

BSPE9944Z-11260-3

동해 해양생태계 오아시스 울릉도·독도의  
지속가능한 활용 연구

Research of sustainable use of the Ulleungdo · Dokdo in  
the Oasis of East Sea marine ecosystems

2017. 2. 15

한국해양과학기술원



# 제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “동해 해양생태계 오아시스 울릉도·독도의 지속가능한 활용 연구”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 2. 15.

총괄연구책임자 : 윤 성 진

참 여 연 구 원 : 노 충 환  
김 영 일  
강 정 훈  
김 윤 배  
박 성 욱  
황 선 완

## 보고서 초록

과제고유 번호		해당단계 연구기간	2016.04.01 - 2016.12.31	단계 구분	1 단계
연구사업명	중사업명	해양생물의 연속 생리반응 관찰을 위한 광학센서 응용 연구기반 구축			
	세부사업명	해양생물의 연속 생리반응 관찰을 위한 광학센서 응용 연구기반 구축			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명				
연구책임자	윤 성 진	해당단계 참여연구원수	총 : 7 명 내부: 7 명 외부:    명	해당단계 연구비	정부: 10,000 천원 기업:       천원 계 :       천원
		총연구기간 참여연구원수	총 : 7 명 내부: 7 명 외부:    명	총 연구비	정부: 10,000 천원 기업:       천원 계 :       천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 울릉도·독도해양과학기지		참여기업명		
국제공동연 구					
위탁연구					
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	130
<p>○ 본 연구는 독도의 모섬으로써 지리적, 영토 주권적으로 중요한 위치를 차지하는 울릉도의 자연경관과 해양생태계의 차별성을 강조하고 생태계의 새로운 미학적 중요성을 발굴·강조함으로써 동해안 유일의 섬인 울릉도를 세계자연유산에 등재시키고자 하는 전략 수립 자료를 확보하고자 함</p> <p>○ 대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 예측 연구는 울릉도 해양환경관측망 구축 및 해양관측부이 운영을 통한 중장기 시계열 분석, 대마난류 권역 지역거점별 해양생태계 특이성과 해양환경 연계성 파악 연구를 수행하였으며, 울릉도 주요 생태전이 지역의 화학적 변동 특성 분석은 울릉도 주변 해역의 친생물 원소 및 생물 분포와 주요 화학 인자의 상호 연관성 연구를 기획하였음</p> <p>○ 울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 연구는 울릉도 연안역 플랑크톤 생태계 기초먹이망과 대표영양요인 사이의 상호 연계 파악 연구, 대표 영향요인의 부유생태계 작동 기작과 울릉도 해역과의 상호관련성 연구, 연안 해조군집의 중장기 변동에 따른 자원 관리 및 유용 자원 활용 연구, 저서무척추동물 중장기 군집 변화 및 생리활성 연구를 통한 이상증식 원인 규명, 유영생태계 중장기 생물다양성 변화</p>					

<p>및 자원 생태 연구, 울릉도 핵심 해양생물 분자마커 개발 및 과학적 관리 체계 개발에 관한 연구를 기획하였음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 울릉도 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리 방안 연구, 해양 자연환경 및 생태 기반 관리를 통한 영토 주권 확립 방안 연구, 울릉도 해양생태자원 세계자연유산 등재 전략 수립을 위한 기획연구를 수행하였음</li> <li>○ 본 연구는 동해 극전선역의 생태계 전이지역에 위치한 독특한 생태계적 특징의 체계적 조사를 통해 해양생물 다양성 보전 및 생물주권확보, 울릉도 독도 영유권 수호에 대한 과학적 접근방식의 확립과 독도주권 공고화가 기대됨</li> </ul>		
<p>색인어 (각 5개 이상)</p>	<p>한 글</p>	<p>해양환경모니터링, 지표생물, 유용생물자원, 유전다양성, 세계자연유산</p>
	<p>영 어</p>	<p>Marine environmental monitoring, indicator organism, useful organism resource, genetic diversity, World Natural Heritage</p>

# 요 약 문

## I. 제 목

: 동해 해양생태계 오아시스 울릉도·독도의 지속가능한 활용 연구

## II. 연구사업의 개요 및 필요성

- 섬은 바다 한 가운데에서 구분되는 생태계를 가지고 있어, 그 특성을 고려한 생물학 및 해양학적인 요인을 고려한 맞춤형 생태계 관리 기법이 필요하다
- 울릉도는 환경 및 생태계의 상호관계 연구를 통한 생물자원조사, 해양생태계의 현상 규명 및 가치 평가가 제대로 이루어지지 않음
- 울릉도와 독도는 자원학적 가치와 생태계 변동의 주요 연구 가치를 가진 생물로서 후손에 물려줄 자연유산임
- 세계 자연 유산에 등재를 통한 우리나라 땅을 과학으로 지키는 영토 주권 강화 필요
- 국내 세계유산은 주요 문화재 및 육상 환경에 기반을 둔 것으로서 울릉도와 같이 해양의 뛰어난 경관 및 환경을 대상으로 등재를 추진한 바 없음. 따라서 우리나라 영토를 과학으로 지키기 위한 방안으로서 동해의 오아시스 역할을 담당하는 울릉도의 해양환경에 대한 세계자연유산 등재를 추진할 필요가 있음

## III. 연구사업의 목표

- 독도의 모섬으로써 지리적, 영토 주권적으로 중요한 위치를 차지하는 울릉도의 자연경관과 해양생태계의 차별성을 강조하고 생태계의 새로운 미학적 중요성을 발굴·강조함으로써 동해안 유일의 섬인 울릉도를 세계자연유산에 등재시키고자 하는 전략 수립 자료를 확보

#### IV. 연구사업의 내용

- 대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 예측 연구
  - 울릉도 해양환경관측망 구축 및 해양관측부이 운영을 통한 중장기 시계열 분석
  - 대마난류 권역 지역거점별 해양생태계 특이성과 해양환경 연계성 파악
- 울릉도 주요 생태전이지역의 화학적 변동 특성 분석
  - 울릉도 주변 해역의 친생물 원소 및 생물 분포와 주요 화학 인자의 상호 연관성 연구
- 울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 연구
  - 울릉도 연안역 플랑크톤 생태계 기초먹이망과 대표영향요인 사이의 상호 연계 파악 연구
  - 대표 영향요인의 부유생태계 작동 기작과 울릉도 해역과의 상호관련성 연구
  - 연안 해조군집의 중장기 변동에 따른 자원 관리 및 유용 자원 활용 연구
  - 저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리활성 연구를 통한 이상증식 원인 규명
  - 유영생태계 중장기 생물다양성 변화 및 자원 생태 연구
  - 울릉도 핵심 해양생물 분자마커 개발 및 과학적 관리 체계 개발 연구
- 세계자연유산 등재 전략 수립
  - 울릉도 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리 방안 연구
  - 해양 자연환경 및 생태 기반 관리를 통한 영토 주권 확립 방안 연구
  - 울릉도 해양생태자원 세계자연유산 등재 전략 수립

#### V. 연구사업 결과의 기대효과

- 자연 친화적이고 생태 친화적인 지역 발전에 대한 인식을 확보함으로써 환경과 성장을 모두 고려할 수 있는 지역성장모델 추구 가능
- 울릉도 해양보호구역 지정에 따른 울릉도 해양생태계 과학적 관리 방안

제공

- 울릉도·독도 해역에 대한 장기 해양환경모니터링 시스템 구축을 통해 지구환경변화에 대응한 동해 최외곽 장기 자료수집 가능
- 울릉도 주변해역에 서식하는 유용생물자원의 잠재적 자원량 평가 및 과학적 근거에 의한 수산관리정책의 자료 제공
- 동해 극전선역의 생태계 전이지역에 위치한 독특한 생태계적 특징의 체계적 조사를 통해 해양생물 다양성 보전 및 생물주권확보가 기대됨
- 울릉도 독도 영유권 수호에 대한 과학적 접근방식의 확립과 독도주권 공고화



# S U M M A R Y

## I. Title

: Estimation of infra system for observation of continuous physiological reaction on marine organisms based on application of chemical optical sensor

## II. Outline and Necessity of Research Project

- The island has an ecosystem that is divided in the middle of the sea, and a customized ecosystem management technique that takes biological and oceanographic factors into account is required
- Ulleungdo does not investigate biomass through research on environment and ecosystem interaction, identify and assess the development of marine ecosystem
- Ulleungdo and Dokdo are natural heritages that will be passed down to descendants as creatures with major research value of volatile value and ecosystem change
- Need to strengthen the sovereignty of the territory to protect our country's land with science through listing in the World Natural Heritage List

## III. Goals of the Research Project

- Ulleungdo is a dominant island of Dokdo, occupying an important position as geographical and territorial sovereignty, and distinguishing between natural landscape and marine ecosystem. The purpose of this study is to secure data for

establishing strategies for listing Ulleungdo, the only island in the East Sea, as a World Natural Heritage, by identifying and emphasizing the aesthetic importance of Ulleungdo ecosystem

#### IV. Main Contents of Research Project

- Study on Prediction of Marine Environment and Ecosystem Variation by Region in the Influence of the Kuroshio Current
  - Mid-and-long-term time series analysis of Ulleungdo marine environmental observation network and operation of marine observation department
  - Identification of marine ecosystem specificity and marine environment relation by regional bases of Kuroshio Current zone
- Analysis of chemical variation characteristics of major ecological transition areas in Ulleungdo
  - Study on the interrelationship of biological elements and biological distribution and key chemical factors in Ulleungdo
- Ecosystem-based systematic management through research on the phenomenon and interaction of marine ecosystems in Ulleungdo
  - Study on interrelationship between basic food network and representative influence factors in coastal plankton ecosystem of Ulleungdo
  - Study on the interaction between floating ecosystem mechanism and Ulleungdo Area
  - Resource management and utilization of useful resources according to mid-and long-term fluctuation of coastal seaside communities

- Identification of the cause of abnormal proliferation through study of mid-and long-term cluster changes and physiological activity of invertebrates
- Long-term biodiversity change and resource ecology research of nekton ecosystem
- Development of core marine biomolecular markers and development of scientific management system in Ulleungdo
- Establishment of World Natural Heritage List Strategy
  - Study on the conservation and management of marine life in Ulleungdo marine reserve
  - Study on establishment of territorial sovereignty through marine natural environment and ecological base management
  - Establishment of World Natural Heritage List of Ulleungdo Marine Ecological Resources

#### V. Application and Expected effect of Research Results

- Provision of scientific management plan for marine ecosystem in Ulleungdo according to designation of Ulleungdo marine reserve
- Long-term marine environmental monitoring system for Ulleungdo and Dokdo
- Provide data on the potential resources of useful biological resources in the waters around Ulleungdo and fisheries management policy based on scientific evidence
- Establishment of a scientific approach to the protection of Ulleungdo and Dokdo territories and consolidation of Dokdo's sovereignty

# K E Y W O R D S

KEYWORDS : 해양환경모니터링, 지표생물, 유용생물자원, 유전다양성,  
세계자연유산

Marine environmental monitoring, indicator organism, useful  
organism resource, genetic diversity, World Natural Heritage

# C O N T E N T S

Summary .....	iv
Keywords .....	vii
Contents .....	viii
List of Table .....	xi
List of Figure .....	xii
Chapter I. Outline of planning research .....	1
Section 1. Necessity of planning research .....	1
Section 2. Contents and scope of planning research .....	7
Chapter II. Domestic and overseas research and development promotion status and environment analysis .....	9
Section 1. Policy trends related to World Heritage .....	9
Section 2. World Heritage research trends and achievements .....	10
Chapter III. Establishment of research objectives setting and research and development promotion plan .....	12
Section 1. Final goal of research and development .....	12
Section 2. Research objectives and contents .....	12
Section 3. Promotion strategy and technology development roadmap .....	13
Section 4. Research and development promotion system .....	16
Section 5. Annual budget for research and development .....	17
Chapter IV. Details of each subject .....	18
Section 1. Study on prediction of marine environment and ecosystem variation by region in the influence of the	

Kuroshio Current .....	18
1. Mid-and-long-term time series analysis of Ulleungdo marine environmental observation network and operation of marine observation department .....	18
2. Identification of marine ecosystem specificity and marine environment linkage by regional bases .....	23
Section 2. Analysis of chemical variation characteristics of major ecological transition areas in Ulleungdo .....	31
1. Study on the interrelationship of biological elements and biological distribution and key chemical factors in Ulleungdo .....	31
Section 3. Ecosystem-based systematic management through research on the phenomenon and interaction of marine ecosystems in Ulleungdo .....	38
1. A study on interrelationship between basic food network and representative influence factors in coastal plankton ecosystem of Ulleungdo .....	38
2. A Study on the interaction between floating ecosystem mechanism and Ulleungdo .....	43
3. Resource management and utilization of useful resources according to mid- and long-term fluctuation of coastal seaside communities .....	45
4. Identification of the cause of abnormal proliferation through study of mid- and long-term cluster changes and physiological activity of invertebrates .....	51
5. Long-term biodiversity change and resource ecology research of swimming ecosystem .....	58
6. Development of core marine biomolecular markers and development of scientific management system in Ulleungdo	65

Section 4. Establishment of World Natural Heritage list strategy .....	71
1. A study on the conservation and management of marine life in Ulleungdo marine reserve .....	71
2. Study on establishment of territorial sovereignty through marine natural environment and ecological base management .....	77
3. Ulleungdo Marine Ecology Resource Establishment of World Natural Heritage List .....	80
Chapter V. Annual plan .....	90
Section 1. Research objectives and research contents by year .....	90
Section 2. Annual budget .....	94
Section 3. Research direction and strategy .....	95
Section 4. Expected effects and utilization plan .....	98
Chapter VI. ....	100

## List of Table

[Table 1-1] Status of cultural assets designated by Ulleung-gun ...	5
[Table 1-2] Definition of World Heritage .....	6
[Table 4-1] 2003 typhoon Maemi enhancement process in 2003 at the area of warm eddy .....	19
[Table 4-2] Review of the dispatch status of the Donghae Central Midwest Coast Guard .....	22
[Table 4-3] Comparison of Ulleungdo and oceans of major items affecting Island Effect .....	24
[Table 7-1] Criteria and conditions for OUV evaluation .....	80
[Table 7-2] Korea's World Heritage List .....	82
[Table 7-3] Korea's List of World Heritage Tentative List .....	83
[Table 7-4] Status of National Natural Heritage in Jeju .....	84
[Table 7-5] World Heritage status by continent and country (in 2016) .....	85



## List of Figure

[Figure 1-1] Value of the East Sea as a miniature of the ocean	1
[Figure 1-2] Distance between Ulleungdo and Dokdo from the coastal area of land	2
[Figure 1-3] Distribution of currents around Ulleungdo and Dokdo and ecosystem status	3
[Figure 1-4] Ulleung county cultural property designation number and photograph	4
[Figure 1-5] Locations of Ulleungdo and Dokdo geological sites	4
[Figure 1-6] Outline of Ulleungdo Ocean Observation Network construction and regional base research	7
[Figure 2-1] World Heritage listing procedures	11
[Figure 3-1] Outline of survey on changes in marine environment and ecosystem by bases within the influence of the Kuroshio Current	13
[Figure 3-2] Overview of Ulleungdo Marine Ecosystem Phenomena and Interaction Research	14
[Figure 3-3] Maintenance and management of marine life in marine protected area in Ulleungdo	15
[Figure 3-4] Research content and research progress by major research fields	16
[Figure 4-1] Island effect pattern around the uninhabited island	23
[Figure 4-2] Average annual precipitation and monthly average precipitation of Ulleungdo (1938.8.10.~2016.10.31.)	24
[Figure 4-3] Model of coastal ecosystem impact process by groundwater runoff	25
[Figure 4-4] Maximum wave height distribution during the 2012 ~ 2016 period observed at the Gangam province wave buoy near	

the open to the north of Ulleungdo .....	26
[Figure 4-5] Number of days at higher 20°C and below 10°C measured at Ulleungdo tidal observatory (1965 ~ 2016.8) .....	27
[Figure 4-6] Distribution of water temperature (above) and salinity (below) by water depths from 2014 to 2016 observed at the station of Ulleungdo coast .....	27
[Figure 4-7] Models of marine environmental impacts of Ulleungdo and Dokdo .....	29
[Figure 4-8] Comparison of monthly average surface water temperature observed from Ulleungdo and Shimane Prefecture, Japan (2002.1 ~ 2006.3) .....	31
[Figure 5-1] Diagram of multifunctional marine environment observation system .....	32
[Figure 5-2] Sediment particle collector used in Korea (left: SMD Type, right: Mark-7 Type) .....	33
[Figure 5-3] Scene sampling of on-site culture using bent lancer ..	0
[Figure 5-4] Sediment particle collecting apparatus and mooring diagram .....	36
[Figure 5-5] Examples of carbon absorption and material circulation in the East Sea .....	38
[Figure 6-1] Main food source composition of floating ecosystem using stable isotope analysis .....	40
[Figure 6-2] Case of analysis of physical phenomena and analysis of affects of floating ecosystem change .....	41
[Figure 6-3] Study of interrelationship between physics and biology using physical properties of seawater .....	42
[Figure 6-4] Identify the interactions of the floating ecosystem on the food-web .....	44
[Figure 6-5] Study on biogeographic distribution characteristics of	

rock ecosystem core taxa .....	46
[Figure 6-6] Seagrass communities of subtidal area at Ulleungdo and Dokdo .....	48
[Figure 6-7] Studies on the rbcL gene of plants and useful algae resource activation research .....	49
[Figure 6-8] Changes in Dokdo's marine ecosystem by harmful animals .....	51
[Figure 6-9] Photographs of harmful marine organisms designated by the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries .....	53
[Figure 6-10] Examples of emergence and abnormal propagation of foreign harmful organisms in subtropical coast of Jeju .....	55
[Figure 6-11] Long-term cluster change and physiological research promotion system of invertebrate animals in coastal area of Ulleungdo .....	57
[Figure 6-12] Examples of changes in climate change and marine biological resources .....	58
[Figure 6-13] Distribution of fish species around the Korean peninsula due to the increase of sea water temperature .....	60
[Figure 6-14] Mid-to-Long-term biodiversity change and resource ecology research on Ulleungdo coastal ecosystem .....	63
[Figure 6-15] Analysis of Correlation between current status of fisheries resources and current fluctuation according to climate change .....	64
[Figure 6-16] Prospects for declining global biodiversity .....	65
[Figure 6-17] Conservation plan of biodiversity research .....	66
[Figure 6-18] Examples of genomic organization and gene movement prediction for each individual using molecular markers .....	68
[Figure 6-19] Development of molecular markers for core marine life and development of scientific management system .....	70

[Figure 7-1] Map of Ulleungdo Marine Protection Area .....	71
[Figure 7-2] Status of designated marine protected area by country / region .....	74
[Figure 7-3] Research ship for marine protected areas in NOAA ·	78
[Figure 7-4] Distinction by World Values and other universal values of protected areas .....	81
[Figure 7-5] Location of UNESCO World Heritage Sites .....	85
[Figure 7-6] UNESCO World Heritage Status in 2016 .....	86
[Figure 7-7] Examples of promoted projects for listing World Heritage in the western coast of the South Sea .....	87
[Figure 7-8] Ulleungdo Core Marine Ecology Environment World Heritage List .....	89
[Figure 8-1] Examples of the promotion system of the World Natural Heritage List .....	96
[Figure 8-2] UNESCO World Heritage Status .....	97

# 목 차

요 약 문 .....	i
목 차 .....	xvi
표 목 차 .....	xviii
그림목차 .....	xix
제 1 장 기획 연구의 개요 .....	1
제 1 절 기획 연구의 필요성 .....	1
제 2 절 기획 연구의 내용 및 범위 .....	7
제 2 장 국내외 연구 개발 추진 현황 및 환경 분석 .....	9
제 1 절 국내외 세계유산 관련 정책 동향 .....	9
제 2 절 국내외 세계유산 연구 동향 및 성과 .....	10
제 3 장 연구 목표 설정 및 연구 개발 추진 계획 수립 .....	12
제 1 절 연구 개발 최종 목표 .....	12
제 2 절 연구 목표 및 내용 .....	12
제 3 절 추진 전략 및 기술 개발 로드맵 .....	13
제 4 절 연구 개발 추진 체계 .....	16
제 5 절 연차별 연구 개발 소요 예산 .....	17
제 4 장 세부과제별 연구내용 .....	18
제 1 절 대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 예측 연구 .....	18
1. 울릉도 해양환경관측망 구축 및 해양관측부이 운영을 통한 중장기 시계열 분석 .....	18
2. 대마난류 권역 지역거점별 해양생태계 특이성과 해양환경 연계성 과약 .....	23

제 2 절 울릉도 주요 생태전이지역의 화학적 변동 특성 분석 .....	31
1. 울릉도 주변 해역의 친생물 원소 및 생물 분포와 주요 화학 인자의 상호 연관성 연구 .....	31
제 3 절 울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 연구 .....	38
1. 울릉도 연안역 플랑크톤 생태계 기초먹이망과 대표영향요인 사이의 상호 연계 파악 연구 .....	38
2. 대표 영향요인의 부유생태계 작동 기작과 울릉도 해역과의 상호관련성 연 구 .....	43
3. 연안 해조군집의 중장기 변동에 따른 자원 관리 및 유용 자원 활용 연구 .....	45
4. 저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리활성 연구를 통한 이상증식 원인 규명 .....	51
5. 유영생태계 중장기 생물다양성 변화 및 자원 생태 연구 .....	58
6. 울릉도 핵심 해양생물 분자마커 개발 및 과학적 관리 체계 개발 연구	65
제 4 절 세계자연유산 등재 전략 수립 .....	71
1. 울릉도 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리 방안 연구 .....	71
2. 해양 자연환경 및 생태 기반 관리를 통한 영토 주권 확립 방안 연구	77
3. 울릉도 해양생태자원 세계자연유산 등재 전략 수립 .....	80
제 5 장 연차별 추진 계획 .....	90
제 1 절 연차별 연구목표 및 연구내용 .....	90
제 2 절 연차별 소요 예산 .....	94
제 3 절 연구추진 방향 및 전략 .....	95
제 4 절 기대효과 및 활용 방안 .....	98
제 6 장 참고문헌 .....	100

## 표 목 차

[표 1-1] 울릉군 지정문화재 현황 .....	5
[표 1-2] 세계유산의 정의 .....	6
[표 4-1] 난수성 소용돌이 해역에서 2003년 태풍 매미 강화 과정. ....	19
[표 4-2] 기상청 동해중부 먼바다 풍랑특보 발령현황 및 선박 운항 가능일 검토 .....	22
[표 4-3] 섬효과에 영향을 미치는 주요 항목들의 울릉도와 대양섬의 비교 ..	24
[표 7-1] OUV 평가를 위한 기준과 조건 .....	80
[표 7-2] 한국의 세계유산 등재 현황 .....	82
[표 7-3] 한국의 세계유산 잠정목록 현황 .....	83
[표 7-4] 제주도 세계자연유산 현황 .....	84
[표 7-5] 대륙별 (또는 국가) 세계유산 보유현황 (2016년 11월 현재) .....	85

## 그림목차

[그림 1-1] 대양의 축소판으로서 동해의 가치 .....	1
[그림 1-2] 육상으로부터 울릉도-독도의 거리 .....	2
[그림 1-3] 울릉도·독도 주변 해류 분포 및 생태계 현황 .....	3
[그림 1-4] 울릉군 지정문화재 지정번호 및 사진 .....	4
[그림 1-5] 울릉도·독도 지질명소 위치 .....	4
[그림 1-6] 울릉도 해양관측망 구축 및 지역거점 연구 개요 .....	7
[그림 2-1] 세계유산 등재절차 .....	11
[그림 3-1] 대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 조사 개요 .....	13
[그림 3-2] 울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구개요 .....	14
[그림 3-3] 울릉도 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리 .....	15
[그림 3-4] 주요 연구분야별 연구내용 및 연구추진도. ....	16
[그림 4-1] 무인도서 주변 섬 효과(Island Mass Effect)의 모식도 .....	23
[그림 4-2] 울릉도의 연평균강수량 및 월평균강수량 (기간 : 1938.8.10.~2016.10.31.) .....	24
[그림 4-3] 해저 지하수 유출에 의한 연안 생태계 영향 과정 모식도 .....	25
[그림 4-4] 울릉도 북쪽 공암 주변에 위치한 기상청 파고부이에서 관측된 2012~2016년 동안의 최대파고 분포 .....	25
[그림 4-5] 울릉도 조위관측소 측정 표층수온(1965~2016.8)으로부터 수온 20°C 이상 일수 및 수온 10°C 이하가 나타난 일수의 변화 .....	26
[그림 4-6] 울릉도 연안 정점에서 관측된 2014~2016년 동안의 수심별 수온(위) 및 염분(아래) 분포 .....	27
[그림 4-7] 울릉도 독도권 해양환경 영향권 모식도 .....	27
[그림 4-8] 울릉도와 일본 시마네현 연안에서 월평균 표층 수온 비교 (비교 기간 : 2002.1 ~ 2006.3) .....	29
[그림 5-1] 다기능 해양환경 관측시스템 모식도 .....	31
[그림 5-2] 국내에서 사용되는 침강입자 포집기(왼쪽: SMD Type, 오른쪽:	



Mark-7 Type) .....	32
[그림 5-3] 벤틱랜서를 이용한 현장 배양 시료 채집 장면 .....	33
[그림 5-4] 침강입자 포집장치 및 계류도 .....	36
[그림 5-5] 동해의 탄소 흡수 및 물질순환 모식도 예 .....	38
[그림 6-1] 안정동위원소분석을 이용한 부유생태계의 주요 먹이원 구성도 ..	40
[그림 6-2] 물리적 현상 탐지 분석과 부유생태계 변화 영향 규명 예 .....	41
[그림 6-3] 해수의 물리적 특성을 이용한 물리-생물 간 상호 관계 연구 .....	42
[그림 6-4] 부유생태계의 Food-web 상에서의 상호 연관성 파악 .....	44
[그림 6-5] 암반생태계 핵심 분류군의 생물지리학적 분포 특성 연구 체계 ..	46
[그림 6-6] 울릉도/독도 해조류 조하대 해조류 군락 .....	48
[그림 6-7] 식물의 rbcL 유전자 연구와 유용해조류 자원 활성화 연구 .....	49
[그림 6-8] 조식동물에 의한 독도 해양생태계 변화 .....	51
[그림 6-9] 해양수산부 지정 유해 해양생물 사진 .....	53
[그림 6-10] 제주 연안 아열대 외래 유해생물 출현 및 이상 증식 예 .....	55
[그림 6-11] 울릉도 연안 저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리 연구 추진 체계 .....	57
[그림 6-12] 기후변화와 수산생물자원의 변동 연구 예 .....	58
[그림 6-13] 해수의 수온 상승에 따른 한반도 주변 어종 분포 변화 .....	60
[그림 6-14] 울릉도 연안 유영생태계 중장기 생물다양성 변화 및 자원생태 연구 .....	63
[그림 6-15] 수산자원 현황과 기후변화에 따른 해류 변동과의 상관 분석 .....	64
[그림 6-16] 전 세계적 생물다양성 감소 전망 .....	65
[그림 6-17] 생물다양성 연구 보전 대책 .....	66
[그림 6-18] 분자마커를 활용한 개체별 유전형 구성 및 유전자 이동 예측 연구 예 .....	68
[그림 6-19] 핵심 해양생물의 분자마커 개발 및 과학적 관리체계 개발 연구 추진 체계 .....	70
[그림 7-1] 울릉도 해양보호구역 위치도 .....	71
[그림 7-2] 국가별/지역별 해양보호구역 지정현황 .....	74

[그림 7-3] 미국 NOAA(해양대기청)에서 운용중인 해양보호구역 관리선 Manta 호 .....	78
[그림 7-4] 세계유산과 기타 보호지역의 탁월한 보편적 가치에 의한 구분 ..	81
[그림 7-5] 세계 각 지역별 유네스코 세계유산 등재 위치도 .....	85
[그림 7-6] 2016년 유네스코 세계유산 현황 .....	86
[그림 7-7] 타 지역(서남해안 갯벌) 세계유산 등재를 위한 추진사업 내용 예 .....	87
[그림 7-8] 울릉도 핵심 해양생태환경 세계유산 등재 추진단 구성 예 .....	89
[그림 8-1] 서남해안 갯벌 세계자연유산 등재 추진단 추진체계 사례 .....	96
[그림 8-2] 유네스코 세계 유산 현황 .....	97

# 제 1 장 기획 연구의 개요

## 제 1 절 기획 연구의 필요성

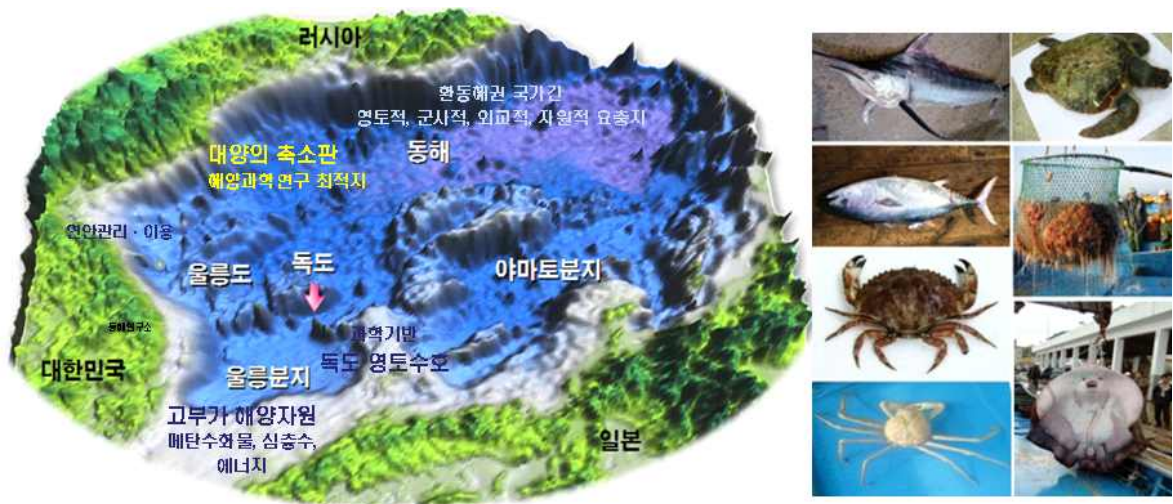
### 1. 기획의 배경 및 목적

#### 1.1 기획의 배경

##### □ 대한민국 동해는?

- 동해는 대양의 축소판으로서 해양과학연구의 최적지로 여겨지고 있음
- 주요 어종의 회유로, 종다양성이 높아 유용 수산자원 풍부
- 해양심층수, 에너지, 메탄수화물 등 고부가 해양자원 풍부
- 영토적, 군사적, 외교적, 자원적 요충지이며 과학기반 영토 수호의 필요성 인식 필요

[그림 1-1]



[그림 1-1] 대양의 축소판으로서 동해의 가치

##### □ 울릉도/독도 해양생태계의 중요성

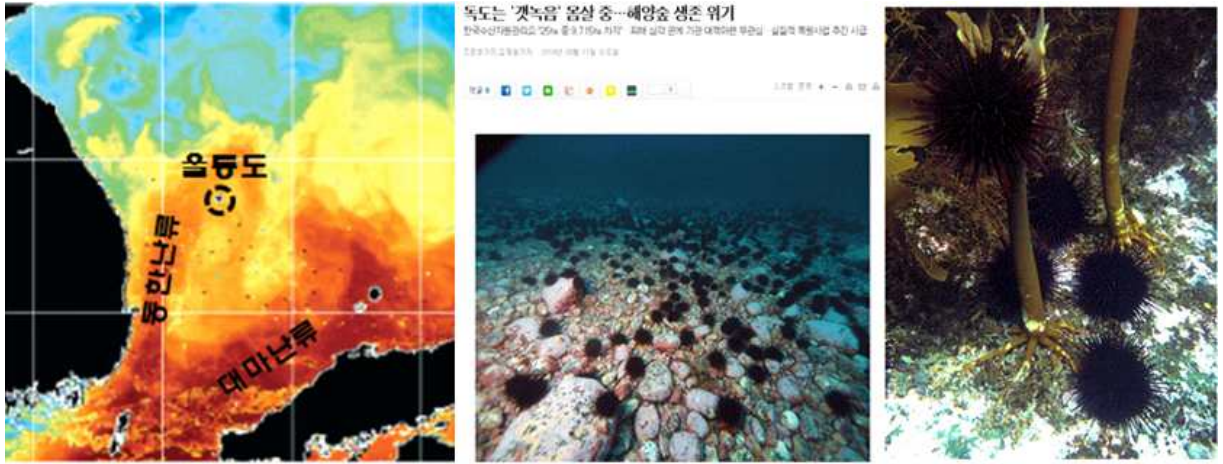
- 울릉도/독도는 대한민국, 일본의 육지와 200~400만년전부터 떨어져 있어 육상생물을 비롯한 해양생물이 육지에서 유입된 후 스스로 진화하여 육지와 유전적으로 다른 생물들이 많이 존재하고 있어 남미의 갈라파고스섬과 같은 가치의 생태계를 유지하고 있음

- ⇒ 대황, 옥덩굴, 넓미역 등 육지에서 소멸되었거나 보호대상종 등이 서식하고 있음
- ⇒ 자원학적 가치와 생태계 변동의 주요 연구 가치를 가진 생물로서 후손에 물려줄 자연 유산임
- 동해의 중앙에 위치하여 지구온난화 및 기후변동을 관측하기 위한 최적의 장소임
- 향후 세계 자연 유산에 등재를 통한 우리나라 땅을 과학으로 지키는 독도 영토 주권 강화
- 울릉도/독도 해양연구의 한계 및 시급성
- 지리적, 계절적 특성으로 인한 울릉도 독도권 접근의 한계성 [그림 1-2]
- 불안정한 해황으로 인해 연간 60일 가량의 제한된 독도 입도(겨울철, 봄철 입도 불가능)
- 수온 상승에 따른 해양생태계의 아열대화 진행 (최근 하계 수온 28℃ 이상 상승) [그림 1-3]
- 과학적 진단 및 중장기 연구를 통한 해양생태계의 체계적인 관리 방안 수립 시급
- 우리나라 영토를 과학으로 지키기 위한 세계자연유산 등재 시급



[그림 1-2] 육상으로부터 울릉도-독도의 거리

- 울릉도 세계자연유산 등재의 기회
- 제주도는 수많은 측화산과 세계적인 규모의 용암동굴, 다양한 희귀생물 및 멸종위기종의 서식지가 분포하고 있어 지구의 화산 생성과정 연구와 생태계 연구의 중요한 학술적 가치가 있으며, 한라산 천연보호구역의 아름다운 경관과 생물·지질 등은 세계적인 자연유산으로서 가치를 지니고 있음



