

아열대화 진행에 따른 **해양생물자원변동**
예측기술개발 기획연구

2013. 2

주관연구기관 · 한국해양과학기술원



국토해양부
Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs



제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를
「“아열대화 진행에 따른 해양생물자원변동 예측기술개발 기획연구” 과제」의
보고서로 제출합니다.

2013. 02.

주관연구기관명 : 한국해양과학기술원
주관연구책임자 : 박흥식
연 구 원 : 박세현, 강도형, 이희승
" : 권석재, 김선욱, 윤건택
" : 김태훈, 이주연



보고서 요약서

과제고유번호		해당단계 연구기간	2012,08,15 -2013,02,14	단계구분	(해당단계)/ (총단계)
연구사업명	중사업명				
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	아열대화 진행에 따른 해양생물자원변동 예측기술개발 기획연구			
연구책임자	박흥식	해당단계 참여 연구원수	총 : 9 명 내부 : 5 명 외부 : 4 명	해당단계 연구비 해당단계	총 : 65백만원 내부 : 백만원 외부 : 65백만원
		총연구기간 참여 연구원수	총 : 9 명 내부 : 5 명 외부 : 4 명	총연구비	총 : 9 명 내부 : 5 명 외부 : 4 명
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :	상대국연구기관명			
위탁연구	연구기관명 :	연구책임자			
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	100

- 전 지구적 기후변화 영향이 한반도에도 아열대화로 진행되면서, 장기적 국가 해양생물 감시를 통해 이미 해양생태계 변화가 감지되면서 해양생물자원 변동에 대한 인식으로 관련법이 공포된 상황임.
- 2012년 7월에 ‘해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률’은 국내 해양생물자원 관리를 위한 기초조사 및 정밀조사를 진행해야 하며, 이에 따른 기획연구가 필요함.
- 미래 국가 해양 공간을 경제적으로 활용하기 위한 해양생물기반 자원 관리 전략을 제시하고 현행 국내 및 국제 법·제도 분석, 선진 연구동향 분석을 통한 경제적인 연구개발 사업을 진행하기 위한 포괄적 전략 기획 수행.

색인어	한글	아열대화, 해양생물, 생물자원, 동아시아, 기후변화
	영어	Sub-tropical change, Marine biology, Biological resources, East asia, Climate change



요 약 문

연구배경
및 필요성

- 2012년 7월 공포된 ‘해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률’에 의거 해양생명자원을 종합적이고 체계적으로 확보·관리 하기 위한 국가 해양생명자원 연구 체계를 제시함.
- 아열대화 원인은 해양기후변화인데, 육상생태계 중심 장기생태계 변화 연구가 시도되어 한반도 기후변화를 해석하는데 해양환경에 축소화 됨 - 해양생태계는 포괄적 기초연구에 의존하고 있어서 결과에 따른 단계별 연구진행은 주요 현안 변동에 대한 대응 시기를 놓칠 수 있음.

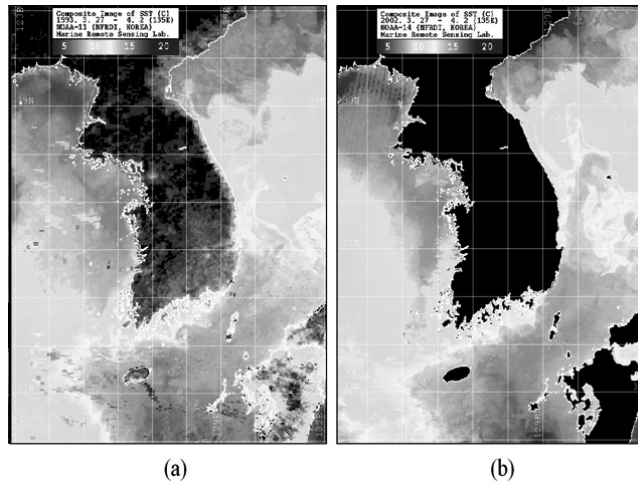


그림. 1993년 3월과 과 2005년 3월 수온 분포 비교

- 아직까지 장기 해양 예측은 주로 선진국 자료에 의존하는 현실 - 한반도 중심 제한된 연구범주에서 독자적 연구 개발을 통한 거시적 해양영토 활용 전략을 선도할 국력을 가지고 있음.
- 단백질원(수산) 중심의 해양생물자원 평가 인식 전환 필요 - 아열대화는 새로운 해양생물자원 확보에 유리한 방향을 제시할 수 있으며, 이미 생명공학기술의 발달로 생물다양성이 곧 국가자원으로 인식되는 상황에서 소재 정보 분석을 통한 미래 국가 공간 활용 및 자원 관리를 위한 해양생물자원 관리 전략 필요.
- 아열대화 진행에 따라 관련 법안에 대한 검토가 필요하고 해양생물자원 관리 법안 이행 - 아열대화는 생물다양성 변화가 예상되며, 따라서 해양생태계 보전을 위한 해양보호구역 지정, 보호종 지정 등 관련 법규에 대한 검토가 필요함.

<p>환경분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지금까지 한반도 기후변동에 대한 영향이 주로 육상 환경에 제한되어 평가되거나 예측되고 있음. 해양에서는 이슈별로 한정된 연구가 주로 생태계를 중심으로 진행되고 있음. 국립환경과학원이 제출한 '한국기후변화평가보고서 2010'에 의하면, 이미 해수면 온도가 1980년 이후 평균 0.6도 상승하였으며, 이러한 변화는 전세계 상승률에 2배에 이르는 빠른 증가임. 연 강수량도 1996년 이후 10% 증가하였으며, 한 대성어종이 감소하고, 온대성 어종이 증가하고 있는 양상임 특히 동해 해안선을 중심으로 기후 변동 폭이 증가하고 있음. ○ 해양에서 기후변화는 독특한 아열대 생물이 출현하는 흥미로운 소식으로 전달되었으나, 지금은 수산 자원량 변화 등 현실적으로 생태계 및 생물자원에 영향을 인정하고 있음. ○ 우리는 아직까지 해양연구에 영토개념에 의한 연구영역의 한정된 결과를 해석하고 있음. 즉, 우리나라 해양생물은 계절성에 의한 영향으로 대양성 생물 뿐아니라 연안생물도 광역분포형 구조를 가지고 있음. 연구 권역에 대한 인식이 바뀌어야 함. ○ 한반도 해양생물 분포를 파악하기 위한 광역화된 연구 패러다임이 필요하고, 생명과학 소재 효율이 높은 열대 생물 가입은 기존 해양생태계 관리 및 자원활용계획에 대한 상당한 수정을 요구하며, 이러한 변화에 대응하는 해양 생태계에 대한 포괄적 예측 및 대응연구가 필요함. 																																			
<p>연구목표S</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한반도 주변 수온 상승으로 나타나는 아열대화 진행에 따른 해양생태계 변화가 미치는 남해역, 제주해역을 중심으로 해양생물자원 변동 양상을 밝히고, 예측할 수 있는 기술 적용방법 제시를 위한 기획을 시도. ○ 미래 국가 해양 공간을 경제적으로 활용하기 위한 해양생물기반 자원 관리 전략을 제시하고 현행 국내 및 국제 법·제도 분석, 선진 연구동향 분석을 통한 경제적인 연구개발 사업을 진행하기 위한 포괄적 전략 기획 수행. 																																			
<p>연구기간</p>	<p>2012년 8월 15일 - 2013년 2월 14일 (6개월)</p>																																			
<p>연구내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관련 정책 및 법제도 분석 ○ 해양생물자원 개념 정립 및 자원연구 동향 분석 ○ 아열대화에 따른 국내 해양생물자원변동 영향 분석 ○ 미래 기후변화에 따른 생물자원 관리 방안 정리 																																			
<p>소요예산</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발연구는 해양생태계기반으로 진행된 연구사업 자료를 활용. 중복조사를 조정함. 변동요인이 가장 높은 제주도를 중심으로 진행. 특별자치도 지원 요청 계획. <p style="text-align: right;">(단위:억원)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>'14</th> <th>'15</th> <th>'16</th> <th>'17</th> <th>'18</th> <th>계</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>20</td> <td>10</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>민간</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>기타</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>계</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		'14	'15	'16	'17	'18	계	정부	10	20	30	20	10	100	민간							기타					10	10	계	10	20	30	20	20	100
	'14	'15	'16	'17	'18	계																														
정부	10	20	30	20	10	100																														
민간																																				
기타					10	10																														
계	10	20	30	20	20	100																														

