기법으로 활용 가능함
 - 지속적인 연안역 해양환경 관측자료 확보를 통해 해양 환경 변화(기후변화 등)를 비교 평가할 수 있음
 - 연안역 해양환경영향 평가 능력 개선을 통한 효율적 해양환경보존정책 관련 기반자료 제공 가능함

| 동해 연안 Eco-Mapping 연구 매뉴얼 제작 | |
|--|---|
| 연구 내용 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 동해 연안 Eco-mapping 연구 매뉴얼 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 연구기법 매뉴얼 화를 통해 결과물의 정량화 - 타 지역에 적용하여도 동일한 결과물 확보를 통한 연구 재현성 |
| 활용계획 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Eco-mapping 연구 매뉴얼 제작을 통한 효율적 연안 관리 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - Eco-mapping 연구기법을 적용하여 연구결과를 한눈에 볼 수 있는 가시화 극대화 - 종합적인 연안 연구의 기틀 마련 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Contents</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Eco-Mapping의 필요성 및 기능1 2. Eco-Mapping 적용 범위7 3. Eco-Mapping 분야별 연구항목 및 방법13 4. Eco-Map 제작33 </div> </div> | |

□ <동해 연안 환경생태도 발간을 통한 홍보 및 성과확산>

- 대표 연구거점별(동해 북부, 중부, 남부) 각각의 환경생태도 제작 및 발간을 통해 해양산업(양식, 환경기술 등), 문화산업(생태관광, 레저산업 등), 교육(초·중·고)자료에 활용될 직접적인 생태 및 환경 자료 제시
- 환경생태도에 수록된 다양한 콘텐츠(수중생태지도, 서식지영상합성지도, Eco-map, 드론 항공 영상합성도)는 연구자 뿐 아니라 일반인을 대상으로 연안에 대한 정보를 손쉽게 확인하고 활용할 수 있음
- 동해 연안의 통합적인 Eco-map을 동해안 문화산업(생태관광, 레저산업)과 접목하면, 동해 연안을 기반으로 한 해양관광산업 활성화를 기대할 수 있음

| 환경생태지도화(Eco-Mapping) 적용을 통한 환경생태도(Eco-Map) 제작 | |
|---|--|
| 연구 내용 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내최초 연안 환경생태도(Eco-Map) 제작을 통한 연구결과 가시화 - 산재되어 있던 연구결과를 하나의 Eco-Map 제작을 통해 한눈에 볼 수 있는 연안 관리 기반 구축 |
| 활용계획 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 환경생태지도화(Eco-Mapping) 적용을 통한 효율적인 연안 관리 기반 구축 - 환경생태도(Eco-Map) 제작을 통한 효율적 연안 관리 기반 구축 - 종합적인 연안 연구의 기틀 마련 |

동해 연안 Eco-Map(울산 선암)

> 연구지역개요

동해 연안은 동해 연안을 따라 확장하는 동해안유역 폭에서 남쪽에는 죽간연륙가 현내면 서 연안으로 제한되는 지역으로 한·남부의 해양수산 생태다양성이 높은 지역이다. 한편, 연안은 연간의 경제, 산업, 레저활동이 활발하게 이루어지고 있는 곳이며, 이러한 요인 등에 의해 해양생물 및 생태계의 기능과 구조가 가장 먼저 영향을 받고 있다.

죽간 연안해변에 위치한 울산해변은 동해안 남부 대표 해변으로 울산 등기 서가지 내에 위치하고 있고 해변 근처의 경치서림이 잘 갖춰져 있어 지역주민은 울산자라고 부르고 있다. 울산에 다른 관광자원 대를 볼 공간, 풍거등대가 인상적이고 있어 관광객이 많이 찾는 곳이며, 북촌면이 잘 갖춰져 있어 울산에서는 가장 많은 관광객이 찾는 지역이다.

> 연구목적및 내용

연구목적: 동해 연안 환경생태도 제작을 통한 연구결과 가시화, 산재되어 있던 연구결과를 하나의 Eco-Map 제작을 통해 한눈에 볼 수 있는 연안 관리 기반 구축

연구내용: 환경생태도(Eco-Map) 제작을 통한 효율적 연안 관리 기반 구축, 종합적인 연안 연구의 기틀 마련

> 단계별도출물

1. 울산 선암의 수중생태도: 수중생태도, 서식지영상합성도, Eco-map, 드론 항공 영상합성도

2. 울산 선암의 육상생태도: 육상생태도, 서식지영상합성도, Eco-map, 드론 항공 영상합성도

3. 울산 선암의 통합생태도: 통합생태도, 서식지영상합성도, Eco-map, 드론 항공 영상합성도

> 연구기법표준화

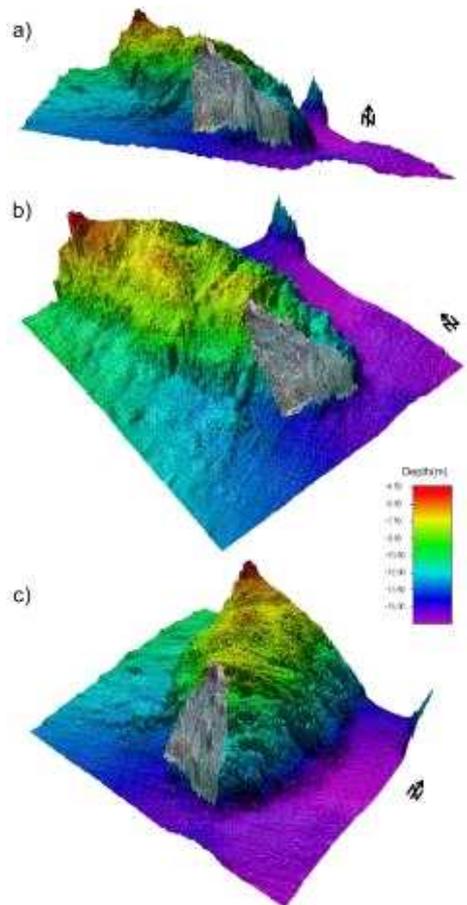
Modelisation 설정 → Eco-Mapping 연구기법 적용 (서식생물/서식환경) → Eco-Map 제작

연안 해양정보 제작(수중생태지도, 입체 해저면영상합성지도)

| | |
|------------------|---|
| <p>연구 내용</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 서식생물 정보 제공을 위한 수중생태지도 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 수중생태지도 제작을 통해 연구지역에 대한 서식생물 정보 제공 - 암반 수중생태계의 가시화를 통한 효율적 정보 제공 ○ 서식환경 정보 제공을 위한 입체 해저면영상합성지도 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 정밀해저지형을 통한 연구지역의 서식환경 정보 제공 - 연구지역 주변의 서식지영상지도 제작을 통해 다각적 시각화 정보 제공 - 정밀해저지형과 서식지영상지도를 합성하여 입체 해저면영상합성지도 제작 |
| <p>활용계획</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 연안의 효율적인 이용을 위한 기반 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 연구지역의 서식생물과 서식환경을 입체적으로 시각화하여 연안을 효율적으로 이용할 수 있는 기반을 구축함(양식, 레저 등에 정보 활용가능) |