[그림 1-3] 울릉도·독도 주변 해류 분포 및 생태계 현황

- 울릉도는 전체면적이 72.6km<sup>2</sup>이며 북위 37°33', 동경 130°47'에 위치하고 있음. 화산암의 오각형 형태의 섬으로 동서길이 10km(독도포함 96.3km), 남북길이 9.5km(독도포함 34.8km), 해안선 길이는 56.5km에 이르고 유인도 3개섬, 무인도 40개 등 총 43개의 섬을 부속도서로 57개의 자연부락으로 형성되어 있음
- 울릉도는 천연기념물 제335호 독도천연보호구역, 국가지정 중요민속자료 제256호와 제257호 너와집과 투막집, 문화재자료 제182호와 제183호 울릉 나리 투막집, 기념물 제72호 울릉 남서 고분군, 제73호 울릉군 북면 현포 고분군 등 다양한 지정 문화재를 보유하고 있음 [그림 1-4]
- 울릉도·독도는 신생대 중 460만년 전~5천년 전 화산활동(독도 : 460만년 전~250만년 전, 울릉도 : 250만년 전~5천년 전)으로 생성되어 2012년 12월 “울릉도·독도 국가지질공원”으로 지정되었으며, 면적은 약 127.9km<sup>2</sup> (육상 72.8km<sup>2</sup>, 해상 55.1km<sup>2</sup>)에 이룸. 해안지역의 지형은 뛰어난 경관을 자랑하며 각각의 바위와 해안마다 독특한 이름을 보유하고 있음. 지질명소는 총 23개소(울릉도 19, 독도 4)가 있으며, 이중분화구, 주상절리, 시스택, 해식동굴, 해식절벽 경관이 뛰어나 해안 및 수중환경이 타 지역과 차별화된 지역임 [그림 1-5] [표 1-1]
- 국내의 세계유산등재는 주요 문화재 및 육상 환경에 기반을 둔 것으로서 울릉도와 같이 해양의 뛰어난 경관 및 환경을 대상으로 등재를 추진한 바 없음. 따라서 우리나라 영토를 과학으로 지키기 위한 방안으로서 동해의 오아시스 역할을 담당하는 울릉도의 해양환경에 대한 세계자연유산 등재를 추진할 필요가 있음





[그림 1-4] 울릉군 지정문화재 지정번호 및 사진



[그림 1-5] 울릉도·독도 지질명소 위치

[표 1-1] 울릉군 지정문화재 현황

지정명	번호	지정일	면적(m <sup>2</sup> )	외형적 특징
너와집 (국가지정중요민속자료)	256	07.12	2,355	울릉도 개척당시(1882)에 있던 울릉도 재래의 집 형태를 간직하고 있는 너와집으로서 1940년대에 건축함
투막집 (국가지정중요민속자료)	256	07.12	2,355	울릉도 개척당시(1882)에 있던 울릉도 재래의 집 형태를 간직하고 있는 투막집으로 1945년대에 건축함
투막집 (국가지정중요민속자료)	257	07.12	1,762	울릉도 개척당시(1882)에 있던 울릉도 재래의 집 형태를 간직하고 있는 투막집으로 1945년대에 건축함
울릉 나리 투막집 (문화재자료)	182	86.12		울릉도 개척당시(1882)에 있던 울릉도 재래의 집 형태를 간직하고 있는 투막집으로 1945년대에 건축함
울릉 나리 투막집 (문화재자료)	183	86.12		울릉도 개척당시(1882)에 있던 울릉도 재래의 집 형태를 간직하고 있는 투막집으로 1945년대에 건축함
울릉 남서 고분군 (기념물)	72	86.12	52,135	지형의 제약을 받아 산록경사면에 괴석으로서 위가 편평하게 축대 또는 기단을 쌓고 그 위에 시체를 안치하는 돌덧널을 만들고 그 위에 돌로써 봉분을 만든 이른바 석총
울릉군 북면 현포 고분군 (기념물)	73	86.12	27,199	무덤은 기단을 조성하고 가운데 장방형의 돌방을 만들어 시체를 넣고 그 위에 돌로써 봉분을 만든 이른바 석총으로 울릉도에서만 볼 수 있는 특징적인 무덤
독도 천연보호구역 (천연기념물)	336	82.11	187,554	독도에는 많은 해조류가 번식하고 있으며, 특히 바다제비, 습새, 갯이갈매기가 군집하여 집단적으로 번식하고 있으며 지리적 여건상 일반인의 출입이 엄격히 통제되고 있어 천연자원 보존이 양호함

## 1.2 기획의 목적

- 세계유산이란 세계유산협약이 규정한 탁월한 보편적 가치를 지닌 유산으로서 그 특성에 따라 자연유산, 문화유산, 복합유산으로 분류함 [표 1-2]. 국내외적으로 각국의 문화재나 뛰어난 자연환경을 대상으로 문화유산이나 자연유산을 등재한 사례는 많음.
- 유산이란 우리가 선조로부터 물려받아 오늘날 그 속에 살고 있으며, 앞으로 우리 후손들에게 물려주어야 할 자산으로 자연유산과 문화유산 모두 다른 어느 것으로도 대체할 수 없는 우리들의 삶과 영감의 원천임. 유산의 형태는 독특하면서도 다양하며 '세계유산'이라는 특별한 개념이 나타난 것은 이 유산들이 특정 소재지와 상관없이

모든 인류에게 속하는 보편적 가치를 지니고 있기 때문임

⇒ 이에 유네스코는 이러한 인류 보편적 가치를 지닌 자연유산 및 문화유산들을 발굴 및 보호, 보존하고자 1972년 세계 문화 및 자연 유산 보호 협약(Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage; 약칭 '세계유산협약')을 채택하였음

○ 울릉도는 독도의 모섬으로써 지리적, 영토 주권적으로 중요한 위치를 차지하며, 뛰어난 자연경관과 수중생태계를 보유하고 있음에도 불구하고 세계자연유산 등재를 위한 사회적, 정책적 관심에서 배제되어 있었음. 따라서 본 기획연구에서는 뛰어난 자연 현상과 탁월한 자연미를 가진 지역으로서 울릉도의 자연지리학적 중요성을 기반으로 과학적 관점에서 울릉도 해양생태계의 차별성을 강조하고 생태계의 새로운 미학적 중요성을 발굴하고 강조함으로써 동해안 유일의 섬인 울릉도를 세계자연유산에 등재시키고자 하는 전략 수립 자료를 확보하고자 함

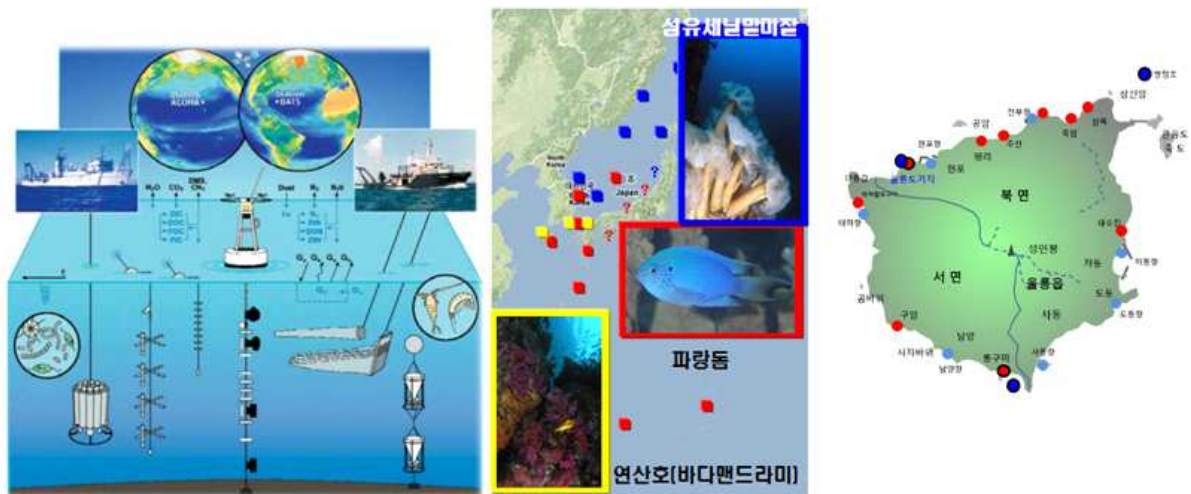
[표 1-2] 세계유산의 정의

구 분	유산의 정 의
문화유산	<ul style="list-style-type: none"> <li>•기념물: 기념물, 건축물, 기념 조각 및 회화, 고고 유물 및 구조물, 금석문, 혈거 유적지 및 혼합유적지 가운데 역사, 예술, 학문적으로 탁월한 보편적 가치가 있는 유산</li> <li>•건축물군: 독립되었거나 또는 이어져있는 구조물들로서 역사상, 미술상 탁월한 보편적 가치가 있는 유산</li> <li>•유적지: 인공의 소산 또는 인공과 자연의 결합의 소산 및 고고 유적을 포함한 구역에서 역사상, 관상상, 민족학상 또는 인류학상 탁월한 보편적 가치가 있는 유산</li> </ul>
자연유산	<ul style="list-style-type: none"> <li>•무기적 또는 생물학적 생성물들로부터 이룩된 자연의 기념물로서 관상상 또는 과학상 탁월한 보편적 가치가 있는 것</li> <li>•지질학적 및 지문학(地文學)적 생성물과 이와 함께 위협에 처해 있는 동물 및 생물의 종의 생식지 및 자생지로서 특히 일정구역에서 과학상, 보존상, 미관상 탁월한 보편적 가치가 있는 것</li> <li>•과학, 보존, 자연미의 시각에서 볼 때 탁월한 보편적 가치를 주는 정확히 드러난 자연지역이나 자연유적지</li> </ul>
복합유산	<ul style="list-style-type: none"> <li>•문화유산과 자연유산의 특징을 동시에 충족하는 유산</li> </ul>



## 제 2 절 기획 연구의 내용 및 범위

- 본 기획연구를 통해 기획한 세부과제의 내용은 대마난류 영향권 지역거점별 해양생태계 차이, 생태전이지역의 화학적 변동 특성, 생태계 현상 규명 및 상호반응, 울릉도 핵심 생물의 유전자 정보 획득 및 세계자연유산 등재 전략 수립 등이며 과제별 연구내용은 다음과 같음
- 대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 예측 연구 분야의 주요 연구내용은 다음과 같음 [그림 1-6]
  1. 울릉도 해양환경관측망 구축 및 해양관측부이 운영을 통한 중장기 시계열 분석
  2. 대마난류 권역 지역거점별 해양생태계 특이성과 해양환경 연계성 파악



[그림 1-6] 울릉도 해양관측망 구축 및 지역거점 연구 개요

- 울릉도 주요 생태전이지역의 화학적 변동 특성 분석 연구 분야의 주요 연구내용은 다음과 같음
  1. 울릉도 주변 해역의 친생물 원소 및 생물 분포와 주요 화학 인자의 상호 연관성 연구
- 울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 연구
  1. 울릉도 연안역 플랑크톤 생태계 기초먹이망과 대표영향요인 사이의 상호 연계 파악
  2. 대표 영향요인의 부유생태계 작동 기작과 울릉도 해역과의 상호 관련성 연구
  3. 연안 해조군집의 중장기 변동에 따른 자원 관리 및 유용 자원 활용 연구

4. 저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리활성 연구를 통한 이상증식 원인 규명
  5. 유영생태계 중장기 생물다양성 변화 및 자원 생태 연구
  6. 울릉도 핵심 해양생물의 분자마커 개발 및 과학적 관리 체계 개발 연구
- 세계자연유산 등재 전략 수립 분야의 주요 연구는 다음과 같이 구성됨
1. 울릉도 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리 방안 연구
  2. 해양 자연환경 및 생태 기반 관리를 통한 영토 주권 확립 방안 연구
  3. 울릉도 해양생태계자원 세계자연유산 등재 전략 수립

## 제 2 장 국내외 연구 개발 추진 현황 및 환경 분석

### 제 1 절 국내외 세계유산 관련 정책 동향

- 세계유산(World Heritage)에 대한 범세계적 관심은 1972년 11월 제17차 정기총회에서 국제연합교육과학문화기구(UNESCO)가 채택한 '세계 문화 및 자연유산 보호협약'에 따라 지정한 유산을 말함 (UNESCO, 2005)
  - ⇒ '세계적으로 보존할만한 보편적이고 가치 있는 유산'을 인위적인 훼손과 파괴로부터 보호하고 보존하기 위해 세계유산으로 지정하고자 함
  - ⇒ "유산(Heritage)"의 정의 (UNESCO) : "과거로부터 물려받은 것으로서, 현재 우리가 더불어 살아가고 미래 세대에 물려주어야 할 것 (Heritage is our legacy from the past, what we live with today, and what we pass on to future generations)"
- 1972년 세계유산협약이 채택된 이후, 각국의 관심이 증대하면서 세계유산목록에 포함된 유산의 성격 및 지역간 불균형 문제가 대두됨. 1987년부터 1993년에 걸쳐 국제기념물유적회의(ICOMOS)가 수행한 연구에 따르면, 유럽의 역사 유적지 및 종교 기념비, 기독교 유물, '엘리트주의'적 건축물들은 세계유산목록에 과도하게 등재되어 있는 반면 현존하는 문화, 특히 '전통 문화'와 관련 있는 유적들은 거의 등재되어 있지 않았음
  - ⇒ 국가별, 지역별 편중 역시 심각한 문제로 이탈리아, 스페인, 독일, 프랑스, 중국 등 상위 5개국이 전체 유산의 약 20%를 차지하고 있으며, 이 가운데 4개국이 유럽국가임. 이에 1994년, 세계유산위원회는 신뢰할 수 있고, 대표성 있으며, 균형 잡힌 세계유산목록 작성을 위한 국제 전략을 발표함
- 국제전략 수립 이후, 태평양 지역 섬 국가, 동유럽, 아프리카 및 아랍 지역 국가들이 세계유산협약에 새로 가입해 2014년 7월 현재 세계유산협약 당사국 수는 191개국으로 증가함. 당사국 대부분은 잠정 목록을 제출하여 문화경관, 산업유산, 사막, 해양, 도서 지역 등 새로운 성격의 유산들이 세계 유산에 추가되었음
- 세계자연보전연맹은 최근 세계유산목록에 등재된 자연 및 복합 유산들은 대체로 세계 여러 지역에 고루 분포하고 있음을 발견하였지만 열대/온대 초원, 대초원, 호수, 툰드라 및 극지방, 냉대 사막 등의 세계 유산 목록에는 큰 불균형이 존재하여 새로운

유산을 발굴하고 기존 유산 보존 업무를 충실히 수행하기 위해 각 당사국들이 신청하는 유산의 수량을 매년 2점으로 제한하고 있으며, 위원회가 매년 검토하는 전체 유산의 수량 역시 45점으로 제한하고 있음

⇒ 현재 세계유산위원회를 비롯해 세계유산협약 당사국들은 1,000여점에 달하는 세계유산목록 운영방향과 세계유산 사업의 미래에 대해 새로운 전략을 모색중임

## 제 2 절 국내외 세계유산 연구 동향 및 성과

- 세계유산은 인류가 이룩한 문화 활동의 산물인 문화유산과 뛰어난 경관이나 학술적인 가치를 지닌 자연유산 그리고 이러한 문화유산과 자연유산이 함께 어우러진 복합유산으로 구분됨
- 세계유산에 등재되기 위해서는 탁월한 보편적 가치(OUV)를 입증해야 하는데, 평가요건은 하나 또는 그 이상의 등재기준(criteria)을 충족하고, 완전성(integrity)과 진정성(authenticity)의 조건 충족, 마지막으로 유산의 속성(attribution)을 보호 및 관리하기 위한 요구를 충족해야 함
- 우리나라에서 유일하게 세계자연유산으로 등재된 제주도는 2002년 생물권보전지역 지정을 시작하여 2007년 세계자연유산 등재, 2010년 세계지질공원 인증까지 UNESCO 3 관왕을 달성함. 제주도 생물권보전지역(Jeju Island Biosphere Reserve)은 2002년 5월 환경부, MAB한국위원회, 제주특별자치도에서 총 830.94km<sup>2</sup> 면적을 신청하였으며, 지역을 대표하는 생태계의 존재, 생물다양성 보전 중요성, 지역공동체와 민간 참여 가능성 등을 인정받아 지정되었음. 제주도 세계지질공원은 2009년 9월 제주특별자치도에서 제주도 전체를 면적으로 신청하여 2010년 10월에 지질학적 가치, 교육적 활동, 지질관광 운영, 지역주민 참여도를 인정받아 인증 받았음
- 서남해안 갯벌은 4개 권역, 3개 광역단체(충남, 전북, 전남), 5개 지자체(서천군, 고창군, 순천시, 보성군, 신안군)에서 육상을 제외한 지역에 대한 자연유산 등재를 추진하고 있는데, 2007년부터 2009년까지 문화재청에서 잠정목록 정비를 위한 조사 및 평가, 신규 잠정목록 등재신청서 작성 및 제출 과정을 거쳐 2010년에 유네스코 세계유산 잠정목록에 등재되었으며, 2010년 12월부터 세계유산 등재를 위한 등재추진 기본계획을 수립하고 현재까지 관련분야별 연구를 수행하고 있음(해양수산부, 2015)

- 세계유산 등재를 위한 국내·외적인 절차는 먼저 국가 차원에서 제출된 대상유산에 대해 세계유산센터(World Heritage Centre)가 접수한 후, 신청 유산의 검토 및 평가를 실시함 [그림 2-1]
- 신청사항은 유네스코의 자문기구인 세계자연보전연맹(IUCN)과 국제기념물유적협의회(ICOMOS)에서 평가하여 작성함 (자연유산의 경우 IUCN에 의뢰)
- IUCN : 세계자연유산 사전심의 담당
- 해당 유산의 세계보전모니터링센터(World Conservation Monitoring Centre) 데이터베이스 자료수집, 외부 전문가 서면평가 실시, 현장실사를 위한 전문가 당사국 파견, 신청서의 진위, 유산의 보호 및 관리 상태 평가 및 기술보고서 수렴, 당해 유산의 등재 여부를 위한 패널 개최, 심의 결과를 세계유산센터로 보냄
- 세계유산센터 : 집행이사회(World Heritage Bureau) 구성 (7인), IUCN 평가 결과 검토, 권고안 마련, 평가 결과를 세계유산위원회의(World Heritage Committee Meeting)에 회부, 최종심의 후 세계유산목록에 등재 결정 및 공포
- ⇒ 특히 세계유산위원회의에서 '등재불가'로 권고가 나와 등재가 거부될 경우, 해당 유산은 다시 세계유산으로 신청할 수 없음



[그림 2-1] 세계유산 등재절차

## 제 3 장 연구 목표 설정 및 연구 개발 추진 계획 수립

### 제 1 절 연구 개발 최종 목표

본 연구는 독도의 모섬으로써 지리적, 영토 주권적으로 중요한 위치를 차지하는 울릉도의 자연경관과 해양생태계의 차별성을 강조하고 생태계의 새로운 미학적 중요성을 발굴·강조함으로써 동해안 유일의 섬인 울릉도를 세계자연유산에 등재시키고자 하는 전략 수립 자료를 확보하고자 기획되었음.

세계자연유산 등재의 요건 중 주요 사항으로서 과학적 자료 확보가 필수적인데 본 연구에서는 타 지역과의 해양환경 및 생태계의 차별화를 위해 대마난류 영향권 내 거점별 해양환경 및 생태계 변동 연구 및 울릉도 생태전이지역의 화학적 변동 특성 분석, 울릉도 연안역 중장기 생태계 기반 체계적 관리를 위한 현상 규명과 상호반응 연구 및 자원 활성화 방안 연구, 울릉도의 차별화된 자연생태환경 DB 구축을 통해 세계자연유산 등재를 위한 전략을 수립하고자 함

### 제 2 절 연구 목표 및 내용

본 기획 연구에서 검토한 연구 프로그램의 세부 분야별 연구목표 및 내용은

#### ○ 대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 예측 연구〔세부과제 I〕

울릉도 해양환경관측망 구축 및 해양관측부이 운영을 통한 해양환경 중장기 시계열 분석을 실시하고, 대마난류 권역 지역거점별 해양환경 및 생태계 장기 변동 특성 조사 그리고 울릉도 및 대마난류 권역 지역거점별 해양생태계의 지리적 특이성과 해양환경의 연계성을 규명 연구를 수행함

#### ○ 울릉도 주요 생태전이지역의 화학적 변동 특성 분석〔세부과제 II〕

생태전이지역의 화학적 변동 특성 연구는 울릉도의 주요 거점을 선정하여 거점별/수심별 영양염, 용존 무기탄소 및 알칼리도의 수직분포 조사를 통해 생물의 분포 및 서식생태의 차이를 조사하며, 생물의 수직/수평 분포와 주요 화학인자의 상호 연관성 규명연구를 수행함

#### ○ 울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 방안 연구〔세부과제 III〕

울릉도 연안역 주요 거점에서의 플랑크톤 생태계 기초먹이망과 대표영향요인(순기능, 역기능) 사이의 상호 연계성을 파악하고, 대표 영향요인의 부유생태계 작동기작과 울릉도 해역과의 상호 관련성 연구, 연안 해조군집의 중장기 변동에 따른 자원 관리 및 유용 자원 활성화 연구, 울릉도 연안 주요 거점별 저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리 활성화 연구를 통한 이상증식 원인 규명, 유영생물(어란, 자치어, 어류)의 중장기 생물다양성 변화 및 자원생태 연구, 울릉도 핵심 해양생물의 분류군별 분자마커 및 과학적 관리 체계 개발 연구를 수행하고자 함.

○ 세계자연유산 등재 전략 수립 [세부과제 IV]

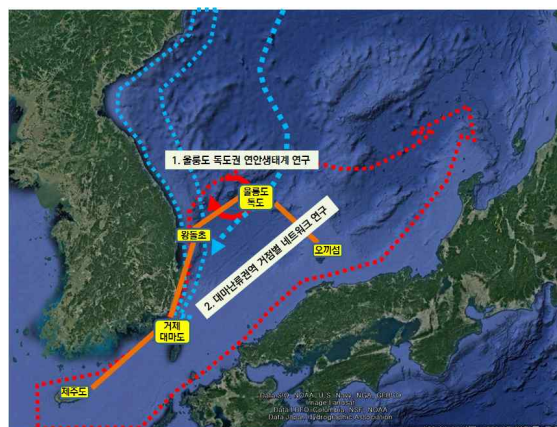
울릉도 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리시스템 확립, 울릉도 주요 해양 자연환경 및 생태학적 관리를 위한 영토 주권 확립 연구, 울릉도 해양환경의 세계자연유산 등재를 위한 전략 수립 연구를 수행하고자 함.

### 제 3 절 추진 전략 및 기술 개발 로드맵

#### 1. 추진전략

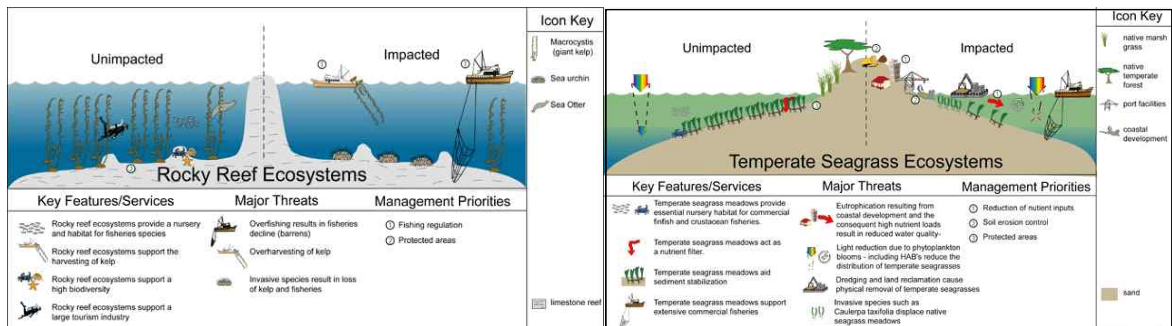
○ 대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 예측 연구[세부과제 I]

- 울릉도·독도 장기 해양환경관측망 구축 및 해양관측부이 운영, 해양환경 주요 핵심 인자의 시·공간변동 특성 연구, 주요 핵심 인자별 기후변화 영향 파악, 해역별 해양환경 통합 시계열 관측망 구축 [그림 3-1]



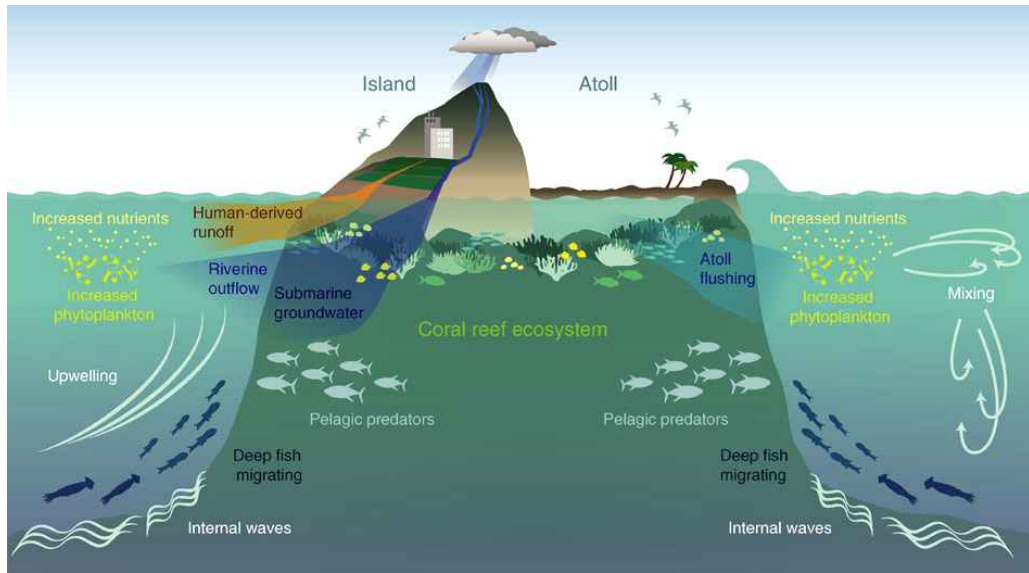
[그림 3-1] 대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 조사 개요

- 대마난류 권역 지역 거점별 해양환경 및 생태계 장기변동 특성 조사
- 울릉도·독도 및 대마난류 권역 지역 거점 해양생태계의 지리적 특이성과 해양환경 연계성 파악
- 울릉도 주요 생태전이지역의 화학적 변동 특성 분석 [세부과제 II]
  - 울릉도 주변 해역 친생물 원소 및 생물 분포와 주요 화학 인자의 상호 연관성 연구
- 울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 방안 연구 [세부과제 III]
  - 울릉도 연안역 플랑크톤 생태계 기초 먹이망과 대표영향요인 사이의 상호 연계 파악 연구 [그림 3-2]
  - 대표 영향요인의 부유생태계 작동 기작과 울릉도 해역과의 상호관련성 연구
  - 연안 해조군집의 중장기 변동에 따른 자원 관리 및 유용 자원 활용 연구
  - 저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리활성 연구를 통한 이상증식 원인 규명
  - 유명생태계 중장기 생물다양성 변화 및 자원 생태 연구
  - 울릉도 핵심 해양생물의 분자마커 개발 및 과학적 관리 체계 개발 연구
- 세계자연유산 등재 전략 수립 [세부과제 V]
  - 울릉도 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리 방안 연구 [그림 3-3]
  - 해양 자연환경 및 생태 기반 관리를 통한 영토 주권 확립 방안 연구
  - 울릉도 해양생태자원 세계자연유산 등재 전략 수립



[그림 3-2] 울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구개요





[그림 3-3] 울릉도 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리

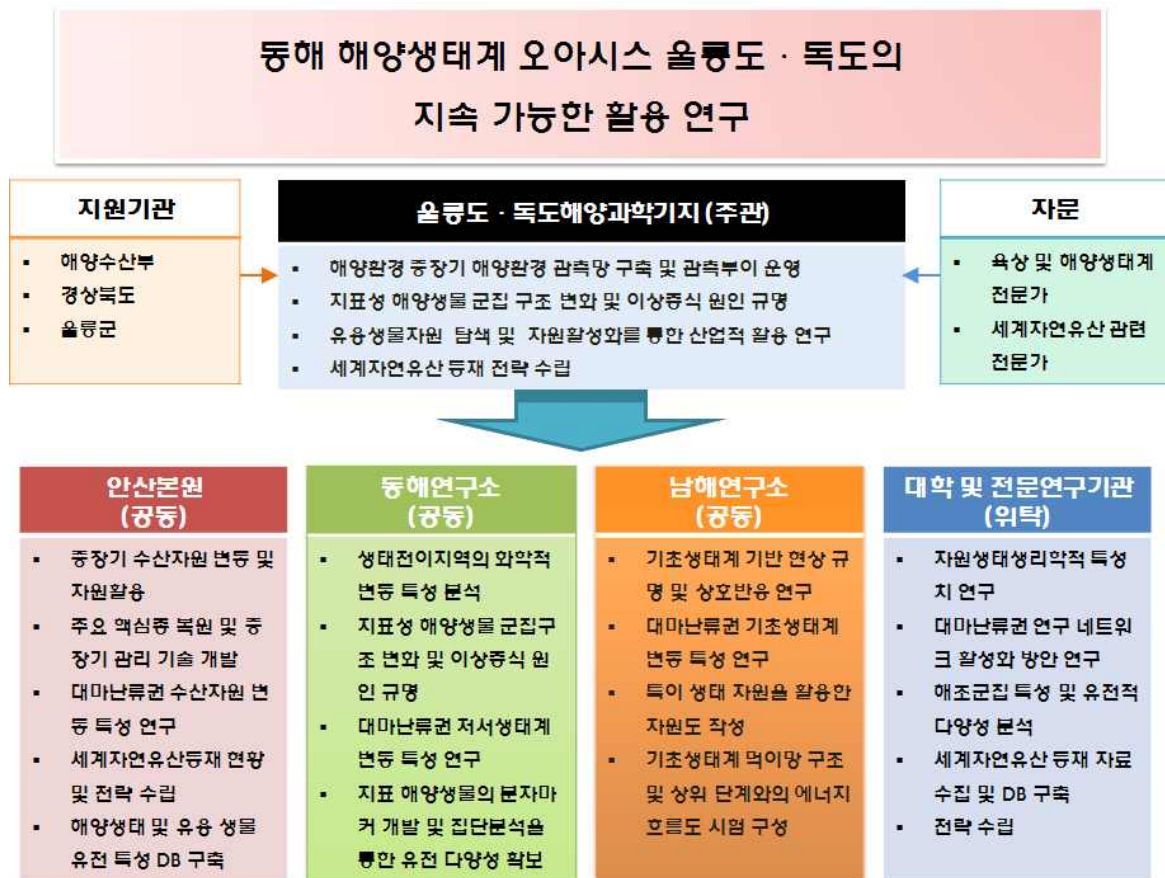
## 2. 기술개발 로드맵

	세부프로그램/연구목표	1단계					2단계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
<b>세부과제 I</b> [대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 예측 연구]	울릉도 해양환경관측망 구축 및 해양관측부이 운영을 통한 중장기 시계열 분석						
	대마난류 권역 지역거점별 해양환경 및 생태계 장기변동 특성 조사						
	대마난류 권역 지역거점별 해양생태계의 지리적 특성과 해양환경 연계성						
<b>세부과제 II</b> [울릉도 주요 생태전이지역의 화학적 변동 특성 분석]	울릉도 주변 친생물 원소 및 생물 분포와 주요 화학인자의 상호 연관성 연구						
	울릉도 연안해역 플랑크톤 생태계 기초먹이망과 대표 영향요인 사이의 상호 연계 파악 연구						
<b>세부과제 III</b> [울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 연구]	대표 영향요인의 부유생태계 작동 기작 규명과 울릉도 해역과의 상호관련성 연구						
	연안 해조군집의 중장기 변동에 따른 자원 관리 및 유용 자원 활용						
	저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리활성 연구를 통한 이상증식 원인 규명						
	유영생태계 중장기 생물다양성 변화 및 자원 생태 연구						
	울릉도 핵심 해양생물의 분자마커 개발 및 과학적 관리 체계 개발 연구						
<b>세부과제 IV</b> [세계자연유산 등재 전략 수립]	해양보호구역 해양생물 보전 및 관리시스템 확립						
	해양자연환경 및 생태학적 관리를 통한 주권 확립						
	울릉도 해양생태계 세계자연유산 등재 전략 수립						

## 제 4 절 연구 개발 추진 체계

연구목표와 연계된 주요 연구 분야별 참여 연구진은 아래와 같음 [그림 3-4]

- 대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 예측 [세부과제 I]
  - 울릉도·독도 장기 해양환경관측망 구축 및 해양관측부이 운영과 대마난류 권역 거점별 해양환경, 생태계 장기변동 및 해양생태계 지리적 특이성과 해양환경 연계성 파악은 해양과학기술원 본원, 울릉도·독도해양과학기지, 동해연구소, 남해연구소, 대학 및 관련 전문가 등이 참여할 예정임
- 울릉도 주요 생태전이지역의 화학적 변동 특성 분석 [세부과제 II]
  - 영양염, 용존 무기탄소 및 알칼리도 수직분포 조사, 주요 화학인자의 상호 연관성 연구는 동해연구소에서 주로 수행할 계획임



[그림 3-4] 주요 연구분야별 연구내용 및 연구추진도

- 울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 연구 [세부과제 III]
  - 부유생태계 분야는 남해연구소에서 수행하며, 해조류 및 저서생물 분야는 본원과 울릉도·독도해양과학기지 연구진이 참여함. 어류분야는 본원, 기지 및 대학 연구진이 참여할 예정임. 울릉도 핵심 해양생물의 분자마커 개발 및 과학적 관리체계 개발 연구를 위한 유전자 정보 획득 및 분자마커 개발 및 집단유전자 분석은 동해연구소와 대학 연구진이 수행할 예정임
- 세계자연유산 등재 전략 수립 [세부과제 IV]
  - 울릉도 해양보호구역 관련 연구는 울릉도·독도해양과학기지 연구원이 수행하며, 해양생태 자료 및 자생 유용생물 확보를 통한 DB 구축, 세계자연유산 등재를 위한 환경 및 생태 자료 확보 및 전략 수립은 본원(정책연구소 포함), 울릉도·울릉도독도해양과학기지, 대학 및 관련 전문가들이 참여할 것임

## 제 5 절 연차별 연구 개발 소요 예산

(단위:억)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계 (억원)
세부과제 II	9.00	6.80	6.80	6.80	6.80	36.20
세부과제 III	10.20	8.70	8.70	8.70	8.50	44.80
세부과제 IV	10.80	7.40	7.40	7.40	7.10	40.10
세부과제 V	3.10	2.80	2.70	2.50	2.50	13.60
직접비	33.10	25.70	25.60	25.40	24.90	134.70
간접비(18% 기준)	5.96	4.63	4.61	4.57	4.48	24.25
총 계	39.06	30.33	30.21	29.97	29.38	158.95

## 제 4 장 세부과제별 연구내용

### 제 1 절 대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 예측 연구

#### 1. 울릉도 해양환경 관측망 구축 및 해양관측부이 운영을 통한 중장기 시계열 분석

##### 1.1 연구의 필요성

- 동해환경 급변화(수온증가, 해양산성화, 해수면 상승, 유기물 축적, 연안침식 가속화, 이상고파 발생, 지진해일 발생, 백화현상 확대, 아열대종 출현빈도 증가, 수산자원 변동 등)에 대한 체계적인 감시와 대처방안 마련이 필요함
- 동해해양변동을 실시간으로 관측하고 정보를 유용하게 활용하기 위해서는 최적의 입지조건을 갖추고 있는 동해연구소를 거점으로 국제적 수준의 Marine Station을 구축하는 것이 시급히 필요함
- 이와 같은 국제적 수준의 Marine Station을 구축하기 위해서는 해양과학과 무인탐사선 및 로봇 등 관측시스템 개발, 수중 송수신, 연료전지 개발 등의 공학기술, 그리고 현장 실시간 관측자료의 집적과 분석 및 전송활용 시스템 구축, 디스플레이 시스템 등 첨단 IT기술의 융복합이 필수적이며, 이런 제반설비의 구축 및 실제적 활용을 위해서는 동해 해양현장에 직접 접속이 가능한 동해연구소를 활용하는 것이 가장 효과적으로, 그 효율성을 극대화하기 위해서는 동해연구소 가동초기인 현 시점에서 시급히 착수되어야함