<p>기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 아열대화로 인한 해양생태계 변화 예측에 따른 제도 개선 정보 확보 ○ 국가 해양 생물자원 정보 기반 국가 관리 및 미래 전략 마련 ○ 동아시아 해양 생물자원 생산 정보망 구축을 위한 주도권 확보 ○ 기반자료를 활용한 경제적인 종합해양 연구 프로그램 추진 ○ 후대에게 양질의 해양 정보 제공
<p>사업타당성</p>	<p>가. 정책적 타당성</p> <p>아열대화에 따른 해양생물자원의 변동에 관한 연구에 대한 정부의 사업추진 의지 및 선호도는 이 사업의 성격이 연구개발 사업임을 고려할 때 가장 최근에 확정된 정부의 관련 연구개발 계획을 통해 판단할 수 있음.</p> <p>국토해양부 및 한국해양과학기술진흥원이 2011년 「해양수산발전기본법」 제17조에 따라 2011년에 수립한 '2020 해양과학기술 로드맵'(이하 '2020 MTRM')은 이 연구사업의 상위계획임.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 한편 해양환경분야 연구개발 사업의 장기 추진방향을 담은 '해양환경기술개발 중장기 기본계획'(이하 '해양환경기술개발계획')은 '2020 MTRM' 중 해양환경분야 부문계획으로서 위상이 있음. • 2012년 해양생명자원법 제정에 따른 시행령 이행. <p>나. 기술적 타당성</p> <p>조사연구 대상에서 차별성 및 연구대상지역에서 차별성이 있을 수 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 연구를 통해서 다루게 될 해양생물자원과 장기생태연구의 대상인 생물자원이 차이가 있을 수 있고, 장기해양생태연구가 동해의 경우 축산, 후포, 남해는 광양만 및 제주 근해 등으로 설정되어 있어 근해로 지리적 범위가 제한되는 한계가 있음. 다만, 장기적으로 해양생물자원의 범위, 연구대상지역을 확대할 경우 연구내용에서 차별성은 줄어들거나 사라질 것으로 판단됨. <p>해당 연구주제의 특성이 제대로 반영되어 장기적인 사회경제활동에 기여할 수 있는 연구개발사업으로 활용되기 위해서는 중복성은 다음과 같은 방식으로 극복 가능함.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1안) 지리적 범위를 달리하고 연구대상 생물자원에서 차별성을 확보할 경우 별도 연구개발사업으로 추진. • 2안) 장기해양생태연구에 본 기획연구를 통해 도출한 세부 연구사업을 통합하여 추진함. <p>제2안의 경우 현재 국토해양부에서 추진 중인 '국가 해양생태계 종합관리기술 개발 기획연구'에서 통합추진방안을 제시하는 것이 우선 고려될 수 있음.</p>
<p>사업타당성</p>	<p>다. 경제적 타당성</p> <p>2013~2017년까지 해양생물자원 변동 예측기술개발 연구는 총 100억원이 소요되고, 향후 5년간 할인을 5.5%의 현재가치를 적용할 경우, 약 85억원으로 추정.</p> <p>해양생물자원 변동 예측을 통한 어업생산액 피해 저감 효과 - 본 연구의 아열대화 진행에 따른 해양생물자원 변동에 대한 미래변화 예측 정보 제공을 통하여 연근해어업의 피해 저감을 최소화하고 대응 능력 제고의 효과는 약 130억원으로 추정되고, 할인을 5.5%의 현재가치를 적용하면 약 94억원으로 추정됨.</p> <p>해양기초과학기술 발전 효과 - 본 연구의 국제 공동연구사업을 통하여 발생하는 해양기초과학기술 발전의 기반 마련, 국가과학 이미지 제고를 통한 국가경쟁력 상승 기여 및 국민의 자긍심 고취 등 양적 성과를 할인을 5.5%의 현재가치로 전환하여 볼 때 예상되는 편익규모는 총 39.8억원의 편익을 기대.</p>

목 차

요약문	5
목 차	8
I. 개 요	13
1절. 아열대화와 한반도	15
1. 기후변화와 아열대화	15
2. 지금 한반도는..	15
2절. 배 경	18
3절. 기획연구 필요성	19
4절. 기획연구 범위	21
1. 관련근거	21
2. 사업 수행 관련 세부 법률	21
3. 연구 기획 범위	23
4. 내용 범위	24
5절. 연구개발의 필요성	25
1. 연구개발의 과학기술, 사회경제적 중요성	25
2. 중요성 및 문제점	26
II. 현황 분석	29
1절. 국내 관련 기술 현황	31
1. 관련 법률 현황 및 특징	31
2. 국내 정부 및 정책 동향	36
3. 국내 연구 동향	38

4. 국외 연구동향	42
5. 국내외 기술 현황	44
6. 향후 전망	46
2절. 정책동향 분석	47
1. 국제사회 정책동향 및 제도 분석	47
2. 기술개발 타당성 분석	50
3. 경제적 타당성 분석	57
3절. 연구동향 및 환경 분석	63
1. swot 분석	63
Ⅲ. 목표 설정 및 분석	67
1절. 최종목표	69
2절. 세부 목표 및 내용	70
3절. 추진 배경	71
4절. 연구사업을 위한 비전 제시	72
5절. 추진체계	73
1. 사업추진체계	73
2. 기술로드맵	74
3. 단계별 추진 계획	75
4. 연차별 일정	76
5. 성과지표	77
6절. 활용방안 및 기대효과	78
부 록	79

표 목 차

표 1-1. 우리나라에서 나타나고 있는 각 분야별 기후변화에 따른 주요 영향	17
표 2-1. 아열대화에 따른 해양생물자원 관리 관련 법률 현황	31
표 2-2. 주요 법률과 국제협약의 관계	32
표 2-3. 주요 법률의 아열대화 및 해양생물자원 변동 연구 관련 사항	35
표 2-4. 국토해양부 해양환경기술개발 사업	38
표 2-5. 기후변화 지표생물 중 해양생물 목록	39
표 2-6. 해역별 해양생물 기원 추출물 생산 가능성 비교	44
표 2-7. 학력별 월급여액	59
표 2-8. 서울지역 39개 일반대학원 등록금 현황	60
표 2-9. 일인당 지불용의	60
표 2-10. 인력양성수	61
표 2-11. 인력양성사업의 편익 추정	61

그림목차

그림 1-1. 한반도 주변에서 아열대성 해양생물 출현이 이제는 보편적인 양상을 보임	17
그림 1-2. 1993년 3월과 2005년 3월 수온 분포 비교	18
그림 1-3. 한국기후변화평가보고서 2010	19
그림 1-4. 우리나라 주요 서식생물의 생물지리 분포 사례	20
그림 1-5. 한반도 아열대화에 따른 부처별 대응 모식도	20
그림 1-6. 아열대화 영향을 파악하기 위한 조사범위 모식도.	23
그림 1-7. 환경변화에 따른 해양생물의 시간적 변화 모식도	24
그림 1-8. 생명공학소재로 이용되는 해양생물의 종 수 비교	26
그림 1-9. 해역별 해양생명공학 소재(천연물 연구)가 채취된 종 수 비교	26
그림 2-1. 논문 분석 - 우리나라 해양천연물 연구대상 생물	40
그림 2-2. 논문 분석 - 해양천연물 연구대상 생물 채집지역	41
그림 2-3. 기후변화에 따른 국가별 영향비교	42
그림 2-4. 2020 생물다양성 전략계획 및 아이치 목표	49
그림 2-5. 연구개발사업의 정책타당성 분석 틀	50
그림 2-6. 해양환경종합계획 중 아열대화에 따른 해양생물자원 변동 관련 사항	51
그림 2-7. 해양생태계의 보전·관리 기본계획의 틀	52
그림 2-8. 해양생태계 보전·관리 기본계획 중 아열대화에 따른 해양생물자원 변동 관련 사항	52
그림 2-9. 2020 MTRM 중 아열대화에 따른 생물자원 변동 연구 관련 사항	53
그림 2-10. 장기해양생태연구 사업 구성	56



I. 개요





I. 개요



1절. 아열대화와 한반도

1. 기후변화와 아열대화

- 기후 변화는 변동 폭에 관계없이 동·식물 모두에게 영향을 주는 것으로 나타나고 있는데, 동물들은 특정한 기후 및 환경에서 생활 할 수 있기 때문에 생물의 내성을 넘어서면 생체주기의 변화, 서식 범위의 변화, 형태 및 생식에서 유전적 변화를 초래함. 심지어, 심각한 종 감소 또는 멸종에 이르기도 함. 예를 들어, 20세기 후반에 북반구의 중위도와 고위도 지역에서는 온도 상승으로 인하여 2주 정도의 식물의 성장기간이 연장된 것으로 보고되고 있으며(IPCC, 2007), 이에 따라 인과적으로 인간의 농업 기술과 식량자원에도 영향을 주고 있음.
- 기후변화가 육상생태에 미치는 영향에 비해 해양생태에 미치는 영향에 대한 연구는 미비함. 해양생태계 또한 기후변화에 의한 생물과 서식지의 변동은 인간의 수산자원에 영향을 미칠 것으로 보임. 이에 따라 양식 기술과 포획 기술 등 다변화가 필요함.
- 기후변화에 따른 해양생태계 영향을 파악하고 변동요소에 대한 기능을 평가하는 기술은 향후 기후변화에 따른 해양생물자원의 지속적인 이용과 관리를 위해서 매우 중요할 것으로 전망됨.
 - 기후변화에 따른 수온상승과 산성화는 해양생물의 생리/생태/분포 변화뿐 아니라, 해양의 물질순환과 생태계의 기능/역할에 큰 변화를 야기함.

따라서, 기후변화에 따른 해양환경 변화 및 해양생태계 변화의 파악 및 모니터링 결과를 통해 구성원 변동요소를 분석하고, 해양생물자원변동에도 직·간접적으로 작용함.

2. 지금 한반도는..

- 한반도 기후의 아열대화가 심화되면서 농작물 재배한계선이 빠르게 북상하고 있음. 그밖에,
 - 육상에서는 식생의 경우 기온 상승에 따라서 개화시기와 개엽시기가 앞당겨 지고 있음.
 - 기후변화에 따른 일부 수종의 쇠퇴가 예상되고, 지구 온난화에 취약한 고산식물, 고유종, 연안 습지의 피해가 나타남.
 - 산림 병해충의 발생 세대수 증가 및 외래병해충의 유입과 확산, 기후 변화로 개체수 증가하여 해충화되는 경향
 - 산림식생보가 낙엽활엽수림대 증가, 상록침엽수림대 감소, 이산화탄소 증가로 인한 식물의 방어능력 저하, 천적의 섭식량 감소, 생물 다양성 감소 및 계절성 변화로 인하여 병해충 증가