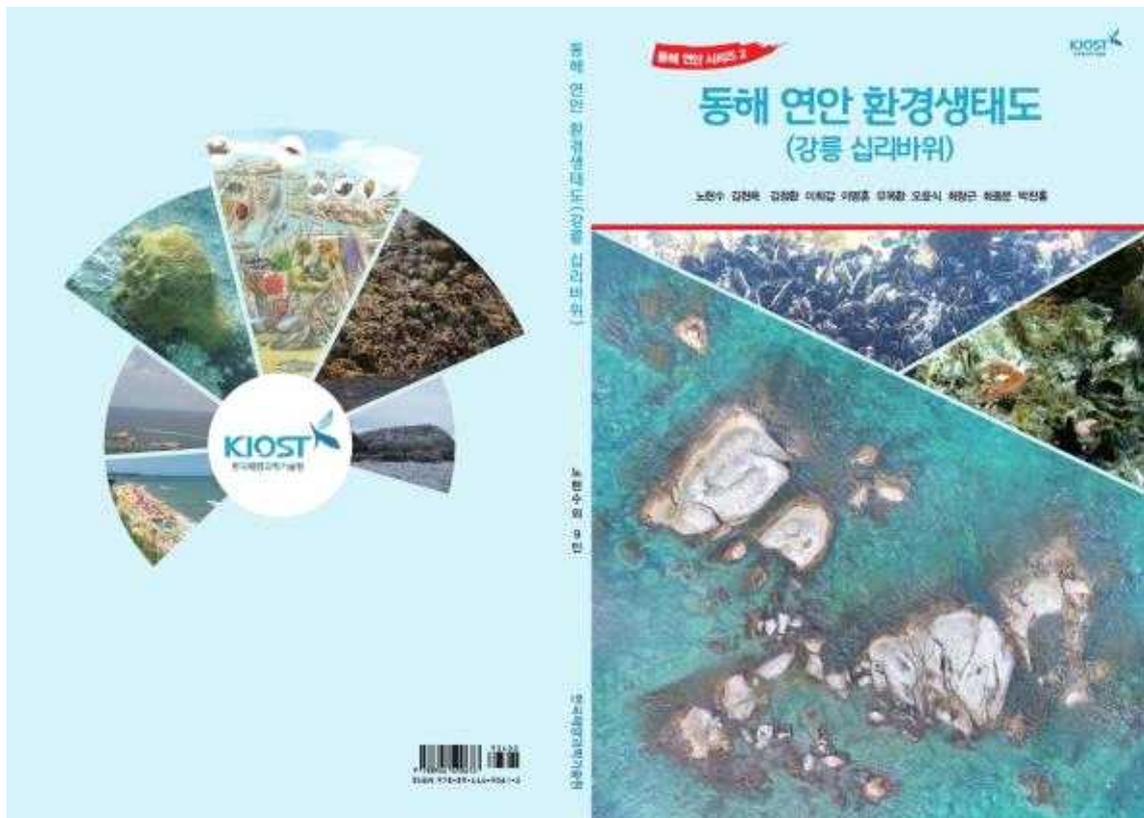
<울산 선암 수중생태지도>



<입체 해저면영상합성지도>

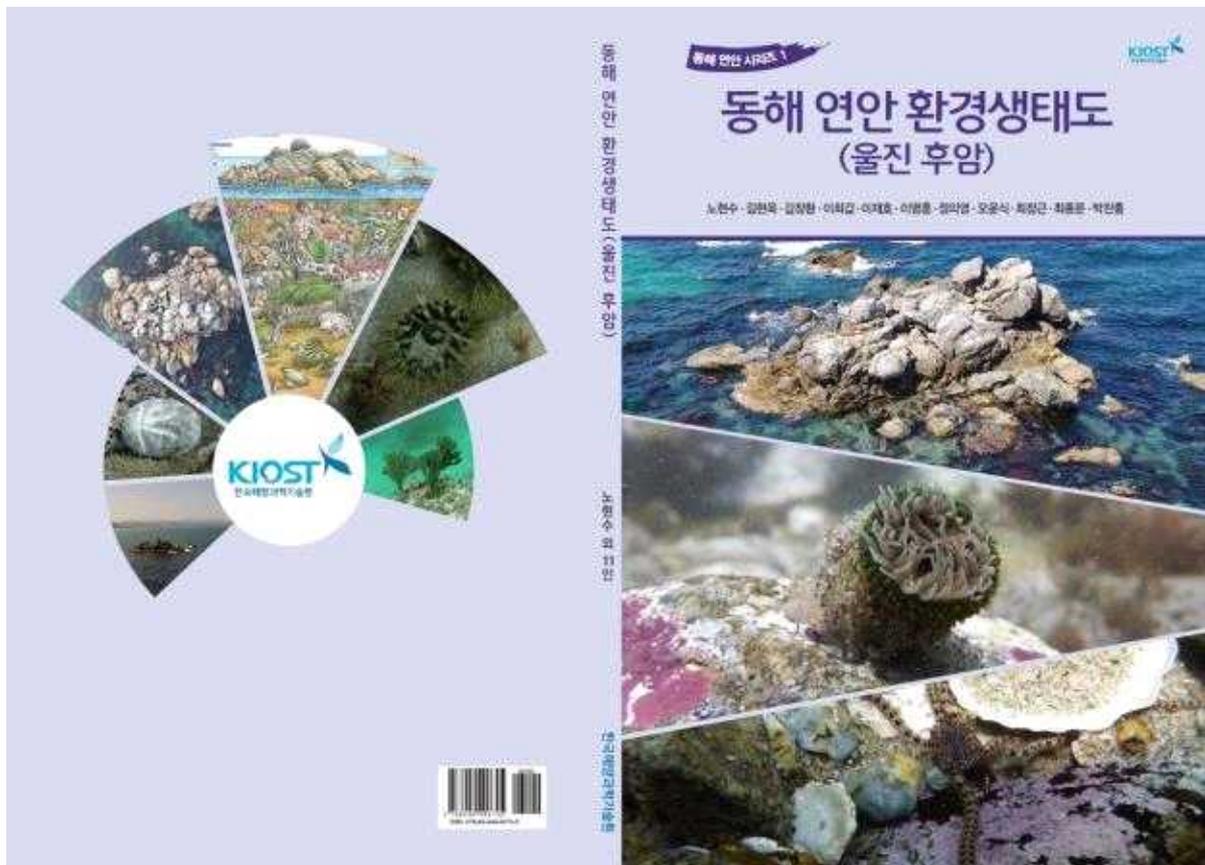
동해 북부 연안 환경생태도(강릉 십리바위) 도서 발간

| | |
|------------------|---|
| <p>연구 내용</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 동해 연안 환경생태도(강릉 십리바위) 도서 발간 <ul style="list-style-type: none"> - 환경생태지도화(Eco-Mapping) 연구기법 적용을 위한 표준화 매뉴얼 - 환경생태도(Eco-Map) - 수중생태지도 - 입체 해저면영상합성지도 - 연구결과물에 대한 종합적인 “동해 연안 환경생태도(강릉 십리바위)” 도서 발간 |
| <p>활용계획</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 연안의 종합적인 연구를 위한 가이드라인 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 연안 연구에 대한 연구수행 방법과 결과물 제작에 대한 가이드라인 제시 가능 - 효율적인 연안의 관리와 이용을 위한 기반 구축 |



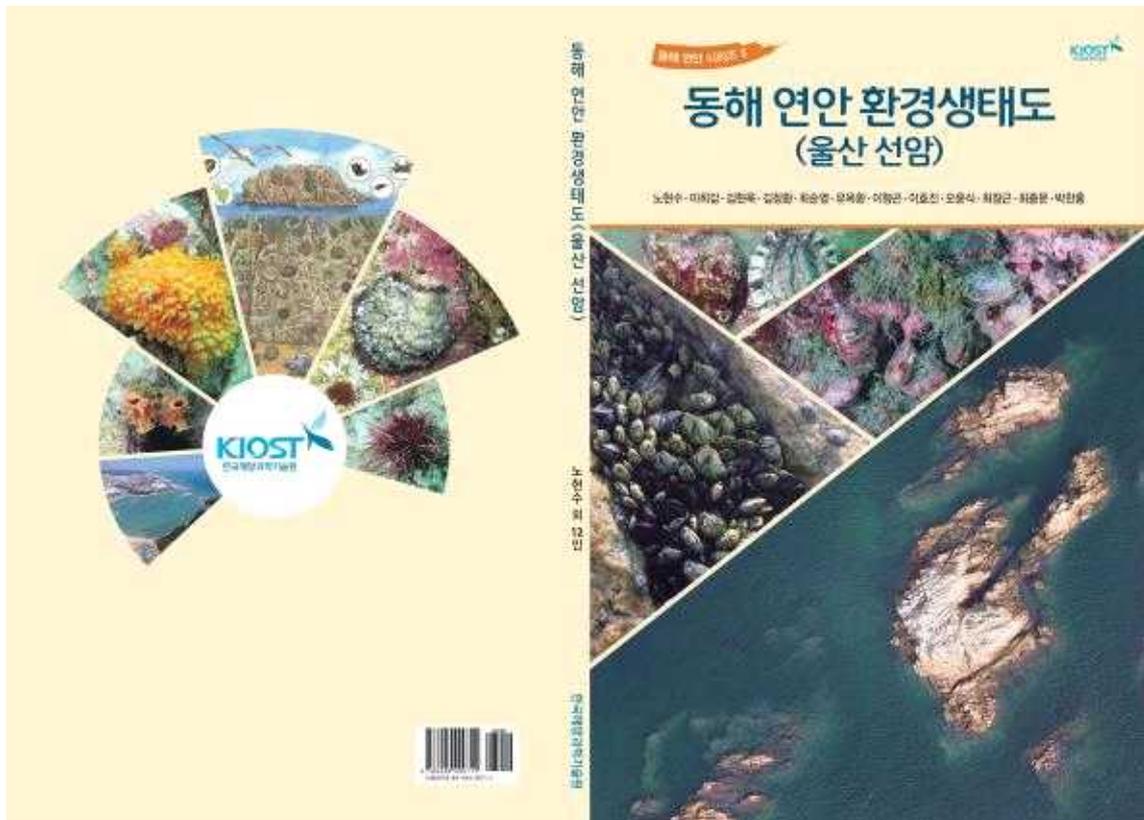
동해 중부 연안 환경생태도(울진 후암) 도서 발간

| | |
|------------------|---|
| <p>연구 내용</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 동해 연안 환경생태도(울진 후암) 도서 발간 <ul style="list-style-type: none"> - 환경생태지도화(Eco-Mapping) 연구기법 적용을 위한 표준화 매뉴얼 - 환경생태도(Eco-Map) - 수중생태지도 - 입체 해저면영상합성지도 - 연구결과물에 대한 종합적인 “동해 연안 환경생태도(울진 후암)” 도서 발간 |
| <p>활용계획</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 연안의 종합적인 연구를 위한 가이드라인 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 연안 연구에 대한 연구수행 방법과 결과물 제작에 대한 가이드라인 제시 가능 - 효율적인 연안의 관리와 이용을 위한 기반 구축 |



동해 남부 연안 환경생태도(울산 선암) 도서 발간

| | |
|------------------|---|
| <p>연구 내용</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 동해 연안 환경생태도(울산 선암) 도서 발간 <ul style="list-style-type: none"> - 환경생태지도화(Eco-Mapping) 연구기법 적용을 위한 표준화 매뉴얼 - 환경생태도(Eco-Map) - 수중생태지도 - 입체 해저면영상합성지도 - 연구결과물에 대한 종합적인 “동해 연안 환경생태도(울산 선암)” 도서 발간 |
| <p>활용계획</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 연안의 종합적인 연구를 위한 가이드라인 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 연안 연구에 대한 연구수행 방법과 결과물 제작에 대한 가이드라인 제시 가능 - 효율적인 연안의 관리와 이용을 위한 기반 구축 |



제 6 장 참고문헌

제 6 장 참고문헌

- 국토해양부 동해지방해양항만청, 2009. 2009 강원도 무인도서 실태조사 및 관리유형 지정방안 마련 연구. 388p.
- Robert B., 2001. An improved protocol for separating meiofauna from sediments using colloidal silica sols. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 214:161-165.
- Shannon C.E. and W. Wiener, 1963. *The mathematical theory of communication.* Univ. Illinois. Press. Urban. 177p.
- Shirayama Y., 1983. Size structure of deep-sea meio- and macrobenthos on the western Pacific. *Int. Rev. Hydrobiology.* 68:799-810.

제 7 장 부 록

제 7 장 부 록

부록 1. 발간 논문 목록

| 계재일 | 논문명 | 저 자 | | | 학술지명 | Vol. (No.) | 국 가 명 | SCI 구 분 |
|----------------|---|----------|----------|---|--------------------------------------|---------------|-------------|---------------|
| | | 주저자 | 교신 저자 | 공동 저자 | | | | |
| 2017. 04.10 | Biodiversity hotspot for marine invertebrates around the Dokdo, East Sea, Korea: Ecological checklist revisited | S.J.Song | J.S.Khim | J. Park, J. Ryu, H.S.Rho, W.Kim | Marine Pollution Bulletin | 119 (2017) | 네덜 란드 | SCI |
| 2017. 12.31 | 다중빔 음향 측심기를 이용한 독도 동도와 서도 남부 연안 해저지형 비교 분석 | 이명훈 | 김창환 | 박찬홍, 노현수, 김대철 | 자원환경 지질학회지 | 50(6) | 한국 | KCI |
| 2018. 05.13 | Coastline Change Measurement Using Shipborne Mobile LiDAR in Anmok Beach, Gangneung, Korea | C.H.Kim | J.D.Do | H.W.Kim, C.H.Park, W.H.Kim, M.H.Lee, S.Y.Choi | JOURNAL OF COASTAL RESEARCH | 85(1) | 미국 | SCI |
| 2018. 05.31 | 남서태평양 라우분지 TA 22 해저산(23° 34' S)에서의 지자기 특성 연구 | 최순영 | 김창환 | 박찬홍, 김형래 | 지구물리 와 물리탐사 | 21(2) | 한국 | KCI |