##### 1.2 국내외 연구동향

###### 1.2.1. 국내 동향

- 국내에서는 NEARGOOS(동북아해양관측시스템) 등의 국제프로그램의 참여가 있으나, 실질적인 자료는 JMA(일본기상청)이나 JODC(일본해양자료센터)에서 제공되고 있는 실정이고, 동해에 대해서는 몇 개의 관측부이나 해저계류시스템 및 간헐적인 연구선 조사를 통한 광역적 관측 자료만이 일부 제공되고 있음
- 울릉도 연안 및 주변해역에는 기상청에서 운용하는 AWS 측정망 3개소 (풍향, 풍속,

해면기압, 기온, 강수량, 습도 측정), 연안 파고부이 3개소 (파고, 파주기 및 표층수온 측정), Nomad 기상부이 1개소(파고, 파주기, 파향, 풍향, 풍속, 기온 및 표층수온 측정)와 국립해양조사원에서 운영하는 조위관측소(조위 및 표층수온 측정)와 쌍정초 등부표(파고, 파주기, 기온, 기압, 풍향, 풍속 측정), 그리고 국립수산과학원의 정선관측망 정점 (105-10)과 강릉-울릉(저동항)-독도를 오가는 여객선(씨스타호, 겨울철 운항없음)에 장착된 표층 클로로필-a, 수온, 염분센서를 이용한 관측이 진행되고 있음 [표 4-1]

[표 4-1] 동해에 설치된 기관별 해양환경관측시설 및 분석항목

기관	관측방법	수집 및 분석항목
기상청	AWS(3개소)	풍향, 풍속, 해면기압, 기온, 강수량, 습도
	연안파고/기상부이(4개소)	파고, 파주기, 파향, 풍향, 풍속, 기온 및 표층수온
국립수산과학원	정선관측자료(1961~)	층별 수온, 염분 등
	여객선(강릉-울릉-독도) 장착	표층 클로로필-a, 수온, 염분
국립해양조사원	조위관측소(1개소)	조위, 표층수온 등
	쌍정초등부표	조위, 표층수온 등
서울대	울릉도-독도간 심층계류	유향, 유속
KIOST, 서울대 등	연구선 조사(1980년대~), 계류관측 등	층별 수온, 염분 등

○ 동해에서 국제수준의 정밀하고 실시간적인 해양환경자료의 획득과 활용을 위해서는 대상해역에 다목적 케이블 또는 무선관측시스템을 구축하고, 동해연구소의 해양접근성을 이용한 실시간적 통합 해양자료 관측모니터링 시스템 운용 및 전문 관리가 필요함

○ 지구규모의 국제프로그램과 연계된 동해 관측 및 자료 활용 이외에도 해군활동, 어로활동, 기상정보, 재해예보 등의 국가적, 대국민적 요구에 대응하기 위한 다목적의 동해 종합 해양관제 및 정보서비스 시스템 구축이 필요함

### 1.2.2. 국외 동향

○ 세계해양관측시스템(Global Ocean Observation System)은 IOC, UNEP,

WMO 및 ICSU의 지원하에 수행되고 있는 국제공동 관측망 구축 프로그램으로, NOAA(미국), JAMSTEC(일본)과 같은 해양연구기관을 주축으로 활발히 추진되고 있음

- 미국의 해양통합관측시스템 개발 및 운영 예산 규모는 최근 5년동안 약 22억달러 (2.5조원)에 달할 정도로 집중적인 지원이 이루지고 있으며, 대표적인 연구사업으로 북동태평양 연안 및 심해의 복합적인 해양환경 및 지구조특성을 연속적으로 관측하기 위한 케이블형 NEPTUNE 프로젝트가 있음
- 세계해양추적자프로그램(GEOTRACES)은 국제민간학술단체 연합회(ICS)의 주도 아래, 미국, 영국, 프랑스, 캐나다, 중국, 일본 등 해양과학선진국들이 주도하고 있으나, 국내에서는 이와 연계된 통합해양관측시스템이 부재함

### 1.3. 연구 목표 및 내용

#### 1.3.1. 연구 목표

- 울릉도·독도 주변 해역을 중심으로 해양환경 관측망 구축 및 관측부이 운영을 통해 중장기 시계열 분석을 실시함으로써 해양 현장성과 융복합 기술을 활용한 동해 해양 변동 감시 및 다목적 관제시스템 구축 및 운용에 필요한 자료를 확보함에 있음

#### 1.3.2. 연구 내용

- 고정형 장기 모니터링
  - 다학제간 복합 실시간 종합 해양관측부이 운영 (2개소) : 울릉도 연안 1개소, 울릉도 외해 1개소 (독도 연안의 경우 기존 한국해양과학기술원 독도 해양관측부이 활용)
  - 무인 HF 레이다 이용 울릉도 독도 주변 광역 파랑 및 표층 해류 모니터링 : 울릉도 1개소, 독도 1개소
  - 무인 수중 CCTV를 활용한 울릉도 독도 연안 수중 생태계 연속 모니터링 : 울릉도 1개소, 독도 1개소
- 이동형 장기 모니터링
  - 울릉도-독도간 정기 여객선을 활용한 표층 해양환경 변동 연속 모니터링 : 포항-울릉-독도간 정기 여객선 및 화물선 활용

- 첨단 무인관측장비(Wave Glider, UCTD, Underwater Glider 등)를 활용한 울릉도-독도간 상층 해양환경 연속 모니터링

○ 관측항목

- 고정형 : 기상, 층별 해수 물성 및 유동 특성
  - ⇒ 해양 : 파고, 파향, 수온, 염분, 유속, 유향, pH, 영양염, 클로로필, 용존산소, 광량 등
  - ⇒ 기상 : 풍향, 풍속, 기압, 기온, 습도 등
- 이동형 : 수온, 염분, pH, 영양염, 클로로필, 용존산소 등

1.3.3. 단계별 목표 및 내용

○ 1단계 연차별 목표 및 내용

구 분		연구개발목표	연구개발내용
1 단 계	1차 년도	해양관측시스템 설치 적지 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관측정점 및 관측라인 설치 적지조사 및 선정</li> <li>• 관측네트워크 기본 설계</li> </ul>
	2차 년도	주요 정점에 대한 해양환경 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도·독도 연안 장기 해양관측시스템 구축</li> <li>• 해양환경 장기 자료 수집 및 분석</li> </ul>
	3차 년도	해양관측시스템 장기 운용을 통한 자료 생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 연안 실시간 해양관측부이 및 핵심정점 장기 관측시스템 운용</li> </ul>
	4차 년도	울릉도·독도 연안 해양 혼합 특성 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해저지형, 해수유동, 파랑, 내부파 등에 의한 해양혼합과정 정밀구조 파악</li> <li>• 생태계에 영향을 미치는 주요 물리 특성 구조 정밀 파악</li> </ul>
	5차 년도	울릉도·독도 연안 해양환경 변동 분포도 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역별, 수심별 해양환경 분포도 작성</li> <li>• 유사 지역별 비교를 통한 울릉도 연안 해양환경 변동의 특이성 제시</li> </ul>
2 단 계		울릉도·독도 중장기 해양관측시스템 운용 및 해양환경 기반 관리기법 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도·독도 환경 특성 맞춤형 해양환경 모식도 작성</li> <li>• 관측네트워크 관리 시스템 구축 및 관리팀 운영</li> <li>• 관제센터 및 자료제공 서비스 구축 및 시범 운용</li> <li>• 타 기관과의 협업을 통한 통합시스템 구축</li> </ul>

#### 1.4. 추진전략

- 울릉도와 독도 해역은 해상기상 특성상 연중 유효 현장 관측 가능일 수가 연중 약 203일 정도이며 (기상청 동해중부 먼바다 1999~2015년 연평균 풍랑특보 발령일 수 67.2일), 연중 6월이 27.4일로 최대, 연중 12월이 5.6일로 최소로 고려됨. 연중 지속적이며 장기적인 관측 자료를 확보하기 위해서는 연구선 기반 관측 보다는 해양 관측 부이 등 첨단 무인 관측 장비의 적극적 활용의 검토가 요구됨

[표 4-2] 기상청 동해중부 먼바다 풍랑특보 발령현황 및 선박 운항 가능일 검토

월	1999~2015년 평균 풍랑특보 발령일	운항가능일 검토 (발령일의 2.4배 제외)	월	1999~2015년 평균 풍랑특보 발 령일	운항가능일 검토 (발령일의 2.4배 제외)
1	10.30	6.3	7	2.49	25.0
2	7.16	10.7	8	2.81	24.3
3	6.61	15.2	9	4.43	19.4
4	5.08	17.8	10	5.19	18.5
5	2.54	25.0	11	8.92	8.6
6	1.11	27.4	12	10.55	5.6

- 울릉도와 독도는 해양환경 특성상 한류와 난류의 교차 지역에 위치하고 있는 지리적 특성상 한반도 주변 해역 중 대표적으로 변동성이 큰 해역임 (약 20~40일 주기의 변동이 우세함). 이를 위해 고정 좌표 및 정선을 설정하여 지속적인 관측이 요구됨. 고정 좌표의 경우, 울릉도·독도해양과학기지가 위치한 울릉도 북쪽의 연안 정점과 외해 정점, 그리고 사동항 인근의 울릉도 남동쪽에 연안 정점과 외해 정점 등 정점의 접근성을 고려하여 유지하는 것이 적절함. 이러한 정점 선정시에 기존 관련기관의 장기 관측점 (예. 기상청 파고부이 관측 정점)을 적극 활용할 필요가 있음

#### 1.5. 기대성과

- 해양공학, IT, 해양과학이 만나는 현장형 해양융복합기술 체계의 개발을 통해 명실상 부한 국제적 해양연구 거점을 구축하고 해양과학기술 선도국으로 도약할 수 있는 계기 제공

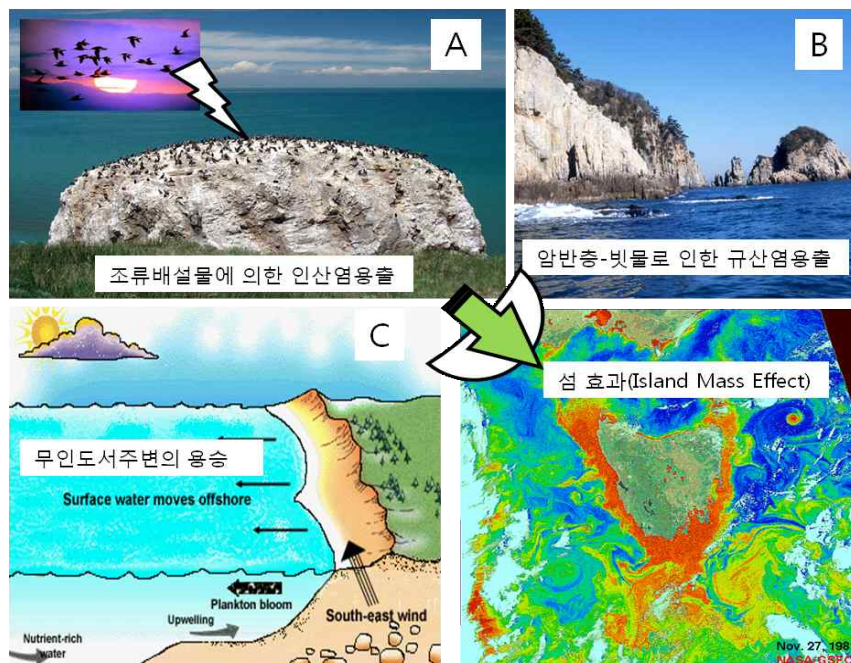


- 동해변동에 의한 국토손실방지 및 보존, 해군활동, 어로활동, 기상 및 재해예보 등에 신속한 대응체제구축을 통해 동해에 대한 고도의 국가적 관리 및 대민서비스에 적극 기여
- 세계 해양관측시스템 프로그램 합류 등을 통해 동해연구 국제화와 선점으로 동해지명 및 독도영유권 공고화 및 해양경계획정 등에서 유리한 입지 구축 가능

## 2. 대마난류 권역 지역거점별 해양생태계 특이성과 해양환경 연계성 파악

### 1.1 연구의 필요성

- 도서는 인간의 간섭이 적은 안정된 지역으로서 섬 주변해역은 잘 보존된 생물서식, 산란, 보육장이자 해양생물의 중간기착지로서 해양생태계에 미치는 영향과 그 역할이 큼. 도서 주변해역은 1) 섬에서 공급되는 영양염(예를 들면 무인도서는 철새가 횡단하는 중간왕래지로서 그들 생물의 배설물기인의 인산염공급과 더불어 암반에서 용출된 규산염이 풍부함), 2) 에크만 취송류의 영향으로 와류가 형성되어 저서의 풍부한 영양염 공급이 빈번하여 도서 주변해역의 생산성을 풍부하게 유지 할 수 있는 섬 효과 (Island Mass Effect)가 있음 [그림 4-1]



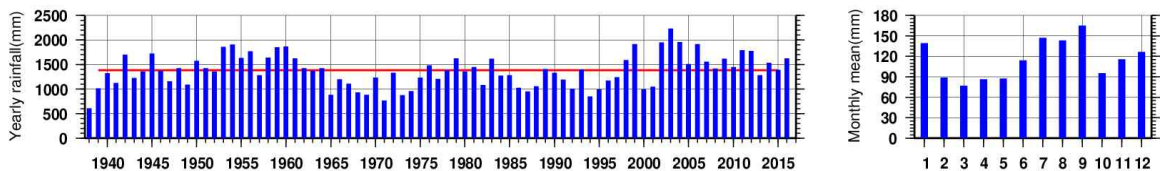
[그림 4-1] 무인도서 주변 섬 효과(Island Mass Effect)의 모식도

- 그러나 울릉도와 독도는 기존의 대양섬에 비교하여 매우 협소한 reef 면적을 보유하고 있어 이러한 섬효과에 의한 연안역 반응이 대양섬에 비해 매우 국한된 지역에 한하여 섬 효과에 의한 반응이 나타날 것으로 고려됨 [표 4-3]

[표 4-3] 섬효과에 영향을 미치는 주요 항목들의 울릉도와 대양섬의 비교

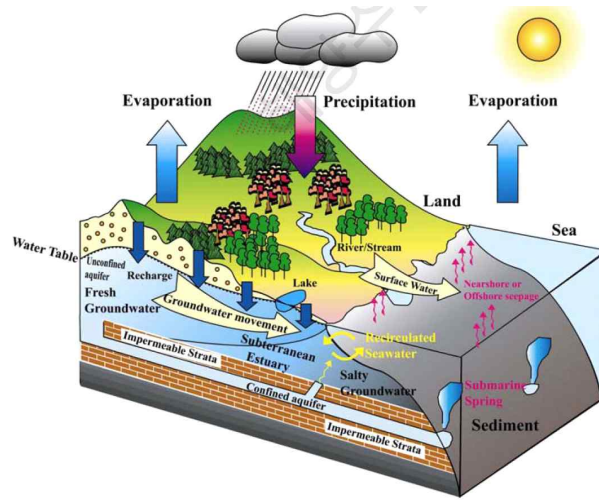
항목	수치	대양섬 비교 (Ref. Gove et al., 2016, Nature)
지형경사도 (30-300m)	10.2°	유사
울릉도 직경	10 km	작음
Reef Area (0~30m)	16.9 km <sup>2</sup>	매우 협소
Flow speed	30~50 cm/s	유사

- 울릉도는 지형이 높고 (해발고도 986.5m) 해양성 기후를 갖는 기상 특성상 연간 강수량이 1380.7 mm로 (1939~2015년 기준) 울릉도의 규모에 비해 많은 편으로 해저를 통한 육상 담지하수의 해양으로의 유출에 따른 운반된 영양염류에 의해 울릉도 및 독도 연안 해양생태계에 큰 영향을 줄 수 있어 이에 대한 연구가 요구됨. 더불어 울릉도는 화산섬이며 적설량이 풍부한 특성상 해양으로 유입되는 육상 담수의 물리적, 화학적 특성에 대한 정밀한 관찰이 요구됨 [그림 4-2, 3]

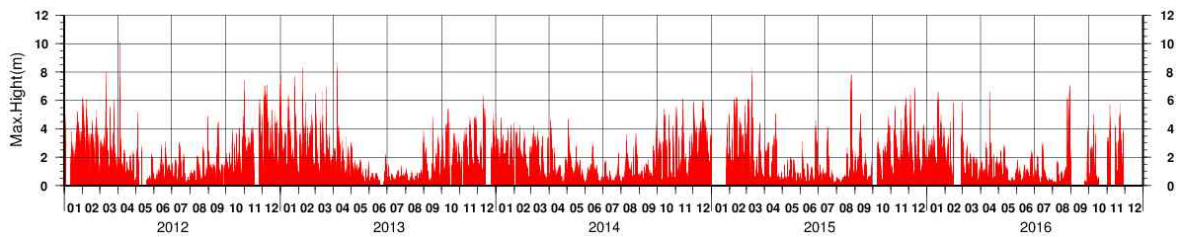


[그림 4-2] 울릉도의 연평균강수량 및 월평균강수량 (1938.8.10.~2016.10.31.)

- 울릉도와 독도는 동해 한북판에 위치한 지리적 특성상 그리고 겨울철을 중심으로 한 강한 북서계절풍의 특성상 11~2월을 중심으로 월 평균 2 m이상의 최대 파고 분포가 나타나는 연안 해상상태를 보임. 이러한 울릉도 독도 연안의 높은 파고 특성을 갖는 해양환경 특성을 고려할 때 한반도 연안 생태계와 다른 독특한 해양생태계가 나타날 것으로 고려됨 [그림 4-4]



[그림 4-3] 해저 지하수 유출에 의한 연안 생태계 영향 과정 모식도



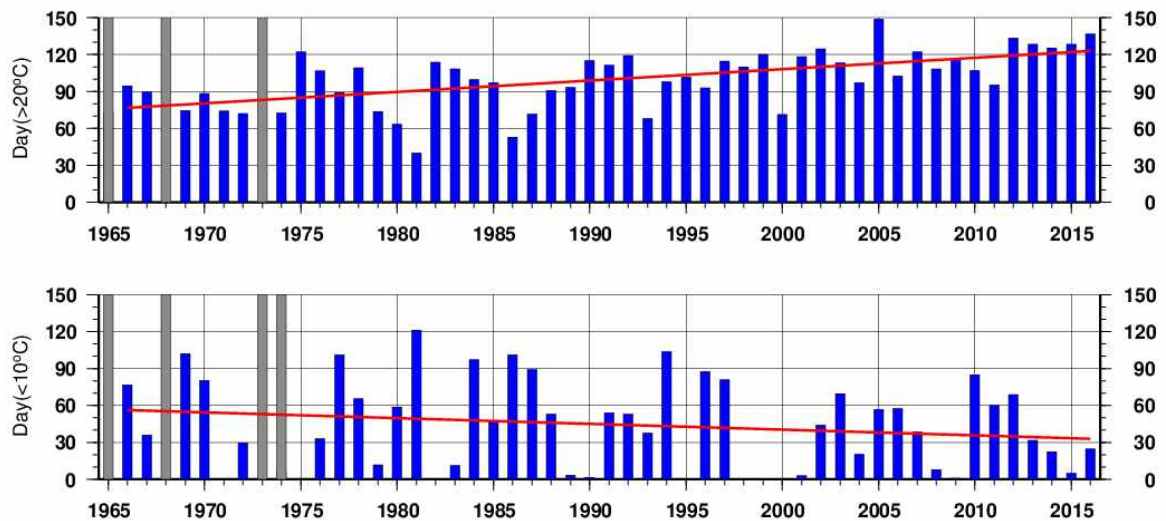
[그림 4-4] 울릉도 북쪽 공암 주변에 위치한 기상청 파고부이에서 관측된 2012~2016년 동안의 최대파고 분포

- 위와 같이 대양섬에 비해 섬의 규모가 매우 작고 또한 섬의 reef 면적(수심 30m 이내의 면적)이 매우 협소하여 대양 섬에 비교하여 섬에 의한 효과가 매우 좁은 지역에 국한되어 나타날 것으로 고려되며, 또한 섬의 규모에 비교하여 강수량이 풍부하며 겨울철을 중심으로 매우 높은 파고가 지속적으로 나타나는 등 여러 환경적인 특이성을 고려할 때 울릉도 독도만의 고유한 특성이 나타날 것으로 고려됨
- 울릉도·독도 주변 해역은 복잡한 해양환경 구조 및 지리적 위치에 의해 독자적으로 해양생태계 해석 및 예측이 불가능함. 따라서 대마난류 권역의 거점 연구지역들 간의 광역조사 및 국제적 공동 연구가 필요함

## 1.2 국내외 연구동향

### 1.2.1. 국내 동향

- 울릉도 저동향에서 1965년 이후 현재까지 관측된 표층 수온 자료에 따르면 울릉도 연안의 표층 수온은 지난 50년간 1.13℃ 비율로 상승하였으며, 특히 20℃ 이상이 나타난 일수는 1960년대 77일에서 최근 119일로 지난 50년간 약 40일 증가하였던 반면에 10℃ 미만의 일수는 1960년대 53일에서 최근 34일로 감소하는 경향이 나타남. 울릉도의 표층 수온의 증가 및 20℃ 이상 나타난 날수의 증가 혹은 10℃ 미만이 나타난 날수의 감소는 울릉도 연안 자체에 독립된 현상이 아닌 울릉도와 독도 주변의 해양 환경에 영향을 미치는 대마난류 세력의 변동 혹은 북쪽에서 유입하는 냉수 세력의 변동과 관련된 것으로 고려됨 [그림 4-5, 6]

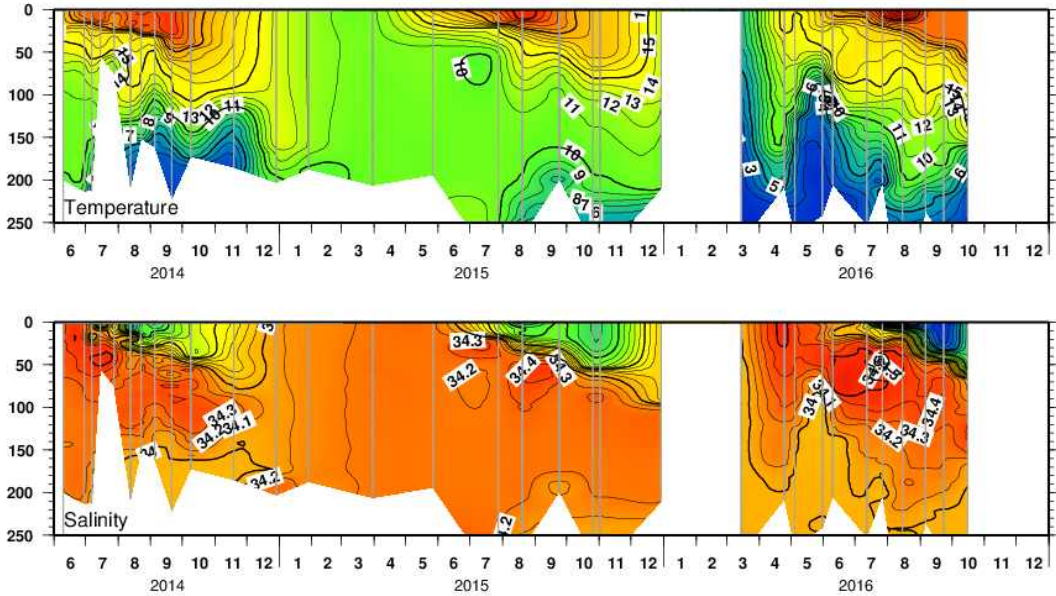


[그림 4-5] 울릉도 조위관측소 측정 표층수온(1965~2016.8)으로부터 수온 20℃ 이상 일수 및 수온 10℃ 이하가 나타난 일수의 변화

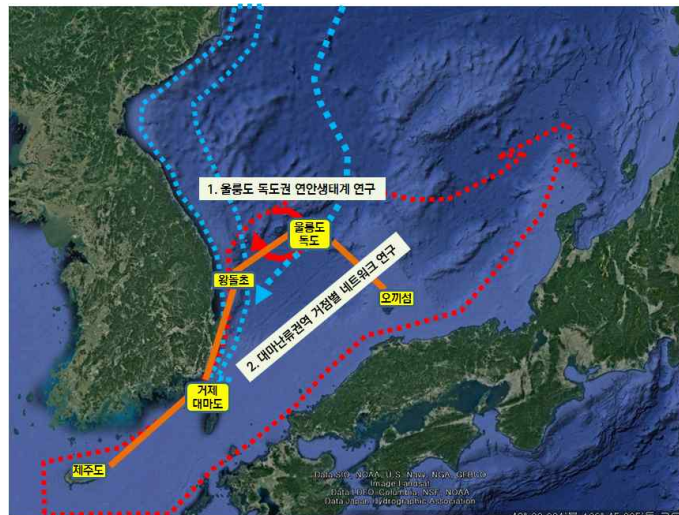
- 울릉도와 독도는 한류와 난류가 만나는 전선대에 위치하여 환경 특성이 판이하게 다른 두 생태계의 전이지역(transition area)에 놓여있음. 동해 북쪽에서 울릉도 및 독도 주변으로 남하하는 동해 중층수를 비롯한 수괴와 함께 대한해협을 통해 동해로 유입한 후 동해 연안을 따라 북상하다가 울릉도를 향하는 대마난류수계의 동한난류가 만나 울릉도와 독도 주변에서 전선을 형성하며, 약 20일에서 50일 주기로 이 전선이 남북으로 이동하면서 섬을 둘러싼 해류의 온도 차이에 의해 수온 분포가 크게



달라지며, 이에 따라 해양 생물의 분포가 큰 영향을 받고 있음. 또한 울릉도와 독도의 표영 생태계의 경우, 대한해협을 통해 동해로 유입되는 대마난류수계의 영향을 주로 받는 지역으로 이 해류를 따라 다양한 해양생물들이 함께 이동할 수 있는 환경임 [그림 4-7]



[그림 4-6] 울릉도 연안 정점에서 관측된 2014~2016년 동안의 수심별 수온(위) 및 염분(아래) 분포



[그림 4-7] 울릉도 독도권 해양환경 영향권 모식도

- 최근 울릉도 연근해 해역에는 넓미역 등 아열대성의 동식물 분류군의 출현이 눈에 띄게 확산되고 있는 추세임. 독도 해역의 경우, 수온 상승 및 천적 생물과의 먹이망 변동 등 다양한 원인에 의해 성계의 집단 번식으로 인하여 대황, 감태 등 해조류 군락지가 지역적으로 급격히 감소하고 있는 실정이며, 갯녹음 추정 해역도 확산되고 있는 실정임. 이러한 울릉도 독도 연안의 해양생태계의 변동을 이해하고 혹은 예측하기 위해서는 울릉도와 독도 해역의 표영 생태계에 주로 영향을 미치는 대마난류 권역의 연계 연구가 필수적임

**울릉도 연안 키조개 집단 서식 울릉심층수 취수라인 인근 해역 희귀 해조류 ‘넓미역’ 군락 발견**

경북일보·울릉군·해양과학기술원 공동조사팀 최초 확인

우리나라 서·남해안 서식하는 것으로 알려진 키조개 27쌍 울릉도 해역에서 전국 최초로 발견, 군락지 범위 확대 추정에 핵심한 단서를 제공하고 있다.

이해 발견은 울릉도 연안역의 제보도 경북일보 울릉기자와 울릉군 환경, 해양과학기술원 울릉연구소 박사 3명 등 6명이 공동조사팀을 꾸려 울릉 울타리촌 조항항 경과, 군역이 동행 촬영에 성공했다.

이전에 발견된 키조개는 저층 조수-조수교차로 오해하여 군락을 이루고 있었고, 주위에는 수심층의 다른 조개류와 영동성해류와 고동류 등이 함께 서식하고 있었고 일부 일부 군락도 관찰되었다.



울릉군·해양과학기술원 생태계 공동조사팀 확인

울릉군 서해안역의 대황리 심층수 취수라인 인근 해역 수심 17~25m에서 국제식물신종목록보충목록(IUCN) 'International Data for the Introduction of New Varieties of Plants'에 의해 국제보충목록상 제2종인 '넓미역' (학명: 'Lindaria penetrans') 군락지가 발견된 바와 관련, 관련을 파악하고 있다.



연구책임자인 울릉연구소 박사는 "이번에 서·남해안 지역은 키조개가 울릉도 연안에서 발견된 것은 이번이 처음이며 '수심층' 고려 없이 '해역'에서 조사할 때는 이동경로, 서식환경 등의 조사가 필요하다"고 밝혔다.

이번 조사는 울릉도 연안역에서 키조개군락지 확대에 대한 정보를 제공하고 있어 '독도'에 대한 정밀 생태계 탐사가 이뤄질 때 핵심 단서

가 될 것으로 기대하고 있다. 이번 조사는 "독도와 울릉도는 위치상만 동해상에 속해있지만 울릉도 연안역 동해안 지역과 달리 '독도' 생태계를 이루고 있다"며 "독도와 울릉도 연안역 내역 조사는 이미 이뤄졌지만 '조개'에 대한 조사는 현재 이뤄지지 않고 있다"고 밝혔다.

키조개는 사색목 키조개과의 연체동물로 현재적으로 상각형의 대황 해역, 서해안으로 인구가 많아 다양한

발적으로 조류(대 황) 조개(연체 동물) 인구가 높고 국내 제1항 대황은 온대성으로 수출되고 있다. 울릉군 김장학 해양수산과장은 "이번에 발견된 키조개 군락지 발견은 울릉도 연안역 내역 조사를 통해 정확히 위치는 단정할 수 없지만 울릉도 연안역에서 '넓미역' 군락지가 발견된 것은 이번이 처음이다"고 밝혔다.

넓미역은 서해안 지역 경북(영남)과 동해안 지역 울릉도 인근 해역에서 발견된 바와 관련, 관련을 파악하고 있다.

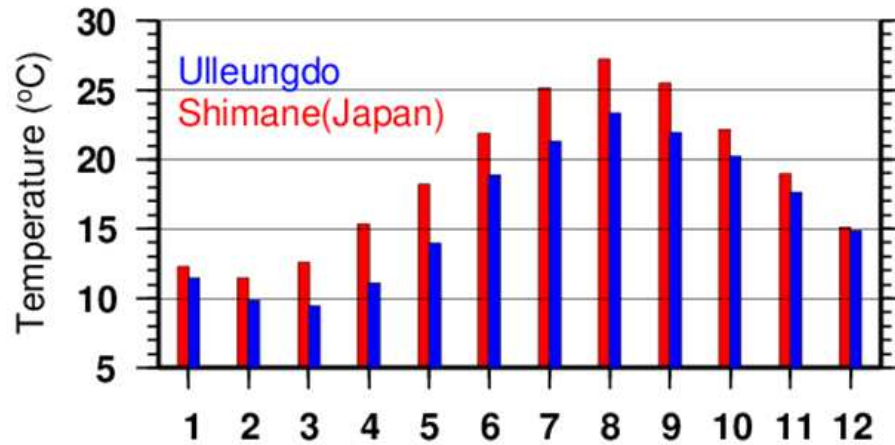
넓미역은 울릉도 서해안 대황리 심층수 취수라인 인근 해역에서 발견된 바와 관련, 관련을 파악하고 있다.