- 해안지역에서도 이미 기후변화로 인한 해수면 상승, 지형적 요인 및 인간으로 인한 토지 침강, 그리고 또 다른 지역적 요인들의 결합에 의해서 해수면 상승의 효과를 경험하고 있는 실정임.
- 한반도 주변에서는 이미 여름철 태풍과 기인하여 아열대 생물이 포획되는 뉴스가 이제는 일반화 되고 있는 시점에서 제주도 남부지역에서는 산호초를 형성하는 초기단계인 조초산호가 부분적으로 군락을 형성함. 이러한 산호초 형성은 해조류, 기타 고착성 무척추동물 기반 서식처를 바꿀 수 있는, 생태계에서 매우 중요하게 감시해야할 부분임. 서식처 변화는 결국, 생물다양성, 중 생물을 우점성에 영향을 주게 됨. 아열대성 산호 등 서식처 변동은 해양에서 생물다양성을 증대 시킬 수 있으며, 특히 천연물 등 아열대에서 확보할 수 있는 생명공학 소재를 국내에서도 공급할 수 있음.
- 전 세계적으로 침강이 이루어지고 있는 해안지역에서의 해수면 상승은 20세기의 상승속도인 1.7 ~ 1.8mm/년을 상회하는 것으로 나타나고 있으며(IPCC, 2007), 국립해양조사원(2009)에 따르면, 우리나라의 전체 평균 해수면 상승률은 2.2mm/yr로, 서해 1.1mm/yr, 남해 3.2mm/yr, 동해 2.2mm/yr 특히 제주도 부근은 평균 4.9mm/yr의 높은 상승률을 나타내는 것으로 측정됨. 이들 상승률에 지각변동을 고려하면 3.4mm/yr로서 최근 지구평균 해수면 상승률과 유사한 수치를 나타내고 있음.
 - 정부 간 기후변화 협의체(IPCC)의 4차보고서(2007)는 지구온난화에 따른 기후 및 환경변화가 전 지구적으로 일어나고 있으며, 앞으로 더욱 더 심화될 것으로 예측함.
 - 기후변화에 의한 태풍에 의한 해일고의 상승 및 동해안에서 증가하고 있는 유의파고가 영향을 미침.
 - 수질과 관련한 표층해수 산성화, 심층 해수 무산소화, 연안 부영양화 및 빈산소화와 같은 현상 역시 우리나라의 해역에 나타남.
 - 해안침식 발생, 동해지역 백사장 침식, 서해안 모래해안 침식 등도 기후변화에 의한 영향을 감지됨.
 - 한반도 주변해역 중 남해는 다양한 환경변화의 직, 간접적인 영향을 가장 잘 반영하고 있으며, 기후/기상/환경변화에 따른 생태계 영향연구에 적합함.
 - 남해는 황해나 동해에 비해 외해 기인 대양 해류 순환, 태풍 등의 영향을 직접 받음.
 - 지리적으로는 한국, 중국, 일본 3개국의 산업 활동(오·폐수 유입, 어로활동, 양식, 선박 유통항로)의 영향을 크게 받음.

지금 한반도 주변해역에서는...

- 한반도 주변 해수 온도의 점진적 상승 (국립해양조사원)
- 해수 온도 상승으로 온대성 해조류의 생육 기간이 단축 (부경대)
- 아열대성 무척추동물(분홍명게, 유령명게)의 지리적 분포범위 확대
- 아열대성 해파리류의 번무 (국립수산과학원)
- 제주연안에서 거품돌산호 (*Alviopora japonica*)의 급작스런 확산
- 남방성 중국굴(*Hytissa hyotis*) 자원량 증가

- ‘한국기후변화평가보고서 2010’에 의하면, 이미 해수면 온도가 1980년 이후 평균 0.6도 상승하였으며, 이러한 변화는 전세계 상승률에 2배에 이르는 빠른 증가임. 연 강수량도 1996년 이후 10% 증가하는 것으로 나타남.
 - 해수면 온도 증가는 남쪽에서 발달한 쿠로시오 해류 이동량이 증가한 것에 의하며, 해류를 따라 다양한 아열대 생물 가입이 보고됨.
 - 빈번하고 강한 태풍발생은 연 강수량을 증가시켜서 육지로부터 연안으로 유출되는 영양염을 증대 시켜서 생물 번식에 유리하기도 하며, 특히 아열대성 회귀 생물 출현량이 증가하여 수산자원량 변동이 나타남. 반대로 한류성 어종의 출현이 상대적으로 감소하는 것으로 나타남.

표1-1. 우리나라에서 나타나고 있는 각 분야별 기후변화에 따른 주요 영향(한국기후변화평가보고서,2010)

분야	주요영향들
수자원	- 홍수 빈도 증가 및 이로 인한 피해액 증가
생태계	- 산림대의 이동 및 생물다양성 감소 - 철새류의 도래시기 변화 및 곤충 종 변화
농업	- 일조시간 및 기온증가로 인한 적정재배시기의 변화 - 과수의 재배적지 변화
연안및해양	- 해수면의 상승 및 태풍의 강도 증가 - 해수온도 증가에 따른 아열대성 어종의 증가
산업	- 1차 산업(임업, 농수산업) 및 2,3차 산업에 영향 - 폭염 및 흑탄에 의한 에너지 수요 증가
보건	- 폭염에 따른 인명 피해 증가- 기온증가에 따른 오존농도 상승 및 관련 질병의 발생빈도 증가

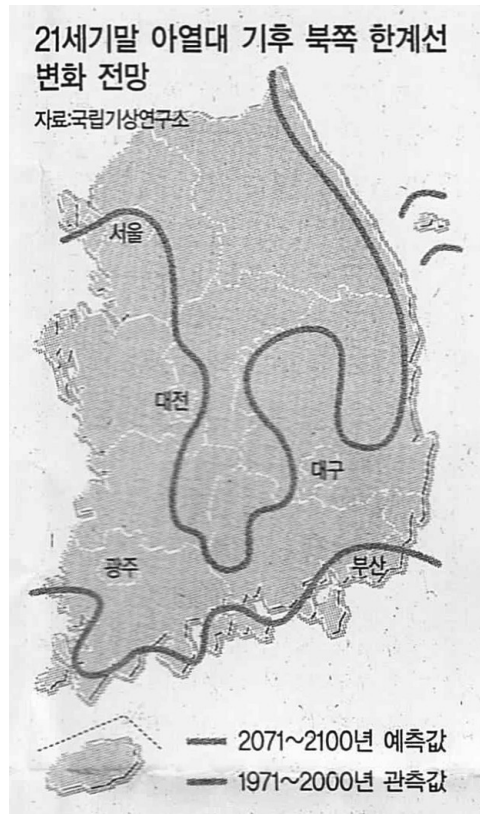


그림 1-1. 한반도 주변에서 아열대성 해양생물 출현이 이제는 보편적인 양상을 보임

2절. 배경

- 아열대화 원인은 해양기후변화인데, 육상생태계 중심 장기생태계 변화 연구가 시도 되고 있으며, 한반도 기후변화를 해석하는데 해양 환경에 대한 영향평가가 상대적으로 배제됨 - 해양생태계는 포괄적 기초연구에 의존하고 있어서 결과에 따른 단계별 연구진행은 주요 현안 변동에 대한 대응 시기를 놓칠 수 있음.



그림1-2. 1993년 3월과 2005년 3월 수온 분포 비교

- 아열대화 진행에 따라 관련 법안에 대한 검토가 필요하고 특히 2012년 제정된 '해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률' 이행 필요 - 아열대화는 생물다양성 변화가 예상되며, 따라서 해양생태계 보전을 위한 해양보호구역지정, 보호종 지정 등 관련 법규에 대한 검토가 필요함.
- 아직까지 장기 해양 예측은 주로 선진국 자료에 의존하는 현실 - 한반도 중심 제한된 연구범주에서 독자적 연구 개발을 통한 거시적 해양영토 활용 전략을 선도할 국력을 가지고 있음.
- 단백질원(수산) 중심의 해양 생물 자원 평가 인식 전환 필요 - 아열대화는 새로운 해양생물자원 확보에 유리한 방향을 제시할 수 있으며, 이미 생명공학기술발달로 생물다양성이 곧 국가자원으로 인식되는 상황에서 소재 정보 분석을 통한 미래 국가 공간 활용을 위한 자원 관리를 위하여 해양생물자원 관리 전략이 필요함.
- 해양생물자원분야 연구개발사업은 해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률(시행 2012년 7월 26일, 총 5장 41조 구성) 제정 - 그동안 수산에 한정된 해양생물 활용을 해양생명자원이란 용어로 확대하여, 전 해양생물에 범위를 둔 법령 제정 이행에 앞서 현재 진행되는 해양환경을 근거로 한 자원관리 방향을 고려해야 함.

3절. 기획연구 필요성

- 지금까지 한반도 기후변동에 대한 영향이 주로 육상 환경에 제한되어 평가되거나 예측되고 있음. 해양에서는 이슈별로 한정된 연구가 주로 생태계를 중심으로 진행되고 있음.
- 국립환경과학원이 제출한 자료에 의하면 한대성 어종이 감소하고, 온대성 어종이 증가하고 있음. 특히, 동해 해안선을 중심으로 기후변동 폭이 증가하고 있음.
- 한반도 기후는 겨울철에 대륙에서 기원된 북서계절풍과 동해를 따라 남하하는 동한한류, 서해 고유 냉수대의 확장 등이 국부적 또는 한반도 전체 기후에 영향을 주고 있으며, 여름에는 태풍에 기인된 남동풍이 쿠로시오해류와 더불어 온난화를 주도함.