부록 2. 학술회의 발표 목록

| 발표일 | 논문명 | 저 자 | | 학술회의명 | 구분 |
|-------------|--|----------|--|---|----|
| | | 주 발표자 | 공동발표자 | | |
| 2017. 02.25 | A Study on the Magnetic and Submarine Geology Structure of TA22 Seamount in Lau Basin, Tonga | S.Y.Choi | C.H.Kim, C.H.Park, H.R.Kim, M.H.Lee and H.Y.Park | 19th International Conference on Geology and Geophysics | 국외 |
| 2017. 02.25 | Submarine Topography and Beach Survey of Gang-neung Port in South Korea, Using Multi-Beam Echo Sounder and Shipborne Mobile Light Detection and Ranging System | W.H.Kim | C.H.Kim | 19th International Conference on Geology and Geophysics | 국외 |
| 2017. 04.19 | 제주 탐라 해저분화구의 정밀해저지형 및 자력특성 연구 | 최순영 | 김창환, 김형래, 박찬홍, 김원혁, 이명훈, 박현영 | 2017 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 | 국내 |
| 2017. 04.19 | 선박과 ATV를 이용한 해빈측량 방법 연구 | 김원혁 | 김창환, 김현욱, 이태경, 박찬홍, 이명훈, 최순영, 박현영 | 2017 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 | 국내 |
| 2017. 04.19 | 해상 모바일 LiDAR 시스템과 다중빔 음향 측심기를 활용한 동해 중부 연안 침식 모니터링 연구를 위한 Model Station(경북 울진) 지형 분석 | 이명훈 | 김창환, 김현욱, 박찬홍, 김원혁, 최순영, 박현영 | 2017 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 | 국내 |
| 2017. 04.19 | 해상모바일라이다를 이용한 강릉시 안목-송정해변 해안선 변화 측량 | 김창환 | 김현욱, 김원혁, 도종대, 이태경, 이명훈, 최순영, 박찬홍, 박현영 | 2017 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 | 국내 |
| 2017. 08.10 | Preliminary Study on Seabed Pockmarks in the Hupo Basin of the East Sea (Sea of Japan) | C.H.Kim | M.H.Lee, C.H.Park, W.H.Kim, S.Y.Choi, H.Y.Park | 2017 AOGS Meeting | 국외 |
| 2017. 11.01 | 지구물리 탐사를 이용한 제주 탐라 해저분화구의 해저지형 및 지자기 특성 | 최순영 | 김창환, 김형래, 박찬홍, 김원혁, 이명훈, 박현영 | 2017 추계자원연합 학술대회 | 국내 |

| | | | | | |
|----------------|---|---------|--|--|--------|
| 2017. 11.02 | 선박과 ATV를 이용한 울진 후정해변에서의 모바일 라이다 해빈측량 방법 연구 | 김원혁 | 김창환, 김현욱, 박찬홍, 이명훈, 최순영, 박경득, 박현영 | 2017년도 한국해양학회 추계학술대회 | 국 내 |
| 2017. 11.02 | 해상모바일라이다 측량, 멀티빔 및 싱글빔 수심측량을 이용한 강릉 안목-송정 연안지형 변화 연구 | 김창환 | 김현욱, 도종대, 박찬홍, 김원혁, 이명훈, 최순영 | 2017년도 한국해양학회 추계학술대회 | 국 내 |
| 2017. 11.02 | 독도, 동도와 서도 남부 연안의 해저 지형 및 해저면 환경 특성 비교 분석 연구 | 이명훈 | 김창환, 박찬홍, 김원혁, 최순영, 박현영 | 2017년도 한국해양학회 추계학술대회 | 국 내 |
| 2018. 05.09 | Coastline change measurement using Shipborne mobile LiDAR in Anmok beach, Gangneung, Korea | C.H.Kim | H.W.Kim, C.H.Park, W.H.Kim, M.H.Lee, S.Y.Choi and J.D.Do | The International Coastal Symposium (ICS) 2018 | 국 외 |
| 2018. 05.24 | 동해 연안 사질-수중암반 조하대 서식지 Eco-mapping 연구 | 이희갑 | 김형기, 노현수 | 2018년 한국해양과학 기술협의회 공동학술대회 | 국 내 |
| 2018. 05.24 | 강릉 안목-송정 해안의 연안지형 변화 측량 | 김창환 | 김원혁, 김현욱, 이명훈, 최순영, 도종대, 박찬홍 | 2018년 한국해양과학 기술협의회 공동학술대회 | 국 내 |
| 2018. 05.25 | 해빈측량과 수심측량을 이용한 울진 후정해안의 지형변화 연구 | 김원혁 | 김창환, 김현욱, 이명훈, 최순영, 박찬홍 | 2018년 한국해양과학 기술협의회 공동학술대회 | 국 내 |
| 2018. 05.25 | 남서태평양 통가해역 해산(TA12)에 대한 지자기 특성 연구 | 최순영 | 김창환, 김형래, 박찬홍, 김원혁, 이명훈, 박현영 | 2018년 한국해양과학 기술협의회 공동학술대회 | 국 내 |
| 2018. 05.25 | 동해 북부 연안(강릉 경포) 사질-수중암반 지대의 지형·지질 자료를 활용한 맵핑 주제도 작성 및 해저면 환경 특성 분석 | 이명훈 | 김창환, 김원혁, 최순영, 박찬홍 | 2018년 한국해양과학 기술협의회 공동학술대회 | 국 내 |
| 2018. 06.07 | Submarine Terrace in Dokdo Evidence of the Sea Level Change of the East Sea in the Quaternary | C.H.Kim | C.H.Park, M.H.Lee, W.H.Kim and S.Y.Choi | AOGS 2018 | 국 외 |

| | | | | | |
|----------------|--|---------|--|---|----|
| 2018. 10.08 | Wind-driven pollen records implication of the East Asian winter monsoon changes during the last glacial period | C.P.Jun | M.H.Lee, C.H.Kim, S.Y and S.J.Lee | The 15th East Eurasia International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia | 국외 |
| 2018. 10.11 | A study on comparison and analysis of detailed bathymetry in the southern nearshores of the Dongdo and the Seodo of Dokdo, in the East Sea | M.H.Lee | C.H.Kim and C.H.Park | 9th ICAMG (International Conference on Asian Marine Geology) | 국외 |
| 2018. 10.12 | Eco-mapping 연구기법 적용을 통한 동해 연안 사질-수중암반 생태계 특성 연구 | 이희갑 | 유옥환, 김창환, 김현욱, 박찬홍, 노현수 | 2018 한국환경생물학회 추계학술대회 | 국내 |
| 2018. 10.25 | 울진 후정해변 해빈 및 해저지형의 지속적인 침·퇴적 모니터링을 위한 해빈·해저지형 조사 | 김원혁 | 김창환, 김현욱, 박찬홍, 이명훈, 최순영, 도종대, 박현영 | 2018 추계지질과학연합 학술대회 | 국내 |
| 2018. 10.25 | A new record of polychaetes (Polychaeta: Spionidae) on the Ulsan coastal area, in east sea of Korea | 김상렬 | 강수민, 이형근, 유옥환 | 2018년도 추계 해양학회 추계학술대회 | 국내 |
| 2018. 10.25 | 독도 화산체 정상부의 해저지형적 특성과 그와 연관된 해저단구 특성 분석 | 김창환 | 박찬홍, 이명훈, 김원혁, 최순영, 박현영 | 2018 추계지질과학연합 학술대회 | 국내 |

부록 3. 발간 저서 목록

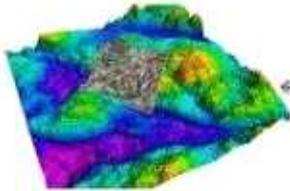
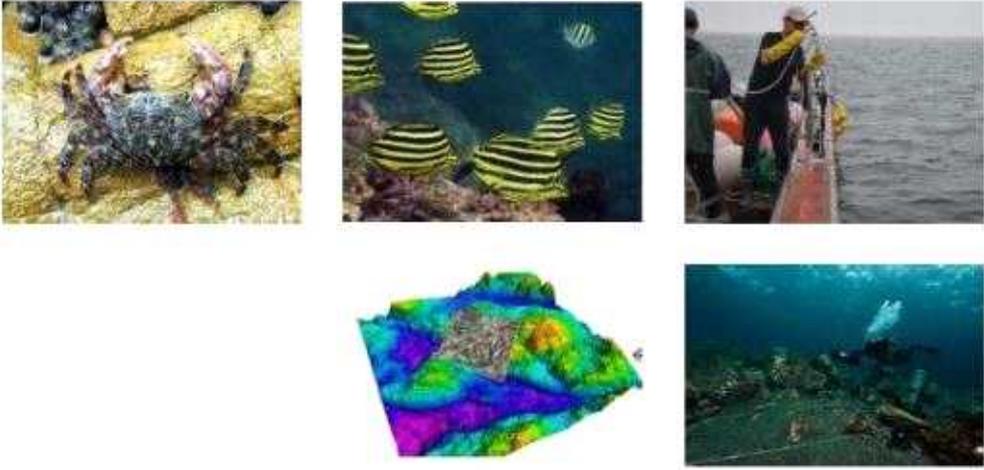
| 구 분 | 제 목 | 저작자 | | 출판일 | 등록 번호 | 구 분 |
|-----|--------------------------|------|--|----------------|-------------------------------------|--------|
| | | 주저작자 | 공동 저작자 | | | |
| 저 서 | 동해 연안 환경생태도 (강릉 십리바위) | 노현수 | 김현욱, 김창환, 이희갑, 이명훈, 유옥환, 오윤식, 최창근, 최종문, 박찬홍 | 2018. 01.02 | ISSN 978-89-444-90 61-3 93400 | 국 내 |
| 저 서 | 동해 연안 환경생태도 (울산 선암) | 노현수 | 이희갑, 김현욱, 김창환, 최순영, 유옥환, 이형근, 이효진, 오윤식, 최창근, 최종문, 박찬홍 | 2018. 12.31 | ISSN 978-89-444-90 71-2 | 국 내 |
| 저 서 | 동해 연안 환경생태도 (울진 후암) | 노현수 | 김현욱, 김창환, 이희갑, 이재호, 이명훈, 정의영, 오윤식, 최창근, 최종문, 박찬홍 | 2018. 12.31 | ISSN 978-89-444-90 70-5 | 국 내 |

부록 4. 동해 연안 Eco-mapping 연구 매뉴얼

기관고유사업: 동해 연안 Eco-Mapping 연구



동해 연안 Eco-Mapping 연구 매뉴얼



동해바다 돌진 오염 수중생태지도

함해 중부 연안 해양환경(후암 주변)

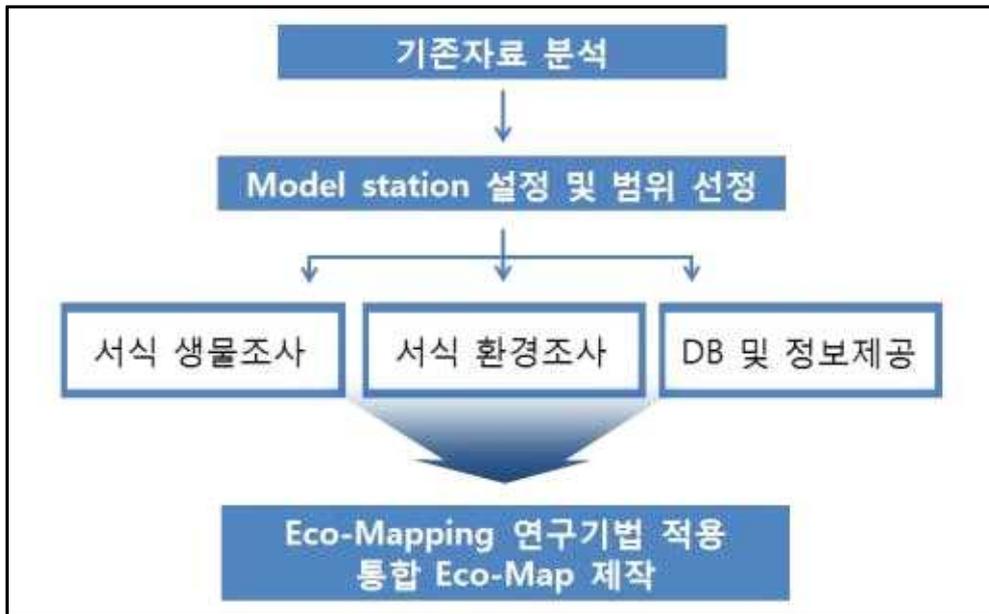
Contents

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. Eco-Mapping의 필요성 및 기능 | 1 |
| 2. Eco-Mapping 적용 범위 | 7 |
| 3. Eco-Mapping 분야별 연구항목 및 방법 | 13 |
| 4. Eco-Map 제작 | 33 |

1. Eco-Mapping의 필요성 및 기능

1. Eco-Mapping의 필요성 및 기능

- Eco-Map 제작을 위한 연구 추진체계



가. Eco-Mapping의 필요성

- 연안역은 대기와 육상에 직접 접하고 연결되어 있는 환경권으로 각 환경권 상호간의 프로세스가 복잡하게 작용하는 곳으로 연안환경을 이해하기 위해서는 각 환경권 사이의 상호작용을 파악하는 기술이 반드시 필요함.
- 연안의 복잡한 환경특성을 이해/평가하는 기술이 개발되고 있지만 각 지역별로 서로 특성이 다르고 영향요소도 다르기 때문에 이러한 상황들을 고려한 연안환경에 영향을 미치는 환경권 사이의 상호작용에 의한 영향요소를 정량적으로 파악하는 기술은 아직도 부족함.
- 지속적으로 환경에 반응하고 변화하는 연안 생태계 특성을 이해하고 그 변동을 조절하는 자연적/인위적 요인에 대한 프로세스를 이해하기 위해서는 연안의 환경 전이지역에 장기 관찰과 생태계 반응실험이 가능한 영구적인 장기 모니터링 스테이션 구축이 필요함.

