

BSPE98107-10113-7

독도 환경특성 조사

2008. 12

한국해양연구원

제 출 문

한국해양연구원장 귀하

본 보고서를 “독도 환경특성 조사”의 최종보고서로 제출합니다.

2008. 12

연구책임자 : 박 찬 홍
참여연구원 : 공 인 영
(가나다순) 김 병 남
김 병 수
김 병 채
김 창 환
김 혜 진
김 호 호
노 봉 호
노 충 환
명 정 구
민 원 기
박 세 길
박 철 원
백 상 규
서 지 혜
오 재 용
윤 근 향
이 승 훈
이 승 주
최 백 경

목 차

I. 서 론	1
II. 독도 연안생태 모니터링 정점 선정 조사	4
1) 개요	4
2) 재료 및 방법	5
3) 결과 및 토의	6
가) 종 다양성과 수중경관	6
나) 주요 생물종	12
III. 독도 육상 · 해저지형 특수전시물(모형) 제작	16
1) 개요	16
2) 독도 육상 및 해저지형 모형 제작	17
가) 기획 단계	17
나) 제작 단계	20
다) 설치 단계	58
라) 완성 및 보완 단계	59
3) 요약 및 결론	59
IV. Lidar(독도 지형 스캔 시스템 구축)	61
1) 개요	61
가) 구성	61

나) 작동원리	63
2) 사용법	64
가) 탐사방법	64
나) 처리방법	67
3) 활용방법	70
V. 쌍안실체현미경(독도 생물 현미경 분석 시스템 구축)	71
1) 개요	71
가) 제품명	71
나) 주요특징	74
2) 사용법	81
가) 일반사용법	81
나) 현미경 사용 시 주의점	82
3) 활용방안	82
가) 활용대상 생물	82
나) 대상 연구 분야 및 연구사업	84
VI. 결론	85

표 목 차

표 5-1. NIKON SMZ1500 기본 사양 72

표 5-2. 대물렌즈와 접안렌즈 조합에 따른 배율 조건표 82

그림 목 차

그림 2-1. 독도 연안의 장기 조사 정점들(st.1-가재바위, st.2-독립문바위, st.3-동키바위, st.4-흑 돔굴, st.5-동·서도 사이 연안)	5
그림 2-2. 독도 바위해안에 서식하는 해조류와 저서동물 주요 우점종의 수직분포(Je et al., 2003)	8
그림 2-3. 독도 큰 가재바위와 수중 직벽	10
그림 2-4. 독립문 바위와 수중 문	11
그림 2-5. 흑돔굴이 위치한 산 73번지와 굴속에서 휴식 중인 흑돔	11
그림 2-6. 동키바위와 아름다운 정원 같은 수중	12
그림 2-7. 독도 연안의 소라	13
그림 2-8. 독도 연안의 붉은 색을 띤 돌기해삼	13
그림 2-9. 어린 흑돔과 독립문 바위 아래 수중에서 새로이 확인된 흑돔 은신처	14
그림 2-10. 독도 연안(동키바위)의 자리돌 무리	14
그림 2-11. 여름, 가을철에 독도연안에서 흔히 볼 수 있는 파랑돔	15
그림 3-1. 독도 육상 및 해저 지형 모형 설계도	19
그림 3-2. 독도 육상 및 해저지형 통합 모형 조감도	19
그림 3-3. 독도 항공사진(국토지리정보원 제공)	20
그림 3-4. 독도 육상 LIDAR와 멀티빔 자료를 통합한 정밀해저지형	21
그림 3-5. 독도 육상 LIDAR와 멀티빔 자료를 통합한 정밀해저지형(북동방향에서 본 모습) ·	21
그림 3-6. 독도 정밀해저지형 단면도	22
그림 3-7. 동도 남동측면 암상(상)과 서도 남측면 암상(하) 사진자료	23
그림 3-8. 독도 주변 해저퇴적상 사진자료	24
그림 3-9. 독도 주변 해저지형 조각	25
그림 3-10. 동도·서도 육상 지형 조각	26
그림 3-11. 독도 주변 해역의 해저지형 단면도. (a) A-A' 축선의 지형단면, (b) B-B' 축선의 지형단면, (c) C-C' 축선의 지형단면, (d) D-D' 축선의 지형단면, (e) E-E' 축선의 지형단면	27
그림 3-12. 동도·서도 주변의 급경사 지형 표현	28
그림 3-13. 동도·서도 주변 해안단구 지형 표현	28
그림 3-14. 동도의 지질 특성 자료	29
그림 3-15. 서도의 지질 특성 자료	30
그림 3-16. 동도 모형 조각(상)과 서도 모형 조각(하)	31
그림 3-17. 해저지형의 FRP 모형	32
그림 3-18. 독도 육상 부분 지질상 표현	33
그림 3-19. 독도 해저퇴적상 표현	34

그림 3-20. 독도 시설물 모형	35
그림 3-21. 독도 주변 해양관측시스템 모형	36
그림 3-22. 독도 주변 생물 모형	36
그림 3-23. 안내 키오스크 앞(좌)과 뒤(우)	38
그림 3-24. 안내 키오스크 터치 화면	39
그림 3-25. 독도 소개 터치 화면	40
그림 3-26. 독도 생물 터치 화면	41
그림 3-27. 흑돔(자료출처 : 인터넷)	42
그림 3-28. 강치(자료출처 : 인터넷)	43
그림 3-29. 귀신고래(자료출처 : 인터넷)	44
그림 3-30. 대왕고래(자료출처 : 인터넷)	45
그림 3-31. 오징어	47
그림 3-32. 감태	48
그림 3-33. 대황	49
그림 3-34. 부채빨산호	50
그림 3-35. 홍게	51
그림 3-36. 독도 지명 터치 화면	51
그림 3-37. 독도 지명 설명 화면	52
그림 3-38. 독도 시설물 터치 화면	54
그림 3-39. 해미래	57
그림 3-40. 독도 육상 및 해저지형 모형 설치	58
그림 3-41. 독도 육상 및 해저지형 모형 완성	59
그림 4-1. 시간차 방식	62
그림 4-2. 라이다의 구조	63
그림 4-3. RTK GPS	65
그림 4-4. 지형에 의한 Shadow Zone	66
그림 4-5. 장비 및 기타 물품에 의한 Shadow Zone	66
그림 4-6. 기상상태에 의한 Noise 예	67
그림 4-7. 수면의 난반사에 의한 Noise 예	68
그림 4-8. 유동 가능한 사람(물체) Noise 예	68
그림 4-9. 스캔 포지션 데이터 정합	69
그림 4-10. 정합된 포지션을 하나로 병합시켜 불필요한 데이터 삭제	69
그림 4-11. 단면의 비교	70
그림 5-1. CCD 카메라가 장착된 쌍안실체현미경 'SMZ-1500'	71
그림 5-2. SMA-1500 구성도	73
그림 5-3. 기본 사양의 각 부위별 크기	74

그림 5-4. 대물렌즈 배율조절기 및 주요 배율별 이미지 예시	75
그림 5-5. 초정밀의 조동, 미동, 나사 작동모습	75
그림 5-6. 안티 백러쉬 Coaxial coarse/fine focusing unit	76
그림 5-7. 고급 투과 조명 스탠드의 구보 및 작동 원리	77
그림 5-8. 2가지 종류의 고급투과 조명 스탠드와 다양한 부가장치 장착 모습	77
그림 5-9. 고성능 대물렌즈, 집안렌즈 및 고배율 상 예시	78
그림 5-10. 광로에 설치된 조리개	78
그림 5-11. 간격 및 각도 조절 가능형 집안렌즈	79
그림 5-12. 현미경 관찰시 편안한 관찰각도를 조절하기 위한 집안렌즈의 틸팅기능 이용 모습	79
그림 5-13. 쌍안 투과조명 암시야 세트의 각도 조절 기능	80
그림 5-14. 고배율 쌍안 실체 현미경 및 고배율 광학 현미경으로 촬영한 중형저서동물	83

I. 서론

지구 온난화로 인한 기후변화의 문제는 전 세계적으로 매우 심각한 수준에 이르고 있다. 지구 온난화는 빙하의 해빙으로 인한 해수면 상승을 가져와 전세계 연안 저지대들을 위협할 것 뿐 아니라, 해수 온도 상승에 따른 해류의 변화로 초대형 태풍의 빈번한 출몰, 한발지역의 극심한 가뭄 등 전 지구적 기후 재앙의 원인으로 지목되고 있다. 이와 관련해 2007년 발리에서 개최된 제13차 기후변화협약 당사국회의(United Nations Framework Convention on Climate Change Conference of Parties)에서 채택된 보고서에서는 대기 및 해수 평균 온도 상승과 광범위한 빙하 용해, 해수면 상승 등을 관찰하여 판단할 때 기후변화는 명백한 사실임을 나타내며, 온실가스 감축이 지연될수록 보다 심각한 기후변화영향의 위험을 증가시킬 것이라고 경고하고 있다.

이처럼 기후변화에 따른 해양 수온과 해수면 상승은 환경변화를 유발시키고 연안 개발에 따라 환경영향 피해와 연안 재해 등을 발생시킨다. 따라서 이에 대비하고 해양의 효율적인 개발 이용을 위한 체계적인 해양종합관측시스템의 필요성이 대두되고 있다. 현재 세계적으로 지구 온난화로 인한 연안역의 지형 및 환경변화에 많은 관심이 대두되고 있으며, 미국 하와이대와 우즈홀 해양연구소(Woods Hole Oceanographic Institute: WHOI) 등 해외의 우수 연구기관에서 집중적이고 체계적인 과학기술 연구를 수행하고 있다. 특히 미국의 경우 1972년 연안관리법(the Coastal management Act) 등 연안의 지속 가능한 이용을 위한 법률들이 제정되어 제도적 기반이 확립되었으며 현재는 해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA)과 환경보호청(Environmental Protection Agency: EPA)을 중심으로 연안관리가 이루어지고 있다. 또한 통합해양관측시스템의 개발 수행을 위해 연방정부기관들이 협력하여 지속적인 해양관측 시스템 개발을 조정하고 있다.

우리나라의 경우 해양수산부 시절 우리나라 전 연안에 대하여 고해상도 위성인 IKONOS 자료를 통하여 DB를 구축한 바 있으며, 현재 해양조사원에서 해안선 관련 사업을 통하여 LIDAR와 현장관측을 이용하여 해안선에 대한 DB를 구축 중에 있다. 그러나 기존의 해양관측시스템은 특정 해역이 아닌 한반도 전 해역에 대한 모니터링시스템일뿐이다. 반면 해일 및 한반도 태풍 통과에 의한 연안역에서의 해일과 침식 등이 증가하고 있고 해안선도 급

변하고 있는 동해 연안에 대한 집중적인 변동모니터링 체계는 선진국의 연안관리에 비해 아직 미흡한 수준이다. 따라서 동해 연안은 종합모니터링을 통한 해양환경변화 관측 자료의 축적 및 통합적이며 체계적인 관리가 필요하다고 할 수 있다.

한편 대한민국 정부의 해양 정책의 골격이라고 할 수 있는 「해양개발기본계획」은 동·서·남해에 해양조사 연구단지를 조성하여 해양개발 및 해양과학기술의 연구개발 활동을 활성화하도록 규정하였다. 특히 우리나라·일본·러시아·북한 등이 인접하고 있는 동해의 경우 정치·외교적인 측면에서 아주 중요한 해역일 뿐만 아니라 환경 보전, 해양자원, 기후변화, 경제·사회적인 측면에서도 국가 해양정책 목표를 설정하여 종합적이고 시스템적인 차원에서 연구 및 관리가 이루어져야 할 필요가 있다. 한국해양연구원 동해연구소는 이러한 국가 해양정책적 측면뿐만 아니라 동해종합연구의 전진 기지로써의 연구기능 역할, 지역발전 기여 및 현장형 기술 개발 등의 필요성에 따라 설립된 연구기관이다. 이러한 점에 비추어 봤을 때 동해연구소는 경상북도 울진군 해안에 위치하여 해양 접근성 및 입지조건의 활용성이 뛰어나 동해 연구를 수행함에 있어 큰 장점을 가진다. 따라서 해양관측 및 실험 인프라 구축이 용이한 동해연구소의 연구기반시설 구축을 통하여 연구 활동을 조속하게 안정화시키는 것이 필요하다고 할 것이다.

이에 따라 본 연구는 동해연안 종합관측을 위한 연구기반을 구축하고 동해연구소 주변 해양관측 종합활용시스템의 기반을 마련하는 것을 목표로 하여, 동해연구소 주변 연안변동 관측을 위한 모니터링 시스템 및 동해 해양환경관측 지원을 위한 연구 인프라 구축을 주요 내용으로 한다. 또한 모니터링 시스템 구축 및 활용을 통해 모니터링 자료를 축적하고 분석하는 것을 주된 연구의 방법으로 하는데, 이를 위해서는 상용모니터링시스템 사양의 분석 및 비교를 우선적으로 수행한 뒤 라이다(Lidar)·쌍안실체현미경 등의 모니터링 시스템 구비가 필수적이다.

이러한 시스템 구축을 통해 동해 연안 및 지구조 변동의 종합관측 연구기반 구축이 기대되며, 장기적인 모니터링 자료 축적을 통하여 연안/지구조 변동 특성 및 해양환경 변화를 파악하고 효과적인 연안관리방안 수립 지원이 가능해짐은 물론 동해 연안변동 종합관측 인프라 구축을 통하여 환경변화 관측연구를 지원할 수 있을 것이다.

한편 현재까지 독도와 관련하여, 해양과학을 기반으로 하는 독도 주변해양에 대한 홍보와 학습을 위한 콘텐츠는 매우 부족하였고, 이에 따라 그동안 해양환경을 종합적으로 이해할 수 있는 입체적이고 사실적인 매체가 미비하

였다. 독도와 동해 전체에 대한 홍보와 교육, 학습, 관광 등 부가가치를 창출하는 수단으로 연구결과를 가시화하는 전략 역시 매우 중요하다. 이에 본 연구에서는 독도의 환경특성조사 자료를 효과적으로 활용하여 과학적인 자료를 기반으로 독도의 육상 및 해저 공간을 모형화하여 해양공간에 대한 이해를 증대시키고자 한다.

독도는 위치상 접근이 쉽지 않아 매년 일정한 정점에서 반복되는 연안 조사와 일부 새로운 정점을 대상으로 하는 조사가 이루어지면서도 우리나라의 다른 연안과는 달리 월별, 계절별 정기조사가 어려워 독도 연안생태에 대한 정밀한 자료축적을 어렵게 하였다. 따라서 이번 독도환경특성조사를 통해 1997년부터 2008년까지 진행된 현지 조사결과를 종합하고, 독도의 실 해역 조사를 병행하여 독도라는 동해의 최외곽도서로서의 환경 특성을 종합적으로 정리하면서 향후 수중경관과 생태지도 제작을 위한 주요 종의 생태 사진 자료를 가능한 한 많이 획득하고자 하였다.

II. 독도 연안생태 모니터링 정점 선정 조사

1. 개요

독도는 우리나라에서 가장 동쪽에 위치한 섬으로 동해 연안과는 다른 환경 특성을 가지고 있어 동해의 환경변화는 물론 자원변화를 모니터링하기에 적절한 곳으로 알려져 왔다. 특히 유사한 위도상의 죽변, 울진의 해양 환경과는 달리 감태와 대황이 숲을 이루며 여름철에는 제주도 연안에서나 볼 수 있는 열대, 아열대 생물종들도 확인할 수 있어 동해안과는 달리 높은 종 다양성을 보이는 곳이다(김과 최, 1981; 홍, 1981; 강과 강, 1992, 박 등, 1992, 송과 홍, 1992; 이 등, 1992; Myoung, 1997).

한편, 독도는 울릉도에서 87.4km 떨어진 총 89개의 부속도와 암초로 구성되어 있어 정치 지리학상 중요한 위치에 있을 뿐만 아니라 난류와 한류가 합쳐지는 해양 환경 특성 상 동해의 중요한 수산자원을 포함한 해양생물자원의 보고로서 알려져 왔다(NFRDI, 1971, 해양수산부, 2000).

한국해양연구원에서는 90년대 중반부터 본격적인 독도 연안생태조사를 실시하기 시작하였다. 독도 주변 해역의 생태, 자원학적인 조사는 연안부착생물, 플랑크톤 등 해양생물군을 대상으로 이루어져 왔으며 연안 생태조사는 1996년부터 일부 유영동물들을 포함한 암반생태에 대한 연구가 이루어지기 시작하였다. 분류군별 조사와 해양조사를 거친 독도의 기록들은 종합 보고서는 물론 과학논문집(Ocean and Polar Research 24권 4호, 독도 특별호)으로 정리, 소개된 바 있다.

그러나 독도는 위치상 접근이 쉽지 않아 매년 조사는 일정 정점에서 반복되는 연안 조사와 일부 새로운 정점을 대상으로 조사가 이루어지면서도 우리나라의 다른 연안과는 달리 월별, 계절별 반복된 정기적인 조사가 어려운 것이 독도의 연안생태의 정밀한 자료축적을 어렵게 하였다.

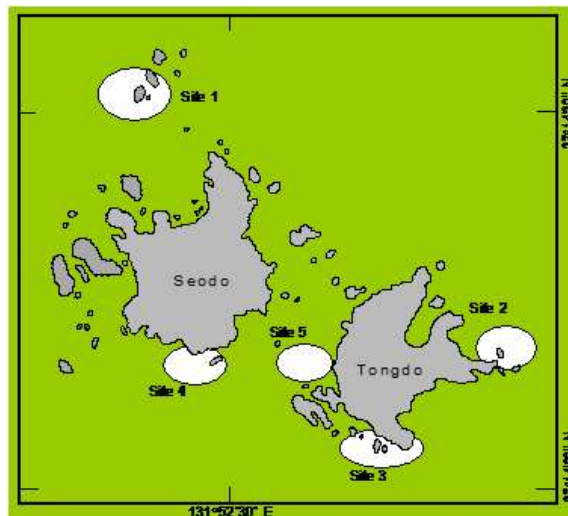
최근 독도전문연구사업단이 만들어져 보다 광범위한 분야의 연구가 이루어지고 있는 것은 고무적인 일이라 할 수 있다. 독도의 지속가능한 이용연구 사업과 공동으로 이번 조사를 수행하게 되었다.

이번 독도환경특성조사는 1997년부터 2008년까지 진행된 현지 조사결과를 종합하

고 독도의 실 해역 조사를 병행하여 독도라는 동해의 최 외곽도서로서의 환경 특성을 종합적으로 정리하면서 향후 수중경관과 생태지도 제작을 위한 주요 종의 생태 사진자료를 가능한 한 많이 획득하는데 그 목적이 있었다.

2. 재료 및 방법

실 해역조사는 동도와 서도로 나누어 현장 날씨 여건을 감안하여 정점을 현지에서 결정하였으며 지난 10여년간 조사 대상에 되었던 정점(그림 2-1)들을 중심으로 조사를 실시하였다.



[그림 2-1] 독도 연안의 장기 조사 정점들(st.1-가재바위, st.2-독립문바위, st.3-동키바위, st.4-혹돔굴, st.5-동·서도 사이 연안)

• 수중경관 조사: 가재바위에서는 큰 가재바위를 선정하여 잠수조사 루트를 가능한 한 과거와 동일하게 통일하여 조사 결과물을 비교하기에 용이도록 하였으며 각 분류군별 전문가 팀으로 하여금 수심별 주요 생물종의 분포 현황을 수중에서 관찰·기재하고 사진 자료를 가능한 한 각 부문분야별로 많이 남길 수 있도록 조사와 촬영을 병행하였다. 그러한 자료축적으로 향후 독도 연안의 생태지도를 제작 가능토록 조사에 초점을 맞추었다. 한편, 독립문

바위에선 넓게 펼쳐진 대황 숲에 대한 조사와 독립문 바위 안쪽으로 통과하는 2가지 루트로 조사를 진행함으로써 생태지도 작성과 함께 독도의 수중경관 소개를 위한 자료를 축적토록 하였다.

- 생태사진, 영상자료: 생태 조사 시 각 분류군별로 수중에서 종의 특징 및 서식 생태를 촬영하고 확인이 필요한 종은 현지에서 획득한 수중 사진과 수중비디오 촬영본을 검토하여 도감과 대조하여 동정하였다. 어류의 분류 체계와 국명은 한국어류명집(이 등, 2000)을 기준으로 하였으며 그 외 한국어도보(정, 1977), Masuda et al.(1984), Nakabo(1993)의 문헌을 참조하였다.

또, 이러한 현지 조사결과는 독도의 과거 조사 자료들과 함께 취합하여 해양생물 리스트를 만들었다. 과거 조사 자료들은 조사 방법에 관계없이 조사 결과가 확인된 해양생물 부분을 중심으로 취합하였다. 즉, 1997년부터 2008년까지 진행된 수중생태조사들(박 등, 1992; 송과 홍, 1992; 이 등, 1992; Myoung, 1997; 해양수산부, 2000)의 내용을 중심으로 다양한 생물군과 해양 생물자원에 대한 자료들을 취합하여 정리하였다.

3. 결과 및 토의

가. 종 다양성과 수중경관

독도의 아름다운 수중경관을 만들어 주는 요소로는 아기자기한 지형과 그곳에 서식하는 다양한 해양생물들이다. 우선 생물종 다양성을 분류군별로 정리하고 주요 생물종들이 서식하는 정점별로 특징 있는 수중경관을 정리하였다.

- 종 다양성: 수중생태 조사팀은 해조류, 무척추동물, 어류 등의 주요 대형 해양생물 분류군을 대상으로 나누어 잠수조사에서 얻어진 자료를 종합하였다.

독도는 남해에서 올라오는 대만난류의 영향을 받는 곳으로 여름, 가을을 거쳐 12월까지 다양한 난류성 생물들을 만날 수 있다. 한편, 겨울철에는 수온이 10℃ 이하로 하강하여 열대 생물종들은 사라지고 온대, 한대성 생물종들이 관찰된다. 즉, 난류와 한류의 교차하는 해역 특성을 보여준다. 여름철에도 수심이 100m 이상 되는 곳에서는 빨강횃대 등 한 대성 어종이 어획되고 있고 수심이 깊은 곳에서는 동해 특유의 한대성 생물종이 1년 내내 서식하고 있음을 알 수 있다. 분류군별로 서식 종의

특성을 정리하면 다음과 같다.