▲ 경북일보 (‘13.6.28)      ▲ 경북일보 (‘13.7.4)

1.2.2. 국외 동향

- 일본 오끼섬의 경우, 울릉도와 독도에 비교하여 대마난류 본류에 위치한 지리적 특성상 오끼섬 인근 해역은 울릉도에 비교하여 연평균 수온이 2.3~3.5℃ 높으며, 특히 7~9월의 경우에는 약 4℃ 더 높음. 오끼섬 2016년 7월 수중 조사의 경우, 상부 수심(0~5m)의 경우 대황, 무절산호조류, 보석말미잘 등이 우점하고 있으며 5~15m 수심대의 경우 모자반류 및 아열대성 해면류가 우점하고 있음 [그림 4-8]. 울릉도와 비교할 때 해조류 분포는 유사하나 석회조류가 더 깊은 곳까지 높은 밀도로 서식하는 특징이 있음. 향후 기후변화에 따른 울릉도 수온 증가시 오끼섬 조사를 고려할 때 석회조류의 확산 및 아열대성 해면류, 산호류가 증가할 것으로 예측됨
- 울릉도 독도 해역의 해양 생태계에 영향을 미치는 대마난류권 역의 해양생태계와 연계성 연구를 위해 제주도, 거제(대마도), 왕돌초, 일본 오끼섬 등과의 비교 연구가 수행될 필요가 있음. 이를 위해 한국해양과학기술원(KIOST) 연구 거점과 연계 연구

(제주국제해양과학연구·지원센터, 남해연구소, 동해연구소)가 요구되며, 이를 통해 울릉도와 독도 해역 해양생태계의 변동이 이들 유사 지역의 해양생태계와 어떠한 생태학적 연계성이 있는지 비교 연구가 수행될 필요가 있음



[그림 4-8] 울릉도와 일본 시마네현 연안에서 월평균 표층 수온 비교 (비교 기간 : 2002.1 ~ 2006.3)

### 1.3. 연구 목표 및 내용

#### 1.3.1. 연구 목표

○ 대마난류권역(제주-대한해협-울진-울릉-독도) 지역거점에서의 해양환경 및 해양생태계 자료를 활용한 생태계 변동 예측을 목적으로 함

#### 1.3.2. 연구 내용

- 대마난류 권역 지역거점별 해양환경 및 생태계 장기 변동 특성 조사
- 대마난류 권역 거점별 해양생태계 지리적 특이성과 해양환경 연계성 파악

### 1.3.3. 단계별 목표 및 내용

#### ○ 1단계 연차별 목표 및 내용

구 분		연구개발목표	연구개발내용
1 단 계	1차 년도	대만난류 권역 지역 거점 연구지역 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측정점 및 관측라인 설치 적지조사 및 선정</li> <li>지역거점에서의 연구항목 및 방법 선정</li> <li>지역거점 지역 주변 해양환경 및 생태자원 자료 수집</li> </ul>
	2차 년도	대만난류 권역 지역 거점별 해양환경 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>제주도-쓰시마-왕돌초-울릉도-독도-오키섬 연안 분기별 해양생태계 조사 실시</li> <li>해양환경 장기 자료 수집 및 분석</li> </ul>
	3차 년도		
	4차 년도	권역별 해양환경 및 지형적 특성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>대만난류 권역별 해양생태자료 수집</li> <li>연안역 지형 특성, 해수유동, 파랑 등에 해양환경 정밀조사 및 지리학적 구조 파악</li> </ul>
	5차 년도	대만난류 권역별 해양환경변동 분포도 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역별, 수심별 해양환경 분포도 작성</li> <li>대만난류 지역별 비교를 통한 울릉도 연안 해양환경 변동의 특이성 제시</li> </ul>
2 단 계		울릉도(독도)와 대만난류 영향권 내 해양환경 및 생태계의 지리적 연계성 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>울릉도(독도)와 동해안 인접지역 지리적 연계성 파악</li> <li>울릉도(독도)와 제주도 및 일본권역 지리적 연계성 파악</li> <li>울릉도(독도)와 대만난류권역 지리적 연계성 종합 파악</li> </ul>

### 1.4. 추진전략

- 울릉도·독도 핵심 정점 및 대만난류 영향권 내 주요 정점에 대한 연중 해양환경 자료 수집 및 분기별 해양생태자료 조사 수행
- 대만난류 권역 핵심 정점에서의 해양환경 분포도 및 해양생태 자원도 작성을 통해 대만난류 지역별 비교를 통한 울릉도·독도와의 지리적 특이성 및 차별성 분석

### 1.5. 기대성과

- 우리나라 영해에 한정된 연구 범위를 광역생태계 기반 연구로 확대 가능



- 대마난류 권역에서 해양환경 및 생태계 중심의 연구를 통한 동아시아 해양생태계 연구 주도권 확보
- 울릉도·독도를 거점으로 한 동해 중장기 해양환경 지식정보를 축적하고 관리할 수 있는 정보시스템 구축

## 제 2 절 울릉도 주요 생태전이지역의 화학적 변동 특성 분석

### 1. 울릉도 주변해역 친생물 원소 및 생물 분포와 주요 화학 인자의 상호 연관성 연구

#### 1.1 연구의 필요성

- 21세기 인류는 전 지구적으로 기후변화, 환경오염, 육상 자원의 고갈 등의 문제에 당면해 있으며, 해양은 이러한 문제들의 핵심에 놓여 있음
- 동해의 표층수온은 과거 100년 동안 약 2°C이상 상승하였으며, 특히 이러한 상승률은 동해 기후변화의 핵심해역인 동해 북서부 심층수 생성해역에서 가장 높게 나타나 향후 수온상승에 따른 해양생태계의 변동이 예측되고 있음 [그림 5-1]
- 근래의 수온상승에 의해 국내 연안어장의 약 23%(7,427ha)가 갯녹음 피해를 입는 것으로 보고되었으며, 수온상승에 따라 동해뿐만 아니라 부속도서인 울릉도의 해양생태계의 구조와 조성에 변화를 가져올 것으로 예측되고 있음



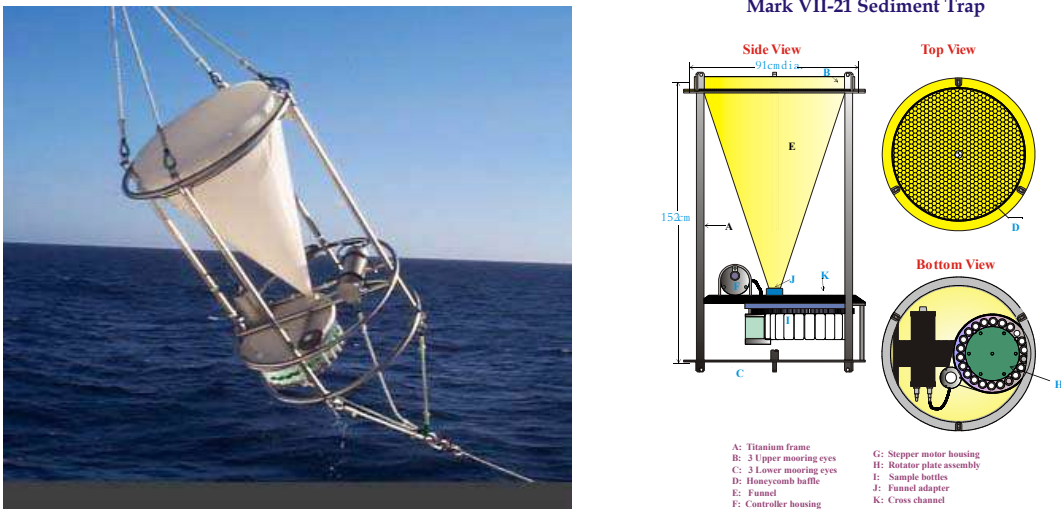
[그림 5-1] 다기능 해양환경 관측시스템 모식도

- 따라서 동해 해수순환 변화에 따른 해수물성변화 및 수온상승과 이에 따른 울릉도 생태전이지역에서의 화학적 특성 변동에 따른 해양생태계 구조 및 종조성의 변화 등에 대한 체계적인 동해해양변동 모니터링 시스템 구축이 요구됨

## 1.2 국내외 연구동향

### 1.2.1. 국내 동향

- 침강입자 포집기(Sediment Trap)는 침강입자 포집기는 1970년대부터 해양에서 유기물, 난용성/반용성 성분 등 해수중 물질의 해저 침강량을 산정하기 위해 이용되어 왔고, 초창기에는 단순한 원주형 실린더를 이용하였으나 기계 및 전자기술의 발달과 더불어 침강입자포집기도 진화하여 1980년대 후반부터 시료채취 기간을 임의로 설정이 가능한 시계열 시료를 채취할 수 있는 포집기가 널리 사용되고 있음
- 국내에서 주로 사용되고 있는 침강입자 포집기는 미국의 McLane사의 Mark-7 Type과 일본의 Nichiyou에서 제작된 SMD Type 2종류임 [그림 5-2]



[그림 5-2] 국내에서 사용되는 침강입자 포집기(왼쪽: SMD Type, 오른쪽: Mark-7 Type)

- KIOST에서는 주요과제 중 “한반도 해역 신자원도 작성 연구”와 “섬진강하구 관리를 위한 환경변화 연구”는 해저면에서 유기탄소의 생지화학적 순환연구에 새로운 기법을 도입하였음

- 해저면의 유기탄소 연구는 현장관측이 매우 중요한데 KIOST에서는 벤틱랜드 (KIOST BelcII & BelpII)를 사용하여 남해 해저면에서 유기탄소의 생지화학적 순환 및 영양염의 저층 플럭스를 추정하였음
- 동해 극전선 생태전이지역에서 수행된 연구는 문 등(1996)이 동해 극전선의 영양염 순환과정을 규명하였으며, 원과 이(2015)는 동해남부연안 해양환경특성 시공간적 변화 연구를 통해 표층수층의 무기질소와 식물플랑크톤의 성장 사이의 상호 연관성을 조사하였고, 윤과 윤(2016)은 울릉분지와 일본분지를 포함한 동해 전 수역 26개 정점에서 표층수 중 영양염과 Chlorophyll a의 분포 특성을 연구하여 영양염 및 엽록소-a 분포는 수온에 지배되어 냉수역과 온수역으로 구분되는 것으로 보고함. 또한 오 등(2016)은 동해 남서해역에서 입자성 유기탄소와 질소의 시공간 분포 특성을 연구하였으며, 최(2010)는 동해 연안에서의 시공간적 변동에 따른 수괴의 물리화학적 특성: 영양염의 생지화학적 변화를 조사 분석함



[그림 5-3] 벤틱랜서를 이용한 현장 배양 시료 채집 장면

- 동해·독도 기초과학연구(교육과학기술부, 2009)에서 동해의 대기-해양 상호작용에 따른 해수성분 변화 및 물질순환 연구를 통해 해양산성화 진행과정, 동해 영양염 순환 연구, 대기와 해양 사이의 이산화탄소 교환량 연구 및 Anthropogenic CO<sub>2</sub> 연구를 수행하였음. 포항지방해양수산청(2015)에서는 울릉도 해양보호구역 관리기본 계획 수립 연구에서 울릉도 연안의 용존무기규소, 용존무기질소, 용존무기인 농도를 조사하였음

### 1.2.2. 국외 동향

- 미국, 독일, 일본 등은 갯벌에서부터 심해 해구에 걸친 유기탄소의 생지화학적 연구에 새로운 첨단 현장 분석기법을 개발하여 적용하고 있음
  - 연안의 경우 저서생태계와 관련한 탄소의 대사율(benthic metabolism) 이해에 주목하고 있으며, 심해는 퇴적물에서 유기탄소의 수지(mass budget)를 추정하는데 관심을 두었음
- 미국 MBARI의 Ken Smith 박사팀은 장기간 동안 심해생태계에 미치는 영향에 대한 모니터링 연구를 진행하고 있으며, 독일 막스플랑크 해양미생물 연구소와 AWI 등은 공동으로 현장관측센서 및 장비를 개발하여 퇴적물-해수 경계면에서 질소, 황, 메탄 등의 새로운 반응 경로 연구를 수행하고 있음
- 최근 남텐마크대학과 일본 JAMSTEC 연구소가 11000m의 마리아나 해구에서 매우 역동적인 탄소의 순환을 측정함 바 있음(Glud et al., 2013)
- 최근 개발중인 EC method는 비파괴 분석 특성으로 인해 기존 방법으로 측정이 어려웠던 잘피밭, 산호초, 모래퇴적물, 극지 얼음 등에서 생태학적 기능과 유기탄소의 생지화학적 순환 연구가 활발히 진행되고 있음(Long et al., 2012; McGinnis et al., 2014; Rheuban et al., 2014)

## 1.3. 연구 목표 및 내용

### 1.3.1. 연구 목표

- 울릉도 주변해역의 영양염류, 유기물 등 친생물원소의 수직/수평 분포를 해석하여 관련 생물과의 상호 연관성을 파악하여 탄소순환, 해양산성화 등과 연계하여 생태 전이지역을 지지하는 환경 요인을 연구함

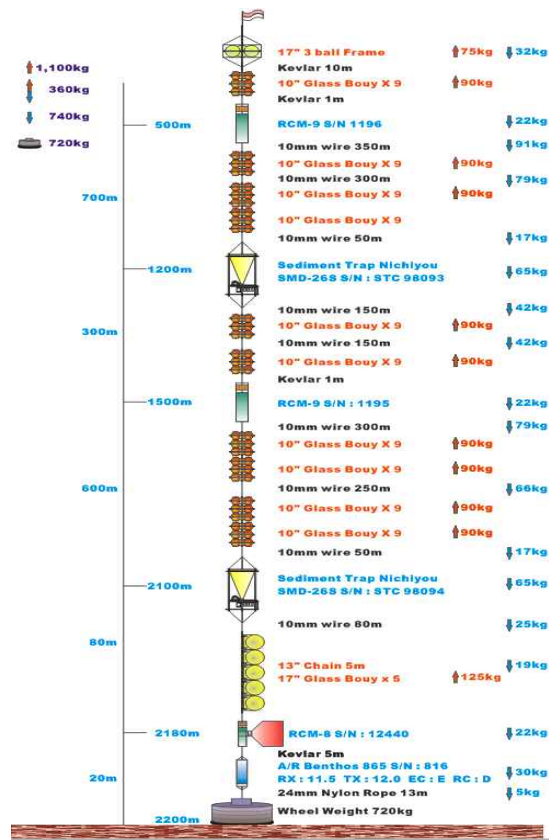
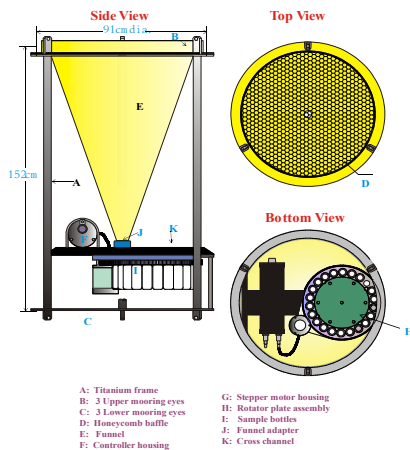
### 1.3.2. 연구 내용

- 거점별/수심별 영양염, 용존 무기탄소 및 알칼리도 수직분포 조사
  - 울릉도 주변해역의 친생물원소(영양염류, 유기물, 엽록소-a 등)와 기본 해양화학적 인 환경 요소 조사
  - 위성자료와 동위원소 자료, 경험식 및 모델 수치식을 이용하여 입자성 유기탄소 물질 수지 추정

- 담수 유입원에서 영양염류(인산염, 질산염 등)의 연안 표층 공급에 따른 연안역의 거점별 수심별 농도 분포 조사
- 담수 기인 영양염류의 유입 경로 및 해양의 이화학 특성에 기여도 평가
- 생물의 수직/수평분포와 주요 화학인자의 상호 연관성 규명 연구
  - 시계열 침강입자 중 주요성분 및 금속성분 농도변화 파악
  - 시계열 침강입자 및 주요화학생분 플럭스 변화 파악
  - 울릉분지 및 생태전이지역에서의 춘계대번성 규모 원인 및 중기 침강플럭스변화 파악
  - 표영생태계 변동과 연계하여 중층 및 저서생태계 상호 반응 규명 및 예측 감시 체제 표준화
- 울릉도 주변 심해 시계열 침강입자 플럭스 및 해류 관측 시스템 운영
  - 울릉분지 북쪽 수심 2200m 해역에 계류 시스템 설치, 해류계(500m 1000m) 및 500m, 1000m, 2000m 수심에 침강입자 포집장치(Sediment Trap) 설치 및 운영
  - 천리안 해양관측위성(GOCI)의 L1B, L2(클로로필, 총 부유물질, 용존유기물)자료를 Google Earth 기반의 영상제공과 원시파일 저장을 위한 파일서버 구축
  - 울릉분지 및 생태전지지역에서의 해수유동과 침강입자 플럭스 변동 특성 규명
- 울릉도를 포함한 동해 주요 거점 지역 확보 및 동해 중장기 변동 상층순환 역학과 생태계 반응 연구
  - 주요 거점별 상층순환의 중규모-연변동 요인과 역학 규명
  - 중규모 소용돌이 역학과 소용돌이 펌프에 의한 이화학적 요인과 생태계 반응 규명
  - 해양혼합층의 물리/화학적 시·공간구조와 역학 규명
  - 혼합층 변동에 따른 생태계 반응과 혼합층-심층간 물질교환과정 규명



Mark VII-21 Sediment Trap



[그림 5-4] 침강입자 포집장치 및 계류도

### 1.3.3. 단계별 목표 및 내용

#### ○ 1단계 연차별 목표 및 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용
1 단계	1차년도 거점별/수심별 영양염, 용존 무기탄소 및 알칼리도 수직분포 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>울릉도 주변해역의 친생물원소(영양염류, 유기물, 엽록소-a 등)와 기본 해양화학적 환경 요소 조사</li> <li>위성자료와 동위원소 자료, 경험식 및 모델 수치식을 이용하여 입자성 유기탄소 물질 수지 추정</li> </ul>
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>담수 유입원에서 영양염류(인산염, 질산염 등)의 연안 표층 공급에 따른 연안역의 거점별 수심별 농도 분포 조사</li> <li>담수 기인 영양염류의 유입 경로 및 해양의 이화학 특성에 기여도 평가</li> </ul>
	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>시계열 침강입자 중 주요성분 및 금속성분 농도변화 파악</li> <li>시계열 침강입자 및 주요화학적 성분 플럭스 변화 파악</li> </ul>

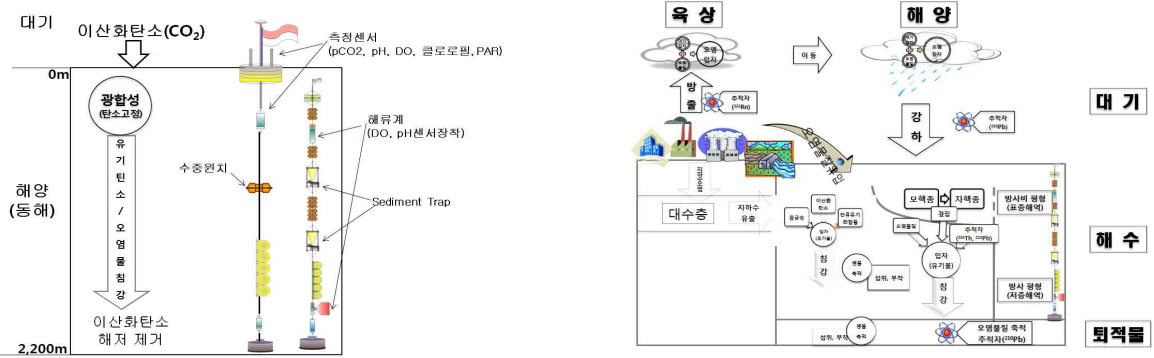


	4차 년도		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉분지 및 생태전이지역에서의 층계대변성 규모 원인 및 중기 침강플럭스변화 파악</li> <li>• 표영생태계 변동과 연계하여 중층 및 저서생태계 상호 반응 규명 및 예측 감시 체제 표준화</li> <li>•</li> </ul>
	5차 년도	울릉도 주변 심해 시계열 침강입자 플럭스 및 해류 관측 시스템 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉분지 및 생태전이지역에 계류 시스템 설치, 해류계 및 침강입자 포집장치(Sediment Trap) 설치 및 운영</li> <li>• 천리안 해양관측위성(GOCI)의 L1B, L2(클로로필, 총 부유물질, 용존유기물) 자료를 Google Earth 기반의 영상제공과 원시파일 저장을 위한 파일서버 구축</li> <li>• 울릉분지 및 생태전이지역에서의 해수유동과 침강입자 플럭스 변동 특성 규명</li> </ul>
2 단 계		울릉도를 포함한 동해 주요 거점 지역 확보 및 동해 중장기 변동 상층순환 역학과 생태계 반응 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 거점별 상층순환의 중규모-연변동 요인과 역학 규명</li> <li>• 중규모 소용돌이 역학과 소용돌이 펌프에 의한 이화학적 요인과 생태계 반응 규명</li> <li>• 해양혼합층의 물리/화학적 시·공간구조와 역학 규명</li> <li>• 혼합층 변동에 따른 생태계 반응과 혼합층-심층간 물질교환과정 규명</li> </ul>

#### 1.4. 추진전략

- 울릉도 주변 해역 및 동해의 거점별/수심별 영양염, 용존 무기탄소 및 알칼리도 수직 분포 조사는 동해연구소와 본원 연구원이 주축이 되어 연구를 수행할 계획이며, 울릉도 주변해역의 친생물원소(영양염류, 유기물, 엽록소-a 등)와 기본 해양화학적인 환경 요소 조사, 위성자료와 동위원소 자료를 활용하여 입자성 유기탄소 물질 수지를 추정할 것임
- 생물의 수직/수평분포와 주요 화학인자의 상호 연관성 규명 연구는 동해연구소에서 주로 수행할 예정이며, 울릉분지에 계류시스템을 설치하고, 천리안 해양관측위성(GOCI)의 L1B, L2(클로로필, 총 부유물질, 용존유기물)의 영상자료를 활용하여 울릉분지 및 생태전이지역에서의 해수유동과 침강입자 플럭스 변동 특성 규명할 예정임 [그림 5-5]
- 본 연구는 향후 울릉도를 포함한 동해 주요 거점 지역 확보 및 동해 중장기 변동 상층순환 역학과 생태계 반응 연구 수행을 목적으로 주요 거점별 상층순환의 중규모-연변동 요인과 역학 규명, 중규모 소용돌이 역학과 소용돌이 펌프에 의한 이화학적 요인과 생태계 반응 규명, 해양혼합층의 물리/화학적 시·공간구조와 역학 규명 및 혼합층

변동에 따른 생태계 반응과 혼합층-심층간 물질교환과정을 규명하여 동해의 화학적 변동 특성이 울릉도 연안에 미치는 영향을 규명하고자 함



[그림 5-5] 동해의 탄소 흡수 및 물질순환 모식도 예

### 1.5. 기대성과

- 최첨단 종합 시뮬레이션 개발을 통한 동해 해양환경 변동 예측 및 사전 대응방안 마련
- 동해 해양조사자료의 Meta DB 구축
  - 동해 해양조사자료의 수집, 분류, 분석을 통한 Meta 정보 설계
- 울릉도·독도를 포함한 동해의 해양조사자료의 Meta DB 구축

## 제 3 절 울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 연구

1. 울릉도 연안역 플랑크톤 생태계 기초먹이망과 대표영양요인 사이의 상호 연계 파악 연구

### 1.1 연구의 필요성

- 최근 10년간 (2006년-2015년) 울릉도-독도 주변해역에서 동물플랑크톤 군집의 개체수와 종 조성의 의미 있는 증가와 변화가 관측되었고, 특히, 부유어류의 직접적인 먹이인 요각류와 열대해역에서 주로 우점하는 유형류, 그리고 육지 연안역에서 주로



출현하는 야광충 개체수가 적조출현 수준으로 10년 동안 지속적으로 증가하였음

- 이는 울릉도 주변해역 및 동해환경이 단순한 변이가 아닌, 생태계 구조의 변화가 진행 중임을 의미하며, 이러한 변화가 순기능 방향인지, 그 반대인지 이해할 수 있는 변화의 기초적 원인을 규명할 필요가 있음

## 1.2 국내외 연구동향

### 1.2.1. 국내 동향

- 한국 동해 중부 해역의 지표성 요각류 및 모악류의 분포와 수괴 특성 (박 등, 1991)
- 독도 연안의 하계 수환경과 미세조류의 종조성 변화 (김과 신, 2007)
- 울릉도-독도 주변해역에서 장기간 자료를 통한 동물플랑크톤 군집 조성 변화 (강 등, 2016)

### 1.2.2. 국외 동향

- 와편모조류, 규조류 및 원생동물의 carbon biomass을 이용한 생체량 측정 모델 제시 (Menden-Deuer et al., 2000)
- 발틱해의 해수내 영양염비가 중형동물플랑크톤 성장에 기여하는 식물플랑크톤의 먹이 질(C:N ratio)에 미치는 영향을 실험적으로 규명 (Diez et al., 2013)

## 1.3. 연구 목표 및 내용

### 1.3.1. 연구 목표

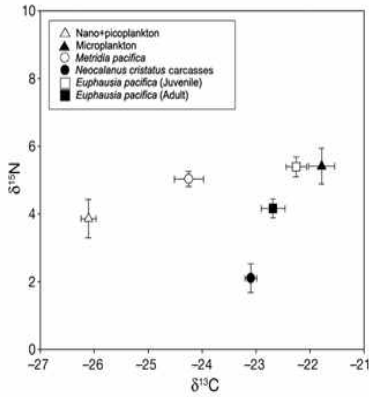
- 울릉도 인근해역 부유생물 먹이망 구조 변동성의 규명 및 예측구조 체계화를 위해 기초먹이망 주요성분의 핵심지표종을 구성하고, 주요 영양성분의 생물학적 상호관계와 환경요인(이화학 및 잠재적 오염물질)의 영향을 이해

### 1.3.2. 연구 내용

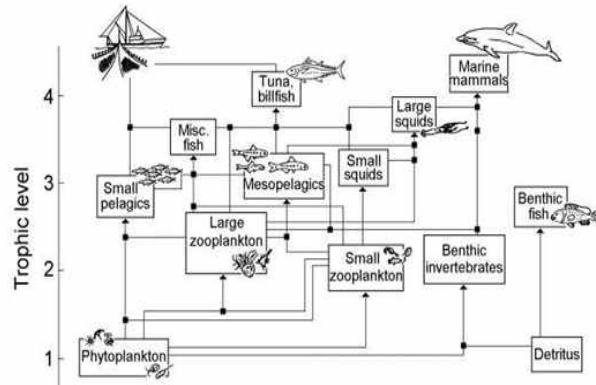
- 울릉도 주변해역 기초먹이망 구성자와 영향자 선별 및 시범구성 [그림 6-1]
  - 기초먹이망 확립을 위한 대표성분(식물 및 동물플랑크톤)의 계절조사 및 핵심기여종 후보목록 (우점종) 확립
  - 물리적 강제력 (극전선, 울릉 난수성 소용돌이 및 연안용승 등)과 관련된 식물 및

중형동물플랑크톤의 시공간 변화 특성(생체량과 군집구조) 조사

- 기초먹이망에서 상호 및 일방영향 가능요인 규명을 위한 조사 (물리이화학적 요인, 야광층 적조, 어류어획자료, 부유미세플라스틱)



Park et al.(2011)



<http://www.xbordercurrents.co.uk/>

[그림 6-1] 안정동위원소분석을 이용한 부유생태계의 주요 먹이원 구성도

- 플랑크톤의 ‘중심연결자’ 역할로서의 에너지 흐름 파악
  - 식물플랑크톤 크기별 생체량과 분석 및 추출
  - 식물플랑크톤 생체량과 환경요인의 관계 분석
  - 동물플랑크톤의 생체량(건중량 및 체내 탄소, 질소량) 및 군집구조 분석
- 부유생태계 기초먹이망과 영양요인 간 현 상태 상호관계 구조도 시범작성 [그림 6-2]
  - 울릉도 주변해역환경을 반영한 대표기초먹이망 구조도 작성
  - 환경요인의 기능성 구분(순기능 및 역기능)
  - 울릉도 주변해역 기초 부유생태계 에너지 흐름 관계모식도 작성



[그림 6-2] 물리적 현상 탐지 분석과 부유생태계 변화 영향 규명 예

### 1.3.3. 단계별 목표 및 내용

#### ○ 1단계 연차별 목표 및 내용

구 분	연구개발목표	연구개발내용
1 단계	1차년도 ○ 울릉도 연안해역의 기초먹이망 확립	- 대표 성분(식물 및 동물플랑크톤) 계절조사 및 핵심기여 종 후보 목록 선정
	2차년도 ○ 플랑크톤의 에너지 흐름 파악 I	- 식물플랑크톤 크기별 생체량 분석, 동물플랑크톤 생체량과 군집구조 분석
	3차년도 ○ 플랑크톤의 에너지 흐름 파악 II	- 식물플랑크톤 생체량 변동과 환경요인의 관계 분석, 동물플랑크톤 생체량 및 체내 탄소, 질소 분석
	4차년도 ○ 물리, 이화학적 특성과 식물 및 동물플랑크톤간의 관계 파악	- 환경외력변화에 의한 영양단계별 주요종 중심의 에너지전달 특성 분석 - 부유생물 먹이망 내 먹이생물의 질 분석 (C/N molar ratio)을 통한 상위포식자 반응 특성 분석
	5차년도 ○ 울릉도 연안해역의 부유생태계 기초먹이망과 영향요인 간 현상 상태 상호관계 구조도 시범작성 ○ 플랑크톤/미세플라스틱 비(상위포식자 먹이선택성 지시) 및 울	- 대표기초먹이망 구조도 작성, 환경요인의 기능성 구분 (순기능, 역기능)

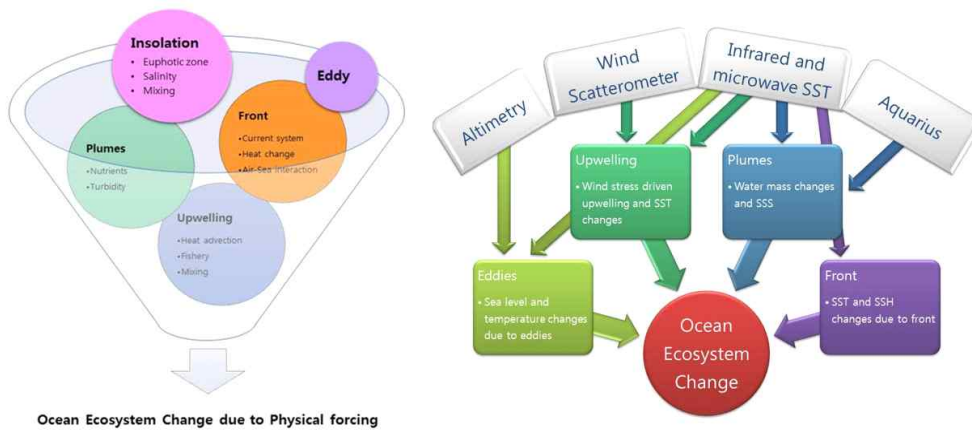
	<p>릉도 연안해역 기초 부유생태계 에너지 흐름 관계 모식도 작성</p>	
--	--	--

#### 1.4. 추진전략

- 계절 조사를 기본으로 하며, 다양한 이벤트 관찰 시 집중조사를 통한 외부 환경요인의 변화 특성을 이해하고 이와 연계하여 부유생태계 먹이망 구조를 파악

#### 1.5. 기대성과

- 식물, 동물플랑크톤의 군집구조를 파악함으로써 울릉도 연안 해역 영양단계 별 생태 정보 제공 가능함
- 동해 중규모 물리환경과 계절특성에 따른 동물플랑크톤의 분포패턴을 분석함으로써 먹이생물의 품질분석, 수산자원의 먹이선택성 및 먹이망 구조 변동성 평가 가능함
- 부유생물 먹이망을 통한 플랑크톤 변동성 예측과 모델링 자료로 활용 가능함
- 울릉도 해역 생태계에 상호작용하는 환경요인의 기능성 평가(순기능/역기능)를 통한 울릉도 연안역 자원관리방안 수립에 직접 활용 가능함 [그림 6-3]



[그림 6-3] 해수의 물리적 특성을 이용한 물리-생물 간 상호 관계 연구

## 2. 대표 영향요인의 부유생태계 작동 기작과 울릉도 해역과의 상호관련성 연구

### 1.1 연구의 필요성

- 섬은 바다 한 가운데에서 구분되는 생태계를 가지고 있어, 그 고유 특성을 고려한 생물학 및 해양학적인 요인을 고려한 맞춤형 생태계 관리 기법이 필요함
- 울릉도는 환경 및 생태계의 상호관계 연구를 통한 생물자원조사, 해양생태계의 현상 규명 및 가치 평가가 제대로 이루어지지 않았다. 따라서 울릉도 주변해역의 부유 생태계의 구조와 기능 이해 중심의 조사 및 연구가 필요한 상황임

### 1.2 국내외 연구동향

#### 1.2.1. 국내 동향

- 울릉분지에서 관측된 물리·화학적 외압에 대한 플랑크톤 군집의 반응 (노 등, 2010)
- 동해 전역에 장기간 발달하는 아표층 엽록소 최대층과 수괴의 물리 화학적 특성과의 상관관계 (노 등, 2012)

#### 1.2.2. 국외 동향

- 아북극 태평양에서 물리적 요인 및 어류의 개체수 변동이 동물플랑크톤 생체량의 장기간 변동에 미치는 영향 규명 (Brodeur and Ware, 1992)

### 1.3. 연구 목표 및 내용

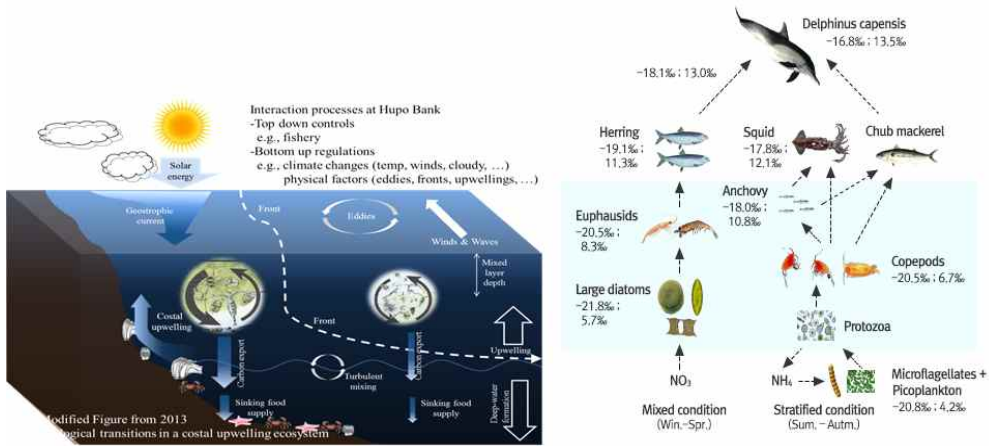
#### 1.3.1. 연구 목표

- 모니터링 관점의 조사를 통해 부유생태계의 기초먹이망을 구성하고, 먹이생물 구성원의 질을 파악하며, 주요 영양성분의 생물학적 상호관계와 환경요인(이화학적 및 미세플라스틱 노출)의 영향을 규명

#### 1.3.2. 연구 내용

- 기초먹이망 영향 요인 조사 [그림 6-4]
  - 물리이화학적 요인, 야광층 적조, 어류어획자료, 부유미세플라스틱 분포

- 물리, 이화학적 특성, 식물 및 동물플랑크톤 간의 관계 파악
  - 환경외력변화에 의한 영양단계별 주요 종 중심의 에너지 전달 특성 분석
  - 부유생물 먹이망 내 먹이생물의 질 분석(C/N molar ratio)을 통한 상위포식자 반응 특성 분석



[그림 6-4] 부유생태계의 Food-web 상에서의 상호 연관성 파악

- C/N ratio 분석에 의한 먹이질 변동성과 먹이선택성 방향 지시
- '플랑크톤/미세플라스틱 비'를 통한 상위포식자 먹이선택성 지시

1.3.3. 단계별 목표 및 내용

- 1단계 연차별 목표 및 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용
1 단계	1차년도 ○ 부유생태계내 기초먹이망 영향 요인 계절 조사	- 물리이화학적 요인, 야광충 적조, 부유미세플라스틱 분포 파악
	2차년도 ○ 부유생태계내 기초먹이망 영향 요인 집중 조사	- 물리이화학적 요인, 야광충 적조, 부유미세플라스틱 분포 파악
	3차년도 ○ 울릉도 연안해역의 부유생태계내 기초먹이망과 영향요인 간 상호관련성 파악	- 부유생태계내 각 영양단계별 먹이망구조와 환경요인과의 관계 이해
	4차년도 ○ 각 요인별 먹이망 구조 변동에 영향을 미치는 기작 이해	- 각 환경요인 변동에 따른 먹이구조망의 변동 파악

5차 년도	○ 대표 영향요인의 울릉도 해역과의 상호관련성 파악	- 장기 자료를 바탕으로 울릉도 주변해역의 고유 환경특성을 이해하고 기초먹이망의 구조와 상호 관련성의 종합적 이해
----------	------------------------------	---

#### 1.4. 추진전략

- 모니터링을 통한 울릉도 주변해역의 환경요인 변화관측
- 부유생태계 내 먹이망을 구성하는 영양단계별 플랑크톤의 각 생물량 및 탄소량 관측

#### 1.5. 기대성과

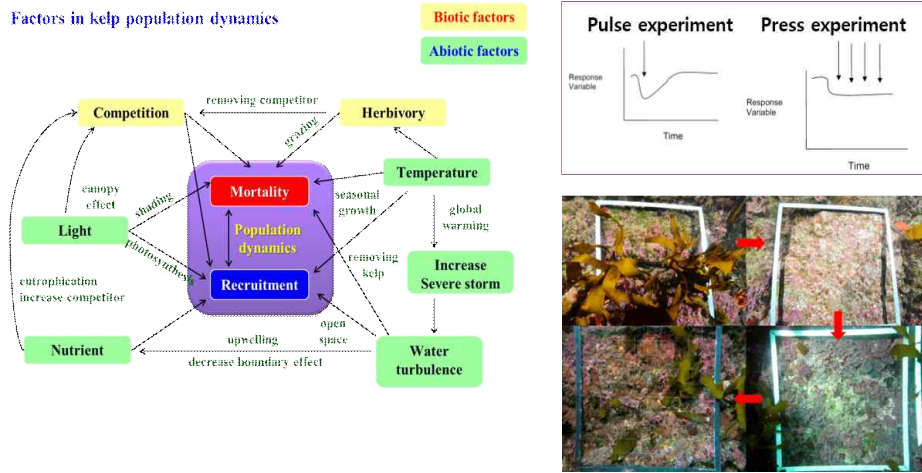
- 울릉도 연안 해역 생태계 변동성 규명을 위한 환경외력 및 내력요인을 규정할 수 있어, 환경수용력 범위 내에서 지속적으로 이용 가능한 개발한계를 유지할 수 있음

### 3. 연안 해조군집의 중장기 변동에 따른 자원 관리 및 유용 자원 활용 연구

#### 1.1 연구의 필요성

- 울릉도는 동해의 북쪽으로부터 리만 한류의 영향을 받고 남쪽으로부터는 대마 난류의 영향을 지속적으로 받은 독특한 해황 조건을 갖고 있으므로 동해 고유의 해조 식생과 남해 해조 식생의 특성을 함께 보이는 지역임 [그림 6-5]
- 울릉도의 해조류는 강 (1965)과 이와 부 (1981)에 의하여 종 조성의 연구가 되었으며, 그 후 여러 학자들이 해조류의 종조성 감소와 변이 연구를 수행하여 왔음(김 등, 1996; 김과 김, 2000).
- 해조류는 젤리나 해조샐러드와 같은 음식의 재료 및 아이스크림의 첨가제로 사용하거나 위장질환을 치료하거나, 화장품, 바이오 연료 특히 최근에는 펄프 재료로 각광받고 있어서 해양 생명공학 분야에 매우 중요한 해양생물로 알려지고 있음(Seo et al., 2010). 이점에서 해조류의 자원 확보 및 보존을 위한 해조류의 군집조사의 연구가 필요함

Factors in kelp population dynamics



[그림 6-5] 암반생태계 핵심 분류군의 생물지리학적 분포 특성 연구 체계

- 그러나, 아직까지 울릉도 해조류의 군집조사 연구는 선행된바 없어서, 분포하는 종들이 어떤 서식 환경에서, 어떤 구조를 갖고 있는지에 대한 정보는 매우 미미한 실정임. 또한 해조류는 형태적으로 매우 단순하여, 형태적으로 동정한 종에 크나큰 오류가 발견되고 있지만, 울릉도 해조류에 대한 집약적인 분자마커 연구는 특정 분류군에 국한하여 극히 일부 종들에서 시도되고 있을 뿐임(Bustamante et al., 2014a, b). 따라서 본 연구를 통해 울릉도산 해조류의 군집구조와 더불어 분자마커를 이용하여 종을 바르게 동정하고, 이에 따라 울릉도 해조류의 군집구조를 연구할 필요가 있음

## 1.2 국내외 연구동향

### 1.2.1. 국내 동향

- 울릉도의 해조류의 군집구조의 연구는 지금까지 조간대 종조성 연구에 국한되어 왔음. 그러나 동해 연안 특성상 갯녹음 지역이 차츰 증가하고 있는 현실에 있어서 조하대 종조성 및 조하대의 해조류 군집구조 조사가 필요한 시점임. 그러나 해조류는 형태적인 변이가 심한 관계로 형태적으로 동정한 종에 대하여는 오류가 발견되고 있는 실정이며, 이에 1990년대 후반부터 해조류 동정에 있어서 분자마커 연구가 시도되고 있는 실정임
- 울릉도 해양보호구역 설정의 일환으로 국토해양부 주관 하에 울릉도에서 수행된 “능결생태지도” 작성되었으며, 주요 생물들의 서식특성, 수심별 해조류 분포조사, 사진, 동영상 등을 통한 연구가 수행되었음(국토해양부 2010). 또한 울릉도 주변해역 해양



보호구역 관리기본계획 수립 연구를 통해 경성암반에 서식하는 해조류의 분포특성을 조사하여 종 목록을 작성하였음(포항지방해양수산청, 2015).