- 동해 연안을 대표하는 서식지는 크게 두 가지로 나뉘는데, 육지와 연이은 기저암반에서 직벽으로 떨어지는 서식지와, 다른 하나는 사질(연성기질)에서 수중암반(경질기질)으로 이어지는 서식지가 있다. 그러나 현재까지의 연안생태계 연구에서 이러한 서식지와 생태계와의 연관성에 대한 연구는 거의 수행된 바가 없음.
- 동해 연안의 해양환경변화에 따른 해저 서식지(사질-수중암반) 생태계 특성의 변화를 분석하기 위하여 연속적인 연안생태계의 시계열 변화 분석이 필요함.
- 생태 맵핑(Eco-Mapping)은 해양환경 변화나 오염으로 인한 연안생태계 피해 발생시, 해양 생태계 복원에 필요한 신속한 정보 제공이 가능함.
- 또한 서식지의 생물과 서식환경의 종합적인 연구를 통해 수집한 결과물을 하나의 Eco-Map으로 제작하므로 모든 결과물에 대한 가시화가 가능함.
- 이러한 Eco-Mapping의 연구기법을 적용한 Eco-Map 제작을 통해 연안의 효율적인 관리와 이용적 측면에서 높은 활용가치가 있을 것으로 예상됨.

나. Eco-Mapping의 기능

- 연안역 해양환경영향 평가 능력 개선을 통한 효율적 해양환경보존 정책 수립에 활용.
- 동해안 지방자치단체의 종합적이고 효율적인 국가 연안역 통합관리를 위한 해양환경 자료 제공.
- 지속적인 연안역 해양환경 관측자료 확보를 통해 해양 환경 변화(기후 변화 등)를 비교 평가 가능.

- 동해 연안의 Eco-Map 작성으로 동해안을 기반으로 한 해양산업(양식, 환경기술 등)에 적용하여 산업적으로 성공확률이 높은 생태 및 환경자료 제시.
- 동해 연안에 대한 통합 Eco-Map 작성으로 지역 교육기관(초, 중, 고)의 해양과학 교육 자료에 활용.
- 동해 연안의 통합적인 Eco-Map을 동해안 문화산업(생태관광, 레저산업)과 접목하여, 동해 연안을 기반으로 한 해양관광산업 활성화.

2. Eco-Mapping 적용 범위

2. Eco-Mapping 적용 범위

- 연안의 복잡한 환경특성을 이해/평가하는 기술이 개발되고 있지만 각 지역별로 서로 특성이 다르고 영향요소도 다르기 때문에 이러한 상황들을 고려한 영향요소를 정량적으로 파악하는 기술은 현재 부족한 상황임.
- 연안의 효율적인 관리와 이용을 위해서는 연안에 대한 연구는 필수적이며, 연구를 통해 생산된 정보를 쉽고 빠르게 활용하기 위해서는 연구 결과물의 가시화가 가장 효율적인 방법 중에 하나임.
- 이러한 복합적이고 다양한 연구들을 수행하기 위해서는 표준화된 연구 방법을 통해서 일관성 있는 연구 결과물을 확보하고 이를 가시화하여 효율적인 정보 제공을 목적으로 Eco-Mapping 연구기법을 표준화 하고자 하였음.
- Eco-Mapping 연구기법에 필요한 기본적인 정보들의 구성은 연구대상지역의 서식생물, 서식환경이 대표적인 연구항목 중의 하나이고, 이러한 연구결과를 통해 제작 가능한 Eco-Map의 적용범위는 다음과 같음.
- 조사범위는 각 연구항목별로 조사면적을 선정
- 서식환경: 동해 북부 강릉연안 십리바위 주변 500 m x 500 m
- 서식생물: 암반 무척추동물(십리바위 남쪽 면적 909 m² 선정)

중형 및 대형저서동물 정점 선정:(조사범위 500 m x 500 m 내 총 10개 정점별 간격 100 m)

수중생태지도(십리바위 북쪽 836 m², 남쪽 909 m² 선정)

서식지영상합성지도(십리바위 주변 수중암반 서식지 10 m x 10 m)

가. 연안의 서식생물

- 동해 연안의 대표적인 사질-수중암반 서식지를 대상으로 서식지별 생물상 연구를 위하여 연구거점(Model station)을 선정하고 연구지역의 대상범위를 선정.
- 선정된 연구지역의 대표적인 서식생물 연구를 위해 암반 무척추동물, 사질-암반 혼재지역의 대형·중형저서동물을 대상으로 종 다양성과 생태특성 연구를 수행.
- 서식생물에 대한 종 다양성과 생태특성 연구를 위해 각 분류군별로 정량/정성 표본을 확보하고 Eco-Mapping이 가능한 연구결과 도출.
- 기존의 연구 결과물과는 다르게 하나의 Base map에 각 분류군별 서식밀도, 생물량, 출현분류군수, 우점 분류군의 분포특성, 다양성지수 등을 mapping하여 가시화함.
- Eco-Map 제작을 위해 연구 결과물들을 통합 분석한 후에 가시화함.

나. 연안의 서식환경

- 동해 연안의 대표적인 사질-수중암반 서식지를 대상으로 서식환경 연구를 위하여 선정된 연구거점(Model station)을 중심으로 500 m X 500 m 조사구역을 확정하고 해저면 정밀조사를 수행함.
- 해저면 정밀조사를 통해 확보한 자료를 Eco-Mapping에 필요한 기본 base map으로 활용.
- 퇴적물의 입도, 유기물 분석 등을 통해 연구지역의 해저환경을 파악하고 이를 base map에 mapping함.

- Eco-Map 제작을 위해 이처럼 가시화된 하나의 연구 결과물들을 통합 분석함.

다. 수중생태지도

- 수중생태지도 제작을 통해 동해 연안의 대표 서식지 중 하나인 사질-암반 수중생태계에 대한 효율적인 정보 제공이 가능함.
- 일반인을 대상으로 눈에 보이지 않는 수중 암반생태계에 대한 연안 생태계 연구 자료 제공이 가능함.

라. 서식지영상지도

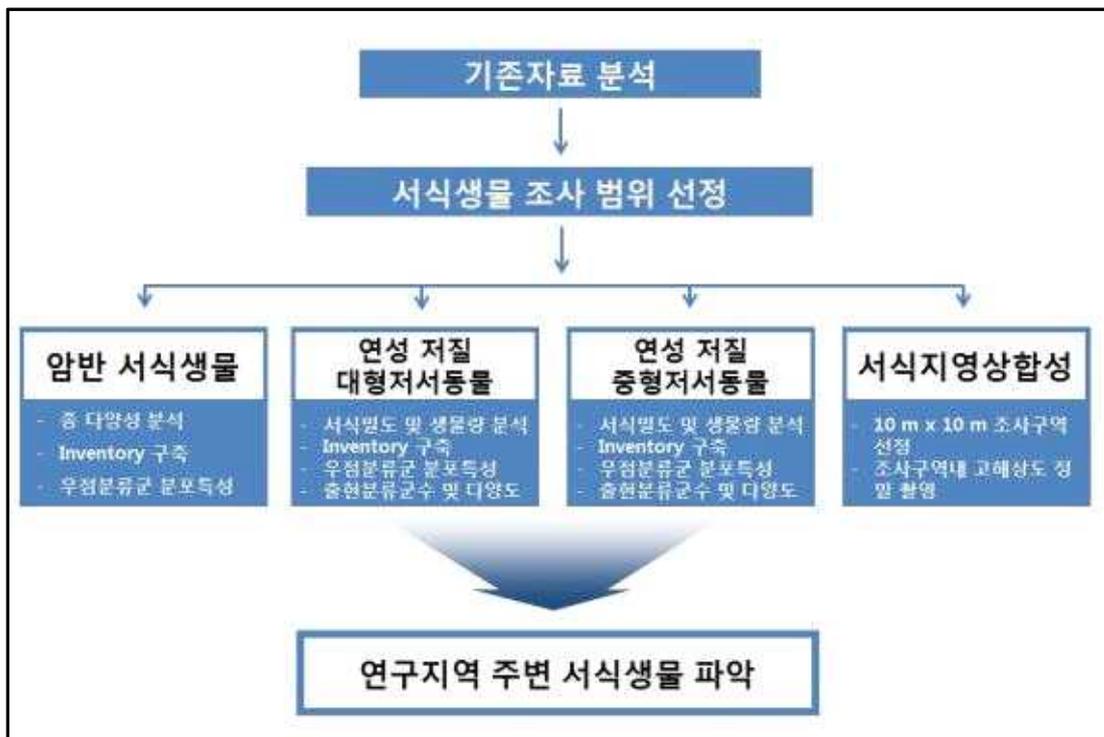
- 연구대상지역 주변의 서식지영상합성지도를 제작하여 저서생태계의 실제적인 모습과 저서환경의 다각적이고 입체적인 실물화가 가능함.
- 정밀해저지형과 통합 분석하여 입체적인 해저면영상지도 제작 가능함.