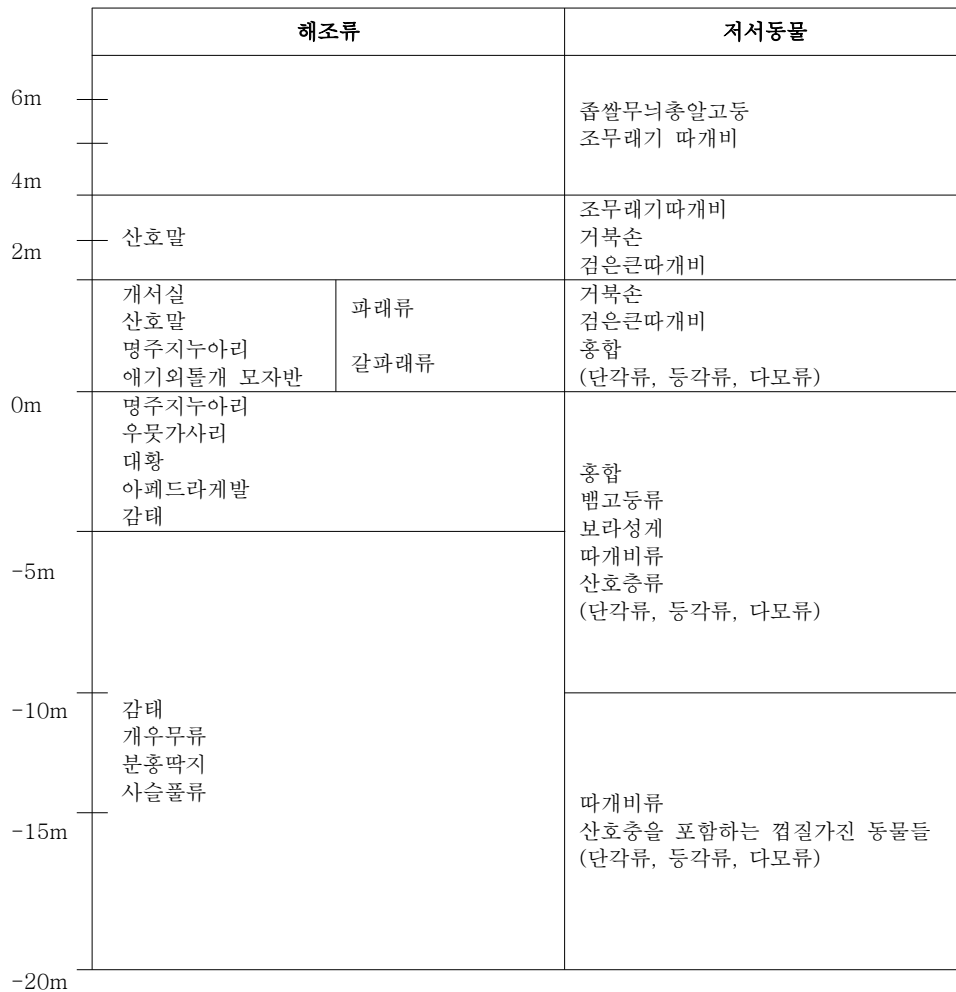
독도의 수중경관을 특징지어려고 할 때면 연안을 둘러싸고 있는 대황과 감태를 빼 수 없다. 60년대 문헌에서 지적하고 있듯이 같은 위도상의 동해안 연안의 해조상과는 차이가 크고 오히려 남해안의 해조상과 닮아 있다(Kang, 1966). 남해의 해조상과 닮아있지만 독도연안은 남해안이나 제주도와는 또 다른 특성을 보이고 있다(Lee and Bu, 1981).

독도의 수심이 얇은 연안에는 대형 대황이 군락을 이루고 있으며, 수심은 10m보다 얇은 곳으로 제한되어 있었고 우점도는 감태보다는 매우 낮은 특징을 보였다. 수심이 7-10m 이심인 수중에는 난류성 대형 해조인 감태가 넓게 숲을 이루고 있다. 조간대에서는 겨울철부터 봄까지는 긴잎돌김, 김파래, 개서실(*Chondria crassicaulis*) 등이 우점하면서 동해 중부연안과 유사한 특성을 보이지만 조하대는 깊은 수심대로 가면서 감태 등 대형 갈조류와 비단풀과 같은 홍조류 등이 우점하여 남해나 제주도 연안과 유사한 특성을 보이고 있었다.

이번 조사결과 한 가지 장기적인 모니터링이 필요한 부분은 가제바위, 동도서도사이 등에 갯녹음현상이 확인된 점이라 하겠다. 60년대부터 일부 연안에서는 갯녹음 현상이 확인되고 있었으며 2008년 수중조사에서도 서도 남서쪽 연안과 동도와 서도 사이의 얇은 연안에서 일부 갯녹음 현상이 확인되었다.

독도 연안의 해조류는 대황, 감태, 미역 등 대형 갈조류를 포함하고 있는데 이 중 유용 해조류는 총 10종정도로 알려 있다. 종합적으로 정리하면 1997년 조사 시 44종(Je et al.(1997)), 1998년 Oh는 총 89종을 기재한 바 있는데 지금까지 총 160여 종이 기재되어 있다(Lee and Bu, 1981).

독도 연안의 무척추 동물은 다모류 32종을 비롯하여, 집게류 6종, 연체동물 64종 등(Kim, 1978; Kim and Choi, 1981; Hong, 1981) 등 한대성, 온대성 종이 혼합하여 서식하는 특성을 갖고 있는 것으로 보고되어 왔다. Je et al. (1997)은 연체동물 40종, 환형동물의 갯지렁이류(Polychata) 56종, 절지동물의 갑각류(Crustacea) 55종, 극피동물(Echinodermata) 6종 등을 포함하여 총 157종의 무척추동물 종을 기재하고 있다.



[그림 2-2] 독도 바위해안에 서식하는 해조류와 저서동물 주요 우점종의 수직 분포 (Je et al., 2003).

독도연안의 저서동물의 수직 분포는 그림 2-2에 보는 바와 같이 상조간대에서부터 좁쌀무늬총알고둥(*Nodilittorina exigua*), 중하조간대의 조무래기 따개비(*Chthamalus challenger*), 검은큰따개비(*Tetralita japonica*), 거북손(*Pollicipes mitella*), 상하조대의 보라성게(*Anthocidaris crassispina*), 홍합(*Mytilus coruscus*), 하조하대의 피복성 저서동물 군집으로 이어져있었다(Je et al., 1997, 2003).

무척추 동물 중에서 대표적인 수산 종으로서는 문어, 소라, 전복, 해삼 등을 들 수 있으며 `97년, `99년 수중 조사 당시 소라와 해삼은 비교적 자원이 잘 보존되어 있었으나 전복은 이미 집중적으로 채취가 이루어진 흔적이 있었다.

어류는 독도의 수중경관에서 역동적인 모습을 더해주는 분류군이라 할 수 있다. 넓

게 펼쳐진 대황, 감태 숲 위와 속에서 발견되는 다양한 종들은 독도 연안이 살아있다는 것을 증명이라도 하듯이 독도의 수중세계가 살아 있음을 느끼게 한다. 도 연안은 여름철 난류로 인하여 고수온이 유지되지만 겨울철은 10℃전후로 낮아져 난류성 어종과 한류성 어종이 함께 서식하는 양상을 보이고 있었다.

또, 독도연안에서 수중 조사 시 발견되는 종수가 한정적이긴 하지만 이들 종들은 독도 연안의 생태와 자원을 이해하는데 중요한 환경 지표종을 포함하고 있다. 또 난류를 따라 북상한 아기자기한 열대, 아열대 어종들이 독도수중 세계를 화려하게 꾸며놓고 있다.

종 다양성을 보면 1997년 독도 연안 어류 조사 시 58종이 확인되었으나 그 후 2008년 10월 조사까지 총 19종이 추가 확인되어 잠수조사에 의한 독도 연안의 어류는 총 77종으로 기록되고 있다(부록). 고수온기의 독도 주변 해역에서는 제주도 주변 해역에서 발견되는 자리돔, 과랑돔과 줄도화돔, 세줄얼게비늘 등 동갈돔류 등 소형 아열대종(Go et al., 1991, KORDI, 1995; Myoung, 1997) 등이 확인되며 자리돔 한 종을 제외하고는 수온이 낮은 시기에는 열대어종을 만날 수 없다. 독도 부근 해역에서도 대만 난류의 영향으로 일부 열대, 아열대 어종이 북상하여 출현하고 있지만 온대 어종이 40.2%로서 제주도에 비하여 약 3배 가까이 출현하고 있어 이 해역이 난류와 한류가 교차하는 해역임을 나타내고 있었다. 따라서 제주도 연안에서 확인되는 열대, 아열대 어종 중 일부분만이 독도에서 확인할 수 있다.

2008년도 가을 조사: 우리나라에서 보고되지 않았던 미기록 자리돔류와 독도에서는 처음 확인된 세줄가는돔을 포함한 소형 희귀종들이 발견되었다.

• 수중경관과 해양관광의 잠재력: 독도 연안의 이러한 다양한 생물종들의 서식처로서 또는 일시 방문지로서 다양한 해양환경 특성을 가진 독도는 울릉도와 함께 뛰어난 수중경관을 가지고 있음이 최근 재평가되고 있다. 따라서 독도 연안의 관리와 다양한 분야의 이용을 위해서는 수산자원의 풍요로움과 함께 수중경관이 가지는 가치를 인식하고 각 정점들에 대한 종합적인 자료를 축적해 나가는 것이 필요하다고 생각된다.

지금까지의 독도 연안 수중조사에서 나타나는 각종 자료들을 보면 우리나라 그 어느 연안보다 훌륭하고 독특한 매력을 가지고 있어 향후 울릉도, 독도 연안을 연계한 관광 자원개발의 큰 잠재력을 인정받을 것으로 확신한다.

지금까지의 조사결과를 토대로 독도 연안 경관이 뛰어난 정점을 간략히 정리해 둔다.

(1) 가재바위: 서도에서 북쪽으로 떨어져 있는 나지막한 바위섬은 옛날 바다사자가 살았던 곳이라 하여 ‘가재바위’로 불리어 오고 있다. 이곳은 늘 흐름이 좋고 바위, 계곡이 많은 환경특성 때문에 독도에서는 가장 어류가 풍부한 곳으로 알려져 있다. 가장 북쪽에 위치한 큰 가재바위는 두 계곡을 가지고 있는데 북쪽의 계곡은 깊이가 깊고 안으로 들어가면 좁아지면서 수면까지 보이는 찢어진 직벽으로 이루어져 있다. 폭이 약 70-50m 정도 밖에 되지 않는 이 크랙사이로 위를 보면 수면이 푸르게 보이고 그 사이에는 돌돔, 뱅에돔, 불락 등 수 많은 물고기들이 들어와 은신하고 있는 것을 볼 수 있다. 마치 깊고 깊은 수직 크랙 안에 물고기를 쌓아 놓은 듯한 모습이 마치 물고기로 만든 탑을 보고 있는 듯 하다하여 ‘물고기 탑, Tower of fishes’ 이라 이름을 붙여 보았다.



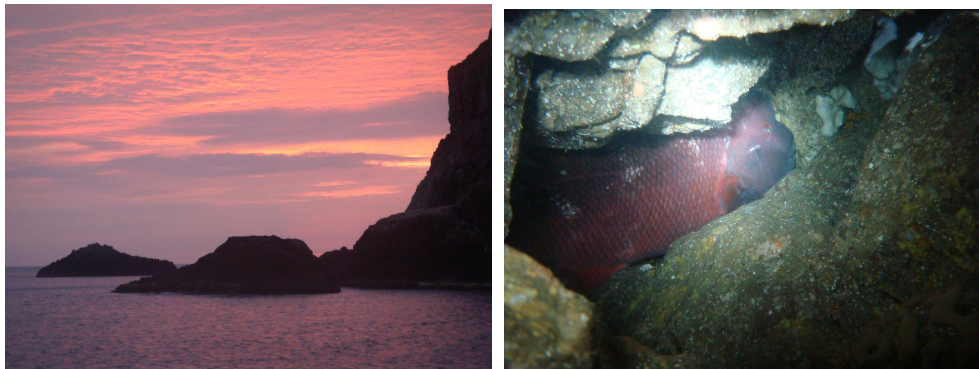
[그림 2-3] 독도 큰 가재바위와 수중 직벽.

(2) 독립문 바위: 동도의 남동쪽에는 마치 독립문처럼 생긴 바위가 있다. 사각형 모양에 안이 문처럼 비어있는 모습에 붙여진 이름일 게다. 이 바위의 북쪽에서 남쪽으로 통과하는 길은 좁은 골목길처럼 나 있으며 바닥을 보면서 천천히 알아지는 계단을 지나 큰 바위들이 쌓은 아래 굴을 통과하면 넓고 넓은 감태밭을 만나게 된다. 독립문 바위의 수중의 이 길은 모래바닥에서 암반 계단, 바위 굴 아래를 통과하여 밝은 감태밭에 이르게 되는데 마치 천국으로 가는 길이나 계단처럼 느껴져 ‘천국의 문’이란 이름을 붙여 보았다.



[그림 2-4] 독립문 바위와 수중 문.

(3) 흑돔굴: 서도 어민 숙소 앞 산 73번지의 암초 아래에 위치한 수중 동굴이다. 약 20m 깊이의 이 동굴은 야간에 대형 흑돔들이 들어와 휴식을 취하는 것이 발견되어 탐사대사이에선 흑돔굴이란 이름으로 불리워 왔다. 안쪽에는 천정쪽으로 뚫린 커다란 통로가 있으며 벽쪽으로 흑돔이 쉴 수 있을 정도로크기의 크랙이 몇 있어 흑돔들이 밤에 쉬는 것이 관찰된다. 흑돔이 쉬는 위치는 입구, 천정의 크랙, ais 안쪽 바위 틈 등으로 약 4-5군데로 확인되었으며 가장 많은 수가 발견된 것은 97년도 조사 시 4마리가 한꺼번에 들어와 쉬고 있는 것이 확인된 때이다. 그 후로는 대부분은 1-2마리의 흑돔이 관찰되었다.



[그림 2-5] 흑돔굴이 위치한 산 73번지와 굴속에서 휴식 중인 흑돔.

(4) 동키바위: 지금의 넓은 선착장이 생기기 전 배가 닿던 곳으로 구 선착장이라 부르기도 한다. 이곳은 인간의 흔적이 있는 수중으로 로프, 철사, 그물 등의 흔적이 있는 곳이다. 그러나 움푹 들어간 지형적인 특징으로 해조류가 생기 있게 서식하고 손바닥만 한 돌돔, 범돔, 놀래기, 뽕에돔등 어린 물고기들이 때를 지어 몰려다니는 모습이 마치 잘 꾸며진 정원처럼 보이는 곳으로 ‘해양정원’이란 이름이 잘 어울릴 것 같은

곳이다.

위에 나열한 정점 외에도 몇 군데의 수중경관이 뛰어난 정점이 있으며 빠른 시일 내에 이러한 독도 연안의 뛰어난 경관에 대한 과학적인 정리를 마칠 예정이다.



[그림 2-6] 동키바위와 아름다운 정원 같은 수중.

나. 주요 생물종

독도는 황금어장이라 알려져 왔다. 동해 한가운데 우뚝선 독도는 울릉도와 함께 다양한 수산 생물들이 서식하는 곳으로 예부터 울릉도 어민은 물론 경북도에서 멀리 찾아온 어선들로 붐비는 곳이었다.

독도 연안에서는 다양한 어업활동이 이루어져 왔지만 가장 활발한 어업은 오징어 채낚기 어업이었다. 그 외의 주요 수산 자원으로는 전복, 소라, 미역, 담치, 문어, 해삼, 벗굴 등이 있다.

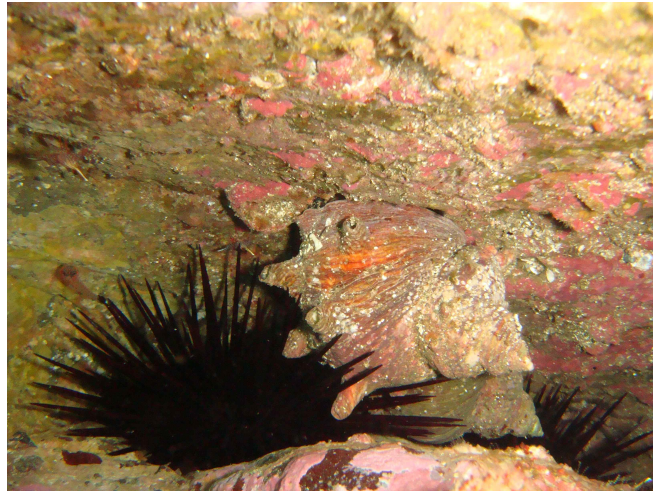
최근 기록된 어류자원으로서는 그동안 변화가 있었던 것으로 확인된 것은 개체 크기가 커진 돌돔과 많은 개체수가 확인되는 연어병치이며 그 외 흑돔과 개볼락, 말귀치가 비교적 풍부한 어종으로 나타났다.

독도 연안은 계절에 따라 다양한 회유성 어종이 출현하므로 쾅치, 방어, 연어병치 등 표층, 중층 회유성 어종자원에 대한 체계적인 관리가 필요한 곳이기도 하다. 그동안 확인된 독도의 주요 생물자원 중 중요한 몇 종에 대한 자료를 정리해 둔다.

주요 자원생물

- 소라: 학명 *Turbo cornutus*로 소라과(Turbinidae)에 속한다. 2008년 조사 시

확인된 소라자원은 90년대 자원량에 비하면 많이 줄어든 상태이지만 비교적 자원량이 풍부한 무척동물자원이라 하겠다. 야행성으로 밤이 되면 감태 줄기나 잎에서도 자주 확인된다.



[그림 2-7] 독도 연안의 소라.

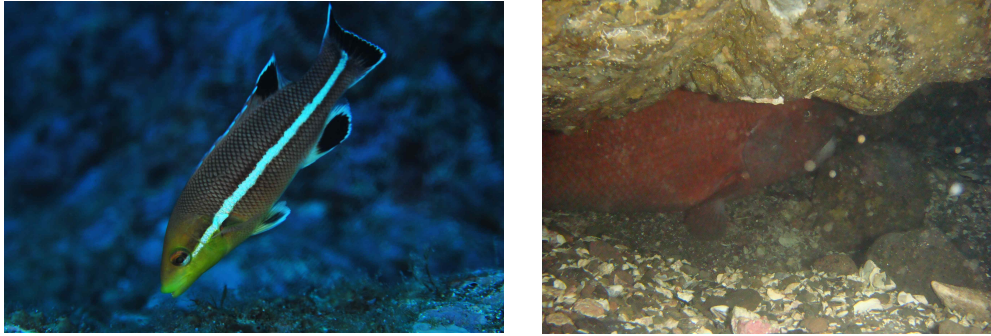
- 돌기해삼: 학명은 *Stichopus japonicus*이며, 남해안을 포함한 전 연안에 서식한다. 독도에서 보이는 해삼은 대부분 붉은 색을 띤 ‘홍삼’이라 부르는 놈으로 검은색이 난 갈색을 띤 개체는 매우 드물게 발견된다. 90년대에 비하면 최근 잠수기 어업으로 그 자원량이 크게 줄어들었다.



[그림 2-8] 독도 연안의 붉은 색을 띤 돌기해삼.

- 흑돔: 독도 연안에서 수중조사 시 만날 수 있는 큰 어류는 흑돔이다. 학명은 *Semicossyphus reticulatus*, 영명은 Bulgyhead wrasse이다. 어미 수컷의 머리에는 사과만한 흑이 나 있어 흑돔이란 이름이 붙여졌다. 독도 주변에는 80cm가 넘는 대형 흑돔들이 살고 있으며, 이 흑돔 자원은 지금까지 비교적 풍부하게 유지되고 있는

것으로 밝혀져 향후 보호어류로 지정하여 보호할 필요가 있다고 판단되는 어종이다.



[그림 2-9] 어린 흑돔과 독립문 바위 아래 수중에서 새로이 확인된 흑돔 은신처.

• 자리돔: 학명은 *Chromis notatus*, 영명은 pearl-spot chromis이다. 자리돔은 아열대어종으로 따뜻하고 돌이 많은 곳을 좋아하고 특히 산호초가 많은 곳에 떼 지어 살아가는 작은 물고기이다. 우리나라에 사는 자리돔은 열대바다의 자리돔들과는 달리 아열대, 온대 지방에 적응한 종으로 대마 난류의 영향을 받는 따뜻한 바다에 떼를 지어 살아간다. 제주도 부근 해역, 남해, 동해의 울릉도, 독도에 이르기까지 널리 분포하고 있다. 크기는 10-15cm 정도이다.



[그림 2-10] 독도 연안(동키바위)의 자리돔 무리.

• 파랑돔: 학명은 *Pomacentrus coelestis*이며 ‘Neon damselfish’ 이다. 몸이 푸른 코발트빛으로 매우 아름다우며 배와 꼬리지느러미는 화려한 노랑색을 띠어 아름다운 어종 중의 하나이다. 독도에는 여름, 가을철에 대량 출현하며 대마난류의 영향권에 있는 울릉도, 독도, 왕돌초, 거제 홍도, 제주도 연안 등에 널리 출현한다. 서부 태평양, 스리랑카 연안까지 널리 살고 있는 열대 어종이다. 크기는 7-8cm 정도로 작다.



[그림 2-11] 여름, 가을철에 독도 연안에서 흔히 볼 수 있는 파랑돔.

Ⅲ. 독도 육상 · 해저지형 특수전시물(모형) 제작

1. 개요

독도는 대한민국 최동단에 위치한 섬으로 육지로부터 최단거리가 약 216.8km(울진 죽변-독도) 떨어진 동해의 중심에 있다. 독도에 대한 관심이 증대되면서 2005년 독도의 입도절차가 허가제에서 신고제로 바뀜에 따라 독도를 방문하는 방문객이 2008년 13만여 명에 달할 정도로 급증하였다. 그러나 독도의 지리적인 위치와 기상 등의 영향으로 독도를 실제 방문하여 체험하는 것이 상당히 제약적인 것이 현실이다. 또한, 최근에는 독도 영유권 문제가 국제적인 관심사로 대두됨에 따라 우리나라의 독도 영토수호 강화를 위해 독도에 대한 각종 연구결과를 다양한 방법으로 가시화할 필요성이 증가하고 있으며, 많은 독도 관련 연구기관들은 더욱 사실과 가까운 독도를 효과적으로 알리기 위하여 사진을 통한 전시회나 동영상 등을 제작하여 대내외에 홍보하는데 많은 노력을 기울이고 있다.

그러나 현재까지 독도에 대한 홍보매체로써 가시화하는 내용으로는 해수면 위에 드러나 보이는 동도와 서도, 즉 독도 육상에 대한 지리 및 지명에 대한 콘텐츠가 대부분이었다. 특히 해양과학을 기반으로 하는 독도 주변 해양에 대한 홍보 및 학습을 위한 콘텐츠가 부족한 실정이었으며, 해양환경을 종합적으로 이해할 수 있는 입체적이고 사실적인 매체가 미비하였다.

독도 및 동해 전체의 해양에 대한 홍보, 교육, 학습, 관광 등의 부가가치를 창출하는 수단으로 연구결과의 가시화 전략이 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 독도의 환경특성조사 자료를 효과적으로 활용하여 과학적인 자료를 기반으로 한 독도의 육상 및 해저 공간을 모형화 함으로써 해양공간에 대한 이해를 증대시키고자 한다. 현재에는 선상 또는 상륙 관람에 그치고 있는 단순한 독도 관광을 넘어, 독도를 직접 방문하지 않더라도 독도 육상지형을 한 눈에 파악하고 현실적으로 볼 수 없는 독도 주변의 해저지형을 체험함으로써 해양연구를 통한 독도에 대한 이해의 폭을 넓힐 수 있을 것으로 기대한다.

2. 독도 육상 및 해저지형 모형 제작

독도 환경특성조사 자료를 효율적으로 활용하여 독도와 독도 주변 해역에 대한 환경을 입체적·시각적으로 이해할 수 있도록 하기 위하여, 본 연구에서 독도의 육상 지형과 지질, 해저 지형을 통합한 입체조형물을 제작하였다. 현재까지 독도에 대한 모형은 육상 지형에 대한 모형이 전부였으며, 해저 지형을 과학적 자료를 기반으로 제작하는 것은 국내에서 본 연구로 처음 시도되는 것이다.

모형 제작 단계는 크게 기획 단계 → 제작 단계 → 설치 단계 → 완성 및 보완 단계로 진행되었다.

가. 기획 단계

① 추진방향

독도 육상 및 해저지형 통합 모형은 독도 연구를 통하여 얻은 과학적 자료를 기반으로 정확하고 올바른 정보를 시각적으로 표현하여 공간적으로 이해하기 쉬운 전시 매체로서의 역할을 할 수 있어야 한다. 따라서 다음과 같은 추진방향을 설정하여 진행하였다.