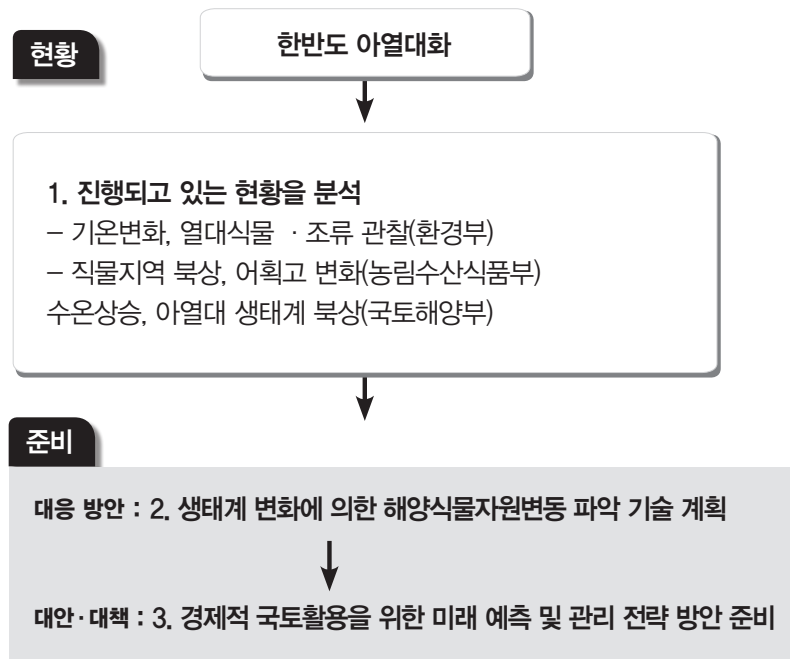


그림 1-3. '한국기후변화평가보고서 2010 (국립환경과학원 자료)

- 일부해역에서 생물권역 변화가 나타남 - 이미 일부 해양생물권역에서는 아열대 생물 서식에 의한 권역 변화가 일부 해역에서 나타남. 해양에서 기후변화는 독특한 아열대 생물이 출현하는 흥미로운 소식으로 전달되었음. 하지만 서식처 차원에서 완만한 변화 예를 들어, 제주도 남부 지역에서 산호 서식지 증가 등은 주변 기존 서식처에 해양생물구성원에 중요한 영향을 미치고 있음. 지금은 수산자원량 변화 등 현실적으로 생태계 및 생물자원에 영향을 인정하고 있음.
- 연안 중심의 자원량 해석은 한계를 나타냄 - 우리는 아직까지 해양연구에 영토개념에 의한 연구 영역에 한정된 결과를 해석하고 있음. 즉 우리나라 해양생물은 계절성에 의한 영향으로 대양성 생물 뿐아니라 연안생물도 광역분포형 구조를 가지고 있음. 연구 권역에 대한 인식이 바뀌어야 함.
- 해양생명자원 연구 빈약 - 지금까지 진행된 해양생물 연구는 주로 생물다양성을 중심으로 한 생태계 연구, 수산생물과 자원이 연계된 양식, 생산 연구에 초점을 맞추고 있음. 1980년대 이후 생명공학 기술이 발전하면서, 국내에서도 해양생물을 소재로한 생명공학 연구가 진행되고 있으나, 대상 생물의 자원경제성에 대한 체계적 분석이나 관리 방안에 대한 국가사업이 미진하였음.

생명자원(BIO-resources)-생물자원 + 생물다양성 + 생명정보
 #과학기술혁신본부(2007)
 - 무궁한 가치 창출 가능성을 보유한 '바이오산업의 쌀'
 - 지구상 생명자원 가운데 1% 미만 발굴된 상황(2005)



준비

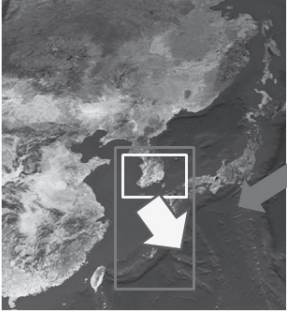
활용도가 높을 것으로 예상되는
 자원증식이 가능한 자원(종자, 생체, 유전자)
 품종개량이 가능한 자원
 (생물자원 확보전략(2009))

그림1-4. 우리나라 주요 서식생물의 생물지리 분포 사례

- 우리나라 해양생명자원의 체계적 관리 및 나고야의정서 비준* 이후 **자원 주권화 추세에 대응**해야 하며, 관련법 제정('12.7)을 통해 제도적 기반이 마련되었음. 나고야의정서의 발효 이전 국내 해양생명자원에 대한 분포 현황 및 자원 관리 현황을 파악하고, 해양생물 중 서식지에 대한 종합적인 현장 조사 시행이 시급함.

*'12.12월 기준 92개국 서명, 11개국 비준(50개국 비준 후 3월 경과 후 발효, 한국 '11.9.20 서명)

- 한반도 해양생물 분포를 파악하기 위한 광역화된 연구 패러다임이 필요하고, 생명과학 소재 효율이 높은 열대 생물 가입은 기존 해양생태계 관리 및 자원활용계획에 대한 상당한 수정을 요구하며, 이러한 변화에 대응하는 해양 생태계에 대한 포괄적 예측 및 대응연구가 필요함.



지금까지
**해양연구에 영토개념으로
 한정된 연구 영역 조사 수행**

- 계절성에 의한 대양성 생물, 광물 분포형 생물 해석 고려
- 연구 권역에 대한 인식 전환

그림 1-5. 한반도 아열대화에 따른 부처별 대응 모식도

4절. 기획 연구 범위



1. 관련 근거

- 해양생물자원분야 연구개발사업은 해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률(시행 2012년 7월 26일, 총 5장 41조 구성)에 의거함.

● **해양생명자원이란** - 생명공학연구 또는 산업을 위하여 실제적이거나 잠재적인 가치가 있는 자원으로 표기함. (다만, 「농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률」 제2조제1호 및 제2호의 농수산생명자원 및 농수산생물자원은 제외하고 있음)

- 해양동식물, 해양미생물 등 해양생물체의 실물
- 해양생명유전자원 - 유전의 기능적 단위를 포함하는 해양동식물 및 해양미생물과 그 밖의 기원(起源) 물질로서 실제적이거나 잠재적인 가치를 지닌 유전물질

2. 사업 수행 관련 세부 법률

- 제3조(해양생명자원의 확보·관리 및 이용에 관한 기본이념)

해양생명자원의 확보·관리 및 이용은 「생물다양성에 관한 협약」과 다음 각 호의 기본이념에 따라야 한다.

- 해양생명자원은 현재와 미래의 세대를 위하여 지속가능하게 확보·관리 및 이용되어야 한다.
- 해양생명자원의 생태적·경제적 가치가 조화롭게 공존할 수 있도록 종합적으로 관리되어야 한다.

- 제4조(국가 등의 책무)

국가 및 지방자치단체는 해양생명자원의 다양한 확보와 효율적인 관리 및 지속가능한 이용을 위하여 다음 각 호의 조치를 강구하여야 한다.

- 해양생명자원의 확보·관리 및 이용에 필요한 시책의 수립·시행
- 해양생명자원에 대한 연구·개발의 장려 및 해양과학기술의 진흥에 필요한 지원
- 해양생명자원의 훼손 방지 및 지속가능한 이용에 필요한 조치

- 제7조(해양생명자원에 대한 조사)

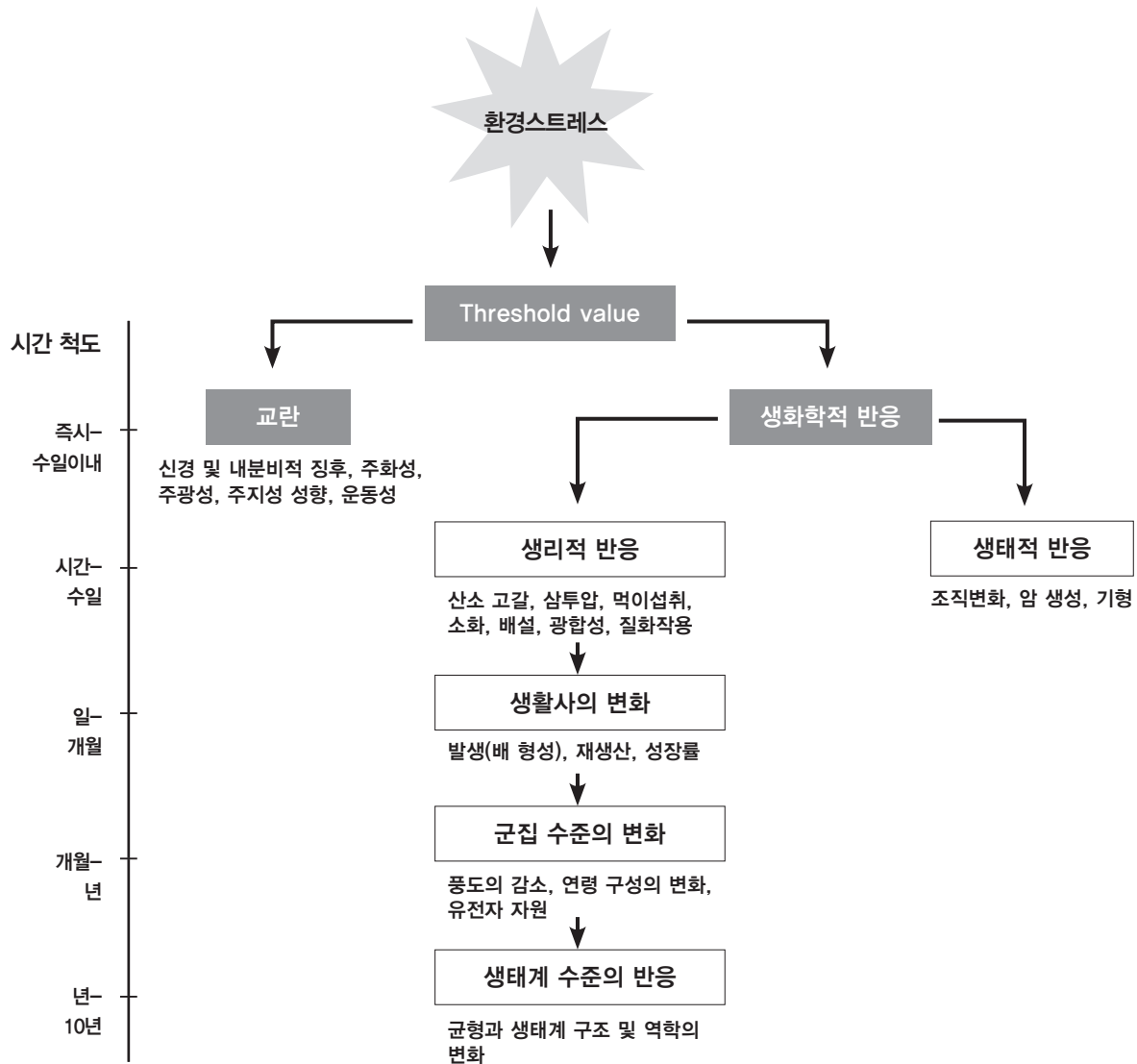
국토해양부장관은 5년마다 전국을 대상으로 해양생명자원의 현황 및 서식지 등에 관한 기초조사를 실시하여야 한다.