3. Eco-Mapping 분야별 연구항목 및 방법

3. Eco-Mapping 분야별 연구항목 및 방법

가. 연안 서식생물

- 연안 서식생물 조사를 위한 연구 추진체계



1) 암반 서식 무척추동물

| 동해 연안 Eco-Mapping 연구(ECO-COAST) | | | |
|--|---|---|------------------------------------|
| 암반 서식 생물 | | | |
| | 연구 내용 | 연구 방법 | |
| 현장 조사 | 조사지역 설정 - 연구지역을 대표 할 수 있는 수중 암반 지역 선정 - 수심별 암반 서식 생물의 분포 특성을 고려하여 대상지역 선정 - 십리바위 남쪽(면적 909 m ²) |  SCUBA diving (수중과학잠수) | |
| | 시료 채집 - SCUBA diving(수중과학잠수)을 통한 연구지역의 암반 무척추동물 채집(정량: 50 cm x 50 cm 수중 방형구/정성 시료 확보) - 수중생태지도 제작을 위한 수중 생태영상 자료 확보 - 서식지의 수중암반 서식지 스케치 | | SCUBA diving (수중과학잠수), 수중카메라 |
| | 분석 내용 | | |
| | 암반 생물의 종다양성 분석 | | |
| 자료 처리 및 분석 | - 분류군별 도감 및 관계문헌을 활용하여 종 동정 | | |
| | Inventory 구축 | | |
| | - 각 분류군별 분류체계에 맞게 종 목록화 - 동해지방해양항만청.2009. 강원도 무인도서 실태조사 및 관리유형 지정방안 마련 연구. 기존 연구자료 참고 | | |
| | 우점분류군의 분포특성 | | |
| | - 우점 분류군의 출현종수, 서식밀도, 다양도 분석 | | |
| | 수중생태지도 제작을 위한 자료 확보 | | |
| - 각 분류군별 수중생태지도 제작을 위해 수중 생태영상 확보 (수중 카메라) | | | |

| | | |
|------------------------------|--|--|
| <p>암반 서식 무척추동물</p> | <p>분석 내용</p> | |
| | <p>암반 생물의 종다양성 분석</p> | |
| | | |
| | <p>Inventory 구축</p> | |
| | <p>2017 동해 강릉 연안 심리바위 해조류</p> <p>Phylum Chlorophyta 녹조식물문 Class Chlorophyceae 녹조강 Order Cladophorales 대미디알목 Family Cladophoraceae 대미디알과 Genus Cladophora Kützting, 1845 정주말속</p> <p>1. <i>Cladophora zellii</i> Abbe, 1972 사카이대미디알 <i>Cladophora zellii</i>: 동해지방해양생태연구소, 2009: 283; 한국해양과학기술원, 2017: 600.</p> <p>2. <i>Cladophora simpsonii</i> Harvey, 1895 정주대미디알 <i>Cladophora simpsonii</i>: 동해지방해양생태연구소, 2009: 283.</p> <p>Family Bryopsidaceae 기발말과 Genus <i>Bryopsis</i> Lamouroux, 1849 기발말속</p> <p>1. <i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C. Agardh, 1825 활기발말 <i>Bryopsis plumosa</i>: 동해지방해양생태연구소, 2009: 283.</p> | |
| | | |
| | <p>우점분류군의 분포특성</p> | |
| | | |
| <p>수중생태지도 제작을 위한 영상자료 확보</p> | | |
| <p>굵은줄격판담치</p> | <p>둥근성게</p> | |

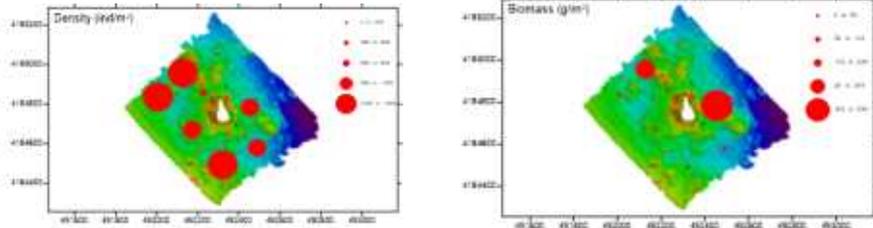
2) 연성저질 주변 대형저서동물

| 동해 연안 Eco-Mapping 연구(ECO-COAST) | | |
|--|--|--|
| 연성저질 대형저서동물 | | |
| 현장 조사 | 연구 내용 | 연구 방법 |
| | 조사지역 설정 - 연구지역을 대표 할 수 있는 사질-암반 혼재 지역 선정 - 지형조사결과를 활용하여 암반지역은 조사 정점에서 제외 - 연구지역 500 m x 500 m 면적 내 총 10 개 정점(정점별 거리 100 m) | 과거문헌 조사, 연구지역 사전 방문 |
| | 시료 채집 - Smith-McIntyre(0.1 m ²) 그랩을 활용하여 퇴적물 시료 확보(정점 당 3회) - 채집된 퇴적물을 선상에서 망목 크기 1mm 채를 이용하여 시료 확보 - 10% 포르말린으로 시료 고정 | |
| | |  |
| | Smith-McIntyre 그랩 | |
| 자료 처리 및 분석 | 분석 내용 | |
| | 종조성 및 군집구조 | |
| | - 포르말린으로 고정된 시료를 해부현미경에서 주요 동물군에 대해 종 동정 및 단위면적 당 개체수 및 생체량 파악 - 대형저서동물의 각 정점 별 서식밀도의 유사도 분석을 통하여 군집 구조 분석 및 군집구조에 영향을 주는 환경인자 분석 | |
| | 우점분류군 분포특성 | |
| | - 서식지별 주요 우점분류군에 대한 분포특성 파악 | |
| | Inventory 구축 | |
| | - 주요 우점분류군인 환형동물, 연체동물, 절지동물, 극피동물은 종 수준까지 동정하여 각 분류군별로 목록화 | |
| 출현분류군수 및 다양도 | | |
| - 전체적인 출현종수 및 다양성을 파악하기 위해 상위 단계 수준까지 동정 | | |

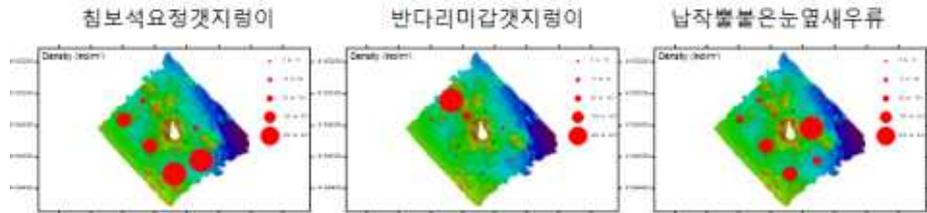
연성저질
대형저서동물

분석 내용

서식밀도 및 생물량 분석



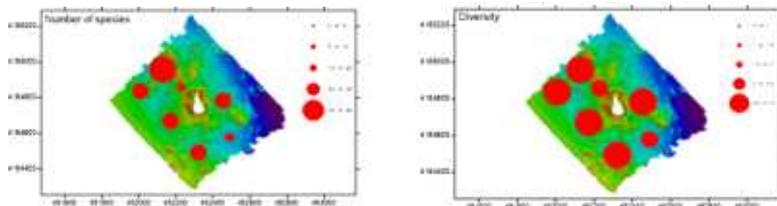
우점분류군 분포특성



Inventory 구축

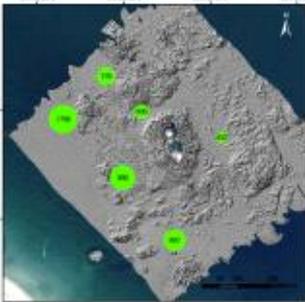
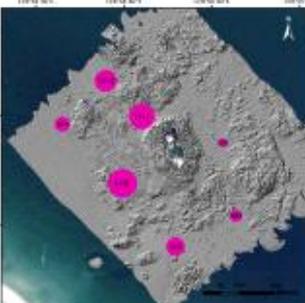
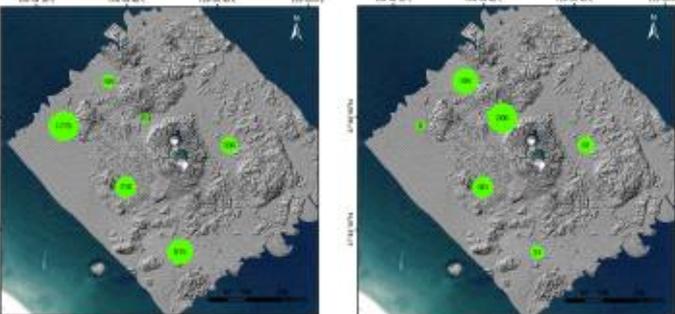
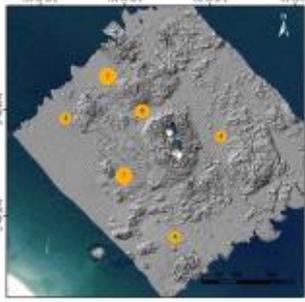
| Taxa | Taxa1 | species name | 국명 |
|------|-------|---|-------------|
| 연체동물 | 복족류 | <i>Ethminolia stearnsii</i> | 비단배꼽고둥 |
| 연체동물 | 복족류 | <i>Lepeta kuragiensis</i> | 잔줄무늬무새흰삿갓조개 |
| 연체동물 | 복족류 | <i>Retusa longispirata</i> | 높은탑쌀알고둥 |
| 연체동물 | 부족류 | <i>Antigona chemnitzii</i> | |
| 연체동물 | 부족류 | <i>Corbula venusta</i> | 예쁜이왜방사늑조개 |
| 연체동물 | 부족류 | <i>Eximiothracia concinna</i> | 아기도기조개 |
| 연체동물 | 부족류 | <i>E z o c a l l i s t a brevisiphonata</i> | 주름백합 |
| 연체동물 | 부족류 | <i>Irus ishibashianus</i> | 굵은주름입조개류 |
| 연체동물 | 부족류 | <i>Limatula japonica</i> | 세로줄눈송이조개 |