- 명확한 주제 설정과 체계적인 구성
- 우리 땅 독도의 진정한 가치와 소중함 제공
- 독도의 올바른 이해 전달 방법으로써의 역할
- 한국해양연구원의 전문성을 살린 정확하고 정밀 연출
- 독도의 육상 및 해저 지형의 정밀한 표현
- 입체적 간접 체험의 개념을 연출
- 다양한 관람자를 수용할 수 있도록 연출
- 반영구적 또는 고급재료를 사용하여 모형의 완성도 상승
- 해양 과학적 전문자료와 모형 제작의 충분한 기술력을 가진 업체와 협력

② 범위 및 크기

1) 표현 범위

독도 육상 및 해저지형 모형을 제작을 위한 설정 범위는 공간적 범위와 내용적 범위로 구분할 수 있다.

공간적 범위는 모형으로 표현하고자 하는 지리적 공간 범위로서,

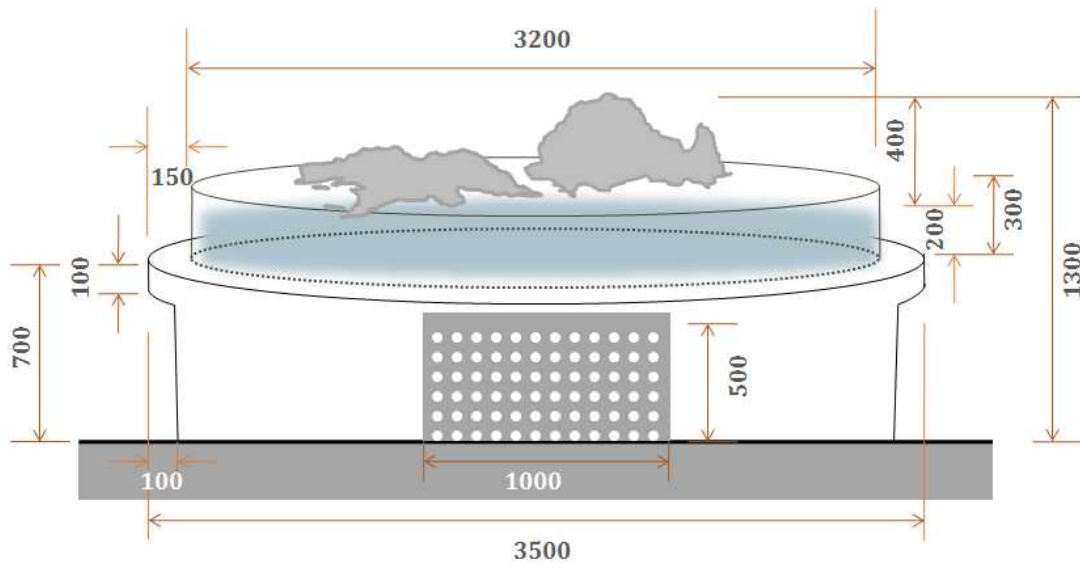
- 육상 지형 영역 : 동도와 서도 그리고 89개 도서
- 해저 지형 영역 : 독도 주변으로 수심 약 100m까지의 해저 지형, 독도를 중심으로 동서 방향 약 3km, 남북 방향 약 3km 영역으로 정하였다.

내용적 범위는 모형으로 표현할 수 있는 모형물(콘텐츠)의 범위로서,

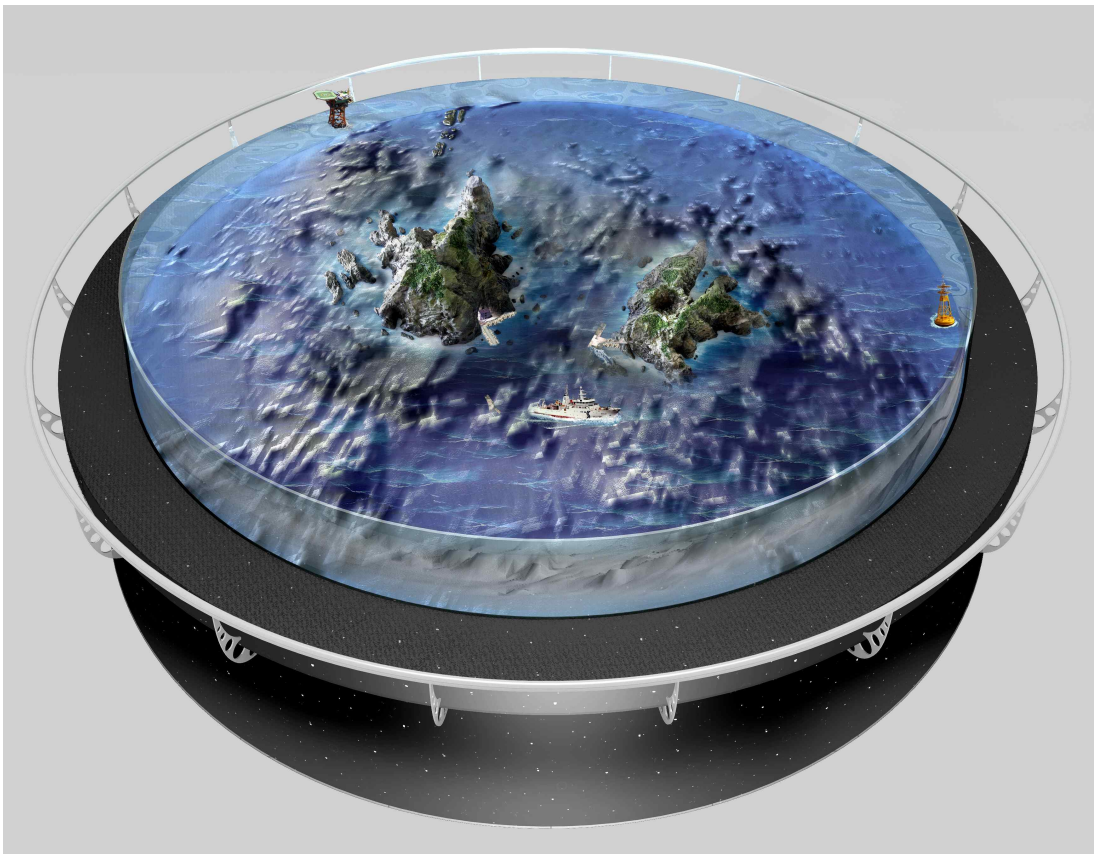
- 과학적 자료를 기반으로 한 독도의 육상 및 해저 지형의 지질상 표현
- 동도와 서도에 설치되어 있는 시설물 : 등대, 어민숙소, 경비대숙소 등
- 해양관측장비 : 종합해양과학기지, 부이, 해양조사선
- 해양생태환경 : 어류(흑돔, 고래류), 갯지, 연안 해조류 등으로 정하였다.

2) 모형 크기

모형의 모양과 크기는 모형이 전시될 장소인 한국해양연구원 동해분원의 동해·독도 홍보관 내에 충분히 차지할 면적을 고려하여 결정하였다. 전체 모형의 모양은 원형으로 제작할 것이며, 모형으로 나타낼 공간적인 범위의 축척 1/1,000 크기로 제작하고자 하였다. 실제 제작되는 모형의 크기는 지름 3.2m이며, 모형전시대를 포함하면 지름 3.5m의 크기가 될 것이다. 그리고 모형의 높이는 초등학생의 키높이를 고려하여 전체 높이 1.3m로 제작하고자 한다. 그 외에 모형과 모형전시대를 포함한 구체적인 규격은 그림 3-1과 같다. 그리고 모형으로 표현할 이러한 범위와 크기로 조감도로 나타내면 그림 3-2와 같다.



[그림 3-1] 독도 육상 및 해저 지형 모형 설계도

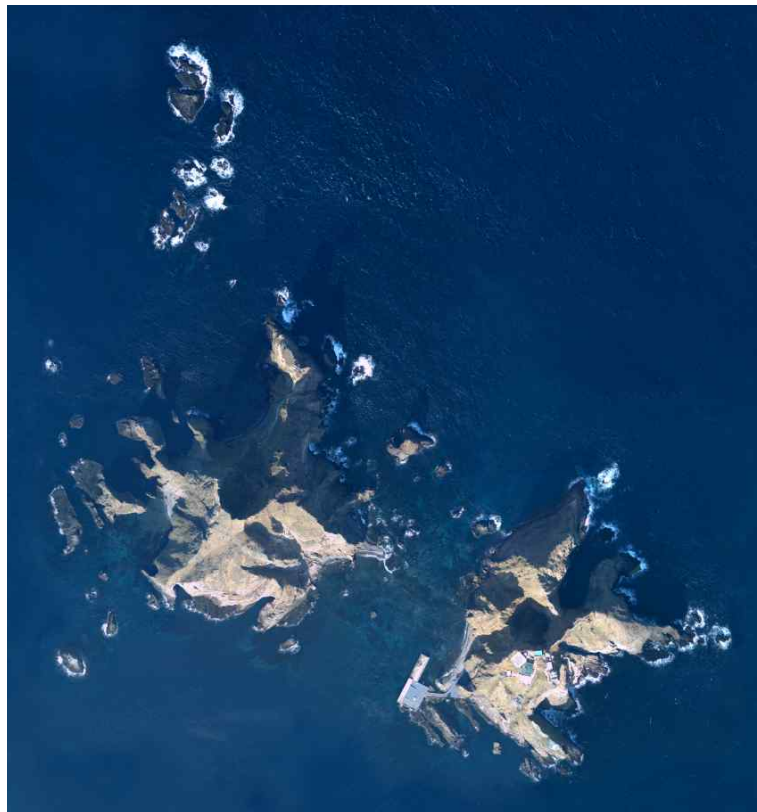


[그림 3-2] 독도 육상 및 해저지형 통합 모형 조감도

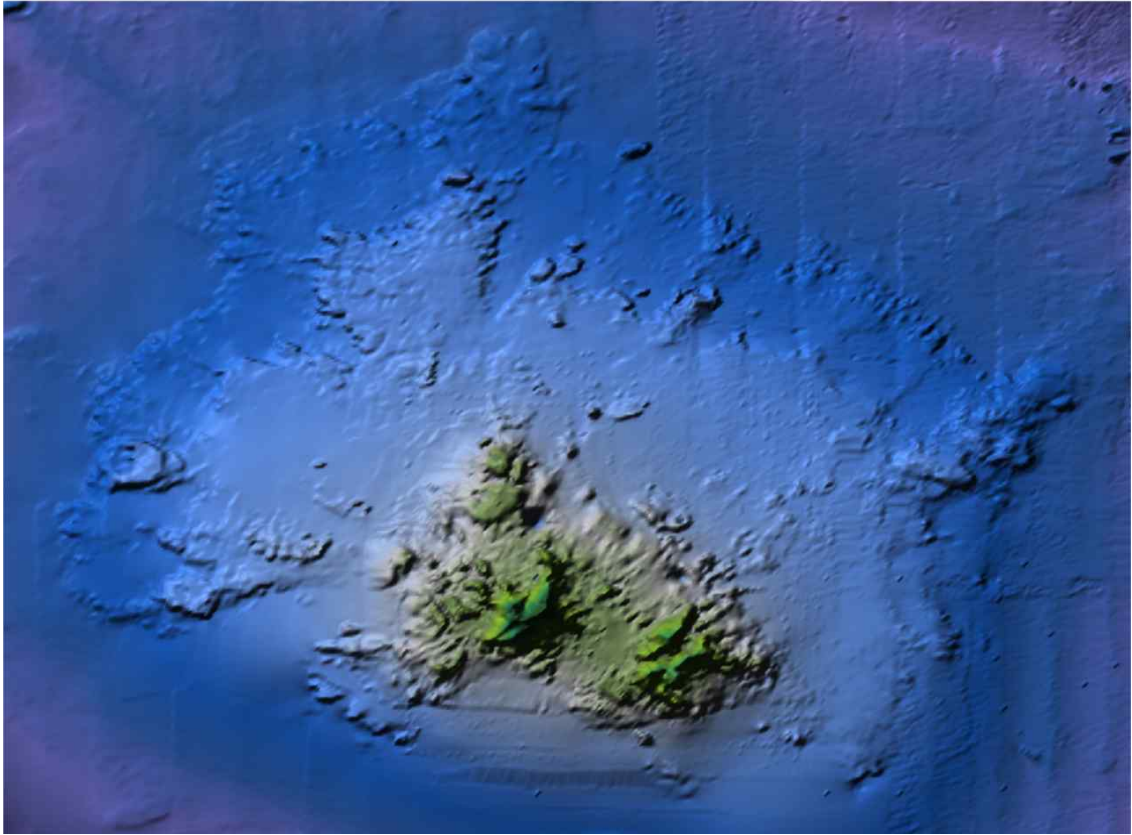
나. 제작 단계

① 자료수집

독도 육상 및 해저지형을 모형화하기 위해서는 정확한 지형자료가 필요하다. 이를 위해서 본 연구에서는 국토지리정보원에서 측량한 독도 육상 지역의 2007년도 항공라이다(LIDAR, Light Detection and Ranging) 고도 자료(그림 3-3)와 한국해양연구원에서 2004년과 2007년에 측량한 독도 주변의 멀티빔 수심자료를 이용하였다. 특히 한국해양연구원에서는 ‘독도의 지속가능한 이용연구’를 통하여 이들 독도의 육상지형과 해저지형을 통합한 지형자료를 제작하였는데, 이 통합 지형자료를 기반으로 독도의 육상 및 해저지형을 모형화 하는데 사용하였다(그림 3-4). 그러나 독도 연안 지역은 낮은 수심으로 인해 연구조사선의 접근이 어려워 정밀한 멀티빔 자료를 획득하지 못하여 1999년에 측정한 단빔 자료를 이용하였다.

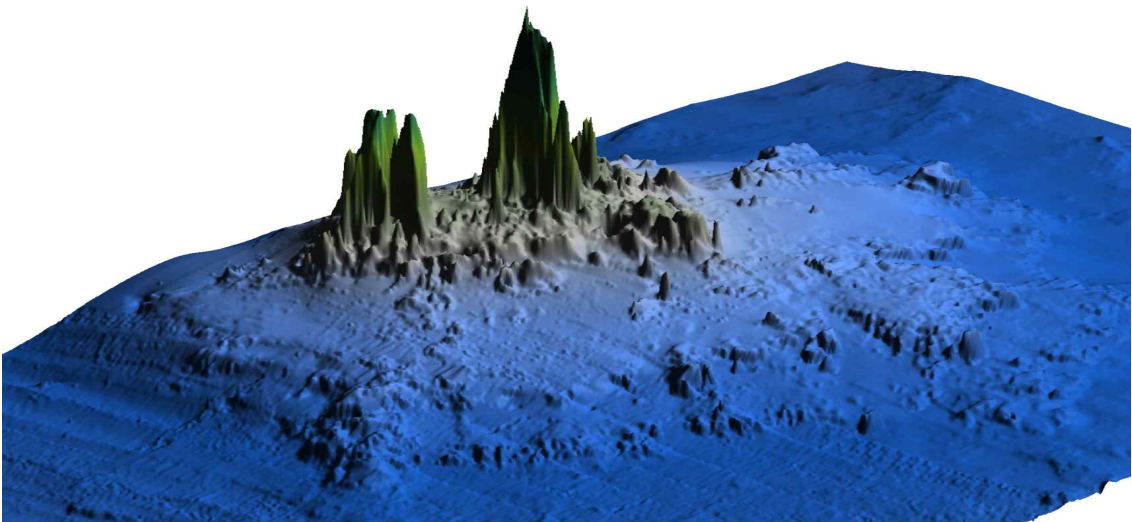


[그림 3-3] 독도 항공사진(국토지리정보원 제공)

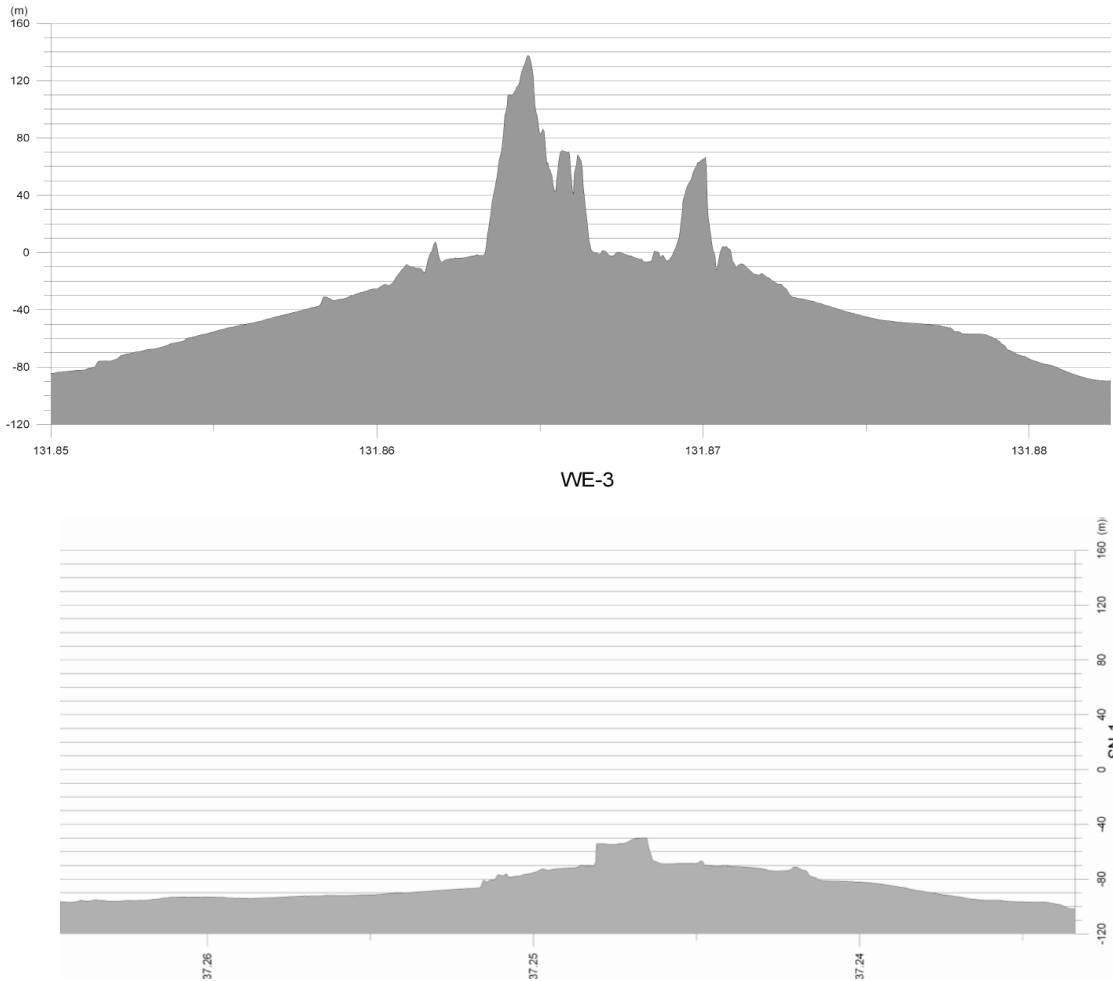


[그림 3-4] 독도 육상 LIDAR와 멀티빔 자료를 통합한 정밀해저지형

그림 3-5는 독도 부근의 통합한 정밀해저지형을 북동 방향에서 본 모습이며, 이 외에 해저지형의 수심을 정밀하게 표현하기 위한 자료로 동서 방향 및 북동 방향의 지형 프로파일 자료를 활용하였다(그림 3-6).



[그림 3-5] 독도 육상 LIDAR와 멀티빔 자료를 통합한 정밀해저지형
(북동방향에서 본 모습)



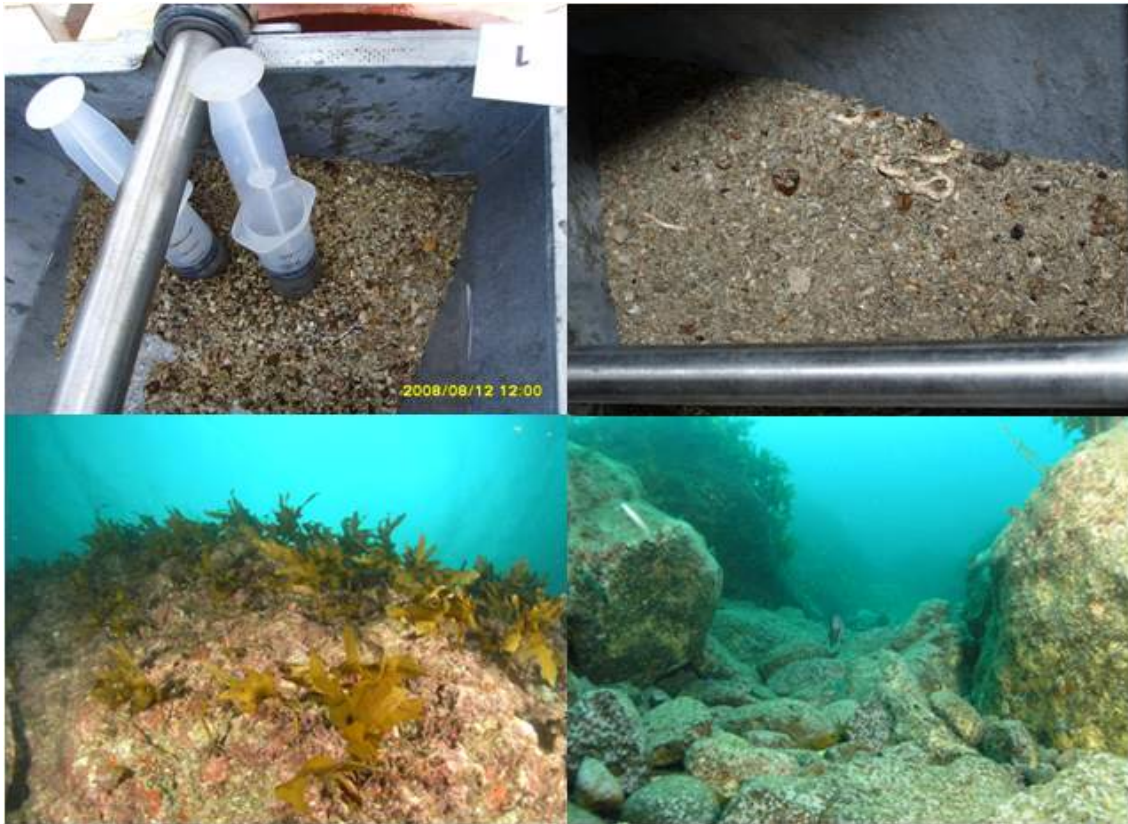
[그림 3-6] 독도 정밀해저지형 단면도

그리고 독도 육상의 지질 및 암상을 표현하기 위해서는 한국지질자원연구원의 ‘독도 균열발생에 따른 지반안정성 조사 연구’ 보고서와 ‘독도 서도 지반안정성 정밀조사’ 보고서를 참고로 하였으며, 주로 사진자료를 수집하여 활용하였다. 그림 3-7은 동도와 서도의 암상을 표현하기 위하여 수집한 사진자료의 예로써, 동도의 남동측면 암상과 서도 남측면 암상을 보여준다.

해저지질의 표현을 위해서는 한국해양연구원의 2004년과 2007년, 2008년 ‘독도 해양생태계조사 연구’와 ‘독도의 지속가능한 이용연구’를 통해 수집한 암반생태계 사진 자료 및 해저퇴적물 채집 자료를 수집하여 수십벌 해저지질상을 표현하는데 사용하였다(그림 3-8).



[그림 3-7] 동도 남동측면 암상(상)과 서도 남측면 암상(하) 사진자료



[그림 3-8] 독도 주변 해저퇴적상 사진자료

② 지형 모형 제작

1) 해저지형 조각

독도 육상 및 해저지형 모형을 제작하기 위해서는 지형을 조각하여야 한다. 이때 조각 주재료는 도자기 재료로 많이 사용되는 가소성 원료(점토질 원료)인 와목점토를 사용하였다.