● 제10조(분석·평가 등)

국토해양부장관은 해양생명자원의 활용을 촉진하기 위하여 해양생명자원의 유전적 특성 등에 대한 분석·평가를 실시하고, 국내 고유종, 품종개발 및 생명공학적 연구 필요성, 유용(有用) 도입종, 지식재산권 등 그 보존가치를 고려하여 등급을 부여하여야 한다.

● 제16조(해양생명자원에 대한 피해예방 조치 등)

국토해양부장관은 해양생명자원의 다양성이 심각하게 감소되거나 훼손될 우려가 있는 경우 예방관리를 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.



3. 연구 기획 범위

- 아열대에 따른 영향을 파악하기 위해서는 쿠로시오해류 이동경로를 고려한 해역을 선정해야 함. 대부분 아열대 해양생물의 이동경로는 어린 개체가 해류를 따라 이동하게 되거나, 태풍발생시 대규모 이동이 진행됨.
- 지금까지 해양생물연구에서는 연안, 영해 및 배타적 경제수역내에서 진행되거나 인접국과 공동연구를 통해 연구범위를 한정적으로 증대 시켰음. 하지만 아열대에 의한 영향을 파악하기 위해서는 warm pool이 위치한 북위 7도에서 동해 중부해역까지 범위에서 조사가 진행되어야 함.
- UN해양법 제 55조~57조에 의거 자국의 EEZ에서는 생물, 무생물 등 천연자원의 탐사, 개발, 보전, 관리/해양과학조사의 권리를 가짐.

관련연구	수행기관	중복성 및 비교
해양생태계기본조사	국토부	생물다양성 / 생물지리 2013년 종료
국가장기생태연구	환경부	멸종 위기종 / 종 목록 2014년 종료
장기 해양생태계연구	국토부	생태계구조/서식처 2013년 단계 종료
기후변화적응 생물다양성	환경부	중복성 없음 육상생물 대상
한반도 기후변화평가보고서	환경부 (미확보)	환경자료분석 2013년 종료
해외 해양생물자원개발연구	국토부	열대 유용생물 종 목록 2008년 종료
해양 자원도 작성 연구	국토부	중복성 없음 1997년 종료

그림 1-6. 아열대화 영향을 파악하기 위한 조사범위 모식도

- 아열대 영향을 파악하는 연구범주를 한반도로 한정하는 것은 현황해석이나 자원이동, 분포양상을 파악하기 위해 제한적임. 최소한 북위 7도에서 40도까지 포함된 범주로 진행되어야 함.
- 따라서 괌, 대만, 일본을 포함한 동아시아 전반에 걸친 연구영역이 설정되어야 함.

4. 내용 범위

- 권역별 해양생명자원 현황 및 서식지 등에 관한 조사는 크게 기초조사 및 정밀조사, 피해조사 등으로 나누어 진행할 수 있음.
 - 기초조사 : 현지내·외보존 상태에 있는 해양생명자원 및 국내 보관 중인 해외 해양생명자원 현황 및 서식지에 관한 사항 조사
 - 정밀조사(필요시) : 해양생명자원의 훼손 현황 및 그 원인, 훼손된 해양생명자원의 복원 방법, 국제분쟁 또는 국제분쟁의 발생 가능성이 높은 해양생명자원 조사
- 피해조사(필요시) : 외국인등 또는 공동획득이 해양생명자원 다양성의 심각한 감소 또는 훼손이 우려될 경우 그 피해를 최소화하기 위한 조사를 할 수 있음.
- 해양생물자원에 대한 정의는 수산생물로 한정되어 있다가, 해양생명자원이란 용어를 사용하면서 특정 생물에 대한 관심에서 해양생물 전반적인 가치를 가지게 됨.
- 21세기는 생명자원 선점을 위한 치열한 국가경쟁에서 자원주권 확보 전략이 절대적으로 시급함.
 - 생물다양성협약(CBD), 세계생물다양성정보기구(GBIF), 세계생물자원센터네트워크(GBRCN) 등 국제협약에서 생물자원의 배타적 권리 인정
 - 세계 각국은 핵심 생명자원의 선점을 생명산업과 시장의 주도권 확보로 인식
 - 심지어 생물다양성 부국과 빈국 사이에 유전자원접근 및 공정하고 공평한 이익공유 문제 대립

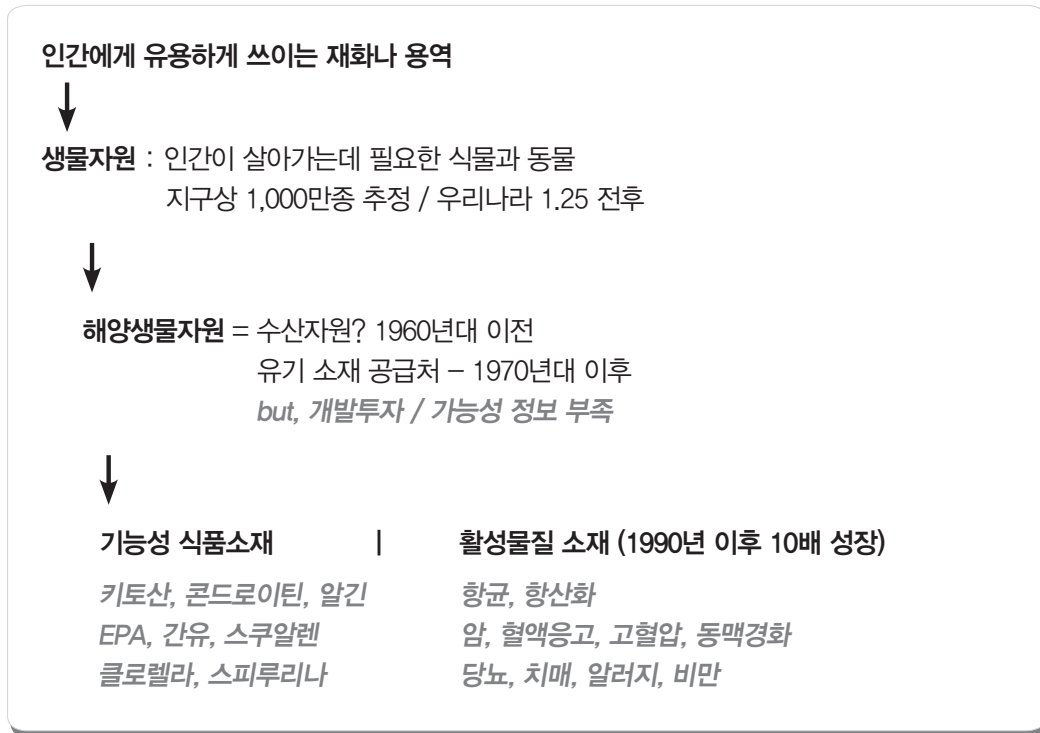


그림 1-7. 환경변화에 따른 해양생물의 시간적 변화 모식도

- 해수온도 변화에 따른 자원 변동은 단기적 효과도 있지만, 연간 0.1도 이내의 미미한 변화를 파악하기 어렵기 때문에 장기적 감시가 필요함. 따라서, 한반도에 국한된 활동보다는 대상생물이 주로 서식하는 포괄적 해역에서의 국제 협력을 통한 주요 생물 개체군 연구 정보가 확보되어야 할 것임.

5절. 연구 개발의 필요성



1. 연구개발의 과학기술, 사회경제적 중요성

● 기술적 측면

- 최근 한반도에서는 수산 자원량과 어종의 급격한 변화, 적조 원인생물과 열대 유해생물의 빈번한 출현 등 해양생물자원의 심각한 변화에 대한 근본 파악을 위한 연구가 필요함.
- 지구적 규모의 기후변화에 따른 수온 상승은 남해와 제주도 해역이 연안 해양 환경 및 산업 활동이 직접적으로 영향을 받을 수 있는 해역이기 때문에 기후변화에 따른 해양 생태계 변화 및 자원변동 연구 시범 해역으로서 적절함.
- 기후변화에 따른 해양환경변화와 해양생태계 변화를 파악하고 예측하기 위해서는 생태계 내에서 먹이관계, 영양단계, 물질순환, 에너지 흐름 등을 정확히 파악하는 것이 필수적임.
- 기후변화에 따른 해양환경변화(수온상승, 산성화)로 인한 피해를 최소화하고 효율적으로 대응하기 위해서는 해양환경변화 및 해양생태계의 반응을 효과적으로 평가·예측할 수 있는 핵심적인 기술이 필요함.
- 기후변화에 따른 연안역 및 지역해의 해양환경변화의 추이와 생태계 영향 파악을 위한 연구 및 자료의 절대적 부족
- 위성을 이용한 일차생산자의 군집, 생체량, 생산력의 모니터링 기술 개발은 과거 미래의 해양생태계 변화를 파악/예측하여 대응방안 모색을 위한 필수적인 기반 기술임.
- 기후변화 협약 대응을 위한 국가 해양 정책 수립의 지원을 위해 필수적임.

● 경제·산업적 측면

- 최근 들어 한반도 주변해에서도 뚜렷한 수온 및 해수면 상승이 나타나고 있으며, 이에 따라 열대 해파리, 적조 생물 등 열대 유해생물의 빈번한 출현, 백화현상, 명태, 대구 등 한류성 어류의 어획량 급감과 오징어, 참치 등 난류성 어류의 어획량 급증 등 해양환경 및 생태계의 확연한 변화 관찰
- 본 사업을 통해 해양생물·유전자원 확보와 수산자원 관리 정책수립, 그리고 태풍, 홍수(가뭄) 등 자연재해의 예측능력을 향상시켜 국가의 재난대응 능력을 증진시키고 첨단 해양산업의 기반을 확보하고자 함.
- 미래 해양환경 및 생태계 변화는 과거와 현재의 변동 추이를 관측하여 밝힘으로서 예측이 가능하며, 이는 미래수산자원 관리 정책 수립에 있어 중요 지표로 활용될 수 있으므로 국가 경제에 긍정적 영향 요소로 기여함.