출현분류군수 및 다양도



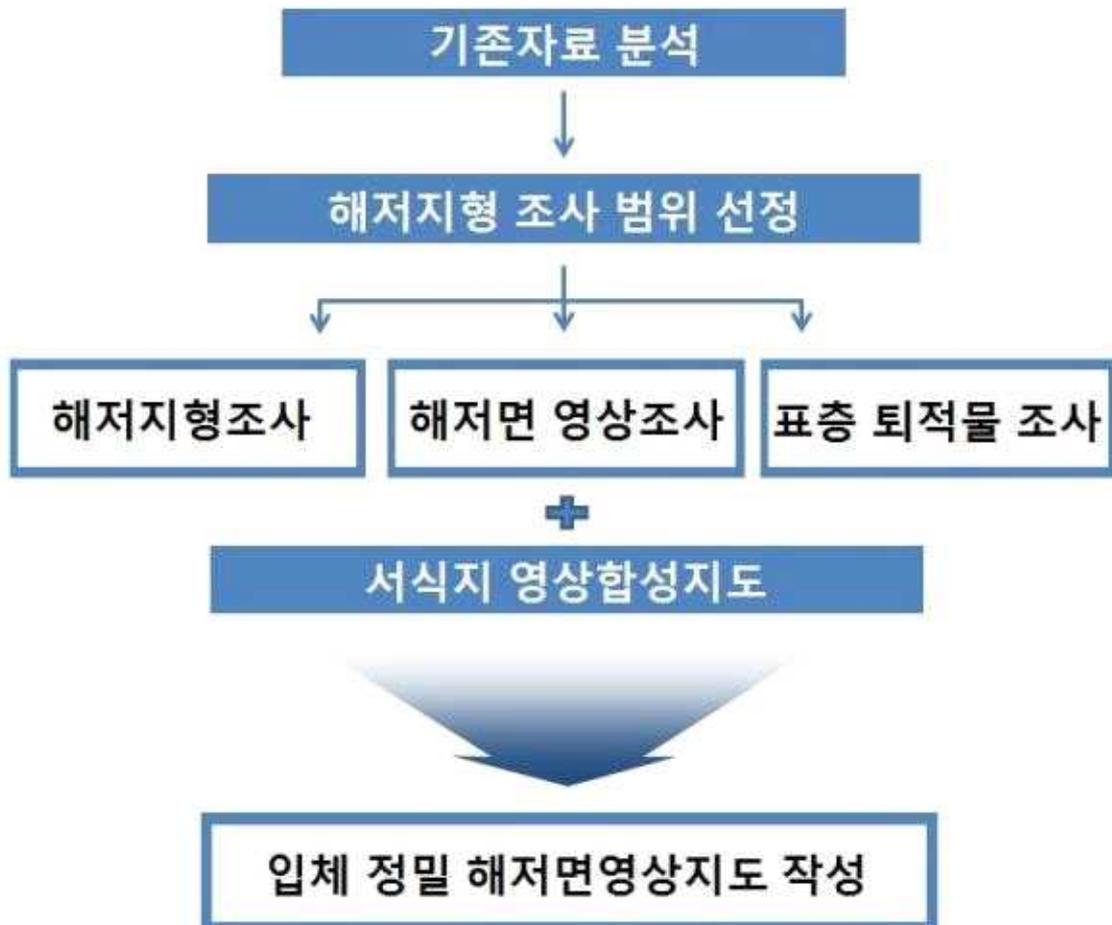
3) 연성저질 중형저서동물

| 동해 연안 Eco-Mapping 연구(ECO-COAST) | | |
|---|---|---|
| 연성저질 중형저서동물 | | |
| | 연구 내용 | 연구 방법 |
| 현장 조사 | 조사지역 설정 | 과거문헌 조사, 연구지역 사전 방문 |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 연구지역을 대표 할 수 있는 사질-암반 혼재 지역 선정 - 지형조사결과를 활용하여 암반지역은 조사 정점에서 제외 - 연구지역 500 m x 500 m 면적 내 총 10 개 정점(정점별 거리 100 m) | |
| | 시료 채집 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Smith-McIntyre(0.1 m²) 그랩을 활용하여 퇴적물 시료 확보(정점 당 3회) - 내구면적이 10 cm²인 아크릴코어 3개를 이용하여 2차 시료 채집 - 채집된 퇴적물을 선상에서 5% 포르말린으로 고정 | |
| | |  <p>Smith-McIntyre 그랩</p> |
| 자료 처리 및 분석 | 분석 내용 | |
| | 서식밀도 분석 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 포르말린으로 고정된 퇴적물을 1 mm 체를 통과하고 37 μm 체에 남겨진 시료를 체 크기별로 나누고 해부현미경에서 단위면적 당 개체 수 파악 | |
| | 생물량 분석 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Shirayama(1983)의 중형저서동물 주요 분류군별 개체당 ash free dry weigh(μg) 환산값을 사용하여 생물량 분석 | |
| | 우점분류군 분포특성 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 서식지별 주요 우점분류군에 대한 분포특성 파악 | |
| 출현분류군수 및 다양도 | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - 각 분류군별 출현분류군수 및 통계분석을 이용하여 분류군 다양도 값 산출 | | |

| | |
|--|--|
| <p>연성저질 중형저서동물</p> | <p>분석 내용</p> |
| | <p>서식밀도 분석</p> |
| |  |
| | <p>생물량 분석</p> |
| |  |
| | <p>우점분류군 분포특성</p> |
| |  |
| <p>출현분류군수 및 다양도</p> | |
|  | |

나. 연안 서식환경

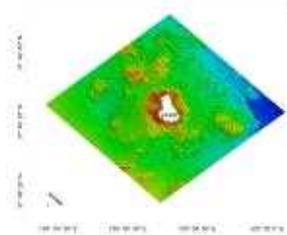
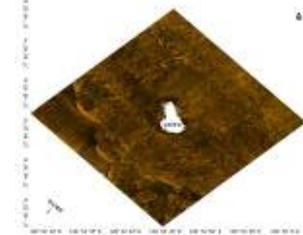
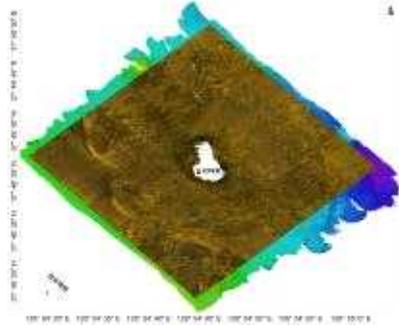
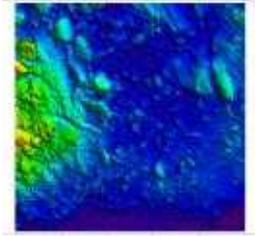
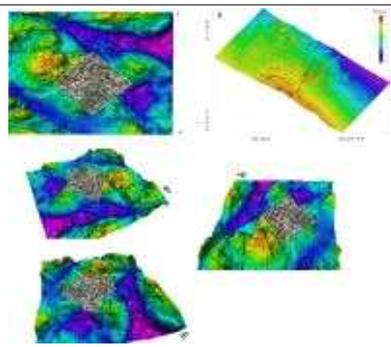
- 연안 서식환경 조사를 위한 연구 추진체계



동해 연안 Eco-Mapping 연구(ECO-COAST)

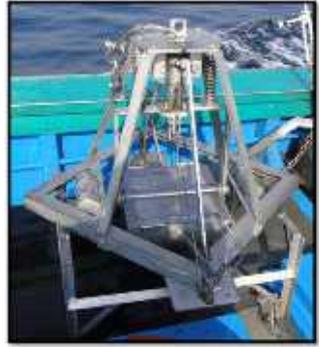
서식지 주변 해저면 영상조사

| | 연구 내용 | 분석 장비 |
|--|---|-------------|
| 현장 조사 | 정밀 수심 측량 | 다중빔 음향측심기 |
| | - 연구 해역의 해저 지형 분석을 위해 정밀 수심 자료 획득 -> 맵핑 주제도 작성 시 기본자료로 활용 | |
| | 해저면 영상 획득 | 해저면 영상 탐사장비 |
| | - 십리바위 주변 500 m x 500 m 면적 - 연구 해역의 해저면 환경 정보 획득을 위해 해저면 영상 획득 | |
| | 서식지영상합성지도 | 수중과학잠수 조사 |
| | - 조사구역 범위 내 10 m x 10 m 면적 - 주요 서식지 생태계 범위에 대한 실제 수중 영상 촬영 | |
| | 표층퇴적물 획득 | 표층퇴적물 채취기 |
| - 연구 범위 내의(500 m x 500 m) 총 10개 정점(정점별 100 m 간격)에서 표층퇴적물 시료 획득 | | |
| 자료 처리 및 분석 | 분석 내용 | |
| | 정밀 수심 자료 분석 | |
| | - 원시 수심 자료의 후처리 및 보정 수행을 완료하고, ASCII(XYZ) 형식의 최종 수심 자료 도출 | |
| | 해저면 영상 자료 분석 | |
| | - 원시 해저면 영상 자료를 활용하여 해저면 환경 정보를 반영하는 해저면 영상도 작성 | |
| | 서식지영상합성지도 | |
| | - 수 백장의 개별 수중 영상을 맵핑 분석 해역 범위에 맞게 정합하여 GeoTiff 형식의 영상 작성 | |
| | 표층퇴적물 분석 | |
| - 획득한 표층퇴적물 시료에 대한 입도 및 TOC 분석 수행 | | |

| 분석 내용 | |
|--|--|
| 서식지 맵핑 주제도 작성 | 1. 정밀 해저 지형 + 해저면 영상 |
| | <div style="text-align: center;"> <p>정밀 해저 지형</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>해저면 영상</p>  </div> |
| | ↓ |
| |  |
| | 2. 정밀 해저 지형 + 수중 영상 |
| | <div style="text-align: center;"> <p>정밀 해저 지형</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>서식지영상합성지도</p>  </div> |
| ↓ | |
|  <p style="text-align: center;"><입체 정밀해저면영상지도></p> | |

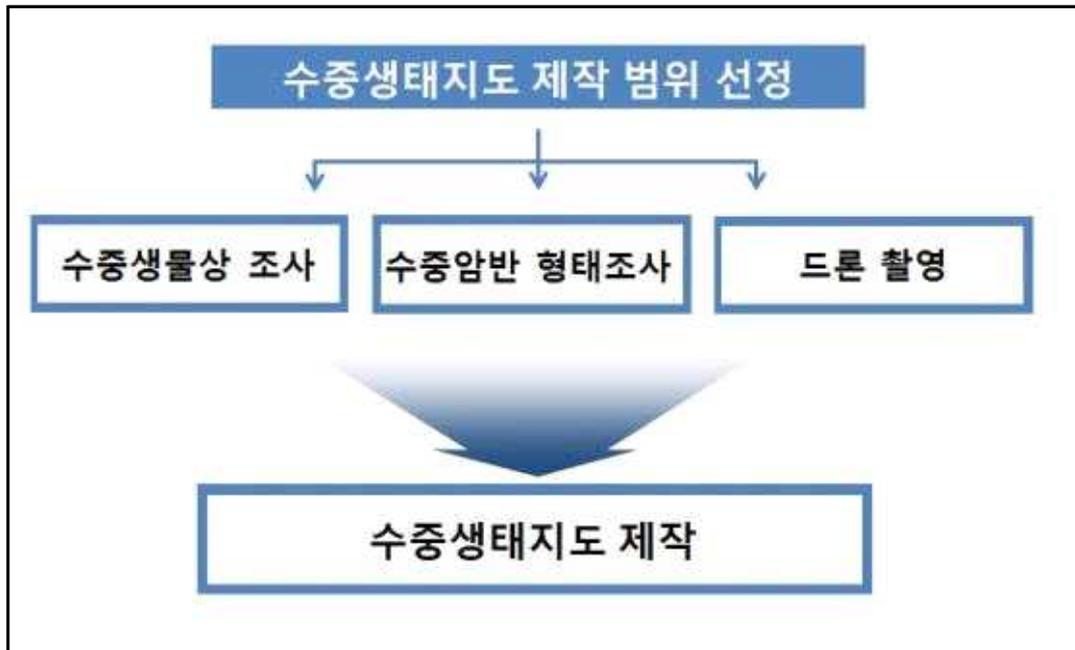
동해 연안 Eco-Mapping 연구(ECO-COAST)