가소성 원료(점토질 원료)는 수분이 가해지면 점력이 생겨나서 성형이 용이해지고, 건조되면(수분이 증발하면) 단단해지고, 다시 열을 가하면 소결되어 영구히 강성을 지니게 되는 재료들이다. 가소성 원료들은 주로 도자기의 뼈대 역할을 하는 점토질 종류들이며, 이들은 지구가 처음 생성되었을 때부터 존재하여 온 1차 점토와 그후 풍화작용과 침전에 의하여 변질되어 생성된 2차점토로 나뉘어 진다. 2차 점토를 잔류점토 또는 침적점토, 퇴적점토라고도 부른다. 1차 점토에는 고령토, 와목점토 등이 있으며, 2차 점토에는 석기점토, 내화점토, 도석 등이 있다.

도자기 원료 중에서 가장 많이 사용하는 재료는 고령토(카올린, Kaoline)로 화학식은 Al_2O_3 , $2SiO_2$, $2H_2O$ 로서 점토물질과 석영 그리고 분해장석으로 구성되어 있다. 와목점토 역시 고령토와 같은 화학식을 가지며 카올린보다 점력이 좋고 소성하면 약간 회색 또는 베이지색이 되며 백색도는 좋지 않다. 화강암 중에서 장석과 운모가 풍화되어 점토질로 변형되었으며 석영의 입자가 점토 속에 잔존하여 마치 개구리눈과 같은 상을 하고 있어 개구리 와(蛙)자와 눈목(目)자를 써서 와목점토라 칭한다. 우리나라에서는 이북에서만 생산되어 현재는 일본에서 수입하여 사용하고 있으며 주로 상감청자를 만드는 상감용 백색 이장에 활용하거나 분청사기의 분장토에 활용하고 있다.

1차적인 지형 조각을 와목점토와 수집한 독도 육상 및 해저 정밀지형도와 지형 단면도를 바탕으로 직경 3.2m 나무 모형틀 위에 지형을 조각하였다. 독도의 육상지형과 해저지형을 분리하여 제작하였으며, 이것은 향후 해수면을 나타낼 유리면이 그 사이에 들어갈 것이 때문이다. 그림 3-9에서와 같이 독도 주변의 해저지형을 나타내었고, 그림 3-10과 같이 동도와 서도의 육상 부분 지형을 점토로 조각하였다.



[그림 3-9] 독도 주변 해저지형 조각

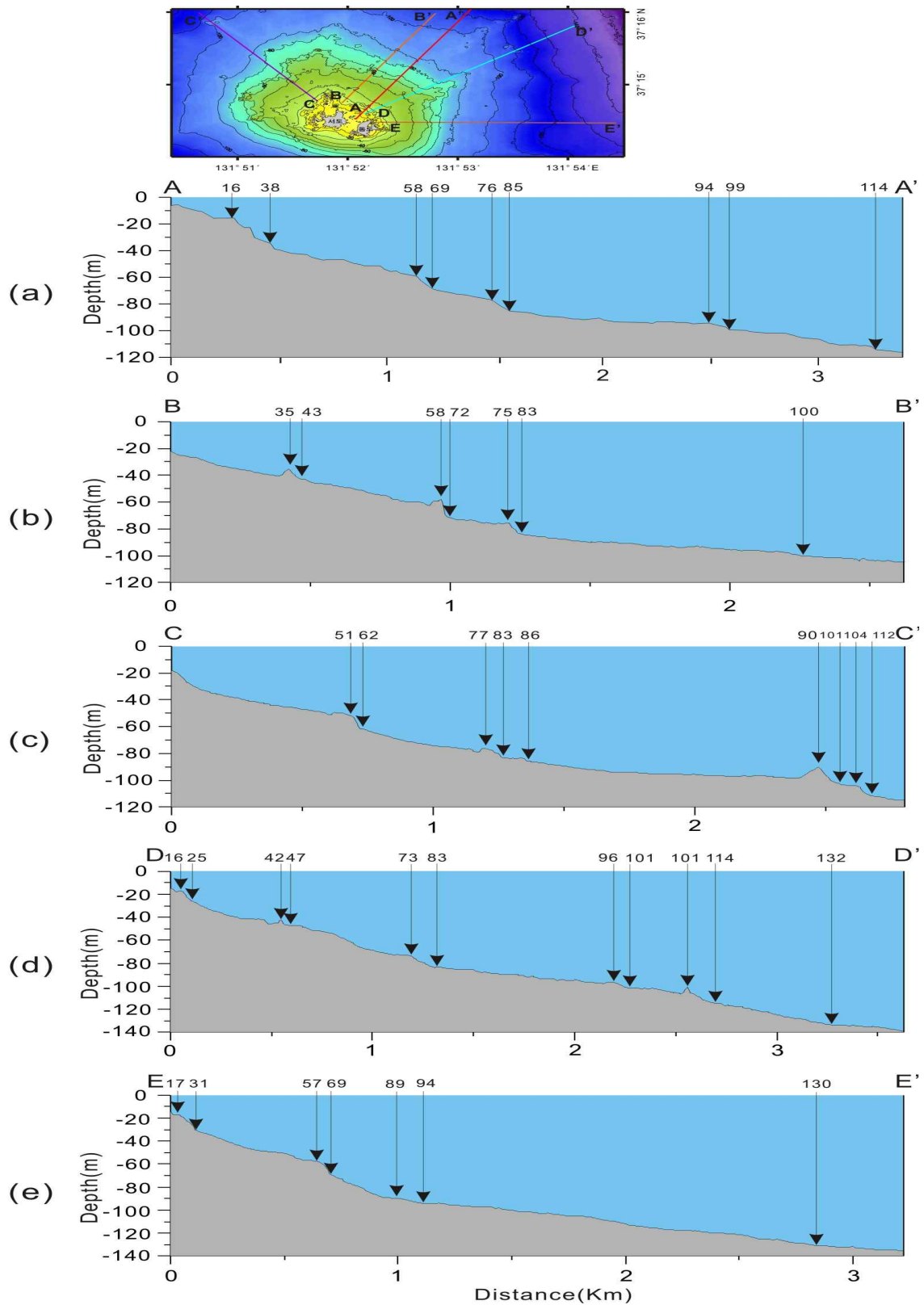


[그림 3-10] 동도·서도 육상 지형 조각

독도 주변 해저지형의 특징을 살펴보면 다음과 같다. 동도와 서도 주변 수심 약 20m까지는 육지부터 연안까지 경사면이 급하며, 수심 약 20 m부터 수심 약 80 m까지는 경사가 점차 낮아지다가 수심 약 80 m 이하로 완만한 경사를 보이며 깊어지는 것이 특징이다.

동도를 중심으로 북동-남서 방향의 배열을 보이는 해저지형이 나타나는데 독도 주변에 발달한 북동-남서 방향의 단층 또는 균열을 따라 용암이 많이 분출하여 만들어진 지형일 가능성이 있다(그림 3-4~5). 또한, 동도와 서도 주변 근접 지역의 복잡한 해저지형은 수면아래 약 20 m까지의 급경사면에서 흘러내린 테일러스 등이 잘 관찰된다. 그리고 동도와 서도 사이 해저는 약 10 m 이내로 매우 얇은 수심을 보이며, 수중 돌출암 등이 불규칙하게 산재되어 분포하고 있다.

또한, 그림 3-11에서와 같이 독도 주변 해저지형 단면도를 보면, 암반돌출부와 계단형의 경사면들이 나타나는데 이 경사면들을 해안단구라 하고, 대체적으로 약 25 ~ 38 m, 약 62 ~ 72 m, 약 83 ~ 94 m, 약 99 ~ 112 m, 약 130 m의 수심대에서 나타나고 있다.

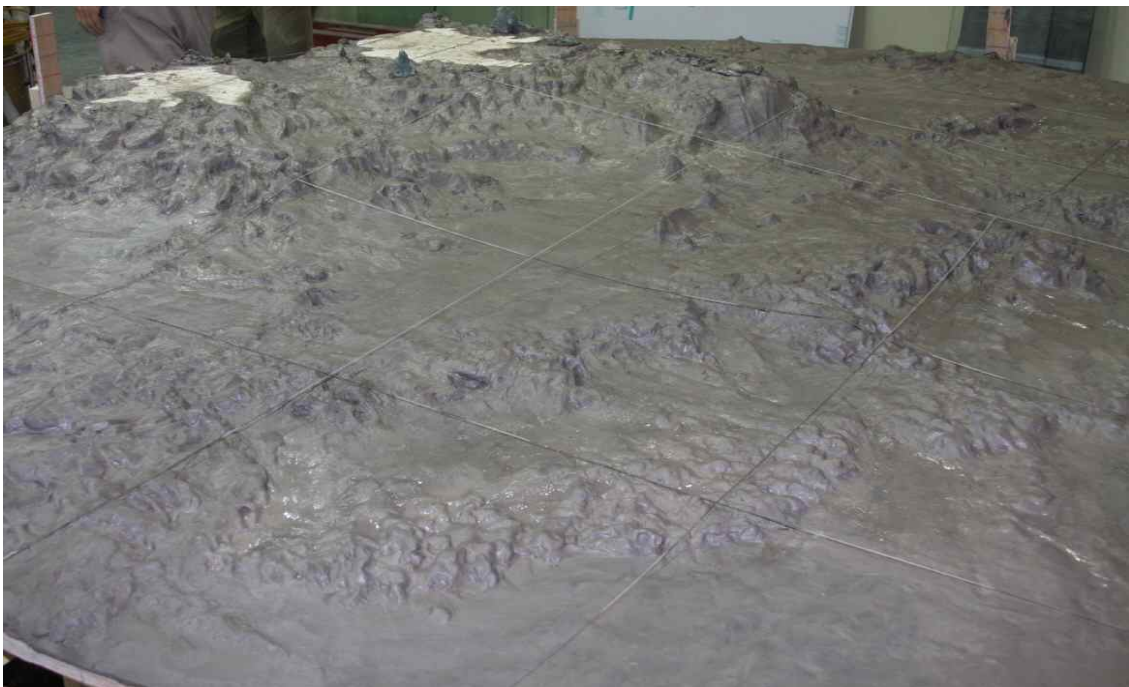


[그림 3-11] 독도 주변 해역의 해저지형 단면도. (a) A-A' 축선의 지형단면, (b) B-B' 축선의 지형단면, (c) C-C' 축선의 지형단면, (d) D-D' 축선의 지형단면, (e) E-E' 축선의 지형단면

1차 지형 모형 조각에서 위와 같은 독도 주변 해저지형의 특징을 보완하여 작업한 것이 그림 3-12~13과 같다. 그림 3-12에서는 동도와 서도 주변의 수심 20m까지 급경사면으로 복잡한 지형이 잘 나타나 있고, 그림 3-13에서는 수심 약 40m, 70m, 90m 정도에 계단식의 해안단구 형태의 지형이 잘 나타나 있다.



[그림 3-12] 동도·서도 주변의 급경사 지형 표현



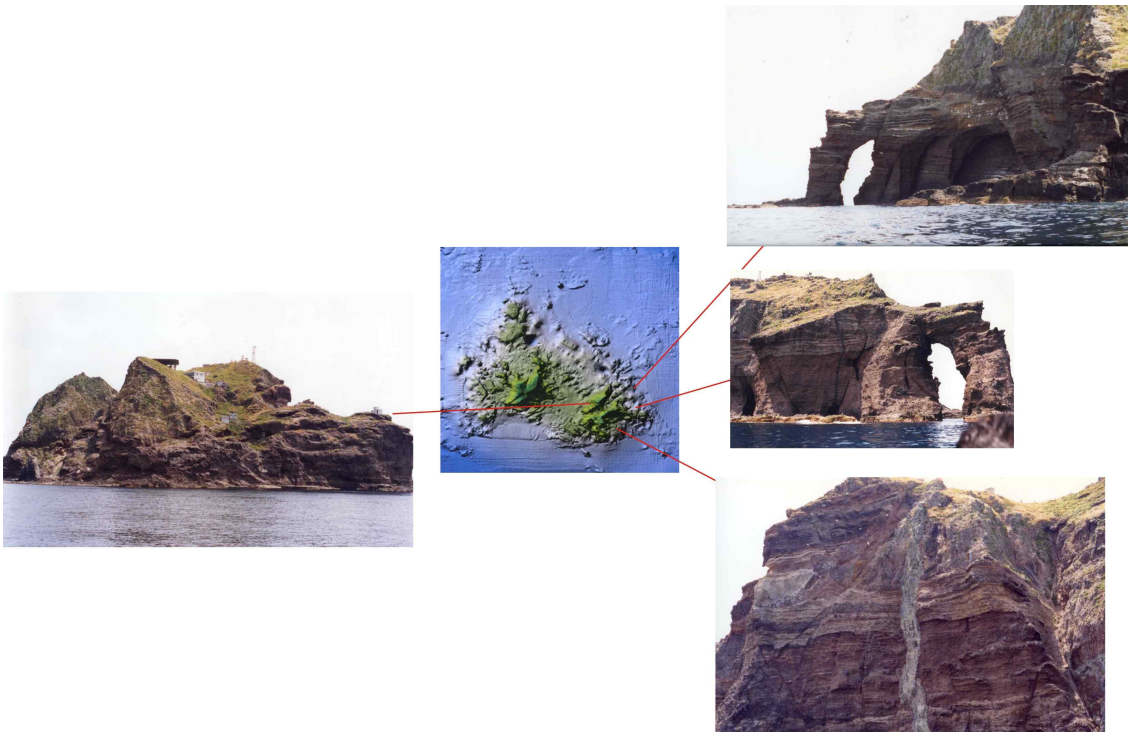
[그림 3-13] 동도·서도 주변 해안단구 지형 표현

2) 육상지형 조각

독도 육상지형을 모형 조각하기 위해서는 독도 사진자료를 참고로 하여 제작하였으며 다음과 같은 특징을 고려하였다.

독도는 크게 화산성쇄설암, 화산암류, 암맥, 단층으로 구성되어 있다. 화산성쇄설암은 평행층리 또는 경사층리가 표현되어야 하며, 화산탄이 표현되어야 한다. 화산암류는 담색을 띄며 화산성쇄설암과 뚜렷이 경계되어야 한다. 화산암류는 특히 식생이 잘 발달되어 있으며 일부 화산암류에서는 절리가 잘 발달되어 있다. 그리고 암맥은 단층과 달리 흰색 또는 검은색으로 화산성쇄설암에 관입되어 있다.

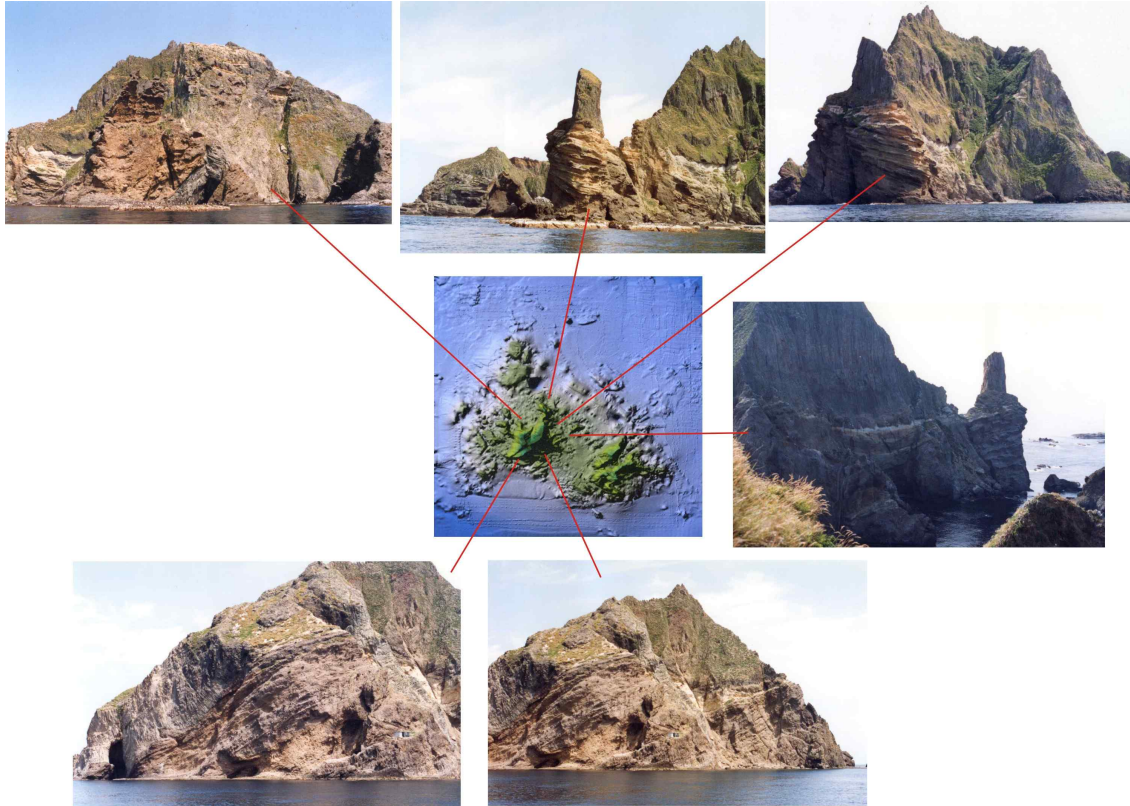
동도와 서도는 지질 특성이 뚜렷이 차이를 보이고 있는데, 동도의 화산성쇄설암층은 그림 3-14와 같이 대부분 평행층리가 우세하다. 그리고 색상은 적색 또는 담색이 우세하다. 특히 화산성쇄설암층에 암맥이 뚜렷하게 구분되어야 한다.



[그림 3-14] 동도의 지질 특성 자료

서도는 그림 3-15와 같이 화산성쇄설암층의 경사층리가 우세하며, 색상은 담색(흰색과 노란색)이 우세하다. 서도 동측에서는 화산성쇄설암층과 화산암류 사이에 세립질 화산재층이 두껍게 발달되어 있고, 화산암류에서는 절리가 우세하다(남측). 특히 화산성쇄설암층과 접촉하는 하부에 절리가 잘

발달되어 있다. 그리고 서도의 북측의 화산암류에서는 식생이 잘 발달되어 있다.



[그림 3-15] 서도의 지질 특성 자료

이와 같은 특성을 적용하여 제작한 육상지형 모형 조각은 그림 3-16과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 동도 남측의 암맥과 독립문바위 주변에 평행 절리가 잘 표현되어 있으며, 서도는 화산성 쇄설암층과 화산암류의 경계가 뚜렷하고 절리가 잘 나타나 있다.



[그림 3-16] 동도 모형 조각(상)과 서도 모형 조각(하)

3) 플라스틱 모형 제작

와목점토를 사용하여 독도 육상 및 해저지형 조각을 완성하였다. 조각한 지형을 플라스틱 모형으로 본을 뜨면 더 이상 수정이 불가능하므로 와목점토로 조각하는 단계에서 지형에 대한 정밀한 수정 및 보완 작업이 이루어져야 한다. 이와 같이 완성된 지형 조각을 모형물로서 틀을 완성하기 위해 액상 실리콘을 이용하여 모형의 틀을 뜨고, 여기에 FRP(Fiberglass Reinforced Plastic) 수지로 모형을 제작하게 된다. 그림 3-17은 와목점토로 조각한 해저지형을 FRP 수지 모형물로 제작한 것이다.



[그림 3-17] 해저지형의 FRP 모형

이렇게 제작된 FRP 수지 모형물은 지형의 형태만 나타내고 있으므로, 더욱 현실과 가깝게 나타내기 위해서 수집된 자료를 기반으로 육상 및 해저의 지질상을 표현하였다.

독도 육상 부분은 표현 시기를 봄으로 설정하여 전체적인 색상은 연녹색 계열로 채색하고 식생이 서식하는 부분을 표현하였다. 그리고 독도 암상 및 암맥의 색상 표현은 그림 3-14~15에서 수집한 사진자료를 기반으로 하여 표현하였다(그림 3-18).

독도 해저 부분의 지질 표현은 생태계 및 지형 전문가의 도움을 받아 표현하였다. 수심 약 20m까지는 대황, 감태 등 해조류가 풍부하여 갈색 계열의 스펀지를 사용하여 해조류를 표현하였으며, 그 이하의 수심으로는 수심이 깊어질수록 점점 가늘어지는 모래층의 퇴적환경을 표현하였다. 수심 약 40m, 70m, 90m의 해안단구를 경계로 하여 모래를 이용한 해저 퇴적상을 나타냈다(그림 3-19).



[그림 3-18] 독도 육상 부분 지질상 표현



[그림 3-19] 독도 해저퇴적상 표현

③ 단품 모형물 제작

독도 육상 및 해저지형 모형에는 독도의 육상지형과 해저지형 외에 다양한 콘텐츠 구성을 위하여 동도의 시설물과 해양조사와 관련한 관측기기들과 같은 단품 모형물을 제작하였다. 지형의 축소 비율을 약 1/1,000로 제작한 반면, 이러한 단품 모형물들은 지형과 동일한 비율로 축소할 경우 크기가 너무 작아서 그 형체를 정확하게 제작하기가 어렵고 관람자에게 전달될 정보로서의 표현이 부족하였다. 따라서 시설물과 관측기기들과 같은 단품 모형물은 축소 비율을 각각 충분한 크기로 제작하였다.

시설물로는 동도의 선착장, 독도 등대, 경비대초소, 헬기장 등과 서도의 어민숙소를 제작하여 실제 독도의 모습과 같은 현실감을 표현하였다(그림 3-20). 그리고 독도 주변에서 수행되는 해양연구에 대한 이해를 높이기 위해서 연구조사선인 온누리호, 부이, 해미래, 해양과학기지와 같은 해양관측시스템 모형을 제작하였다(그림 3-21). 또한 생물로는 동해의 깊고 넓은 바다를 표현할 수 있는 대왕고래와 귀신고래 모형을 제작하였고, 독도의 대표적인 포유동물인 강치를 모형으로 제작하였다(그림 3-22).



[그림 3-20] 독도 시설물 모형



[그림 3-21] 독도 주변 해양관측시스템 모형



[그림 3-22] 독도 주변 생물 모형

④ 안내시스템 제작

독도 육상 및 해저지형 모형 안내시스템은 모형의 이해를 높이는 수단으로 사용된다. 독도 육상 및 해저지형 모형과 연동하여 사실적인 독도의 홍보 및 교육 효과를 증대시킬 수 있으며, 모형의 좌우측에 위치하여 사용자가 직접 능동적으로 터치모니터를 조작하여 독도의 정보를 얻을 수 있도록 한다. 독도의 육상 시설물, 독도 주변의 유명 바위들, 해저의 주요한 지형, 해양조사 시설물, 생태계 등 연구결과를 사진, 동영상, 텍스트 등의 멀티미디어 콘텐츠로 제공할 수 있어 모형에서의 공간적인 위치 인식과 함께 독도의 육상·해저에 대한 과학적인 학습자료를 제공할 수 있다.

1) 키오스크 구성

모형 안내시스템인 키오스크는 크게 다음과 같이 구성된다.

- 컨트롤 박스(PC)
- 터치모니터
- 본체
- 안내 소프트웨어

키오스크의 컨트롤 박스인 PC는 안내 소프트웨어 및 콘텐츠를 탑재하고, 모형과 연동되어 터치모니터에서의 동작 인식을 모형에 전달하는 역할을 한다. 터치모니터는 모형에 관한 다양한 콘텐츠를 화면에 나타내고 관람자가 화면에서 터치 동작을 할 수 있도록 하는 역할을 한다. 그리고 키오스크 본체는 컨트롤 PC와 터치모니터를 내장 또는 거치할 수 있는 외형함이다. 안내 소프트웨어는 모형의 다양한 사진, 텍스트 등의 콘텐츠를 터치모니터 화면으로 나타내어 관람자가 모형에 대한 이해를 하고, 화면 속의 내용을 모형으로 직접 비교 확인할 수 있도록 만든 그래픽 프로그램이다. 이와 같이 구성된 안내 키오스크는 그림 3-23과 같다.