- 울릉도 연안 해조류 연구는 Nada와 Kang(1964)이 조사한 이후, Kang(1966), 이와 부(1981), Lee et al., (1991, 1992), 이 등(1993), 김 등(1995) 등에 의해 주로 하계에 조사가 이루어진 바 있음. 최근에는 윤(2015)이 울릉도 연안의 해조류 출현 분포에 관한 연구를 수행하였으며, 김(2011)은 동해연안에 서식하는 해양생물 체내 중금속 함량 연구를 통해 울릉도 대항의 중금속 함량을 분석한 바 있음

### 1.2.2. 국외 동향

- 국외에서는 해조류의 종다양성 연구를 위한 우수한 기술을 갖추고 있으며, 이를 활용하여 충분한 표본자료와 문헌자료를 확보하고 있음(과학기술부, 2005). 예를 들면, 일본 홋카이도대학 표본실 (SAP)에 소장된 K. Okamura의 기준 표본, 아일랜드의 Trinity 대학 Herbarium (TCD)에 소장된 W.H. Harveydml의 표본, 프랑스 파리 국립박물관(PC), 프랑스 Caen 대학 표본실, 덴마크 Copenhagen 대학 식물원 표본실 등에는 한국산 해조류와 관련된 종의 표본을 관찰하여 종 종정을 수행하였음.
- 해조류 군집구조 연구는 서식처의 환경에 따라 다를 뿐만 아니라 동일한 장소일 지라도 계절에 따라 서로 다른 군집을 보임. 따라서 국외 연구자들은 암반조건대에서 해조류의 종다양성과 생물량의 계절적 변동을 조사하여 수온, 염분, 광도, 조석, 파도 및 영양염 등 다양한 환경요인들과의 상관성 연구를 수행하였음(Chapman and Craigie, 1977; Dayton, 1971; Josselyn and West, 1985; Lüning, 1993; McQuaid and Branch, 1984; Seapy and Littler, 1982). 해조류 군집을 통한 종조성과 생물량의 시공간적 변화와 다양한 환경요인에 대한 정보를 축적하여 연안 생태계에서 해조류의 역할을 이해하는데 중요한 정보를 제공하고 있음.
- 1990년대 후반에 들어오면서 DNA 염기서열에 의한 계통분석에 힘입어 해조류 군집구조의 연구는 급속한 발전이 이루어지고 있음. 국외에서는 이러한 연구가 본격적으로 이루어지고 있으며 분자마커에 의한 종 보존 또한 활발히 이루어지고 있는 실정임.

## 1.3. 연구 목표 및 내용

### 1.3.1. 연구 목표

- 울릉도산 해조류의 군집조사의 일환으로 해조군집 생태조사를 통한 연안 해조군집

파악 및 생태지도를 작성하고, 분자마커를 이용한 해조군집의 구조 연구 및 유용 해조자원을 선별하여 울릉 연안 해조군집의 가치평가를 평가하고자 함

### 1.3.2. 연구 내용

#### ○ 울릉도 연안 해조군집 생태조사

- 울릉도 연안 조간대 및 조하대 대표 조사정점을 선정하고 시료 채집과 분석을 수행하여 토착종, 가입종, 멸종위기종, 기후변화 지표종 등 중장기 생태모니터링이 가능한 종을 후보종으로 선별함

#### ○ 울릉도 연안역 해조군집 구조 파악 [그림 6-6]

- 울릉 조간대 및 조하대 정점별, 수심별, 계절별 해조류 군집구조를 파악하고, 주요 연구종의 분포 및 서식특성 조사를 실시함. 주요 종의 유전자 분석을 위해 필요시 형태의 해부학적 특징은 절편을 만들어 관찰한다. 절편 시료는, 5% Aniline Blue 로 염색하여 관찰함

#### ○ 울릉도 연안역 해조군집 생태지도 작성

- 울릉도 조간대/조하대 해조류의 분포도를 작성하고 출현종에 대한 목록화(토착종, 신종, 미기록종, 멸종위기종, 기후변화 지표종 등)를 통해 울릉도 주요 정점별 조간대와 조하대 서식생물 생태지도 작성을 추진함

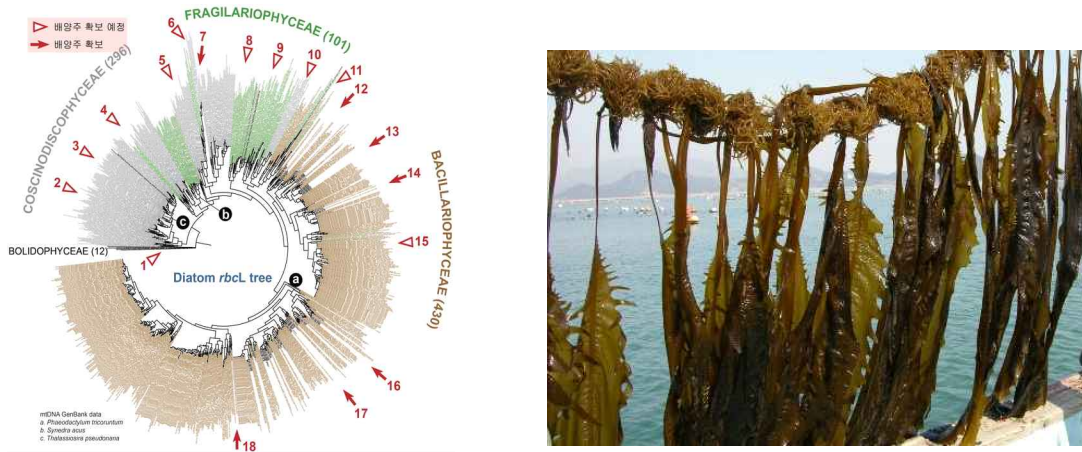


[그림 6-6] 울릉도/독도 해조류 조하대 해조류 군락

#### ○ 유전자바코드를 이용한 유용 해조자원의 선별

- 주요 연구지역 특성화 해조류의 유전적 변이 연구와 주요 종의 형태변이 관찰을 수행하기 위해 유전자 서열 변이 연구는 해조류에서는 널리 알려진 유전자 마커로서

Mitochondria의 *cox1* 유전자의 연구와 색소체의 *rbcL* 유전자의 연구를 수행할 것임. 또한 유용 해조류의 대량 생산을 위해 해조자원의 포자 부착방법을 개발하고 유용해조류 자원 활성화 방안을 제시함 [그림 6-7]



[그림 6-7] 식물의 *rbcL* 유전자 연구와 유용해조류 자원 활성화 연구

○ 울릉도 연안 해조군집 가치평가

- 주요 조간대/조하대 해조생태계 현황 자료를 수집하고 분석하며, 해조숲의 생태 가치를 평가하기 위해 타 사례에 대한 선행연구를 비교 분석하여 섬 연안 해조 생태계의 가치평가를 수행함으로써 향후 울릉도 해조군집 관리를 위한 방안을 모색함

1.3.3. 단계별 목표 및 내용

○ 1단계 연차별 목표 및 내용

구 분	연구개발목표	연구개발내용
1 단계	1차 년도 울릉도 연안 해조군집 생태 특성 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 연안 해조군집 선행 연구 결과 검색</li> <li>• 울릉도 조간대 및 조하대 대표 조사정점 선정, 시료 채집 및 분석</li> <li>• 주요 연구 대상 후보종 선정(토착종, 가입종, 멸종 위기종, 기후변화 지표종 등 증장기 생태 모니터링 가능 종 등)</li> </ul>
	2차 년도 울릉도 연안역 해조군집 구조의 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정점별, 수심별, 계절별 해조류 군집구조 파악</li> <li>• 주요 연구종의 분포 및 서식특성 조사</li> <li>• 주요 연구 대표종의 유전자 분석</li> </ul>

	3차 년도	울릉도 연안 해조군집 생태지도 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 해조류 분포도 작성 및 출현종이 목록화</li> <li>• 울릉도 주요 정점별 조간대/조하대 서식생물 생태지도 작성</li> </ul>
	4차 년도	유전자바코드를 이용한 유용 해조자원의 선별	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 연구 지역 특성화 해조류의 유전적 변이 연구</li> <li>• 주요 종의 형태변이 관찰</li> <li>• 유용 해조류의 포자 부착방법 개발 및 대량 생산을 통한 자원 활성화 방안 연구</li> </ul>
	5차 년도	울릉도 연안 해조군집 가치평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 조간대/조하대 해조생태계 현황 자료 수집·분석</li> <li>• 해조숲 생태 가치평가 선행연구 비교·분석</li> <li>• 섬 생태계 가치평가 측면에서 향후 울릉도 수중생태계 연구 시사점 제시</li> </ul>
2 단 계	울릉도 해조군집 생태계 기반 관리기법 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 환경 특성 맞춤형 과학적 해양생태도 작성</li> <li>• 생태계 기반 관리기법 근거 생태·환경 자원도 작성</li> <li>• 울릉도의 체계적인 해조군집 생태계 관리 방안 연구</li> <li>• 울릉도 특이 해조군집 생태환경 자원을 활용한 세계자연유산등재 추진</li> </ul>	

#### 1.4. 추진전략

- 울릉도의 대표적인 지점에 대하여 조하대 및 조간대 해조류 군집구조 조사시 채집된 해조류 중 특정유용 해조 및 대표적인 종에 대하여 유전자 분석 및 기본적인 해조류 조사를 통하여 군집구조의 특성을 파악하여 울릉도 해조군집의 가치를 평가함

#### 1.5. 기대성과

- 울릉도의 종의 분류학적 한계 및 종 분화의 기초자료로 활용
- 추출된 DNA는 Deep freezer에 보관하고, 추후 DNABank로 활용
- 분석된 cox1, rbcL 유전자 서열을 GenBank에 등록, 대중교육에 활용
- 분자마커로 동정된 종의 표본들을 제작하고, 울릉도 해조류의 동정의 기준으로 활용
- 울릉도 초, 중등학생들의 교육 소재로 활용
- 울릉도의 해조군집의 지점별 계절별 조사는 동해의 해양환경 중장기 변동 자료로 활용
- 울릉 특산 해조인 대황 및 감태등과 같은 유용해조의 종보존 및 어업인의 소득과 연계산업으로 발전

#### 4. 저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리활성 연구를 통한 이상증식 원인 규명

##### 1.1 연구의 필요성

- 울릉도는 한반도 내륙(울진)과 110km 가량 떨어져 있으며, 독도를 제외하면 대한민국 섬 중에서 한반도 내륙과 가장 멀리 떨어져 있음. 또한 한류와 난류가 만나는 전이대 부근에 위치하여 환경특성이 다른 두 개의 생태계 전이지역(transition area)에 위치하고 있어 지리적으로 한반도 내륙과 다른 생태적 특성을 가지고 있음
- 기후변화, 해수온 상승 등에 의해 울릉도 해양생태계가 훼손되고 갯녹음 현상이 심화되어 이에 대한 복원이 시급하여 자연압박 개선을 통한 천연 해중림 복원이 필요함 [그림 6-8]

⇒ 2016년 동해 남서부 해역의 표층 수온은 약 1.3℃ 증가한 반면 울릉도 부근의 표층수온은 1.5℃ 증가하여 수온 상승에 따른 해양생태계의 아열대화가 증가하고 있는 실정임

- 최근 들어 독도를 포함한 울릉도 해양환경은 저서무척추동물 생물상의 변화 및 조식동물의 과다번식으로 인해 대황, 감태 등의 해조류 군락이 급감하고 있으며, 이로 인해 백화현상이 심화되어 울릉도 해양생태계보전 및 관리 대책이 요구되는 실정임

**독도는 '갯녹음' 몸살 중...해양숲 생존 위기**  
한국수산자원관리공 25ha 중 9,715ha 차지...파해 심각 관계 기관 대책마련 무관심...실질적 복원사업 추진 시급  
조준호기자 김재일기자 2016년 05월 11일 수요일



[그림 6-8] 조식동물에 의한 독도 해양생태계 변화

- 이에 울릉 연안의 주요 거점을 선정하여 주요 저서무척추동물(보호종, 멸종위기종, 가입종 등)에 대한 중장기 모니터링을 통해 해양환경 변동에 따른 생태계 모니터링 및 성게 등과 같은 조식동물의 이상증식 원인 규명을 위한 생리 연구 자료를 확보함으로써 뛰어난 수중환경을 유지하고 해양생태계 회복 및 보전에 필요한 과학적 연구 자료 획득이 절실한 상황임

## 1.2 국내외 연구 동향

### 1.2.1. 국내 동향

- 동해안의 연안역에서 실시된 환경 관련 생태계 관련 주요 연구들로는 해양수산부의 울진 후포 주변에서 이루어진 동서제주 바다목장화 개발연구, 왕돌초 해역의 다양성을 중심으로 왕돌초 해역 해양생물 조사, 해양생물다양성 보전대책 연구 등의 단편적인 연구가 있었고, 백화현상에 대한 대책연구로서 강릉대학교에 의해 수행된 갯녹음(백화) 현상의 원인 규명 및 대책 등이 대표적임
- 울릉도 연안의 저서무척추동물과 관련된 보고서는 울릉도·독도를 중심으로 한동·남해 지역 해양무척추동물의 분자계통지리학적 연구 및 온라인 박물관 DUOMMI 설립(경북대학교, 2011), 울릉도 주변해역 해양보호구역 관리기본계획 수립 연구(포항해양지방수산청, 2015), 울릉군 연안바다목장 잠수조사 및 저서생물 시료분석(한국수산자원관리공단, 2015), 울릉 연안해역 수산동식물 수중생태적지조사(울릉군, 2013), 해양생태계 기본조사 - 동해북부해역- 제1권 기본조사(해양수산부, 2014) 등이 있음.
- 무척추동물 관련 논문은 울릉도 해산 해면류의 분류학적 연구(심과 강, 2004), 울릉도 연안의 갯지렁이류 분포(백, 1986), 울릉도 남해역에 서식하는 키조개의 연중 번식주기에 관한 연구(양 등 2016), 울릉도 연안산 해조류 넓미역 *Undaria peterseniana*의 서식 특성(윤, 2015), 울릉도 해산 중복족류(Mesogastropods)의 분류 및 기재(최와 윤 1990a), 울릉도 해산 원시중복종류(Archeogastropods)의 분류 및 기재(최와 윤 1990b), 울릉도산 홍조 산호말과 식물 4종에 대한 분류학적 검토(이, 1994) 연구 등이 있음

### 1.2.2. 국외 동향

- 섬 주변 생태계 연구에 있어 미국, 호주, 일본 등의 해양 선진국의 경우 중요 섬 인접



해양에서의 수산자원 및 생태환경 조사를 주기적으로 장기간 수행하고 있음

- 호주는 세계 최대 규모의 산호초 보유국으로서 그레이트베이어럽(GBR) 관리법 제정 시 “GBR Marine Park Zoning Plan 2003”에서 생태 및 환경지도 작성을 의무화하였음
- 미국은 영해의 1/3에 해당하는 해역에서 해양보호구역을 지정하여 외래종, 멸종위기종, 보호종 등 다양한 생물종을 대상으로 생태계 보전 및 다양한 이용범위에서 생태계의 단계별 관리방안을 마련하고 있음
- 한편 세계 각국은 외래생물의 유입 및 정착에 의한 생태계 파괴에 대한 인식을 같이 하여 1992년 생물다양성협약(CBD)을 체결하여 자국의 생태계 보호 관리를 실시하고 있는데, 생물다양성협약에서는 회원국에게 고유종 및 생태계 보호를 위한 외래생물종 유입 방지 및 방제 의무를 규정하고 있음. 또한 영국, 유럽연합(EU), 일본, 호주 등 각국에서는 다른 지역에서 유입되어 피해를 일으키는 생물종인 ‘침략성 외래종(Invasive Alien Species)’의 유입 방지 및 이미 유입된 외래생물의 방제 등의 통합관리체계를 구축하기 위한 많은 노력을 기울이고 있음

### 해양수산부 지정 유해해양생물



[그림 6-9] 해양수산부 지정 유해 해양생물 사진

⇒ 국내에서도 “외래해양생물 및 유해해양생물의 관리체계 개선방안 연구”를 통해 교란 유해해양생물 관리를 위한 관련법령 및 행정규칙 제·개정(안)을 마련하여 해양생태계 교란유해해양생물의 지정기준·절차 및 관리체계 구축, 해양생태계 위해성평가 체계 정립 및 교란유해해양생물의 지정, 평가, 관리를 위한 전담기구 설치 및 운영 방안을 제시하여 교란유해해양생물에 대한 실효성 있는 통합관리체계를 마련하고 있음(해양수산부, 2015)

### 1.3. 연구 목표 및 내용

#### 1.3.1. 연구 목표

- 본 연구의 목적은 울릉도 암반 저서생태계의 체계적 유지 및 관리를 위한 효과적인 과학적 시스템 구축에 필요한 기초 자료를 획득하여 생태계 기반관리 기법을 개발하는데 있으며, 최종적으로는 울릉도 수중생태계의 특이성 및 차별성을 강조함으로써 향후 세계자연유산 등재에 필요한 울릉도 암반저서무척추동물 연구자료 확보 및 생태계 관리 방안 마련을 위한 정책 수립의 자료를 제시함에 있음

#### 1.3.2. 연구 내용

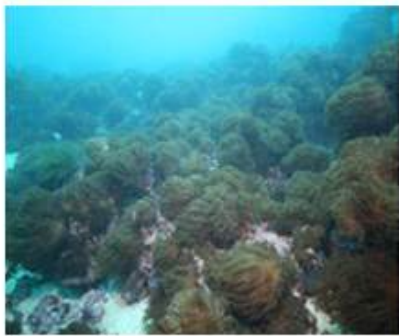
- 울릉도 암반지역의 저서무척추동물 생태 특성 조사
  - 울릉도 암반지역 저서무척추동물 생태 선행 연구조사 검색을 통해 울릉도 주변 암반 수중생태계 지역의 대표 조사 정점 선정. 울릉도 암반생태계의 중장기 모니터링에 필요한 주요 연구 대상 후보종(토착종, 가입종, 멸종 위기종, 기후변화 지표종 등 울릉도 중장기 해양환경 변화를 대별할 수 있는 생태 모니터링 가능 종) 선정
- 암반 주요 저서무척추동물 군집 현황 파악
  - 울릉도 연안 암반생태계에 출현한 중간기착 외래 생물 현황을 파악하고 선별하여 외래 부착생물의 생물 분포 현황 조사 후 목록을 작성함. 울릉도 연안 대표 정점에 대한 정점별, 수심별, 계절별 암반 주요 저서무척추동물 생물상 조사 및 주요 생물종의 인벤토리 작성
- 주요 저서생물의 먹이망 관계 및 유해생물 생태-생리 특성 규명
  - 암반 저서무척추동물에 대한 주요 생물종의 서식 특성 조사 및 저서생물간 포식-피식 관계 조사를 통해 주요 먹이망 흐름을 파악함. 울릉도 서식 중간기착 외래 유해



생물의 생리-생태 특성 규명을 통한 향후 유해생물 관리를 위한 자료 확보

○ 울릉도 연안 암반생태지도 작성 및 주요 외해생물의 이상증식 규명

- 울릉도 암반 저서무척추동물의 분포도를 작성하고 출현종에 대한 목록 작성(토착종, 신종, 미기록종, 멸종위기종, 기후변화 지표종 등). 울릉도 주요 정점별 수중생태계 생태지도 작성 및 중간기착 외래 유해생물의 생태-생리 특성 자료를 활용한 이상증식 원인 규명 [그림 6-10]



거품돌산호 군락



제주 해역 내 녹조대발생 모습

[그림 6-10] 제주 연안 아열대 외래 유해생물 출현 및 이상 증식 예

○ 울릉도 암반 수중생태계 가치 평가

- 세계자연유산등재에 필요한 울릉도 수중생태계 현황 자료 수집·분석. 타지역 섬 생태계 자료, 기타 선행연구 자료 확보를 통해 울릉도 해양생태계에 대한 가치평가 비교·분석 연구. 섬 생태계 가치평가 측면에서 향후 울릉도 수중생태계 연구 및 관리의 시사점 제시

1.3.3. 단계별 목표 및 내용

○ 1단계 연차별 목표 및 내용

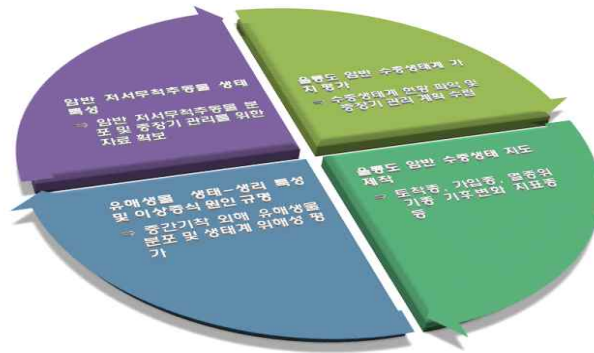
구 분		연구개발목표	연구개발내용
1 단 계	1차 년도	울릉도 암반지역의 저서무척추동물 생태 특성 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>•과거 선행 연구 결과 검색</li> <li>•울릉도 주변 암반 대표 조사 정점 선정</li> <li>•주요 연구 대상 후보종 선정(토착종, 가입종, 멸종 위기종, 기후변화 지표종 등 중장기 생태 모니터링 가능 종 등)</li> </ul>

	2차 년도	암반 주요 저서무척추동물 군집 현황 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정점별, 수심별, 계절별 암반 주요 저서무척추동물 생물상 조사</li> <li>• 중간기착 외래 생물 현황 파악 및 선별</li> <li>• 주요 생물종의 인벤토리 작성</li> <li>• 외래 부착생물의 생물 분포 현황 조사</li> </ul>
	3차 년도	주요 저서생물의 먹이망 관계 및 유해생물 생태-생리 특성 규명	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 생물종의 서식특성 조사</li> <li>• 저서생물간 포식-피식 관계 조사</li> <li>• 중간기착 외래 유해생물의 생리-생태 특성 규명</li> </ul>
	4차 년도	울릉도 연안 암반 생태지도 작성 및 주요 외래생물의 이상증식 규명	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 암반 저서무척추동물의 분포도 작성 및 출현종이 목록화(토착종, 신종, 미기록종, 멸종위기종, 기후변화 지표종 등)</li> <li>• 울릉도 주요 정점별 수중생태계 서식생물 생태지도 작성</li> <li>• 중간기착 외래 유해생물의 이상 증식 원인 규명</li> </ul>
	5차 년도	울릉도 암반 수중생태계 가치 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 수중생태계 현황 자료 수집·분석</li> <li>• 생태계 가치평가 선행연구 비교·분석</li> <li>• 섬 생태계 가치평가 측면에서 향후 울릉도 수중생태계 연구 시사점 제시</li> </ul>
2 단 계	울릉도 수중생태계 기반 관리기법 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 환경 특성 맞춤형 과학적 해양생태도 작성</li> <li>• 생태계 기반 관리기법 근거 생태·환경 자원으로 작성</li> <li>• 울릉도의 체계적인 생태계 관리 방안 연구</li> <li>• 울릉도 특이 생태환경 자원을 활용한 세계자연유산등재 추진</li> </ul>	

#### 1.4. 추진전략

- 울릉도 연안 저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리 연구는 한국해양과학기술원 본원, 울릉도·독도해양과학기지, 동해연구소 등의 전문 연구인력과 정책연구소, 외부 기업, 산학 연구기관 등이 투입되어 실시할 계획임. 주요 정점에서의 계절별 출현 분포를 파악하고 이를 통해 주요 연구 대상종을 선정한 후 중장기 모니터링 및 관리 방안을 제시할 것이며, 유해생물 생태-생리 특성 및 이상증식 원인 규명은 중간기착 외래 유해생물 분포를 파악하고 대상 종들이 생태계에 미치는 위해성을 평가하며, 생태-생리 연구를 통해 먹이망 구조 및 포식자와 피식자와의 먹이관계를 규명하여 이상 증식 원인 및 향후 생태계 보전/관리를 위한 자료를 확보할 것임 [그림 6-11]
- 울릉도 암반 수중생태 지도 제작은 연구기간 중 도출된 자료를 활용하여 제작할 것이며, 특히 울릉도 환경변화를 예측할 수 있는 토착종, 가입종, 멸종위기종 및 기후변화를 대표할 수 있는 종을 핵심적으로 가입하여 향후 중장기 관리에 필요한 자료로

활용한 것임. 울릉도 암반 수중생태계 가치 평가 연구는 타 지역 섬에서 연구되어진 자료를 확보하여 비교분석을 통해 울릉도 연안 암반생태계의 특이성 및 차별성을 규명할 예정임. 이를 위해서는 정점별 수중 암반생태계의 자료 분석을 통한 현황 파악이 필수적이며, 정책연구소의 참여를 통해 중장기 관리 계획을 수립할 것임



[그림 6-11] 울릉도 연안 저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리 연구 추진 체계

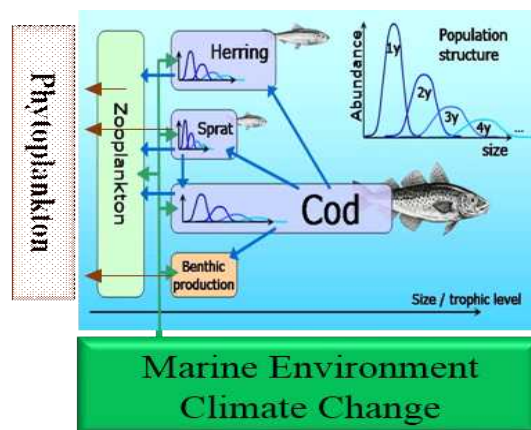
### 1.5. 기대성과

- 울릉도 수중생태계 정밀조사 자료 및 생태지도 제작을 통해 미비했던 울릉도 생태계 연구 자료 확보 및 현 생태 특성 파악을 통해 중장기 생태계 변화 대응에 필요한 과학적 자료 확보
- 울릉 연안의 주요 저서무척추동물(보호종, 멸종위기종, 가입종 등)에 대한 중장기 모니터링을 통해 타지역 섬의 암반생태계와 차별성 및 특이성 도출
- 우리나라 동해안 섬 지역의 고유종, 보호가 필요한 희귀종, 기후변화를 판단할 수 있는 환경 지표종 등을 포함한 생태 보호 관리 기초 자료 생산
- 울릉도 생태지도를 활용하여 다양한 생물상과 우수한 수중 경관에 대한 자료를 확보하여 전 세계에 우리나라 해양의 높은 종다양성과 우수한 수중경관의 가치를 알림으로써 생태 보전 기반 구축 및 이를 이용한 세계자연유산 등재 자료로 활용

## 5. 유영생태계 중장기 생물다양성 변화 및 자원 생태 연구

### 1.1 연구의 필요성

- 울릉도 해역은 동해안 유일의 도서지역으로 한류와 난류가 만나는 생태계 전이지역 (transition area)에 위치하고 있어 일차생산력이 높으며, 상업성 어종의 회유경로 및 서식처로 이용되고 있어 수산자원이 풍부한 해역임에도 불구하고 수산자원학적 가치평가는 전무한 상태임
- 이와 반면 어민들의 주요 소득원인 오징어 어획량은 지구온난화 및 남획으로 인해 감소하고 있으며, 소규모로 이루어지는 자망과 통발에 의한 어업생산량도 외부 대형 어선들의 어획강도 증가로 인해 감소하고 있으나 해역에서의 생산량에 대한 어획량 조사는 이루어지지 않은 상황임
- 따라서 울릉도 해역에 분포하는 수산자원에 대한 재평가가 이루어져야할 필요가 있으며, 이를 위해서는 울릉도 주변해역의 난, 자치어 등을 포함한 어류의 출현양상 및 유영생태계의 군집특성을 조사할 필요가 있음
- 또한 주요 어종의 성숙, 연령, 성장 등 자원생태학적 특성치 조사를 통해 환경요인과 생리-생태적 연관성 규명을 통해 자원의 가입 및 이동에 관한 자료를 확보할 필요가 있으며, 울릉도 주변 어류의 지리 분포도 작성 및 토착종, 신종, 환경변화 지표종 등에 관한 목록화를 통해 유영생태계의 수산자원학적 가치 평가를 실시하고 이를 통해 효율적인 자원관리 방안을 모색할 필요성이 있음 [그림 6-12]



[그림 6-12] 기후변화와 수산생물자원의 변동 연구 예

## 1.2 국내외 연구 동향

### 1.2.1. 국내 동향

- 울릉도와 독도 해역의 어류 자원조사와 관련된 논문은 울릉도 및 독도 근해의 의 연령과 성장(허 등, 2015), 울릉도 연안에 서식하는 불불락(*Sebastes thompsoni*)의 성숙과 산란(양 등, 2016), 울릉도해역에서 삼중자망에 의한 어획물의 종조성(정 등, 2015), 다이빙 조사에 의한 여름철 울릉도 연안의 어류상(명 등, 2005), 한국산 가자미아목 어류의 분류학적 연구(김과 윤창호, 1994), 한국산 놀래기아목(농어목) 어류의 분류와 분포(이와 김, 1996) 등이 있는데, 대부분의 연구가 출현종 분류, 성장, 산란 및 자원량 조사에 초점을 두었음 [그림 6-13]
- 울릉도 주변해역의 어란과 자치어 군집 관련 연구는 동해고유수 상층부와 표층혼합수층을 대상으로 수행되었으며(한국해양연구원, 2002), 해양보호구역의 지정을 위한 연구로서 울릉도 주변해역 해양보호구역 관리기본계획 수립 연구(포항지방해양수산청, 2015), 독도 생태계 등 기초조사 연구(한국해양연구원, 2000), 울릉군 연안 바다목장 잠수조사 및 저서생물 시료분석(울릉군청, 2015), 울릉 연안해역 수산동식물 수중생태적지조사(울릉군청, 2013) 등에서 일부 보고되었으며, 대부분 자원량 조사 위주로 조사되었기 때문에 자원생태학적인 특이성은 다루지 않았음

### 1.2.2. 국외 동향

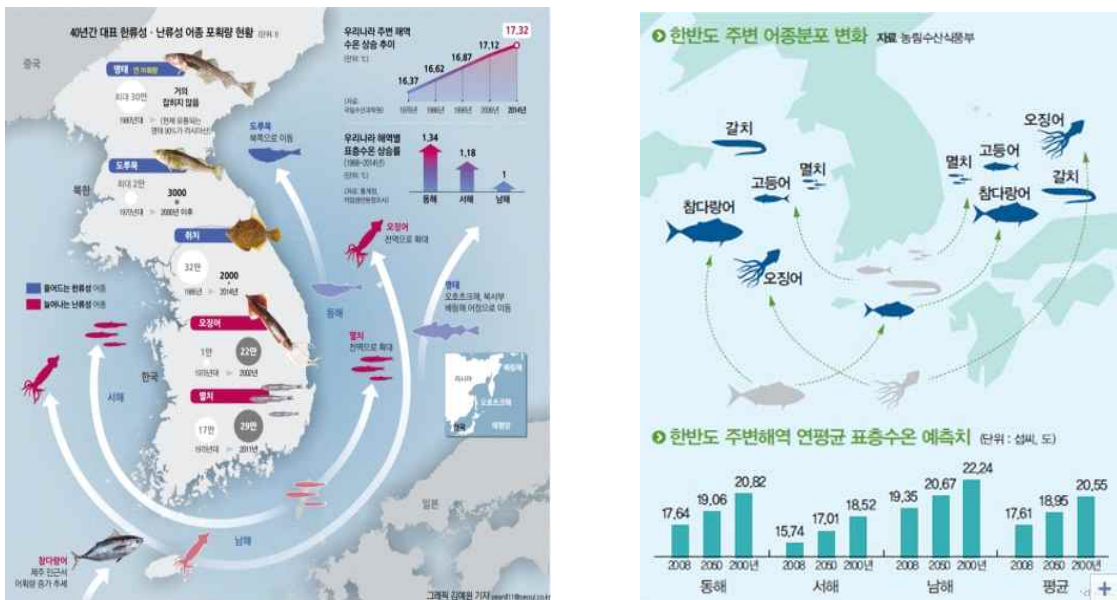
- 최근 유영생태계를 대상으로 한 국외 사례들은 해양보호구역(MPA)을 대상으로 한 효과조사 차원에서 많이 이루어지고 있음. Polacheck(1990)은 MPA라는 용어 대신 금어구역(closed area)으로 표현하여 환경밀도(density-dependent) 차에 의해 어종이 각 자원군을 이동한다고 가정하고 있으며, 금어구역의 크기와 자원이동률(migration rate)에 따라 자원량과 어획량 변화를 분석함
- 세계자연보전연맹(ICUN)에서는 어류를 절멸종(Extinct, EX), 자생지 절멸종(Extinct in the Wild, EW), 심각한 위기종(Critically Endangered, CR), 멸종위기종(Endangered, EN), 취약종(Vulnerable, V), 경미한 위기종(Low Risk, LR), 자료 부족종(Data Deficient, DD), 평가 불가종(Not Evaluated, NE) 등 9단계로 설정하고 정량적인 평가 기준을 마련하여 서식처별로 관리하고 있음.
- 호주의 유영생태계 관리는 서식생물의 필수적인 생태적 과정 기여, 회귀 또는 멸종위