● 사회·문화적 측면(공공성 포함)

- 남해와 동중국해 해역 주변국들과의 과학기술협력 증대를 통해 외교 및 경제적 영향력을 제고하고 국제적 인지도 향상에 기여함. 생물자원에 대한 주권 강화 및 생물 다양성 협약에 대처한 해양생물자원의 지속적 이용을 위한 실천적 전략 수립
- IPCC 5차 보고서(2008)에 적극적인 참여를 통한 기후변화와 같은 전 세계인의 공통문제 해결에 기여함.
- 전 지구 규모의 기후변동이 한반도 주변해역에 미치는 영향을 밝히는 것은 국민들에게 지구환경의 중요성을 인식시키는 측면에서 가치가 크며, 국민의 환경의식 향상은 LOHAS(Lifestyles of Health and Substantiality)문화를 확산시켜 국가의 또 다른 성장 축으로서 작용함.
- 지구 온난화에 따른 기후변화는 인류와 지구환경 모든 분야에 걸쳐 그 영향을 미칠 것으로 예측됨. 이러한 기후변화에 적응하기 위해서는 기존의 생활방식과 경제·과학·기술 정책 등에 적절한 변화가 필요함.
- 급격한 기후변화에 대한 세계의 관심이 집중된 가운데, 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있어 해양환경 및 생태계에 대한 기후변화 영향 문제는 중요 사안으로 여겨짐. 이 분야의 성공적인 연구사례들이 발표됨으로써 사회적 관심을 고취시킬 수 있음.

2. 중요성 및 문제점

- 해양생물자원 관련 연구개발은 이미 다양하게 진행되는 해양생태계변동 조사 및 해양생명공학 소재 연구 등과 중복성에 대한 문제점이 나타남. 하지만 자원조사는 기존에 수산생물에 한정된 조사가 진행되었으며, 생태계 조사 정보를 활용할 수 있지만, 사업 목적은 전혀 다르게 나타나고 있음.

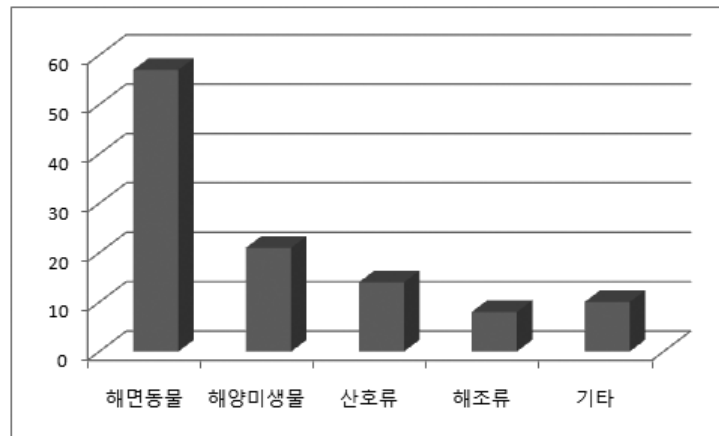


그림 1-8. 생명공학소재로 이용되는 해양생물의 종 수 비교

- 생명자원에 대한 정의는 ‘해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률’에 해석되고 있지만, 과거 해양생명자원과 현재 범주의 차이점에 의해 규모를 정리하기 어려운 점이 있음. 다양한 소재로 해양생물이 사용되고 있지만 소재로서 기능은 아직까지 무한 가치를 가지고 있기 때문임. 자원에 대한 기준을 명시하지 않은 자원 관리는 결국, 포괄적 개념에서 독특한 서식처, 기존에 소재로 사용한 주요 생물을 포함해야 함.

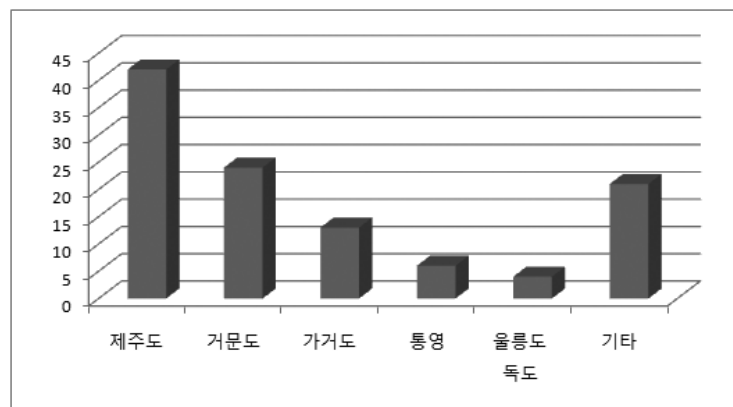


그림 1-9. 해역별 해양생명공학 소재(천연물 연구)가 채취된 종 수 비교

- 아열대화는 한반도에서 결과적으로 계절에 따라 수온의 영향에 의해 나타나는 이동성 해양생물과 한류성 생태계 변화에 따른 서식처 변경, 생물다양성 증가가 진행되는 것이며, 감소하는 서식처를 유지 복원하는 것과 변화하는 열대생태계로 진화하는 과정을 예측하는 것으로 요약할 수 있으나, 지금까지 다양한 조사로 생태계변화는 예측되었으나, 구성원이 자원으로 가치 평가되지 못한 상황임.

- 생태계 기후변화 영향 감시체계구축, 생태계기후변화 영향 및 취약성 평가, 생태계 보전 및 관리 제시를 위한 연구개발 기획 및 수행되고 있으나 해양생물 자원 등 실용적이고, 핵심적 주요 현안 대응을 위한 Master Plan이 이루어지고 있지 않음.
- 국토해양부에서는 생물다양성을 기반으로 자원생물 확보를 위한 연구사업이 진행되면서 해양생물자원관 건립을 준비하고 있으며, 주로 국내 생물을 대상으로 진행하고 있고, 표본생물 확보가 진행됨. 그러나 자원으로써 가능성 평가와 활용할 수 있는 시료 도서관이나 조추출물 관리 시스템에 대한 보완이 필요함.





Ⅱ. 현황 분석





II. 현황 분석

1절. 국내 관련 기술 현황

1. 관련 법률 현황 및 특징

가. 관련 법률 현황 개요

- 이번 기획 연구 주제와 관련이 있는 국내 법률은 '해양생태계 관련 법률', '수산자원 관련 법률', '기후변화 및 생물다양성 보호 관련 법률', '해양과학기술개발관련 법률'로 구분할 수 있음.
- 해양생태계 관련 법률은 「해양환경관리법」, 「해양생태계보전 및 관리에 관한 법률」(이하 '해양생태계법'), 「습지보전법」, 「해양생명자원의 확보·관리 및 이용에 관한 법률」(이하 '해양생명자원법')이 있음.
- 수산자원 관련 법률은 「농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률」(이하 '농수산생명자원법'), 기후변화 및 생물다양성 보호 관련 법률은 「저탄소 녹색성장 기본법」, 「생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률」이 있으며, 해양과학기술개발 관련 법률은 「해양수산발전기본법」이 있음.

표 2-1. 아열대화에 따른 해양생물자원 관리 관련 법률 현황

법률명	시행일	관리대상	주관 부처
해양환경관리법	'07. 4. 11 (78.7.1)	해양서식생물체, 해수, 해저, 해양대기, 인간활동	국토해양부
해양생태계법	'07. 4. 5	해양생물, 무기 및 유기환경 전체	국토해양부
습지보전법	'99. 8. 9	습지(연안, 내륙)	국토해양부/환경부
해양생명자원법	'12. 7. 26	해양동식물, 해양미생물, 해양생명유전자원 및 이와 관련한 정보	국토해양부
농수산생명자원법	'12. 7. 26	수중 서식 수산동식물, 관련 미생물 및 정보	농림수산식품부
저탄소녹색성장기본법	'10. 4. 14	저탄소 녹색성장 관련 사회경제활동	정부합동
생물다양성보전법	'13. 2. 2	생물다양성, 생태계, 생물자원, 유전자원, 전통지식, 외래생물, 생태계 교란 생물	환경부
해양수산발전기본법	'02. 11. 14 (88. 6. 5)	해양 및 수산분야 자연환경, 사회경제 전반	국토해양부

- 우리나라 관련 법률 체계는 국제사회에서의 주요 현안과 협약의 발전과정에 따라 밀접한 관련이 있는 것으로 알 수 있음.

- 「해양환경관리법」은 국제해사기구(IMO)가 주관하여 채택한 ‘해양오염방지국제협약(MARPOL 73/78)’을 이행하기 위해 제정한 「해양오염방지법」을 2007년부터 해양환경관리라는 ‘능동적 대응’의 관점에서 정비하여 시행하고 있는 법률임.
- ◆ 이에 따라 과거 ‘해양오염방지’에서 ‘해양환경관리’로 패러다임이 전환되면서, 관리대상이 해양서식생물체, 해수, 해저, 해양대기 및 인간 활동으로 확대되었음.
- ◆ 즉, 기존에 해양에 유입하여 환경을 오염시키는 행위 또는 물질만을 관리대상으로 하였고, 이 중 특히 유류오염을 중심으로 법제도가 운영되었으나, 법률 제정 이후 생물체로 확대됨.