[그림 3-23] 안내 키오스크 앞(좌)과 뒤(우)

2) 안내 내용

안내 키오스크는 독도에 대한 이해를 높이기 위하여 모형과 연동되어 모형에 대한 상세한 정보를 제공한다. 터치모니터의 화면을 터치하면 모형에는 LED 전등으로 관람자가 터치한 내용의 위치를 표시하고, 터치모니터의 화면은 그 내용을 설명하게 된다. 이러한 안내 키오스크에는 다음과 같은 내용으로 구성하였으며, 그래픽 터치 화면은 그림 3-24와 같다.

- 기관 소개
- 독도 소개
- 독도 생물
- 독도 지명
- 독도 시설물



[그림 3-24] 안내 키오스크 터치 화면

○ 기관 소개

터치화면의 기관 소개는 독도 육상 및 해저지형 모형이 설치될 한국해양연구원 동해연구소에 대한 간략한 소개 내용이다. 동해연구소의 비전, 설립 배경, 현황, 기능 및 임무, 발전 전략 등에 대한 내용을 소개하여 관람자가 모형을 견학하면서 독도에 대한 연구를 수행하는 기관에 대해 이해할 수 있도록 하였다.

○ 독도 소개

독도에 대한 소개는 관람자가 견학하고 있는 독도의 육상 및 해저지형 모형이 나타내지 못하는 기본적인 섬의 구성, 위치 등의 정보를 그래픽 화면으로 제공한다(그림 3-25). 독도 소개는 모형과 연동되지 않고, 화면을 통해서 다음과 같은 독도에 대한 개요를 열람할 수 있다.



[그림 3-25] 독도 소개 터치 화면

- 독도의 위치
 - 독도는 대한민국 최동단에 위치한 섬
 - 육지로부터의 최단거리
 - 경상북도 울진 죽변에서 동쪽으로 약 216.8km
 - 울릉도에서 동남쪽으로 약 87.4km
 - 좌표상 위치
 - 동도 : 북위 37° 14' 26.8", 동경 131° 52' 10.4"
 - 서도 : 북위 37° 14' 30.6", 동경 131° 51' 54.6"(최고위점 기준)

- 독도의 구성
 - 경상북도 울릉군 울릉읍 독도리 1~96(101필지)
 - 독도는 화산활동으로 생성된 섬으로 2개의 큰 섬(동도, 서도)과 그 외 89개의 부속도서로 구성(총면적: 187,554㎡(56,804평))
 - 동도 : 유인등대 등 대부분의 시설들이 위치하고 있는 섬
 - (높이- 98.6m, 둘레- 2.8km, 면적- 73,297㎡(22,211평))
 - 서도 : 전체적으로 험준한 원추형의 발달상태를 이루고 있으며, 사면

경사가 심하여 정상부분의 접근이 곤란함

(높이- 168.5m, 둘레- 2.6km, 면적- 88,639m²)

- 기타부속도서(89개) : 총면적- 25,517m²

- 동도~서도 사이의 해협: 폭 151m, 길이 약 330m, 수심 10m 미만

○ 독도 생물

독도 모형과 함께 독도 주변의 해양생물에 대한 이해를 돕기 위해서 ‘모형과 생물보기’와 ‘사진과 생물보기’로 구분하였다(그림 3-26).



[그림 3-26] 독도 생물 터치 화면

• 모형과 생물보기

모형과 생물보기는 모형으로 제작된 흑돔, 강치, 귀신고래, 대왕고래에 대한 다양한 사진과 설명자료로 구성되어 있다.

- 흑돔

이마에 주먹만한 혹이 나 있어서 흑돔이라고 부른다. 돔이 아니라 놀래기류에 속하지만 크고 힘이 세며 붉은빛을 띠어 돔이라는 이름이 붙여졌다. 《자산어보》에는 유어(瘤魚)라고 기록되어 있으며, 맛은 도미

와 비슷하지만 그만 못하다고 전하고 있다. 경남 통영지방에서는 앵이, 제주도에서는 웅이, 전라도에서는 딱도미, 흑도미, 거제도에서는 작은 흑도미를 솔라리라고 부른다. 일본에서는 흑돔이란 뜻 그대로의 고부다이(コブダイ) 또는 겨울돔이란 뜻의 간다이(カンダイ)로 불리우고, 중국에서는 흑을 갖고 있다는 뜻의 저류어(猪瘤魚), 용두어현(龍頭魚賢)이라고 불리우기도 한다.

온대성 어류로서 16℃ 전후의 수온을 좋아하며, 수심 20~30m의 암초지대에 주로 서식한다. 홀로 또는 짝을 이루어 생활하며 이동이 거의 없다. 밤에는 바위에 숨어 휴식을 취한다. 잡식성으로 전복, 소라, 새우, 게 등을 튼튼한 이빨로 깨뜨려 쪼아 먹는다. 산란기는 5~6월이며 수컷이 바닥에서 빙빙 돌아 암컷의 관심을 끌며 짝을 이룬다(그림 3-27).



[그림 3-27] 흑돔(자료출처 : 인터넷)

- 강치

식육목(食肉目) 강치과에 속하는 대형 해양 포유류이다. 몸길이는 2.5m 내외로, 군집을 이루어 생활한다. 낮에는 대부분 해안지대의 육지로 올라와 휴식을 취하거나 바다에 들어가 먹이를 사냥한다. 먹이는 멸치·오징어·꼼치·고등어 등 어패류이며 일부다처제이다. 좁게는 캘리포니아강치와 일본강치(*Zalophus californianus japonicus*)·남방강치·

갈라파고스강치 등이 여기에 속한다. 일본강치는 1951년에 자취를 감춘 이래 북태평양에서는 절멸된 것으로 보고 있다. 캘리포니아강치는 이 지역을 중심으로 태평양에 서식하며, 남방강치는 페루 이남의 태평양, 우루과이 이남의 대서양 연안에 분포한다. 갈라파고스강치는 갈라파고스제도 해역에 4만 마리 정도가 서식하는 것으로 알려져 있다. 독도에는 가제바위등 주변에 강치가 쉬기에 꼭 좋은 바위가 많고 난류와 한류가 뒤섞여 먹이가 풍부해 강치들의 천국이었다. 독도강치는 바다사자 무리 중에서 가장 영리하여 돌고래보다 훨씬 지능이 높고 덩치도 컸다. 그러나, 일제시대에 일본 어부들에 의해서 한 해에 많게는 3,200 마리부터 시작해, 1910년 무렵에는 2,000 마리로 줄어들고 1910년대 중반에는 한해 300여 마리로 줄어들다가 1930년이 넘어서면 한해 몇 십 마리 수준으로 떨어지고 1940년대에는 몇 마리 정도에 지나지 않게 되어 결국 독도 강치는 멸종되고 말았다(그림 3-28).



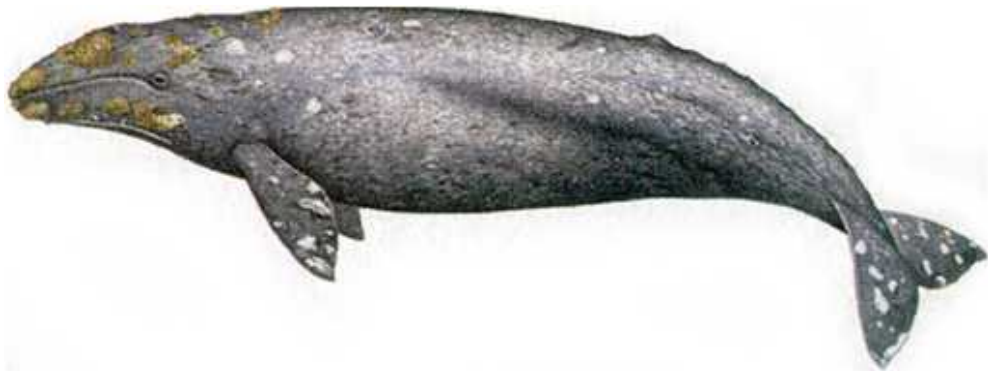
[그림 3-28] 강치(자료출처 : 인터넷)

- 참고래(귀신고래)

우리나라에 가장 많이 서식하던 것으로 알려졌던 대형고래류로서 귀신고래로 잘 알려져 있다. 영문명을 따서 회색고래라고도 부른다(학명: *Balaenoptera robusta*, 일반명: Korean Grey Whale). 크게 대서양과 태평양의 2개의 개체군으로 불려지는데, 태평양의 개체군을 한국계로 표현한다. 새끼나 배우자 고래가 위기에 처하면 끝까지 그 곁에 남아

있는 가족애로 잘 알려져 있다. 다 자란 수컷의 몸길이는 13.7~14 m이며, 암컷은 수컷보다 약간 크다. 성체의 몸무게는 27,200~36,300kg이다.

한국계 귀신고래(Gray whale in Korea)는 11월 중순에서 1월 중순경 울산 앞바다를 지나 흑산도 근해에서 번식한 후 3월에서 5월경 다시 울산 앞바다를 지나 북상하는 것으로 알려져 있다. 19세기 말부터 미국 등 외국 포경선들은 우리나라 바다에서 귀신고래를 포획했다. 1912년 미국인 앤드루스는 울산에서 귀신고래를 연구하여 '한국계 귀신고래'라 이름 붙였다. 귀신고래는 1911년부터 1964년까지 총 1,338마리가 포획됐다. 그러나 1964년 5마리의 포획을 끝으로 포획기록이 전혀 없다. 정부는 1962년 12월 3일 강원도, 경상북도, 경상남도 연안을 천연기념물 제126호 '귀신고래 회유해면'으로 지정했으나 1972년이 고래는 멸종된 것으로 보고되었다(그림 3-29).



[그림 3-29] 귀신고래(자료출처 : 인터넷)

- 대왕고래

흰긴수염고래 또는 흰수염고래라고도 부른다. 북반구에서는 몸길이 24~26m, 몸무게 약 125t, 남반구에서는 최대몸길이 33m, 몸무게 약 179t이다. 붓으로 살짝 스친 것 같은 잔무늬가 몸 전체에 흩어져 있다. 바닷속에서 헤엄치고 있는 것을 위에서 내려다보면 온몸이 청회색으로 보인다. 검은색의 수염이 있으며, 주둥이의 너비가 넓다. 호흡할 때 분기공(噴氣孔:분기가 뿜어져 나오는 구멍)으로부터 내뿜는 분기(噴氣:고래가 물 위로 떠올라 숨을 내쉬는 것)의 높이가 10~15m에 달한다. 먹이는 크릴새우(남극새우)만 먹는다. 임신기간은 1년이며, 늦가을에 새끼를 낳는다. 어린 새끼의 크기는 7m이다. 속력이 빠른 포경선이 노르웨이식 포경으로 마구 잡아들여 그 수가 크게 줄어들어 따라

1966년부터 국제조약에 의하여 포획이 금지되었다. 온대에서 아열대 해역에서 겨울을 지내고, 봄에 북태평양·북대서양·남극해를 회유한다 (그림 3-30).



[그림 3-30] 대왕고래(자료출처 : 인터넷)

- 사진과 생물보기

사진과 생물보기는 모형으로는 알 수 없는 독도의 육상 및 해양생태계에 대한 내용을 사진과 설명자료로 제공함으로써 모형을 보면서 육상 및 해양의 생태계의 이해를 돕고자 하였다. 육상생태계와 해양생태계의 전반적인 설명을 제공하고 있고, 동해의 대표적인 수산자원인 오징어와 홍게의 사진 및 설명, 독도 주변 수심 약 20m 내외에 많이 서식하는 대황, 감태, 부채빨산호에 대해 사진과 설명자료를 제공한다.

- 독도의 육상생태계

독도의 육상생태계는 독도를 번식지와 중간 휴식지로 이용하는 다양한 조류들과 독도를 뒤덮고 있는 식물들, 곤충들로 이루어져 있다. 그간 여러 연구팀에 의해 시기별로 각각 다르게 조사되었기 때문에, 다소의 차이점들이 있는데, 최근의 보고에 의하면, 현재까지 독도에서 관찰된 조류는 모두 129종으로 알려져 있다. 가장 많은 개체수를 보이는 바닷새인 팽이갈매기를 비롯해 바다제비, 습새, 매, 물수리, 고니, 흑두루미와 세계적 멸종위기종의 하나인 빨쇠오리 등의 수많은 철새들이 번식하거나 이동 중에 중간 기착지로서 이용하고 있다.

독도는 현재까지 울릉도 특산식물인 섬장대를 포함, 도깨비쇠고비 등 59종이 서식하는 것으로 보고되었으며, 각종 단체들이 그간 심어온 보리장, 동백, 섬피불, 향나무, 사철나무, 후박나무 등의 울릉도 향토수종을 포함하여 현재 약 80여종의 식물들의 보금자리가 되어있다. 독도가 육지에서 200km 이상 떨어지고, 그 면적의 제한성으로 인해 자생하는 육상포유류는 없는 것으로 보고되나, 무척추 동물인 곤충류는 딱정벌레 목 22종, 나비 목 17종, 파리 목 17종, 노린재 목 10종, 매미 목 10종, 벌 목 9종의 서식이 보고되었다.

- 독도의 해양생태계

육상생태계에 비하여 눈으로 쉽게 볼 수 없는 독도의 해양생태계는 크게 바닷물을 서식공간으로 살아가는 표영생태계와 해저면 혹은 암반을 기반으로 살아가는 저서생태계로 크게 나눌 수 있다. 다시 크기와 생태적 지위에 따라 미생물, 동·식물 플랑크톤, 어란 및 치자어, 어류, 유용성 저서동물, 대형저서동물, 중형저서동물, 해조류 등의 범주로 나뉘어 각각의 전문가들에 의해 연구되고 있다. 최근 한국해양연구원의 조사 결과에 의하면, 독도 연안의 수산자원 생물은 어류가 총 104종이며, 무척추동물, 해조류를 포함해서 전체 137종으로 나타났다. 그 중에서 대표적인 수산 생물은 흑돔, 돌돔, 벵에돔, 개볼락, 조피볼락, 볼락, 불볼락, 자리돔, 연어병치, 말쥐치, 달고기, 소라, 해삼 등이었다. 이런 유용성 자원 생물 이외에도 독도의 해양생물상은 1960년대부터 지금까지 암반생태계를 중심으로 다양한 게류, 해조류, 고둥류, 절지동물류가 순차적으로 보고되었는데, 1990년대 후반에 들어 독도에 서식하는 연체동물 중에만 밝혀진 종은 총 91종이었으며, 새우류, 집게류, 게류 등의 십각류가 33종, 갯지렁이류 32종이 서식하는 것으로 알려져 있다.

- 오징어

두족류 십완목(十腕目)에 속하는 연체동물의 총칭으로서 오적어(烏賊魚)라고도 한다. 오징어류는 모두 바다에서 살며 연안에서 심해까지 살고 있는데, 천해에 사는 종류는 근육질로 피부의 색소세포가 잘 발달하여 있어 몸빛깔을 변화시키는 능력이 있으며, 발광하는 종류들이 많다. 오징어류는 독도 주변의 수산업에서 매우 중요한 수산자원이다. 날것으로도 먹지만 마른 오징어 등으로 가공하기도 한다. 오징어류는

육식성으로 작은 물고기·새우·게 등을 먹으며, 한편 대형 어류·바다거북류·해수류 등의 먹이가 된다. 최근 해양연구원의 연구결과에 의하면 독도주변은 오징어의 산란처로서 매우 중요한 장소임이 관찰되었다(그림 3-31).



[그림 3-31] 오징어

- 감태

갈조식물 다시마목 미역과의 여러해살이 해조류로서 독도 연안에 풍부하게 해조숲을 이루고 있다. 일반적으로 점심대(漸深帶)의 깊은 곳에서 자란다. 길이는 1~2m이다. 줄기는 원기둥 모양이고 밑동은 뿌리 모양이다. 가운데부분은 굵고 어릴 때는 속이 차 있으나 다 자란 뒤에는 속이 비기도 한다. 줄기 끝에는 결잎조각을 가진 납작한 1개의 가운데잎이 달린다.

이 잎은 길이 1m 정도이고 갈색이지만 말리면 검은빛이 된다. 두꺼우며 혁질(革質:가죽 같은 질감)이고 양쪽에 깃꼴의 작은 잎이 달린다. 주로 전복과 소라 등의 먹이가 된다. 알긴산이나 요오드·칼륨을 만드는 주요 원료가 되고, 채취하여 식용으로 이용되기도 한다(그림 3-32).



[그림 3-32] 감태

- 대황

갈조식물 미역과의 해조류로서 조간대 하부에서 서식하며 다시마 대용으로 식용된다. 감태와 비슷한 형태를 가지나 줄기 끝이 Y자로 갈라진다. 여러해살이 해조류로 2년째의 가을(10~11월)에서 겨울에 걸쳐, 잎의 양면에 포자낭반(孢子囊斑:sporangial sorus)을 형성하여 유주자(遊走子)를 내보내어 번식한다. 이후 유주자를 내보낸 잎은 녹아버리고 다시 새잎이 형성되며, 봄이 되면 어린 개체가 나타난다. 식용으로 이용할 수 있고 곰피 또는 감태 등과 함께 다시마 대용으로도 사용된다. 알긴산의 원료로도 이용되며 요오드, 칼륨 등의 무기질을 다량 함유하고 있다. 주로 한국(울릉도·독도)과 일본에 분포하며 수심10m이내의 조간대 하부 암반지역에 서식한다(그림 3-33).



[그림 3-33] 대항

- 부채뿔산호

자포동물문, 뿔산호과에 속하며 길이는 대개 600mm, 너비는 500mm이 나 이를 넘는 경우도 있다. 형태는 적색의 작은 군체인데 백색의 껍질 모양의 해면으로 덮혀 있다. 아래 끝의 기는 뿌리의 반상(盤狀)을 하고 바위에 부착하며 주축개충이 줄기 모양으로 위로 뻗어 있고 그 변두리에 옆개충이 나선상으로 붙어 있는데, 이 옆개충은 2~3차로 나누어진 모양의 군체로 되어 있다.

국내의 주요 서식지는 제주도로서 수심 30m에 까지 분포하는 것으로 알려져 있는데, 독도연안에서 발견된 산호 군락은 전체 크기가 가로 10m, 세로 3m 정도의 부채뿔산호이며, 독도 서도의 남쪽 코끼리 바위 주변 수심 3~6m에 서식하고 있다. 산호 군락이 발견된 바다의 최대 수심은 11m 정도로, 코끼리 바위 동굴을 통해 해류의 소통이 원활한 곳이다(그림 3-34).



[그림 3-34] 부채빨산호

- 홍게

절지동물 십각목(十脚目) 물맛이게과의 갑각류로서 수컷의 갑각길이는 약 122mm, 갑각너비 약 130mm, 암컷은 갑각길이 약 75mm, 갑각너비 약 78mm로서 생식은 난생이다. 서식장소는 깊이 30~1,800m의 진흙 또는 모래 바닥이며, 분포지역은 한국·일본·캄차카반도·알래스카주·그린란드 주변으로 알려져 있다. 붉은 대게는 겉모양은 대게와 거의 흡사하지만 온몸이 강렬한 붉은 빛을 내뿜어 그 차이를 쉽게 구별할 수 있다.

독도 주변 심해역은 홍게의 서식처로서 중요한 해역으로, 독도 주변 중간수역(中間水域·1999년 발효된 신 한일어업협정에 따라 두 나라가 공동으로 어자원을 관리하도록 한 배타적 경제수역의 바깥 바다)을 중심으로 홍게를 잡는 두 나라 어민들은 어자원 보호 등을 위해 2002년 8월 첫 '신사협정'을 맺었다(그림 3-35).



[그림 3-35] 홍게

○ 독도 지명

독도 지명은 독도 모형과 연동되어 터치모니터에서 그림 3-36과 같이 독도의 주요 지명 11곳을 관람자가 터치를 하면, 터치된 지명은 모형에서 LED가 규칙적인 시간 간격으로 점등하게 되어 그 위치를 확인할 수 있다. 그리고 터치모니터에는 그 지명에 대한 상세한 설명과 사진 자료 등이 제공되게 된다(그림 3-37).



[그림 3-36] 독도 지명 터치 화면



[그림 3-37] 독도 지명 설명 화면

그리고 독도 모형과 연동되어 터치되는 지명 11곳에 대한 설명은 다음과 같다.

- 가제바위
‘가제(강치)’가 서식하던 지역의 바위를 현지 어민들이 구전으로 불러온 바위 명칭으로, 가장 큰 바위를 ‘큰 가제바위’로, 두 번째 큰 바위를 ‘작은 가제바위’로 불러온다.
- 탕건봉
서도 북쪽 끝부분에 높게 솟은 세로 줄무늬의 '주상절리'는 남자들이 머리에 쓰는 '탕건'을 닮았다하여 탕건봉이라 불리어진다. 이 바위 봉우리는 멀리서도 바라볼 수 있다.
- 삼형제굴바위
서도 북동쪽 탕건봉 맞은편에 위치하고 있으며, 침식작용에 의해 만들어진 세 개의 굴은 머리를 맞댄 세 명의 의좋은 형제의 모습과 닮았다

고 하여 붙여진 바위 명칭이다.

- 촛대바위

동도와 서도의 중간에 위치하고 있으며, 촛대처럼 뽕족한 모양에서 유래된 명칭이다. 보는 시각에 따라 출전을 앞둔 장군의 긴장된 얼굴모습을 하고 있다고 하여 '장군바위'라고도 불리어지는 바위이다.

- 코끼리바위

서도 남서쪽에 위치하며, 코끼리가 물을 마시는 형상이 독특한 모양에서 유래된 바위 명칭이다.

- 군함바위

서도 서쪽에 위치하며, 군함과 같은 독특한 모양에서 어민들에게 구전되어 불려지고 있는 바위 명칭이다.

- 물골

서도 북쪽에 위치하며, 독도의 유일한 자연샘물인 물골은 지표수가 흘러 하루 약 1,000리터 정도의 물이 고이고 있으며, 갈매기의 분비물과 바닷물의 유입만 차단한다면 식수로도 충분히 사용이 가능한 곳이다.

- 독립문바위

동도의 최동단에 위치해 있으며, 독립문처럼 생겼다하여 '독립문바위'라 불리어지며, 독도의 대표적인 '해식아치'이기도 하다.

- 한반도바위

동도 북단에 위치한 한반도바위는 순수 야생초와 억새들이 자연적으로 바위에 한반도 모양을 형성함으로써 독도 스스로 자신이 한반도의 일부임을 나타내고 있다.

- 부채바위

남측에서 바라보면 마치 부채를 펼친 모양이라 하여 현지 어민들에 의해 구전으로 불리어 온 바위 명칭이다.

- 닭바위

서도의 어민숙소에서 바라보면 닭이 알을 품고 있는 모습과 흡사하여 '닭바위'라 불리고 있는 바위 명칭이다.

○ 독도 시설물

독도 지명과 마찬가지로 독도 시설물은 독도 모형과 연동되어 터치모니터에서 그림 3-38과 같이 독도의 주요 시설물 9곳을 관람자가 터치를 하면, 터치된 시설물은 모형에서 LED가 규칙적인 시간 간격으로 점등하게 되어 그 위치를 확인할 수 있다. 그리고 터치모니터에는 그 시설물에 대한 상세한 설명과 사진 자료 등이 제공되게 된다.



[그림 3-38] 독도 시설물 터치 화면

독도 모형과 연동되는 시설물에는 동도 및 서도에 세워진 건축물과 해양 연구의 이해를 돕기 위해 모형화 된 해양관측시스템을 포함하여 9곳이며 그에 대한 설명은 다음과 같다.