기에 처한 종의 서식 여부, 유전적 다양성 보전 및 유지, 육종-치어-섭식단계 및 이동성 종의 휴식에 필요한 어중에 대한 서식환경 조사를 수행하고 있으며, 이를 활용하여 개체군, 군집 생태계 조사, 서식생물의 생물지리적 특성 분포 연구를 수행하고 있음

- 캐나다의 경우 어류의 서식지, 산란장 및 생육지 연구를 통해 어종 보호 및 출현종의 유전적 다양성 유지와 목표종의 개체 보호를 위한 조사를 수행하여 해역별/서식처별 고유어종에 대한 보존방안을 마련하고 있음. 특히 연안 어류의 자원조사를 뿐만 아니라 특정시기에 취약한 어류와 어류서식지 보호, 산란장과 유생의 생육지 보호, 멸종 위기와 멸종할 위기에 처한 종과 서식지 복원 등 어류의 체계적인 자원조사를 통해 다양한 어종의 보호와 자원량 회복에 노력하고 있음

⇒ 국내에서도 최근 기후온난화에 따른 다양한 아열대성 어종이 유입되고 있어 해역별 고유어종의 보존방안을 마련할 필요가 있음

- 기후변화와 관련하여 일본 류큐대학교의 열대생물권연구센터에서는 산호초 생태계 형성과 기능 해명에 관한 연구, 산호초 어류의 생식주기와 성 구성 그리고 그 영향요인과 조절메커니즘에 관한 연구, 아열대 도서환경의 생물 다양성 현황과 형성과정에 관한 연구, 생물자원의 검출 활용 및 효율적인 생산 확립에 관한 연구를 수행하고 있음



[그림 6-13] 해수의 수온 상승에 따른 한반도 주변 어종 분포 변화

### 1.3. 연구 목표 및 내용

#### 1.3.1. 연구 목표

- 본 연구는 동해의 중장기 해양환경 변동에 수산자원 특성 연구에 필요한 자료 확보를 위해 울릉도 주변해역의 어란, 자치어, 어류의 중장기 생물다양성 변화 및 이를 활용한 자원생태, 생리학적 연구를 수행함에 목적이 있음. 이를 위해서는 어란 및 자치어 군집구조 파악, 환경변화에 따른 어류의 초기생활사 시기의 반응 특성 규명 연구가 이루어져야 하며, 울릉도 주변해역의 어류 분포 현황, 주요 어종의 자원생태학적 특성치 조사 및 어류군집의 중장기 모니터링 방안 구축 연구가 필요함

#### 1.3.2. 연구 내용

- 울릉도 주변해역 난, 자치어 및 어류 출현양상 조사
  - 울릉도 주변 어류 생물상 조사와 관련된 과거 선행 연구결과 검색을 통한 울릉도 주변 대표 조사정점 선정. 대표정점에서의 계절별/정점별 출현종 및 우점종 파악
- 울릉도 유영생태계 군집특성 및 지리 분포 연구
  - 유영생태계의 계절별/시기별 출현생물의 서식특성 조사(연안정착성, 일시회유성, 회유성 어종 등) 및 자치어 및 어류 주요종의 먹이습성, 활동성(주행성, 야행성) 규명을 통한 주요 연구 대상종의 생태 및 군집특성 파악
- 주요 어종의 생태-생리 특성 규명
  - 환경 인자별 주요 생물종의 행동 및 생리 패턴 변화 연구. 자치어 및 어류의 주요 먹이망 조사, 주요 어종의 성숙, 연령, 성장 등 자원생태학적 특성치 조사를 통한 생태-생태 특성 규명
- 울릉도 주변해역 유영생태계의 자원 분포 및 서식지도 작성
  - 울릉도 주변 어류의 지리 분포도 작성 및 토착종, 신종, 환경변화 지표종 등에 관한 목록화. 서식환경별 난, 자치어 및 어류자원 비교. 울릉도 주변 유영생태계를 구성하는 주요 생물종에 대한 인벤토리 작성
- 울릉도 유영생태계의 수산자원학적 가치 평가
  - 울릉도 유영생태계의 현황 파악을 위한 자료 수집 및 분석, 유영생태계의 수산자원

학적 가치평가를 위한 선행연구 비교·분석을 통해 섬 주변 유영생태계에 대한 가치 평가를 실시하고 이를 활용한 중장기 모니터링 방안 제시

### 1.3.3. 단계별 목표 및 내용

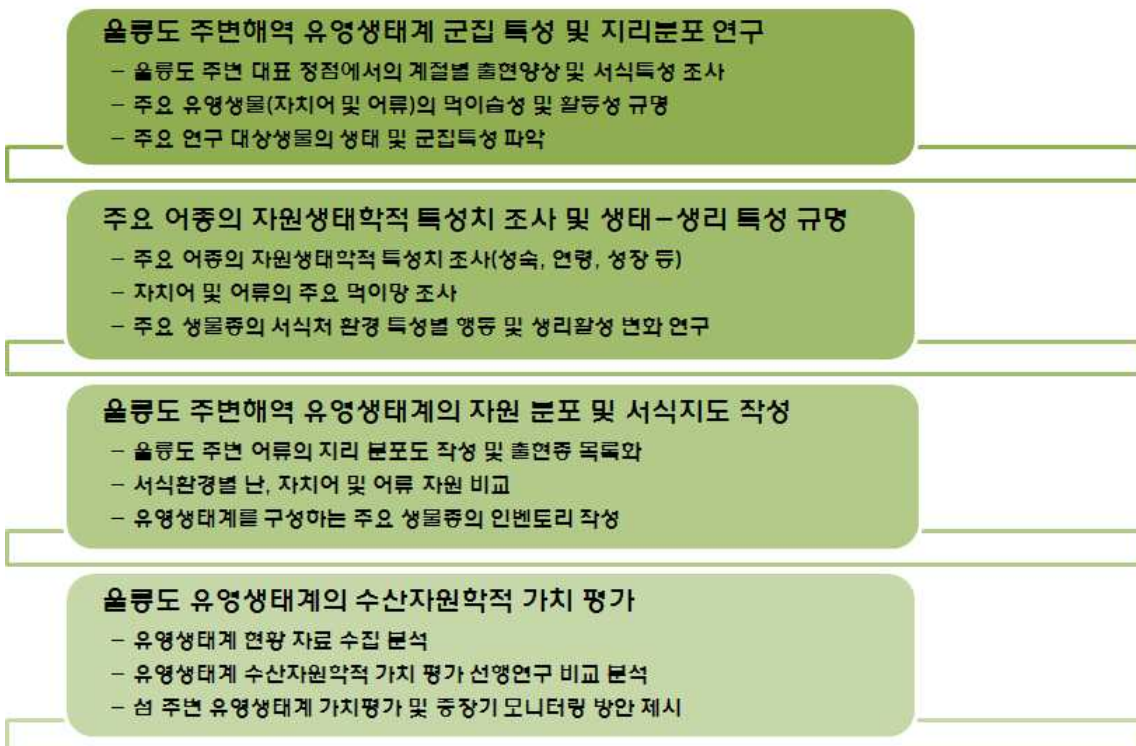
#### ○ 1단계 연차별 목표 및 내용

구 분	연구개발목표	연구개발내용
1 단 계	1차 년도	울릉도 주변해역 난, 자치어 및 어류 출현양상 조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>과거 선행 연구 결과 검색</li> <li>울릉도 주변 대표 조사 정점 선정</li> <li>계절별/정점별 출현종 및 우점종 파악</li> </ul>
	2차 년도	유영생태계의 군집특성 및 지리분포 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>계절별/시기별 출현생물의 서식특성 조사(연안정착성, 일시회유성, 회유성 등)</li> <li>난, 자치어 및 어류 주요종의 먹이습성, 활동성(주행성, 야행성) 규명</li> <li>주요 연구 대상종의 생태 및 군집특성 파악</li> </ul>
	3차 년도	주요 어종의 자원생태학적 특성치 조사 및 생태-생리 특성 규명 <ul style="list-style-type: none"> <li>주요 어종의 자원생태학적 특성치 조사(성숙, 연령, 성장 등)</li> <li>자치어 및 어류의 주요 먹이망 조사</li> <li>주요 생물종의 서식처 환경 특성별 행동 및 생리활성 변화</li> </ul>
	4차 년도	울릉도 주변해역 유영생태계의 자원 분포 및 서식지도 작성 <ul style="list-style-type: none"> <li>울릉도 주변 어류 지리 분포도 작성 및 출현종 목록화(토착종, 신종, 환경변화 지표종 등)</li> <li>서식환경별 난, 자치어 및 어류 자원 비교</li> <li>유영생태계를 구성하는 주요 생물종의 인벤토리 작성</li> </ul>
	5차 년도	울릉도 유영생태계의 수산자원학적 가치 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>울릉도 유영생태계 현황 자료 수집·분석</li> <li>유영생태계 수산자원학적 가치평가 선행연구 비교·분석</li> <li>섬 주변 유영생태계 가치평가 및 중장기 모니터링 방안 제시</li> </ul>
2 단 계	울릉도 유영생태계 중장기 관리기법 수립 <ul style="list-style-type: none"> <li>울릉도 환경 특성 맞춤형 과학적 유영생물 자원도 작성</li> <li>생태계 기반 관리기법 근거 생태·환경 자원도 작성</li> <li>울릉도 유영생태계의 효율적/지속가능한 관리 방안 연구</li> <li>울릉도 특이 생태환경 자원을 활용한 세계자연유산등재 추진</li> </ul>	



#### 1.4. 추진전략

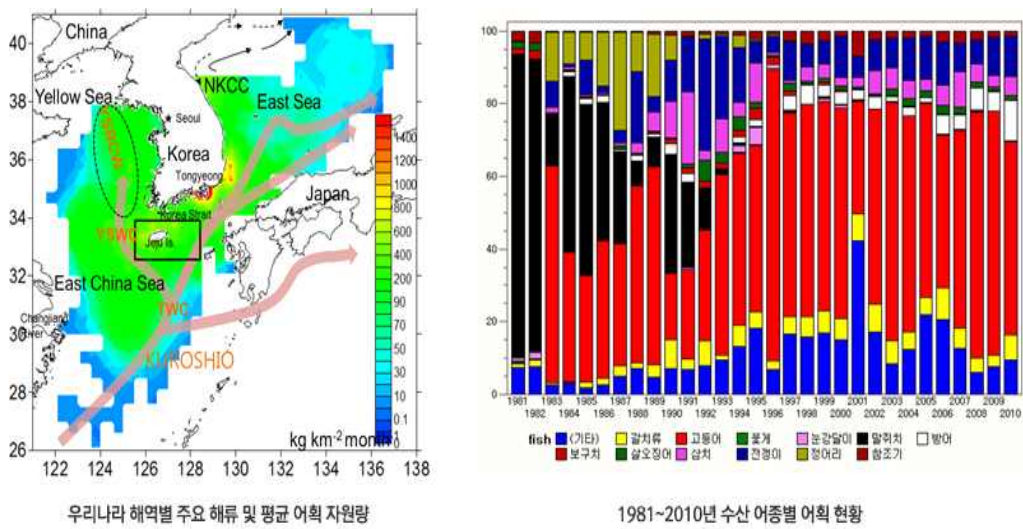
- 울릉도 연안 유영생태계 중장기 생물다양성 변화 및 자원생태 연구는 울릉도 주변 해역의 유영생태계 군집 특성 및 지리분포 연구를 수행한 것이며, 주요 연구로는 대표 정점에서 계절별 출현양상과 서식특성 조사, 자치어와 어류의 생태습성을 규명하고 주요 연구대상생물의 생태 및 군집특성을 파악하고자 함. 주요 어종의 자원생태학적 특성치 조사 및 생태-생리 특성 연구는 유영생물의 성숙, 연령 및 성장 자료를 확보하고 주요 먹이망을 조사하며 서식처 환경특성 변화에 따른 주요 생물종의 행동 및 생리활성 변화를 규명할 것임
- 울릉도 주변 어류의 출현종 목록 및 지리 분포도 제작을 통한 유영생태계의 인벤토리 작성을 통해 최종적으로 유영생태계의 자원 분포 및 서식지도를 작성할 예정이며, 울릉도 유영생태계의 수산자원학적 가치평가를 위한 현황 파악, 가치평가 선행사례 연구 및 섬 주변 유영생태계 가치평가 및 중장기 모니터링 방안을 제시할 계획임 [그림 6-14]



[그림 6-14] 울릉도 연안 유영생태계 중장기 생물다양성 변화 및 자원생태 연구

### 1.5. 기대성과

- 울릉도 유영생태계 출현종 목록화와 지리 분포도 자료를 활용한 중장기 수산자원변동에 대응할 수 있는 과학적 자료 확보
- 수산자원분포 및 서식 특성 자료를 확보하고 어종별 생태-생리 특성 규명을 통해 자원관리 및 어획생산량을 높일 수 있는 방안을 제시함으로써 어업을 통한 생산량 향상 및 어업인 소득 증대를 도모할 수 있음 [그림 6-15]



[그림 6-15] 수산자원 현황과 기후변화에 따른 해류 변동과의 상관 분석

## 6. 울릉도 핵심 해양생물 분자마커 개발 및 과학적 관리 체계 개발 연구

### 1.1 연구의 필요성

- 생물자원은 생태계의 구성요소로서 인류의 중요한 경제적 자원임. 2010년 제10차 나고야총회에서 채택된 나고야의정서는 전 세계적으로 감소하는 생물다양성의 지속적인 파괴로 인한 인류의 생존 위협에 관해 경고하고 있음 [그림 6-16]. 이에 생물유전자원을 이용할 국가는 해당 자원을 제공하는 국가의 절차에 따라 사전승인을 받은 후 접근하고, 생물유전자원의 이용으로 발생한 이익에 대해 상호 합의한 계약조건에 따라 제공국과 이익을 공유하도록 규정하는 국제규범으로 의정서로 인해 생물다양성에 대한 세계적 인식이 확산되고 있음

⇒ 나고야의정서가 발효됨에 따라 유전자원에 대한 중요성은 더욱 부각되어 자원 이용국가에서는 생물유전자원이용, 생물유전자원에 대한 적합한 접근 및 이용에 관심을 갖고 공하고 공평한 이익 공유를 실천할 의무가 있으며, 자원 제공 국가는 생물다양성을 보유하고 생물유전자원을 제공 및 접근을 촉진할 의무가 있음



[그림 6-16] 전 세계적 생물다양성 감소 전망

- 울릉도는 다양한 해양생물이 서식하는 종의 보고이지만 섬을 대표할 수 있는 핵심종 탐색이 이루어져 있지 않으며, 최근에는 기후온난화 및 해류의 영향으로 인해 동해 서식 종뿐만 아니라 제주 연안에 서식하는 종의 출현 및 서식지가 확대되고 있는 상황이지만 타 지역과의 비교 연구 및 관리 체계가 미비함
- 울릉도 연안역에 서식하는 정착종, 가입종, 멸종 위기종 및 기후변화 지표종 등의 핵심종에 대한 목록을 작성하고 유전적 정보 확보를 위한 분자마커 개발하여 유전자 다양성 확보를 위한 연구를 수행할 필요가 있음

## 1.2 국내외 연구 동향

### 1.2.1. 국내 동향

- 환경부에서는 생물다양성 보전대책을 통해 자연환경보전 기본계획을 수립하여 자연환경조사, 야생동식물 보전대책을 세워 현지에서 생물다양성 보전 정책을 수행하고 있으며, 교육과학기술부에서는 1994년 12월 ‘유전공학 육성법’을 ‘생명공학 육성법’을 개정한 후 ‘생명공학 육성기본계획(Biotech 2000)’을 수립하였음
- 생명공학연구원에서는 부다페스트 조약상의 국제공인 특허미생물 기탁기관으로서의 국가적 지원기능 수행, 생명공학기술 및 산업개발에서 가장 중요한 산업용 종균인 유전자원 및 유전정보 공급을 위한 국책중앙은행 기반확립 및 역할 수행의 일환으로 대외 경쟁력 확보를 위해 우리나라 고유의 유용자원의 지속적 탐색 및 확보, 산·학·연에서 국책과제로 개발된 자원을 중심으로 계통적 보존을 지원함으로써 국가유전자원 장기보전체계를 확립, 유전자원의 취급법, 정보자원 응용법등에 관한 기술훈련을 실시하고 국내외 유전자은행과 긴밀한 국제협력체계를 구축함 [그림 6-17]
- 울릉도를 포함한 우리나라 생물다양성 지원 사업은 육상 및 해양생태계 분야에서 국내 동식물 다양성 자료수집 및 국내외 연구동향을 파악할 필요가 있으며, 국가 주도의 효율적인 추진을 위하여 환경부, 농림수산식품부, 해양수산부의 기관 특성에 맞는 업무분담에 의한 유기적 협조아래 추진할 필요가 있음



[그림 6-17] 생물다양성 연구 보전 대책

### 1.2.2. 국외 동향

- 선진국의 경우 이미 '80년대부터 생물다양성에 관한 연구가 수행되어 왔으며 생물다양성협약을 계기로 자국의 생물종에 대한 보호 관리를 강화하고 있음
- 일본은 유전자은행(JCM) 및 일본 유전자은행연맹(JFCC)을 통한 유전자원에 대한 체계적 정보 및 자원 확보를 위해 자원이 풍부한 열대 개도국을 지원하고, 국제공동연구 수행을 통해 상대국 유전자원을 수집하고 관리하고 있으며, 환경청에서는 생물다양성 보전대책, 생물학적 환경처리 연구, 유전자조작 생물의 개방계이용 연구를 수행하고 있음.
- 독일은 유전자은행(DSM)을 설립하여 전 유럽 유전자원 네트워크(information center for european culture collections)와 MINE (Microbial Information Network in Europe)이 운영되어 유럽의 생물자원에 대한 전문가그룹, 자원종류 및 특성, 자원의 소재 등에 관한 지속적 모니터링을 실시하고 있음
- 미국의 ATCC (American Type Culture Collection)에는 약 4만 건의 생물자원을 보유하고 있으며, 관련 정보를 자체탐색, 개발하여 온라인 네트워크로 전 세계에 생물정보를 공급하고 있으며, USNBS (U.S. national biological survey)에서는 '94년도에 내무성 산하 연구기관인 U.S. fish & wildife service를 GR에 대비 U.S. NBS로 개명하고 자원의 계량화를 확대 실시하고 있음
- 노르웨이는 생태계 유형별 생물종 다양성과 가축 동식물에 대한 현황파악, 개발에 의한 종자원의 교란, 종자원의 보전 및 지속가능한 이용에 대한 평가, 경제적 가치 평가, 생물다양성에 대한 분석 및 연구를 위한 과제제시를 통해 생물다양성에 대한 국가연구보고서 모형을 확립하고 있음

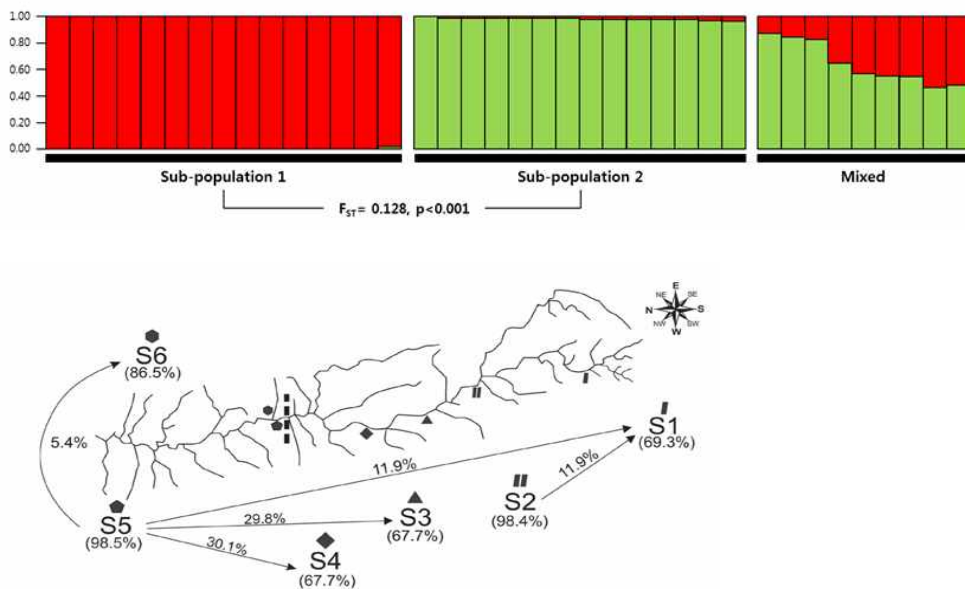
## 1.3. 연구 목표 및 내용

### 1.3.1. 연구 목표

- 본 연구의 목적은 나고야의정서 발효로 인해 세계적으로 유전자원의 중요성이 부각됨에 따라 지리적 접근성 부족 및 연구 자료 확보가 미흡했던 울릉도 연안 생태계를 구성하는 분류군별 핵심 종에 대한 유전자 정보를 획득, 분자마커를 개발 및 집단분석을 통한 유전자 다양성 정보 축적을 통해 과학적 관리 체계를 개발하고자 함

### 1.3.2. 연구 내용

- 울릉도 해양생물의 유전체 연구 자료 확보
  - 사전조사 및 문헌조사를 통한 울릉도 출현 생물의 분류군별 유전체 연구자료 및 고유 해양생물의 유전자형 데이터베이스 정보 확보
- 핵심 해양생물 확보 및 유전체 분석을 통한 분자마커 후보군 발굴
  - 울릉도 연안 생태계 핵심 해양생물 확보 및 분류군별 표본 제작과 DNA-바코딩용 분자마커를 이용한 후보군 발굴 연구 수행
- 울릉도 핵심 해양생물의 유전자원 확보
  - DNA-바코딩용 분자마커를 이용한 유전자 염기서열 분석을 통한 울릉도 연안생태계 핵심 해양생물의 분류군별 유전자 염기서열 분석을 수행함
- 유전적 다양성 및 집단분석을 통한 과학적 관리체계 개발
  - 울릉도 해양생물의 분류군별 유용생물과 타 지역 동일종에 대한 지역간 유전적 변이 연구, 분자계통학적 유연관계 분석 자료 확보를 통해 울릉도 유용 해양생물의 유전자 다양성 정보 DB를 구축하고자 함 [그림 6-18]



[그림 6-18] 분자마커를 활용한 개체별 유전형 구성 및 유전자 이동 예측 연구 예

### 1.3.3. 단계별 목표 및 내용

#### ○ 1단계 연차별 목표 및 내용

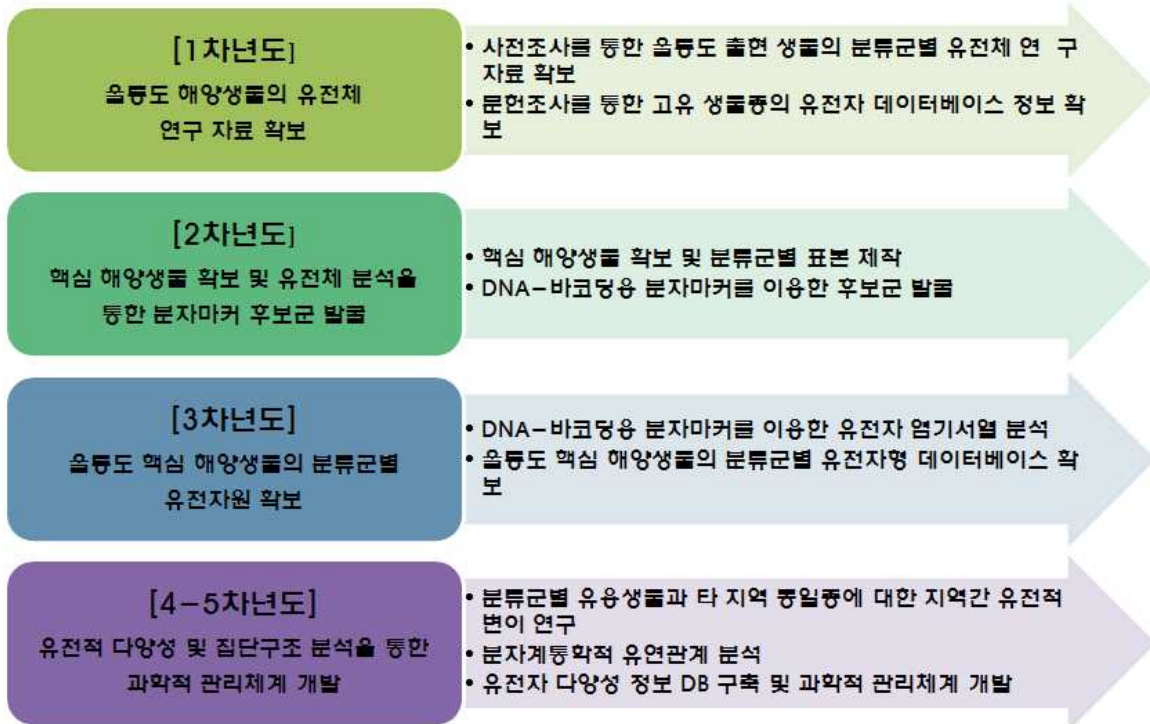
구 분		연구개발목표	연구개발내용
1 단 계	1차 년도	울릉도 해양생물의 유전체 연구 자료 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사전조사를 통한 울릉도 출현 생물의 분류군별 유전체 연구 자료 확보</li> <li>• 문헌조사를 통한 고유 생물종의 유전자 데이터베이스 정보 확보</li> </ul>
	2차 년도	핵심 해양생물 확보 및 유전체 분석을 통한 분자마커 후보군 발굴	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵심 해양생물 확보 및 분류군별 표본 제작</li> <li>• DNA-바코딩용 분자마커를 이용한 후보군 발굴</li> </ul>
	3차 년도	울릉도 핵심 해양생물의 분류군별 유전자원 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DNA-바코딩용 분자마커를 이용한 유전자 염기서열 분석</li> <li>• 울릉도 핵심 해양생물의 분류군별 유전자형 데이터베이스 확보</li> </ul>
	4차 년도	유전적 다양성 및 집단구조 분석을 통한 과학적 관리체계 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 분류군별 유용생물과 타 지역 동일종에 대한 지역간 유전적 변이 연구</li> </ul>
	5차 년도		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 분자계통학적 유연관계 분석</li> <li>• 유전자 다양성 정보 DB 구축 및 과학적 관리체계 개발</li> </ul>
2 단 계		울릉도 유전자원의 정보화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 분류군별 계통적 보존을 통한 울릉도 유전자원 장기보전 체계 확립</li> <li>• 울릉도 특이 생태계의 유전자원을 활용한 세계자연유산등재 추진</li> </ul>

### 1.4. 추진전략

- 울릉도 핵심 해양생물의 분자마커 개발 및 과학적 관리 체계 개발 연구는 한국해양과학기술원 동해연구소에서 주로 수행할 것이며, 본원, 울릉도·독도해양과학기지 및 외부 산학 연구기관 등이 투입되어 실시할 계획임.
- 사전조사 및 문헌조사를 통한 생물 분류군별 유전체 연구, 유전자 데이터베이스 정보를 조사하여 울릉도 해양생물의 유전체 자료를 확보할 것이며, 핵심 해양생물 확보와 유전체 분석을 통한 분자마커 후보군 발굴을 위해 분류군별 표본 제작 및 DNA-바코딩용 분자마커 후보군을 발굴할 예정임
- 울릉도 핵심 해양생물 유전자원 확보 및 유전자 집단구조 분석은 DNA-바코딩용 분자마커를 이용하여 유전자 염기서열 분석을 수행하고 유전자형 데이터베이스를 확보



할 것이며 분류군별 유용생물과 타 지역 동일종 사이의 유전적 변이 규명, 분자생물학적 유연관계 분석을 통해 유전자 다양성 DB 구축과 과학적 관리체계 개발 연구를 수행할 것임 [그림 6-19]



[그림 6-19] 핵심 해양생물의 분자마커 개발 및 과학적 관리체계 개발 연구 추진 체계

### 1.5. 기대성과

- 기후변화에 대응 가능한 유용 해양생물자원 확보를 통해 지역 거점별 환경 특성에 적합한 자원 증식 연구 활성화
- 유용 해양생물자원 확보, 유전자원 접근 및 이익 공유(ABS) 대응 해양생물 주권 확보
- 울릉도 주변 해양생물 표본 및 유전자원 확보를 통한 공유기반 구축
- 울릉도 주변 해양생물의 체계적 관리를 위한 과학적 기초자료 제공

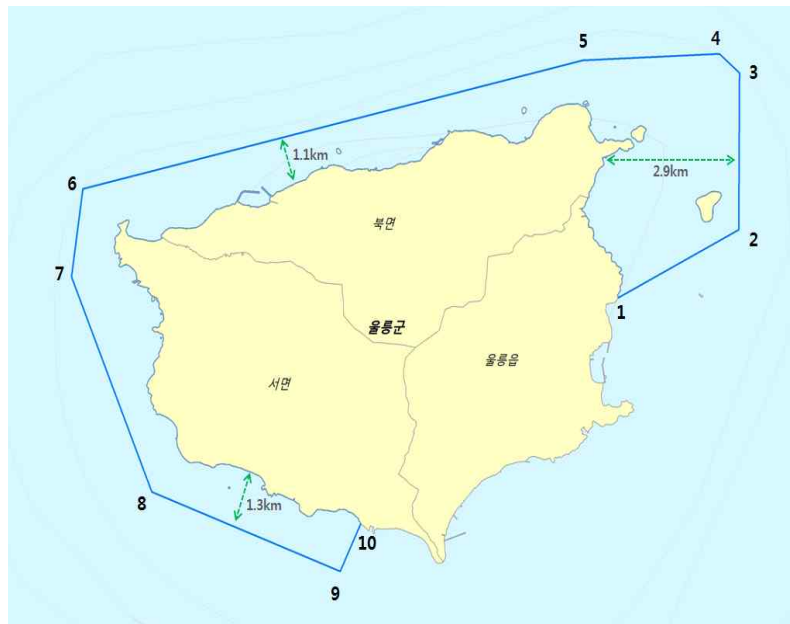


## 제 4 절 세계자연유산 등재 전략 수립

### 1. 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리 방안 연구

#### 1.1 연구의 필요성

- 해양수산부에서는 울릉도 주변 해역의 보호대상 생물의 서식지·산란지를 보호하고, 산호, 해초 등 우수한 해저 경관을 보전·관리할 목적으로 해양생태계 보전 및 관리에 관한 법률 제25조에 의해 2014년 12월 26일 울릉도 주변 해역 39.44 km<sup>2</sup>를 대상으로 <울릉도 주변해역 해양보호구역(해양생태계)>으로 지정 고시함 [그림 7-1]



[그림 7-1] 울릉도 해양보호구역 위치도

- 울릉도 해양보호구역내 주요 자원으로는 무척추동물에 해당하는 유착나물돌산호, 해송류, 촉해면, 보라해면류, 보석말미잘, 섬유세닐말미잘, 부채빨산호 등이 있으며, 해조류로는 미역, 감태, 외톨개모자반, 주름뼈대그물발, 사카이대마디말 등이 있음
- 울릉도 여건 분석 및 해양보호구역 관리 전략  
(참고 : 울릉도 주변해역 해양보호구역 관리기본계획 수립연구, 2015)

강점 (Strength)	약점 (Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물다양성 높고 보호대상 서식생물 확인</li> <li>• 본토와 떨어져 대규모 오염원이 주변에 없음</li> <li>• 수토문화 등 독특한 해양섬문화 존재</li> <li>• 산호, 해조 등 해저경관이 우수</li> <li>• 학술적 연구가치가 있는 생태 보임</li> <li>• 울릉도독도해양과학기지 존재</li> <li>•海中전망대 시설, 주변해역 일주여건 양호</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양보호구역 지정의 대중인식 취약</li> <li>• 해양생태교육·인식 프로그램 및 자료 부족</li> <li>• 오징어 산업의 경제적 의존도 큼</li> <li>• 어업지도선의 노후화로 행위 제한 등의 단속력 약화</li> <li>• 해저지형특성에 따른 어장수심한계와 조업분쟁</li> <li>• 해양생태특성을 이용한 생태관광 인프라 부족</li> </ul>
기회 (Opportunity)	위협 (Threat)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동해안 최초 해양보호구역 지정</li> <li>• 울릉도 독도 국가지질공원 등재</li> <li>• 연안생태, 수산자원 조성노력(기르는 어업) 증가</li> <li>• 생태관광, 해양레저의 확산과 울릉도 방문객의 꾸준한 증가</li> <li>• 지역사회와 군의 의지, 관계기관의 높은 관심</li> <li>• 해양전망대, 일주도로 완공 예정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 불법조업 및 범칙·편법조업에 따른 수산자원 침해, 해양생태계 위협</li> <li>• 아열대생물, 독성 외편모조류 출현</li> <li>• 중국어선의 피항에 따른 2차오염 우려</li> <li>• 해조류의 감소와 갯녹음 진행 가속</li> <li>• 환경처리시설 열악 및 해양유입 우려</li> <li>• 일주도로, 연안정비사업 등 연안생태계 스트레스 증가</li> </ul>

S.O 전략	S.T 전략
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동해안 해양보호구역 지역 이니셔티브 활성화</li> <li>• 적극적인 해양생물(보호생물) 보호 및 수산자원 개발 및 조성을 통한 지역경제 활성화 도모</li> <li>• 해양과학기지를 이용한 해양보호구역 관리 및 대중인식 증진 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조업 갈등 해결을 위한 협의체 구성과 현실적 어장수심 한계 확대</li> <li>• 행위에 의한 보호종 및 서식지 위협요인 제한 및 어획강도 완화</li> <li>• 적극적 해양복원 및 장기적 모니터링 요구</li> <li>• 지도·단속 여력 확보</li> </ul>
W.O 전략	W.T 전략
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 해양보호구역 대중인식 증진 프로그램 개발 및 교육</li> <li>• 보호구역 네트워크 구성</li> <li>• 관광인프라 시설 보강 및 확충</li> <li>• 수산자원보호구역 등으로 적극적 외지 선박 차단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 어업지도선 확보를 통한 어업지도 강화</li> <li>• 장기적인 기후변화 모니터링</li> <li>• 천연해조장 조성 등 사전예방·복원적 생태 조성</li> <li>• 수산자원보호구역을 이용한 제도적 규제 및 지역민 생업권 보장</li> <li>• 개발 행위에 대한 저감시설 강화, 환경처리시설 증대</li> </ul>