표 2-2. 주요 법률과 국제협약의 관계

법률	국제협약
해양환경관리법	○ 해양오염방지국제협약(MARPOL 73/78) - 1973년 협약 채택, 1978년 의정서 채택
습지보전법	○ 람사르협약(물새서식처로서 국제적으로 중요한 습지에 관한 협약) - 1971년 채택
저탄소녹색성장기본법	○ 기후변화협약 및 교토의정서 - 1992년 협약 채택, 1997년 의정서 채택
해양생물자원법	○ 생물다양성에 관한 협약 및 나고야 의정서 - 1992년 협약 채택, 2010년 의정서 채택
농수산생명자원법	○ 생물다양성에 관한 협약 및 나고야 의정서 - 1992년 협약 채택, 2010년 의정서 채택
생물다양성보전법	○ 생물다양성에 관한 협약 및 나고야 의정서 - 1992년 협약 채택, 2010년 의정서 채택

- 「습지보전법」은 람사르협약(71년)과 밀접한 관련이 있는 법률로, 주로 인간의 사회경제활동에 의한 습지생태계의 훼손을 저감·방지하고 그 가치를 보호할 목적으로 제정되었음.
- 「저탄소 녹색성장기본법」은 기후변화협약(92년) 및 교토의정서(97년) 채택 이후 변화하는 기후환경, 에너지 위기에 적극적으로 대응하고, 이에 따른 산업 활동의 영향을 최소화할 목적으로 제정되었음.
 - ◆ 기본법으로서 위상이 있는 이 법률이 아열대화 및 이에 따른 해양생물자원의 변화에 대한 조사연구, 대책마련을 구체적으로 적시하지 못한 한계가 있음.
 - ◆ 다만, 기후변화에 따른 우리나라 주변 해양환경, 생태계 변화를 조사, 연구할 수 있는 법적 근거를 포괄적으로 규정하고 있다는 데 의의가 있음.
- 「해양생물자원법」, 「농수산생명자원법」, 「생물다양성보전법」은 생물다양성협약(94년), 나고야 의정서(10년), 아이치 타겟(10년)과 밀접한 관련이 있음.
 - ◆ 산업적으로 이용가능성이 매우 높은 유전자원의 이용 및 이에 따른 이익공유(ABS, Access to genetic resources and Benefit-Sharing)를 다루고 있는 나고야 의정서 발효에 대응하기 위해 제정한 법률임.



◆ 따라서 이 세 개의 법률은 해양생명자원의 이용과 관리, 보전을 관장한다는 점에서 이 연구의 주제와 관련은 있지만, 기후변화에 따른 해양환경의 아열대화를 영향요소로 설정하고 있지 않다는 점을 주지할 필요가 있음.

- 상기한 법률 중 이 연구의 주제어인 '아열대화', '생물자원'을 직접적, 구체적으로 적시한 법률은 없으나, 상대적으로 관련성이 높은 법률은 「해양생태계법」, 「해양생명자원법」, 「농수산생명자원법」이며, 포괄적 관점에서 관련성이 있다고 판단되는 법률은 「해양환경관리법」, 「습지보전법」, 「저탄소 녹색성장 기본법」, 「해양수산발전기본법」, 「생물다양성보전법」이 있음.
- ◆ 아래에서는 이 연구주제와 관련성이 높고, 구체적 이행수단을 확보하고 있는 「해양생태계법」, 「해양생명자원법」, 「농수산생명자원법」을 구체적으로 살펴보았음.



나. 주요 법률의 연구주제 관련 사항

(1) 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률

- 법률의 제정 목적
 - ◆ 이 법의 제1조에 따르면 해양생태계를 인위적인 훼손으로부터 보호하고, 해양생물다양성을 보전하며 해양생물자원의 지속가능한 이용을 도모하는 등 해양생태계를 종합적이고 체계적으로 보전·관리함으로써 국민의 삶의 질을 높이고 해양자산을 보호함을 목적으로 하고 있음.
 - ◆ 제정 목적 중 해양생물 다양성의 보전을 위한 관리수단의 일환으로 해양환경변화를 조사, 연구하고 외부 압력 중 자연환경의 변화로 인한 영향의 평가 및 대책을 마련한다는 점에서 부분적으로 관련이 있음.
- 아열대화에 따른 생물자원 연구 관련 사항
 - ◆ 이 법률에서 생물자원 연구와 관련한 사항은 제10조 해양생태계조사, 제11조 정밀조사 및 해양생태계의 변화관찰, 제38조 해양생물다양성 보전대책의 수립 및 국제협력, 제29조 해양생물다양성의 연구·기술개발 등임.
- 관련 조문을 구체적으로 살펴보면 먼저 해양생태계 조사에 관한 제10조는 “10년마다 전국을 대상으로 해양생태계 기본조사를 실시해야 한다”고 규정하고 있음.
 - ◆ 10년 단위 해양생태계 기본조사는 우리나라 해양생태계에 관한 기초항목을 중심으로 해양생태계 전반의 특성을 파악하고, 이를 토대로 관리대책을 도출할 목적으로 한다는 점에서 해양생물자원 연구와 부분적으로 관련성이 있음.
- 한편, “기본조사 수행 결과 새롭게 파악된 해양생태계로서 특별히 조사하여 관리할 필요가 있는 경우 정밀조사를 실시할 수 있다”고 규정한 제11조는 이 연구주제와 밀접한 관련이 있음.
 - ◆ 따라서 제10조에 따른 해양생태계 기본조사는 해양생물자원 연구를 위한 기초조사의 성격을 띠고 있고, 정밀조사는 특정 공간 또는 생물자원에 대한 구체적 조사의 성격이 있음.
 - ◆ 특히 보완조사의 대상을 “제10조의 규정에 의하여 조사를 실시한 지역 및 해역 중 자연적 또는 인위적 요인으로 인한 해양생태계의 변화가 뚜렷하다고 인정되는 지역 및 해역”(제11조 제2항)으로 규정하고 있어, 자연적 요인에 의한 해양생태계변화가 “아열대화”라는 자연환경의 변화를 반영한다는 점에서 직접 관련이 있는 조사연구라 할 수 있음.
- 해양생물다양성의 연구·기술개발을 규정하고 있는 제29조는 “해양생태계의 구조·기능·조사 및 복원, 해양생물의 분류, 해양생물다양성 구성요소의 서식지 및 서식지 외에서의 보전 등에 관하여 연구 및 기술개발”(제1항)을 다루고 있음.



- ◆ 연구 및 기술개발은 제10조 기본조사, 제11조 정밀조사의 결과를 분석·평가하고 정보의 관리를 통해 해양생물자원의 보전에 이용하고, 제38조의 규정에 의한 해양생물다양성 보전 대책에 반영해야 한다는 점에서 정책적으로 활용도가 있음을 함의함.

(2) 해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률

● 법률의 제정 목적

앞에서 기술한 바와 같이 ‘생물다양성에 관한 협약’ 및 나고야 의정서 채택(‘10년)에 따라 제정한 법률이므로, 이 법의 제정목적은 아래와 같이 설정되었음.

- ◆ 해양생명자원을 종합적이고 체계적으로 확보·관리 및 이용하기 위하여 필요한 사항을 규정
- ◆ 해양생명자원의 효율적이고 지속가능한 이용을 도모하고 해양생명자원에 대한 주권을 강화
- ◆ 해양생명공학의 경쟁력을 확보하여 국민경제의 발전에 기여
- ‘생물다양성에 관한 협약’이 포괄적 의미에서 자연환경의 변화에 따른 생물다양성 보전을 목적으로 하는 협약이고, 자연환경의 변화가 ‘기후변화에 따른 아열대화’를 포함한다는 점에서 이 연구의 주제와 관련성이 있음.
 - ◆ 다만, 이 법률 제정의 직접적 근거가 된 국제협약이 ‘나고야 의정서’임을 고려할 때, 아열대화와 같은 자연환경의 변화에 따른 생물자원의 변화를 체계적으로 조사, 연구하는 연구와 관련성은 「해양생태계법」에 비해 낮은 수준임.

● 아열대화에 따른 생물자원 연구 관련 사항

- ◆ 해양생물자원의 조사연구와 관련한 사항은 제7조(해양생명자원에 대한 조사) 및 제8조(종합계획의 수립 및 시행)에 규정되어 있으며, 그 외 사항은 해양생명자원의 확보 및 이용·관리에 집중되어 있음.
- ◆ 이 법률의 해양생명자원의 확보, 이용 및 관리에 초점이 맞추어져 있을 지라도 제7조에 따라 수행하는 ‘해양생명자원의 현황 및 서식지 등에 관한 기초조사’(제1항)와 정밀조사(제2항) 결과는 간접적으로 아열대화에 따른 해양생물자원의 변동 상태와 원인 등을 파악하는데 도움을 줄 것임.
- ◆ 이는 법 기초조사 및 정밀조사의 내용을 규정한 법 시행령 제5조의 제1항 1호에 규정된 ‘현지내 보존 상태에 있는 해양생명자원의 현황 및 서식지에 관한 사항’이 기초조사 내용으로 포함되어 있으며, 시행령 제2조의 제1호에 ‘해양생명자원의 훼손 현황 및 그 원인에 관한 사항’을 정밀조사의 내용으로 규정하고 있다는 데서 확인할 수 있음.
- ◆ 특히 이러한 조사연구결과를 토대로 법 제9조에 따라 수립해야 하는 해양생태 보전·관리기본계획에 포함될 사항으로 “지구온난화 등에 따른 해양생태계의 변화 예측에 관한 사항”(시행령 제4조 제1항 제3호)은 이 연구주제와 가장 부합하는 내용임.

(3) 농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률

● 법률의 제정 목적

- ◆ 이 법은 국토해양부와 농림수산식품부로 이원화된 해양생명자원 관리체제에서 「해양생명자원법」과 관할권이 다른 것으로 판단되는 수산자원 및 수산자원과 관련한 미생물자원, 유전자원 및 관련 정보의 확보, 이용 및 관리를 목적으로 제정한 법률임.
- ◆ 이 법률의 제정목적은 「해양생명자원법」과 유사하게 “농수산생명자원을 종합적이고 체계적으로 보존·관리하고 지속가능한 이용을 통하여 농수산생명자원의 다양성을 확보하고 농수산생명산업의 경쟁력을 강화하여 농어업·농어촌 및 국민경제 발전에 기여”하는 것으로 규정되어 있음(법 제1조).