- 독도유인등대

경상북도 울릉군 울릉읍 독도리 30-3번지에 위치한 독도 등대의 정식

명칭은 항로표지관리소이다. 독도 등대는 1954년 8월 15일에 무인등대로 점등되어 1955년 7월 8일에 신등대가 세워졌고, 1972년 12월 해양수산부에서 동도에 우리나라 최초로 태양전지 무인등대를 설치하여 운영하였다. 그 후 독도주변해역 조업어선의 항해안전을 위해 항로표지기능을 보강하여 1998년 12월 10일 유인등대로 기능을 강화하였다. 현재는 포항지방해양항만청에서 관리하고 있으며 등대관리원(항로표지관리원) 6명이 3명/1개월씩 교대 근무를 하고 있다.

- 헬기장

독도 경비대의 헬기장은 인력 수송 및 응급 환자가 발생할 경우에 헬기의 이착륙을 위한 곳이다. 잦은 폭풍주의보 등으로 헬기이용에 어려움이 있지만, 동도의 좁은 공간에서 근무하는 경비대원들의 체력단련을 위한 공간으로 활용되기도 한다.

- 경비대청사

1956년 4월 8일 창설된 독도 경비대는 경상북도 울릉군 울릉읍 독도리 30-2번지에 소재하고 있으며, 울릉경찰서장 책임 하에 1개 소대(약 37명) 규모가 독도 주변 경비 업무를 담당하고 있다. 이들 독도 경비대원들의 숙소로써 1동(내부반 250m², 체력 단련실 85m²)으로 구성되어 있다.

- 접안시설

독도 관광 여객선이 접안하는 동도의 접안시설은 500톤급 경비함정 접안이 가능하여 보급품 수송이 원활해졌으며, 접안시설 준공비에는 "대한민국 동쪽 땅끝, 휘몰아치는 파도를 거친 숨결로 잠재우고 우리는 한국인의 얼을 독도에 심었노라"라는 글이 새겨져 있다.

- 어민숙소

1997년 11월 24일에 신축된 어민숙소는 1동(118.92m²)으로 울릉군 울릉읍 독도리 20-2번지에 소재하고 있으며, 독도 주변해역의 어업활동을 하는 어민과 학술조사활동을 하는 연구자들의 긴급대피 및 숙박 시설로 이용되고 있다. 현재 김성도·김신열 부부가 살고 있으며, 2008년 4월 21일부터 울릉군 독도관리사무소 직원 2명이 파견되어 상주하고 있다.

- 해양과학기지

서도 북동쪽 약 900 m 떨어진 수심 약 45 m 지점에 설치될 예정이며, 현재 운영 중인 이어도해양과학기지(면적 약 400 평, 높이 약 36 m)보다 규모 및 기능면에서 확대되어 제작될 예정이다. 종합해양과학기지에서는 ① 지구기후변화에 대한 장기 모니터링, ② 적중률 높은 기상, 해상예보를 위한 관측자료의 제공, ③ 예보의 정확성 향상으로 인한 자연재해 최소화, ④ 동해의 해양현상, 지구조 연구 등 다목적 연구의 효율화 및 극대화, ⑤ 동북아시아 해양관측시스템의 효율적인 운영 및 한국의 주도적 참여 등의 기대효과가 예상된다.

- 부이

동도 동쪽 약 3.2 km 떨어진 수심 약 139 m 지점에 설치된 지름 약 2.4 m, 총 높이 약 5.5 m(해수면 아래 부분 포함)의 황색 망대형 기상/해양 장기 관측 부이시스템이다. 독도 주변해역을 장기간 연속적으로 모니터링하여 해양에 대한 주기적인 변화양상을 분석하고 향후 모델링 등을 통한 변동성 예측을 목적으로 하고 있다.

- 온누리호

온누리호는 해양을 탐사하기 위한 연구목적으로 제작된 선박으로 길이 63.80m, 폭 12m, 국제총톤수는 1,422톤으로 승선인원은 연구원 25명, 승무원 15명이 승선할 수 있다. 온누리호에는 최첨단 항법장치와 위치고정장치(Dynamic Positioning)를 이용하여 일반선박 및 타 연구선에서는 운용할 수 없는 무인잠수정을 안전하게 운용할 수 있으며, 다양한 해양탐사장비가 설치되어 있어 석유, 가스 또는 광물자원탐사, 수심별 온도, 염분, 유속 등을 측정할 수 있을 뿐만 아니라 해저면 수심을 정밀하게 측정하여 해저면 영상을 3D로 만들 수 있는 능력을 가지고 있다.

- 해미래

심해해양과학 조사용 6,000m급 심해 무인잠수정(ROV: Remotely-Operated Vehicle)으로 4자유도 운동제어를 이용하여 수중로봇팔과 높은해상도의 카메라를 이용한 정밀 수중작업과 시료(생물체, 광석, 코어, 해수)채취 기능을 수행하며, 관성 초음파 복합 항법시스템등을 이용하여 정확한 탐사지점으로 이동 및 복귀할 수 있는 능력을 가지고

있다.

크기는 3.3m × 1.8m × 2.2m 이며, 무게는 공기중에서 3,660kg에 달하며 수중에서는 부력계 조절에 의해 0부력으로 수중에서 원활하게 이동할 수 있게 설계되었다(그림 3-39).



[그림 3-39] 해미래

다. 설치 단계

독도 육상 및 해저지형 모형의 설치 단계에서는 육상 및 해저지형, 단품 모형물, 안내 키오스크 등 제작 단계에서 제작된 모형물들을 조립하는 단계이다. 모형은 한국해양연구원 동해연구소에 설치되었다.

먼저 모형을 거치할 지름 3.2m의 크기의 철판 원형 전시대를 제작하고, 그 전시대 위에 모형을 설치하였다. 그리고 전시대 외부에는 인조 대리석을 제작하여 현장에서 설치하였다. 전시대 주위에는 핸드 가드레일을 제작 설치하여 관람자의 접근 거리를 일정하게 유지하도록 하였다. 그리고 모형의 특성상 해저지형이 잘 보이면서, 관람자의 불필요한 접촉을 막기 위하여 모형의 주위에 8T 강화유리를 제작 설치하였다. 또한 해수면을 표현하기 위해 지름 3.2m 반원 크기의 8T 강화유리를 설치하였다(그림 3-40).



[그림 3-40] 독도 육상 및 해저지형 모형 설치

라. 완성 및 보완 단계

독도 육상 및 해저지형 모형의 완성 및 보완 단계에서는 설치된 모형의 최종적으로 점검하고 제작 및 설치 단계에서 할 수 없었던 작업을 수행하였다.

최종적으로 독도의 육상 및 해저지형의 지질상을 나타내는 색채 작업을 보완 작업하였으며, 해저퇴적상 표현을 위한 작업을 보완하였다. 그리고 독도와 그 주변의 파도의 효과 등을 해수면 위에 표현하여 현실감을 더하였다. 그림 3-41은 완성된 독도 육상 및 해저지형 모형물이다.



[그림 3-41] 독도 육상 및 해저지형 모형 완성

3. 요약 및 결론

현재까지 독도에 대한 홍보매체로써의 모형은 해수면 위에 드러나 보이는 동도와 서도, 즉 독도 육상에 대한 지리 및 지명에 대한 콘텐츠가 대부분이었다. 특히 해양과학을 기반으로 하는 독도 주변 해양에 대한 홍보 및 학습

을 위한 콘텐츠가 부족한 실정이었으며, 해양환경을 종합적으로 이해할 수 있는 입체적이고 사실적인 매체가 미비하였다.

따라서 본 연구에서는 독도의 환경특성조사 자료를 효과적으로 활용하여 과학적인 자료를 기반으로 한 독도의 육상 및 해저 공간을 모형화 함으로써 해양공간에 대한 이해를 증대시키고자 하였다. 이러한 목적으로 본 연구에서 제작된 독도 육상 및 해저지형 모형의 규격을 요약하면 다음과 같다.

- 축척 : 1/1,000
- 전체 직경 : 3.5m
- 모형 직경 : 3.2m
- 모형 높이 : 1.1m
- 표현 수심 : 독도 주변 해역 약 80m

이 모형은 독도 및 독도 주변 해저 지형을 실제로 형상화한 국내 최초의 모형으로서 동·서도 및 해저 지형은 과학적인 자료를 기반으로 제작하여 가장 실제와 가까운 모형이라 할 수 있다. 그리고 독도 연구결과를 공간적으로 쉽게 이해할 수 있도록 독도의 지형 및 해양생태계 특성을 표현하였으며, 연구조사선, 관측부이, 심해잠수정 등 실제로 독도 주변 해역에서 연구를 수행하는 첨단 해양탐사 장비들을 모형화 함으로써 독도 주변의 해양연구에 대한 이해를 높이고자 하였다.

독도 육상 및 해저지형 모형을 통하여 실제 해저 지형을 눈으로 직접 확인함으로써 독도의 미래 공간 가치를 창출할 수 있도록 해양영토에 대한 인식을 재조명할 수 있는 기회가 될 것으로 기대한다. 독도의 육상뿐만 아니라, 해저 지형의 공간적 구조를 한눈에 파악함으로써 독도의 지속가능한 미래연구에 대한 이해를 증대시키는데 이바지 할 것이다. 그리고 독도 주변의 해저 지형 구조 및 해양생태계 등을 모형화 한 것은 연구자 뿐만 아니라 대국민 홍보 및 교육효과를 최대화하고 과학적인 이해를 대폭 증대시킬 것으로 기대한다.

IV. Lidar(독도 지형 스캔 시스템 구축)

1. 개요

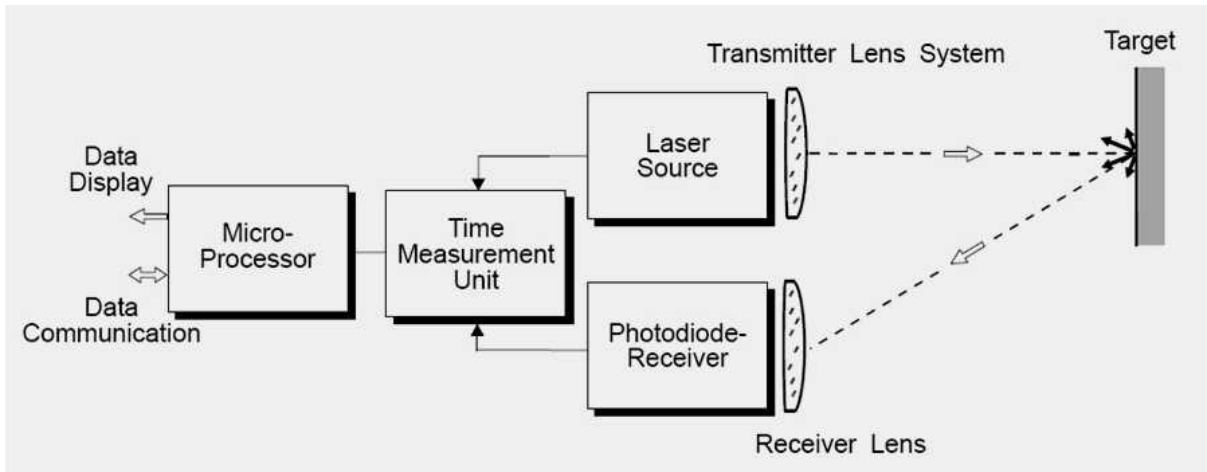
본 장비는 동해연구소 연구기반 구축사업과 공동으로 구매하였다.

가. 구성

- 지상라이다는 스캐닝 방식의 3차원 좌표 관측 장비로서 기존의 토탈스테이션의 1점 기준 방식을 탈피하여 관측 대상물의 표면에 조밀한 간격으로 무수히 많은 레이더광선을 주사하여 얻은 물체의 3차원 좌표값(x, y, z)인 점 데이터와 목표물에 반사되는 레이저 광선의 반사강도를 이용해 대상물의 형태를 직관적으로 취득하는 첨단 레이저 측량장비이다.

- 지상라이다의 원리는 근적외선 또는 가시광선 파장대의 레이저를 송신하고 물체에 반사되어 돌아오는 레이저를 수신하여 거리를 측정하고, 거리 측정과 동시에 레이저 빔의 수평, 수직각을 정밀히 측정하여 이를 3차원 좌표로 환산하는 것이다.

- 3D 레이저 스캐닝의 거리측정 방식은 삼각측량방식과 시간차방식이 있는데 본 연구에서는 레이저를 대상물에 발사한 후 레이저가 반사되어 돌아오는 시간차를 계산하여 위치를 결정하는 방식인 시간차 방식을 이용하였다.

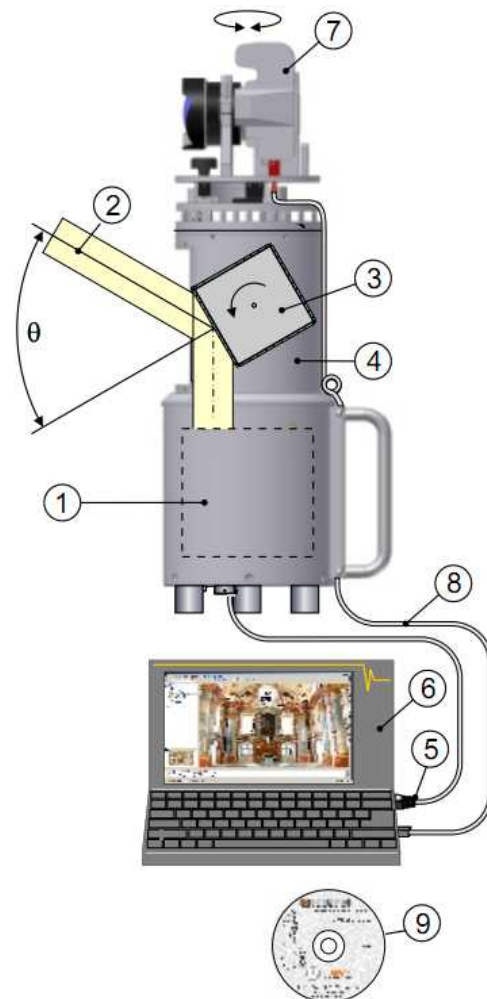


[그림 4-1] 시간차 방식

- 본 연구에 사용된 지상라이다인 RIEGL의 LMS-Z420i 광대역 레이저 스캐닝 시스템은 높은 성능의 장거리 3D 레이저 스캐너와 광범위하고 다양한 작업능력을 가진 RiSCAN PRO 소프트웨어, 그리고 세밀한 부분까지 정밀하게 표현하는 고해상도 디지털 카메라로 이루어져 있다.

- 이 장비는 자동 및 반자동으로 넓은 범위 및 화각을 조절하여 신속하게 스캔 데이터와 이미지 데이터를 얻을 수 있고, 이렇게 얻은 데이터는 깊이 정보가 있는 Orthophoto(교정데이터) 또는 삼각표면 텍스처와 같은 자료를 형성한다.

나. 작동원리



[그림 4-2] 라이다의 구조

① Range finder electronics:

고속스캐닝(레이저의 빠른 반복, 신호의 빠른 처리, 데이터의 고속 인터페이스)을 위해 최적화

② Laser Beam:

Laser Beam의 Line scan 시 수직의 편차는 Polygon에 의해 조절

③ Polygon:

여러 개의 반사하는 면으로, 80°까지 스캔하기 위해 Polygon은 조절할 수 있는 속력으로 계속해서 순환하며, 낮은 스캔비율 또는 작은 스캔 각을 위해 선형으로 상하로 움직임

④ Optical head:

360°로 회전하여 수평스캔

⑤ TCP/ IP Ethernet Interface, ⑥ Laptop:

스캔 데이터(Range, Angle, Signal Amplitude, Timestamp)는 TCP/IP Ethernet Interface를 통하여 Laptop에 전달

⑦ Camera, ⑧ USB/ firewire interface:

카메라 데이터는 USB/ firewire interface를 통하여 Laptop에 전달

⑨ The RiSCAN PRO software:

센서 환경설정, 데이터 취득, 데이터 시각화, 데이터 조작, 데이터 파일보관 등 작업 수행

2. 사용법

가. 탐사방법

- 좌표 시스템은 사용자가 상대좌표 시스템(Scanner's own coordinate system (SOCS)/Project coordinate system(P RCS))과 절대 좌표 시스템(Global coordinate system(GLCS))중 작업 할 좌표 시스템을 먼저 선택하고 작업을 수행한다.

- 상대 좌표는 스캔 한 포지션 (0,0,0)을 좌표계로 사용한다.

- 절대 좌표는 지역 좌표계, 국가 좌표계, 세계 측지계 등의 다양한 좌표 시스템을 이용할 수가 있다.

• 절대 좌표 시스템(GLCS)는 광파기, 토달 스테이션, GPS(Static, RTK), Network RTK, Known Point 등을 이용할 수가 있다(본 연구원에서는 RTK를 이용하여 절대좌표를 얻는다).

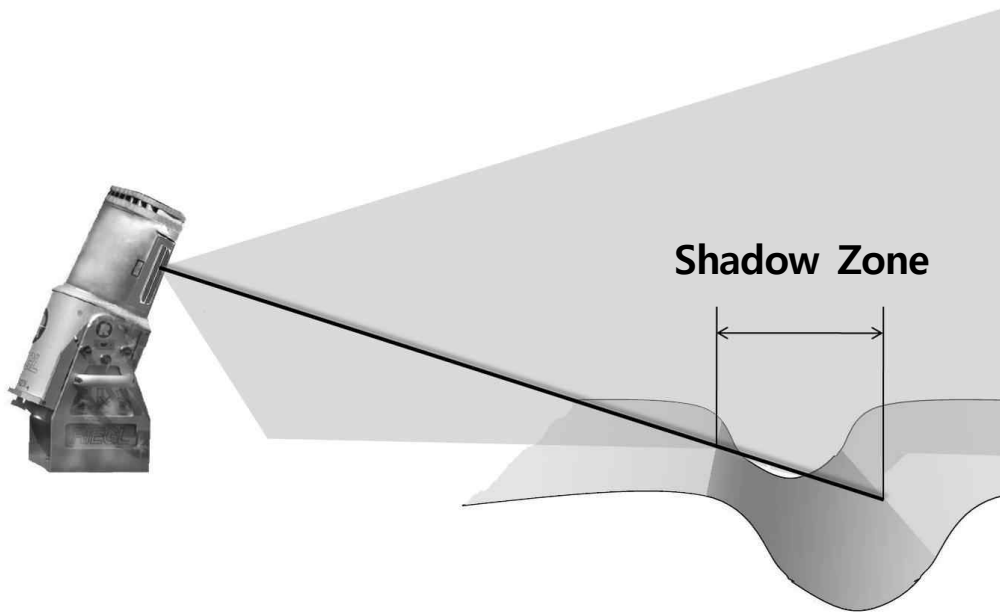


[그림 4-3] RTK GPS

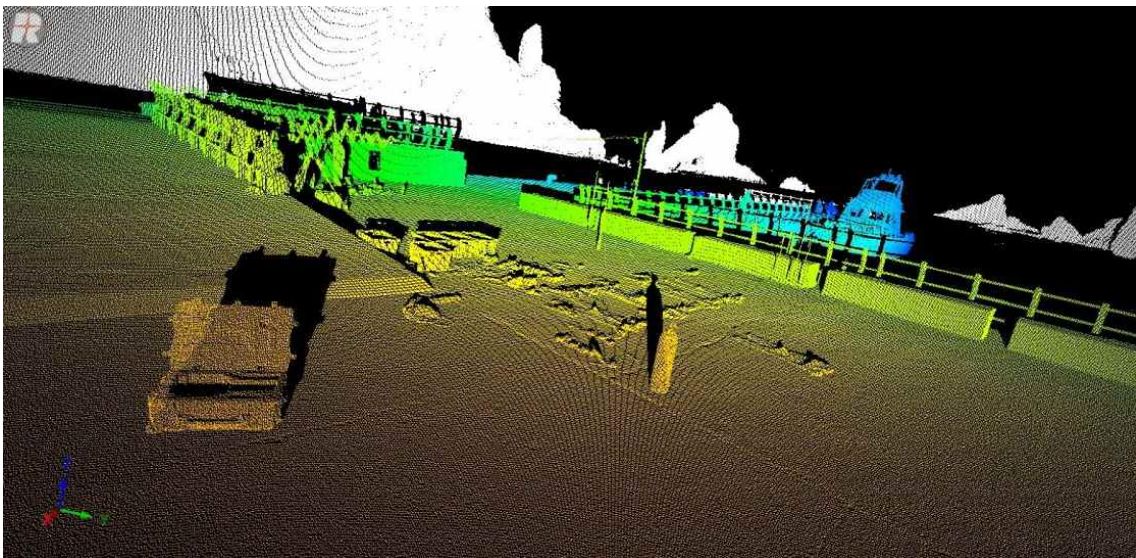
• 매질의 성분 및 수분포함 여부에 따른 레이저 펄스에 대한 반사강도가 다르므로 고려하여 측정한다.

• GPS를 이용할 때는 절대 좌표(GLCS)의 높이 값(Hieght, Z)을 보정(Calibration)하기 위하여 사이트 마다 Known Point(이미 알고 있는 점)와 최소 3~5점 이상의 점들과 Site Calibration 하여야 높이 정보를 신뢰 할 수 있다. Site Calibration을 하지 않았을 때는 지오이드(Geoid)나 타원체(Ellipsoid)로 나온다.

• 경사도 및 굴곡 정도에 따라 관측거리와 스캐닝 간격 등을 조절하여 관측지점을 선정한다(그림 4-4와 같은 지형적인 Shadow Zone은 물론이며, 사람과 유동적인 물체에 의한 Shadow Zone에도 유의한다).



[그림 4-4] 지형에 의한 Shadow Zone



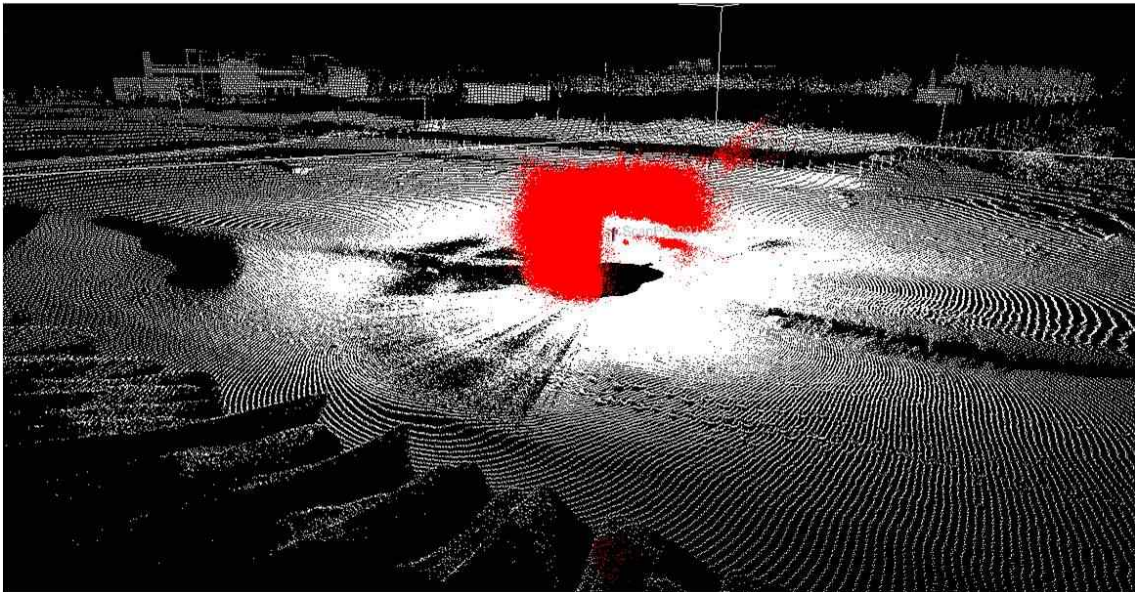
[그림 4-5] 장비 및 기타 물품에 의한 Shadow Zone

- 탐사영역의 평균해상도를 결정한다.
- 스캐너의 높이와 경사도에 따른 수평, 수직 스캔비율을 조절한다.