퇴적환경 분석

| | 연구 내용 | 분석 장비 |
|---|---|---|
| 현장 조사 | 조사항목 |  Smith-McIntyre 그래프 |
| | - 입도 - 유기탄소 | |
| | 퇴적물 시료 확보 | |
| | - 연구범위(500 m x 500 m)내 총 10개 정점(정점별 100 m 간격) - Smith-McIntyre 그래프를 이용 - 표층 퇴적물은 최상부 2 cm 두께의 표면 퇴적물 확보 - 시료정보를 기재하여 퇴적물 시료 보관 | |
| 자료 처리 및 분석 | 분석 내용 | |
| | 퇴적물 입도 | |
| | 1. 사립 퇴적물 체분석법 시료준비 -> 탄산염 제거 -> 유기물 제거 -> 산화철 제거 -> 염분 제거 -> 건조 -> 무게 측정 -> 시료 확산 -> 물 체질-> 체분석-> 무게 측정 | |
| | 2. 실트 및 점도 퇴적물 침전 분석법 시료 준비 -> 탄산염 제거 -> 유기물 제거 -> 산화철 제거 -> 염분 제거 -> 물 체질 -> 시료 확산 -> 피펫팅 | |
| | 퇴적물 내 총 유기탄소 | |
| 1. H ₂ O ₂ 산화에 의한 총 유기물 측정 - 무게를 달아놓은 250 ml 비커에 110℃에서 건조시킨 시료 2 g 정도를 옮겨 담는다. - 덮개 유리를 덮고 유기탄소가 2.5%를 넘으면 시료의 양이 더 적어도 된다. - 10% H ₂ O ₂ 3분의 1에 증류수 3분의 2 30 ml 넣고 뚜껑을 덮어 가열 - 반응이 끝날 때까지 계속 가열하다 비커 측면과 뚜껑 유리를 씻어 내리고 30% H ₂ O ₂ 5 ml 첨가 후 뚜껑을 덮고 가열 - 무게 손실이 더 이상 생기지 않거나 격렬한 반응을 멈추어 더 이상 끓지 않고 작은 기포가 꾸준히 생길 때 까지 H ₂ O ₂ 첨가하면서 건조 - 건조통 속에 넣어 식히고 무게 측정 | | |

다. 수중생태지도

- 연안 수중생태지도 제작을 위한 연구 추진체계



동해 연안 Eco-Mapping 연구(ECO-COAST)

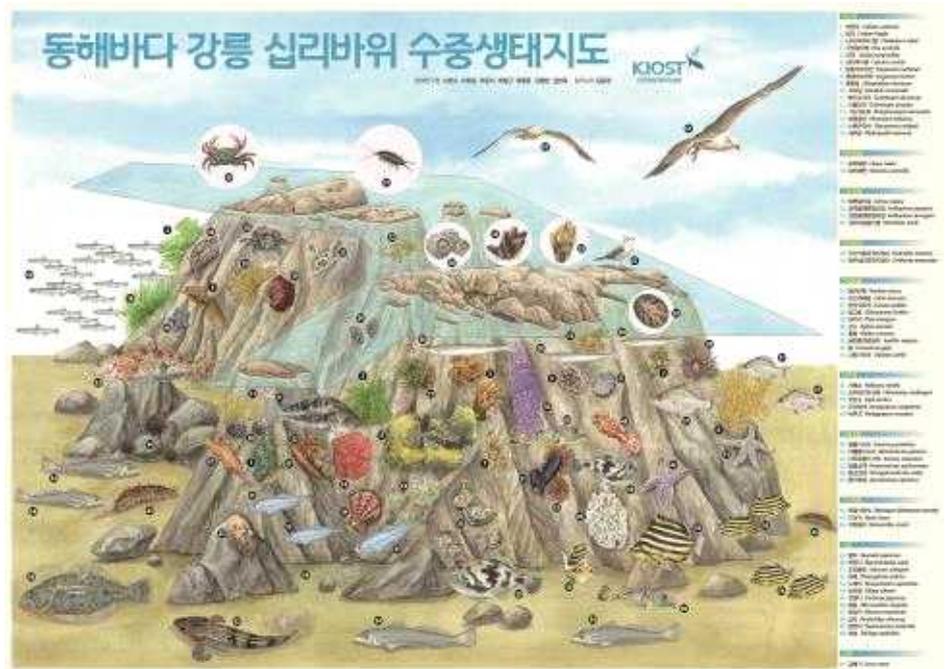
수중생태지도 제작

| | 연구 내용 | 연구 방법 |
|--|---|--|
| <p align="center">현장 조사</p> | <p align="center">조사지역 설정</p> | <p align="center">문헌조사, 사전 현장조사</p> |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 연구거점 지역의 대표적인 수중암반 지역을 선정 - 경제적 측면, 사회·문화적 측면 등을 고려한 이용가치가 높은 지역을 선정 - 십리바위 북쪽(면적 836 m²), 남쪽(면적 909 m²) 지역을 대상으로 선정 | |
| | <p align="center">수중생태지도 제작</p> | <p align="center">SCUBA diving, 수중생태사진 확보, 현장 메모, 수중생물상 동정</p> |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 연구대상 지역의 수중암반 지역을 대상으로 SCUBA diving을 이용하여 수중암반의 형태, 수중생태계 등의 생태사진과 연구자의 현장 메모 등을 통해 스케치함 | |
| <p align="center">자료 처리 및 분석</p> | <p align="center">분석 내용</p> | |
| | <p align="center">조사지역 설정</p> | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 연구대상 지역의 대표적인 수중암반 지역을 경제적 측면(양식, 환경기술 등), 사회·문화적(생태관광, 레저 등) 측면에서 효율적으로 활용가능한 조사지역 선정 - 과거문헌, 사전 현장조사를 통해 조사지역의 연구적 가치 등을 고려하여 조사지역을 선정(동해지방해양항만청, 2009. 강원도 무인도서 실태조사 및 관리유형 지정방안 마련 연구. 기존 연구자료 참고) | |
| | <p align="center">수중생태지도 제작</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> - 수중생태지도 제작을 통해 수중암반 생태계의 효율적인 관리와 이용을 위한 정보를 제공 - SCUBA diving을 이용하여 수중암반의 형태 등을 현장에서 메모하고 기록하여 전문 일러스트 작가를 통해 수중생태지도 제작 - 해수면에 노출된 암반 서식지의 형태는 최신 연구기법인 드론영상 합성을 통해 관찰 및 기록 - 수중생태계에 서식하는 무척추동물, 해조류, 어류 등을 각 분류군별 전문가의 동정을 통해 종을 분류하고 기록 | | |

분석 내용

수중생태지도 제작

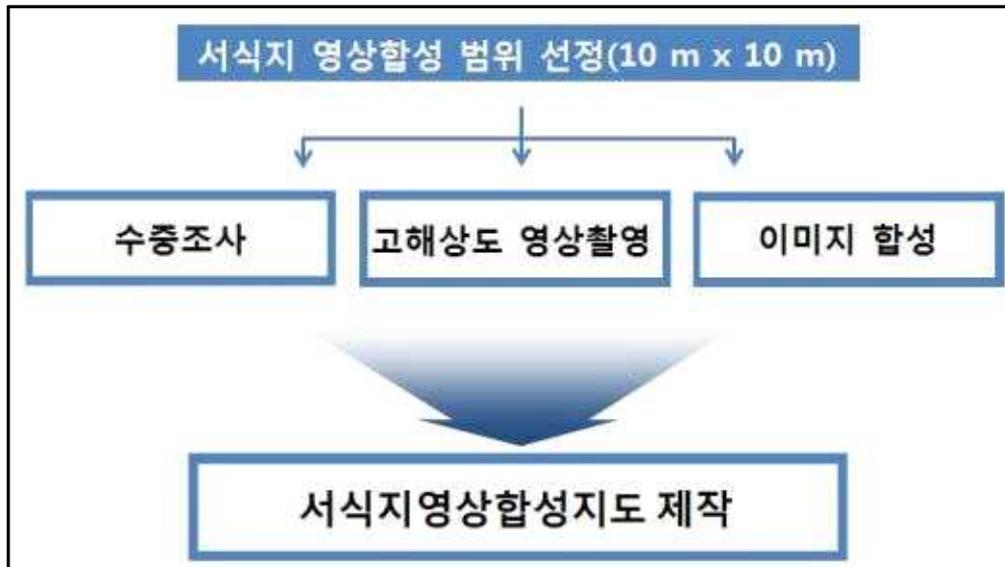
수중생태지도 제작



<강릉 십리바위 수중생태지도 제작>

라. 서식지영상합성지도

- 연안 서식지영상합성지도 제작을 위한 연구 추진체계



동해 연안 Eco-Mapping 연구(ECO-COAST)

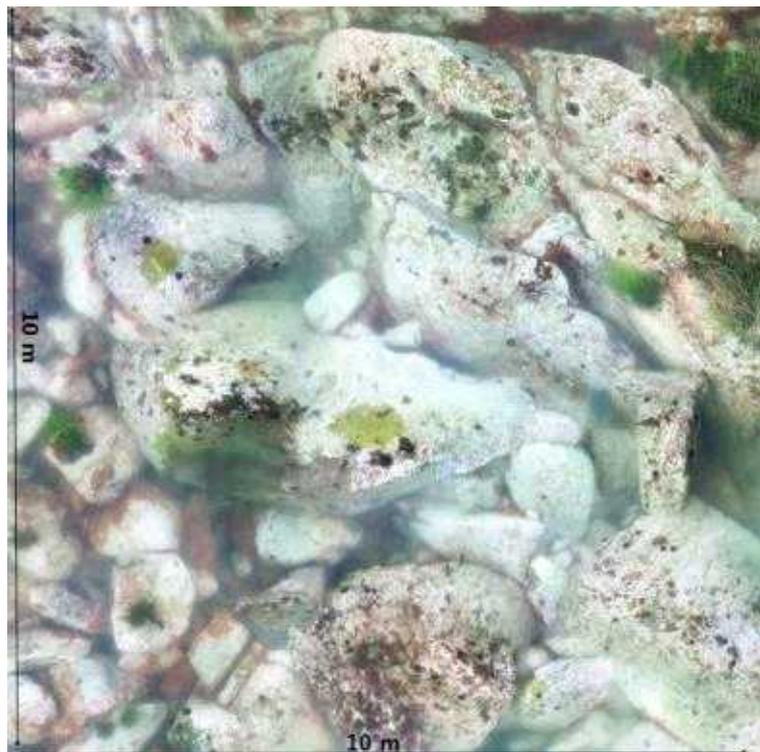
서식지영상합성지도

| | 연구 내용 | | 연구 방법 |
|---|---|-------------------------------------|--------------|
| | 현장 조사 | 조사지역 설정 | |
| <ul style="list-style-type: none"> - 해저면의 입체적인 정밀해저면 분석과 수중 생태계 정밀조사를 위해 수중압반 지역과 인접한 주변부를 선정하고 10 m x 10 m 조사구역 확정 | | | |
| 서식지영상합성 | | SCUBA diving, 고해상도 카메라, 수중 조명 | |
| <ul style="list-style-type: none"> - SCUBA diving을 활용하여 조사정점을 기준으로 사방 10 m x 10 m의 방형라인 설치 - 방형라인 내의 전 구역을 빠짐없이 수중 영상촬영 | | | |
| 자료 처리 및 분석 | 분석 내용 | | |
| | 이미지 중첩을 통한 서식지영상합성 | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 고해상도 카메라(2,110만 화소급)를 사용하여 10 m x 10 m의 방형라인 내 전 구역을 빠짐없이 영상촬영 - 해저의 정밀사진 색보정과 추출과정을 거쳐 이미지를 생성(약 900 ~ 1,200장) - 추출한 이미지를 구간별로 합성하여 한 장의 이미지로 전체를 합성 | | |