## 1.2 국내외 연구동향

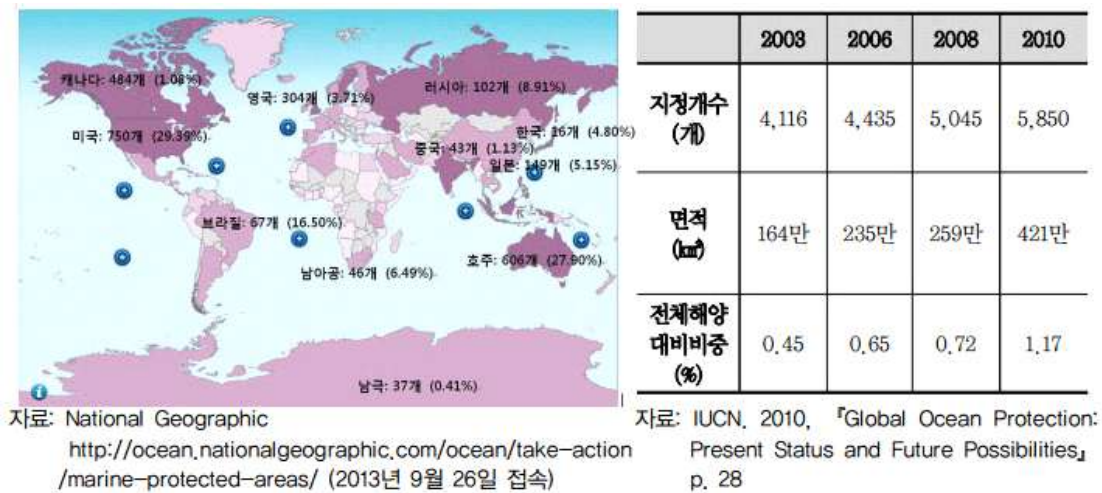
### 1.2.1. 국내 동향

- 해양보호구역의 일환으로 국토해양부 주관 하에 울릉도에서 수행된 “능걸생태지도” 작성 연구는 주요 생물들의 서식특성, 수심별 생물 분포조사, 사진 및 관찰결과를 종합 정리하였으며, 2015년에는 포항지방해양수산청에서 “울릉도 주변해역 해양보호구역 관리기본계획 수립 연구”를 수행하여 울릉도 주변 해역의 생태학적 중요성, 해양생태계 위협 요인 저감 및 능동적 보전 관리 방향 설정하여 해양이 주는 사회·경제·문화적 가치를 높일 수 있는 관리기본계획을 수립하였음
- 국토해양부에서는 2010년 무인도서와 그 주변해역의 보전 및 이용·개발에 관한 무인도서종합관리계획 수립·시행에 필요한 자료 확보를 위해 남해권역에 위치한 무인도서 주변해역의 해조류, 저서동물, 유영생물에 대한 수중생태조사를 실시하여 보고서를 발간하였음. 이와 반면 울릉도의 경우 일부 과제 수행을 위한 수중생태 연구가 이루어졌을 뿐 국가 차원에서의 정밀 해양생태조사는 이루어지지 않은 상황임

### 1.2.2. 국외 동향

- 미국, 호주, 일본 등의 선진국에서는 중요 섬 인접해역에서의 수산자원 및 생태환경 파악을 장기간 주기적으로 수행하고 있음 [그림 7-2]
  - 미국은 영해의 약 1/3을 해양보호구역으로 지정하고 다양한 범위를 설정하여 단계별 관리 방안을 마련하고 있음. 또한 알래스카에 인접한 수 개의 섬 주변 해역에서 주요 부유생물 자원이 음향 자원조사를 통해 공간 구조를 파악하여 자원 관리에 활용하고 있음
- 일본은 섬 주변 해역 부유생물 자원 및 생태환경 조사를 수행하고 있으며, 해양기본법('08), 낙도보전관리지침('09)을 수립하고 EEZ 관할권을 주변의 섬을 보전하고, 대양자원 확보 도서, 군사적 거점 도서에 대한 재정비 방향을 수립함
- 중국은 해사사업발전계획요강('08), 도서보호법('09)을 재정, 관할권 확장과 군사적 목적 등의 특정 도서에 대한 계획을 수립하도록 근거법 마련함
  - 모든 섬에 이름을 부여하고 특별한 가치가 있는 섬의 경우 보호지역으로 지정할 것을 제시함. 특히 2003년 해양영토 기점으로서 무인도서의 중요성과 이에 대한 체계적 관리의 필요성을 인식하고 무인해도의 보호 및 이용에 관한 관리 규정을 마련함

- 중국의 무인해도 관리제도는 도서의 관리 범위를 육지부에 한정하지 않고 해변부까지 확장하고 있어 공간통합 관리를 강조하고 있으며, 영해의 기점이 되는 무인해도에 대해서는 엄격한 보호제도를 실시하고 있음



[그림 7-2] 국가별/지역별 해양보호구역 지정현황

### 1.3. 연구 목표 및 내용

#### 1.3.1. 연구 목표

- 울릉도 해양보호구역 지정에 따른 해양생물 보전 및 관리 방안을 통해 생태계 기반 자원관리를 수행하기 위한 기본 방향 제시

#### 1.3.2. 연구 내용

- 울릉도·독도 연안 해양환경 및 해양생물 서식지 4D 정밀 지도 제작
  - 음향탐사·수중영상기술 및 통합 감시망 등을 적용한 해양환경 및 해양생물서식지 정밀 지도 제작
- 울릉도·독도 연안 해양생물자원의 Visual 화
  - 울릉도·독도 생물자원 성장단계별 표본 수집 및 DNA 구조 파악
  - 계절별, 과거-현재별, 서식지별 해양생물자원 분포 도감 제작
- 다학제간 해양환경·생태계 통합 감시 시스템 구축 및 변동 특성 구명
  - 물리, 화학, 생물, 지형, 음향 통합형 해양환경·생태계 감시망 구축

- 주요 해양환경 변동요인별 표영생태계 변동 특성 구명
- 울릉도·독도 연안개발 및 해수유동변화에 따른 해양생태계 영향 파악
  - 연안개발 강도에 따른 주변 해양생물 서식지 군집생물 반응 파악
  - 섬 주변 해수유동 구조에 따른 지역별 생태계 특성 파악
- 울릉도·독도 연안 해양생태계 관리 정책기반 자료 제공
  - 인위적·자연적 환경변화에 따른 해양생물종 변동 파악과 대응 방향 제시
  - 울릉도 주변해역 해양생태자원의 경제가치 분석

1.3.3. 단계별 목표 및 내용

- 1단계 연차별 목표 및 내용

구 분		연구개발목표	연구개발내용
1 단 계	1차 년도	울릉도·독도 연안 해양환경 및 해양생물 서식지 4D 정밀 지도 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 음향탐사·수중영상기술 및 통합 감시망 등을 적용한 해양환경 및 해양생물서식지 정밀 지도 제작</li> </ul>
	2차 년도	울릉도·독도 연안 해양생물 자원의 Visual 화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도·독도 생물자원 성장단계별 표본 수집 및 DNA 구조 파악</li> <li>• 계절별, 과거-현재별, 서식지별 해양생물자원 분포 도감 제작</li> </ul>
	3차 년도	다학제간 해양환경·생태계 통합 감시 시스템 구축 및 변동 특성 구명	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물리, 화학, 생물, 지형, 음향 통합형 해양환경·생태계 감시망 구축</li> <li>• 주요 해양환경 변동요인별 표영생태계 변동 특성 구명</li> </ul>
	4차 년도	울릉도·독도 연안개발 및 해수유동변화에 따른 해양생태계 영향 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연안개발 강도에 따른 주변 해양생물 서식지 군집생물 반응 파악</li> <li>• 섬 주변 해수유동 구조에 따른 지역별 생태계 특성 파악</li> </ul>
	5차 년도	울릉도·독도 연안 해양생태계 관리 정책기반 자료 제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인위적·자연적 환경변화에 따른 해양생물종 변동 파악과 대응 방향 제시</li> <li>• 울릉도 주변해역 해양생태자원의 경제가치 분석</li> </ul>
2 단 계	섬특화 지역주민 참여형 해양생태계 관리 기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양생물자원 및 토속적 해양수산활동 재조명을 활용한 지역산업 활성화 연구</li> <li>• 울릉도·독도 연계연구를 통한 울릉도의 부속섬으로서 독도 영토주권 강화 방안 연구</li> </ul>	

#### 1.4. 추진전략

- 울릉도·독도해양과학기지를 기반으로 한 울릉도·독도권 연구 활성화를 위해 국제적 학술활동 및 국제학술지 논문게재 지원을 위한 (정부) 지자체 관심 유도
- 울릉도해양보호구역 지정에 따른 해양생물 보전 대책 수립 및 관리 방안 마련
  - 해양오염, 해양쓰레기 방지를 위한 대책 필요
  - IUCN 적색리스트 작성
  - 해양생물, 해양생태계 모니터링 및 아카이브 구축
  - 해양 심해 생물에 대한 정밀 조사 필요

#### 1.5. 기대성과

- 울릉도 해양보호구역 지정에 따른 해양생태계 과학적 관리 방안 제공
- 울릉도 주변의 체계적인 해양연구, 생물종과 생태계 보호를 위한 해양환경 모니터링 자료 확보
- 기후변화, 인위적 교란 등에 따른 울릉도 서식환경 변동 모니터링 체계 구축 및 향후 울릉도 해양생태계 장기변화 진단 기반 자료 제공

## 2. 해양 자연환경 및 생태 기반 관리를 통한 영토 주권 확립 방안 연구

### 1.1 연구의 필요성

- 세계 10대 다이빙 포인트로 꼽힐 정도로 해양생태계의 보고인 시파단섬을 둘러싸고 말레이시아와 인도네시아 간에 영토분쟁이 발생했으며, 말레이시아가 승소함. 말레이시아 승소의 이유는 1917년 이 섬의 바다거북 보전법률을 제정하였으며, 1933년 조류보호구역 지역 등 말레이시아의 실효적 지배노력이 인정된 것임. 즉, 말레이시아가 바다거북 보호 활동을 주민들과 적극적으로 전개한 것이 말레이시아가 영유권 재판에서 승소한 중요한 근거였음
- 시파단 섬의 사례는 독도의 자연에 대한 지속적인 보호·보전·홍보 활동이 우리 국민을 비롯한 국제사회에 독도에 대한 다양한 정보를 제공함으로써 독도의 영토주권을 국제사회로부터 인정받을 수 있는 매우 의미 있는 활동임을 반증함

### 1.2 국내외 연구동향

#### 1.2.1. 국내 동향

- 독도 등 도서지역 생태계 보전에 관한 특별법(법률 제11257호) 제6조(환경부 장관은 독도의 효율적인 보전을 위하여 지역 주민을 명예감시원으로 위촉할 수 있음)에 의하여 독도 주민, 독도 상주자 및 독도 어로 활동 어민을 대상으로 들을 독도 해양환경 보호 명예감시원으로 위촉하여 독도 해양환경 보호를 위한 활동 장려. 독도 주민의 어로 활동 외에 생태계 보호 활동 추가 역할 필요. 명예감시원 임명은 독도의 국제법적 권위를 증대시킬 수 있음 (말레이시아 시파단섬 사례)
- 국민들의 독도 방문을 단순히 영토수호 방문 차원의 방문이 아니라 생태관광으로 업그레이드를 위한 국가 및 지자체의 홍보 활동 필요(안내책자 제작, 독도해양보호 홍보대사 임명, 명예독도환경감시원 증 발급 등). 독도를 지키는 관광에서 한단계 발전하여 독도를 보호하고 아름답게 관리하는 관광으로 발전. 또한 울릉도 및 독도의 생태적 관리의 중요성을 홍보하기 위한 울릉도에 전시공간 설치. 환경부에서 추진 예정 중인 '국립 울릉도·독도 생태연구·교육센터'와 연계 (2010년 환경부에서 '국립 울릉도·독도 생태연구·교육센터 설치기본계획 수립연구 완료함)

### 1.2.2. 국외 동향

- 울릉도 및 독도 해양생태계 보호를 위한 전용 해양환경조사 선박의 건조 (사례 : 미국 NOAA 해양보호구역 관리선) [그림 7-3]. 조사선은 해양쓰레기의 회수, 해양생태계의 정기적 모니터링을 위한 과학잠수 지원, 해양생태계 파악을 위한 연구조사(수온 및 해류관측, 연안지질조사, 해수시료채수 등) 지원, 울릉도 및 독도 연안 과학장비(기상부이, 해양관측부이 등)의 관리 등의 역할 수행 필요. 조사선의 규모는 운영비를 고려하여 약 50톤급. 현재의 독도평화호 및 어업지도선은 용도나 목적에서 적절치 않음



[그림 7-3] 미국 NOAA(해양대기청)에서 운용중인 해양보호구역 관리선 Manta 호

### 1.3. 연구 목표 및 내용

#### 1.3.1. 연구 목표

- 해양 자연환경 및 생태 기반 관리를 통한 영토 주권 확립을 위한 정책적 제안

#### 1.3.2. 주요 연구 내용

- 울릉도 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리시스템 확립
- 울릉도·독도 자생 유용생물 확보를 통한 DB 구축
- 울릉도·독도의 뛰어난 자연 및 해양생태 자료 확보
- 울릉도·독도 해양 자연 환경 및 생태학적 영토주권 확보



#### 1.4. 추진전략

- 어로 활동 어민, 독도 상주 (독도경비대원, 독도주민, 독도관리사무소 파견직원 등) 및 독도 단기 상주원, 독도 방문객들을 대상으로 한 독도 해양환경 보호를 위한 정기 교육 및 생태계 보호를 위한 매뉴얼 작성·배포 필요
- 울릉도 및 독도 해양생태계 보호활동은 울릉도의 발전 전략인 『세계적인 생태관광섬』을 향후 전략과 크게 부합하므로 울릉군 및 경상북도 차원의 적극 추진 필요
- 울릉도·독도의 해양 영토주권 강화를 위한 국내외 생물권보전 네트워크 활성화 추진

#### 1.5. 기대성과

- 울릉도·독도의 뛰어난 생태계 발굴을 통한 생물권보전지역 지정 및 지역 브랜드 활용

### 3. 울릉도 해양생태자원 세계자연유산 등재 전략 수립

#### 1.1 연구의 필요성

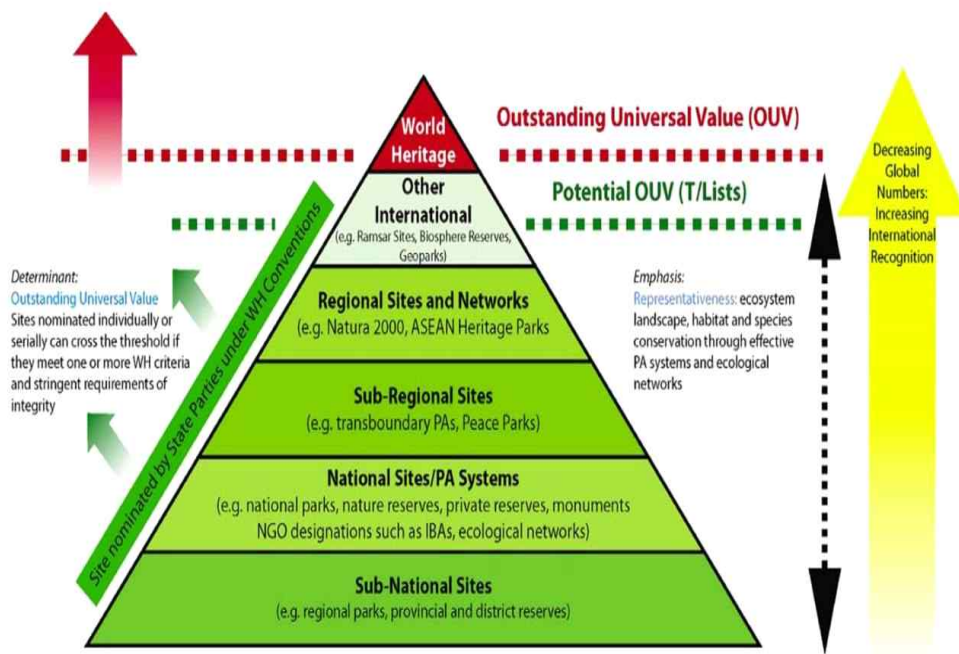
- 세계유산이란 1972년 유네스코(UNESCO, 국제연합교육과학문화기구) 세계 문화 및 자연유산의 보호에 관한 협약(Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage)에 의거하여 세계유산목록에 등재된 유산을 지칭함
- 유네스코 세계유산위원회(World Heritage Committee, WHC)에서는 매년 인류 전체를 위해 보호해야할 탁월한 보편적 가치(Outstanding Universal Value, OUV)를 지닌 각국의 부동산 유산(properties)을 세계유산으로 등재시킴

[표 7-1] OUV 평가를 위한 기준과 조건

등재기준 10가지	진정성의 조건
(i) 인간의 창조적 재능을 나타내는 걸작 (ii) 인류가치의 중요한 교류를 보여주는 것 (iii) 문화적 전통이나 문명에 관한 예외적 증거가 있는 것 (iv) 인류 역사에 있어 중요한 단계를 보여주는 건축물 또는 경관의 뛰어난 사례 (v) 한 문화 혹은 인간과 자연의 상호작용을 대표하는 인류의 전통적 정주지, 토지이용 또는 바다의 이용을 나타내는 뛰어난 사례 (※ 문화경관을 의미) (vi) 사건이나 현존하는 전통, 사상, 신앙 또는 뛰어난 보편적 중요성을 갖는 예술 및 문학 작품과 직접적 또는 실체적으로 관련된 것 (※ 본 기준은 다른 기준과 함께 사용되는 것이 선호됨) (vii) 최고의 자연현상이나 뛰어난 자연의 아름다움과 미적 중요성을 포함하는 곳. (viii) 지구의 역사를 나타내는 뛰어난 사례 (ix) 진행 중인 중요한 생태학적, 생물학적 과정을 나타내는 뛰어난 사례 (x) 생물다양성의 현지 내 보존을 위한 가장 중요한 자연 서식지를 포함하는 것	• (i)부터 (vi)까지의 등재기준으로 신청된 유산에 해당 → 진정성은 문화유산을 위한 조건임 • 진정성에 대한 Nara 협정문 • 정보 출처는 신뢰할 수 있고 진실한 것이어야 함 • 진정성에 대한 서술은 표현된 각각의 중요한 속성에 대한 진정성의 정도를 평가해야 함
	완전성의 조건 • 모든 유산들은 완전성의 조건을 충족시켜야만 함 • 자연 및 문화유산과 각각의 속성에 대한 전체성 또는 순수성(intactness)에 대해 측정하는 것으로 유산에 대한 <b>모든 요소들, 적당한 크기인가에 대한 여부 그리고 개발과 방치(neglect)에 대한 역효과</b> 를 살펴봐야 함 → 모든 생태계가 완전성의 가치를 갖고 있는 것은 아니기에 모든 요소에 대한 장단점을 잘 분석하여 완전성을 서술해야 함 • (vii)부터 (x)까지의 등재기준으로 신청된 유산은 완전성의 조건을 충족해야만 함. → 자연유산은 완전성의 조건을 충족시켜야만 함

⇒ 세계유산에 등재되기 위해서는 탁월한 보편적 가치(OUV)를 입증해야 하는데, 평가 요건은 하나 또는 그 이상의 등재기준(criteria)을 충족시키고, 완전성(integrity)와 진정성(authenticity)의 조건을 충족시키며, 유산의 속성(attribution)을 보호 및 관리하기 위한 요구를 충족해야 함 [표 7-1]

- 탁월한 보편적 가치 평가 요건 중하기 위해서는 진정성은 주로 문화유산 분야에 해당되며, 완전성은 문화유산과 자연유산의 그 속성의 전체성 및 본연성을 가능하는 척도로서 요건에 대한 부합성 여부 판단은 해당 유산이 1) 탁월한 보편적 가치의 표현에 필요한 요소 일체를 어느 정도 포함하고 있는 지 여부, 2) 본연의 중요성을 부여하는 특징 및 과정을 완벽하게 구현할 만큼 어느 정도 충분한 규모인지 여부, 3) 개발 또는 방만으로 인한 부작용 때문에 어느 정도 문제를 앓고 있는 지에 대한 평가로 구성됨



[그림 7-4] 세계유산과 기타 보호지역의 탁월한 보편적 가치에 의한 구분

⇒ 자연유산의 경우, 생물·물리학적 과정과 지형적 특징이 상대적으로 본래의 모습을 유지하고 있어야 하며, 충분한 규모나 생물학적 다양성을 보여주어야 함(울릉도 해양 자연환경의 경우 완전성을 입증할 위한 자료 확보에 중점을 둘 필요가 있음)

- 울릉도 연안은 최근에 지정된 해양보호구역과 국가지질공원 등의 보전지역을 가지고 있으나 유산으로서의 가치와 특징을 정확히 분석하고 제시하기 위한 과학적 측면의 정밀한 연구가 이루어지지 않은 상태임. 또한 울릉도 연안 및 수중생태계는 뛰어난 보전 가치를 가지고 있음에도 불구하고 타 유산과의 차별성을 입증할 수 있는 자료 확보 및 가치 평가는 수행된 바 없음. 따라서 잠재적 보편적 가치를 지니고 있는 섬으로 울릉도 자연 생태환경을 세계자연유산에 등재하기 위해서는 탁월한 보편적 가치를 입증할 수 있는 전략 수립을 통해 타 유산과의 비교우위 및 차별성을 입증할 필요가 있음 [그림 7-4]

## 1.2 국내외 세계유산 등재 동향

### 1.2.1. 국내 동향

- 우리나라는 2016년 현재 총 12개(문화유산 11, 자연유산 1)의 유산이 등재되어 있으며, 잠정목록 현황은 총 15건으로 문화유산 11건과 자연유산 4건)이 등재되어 있음. 이중 유일하게 2007년 6월 제주 화산섬과 용암동굴이 자연유산에 등재되어 있음 [표 7-2, 3]

[표 7-2] 한국의 세계유산 등재 현황

명 칭	유산 구분	등재 년도	특징 및 가치	지역
종묘	문화	1995	유교의 조상 숭배관이 한국의 독특한 건축 형식으로 해결된 사례를 보여주는 사묘건축	서울
해인사 장경판전	문화	1995	장경판의 장기 보존을 위해 과학적으로 해결한 독특한 건물 형식과 건축 구조를 보여주는 유일한 사례	경남
석굴암과 불국사	문화	1995	한국 고대 불교 예술과 건축의 특출한 사례를 보여주는 문화유산	경북
창덕궁	문화	1997	건축과 조경이 잘 조화된 동아시아 궁궐건축 디자인의 대표적 사례	서울
수원 화성	문화	1997	전통적 축성기법에 새로운 과학적 지식과 기술을 활용하여 계획에 의해 조성한 성곽건축의 대표적인 사례	경기
경주 역사유적지구	문화	2000	고대 왕도의 불교 및 생활문화와 관련된 기념물과 유적들의 성격과 탁월한 예술성을 잘 보여주는 사례	경북
고창/화순/강화 고인돌유적	문화	2000	선사시대의 장묘문화 및 사회상을 보여주는 대표적인 거석 기념물	전북 전남 인천
제주화산섬과 용암동굴	자연	2007	용암동굴의 구조, 보존 상태가 양호한 생태계를 보여주는 대표적인 사례	제주
조선왕릉	문화	2009	유교 예법에 근거한 조선왕조의 장묘문화와 환경설	서울

			계를 보여주는 대표적인 사례	경기 강원
국의 역사마을: 하회와 양동	문화	2010	한국의 대표적인 조선시대 양반 씨족마을	경북
남한산성	문화	2014	16세기에서 18세기에 이르는 기간 동안 동아시아 국가들간 축성술과 도시 계획이 상호 교류한 사례 이자 주민들이 거주하는 살아있는 유산의 가치	경기
백제 역사유적지구	문화	2015	5-7세기 한국, 중국, 일본의 고대 동아시아 왕국들 사이의 교류 결과로 나타난 건축기술의 발전과 불교의 확산을 보여주는 고고학 유적	충남 충북

[표 7-3] 한국의 세계유산 잠정목록 현황

등재명	등재일	지역	종류	등재기준
강진 도요지(Kangjingu Kiln Sites)	1994. 09	전남	문화	2,3,4,5,6
설악산 천연보호구역 (Mt. Soraksan Nature Reserve)	1994. 09	강원	자연	7,10
남해안일대 공룡화석지 (Sites of fossilized dinosaurs throughout the Southern seacoast)	2002.01	전남, 경남	자연	8,9,10
서남해안 갯벌 (Southwestern Coast Tidal Flats)	2010. 01	전남,전북	자연	7,8,9
염전 (Salterns)	2010. 01	전남	문화	3,5
중부 내륙 산성군 (Ancient Mountain Fortresses in Central Korea)	2010. 01	충북	문화	3,4,5
대곡천 암각화군 (Daegokcheon Stream Petroglyphs)	2010. 01	울산	문화	3
우포늪 (Upo Wetland)	2010. 01	경남	자연	7,10
낙안읍성 (Naganeupseong, Town Fortress and Village)	2011. 03	전남	문화	3,4,5,6
외암마을 (Oeam Village)	2011. 03	충남	문화	3,4,5,6
한국의 서원 (Seowon, Confucian Academies of Korea)	2011. 12	충남,경북 대구,경남 전남,전북	문화	2,3,4,6
한양도성 (Seoul City Wall)	2012. 11	서울	문화	2,3,4,6
김해·함안 가야고분군 (Gaya Tumuli of Gimhae - Haman)	2013. 12	경남	문화	3,4
고령 지산동 대가야 고분군 (The Goryeong Jisandong Daegaya Tumuli)	2013. 12	경남	문화	3,4

한국의 전통산사 (Traditional Buddhist Mountain Temples of Korea)	2013. 12	전남, 전북 충북, 충남 경남, 경북	문화	2,3,4
--	-------------	----------------------------	----	-------

회색 : 우선등재 추진대상, 노란색 : 신청서 제출 완료 후, 평가 중인 유산

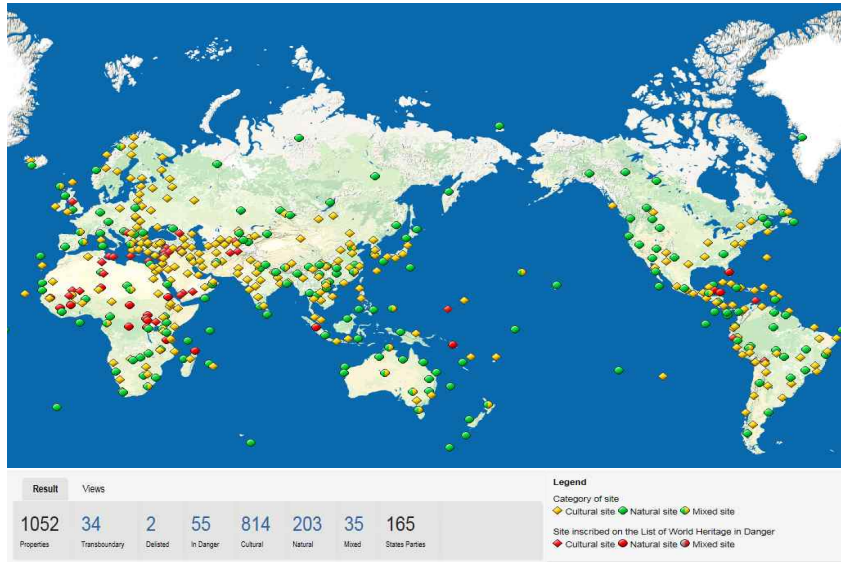
- 제주도는 우리나라에서 유일하게 2007년 7월 “제주화산섬과 용암동굴”을 세계자연유산에 등재시킴. 등재신청은 대한민국 정부(외교통상부, 문화재청, 제주특별자치도)에서 수행하였으며, 주요 지역은 한라산 천연보호구역, 성산일출봉 응회구, 거문오름 용암동굴계로서 188,45km<sup>2</sup> 면적을 핵심지역(94.75km<sup>2</sup>)과 완충지역(93.70km<sup>2</sup>)으로 구분하여 관리하고 있음 [표 7-4]

[표 7-4] 제주도 세계자연유산 현황

구 분		천연기념물 지정현황(지정연도)
한라산 천연보호구역		제182호(1966년)
성산일출봉 응회구		제420호(2000년)
거문오름 용암동굴계	거문오름	제444호(2005년)
	김녕굴 및 만장굴	제98호(1962년)
	벵뒤굴	제490호(2008년)
	당처물동굴	제384호(1996년)
	용천동굴	제466호(2006년)

### 1.2.2. 국외 동향

- 유네스코 세계유산 목록 (World Heritage List)에 의하면 전 세계적으로 165개국 1,013건의 유산 중 문화유산 814건, 자연유산 203건 및 복합유산 35건이 등재되었음. 2015년 현재 등재된 유산은 문화유산 23건, 복합유산 1건으로 자연유산은 등재된 바 없음 (<http://whc.unesco.org/en/list/> 참고)

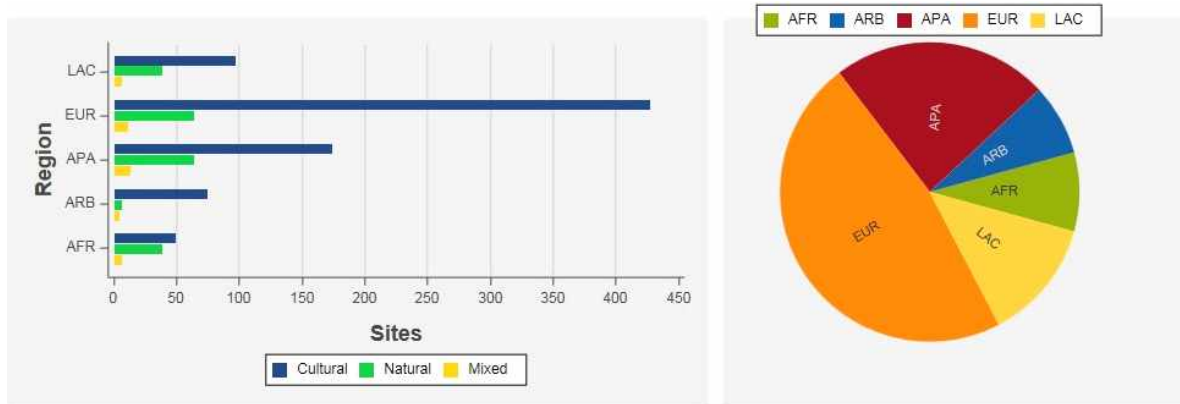


[그림 7-5] 세계 각 지역별 유네스코 세계유산 등재 위치도

⇒ 대륙별로는 47.3%가 유럽과 북미에 있으며, 아시아와 태평양에서 23.4%를 차지함. 문화유산은 전체 유산의 77.4%를 차지하며 자연유산은 19.3%, 복합유산은 3.3%를 차지하여 대부분 문화유산으로 등재된 경우가 많음 [표 7-5]

[표 7-5] 대륙별 (또는 국가) 세계유산 보유현황 (2016년 11월 현재)

구 분	문화 유산	자연 유산	복합 유산	소 계	비율 (%)
아프리카(Africa)	48	37	5	90	8.6
아랍(Arab States)	73	5	3	81	7.7
아시아와 태평양(Asia and th Pacific)	172	62	12	246	23.4
유럽과 북미(Europe and North America)	426	62	10	498	47.3
라틴아메리카와 카리브해(Latin America and the Caribbean)	95	37	5	137	13.0
합 계	814	203	35	1,052	100.0



[그림 7-6] 2016년 유네스코 세계유산 현황

### 1.3. 연구 목표 및 내용

#### 1.3.1. 연구 목표

- 울릉도의 해양보호구역과 국가지질공원 등의 보전지역의 유산으로서의 가치와 특징을 정확히 분석하고 제시하기 위한 과학적 측면의 정밀한 연구 자료를 확보함으로써 연안 및 수중생태계의 차별성을 입증하고, 세계자연유산에 등재에 필요한 탁월한 보편적 가치를 입증할 수 있는 전략을 수립하고자 함

#### 1.3.2. 연구 내용

- 울릉도 해양자연환경의 세계유산 등재 타당성 검토
  - 세계자연유산 등재 기준에 부합되는 울릉도 해양자연환경 핵심지역의 차별성 검토 (경관적 차별성, 지형지질학적 특징, 생태학적 과정 및 생물종 다양성, 멸종 및 희귀 생물 분포 등) [그림 7-7]
- 섬 가치로서 울릉도 연안 및 수중생태계의 가치평가
  - 타 지역과 울릉도 연안 및 수중생태계의 차별성 강조
  - 연속 유산으로서의 울릉도 해양자연환경의 완전성 입증
- 세계자연유산 등재 조건에 부합하는 울릉도 연안 및 수중생태계 보호 및 관리 체계 제시
  - 울릉도 연안 관리 및 수중경관 보호의 현실태 조사



- 세계유산 운영지침에 따른 보호지역 지정, 통합관리 및 지자체 및 광역단체의 세계자연유산 등재 의지 및 활동 사례 조사



[그림 7-7] 타 지역(서남해안 갯벌) 세계유산 등재를 위한 추진사업 내용 예

○ 세계자연유산 등재를 위한 추진 전략 수립

- 울릉도 세계자연유산 등재를 위한 추진체계, 방안 수립
- 울릉도 세계자연유산 등재를 위한 추진 사업 및 지자체 및 광역단체의 역할 분담

1.3.3. 단계별 목표 및 내용

○ 1단계 연차별 목표 및 내용

구 분		연구개발목표	연구개발내용
1 단계	2차년도	울릉도 해양자연환경의 세계유산 등재 타당성 검토	<ul style="list-style-type: none"> <li>세계자연유산 등재 기준에 부합되는 울릉도 해양자연환경 핵심지역의 차별성 검토(경관적 차별성, 지형지질학적 특징, 생태학적 과정 및</li> </ul>

		생물종 다양성, 멸종 및 희귀생물 분포 등)
3차 년도	섬 가치로서 울릉도 연안 및 수중생태계의 가치평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 타 지역과 울릉도 연안 및 수중생태계의 차별성 강조</li> <li>• 연속 유산으로서의 울릉도 해양자연환경의 완전성 입증</li> </ul>
4차 년도	세계자연유산 등재 조 건에 부합하는 울릉도 연안 및 수중생태계 보 호 및 관리 체계 제시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 연안 관리 및 수중경관 보호의 현실태 조사</li> <li>• 세계유산 운영지침에 따른 보호지역 지정, 통합관리 및 지자체 및 광역단체의 세계자연유산 등재 의지 및 활동 사례 조사</li> </ul>
5차 년도	세계자연유산 등재를 위한 추진 전략 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 울릉도 세계자연유산 등재를 위한 추진체계, 방안 수립</li> <li>• 울릉도 세계자연유산 등재를 위한 추진 사업 및 지자체 및 광역단체의 역할 분담</li> </ul>
2 단 계	세계자연유산 추진단 구성 및 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잠정목록 정비 연구 조사 및 평가(문화재청 등)</li> <li>• 세계유산 잠정목록 등재신청서 작성 및 제출</li> <li>• 세계유산 등재추진 기본계획 수립</li> <li>• 세계유산 등재준비위원회 및 포럼 운영</li> </ul>