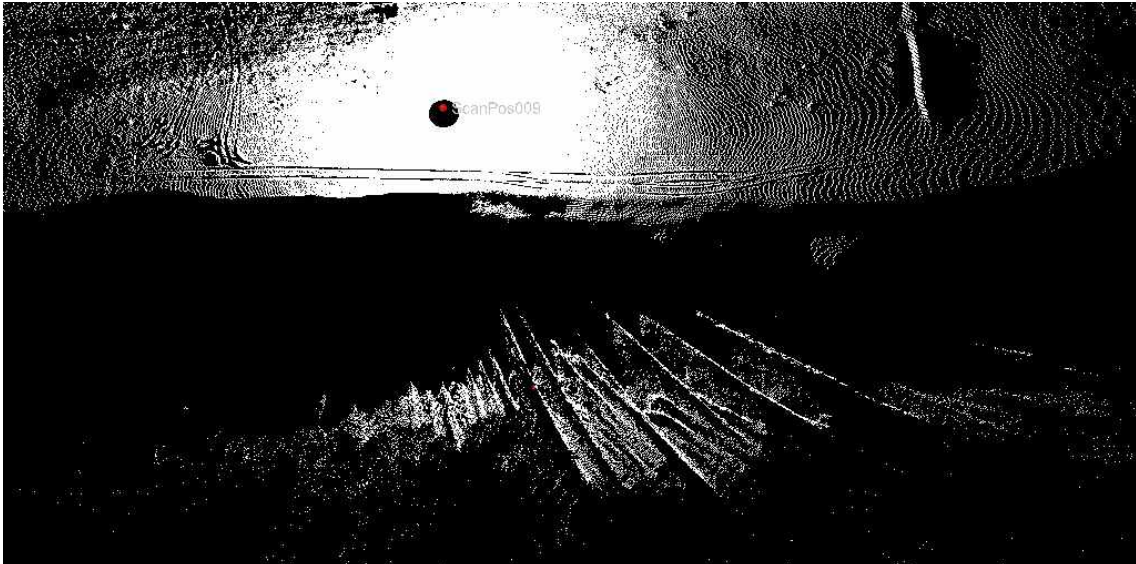
나. 처리방법

- RIEGL 후처리 프로그램인 RiSCAN PRO를 이용하여 절대 좌표를 각 스캔 위치에 입력하여 상대 좌표인 스캔 데이터를 절대 좌표로 변환 시켜 준다.

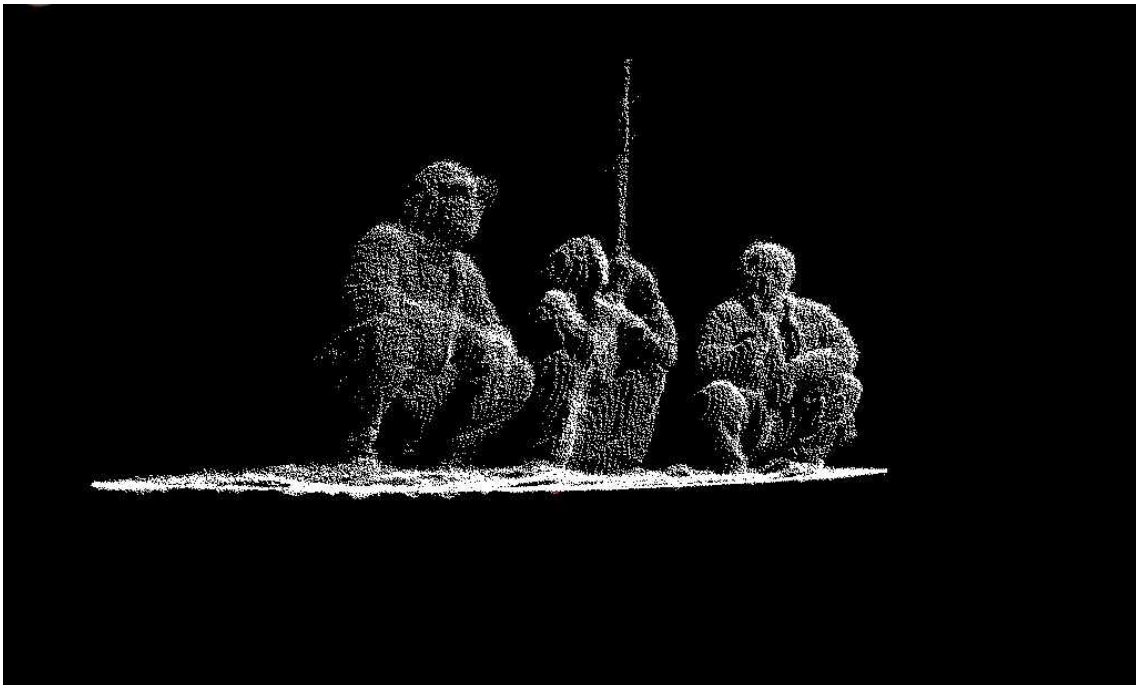
- 후처리의 정확도를 높이기 위하여 각 스캔 데이터의 Noise(새, 먼지, 안개, 자체진동 및 주변의 진동, 탐사범위를 넘어간 구역 및 수면의 난반사에 의한)를 제거한다.



[그림 4-6] 기상상태에 의한 Noise 예

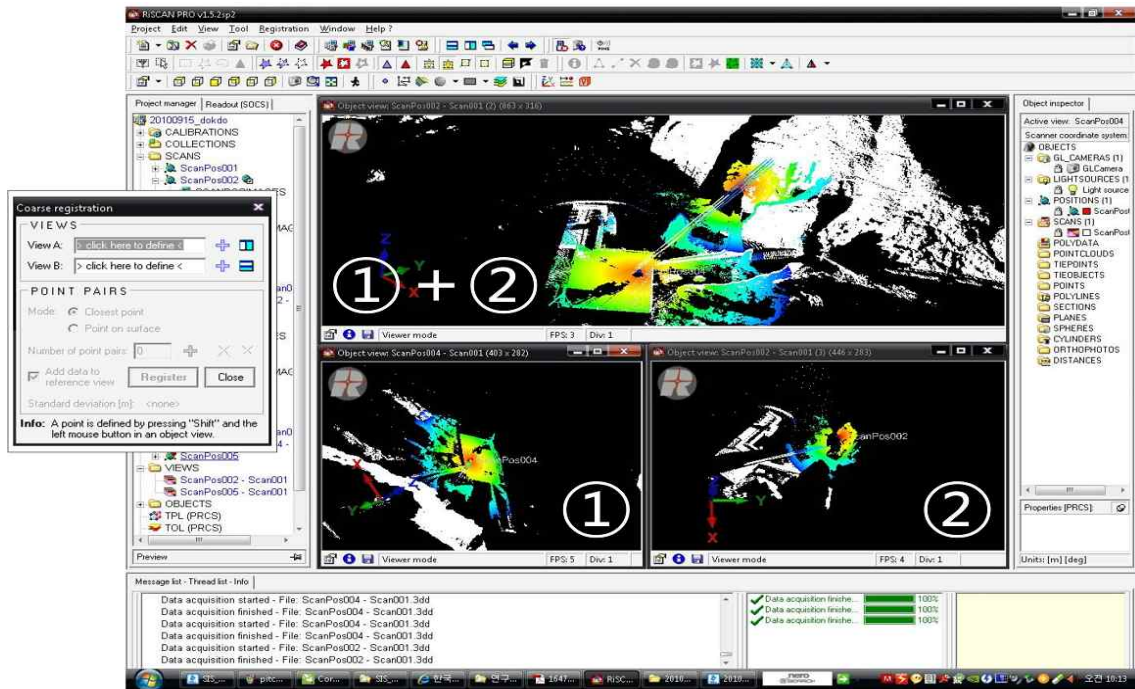


[그림 4-7] 수면의 난반사에 의한 Noise 예



[그림 4-8] 유동 가능한 사람(물체) Noise 예

- 모든 스캔 포지션을 절대 좌표로 변환 시키고 noise를 제거 한 후 MSA(Multi Station Adjustment)를 이용하여 모든 포지션을 정합(Align)해준다. 앞서 입력한 절대좌표의 값이 정확할수록, 쉽고 정확하게 정합 할 수 있다.



[그림 4-9]스캔 포지션 데이터 정합

- 정합된 모든 포지션을 병합(Combine)을 시켜 준다.
- 병합된 모든 측정 포인트를 연구 목적에 맞게 원시 포인트를 샘플링 (Sampling), 필터링(Filtering) 시켜준다.

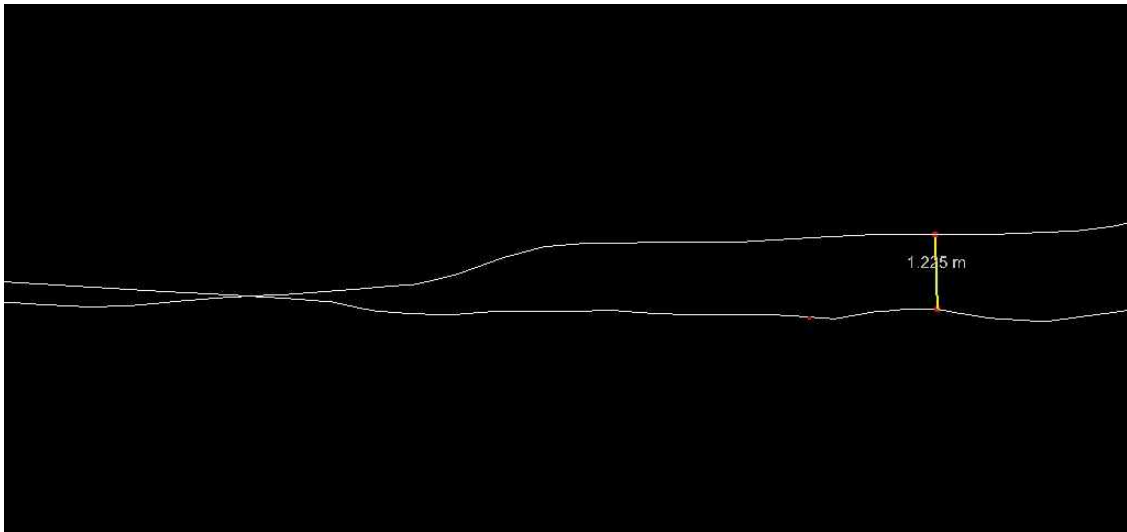


[그림 4-10] 정합된 포지션을 하나로 병합시켜 불필요한 데이터 삭제

- 필요에 따라 삼각면 만들기, 등고선추출, 벡터드로잉, 편차분석, 거리/각도측정, 레벨변환, 볼륨, 면적계산, OrthoPhoto(교정데이터) 생성, Geometry 생성, 파노라마 이미지 생성, 데이터 최적화, 동영상 제작, 고해상도 화면 이미지 생성 등의 작업을 수행한다.

3. 활용방법

- 부피값을 모니터링 하여 변화를 나타낼 수 있다.
- 같은 지역의 단면을 모니터링 하여 단면의 높낮이 변화를 알 수 있다.



[그림 4-11] 단면의 비교

- dxf, txt, las 등으로 추출 되므로 다른 프로그램과 연동하여 자료처리가 가능하다.
- 이 외에도 채광업, 건축물 외형조사, 구조물 조사, 유적조사, 모니터링, 도시모델링 등 목적에 따라 여러 분야에 활용 가능하다.

V. 쌍안실체현미경(독도 생물 현미경 분석 시스템 구축)

1. 개요

본 장비는 동해연구소 연구기반 구축사업과 공동으로 구매하였다.

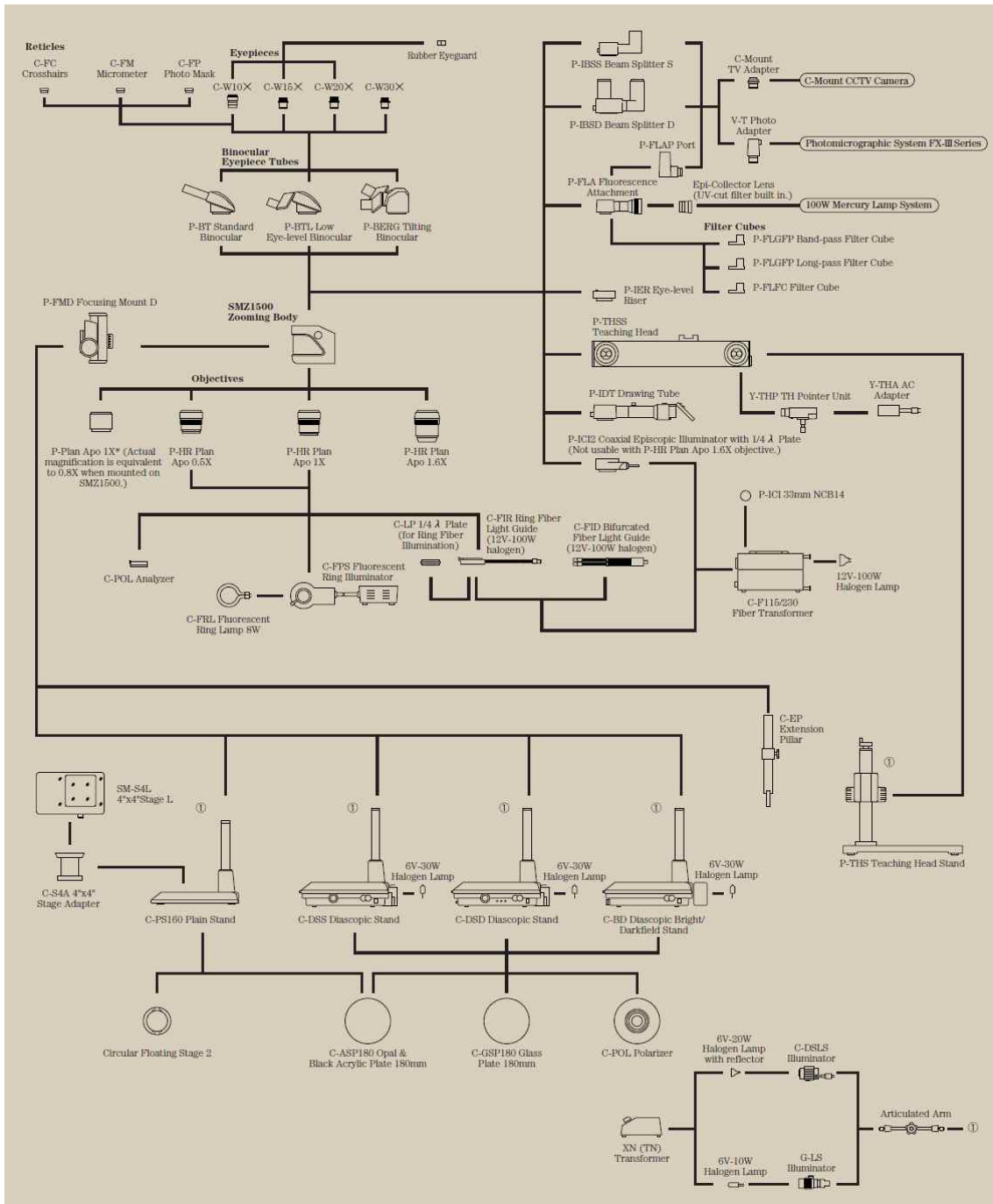
가. 제품명 : Stereo Microscopes_ SMZ1500



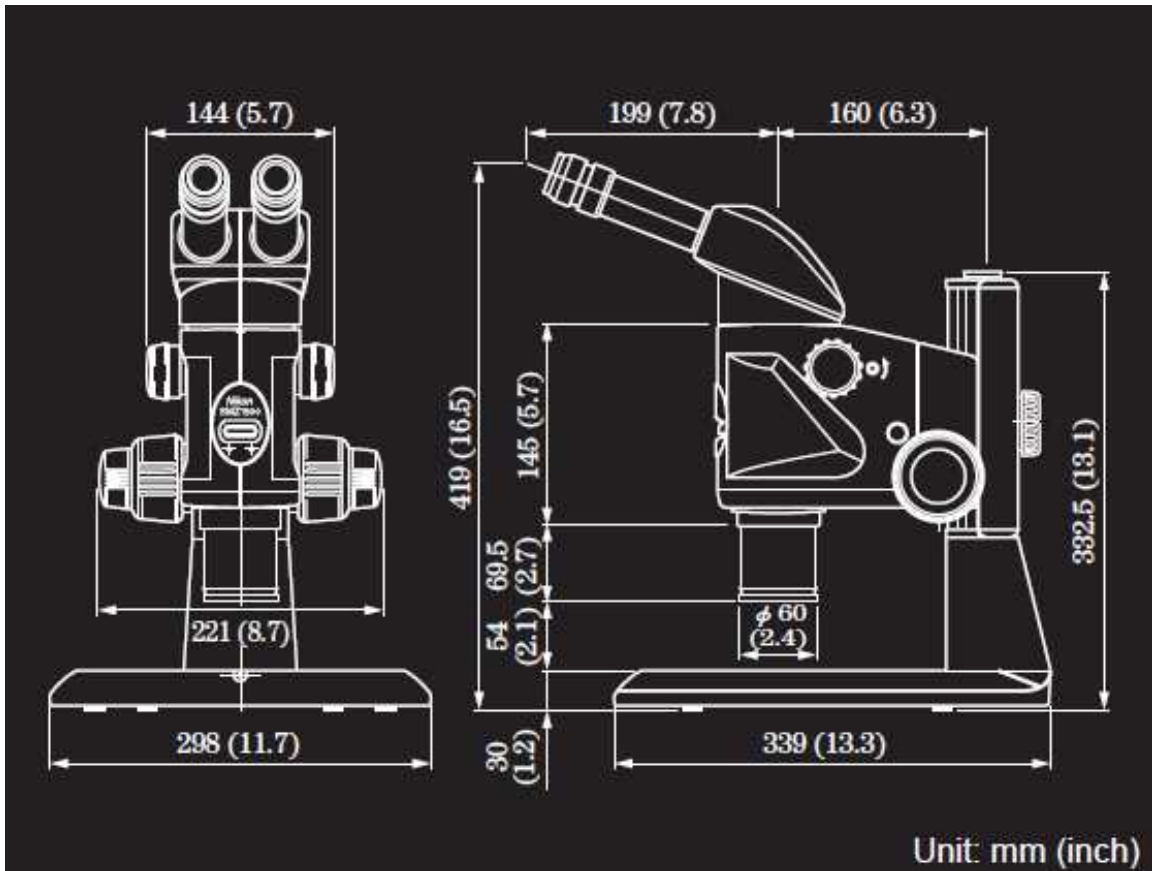
[그림 5-1] CCD 카메라가 장착된 쌍안실체현미경 'SMZ-1500'

[표 5-1] NIKON SMZ1500 기본 사양

- * Model : NIKON (SMZ1500).
- * Optical system : Parallel-optics zoom system.
- * Total Magnification :
 - 7.5x ~ 112.5x(3.75X ~ 540X (Depending on eyepiece and objective used.)
 - (When coaxial episcopic illuminator is attached : 5.6X ~ 506X).
- * Eyepiece tubes : P-BT Standard Binocular, P-BTL Low Eye-level Binocular, P-BERG Tilting Binocular.
- * Eyepiece inclination :
 - 20도 (Standard Binocular and Low Eye-level Binocular), 0도 ~ 30도 (Tilting Binocular).
- * Interpupillary distance adjustment : 48 ~ 75mm (1.9 ~ 3.0 in.).
- * Eyepieces (with diopter adjustment) :
 - C-W10X (F.N. 22), C-W15X (F.N. 16), C-W20X (F.N. 12.5), C-W30X (F.N. 7).
- * Zoom Range :
 - 0.75X-11.25X, (Zoom ratio: 15 : 1).
- * Objective lens :
 - P-HR Plan Apo 0.5X, 1X, 1.6X; P-Plan Apo 1X.
- * Working distance : Please refer to the table at left..
- * Illumination systems :
 - P-ICI2 Coaxial Episcopic Illuminator (12V-100W halogen) (Intermediate magnification is 1.5X.),
 - G-LS 6V-10W Illuminator (with Articulated Arm),
 - C-DSLS 6V-20W Illuminator (with Articulated Arm),
 - C-FPS Fluorescent Ring Illuminator,
 - C-FIR Plastic Fiber-optic Ring Illuminator (12V-100W halogen),
 - C-FID Plastic Fiber-optic Bifurcated Illuminator (12V-100W halogen).
- * Stands :
 - C-PS160 Plain Stand, C-DSS Diascopic Stand,
 - C-DSD Diascopic Stand, C-BD Diascopic Bright Darkfield Stand,
 - P-THS Teaching Head Stand, Large Stage Stand.
- * Photomicrographic / CCTV system : Nikon Photomicrographic System FX-III Series or CCTV camera can be attached through Beam Splitter and Adapter.
Photo-tube beam-split ratio: please refer to the table on page 15.
- * Power consumption :
 - Diascopic stands: 80W,
 - C-FPS115 Fluorescent Ring Illuminator: 24W,
 - C-FPS230 Fluorescent Ring Illuminator: 16W,
 - Fiber Transformer: 135W.