분석 내용

이미지 중첩을 통한 서식지영상합성

<해저 서식지의 정밀사진 정렬 및 합성과정>

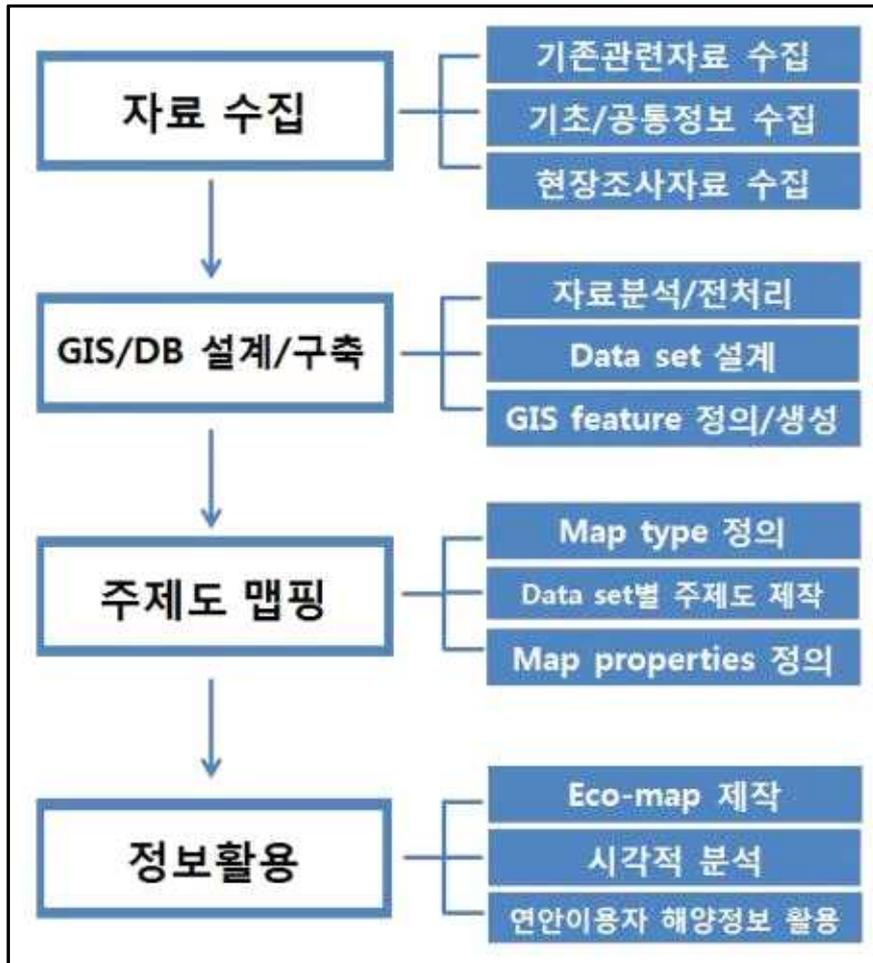


<10 m x 10 m 고해상도 서식지영상합성지도 제작>

서식지영상합성지도

4. Eco-Map 제 작

4. Eco-Map 제작



가) 자료수집

- 1) 기본 관련연구자료 및 연구지역 기초정보 수집
- 2) 현장조사자료(해양물리, 해양생물, 해양화학, 해양지질/지형) 수집
- 3) 사진, 그림 등 기타 자료수집

나) GIS/DB 설계/구축

- 1) 원시자료의 유형별 DB 구축을 위한 정리-분석-전처리

2) 해양환경 및 생태계 정보를 포함하는 Data set 정의

- 공통정보, 기본연안지리정보, 해저공간정보, 해수환경정보, 서식생물정보 등

3) 해양데이터 유형에 따라 GIS features (point, polyline, polygon, raster) 생성

다) 주제도 매핑

1) Contour, Bar, Pie, Stack bar 등 맵 타입 정의

2) Data set 주제도 제작

- 기본연안지리정보 : 해안선, 하천, 도로, 건물, 인공구조물 등
- 공통정보 : 조사구역도, 조사정점도, basemap
- 해저공간정보 : 수심도, 향분석도, 경사도, 해저면영상도, 퇴적물 입도
- 해수환경정보 : 수온, 염분, 용존산소, pH, 영양염 등 해수 물리적, 화학적 요소 분포도
- 서식생물정보 : 부유생물, 저서생물 등의 출현종 수, 개체수, 서식밀도 분포도

3) 데이터 범위, 구간분류(classification), 심볼화(color, symbol), 맵 요소(제목, 범례, 축척, 단위 등) 맵 속성 설정 및 정의

라) 정보활용

1) Data set별 주제도 기반의 통합적 가시화를 통한 해양환경 및 생태계 Eco-Map 제작

- 연안생태/환경정보 가이드북, 포스터 등

2) 연구자, 일반인 등 해양자료의 시각적 분석 및 이해 향상

3) 연안이용 관련자(지자체, 레저, 어민 등)의 해양정보 활용

마) Eco-map(강릉 십리바위 해역, 울산 선암 해역)

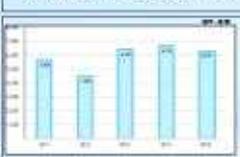
- 동해 북부 연안 강릉 십리바위 Eco-map

동해 연안 Eco-Map(강릉 십리바위)

> 연구지역 개요



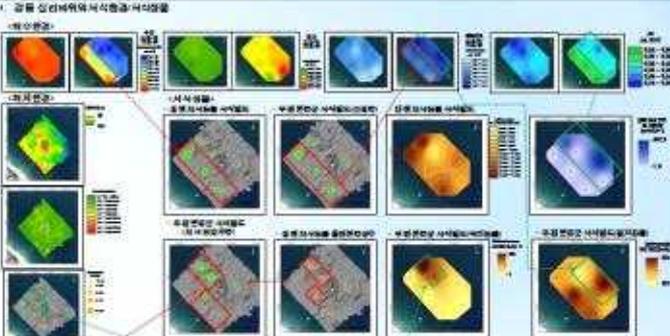
- 동해 중부연안은 동해 연안을 따라 북상하는 동해안류와 북쪽에서 남하하는 북해안류가 만나면서 연안으로 미안되는 지역으로 환-난류의 영향으로 생물다양성이 높은 해역이다.
- 한편, 연안은 인간의 경제, 산업, 생활행동이 활발하게 이루어지고 있는 곳이며, 이러한 요인 등에 의해 해양환경 및 생태계의 기능과 구조가 가장 먼저 영향을 받고 있다.



- 강릉 경포해변에 위치한 십리바위는 동해안의 대표적인 서식지인 모래-암반으로 이루어진 형태를 가지고 있으며, 육지쪽 해역은 경포해수욕장으로 이용되고 있어, 매년 900만 명 이상의 해수욕장 이용자와 각종 내해 낚시꾼 등 인간행동의 영향이 미치는 곳이다.

1. 강릉 십리바위 서식환경/서식영향

1-1. 서식환경



1-2. 서식영향



2. 동해 연안 서식지영향도



> 연구목적 및 내용



✓ 총괄 추진체계
✓ 서식생물 추진체계
✓ 서식환경 추진체계
✓ DB 추진체계
✓ 연구기법 표준화

> 단계별 로드맵



Model station 설정
↓
Eco-Mapping 연구기법 적용 (서식생물/서식환경)
↓
Eco-Map 제작

3. 강릉 십리바위의 수중생태계도



십리바위 서식영향도 Inventory 구축
십리바위 남부해역 생태 현황
십리바위 남부해역

- 동해 남부 연안 울산 선암 Eco-map

동해 연안 Eco-Map(울산 선암)

> 연구지역 개요



- 동해 연안은 동해 연안을 따라 북상하는 동만난류와 북쪽에서 남하하는 북만난류가 만나면서 연안으로 이안되는 지역으로 환·난류의 영향으로 생물다양성이 높은 지역이다.
- 한편, 연안은 인간의 경제, 산업, 레저활동이 활발하게 이루어지고 있는 곳이며, 이러한 요인들에 의해 해양환경 및 생태계의 기능과 구조가 가장 먼저 영향을 받고 있다.

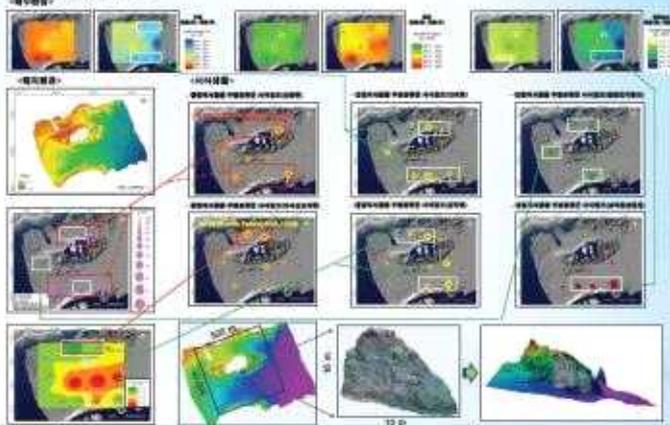
울산 일산해변에 위치한 일산해변은 동해안 남부 대표 해변으로 울산 동구 시가지 내에 위치하고 있고 해변 근처의 편의시설이 잘 갖춰져 있어 지역주민은 일산지라고 부르고 있다. 울산의 다른 관광지인 대왕암 공원, 돌기둥대가 인접하고 있어 관광객이 많이 찾은 곳이며, 교통편이 잘 발달해 있어 울산에서는 가장 많은 관광객이 몰리는 지역이다.

1. 울산 선암의 서식환경(서식환경)

-해수온도-

-서식생물-

중간수층을 형성하는 서식생물군
 중간수층을 형성하는 서식생물군



> 연구목적 및 내용



- ✓ 총괄 추진체계
- ✓ 서식생물 추진체계
- ✓ 서식환경 추진체계
- ✓ DB 추진체계
- ✓ 연구기법 표준화

> 단계별 로드맵



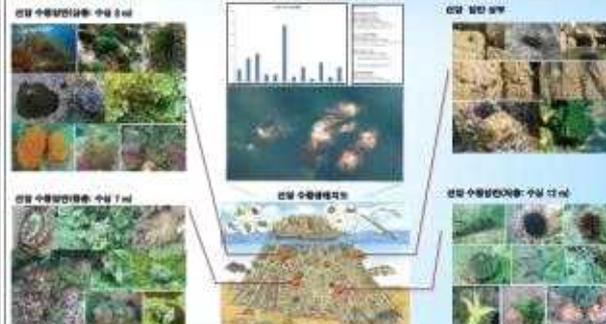
Model station 설정
 ↓
 Eco-Mapping 연구기법 적용 (서식생물/서식환경)
 ↓
 Eco-Map 제작

1. 울산 선암의 수중생태지도

전망 수중생태지대(수심 0~1m)
 전망 수중생태지대(수심 1~2m)
 전망 수중생태지대(수심 2~3m)
 전망 수중생태지대(수심 3~4m)
 전망 수중생태지대(수심 4~5m)
 전망 수중생태지대(수심 5~6m)
 전망 수중생태지대(수심 6~7m)
 전망 수중생태지대(수심 7~8m)
 전망 수중생태지대(수심 8~9m)
 전망 수중생태지대(수심 9~10m)

전망 서식생물 Inventory 구축

전망 일산 조류



주 의

1. 이 보고서는 한국해양과학기술원에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국해양과학기술원에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.