#### 1.4. 추진전략

- 울릉도 해양생태환경의 세계자연유산등재 추진 계획 수립에서 연구분야의 핵심요건은 연구수행에서 산출된 자료 축적 및 분석을 통해 차별화된 보편적 가치를 찾아내는 것임
- 자연유산 등재의 또 다른 핵심 요소는 지자체의 의지이며 이를 위해서는 추진단 구성과 명확한 추진체계를 기획할 필요가 있음. 추진단 구성 및 역할은 다음과 같음 [그림 7-8]
  - 이사회: 최고의결기관으로서 예산 및 사업 심의(구성: 행정부지사, 시장 및 군수, 전문가)
  - 추진위원회: 사업추진에 대한 전반적인 사항 논의(구성: 전문가, 공무원, 지역주민 대표). 추진단계에서부터 지역주민대표를 추진위원으로 구성함으로써 최근 강조되고 있는 지역민들의 등재 추진과정에서의 참여를 보장함과 동시에 실질적인 관리가 가능하도록 함
  - 사무국: 정책 개발, 사업추진 및 관리 등 실질적인 업무 수행(민간 전문가 및 파견 공무원 등으로 구성하며 전문지식과 행정지원이 융합된 형태로 사업 추진의 효율성을 제고함)

- 연구팀: 등재기준에 따른 연구 분야를 선정하고 해당 연구팀을 운영함



[그림 7-8] 울릉도 핵심 해양생태환경 세계 유산 등재 추진단 구성 예

- 세계자연유산을 등재하기 위한 전략으로서 민·관·학 협업 체계를 구성하는 것이 바람직하며, 추진단은 사업 추진을 위한 정책을 만들고 관련 사업을 추진하는 control tower로서 역할을 담당함. 또한 각 이해당사자간 원활한 의사소통을 통한 유기적 협력 체계를 구축할 필요가 있음

### 1.5. 기대성과

- 울릉도를 포함한 독도의 해양 및 자연 환경을 포함한 국내외 생물권보전 네트워크 활성화
- 세계자연유산이 주는 직·간접 홍보는 울릉도의 인지도를 높이고, 관광산업을 재도약시키는 데 도움이 될 것임
- 세계자연유산의 경제적 가치 창출뿐만 아니라 울릉도의 해양보호구역의 과학적 기반 생태계 관리 방안이 마련된 것이며, 울릉도 연안의 특이 생태(예, 멸종 위기종) 회복 및 보전, 생물다양성 보전 등 정책 수립을 위한 자료로 활용
- 세계자연유산 등재에 따른 과학적 기반에 근거를 둔 영토주권 수호의 Land-Mark로서 역할을 수행할 것임

## 제 5 장 연차별 추진 계획

### 제 1 절 연차별 연구목표 및 연구내용

#### 1. 연차별 연구목표

##### ○ 세부과제 I:

과제명	대마난류 영향권 내 거점지역별 해양환경 및 생태계 변동 예측 연구
연구목표	해양환경 중장기 시계열 분석 및 대마난류 권역 지역거점별 해양환경 및 해양생태계의 지리적 특이성과 해양환경의 연계성을 규명
연구내용	1. 울릉도 해양환경관측망 구축 및 해양관측부이 운영을 통한 중장기 시계열 분석 2. 대마난류 권역 지역거점별 해양환경 및 생태계 장기 변동 특성 조사 3. 대마난류 권역 지역거점별 해양생태계 지리적 특이성과 해양환경 연계성 파악

##### ○ 세부과제 II:

과제명	울릉도 생태전이지역의 화학적 변동 특성 분석
연구목표	울릉도 주변 해역의 친 생물원소(영양염류, 유기물, 염록소-a)와 기본 해양화학적인 환경 요소를 조사하여 관련된 생물과의 연관성 등을 파악하여 울릉도 주변 해역의 생태전이를 지지하는 요인을 규명
연구내용	1. 거점별/수심별 영양염, 용존 무기탄소 및 알칼리도 수직분포 조사 2. 생물의 수직/수평분포와 주요 화학인자의 상호 연관성 규명 연구

##### ○ 세부과제 III:

과제명	울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 연구
-----	---

연구목표	<p>울릉도 연안역 기초생태계, 암반생태계 및 유영생태계 생물상 조사를 통한 생물다양성 및 유전 다양성 자료 확보를 통해 울릉도 생태계를 대표할 수 있는 핵심 종을 선별하고 과학적 관리 체계를 개발하기 위한 연구를 수행함</p>
연구내용	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 울릉도 연안역 플랑크톤 생태계 기초 먹이망과 대표영향요인 사이의 상호 연계 파악 연구</li> <li>2. 대표 영향요인의 부유생태계 작동 기작과 울릉도 해역과의 상호 관련성 연구</li> <li>3. 연안 해조군집의 중장기 변동에 따른 자원 관리 및 유용 자원 활용 연구</li> <li>4. 저서무척추동물 중장기 군집변화 및 생리활성 연구를 통한 이상증식 원인 규명</li> <li>5. 유영생태계 중장기 생물다양성 변화 및 자원 생태 연구</li> <li>6. 울릉도 핵심 해양생물 분자마커 개발 및 과학적 관리 체계 개발 연구</li> </ol>

○ 세부과제 IV:

과제명	세계자연유산 등재 전략 수립
연구목표	<p>울릉도 해양보호구역 지정에 따른 해양생물 보전 및 관리 방안 연구를 통해 생태계 기반 자원관리를 통한 영토 주권 확립의 방안으로써 울릉도의 차별화 된 해양생태자원을 세계자연유산으로 등재시키기 위한 전략을 수립하고자 함</p>
연구내용	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 울릉도 해양보호구역의 해양생물 보전 및 관리 방안 연구</li> <li>2. 해양 자연환경 및 생태 기반 관리를 통한 영토 주권 확립 방안 연구</li> <li>3. 울릉도 해양생태자원 세계자연유산 등재 전략 수립</li> </ol>

2. 단계별 연구목표

구분	단계	단계별 연구목표	연차	연차별 연구목표
세부과제 I	1단계	울릉도 해역 중장기 시계열 모니터링 시스템 구축 및 장기 변동 특성 파악	1	해양관측시스템 설치 적지 선정
			2	주요 정점에 대한 해양환경 모니터링
			3	해양관측시스템 장기 운용을 통한 자료 생산
			4	울릉도·독도 연안 해양 혼합 특성 파악
			5	울릉도·독도 연안 해양환경변동 분포도 작성
	2단계	울릉도(독도)와 대마난류 영향권 내 해양환경 및 생태계의 지리적 연계성 파악	1	울릉도(독도)와 동해안 인접지역 지리적 연계성 파악
2	울릉도(독도)와 제주도 및 일본권역 지리적 연계성 파악			
3	울릉도(독도)와 대마난류권역 지리적 연계성 종합 파악			
세부과제 II	1단계	울릉도 주변 해역 친생물원소 및 생물 분포와 주요 화학인자의 상호 연관성 연구	1	거점별/수심별 영양염, 용존 무기탄소 및 알칼리도 수
			2	직분포 조사
			3	생물의 수직/수평분포와 주요 화학인자의 상호 연관
			4	성 규명 연구
			5	울릉도 주변 심해 시계열 침강입자 플럭스 및 해류 관측 시스템 운영
2단계	울릉도를 포함한 동해 주요 거점 지역 확보 및 동해 중장기 변동 상층순환 역학과 생태계 반응 연구	주요 거점별 상층순환의 중규모-연변동 요인과 역학 규명, 중규모 소용돌이 역학과 소용돌이 펌프에 의한 이화학적 요인과 생태계 반응 규명, 해양혼합층의 물리/화학적 시·공간구조와 역학 규명, 혼합층 변동에 따른 생태계 반응과 혼합층-심층간 물질교환과정 규명		
세부과제 III	1단계	울릉도 해양생태계 현상 및 상호반응 연구를 통한 생태계 기반 체계적 관리 연구	1	울릉도 연안해역의 기초먹이망 확립, 부유생태계내 기초 먹이망 영향 요인 계절 조사, 울릉도 연안 해조군집 생태 특성 조사, 울릉도 암반지역의 저서무척추동물 생태 특성 조사, 울릉도 주변해역 난, 자치어 및 어류 출현양상 조사, 울릉도 해양생물의 유전체 연구 자료 확보
			2	플랑크톤의 에너지 흐름 파악, 부유생태계내 기초먹이망 영향 요인 집중 조사, 울릉도 연안역 해조군집 구조의 파악, 암반 주요 저서무척추동물 군집 현황 파악, 유명생태계의 군집특성 및 지리분포 연구, 핵심 해양생물 확보 및 유전체 분석을 통한 분자마커 후보군 발굴
			3	플랑크톤의 에너지 흐름 파악, 울릉도 연안해역의 부유생태계내 기초먹이망과 영양요인 간 상호관련성 파악, 울릉도 연안 해조군집 생태지도 작성, 주요 저서생물의 먹이망 관계 및 유해생물 생태-생리 특성 규명, 주요 어종의

			<p>자원생태학적 특성치 조사 및 생태-생리 특성 규명, 울릉도 핵심 해양생물의 분류군별 유전자원 확보</p> <p>4 물리, 이화학적 특성과 식물 및 동물플랑크톤간의 관계 파악, 각 요인별 먹이망 구조 변동에 영향을 미치는 기작 이해, 유전자바코드를 이용한 유용 해조자원의 선발, 울릉도 연안 암반 생태지도 작성 및 주요 외래생물의 이상 증식 규명, 울릉도 주변해역 유영생태계의 자원 분포 및 서식지도 작성, 유전적 다양성 및 집단구조 분석을 통한 과학적 관리체계 개발</p> <p>5 울릉도 연안해역의 부유생태계 기초먹이망과 영향요인 간 현 상태 상호관계 구조도 시범작성, 대표 영향요인의 울릉도 해역과의 상호관련성 파악, 울릉도 연안 해조군집 가치평가, 울릉도 암반 수중생태계 가치 평가, 울릉도 유영생태계의 수산자원학적 가치 평가, 유전적 다양성 및 집단구조 분석을 통한 과학적 관리체계 개발</p>
	2단계	울릉도 기초/암반/유영 생태계 기반 관리기법 수립	울릉도 기초생태계, 해조군집 및 수중생태계 기반 관리기법 수립, 울릉도 유영생태계 중장기 관리기법 수립, 울릉도 유전자원의 정보화
세부과제 IV	1단계	울릉도 해양생태자원을 이용한 세계자연유산 등재 전략 수립	1 울릉도·독도 연안 해양환경 및 해양생물 서식지 4D 정밀 지도 제작
			2 울릉도·독도 연안 해양생물자원의 Visual 화, 울릉도 해양자연환경의 세계유산 등재 타당성 검토
			3 섬 가치로서 울릉도 연안 및 수중생태계의 가치평가, 다학제간 해양환경·생태계 통합 감시 시스템 구축 및 변동 특성 규명
			4 울릉도·독도 연안개발 및 해수유동변화에 따른 해양생태계 영향 파악, 세계자연유산 등재 조건에 부합하는 울릉도 연안 및 수중생태계 보호 및 관리 체계 제시
			5 울릉도·독도 연안 해양생태계 관리 정책기반 자료 제공, 세계자연유산 등재를 위한 추진 전략 수립
	2단계	세계자연유산 추진단 구성 및 추진	섬특화 지역주민 참여형 해양생태계 관리 기법 개발, 잠정목록 정비 연구 조사 및 평가(문화재청 등), 세계유산 잠정목록 등재신청서 작성 및 제출, 세계유산 등재추진 기본계획 수립, 세계유산 등재준비위원회 및 포럼 운영

## 제 2 절 연차별 소요 예산

	비목별	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계 (억원)	
		2017	2018	2019	2020	2021		
직접비	대마난류영향권 점지역별양항 해경생태계 면역촉	인건비	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00
		학생인건비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		연구장비	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	12.00
		재료비	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	10.00
		연구활동비	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	3.10
		연구과제 추진비	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	4.00
		연구수당	0.50	0.40	0.40	0.40	0.40	2.10
		위탁연구개발비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		소 계	9.00	6.80	6.80	6.80	6.80	36.20
	울릉도 수생이 지역 의 화 분 특 성 조 사	인건비	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00
		학생인건비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		연구장비	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00
		재료비	2.00	1.50	1.50	1.50	1.50	8.00
		연구활동비	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00
		연구과제 추진비	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	7.50
		연구수당	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	3.30
		위탁연구개발비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		소 계	10.20	8.70	8.70	8.70	8.50	44.80
	울릉도 해양생 태계 상 호 반 영 향 조 사 를 기 반 체 계 적 관 리	인건비	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00
		학생인건비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		연구장비	3.00	0.80	0.80	0.80	0.50	5.90
		재료비	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	5.50
		연구활동비	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00
		연구과제 추진비	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	5.50
		연구수당	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60	3.20
		위탁연구개발비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		소 계	10.80	7.40	7.40	7.40	7.10	40.10
	세계자 유재 전 수 립	인건비	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	4.00
		학생인건비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		연구장비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		재료비	0.70	0.50	0.40	0.40	0.40	2.40
		연구활동비	0.90	0.90	0.90	0.70	0.70	4.10
		연구과제 추진비	0.50	0.40	0.40	0.40	0.40	2.10
		연구수당	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.00
		위탁연구개발비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		소 계	3.10	2.80	2.70	2.50	2.50	13.60
		33.10	25.70	25.60	25.40	24.90	134.70	
간접비		5.96	4.63	4.61	4.57	4.48	24.25	
총계 (직+간접비)		39.06	30.33	30.21	29.97	29.38	158.95	



## 제 3 절 연구추진 방향 및 전략

### 1. 추진체계



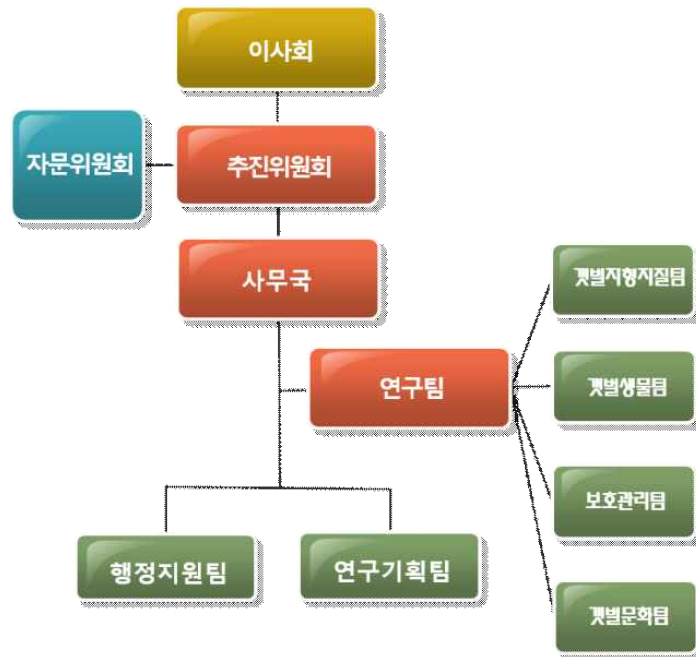
#### ○ 세계자연유산 등재 추진 체계 구성 요건

- 민·관·학 협업을 위한 추진 체계를 구성함
- 추진단은 사업 추진을 위한 정책을 만들고, 관련 사업을 추진 및 통제하는 역할을 담당함. 추진단은 추진전략 수립 및 운영, 연구사업 관리, 이해당사자 협력 및 조율, 홍보사업을 통한 이해재고 필요
- 등재추진 지원사업은 추진단 사무국에서 운영하며 등재추진 사업의 통합적 및 효율적 관리 방안을 마련할 필요가 있음

#### ○ 보편적 가치 입증을 위한 보호 및 관리 연구

- 대상지역 전체를 포함하는 보호 체계 확립을 위한 국가문화재 지정 필요

- 관리의 핵심 주체인 지역주민공동체 조직 및 운영을 위한 연구 필요
- 학술지원 사업을 통한 자료 축적 및 국제적 인지도 향상이 등재 요건에 필요함
- ⇒ 연구성과 공유를 위해 연 1회 이상 국제 및 국내 학술대회 개최, IUCN 주관의 국제학술행사 및 주요 국제학술대회 발표를 통한 울릉도 해양생태자원의 학술적 가치 및 국제 인지도 향상 필요
- ⇒ 원거리 연구진들의 연구 동향 및 연구 내용 공유를 통한 다학제간 융복합 연구의 제고를 위한 그룹웨어 운영, 연구자료 및 과정에 대한 디지털 아카이브 개발·운영을 통한 지속적인 자료 축적과 one source multi use로서 기반 구축

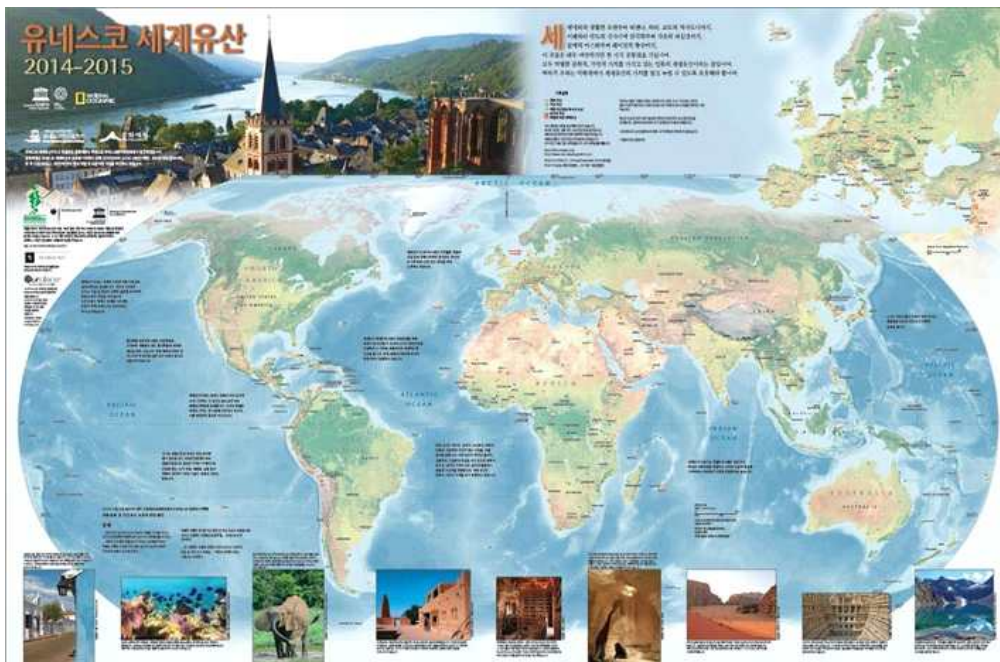


[그림 8-1] 서남해안 갯벌 세계자연유산 등재 추진단 추진체계 사례

○ 세계유산등재 추진 과정

- 1단계 : 선행 요건의 충족
  - 선행요건 : 보호지역의 지정 및 잠정목록 등재
  - 문화재청 세계유산분과위원회의 잠정목록 등재 심사 시, 보호법 유무를 우선 심사
  - 보호지역 지정(습지보호지역 및/또는 국가지정문화재)

- 2단계 : 신청서 작성에 특화된 연구 및 협의체 구성
  - 보호지역 지정 시 생산된 연구 자료를 기초로 활용
  - 신청서 작성에 부합된 전문 연구(국제비교연구 등) 실시
  - 민관학 통합협의체 구성 및 운영을 통한 관리 체계 구축
- 3단계 : 신청서 제출 및 현지실사 대비
  - 예비신청서 작성 및 평가 (제출예정 1년 전)
  - 신청서 보완 수정 및 제출
  - 현지실사 및 IUCN 권고안 접수



[그림 8-2] 유네스코 세계 유산 현황

## 제 4 절 기대효과 및 활용방안

### 1. 경제적 파급효과

- 동해 중규모 물리환경과 계절특성에 따른 동물플랑크톤의 분포패턴을 분석함으로써 먹이생물의 품질분석, 수산자원의 먹이선택성 및 먹이망 구조 변동성 평가 및 예측 가능
- 울릉도 독도 자연환경 보전과 지속가능한 지역개발의 동시 실현.
- 지역민의 고양된 환경보전 의식을 바탕으로 지역산업과 지역민은 일반적 관광 산업이나 이윤 추구 사업과는 달리 자연 친화적이고 생태 친화적인 지역 발전에 대한 인식을 확보함으로써 환경과 성장을 모두 고려할 수 있는 지역성장모델 추구 가능

### 2. 정책적 파급효과

- 울릉도 해역 생태계에 상호작용하는 환경요인의 기능성 평가 (순기능/역기능)를 통한 울릉도 연안역 자원관리방안 수립에 직접 활용 가능
- 울릉도 연안해역 생태계 변동성 규명을 위한 환경외력 및 내력요인을 규정할 수 있어, 환경수용력 범위 내에서 지속적으로 이용 가능한 개발 한계를 유지할 수 있음
- 울릉도 독도 자연환경 조사를 통한 기본 데이터 베이스 구축 및 연구의 질적 기반 강화
- 울릉도 독도 영유권 수호에 대한 과학적 접근방식의 확립과 독도주권 공고화
- 말레이시아와 인도네시아간 시파단섬 영토분쟁에서 말레이시아가 바다거북 보전, 조류보호 등 말레이시아의 주민참여형 생태계보호활동으로 승소한바 있음. 울릉도의 부속섬인 독도에 대한 지역주민 참여형 해양생태계 관리를 통해 독도영토주권강화 기여.
- 해양수산부의 울릉도 해양보호구역 지정에 따른 울릉도 해양생태계 과학적 관리 방안 제공

### 3. 학술/기술적 파급효과

- 식물, 동물플랑크톤의 군집구조를 파악함으로써 울릉도 연안역 영양단계 별 생태 정보를 제공 가능

- 부유생물 먹이망을 통한 플랑크톤 변동성 예측과 모델링 자료로 활용 가능
- 울릉도와 독도는 한반도 및 동해안과 확연히 구분되는 기후·해양·지형 특성을 가지고 있어 남해안 및 동해안과 구별되는 독특한 생태구를 형성하고 있으며, 또한 한·난류역이 교차하는 동해 극전선역에 위치하여 생태계 전이지역에 자리 잡음. 이러한 이유로 독특한 생태계적 특징이 기대되므로 다양한 신종생물 발견 및 울릉도·독도 해양생물에 대한 체계적 조사로 해양생물 다양성 보전 및 생물주권확보가 기대됨
- 동해해양환경변화의 축소판이랄 수 있는 울릉도·독도 해역에 대한 장기 해양환경모니터링 시스템 구축을 통해 지구환경변화에 대응한 동해 최외곽 장기 자료수집 가능 및 중장기 예측 시나리오에 대한 대응방안 수립 기대
- 울릉도 주변해역에 서식하는 유용생물자원의 잠재적 자원량 평가 및 과학적 근거에 의한 수산관리정책의 자료 제공

## 제 7 장 참고문헌

- 강정훈, 김용서, 권오윤, 조규희, 2016. 독도 인근해역 동물플랑크톤 장기간 특성. 한국 산학기술학회지 17(9): 422-430.
- 강제원, 1965. 울릉도의 해조류. 부산수대 논문집 6: 41-58.
- 과학기술부, 2005. 제주 해양생물자원의 정보 및 추출물은행 구축. 제주도 해조류의 종 다양성조사 연구. 81p.
- 국토해양부, 2010. 무인도서 실태조사(주변해역조사)
- 국토해양부, 2008. 해양보호구역 관리사업 평가. 133p.
- 국토해양부, 2012. 2011년 해양보호구역 조사관찰. 483p.
- 국토해양부, 2012. 2012년 해양보호구역 조사관찰 최종보고서. 259p.
- 경북대학교, 2011. 울릉도·독도를 중심으로 한동·남해 지역 해양무척추동물의 분자계통 지리학적 연구 및 온라인 박물관 DUOMMI 설립. 69p.
- 교육과학기술부, 2009. 동해·독도 기초과학연구. 132p.
- 김미경, 김기태. 2000. 울릉도 독도의 해조류 연구 : 1. 해조류의 종조성 감소와 해조상의 변화. *Algae*, 15, 119-124.
- 김미경, 신재기, 2007. 독도 연안의 하계 수환경과 미세조류의 종조성 변화. *Algae* 22(3): 193-199.
- 김성태, 황강석, 박규진, 최창근, 2016. 동해안 울릉도 해역의 해조군집. *수산해양교육학회지* 28(1): 83-90.
- 김영환, 김형섭, 김광훈, 이욱재, 옥정현, 이인규. 1995. 울릉도, 독도의 하계 해조상. *자연실태종합보고서* 10: 275-320.
- 김익수, 윤창호, 1994. 한국산 가자미아목 어류의 분류학적 연구. *한국어류학회지* 6(2): 99-131.
- 김초련, 2011. 동해연안에 서식하는 해양생물 체내 중금속 함량 연구. *관동대학교 대학원 석사 논문*. 82p.
- 노태근, 김윤배, 박정인, 이용우, 임동훈, 강동진, 이동섭, 윤승태, 김태훈, 곽정현, 박현재, 정만기, 장경일, 강창근, 서해립, 박명원, 이호정, 김경렬, 2010. 2008년 하계 울릉분지에서 관측된 물리·화학적 외압에 대한 플랑크톤 군집의 반응. *Ocean*

and Polar Research 32(3): 269-289.

노태근, 이동섭, 김규범, 장경일, 나태희, 김경렬, 2012. 동해 전역에 장기간 발달하는 아표층 엽록소 최대층과 수괴의 물리 화학적 특성과의 상관관계. Ocean and Polar Research 34(4): 413-430.

명정구, 박정호, 조선행, 김종만, 2005. 다이빙 조사에 의한 여름철 울릉도 연안의 어류상. 한국어류학회지 17(1): 84-87.

문창호, 양한섭, 이광우, 1996. 동해 극전선의 영양염류 순환과정. I. 추계 수괴와 영양염 분포와의 관계. 한국수산학회지 29(4): 503-526.

박주석, 이삼석, 강영실, 허성희, 1991. 한국 동해 중부 해역의 지표성 요각류 및 모악류의 분포와 수괴 특성. 한국수산학회지 24(3): 203-212.

백의인, 1986. 울릉도 연안의 갯지렁이류 분포. 한국수산학회지 19(4): 363-367.

심정자, 강동원, 2004. 울릉도 해산 해면류의 분류학적 연구. 한국동물분류학회지 20(2): 161-170.

이인규, 부성민, 1981. 울릉도, 독도의 해조상. 한국 자연보존협회 조사보고서 19: 201-204.

이인규, 오윤식, 이육재, 1993. 울릉도 지역의 해조상. '92 자연생태계 지역정밀조사 보고서<울릉도>. 환경처. 353P.

이인규, 1994. 울릉도산 홍조 산호말과 식물 4종에 대한 분류학적 검토. 식물학회지 37(4): 453-458.

이완옥, 김익수, 1996. 한국산 놀래기아목(농어목) 어류의 분류와 분포. 한국어류학회지 8(1): 22-48.

양현성, 노충환, 윤성진, 김윤배, 최광식, 강도형, 2016. 울릉도 남해역에 서식하는 키조개의 연중 번식주기에 관한 연구. Ocean and Polar Research 38(1): 21-33.

울릉군, 2013. 울릉 연안해역 수산동식물 수중생태적지조사. 119p.

윤상철, 윤이용, 2016. 동해 표층수 중 영양염과 Chlorophyll a의 분포 특성. 한국해양환경·에너지학회지 19(2): 87-95.

윤성진, 2015. 울릉도 연안산 해조류 넓미역 *Undaria peterseniana*의 서식 특성. 수산해양교육학회지 27(3): 747-756.

- 오석진, 정세미, 김석윤, 2016. 동해 남서해역에서 입자성 유기탄소와 질소의 시공간적 분포 특성. 한국해양환경·에너지학회지 19(2): 144-150.
- 양재봉, 이재봉, 이해원, 차형기, 김소라, 허요원, 2016. 울릉도 연안에 서식하는 불블락(*Sebastes thompsoni*)의 성숙과 산란. 한국수산과학회지 49(3): 404-409.
- 원종호, 이용우, 2015. 동해남부연안 해양환경특성 시공간적 변화. 한국해양학회지 [바다]. 20(1): 16-28.
- 정상덕, 차형기, 이재봉, 이해원, 양재형, 2015. 울릉도해역에서 삼중자망에 의한 어획물의 종조성. 한국수산과학회지 51(4): 567-575.
- 최미연, 2010. 동해 연안에서의 시공간적 변동에 따른 수괴의 물리화학적 특성; 영양염의 생지화학적 변화. 서울대학교 석사논문 48p.
- 최병래, 윤숙희, 1990a. 울릉도 해산 중복족류(Mesogastropods)의 분류 및 기재. 한국패류학회지 6(1): 45-55.
- 최병래, 윤숙희, 1990b. 울릉도 해산 원시중복족류(Archeogastropods)의 분류 및 기재. 한국패류학회지 6(1): 56-79.
- 해양수산부, 2014. 해양생태계 기본조사 - 동해북부해역- 제1권 기본조사. 665p.
- 해양수산부, 2015. 외래해양생물 및 유해해양생물의 관리체계 개선방안 연구. 137p.
- 해양수산부, 2005. 갯벌 생태계조사 및 지속 가능한 이용방안 연구 부록 7. 대이작도 주변해역 생태계보전지역 관리기본계획(안). 100p.
- 해양수산부, 2005. 갯벌 생태계조사 및 지속 가능한 이용방안 연구 부록 8. 오륙도 및 주변해역 생태계보호지역 관리계획(안). 46p.
- 해양수산부, 2005. 해양보호구역 관리체제 구축 연구. 279p.
- 해양수산부, 2015. 가로림만 서식자원의 적정 이용 및 해역이용 활성화 방안 연구. 217p.
- 한국수산자원관리공단, 2015. 울릉군 연안바다목장 잠수조사 및 저서생물 시료분석. 76p.
- 한국해양수산개발원, 2004. 해양보호구역의 효과에 관한 기초연구. 103p.
- 한국해양연구원, 2002. 동해 기후변동 예측 연구. 326p.



- 한국해양연구원, 2000. 독도 생태계 등 기초조사 연구. 1033p.
- 허요원, 이재봉, 양재형, 차형기, 김중진, 장창익, 2015. 울릉도 및 독도 근해의 불볼락 (*Sebastes thompsoni*)의 연령과 성장. 한국수산과학회지 48(6): 922-939.
- 포항지방해양수산청, 2015. 울릉도 주변해역 해양보호구역 관리기본계획 수립 연구. 183p.
- Bustamante DE, Won BY & Cho TO, 2014a. *Polysiphonia dokdoensis* sp. nov. (Rhodomelaceae, Ceramiales) based on a population previously known as *Polysiphonia atlantica* sensu Kim and Lee from Korea. *Botanica Marina* 57: 281-289.
- Boo SM & Lee IK, 1986. Studies on benthic algal community in the east coast of korea. 1. Floristic composition and periodicity of a Sokcho rocky shore korean J. phycol., 1, 107~116.
- Brodeur RD, & Ware DM, 1992. Long term variability in zooplankton biomass in the subarctic Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography* 1(1): 32-38.
- Bustamante DE, Won BY & Cho TO, 2014b. *Polysiphonia ulleungensis* sp. nov. (Rhodomelaceae, Rhodophyta): a new diminutive species from Korea belonging to *Polysiphonia* sensu stricto. *Algae* 29: 111-120.
- Chapman ARO & Craigie JS, 1977. Seasonal growth in *Laminaria longicuris*: relations with dissolved inorganic nutrients and internal reserves of nutrients and internal reserves of nitrogen. *Mar. Biol.* 40: 297-205.
- Cheney DP, 1977. R & C/P-A new and improved ratio for comparing seaweed flora. *Suppl. J. Phycol.* 13, 129.
- Dayton PK, 1971. Competition, disturbance, and community organization: The provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.* 41: 351-389.
- Díez B, Van Nieuwerburgh L & Snoeijs P, 2013. Water nutrient stoichiometry modifies the nutritional quality of phytoplankton and

- somatic growth of crustacean mesozooplankton. Marine Ecology Progress Series 489: 93-105.
- Feldmann J, 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranee. Rev. Alg., 10, 1~340(in French).
- Glud RN, Wenzhofer F, Middelboe M, Oguri K, Turnewitsch R, Canfield DE, Kitazato H, 2013. High rates of microbial carbon turnover in sediments in the deepest oceanic trench on Earth. Nature Geoscience 6: 284-288.
- Josselyn MN & West JA, 1985. The distribution and temporal dynamics of the estuarine macroalgal community of San Francisco Bay. Hydrobiologia 129: 139-152.
- Kang JW, 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. Bull. Pusan Fish Coll. 7(1,2): 1-25.
- Lüning K, 1985. Meeresbotanik: Verbreitung, Ökophysiologie and Nutzung der marine Makroalgen. Georg Thieme Verlag. Stuttgart. 375p.
- Koh CH, Oh SH, Sung N, Ahn I & Kang YC, 1989. Algal zonation and seasonality in subtidal area of a wave exposed coast at Ohori, east coast of Korea. Korean J. Phycol., 4, 171~182.
- Lee IK & Boo SM, 1984. A summer marine algal flora in Keomundo Islands, southern coast of Korea. Rep. Surv. Natur. Environ. Korea, 4, 207~230(in Korean).
- Lee WJ, Boo SM & Lee IK, 1991. Note on the Genus *Bryopsis* (Bryopsidaceae, Chlorophyta) from Ullungdo Island, Korea. Korea J. Phycol. 6(1): 23-29.
- Lee WJ, Boo BS & Lee IK, 1992. Taxonomic account on the Scytosiphonaceae (Phaeophyta) from Ullungdo Island, Korea. Korean J. Botany 35(2): 125-134.
- Lee JW, Lee HB & Lee IK, 1993. A study on the community structure of intertidal marine benthic algae in the east coast of Korea I. An intertidal marine benthic algal community at Sokcho. Korean J. Phycol., 8, 67~75.
- Long MH, Koopmans D, Derg P, Rysgaard S, Guld RN, Sogaard DH,

2012. Oxygen exchange and ice melt measured at the ice-water interface by eddy correlation, *Biogeosciences* 9: 1957-1967.
- McGinnis D, Sommer S, Lorke A, Guld RN, Linke P, 2014. Quantifying tidally driven benthic oxygen exchange across permeable sediments: An aquatic eddy correlation study. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119, doi: 10.1002.2014JC010303.
- McQuaid CD & Branch GM, 1984. Influence of sea temperature, substratum and wave exposure on rocky intertidal communities: an analysis of faunal and floral biomass. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 19: 145-151.
- Menden-Deuer S & Lessard EJ, 2000. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. *Limnology and Oceanography* 45(3): 569-579.
- Nada M & Kang JW, 1964. Notes on the marine algae of Woolyungdo Island in the Japan Sea. *Bulletin of Japanese Society of Phycology* 12: 39-43.
- Polacheck T, 1990. Year Round Closed Areas as a Management Tool, *Natural Resource Modeling*. Vol. 4.
- Rheuban J, Berg P, McGlathery KJ, 2014. Multiple timescale processes driven ecosystem metabolism in eelgrass (*Zostera marina*) meadows. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 507: 1-13.
- Seapy RR & Litter MM, 1982. Population and species diversity fluctuations in a rocky intertidal community relative to severe aerial exposure and sediment burial. *Mar. Biol.* 71: 87-96.
- Segawa S, 1957. *Coloured Illustrations of the Seaweeds of Japan*. Hoikusha, Japan, 175pp.
- Seo YB, Lee YW, Lee CH & You HC, 2010. Red algae and their papermaking. *Bioresour. Technol.* 101: 2549-2553.

## 주 의

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