[그림 5-2] SMZ-1500 구성도



[그림 5-3] 기본 사양의 각 부위별 크기

나. 주요특징

- 정확한 이미지 관찰을 위한 Coarse/Fine 초점 조정 Knob
- Epi-Fluorescence(형광) 장치 장착 가능
- 최고의 높은 Zoom배율 15X 제공
- 최적의 초점심도를 구현한 조리개 내장
- 디지털 카메라와 CCD카메라를 연결할 수 있어 이미지를 저장, 편집, 분석, 측정에 유용하며 모니터를 통해 동시 관찰 가능
- FPD(LCD, PDP, OLED, Film 등), 전자부품, 금속부품, 식물, 광물질 및 생물세포와 같은 다양한 측정물 검사에 이상적
- 실체현미경으로써는 세계 최대 줌 배율(1:15)을 가지고 있어서 보다 넓은 줌 대역에서 사물을 관찰할 수 있음, 렌즈 교환 불필요한 15배 줌 (0.75~11.25X)



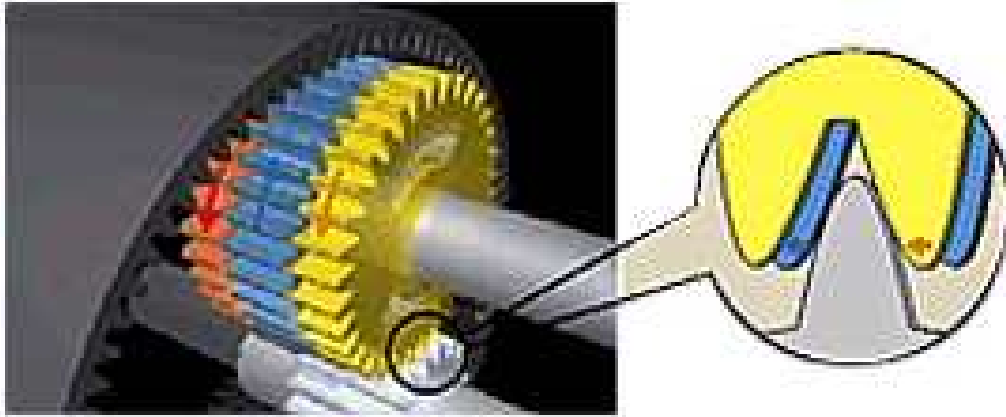
[그림 5-4] 대물렌즈 배율조절기 및 주요 배율별 이미지 예시

- 동축의 조동 미동 나사를 적용하여 SMZ-1500의 높은 배율에서 초점을 정확하게 맞출 수 있음



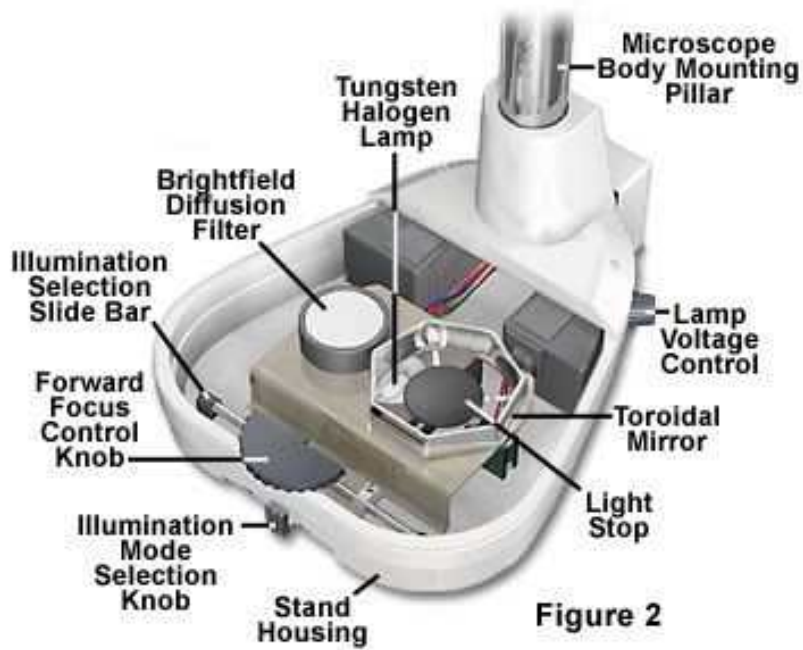
[그림 5-5] 초정밀의 조동, 미동 나사 작동모습

- P-FMD 포커스 마운트 D는, 신개발의 안티 백러쉬 Coaxial coarse/fine focusing unit에 의해, 미묘한 핀트 조작도 정확하게 제어 할 수 있음



[그림 5-6] 안티 백러쉬 Coaxial coarse/fine focusing unit

- 디스토션(뒤틀림) 저감과 색수차 보정을 고레벨로 양립. 윤곽에 색채가 없는, 충실한 입체감의 관찰상을 얻을 수 있음
- 저배율 대물렌즈용과 고배율 대물렌즈의 변경식 콘덴서 렌즈를 장착할 수 있으며, 투명한 표본의 콘트라스트 조명 요구에 응함



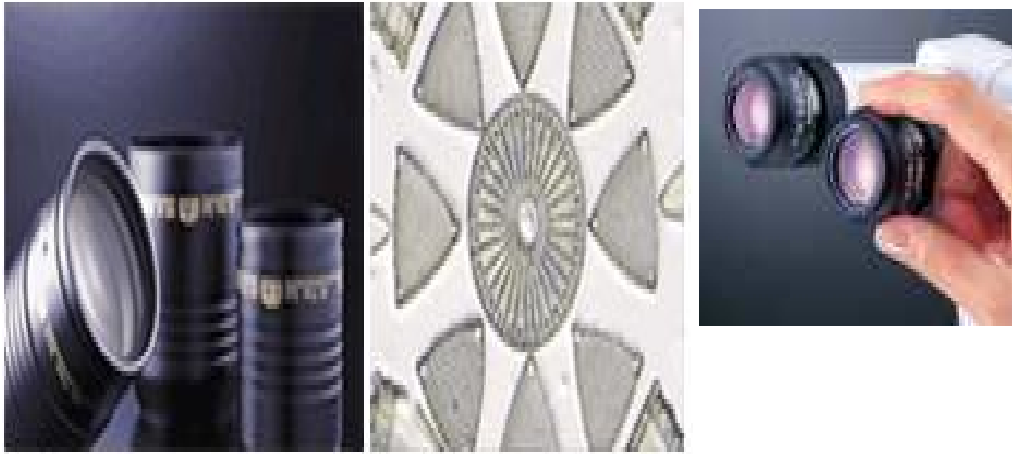
[그림 5-7] 고급투과 조명 스탠드의 구조 및 작동 원리

- 고급 투과 조명 스탠드(C-DSD)는 OCC(Oblique Coherent Contrast) 조명 시스템이 가능하며, 무색 투명의 표본에도 릴리프장의 콘트라스트를 붙여 관찰할 수 있음



[그림 5-8] 2가지 종류의 고급투과 조명 스탠드와 다양한 부가장치 장착 모습

- 탁월한 해상력, 대물렌즈 자체만으로 $N.A=0.21$, 해상력=630개/mm(HR Plan Apo 1.6x)의 경이적인 광학 성능을 보여줌



[그림 5-9] 고성능 대물렌즈, 접안렌즈 및 고배율 상 예시

- 실체현미경으로는 드물게 광로에 조리개가 장착되어 SMZ-1500의 높은 배율 관찰 시에 깊은 심도를 유지하여 더욱 선명한 확대상을 관찰할 수 있음



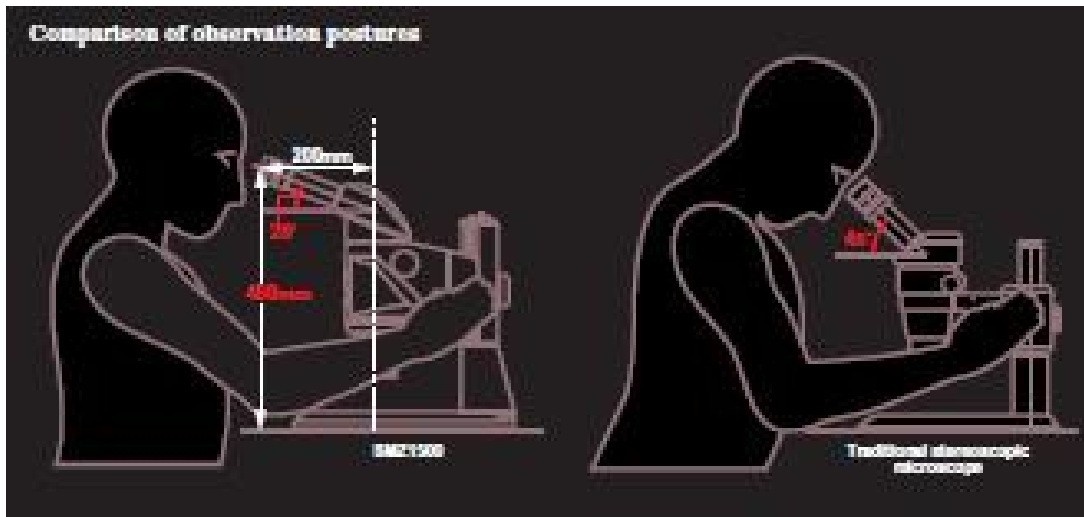
[그림 5-10] 광로에 설치된 조리개

- 투과조명, 암시야 조명, 명시야 조명 3가지가 있음
- 0~30도 까지 기울기 조절이 가능한 접안렌즈 채용으로 180도 접안렌즈 swing으로 최대 157 mm까지 눈높이 기준 조정가능 함



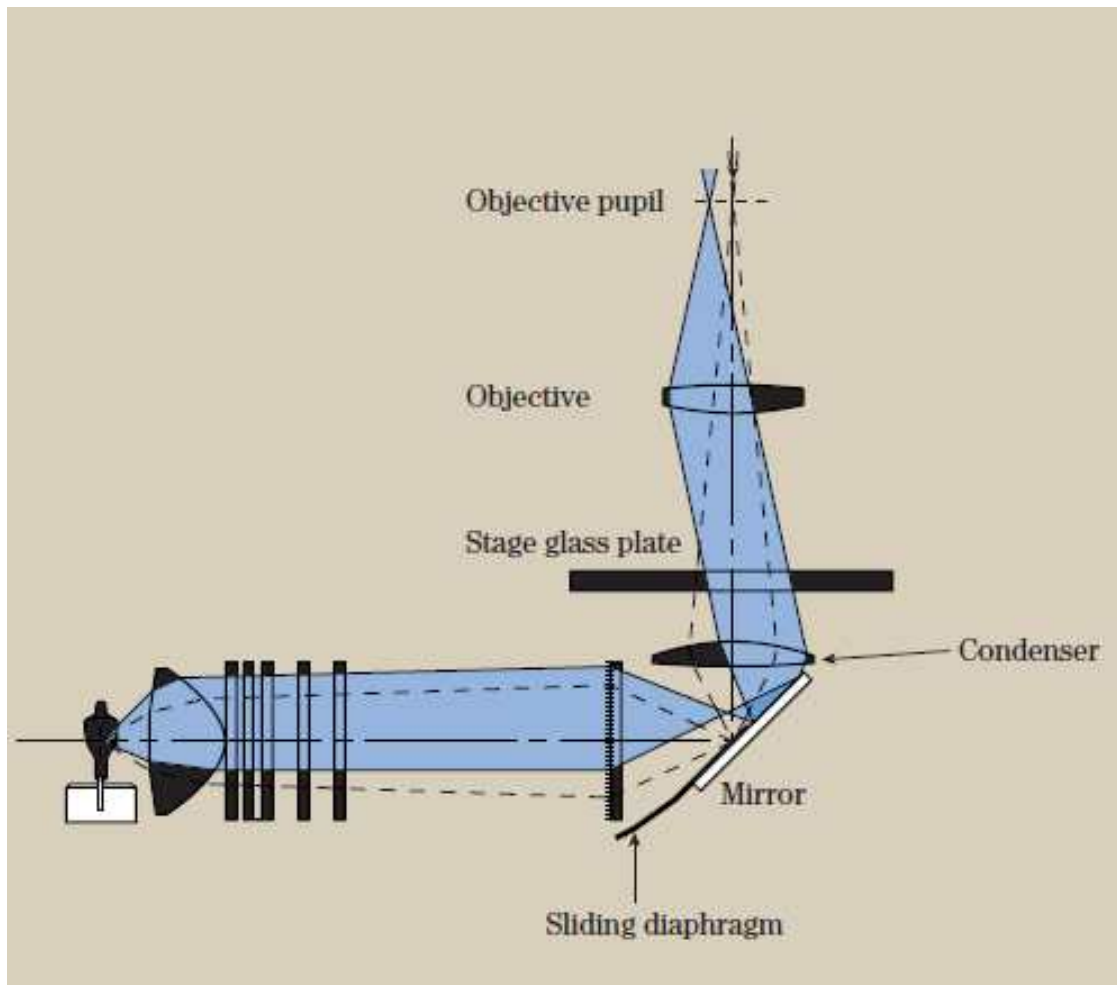
[그림 5-11] 간격 및 각도 조절 가능형 접안렌즈

- 추가로 장착가능한 형광장치로 실제 현미경에 의한 생 세포의 형광 관찰 등이 가능하며, 형광 관찰과 명시야 관찰을 빠르게 전환할 수 있는 장치가 있음



[그림 5-12] 현미경 관찰시 편안한 관찰각도를 조성하기 위한 접안렌즈의 틸팅 기능 이용 모습

- 투과 조명의 사용 시에 경사를 주어 sample의 콘트라스트를 높여 일반 조명으로 윤곽을 잡기 힘든 sample 관찰 시에 선명한 이미지를 제공함



[그림 5-13] 쌍안 투과조명 암시야 세트의 각도 조절 기능

2. 사용법

가. 일반사용법

- ① 저배율의 대물렌즈를 접안렌즈 밑에 오게 한다. ⇒ 저배율 관찰 후 고배율로
- ② 반사경을 조절하여 시야를 밝게 한다. ⇒ 직사광선을 피한다.
- ③ 프레파라트를 재물대 위에 올려놓는다. ⇒ 재물대에 물, 약품이 묻지 않도록
- ④ 옆에서 보면서 조동나사로 대물렌즈가 프레파라트에 거의 닿을 정도로 경통을 내린다. ⇒ 프레파라트가 깨지지 않도록 조심한다.
- ⑤ 눈으로 접안렌즈를 보며 조동나사로 경통을 서서히 올리면서 상을 찾는다.
- ⑥ 상이 보이면 미동나사로 정확한 초점을 맞춘다.
- ⑦ 관찰하며 스케치한다. ⇒ 상을 그릴 때는 연필을 이용하고 반드시 배율을 적어 둔다. ⇒ 렌즈를 손으로 만지지 않는다.

[표 5-2] 대물렌즈와 접안렌즈 조합에 따른 배율 조건표

Objectives	N.A./ W.D. (mm)	Eyepieces							
		10X eyepiece C-W10X (F.N. 22), Reticle (dia. ø25mm)		15X eyepiece C-W15X (F.N. 16), Reticle (dia. ø19mm)		20X eyepiece C-W20X (F.N. 12.5), Reticle (dia. ø19mm), Magnification 1.3X		30X eyepiece C-W30X (F.N. 7), Reticle (dia. ø12mm), Magnification 1.4X	
		Total magnifi- cation	F.O.V. (ømm)	Total magnifi- cation	F.O.V. (ømm)	Total magnifi- cation	F.O.V. (ømm)	Total magnifi- cation	F.O.V. (ømm)
P-HR Plan Apo 0.5X	0.066/ 136	3.8- 56.3X	58.7- 3.9	5.6- 84.4X	42.7- 2.8	7.5- 112.5X	33.3- 2.2	11.3- 168.8X	18.7- 1.2
P-HR Plan Apo 1X	0.131/ 54	7.5- 112.5X	29.3- 2.0	11.3- 168.8X	21.3- 1.4	15.0- 225.0X	16.7- 1.1	22.5- 337.5X	9.3- 0.6
P-HR Plan Apo 1.6X	0.21/ 24	12.0- 180.0X	18.3- 1.2	18.0- 270.0X	13.3- 0.9	24.0- 360.0X	10.4- 0.7	36.0- 540.0X	5.8- 0.4
P-Plan Apo 1X	0.1/ 70	6.0- 90.0X	36.7- 2.4	9.0- 135.0X	26.7- 1.8	12.0- 180.0X	20.8- 1.4	18.0- 270.0X	11.7- 0.8

나. 현미경 사용 시 주의점

- 밝은 곳에 설치하여 관찰하고, 직사광선은 피한다.
- 처음에는 저배율로 관찰하고 점차 배율을 높여 관찰한다.
- 현미경을 옮길 때는 한손으로 다리를 받치고 다른 한 손으로 손잡이를 잡고 옮긴다.

3. 활용방안

가. 활용대상 생물

SMZ-1500 고배율쌍안실체현미경은 미소 생물 동정 및 관찰용으로 주로 사용될 예정이다. 주된 대상 생물은 중형저서동물로서 이들은 망목크기 1mm

의 체를 통과할 정도의 작은 크기를 지니고 있으나 빈 영양 해역에서도 평방미터 당 10,000 ~ 100,000 개체의 서식밀도를 보이고, 서식환경이 양호한 지역에서는 10만에서 1억 개체 이상의 서식밀도를 보이는 중요한 생물그룹이다. 현미경 관찰의 주 대상 생물군인 중형저서동물의 크기 구분에 들어가는 동물군은 40개의 전체 동물군에서 22개의 동물군으로, 후생동물계(Metazoa)에서는 선형동물(Nematoda), 저서성 요각류(benthic Harpacticoida), 동문동물(Kinorhyncha), 복모동물(Gastrotricha), 동갑동물(Loricifera), 편형동물(Tubellaria) 등이 주된 동물군이며, 원생동물계(Protozoa)에서는 저서유공충류(Sarcomastigophora)와 섬모충류(Ciliophora)가 대표적이다. 크기가 매우 소형인 이들 중형저서동물 이외에도 비교적 육안으로도 관찰가능한 대형저서동물을 세밀하게 동정할 때에도 SMZ-1500 현미경을 활용할 예정이다. 주된 대상 생물군은 동정이 육안으로 어려운 갯지렁이류, 단각류, 소형갑각류, 소형 이매패류 등으로 본체의 C-mount에 부착된 CCD와 디지털 카메라로 촬영하여 자료를 축적할 예정이다.



[그림 5-14] 고배율 쌍안 실체 현미경 및 고배율 광학 현미경으로 촬영한 중형저서동물

나. 대상 연구 분야 및 연구사업

Nikon사의 SMZ-1500 고배율쌍안실체현미경을 현재 활용하거나 활용예정인 연구 분야는 주로 생물분야이며, 주요 대상 연구 사업으로는 “동해 중부연안환경 변동성 연구”, “독도의 지속가능한 이용연구”, “울진원전 주변 일반환경조사 및 평가용역” 등이다.

VI. 결론

한국해양연구원 동해연구소는 국가 해양정책적 측면뿐만 아니라 동해종합 연구의 전진기지로써의 연구기능 역할, 지역발전 기여와 현장 애로기술의 해결 등과 같은 필요성에 따라 설립된 연구기관이다. 특히, 동해연구소는 경상북도 울진군 해안에 위치하여 해양 접근성 및 입지조건의 활용성이 뛰어나 본 연구를 수행함에 있어 큰 장점을 지닌 곳이라고 할 수 있다.

이에 따라 본 연구는 동해연안 종합관측을 위한 연구기반을 구축하고 동해연구소 주변 해양관측 종합활용시스템의 기반을 마련하는 것을 목표로 하여, 동해연구소 주변 연안변동 관측을 위한 모니터링 시스템과 동해 해양환경관측 지원을 위한 연구 인프라를 구축하는 것을 주요 내용으로 하였다. 또한 모니터링 시스템 구축 및 활용을 통해 모니터링 자료를 축적하고 분석하는 것을 주된 연구의 방법으로 하였는데, 이를 위해서 상용모니터링 시스템 사양의 분석 및 비교를 우선적으로 수행한 뒤 라이다(Lidar)·모션센서(옥탄)·해상자력계(Seaspy)·쌍안실체현미경 등의 모니터링 시스템 구비가 필수적이었다. 이를 위해 동해연구소 연구기반 구축사업과 공동으로 다음과 같은 시스템을 구비하였다.

우선 지상라이다는 스캐닝 방식의 3차원 좌표 관측 장비로서 관측 대상물의 표면에 조밀한 간격으로 무수히 많은 레이더광선을 주사하여 얻은 물체의 3차원 좌표값(x, y, z)인 점 데이터와 목표물에 반사되는 레이저 광선의 반사강도를 이용해 대상물의 형태를 직관적으로 취득하는 첨단 레이저 측량 장비이다. 본 연구에 사용된 RIEGL의 LMS-Z420i 광대역 레이저 스캐닝 시스템은 높은 성능의 장거리 3D 레이저 스캐너와 광범위하고 다양한 작업능력을 가진 RiSCAN PRO 소프트웨어, 그리고 세밀한 부분까지 정밀하게 표현하는 고해상도 디지털 카메라로 이루어져 있다. 이 지상라이다는 부피값을 모니터링하여 변화를 나타낼 수 있으며 같은 지역의 단면을 모니터링하여 단면의 높낮이 변화를 알 수 있도록 한다. 또한 채광업, 건축물 외형조사, 구조물 조사, 유적조사, 모니터링, 도시모델링 등 목적에 따라 다양한 분야에서 활용이 가능하다.

다음으로 쌍안실체현미경을 통해 독도 주변해역에 서식하고 있는 해양생물을 현미경으로 분석하는 시스템을 구축하였다. 본 연구에 활용된 현미경은 실체현미경으로는 드물게 광로에 조리개가 장착되어 SMZ-1500의 높은 배율로 관찰할 시 깊은 심도를 유지하여 더욱 선명한 확대상을 관찰할 수 있다는 특징이 있다. 추가로 장착이 가능한 형광장치로 실체현미경에 의한 생

세포의 형광 관찰 등이 가능하며 형광 관찰과 명시야 관찰을 빠르게 전환할 수 있는 장치가 있다. 본 현미경은 투과 조명의 사용 시 경사를 주어 sample의 콘트라스트를 높여 일반 조명으로 윤곽을 잡기 힘든 sample 관찰 시에 선명한 이미지를 제공한다. SMZ-1500 고배율쌍안실체현미경은 주로 미소 생물의 동정 및 관찰용으로 사용될 예정이다. 주된 대상 생물은 중형저서동물이나 이외에도 비교적 육안으로도 관찰이 가능한 대형저서동물을 세밀하게 동정할 때에도 활용할 예정이다. 현재 본 실체현미경을 활용하고 있거나 활용할 예정인 연구 분야는 주로 생물분야이며, 주요 대상 연구사업으로는 “동해 중부연안환경 변동성 연구”, “독도의 지속가능한 이용연구”, “울진원전 주변 일반 환경조사 및 평가용역” 등이다.

한편, 독도 환경특성조사 자료를 효율적으로 활용하여 독도와 독도 주변 해역에 대한 환경을 입체적·시각적으로 이해할 수 있도록 하기 위하여, 본 연구를 통해 독도의 육상 지형과 지질, 해저 지형을 통합한 입체조형물을 제작하였다. 독도와 독도 주변 해저지형을 과학적 자료를 기반으로 실제 형상화한 국내 최초의 사례로 평가받고 있는 본 모형은 독도 연구결과를 공간적으로 쉽게 이해할 수 있도록 독도의 지형 및 해양생태계 특성을 표현하였으며, 연구조사선, 관측부이, 심해잠수정 등 실제로 독도 주변해역에서 연구를 수행하는 첨단 해양탐사 장비들을 모형화하여 독도 주변에서 이루어지고 있는 해양연구에 대한 이해를 높이고자 하였다. 이를 통해 독도의 실제 해저지형을 눈으로 직접 확인하고, 독도의 미래 공간 가치를 창출할 수 있도록 해양영토에 대한 인식을 재조명할 수 있는 기회가 될 것으로 보인다. 또한, 독도의 육상뿐만 아니라 해저 지형의 공간적 구조를 한눈에 파악함으로써 독도의 지속가능한 미래연구에 대한 이해를 증대시키는데 이바지 할 것이다.

끝으로 1997년부터 2008년까지 진행된 현지 조사결과를 종합하고 독도의 실 해역 조사를 병행하여 독도라는 동해의 최외곽도서의 환경특성을 종합적으로 정리하면서 향후 수중경관과 생태지도 제작을 위한 주요 종의 생태 사진자료를 획득하기 위한 독도환경특성조사가 이루어졌다. 그 결과로 우선 생물종 다양성을 분류군별로 정리하고 주요 생물종들이 서식하는 정점별로 특징 있는 수중경관을 정리하였다. 그리고 독도 연안은 계절에 따라 다양한 회유성 어종이 출현하여 표층, 중층 회유성 어종자원에 대한 체계적인 관리가 필요한 곳이기도 한데, 본 연구를 통해 그동안 확인된 독도의 주요 생물자원 중 중요한 몇 종에 대한 자료도 정리하였다.

지금까지 살펴본 바와 같이 본 연구에 의해 동해 연안변동 종합관측 연구 기반 구축이 가능해짐에 따라 해안 장단기 변화 모니터링 및 분석을 통한

해안선 및 해양환경 변동성에 대한 해석이 가능해 질 것으로 보인다. 그리고 장기적인 모니터링 자료 축적을 통하여 연안변동 특성 및 해양환경 변화를 파악하고 효과적인 연안관리방안 수립 지원이 가능해 짐은 물론 동해 연안 변동 종합관측 인프라 구축을 통하여 환경변화 관측연구를 지원할 수 있을 것으로 보인다.

뿐만 아니라 본 연구사업을 통해 얻어진 결과들은 동해안권 지자체에 대한 동해 연안 및 광역 해양환경정보 제공, 해안 모니터링 결과 분석을 통한 연안관리사업 필요지역 정보 제공, 연안관리시스템 구축에 필요한 기초 자료 제공 등 다양한 방면으로의 활용으로 이어질 전망이다.