● 아열대화에 따른 생물자원 연구 관련 사항

- ◆ 이 법률은 농수산생명자원의 현황 및 장기변동 예측에 관한 사항을 「해양생명자원법」에서 정한 바와 같이 구체적으로 규정하고 있지 않음.
- ◆ 다만, 법 제6조 제1항에 “농수산생명자원을 안전하게 보존하기 위하여 현지내보존 및 현지외보존 상태에 있는 농수산생명자원의 현황을 조사·수집해야 한다”고 규정하고 있고, 동 법 시행규칙을 통해 매년 “현지내보존 및 현지외보존의 상태에 있는 농수산생명자원의 현황 조사·수집 계획을 매년 수립·시행”(시행규칙 제2조 제1항)해야 함을 규정하고 있음.
- ◆ 법률의 전체 구조와 세부내용의 함의를 고찰하면, 이 법률은 기후변화와 같은 외부의 자연환경조건의 변화 및 이에 따른 해양생물자원의 변동을 체계적으로 조사, 연구하는 사항과 관련성은 상대적으로 낮은 것으로 평가됨.
- ◆ 또한 2013년 출범한 박근혜정부에서 해양수산부 부활에 따른 기존 해양생명공학과 수산관련 법류 조정이 필요하며, 특히 해양생물자원에 대한 개념에서 수산과 해양생물에 대한 모호한 정의를 법률적으로 조정해야 하는 과정이 선행되어야 함.

표 2-3. 주요 법률의 아열대화 및 해양생물자원 변동 연구 관련 사항

법률	아열대화에 따른 생물자원 변동 연구조사 관련 사항
해양생태계법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 법 제10조 해양생태계기본조사(10년 주기) ○ 법 제11조 제2항 해양생태계 정밀조사 및 해양생태계 변화·관찰 ○ 법 제29조 해양생태계, 해양생물, 다양성 보전 등에 관한 연구 및 기술개발 ○ 법 제38조 해양생물다양성보전대책의 수립 및 국제협력 <ul style="list-style-type: none"> - 해양생물다양성 연구 인력 및 시설 확충 ○ 시행령 제4조 제1항의 1호 지구온난화 등에 따른 해양생태계의 변화 예측에 관한 사항
해양생명자원법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 법 제7조 제1항 및 제2항 해양생명자원 기초조사(5년 주기) 및 정밀조사 ○ 시행령 제2조 해양생명자원의 훼손 현황 및 원인 조사 ○ 시행령 제5조 현지 내 보존 상태 해양생명자원 현황
농수산생명자원법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 법 제6조 제1항 현재보존 상태에 있는 농수산 생명자원 현황 조사 ○ 시행규칙 제2조 농수산생명자원 현황의 조사 및 수집 (매년)

(4) 정부지원 정책사업 종류와 현황

- 현재 우리나라 주변 해양 수온 상승과 이에 따른 해양 환경 및 생물자원의 변동이 발생함에 따라 해양연구의 영역 확장이 요구되고 있는 상황임.
- 본 기획연구에서는 상기 정책 수요를 반영하여 우리나라 과학조사 영역의 확장과 관련되는 국제협약, 법률 및 제도, 연구 및 조사, 기술개발 현황을 검토하고 나아가 국내 법령 수용 및 개선 방향을 검토할 것임.

2. 국내 정부 및 정책 동향

- 1992년 유엔환경개발회의(UNCED) - 리우선언문 -> 개발도상국에 대한 기술이전이 필요함 '공동되지만 차별화된 책임' 강조
- 지구온난화 규제 및 방지의 국제협약인 기후변화협약의 구체적 이행 방안으로 1997년 교토의정서 체결 이후 - 한국은 가능한 오랫동안 온실가스 감축의무를 면하는 것 목표
- 2007년 초 IPCC 기후변화에 대한 보고서 발표 이후 지구 온난화에 대한 관심 고조
- 교토의정서 제2차 공약기간 (2013-2018) 온실가스 의무 감축
- IPCC 기후 변화 보고서에 상응하는 한국판 '한국 기후변화 평가 보고서 2010' 발간(환경부, 국립환경과학원)

한국은 과거 기후변화에 소극적인 태도를 보였으나, 선진국화가 되어감에 따라 지구 온난화에 대한 관심이 고조되고 있음. 이러한 경향은 국내 학회 및 관련 기관의 움직임에서 확인 할 수 있음.

가. 국내 학회 및 기관 동향

- 국회기후변화포럼 - 국회, 정부, 산업계, 시민, 학계 등 각계 전문가가 참여하여 범국민적인 참여와 실천 유도, 기후변화 거버넌스 포럼
- 한국기후변화학회 - 기후변화 과학, 영향평가와 적응, 신재생 에너지, 정책, 산업, 온실가스, 교육 등 기후변화와 관한 각 분야의 전문가와 기업 그리고 정책결정자들 사이의 소통과 협력을 위한 학회
 - ◆ 기후변화에 대한 거시적인 평가 및 예측
 - ◆ 기후변화 국제협력과 적응대책 수립에 대한 방안
 - ◆ 한반도 기후변화 관찰 등
- 녹색성장 위원회
 - ◆ 기후변화로 인한 에너지 위기에 따른 저탄소녹색성장 창출 필요성
 - ◆ 녹색변환을 통해 경제성장과 환경보호를 동시에 추진하는 새로운 패러다임 필요
 - ◆ 저탄소녹색성장 국가전략과 5개년 계획
- 기후변화 해양영향 국제 심포지엄 (국립수산과학원)
 - ◆ 우리나라 주변해역에 나타나는 기후변화의 영향은 해수온과 해수면의 상승, 해양 산성화 등으로, 전 세계 평균에 비해 수온 상승이나 해수면 상승이 월등하게 높은 것으로 알려져 이에 대한 현황 파악과 대응책 마련



- ◆ 미국, 인도 등의 연구자가 전세계 기후변화의 해양 영향과 예측기술을 비롯한 기후변화로 인한 수산자원의 변동 경향, 우리나라 주변해역의 수온과 열수지의 장기 변동, 이산화탄소의 장기 변동 경향, 태풍강도의 변화, 해양생물의 해양산성화 영향 및 플랑크톤의 변동 경향 등 해양예보와 수산, 물리, 화학, 생물, 기상의 기후변화 영향 파악에 대한 다양한 연구결과를 소개하고 논의

- 해양기후변화 대응을 위한 국제 세미나 (국립해양조사원)

- ◆ 미국, 일본, 캐나다 해양측량 전문가를 초빙하여 선진기술 동향 소개, 정보교환
- ◆ 해안선부근의 지질정보 수집을 위한 초분광선서 활용 기술, 선박기반 지상레이더를 이용한 영해기점조사 및 도서측량, 수심측량용 레이더를 이용한 해저지형조사, 해안선변화 모니터링 및 기후변화에 대한 위성영상 활용방법, 해양레이더 계측기술을 이용한 해양방재 및 환경대책 등 해양조사와 측량분야의 최신 기술 소개

- 해양기후변화 적응 국제워크숍 (해양환경관리공단)

- ◆ 정부기관, 대학, 연구소 및 각국의 해양기후변화 업무 전문가 등 100명이 참여해 해양 및 연안지역 기후변화 취약성 평가 현황에 대한 내용을 공유하고, 선진국과 개도국간의 협력방안을 모색

- 국제 해양 · 기후변화 심포지엄 (여수엑스포)

- ◆ 유네스코 정부간 해양학위원회(UNESCO/IOC), 북태평양해양과학기구(PICES), 북대서양 해양과학기구(ICES) 등 3개 국제기구가 공동으로 주최
- ◆ 기후변화가 우리나라 주변 해역을 비롯해 전 세계 모든 해양생태계에 미치는 영향에 대한 최근 연구동향과 향후 대응책도 중점적으로 다룸
- ◆ 물리해양학 분야에서는 얼음과 해류 등 기후변화를 예측할 수 있는 다양한 변수 보고
- ◆ 기후변화의 영향이 수온에만 국한되는 것이 아니라, pH(수소이온농도지수) 및 산소량과 같은 해수의 성질에도 영향을 미침. 기후변화로 인한 해양의 산성화가 해양 생물에 심각한 영향을 미칠 것으로 예상
- ◆ 탄소 순환 연구에서는 기후변화에 의한 전지구적 이산화탄소의 농도 변화가 보고
- ◆ 해양생태계 연구에서는 기후변동, 수산업, 해양산성화, 저산소 현상 등의 변화가 어종, 크기 분포, 생활사, 영양 단계에 미치는 영향이 발표



3. 국내 연구 동향

가. 주요 관련 연구 동향

- 기후변화가 남해역(남해 및 동중국해) 해양생태계에 미치는 영향 평가 시범 연구(국토해양부)
 - ◆ 남해권역 장기 수온변동 추이 및 기후변화와의 상관성 분석
 - ◆ 제주도 남동부 해역 모니터링 및 해양 산성화 경향 파악
 - ◆ 해양환경/생태계 영향 평가 / 감시를 위한 모니터링 기반 구축
 - ◆ 수온 상승과 산성화에 따른 해산 플랑크톤 종내 형태적 유전적 변이 탐색
 - ◆ 기후변화의 남해권역 해양 생태계 영향 및 기능 평가
 - ◆ 중형동물플랑크톤 생체량 모니터링
 - ◆ 기후변화 생태계 생태 모델링
 - ◆ 남해 및 북부 동중국해 해양환경/생태계 장기변동 추이 및 기후변화 영향분석

- 해양산성화에 의한 생태계 영향 진단과 예측(해양과학기술원)
 - ◆ 이산화탄소 증가에 따른 주요생물 생리/생태 변화 파악
 - ◆ 해양산성화가 수산생물 자원에 미치는 영향 연구
 - ◆ 동해 탄산칼슘 포화수심 연구
 - ◆ 연안용승에 따른 해양산성화 연구
 - ◆ 실험실과 메소코즘 실험을 통해 산성화에 따른 영향 연구

- 자생생물 조사·발굴자연 환경보전법, 야생동·식물보호법, 생물자원보전 종합 대책('05)등에 따른 생물자원의 조사·발굴하는 것으로 2020년까지 총 연구비 406억, 우수생태계(해안사구, 하구역, 무인도서, 습지보호지역, 자연경관 등) 정밀조사, 특정지역 생물다양성 조사, 서식처 유형화·구조 분석함.(환경부)

나. 기타 국책사업으로 진행되는 기후변화 관련 연구

- 기후변화 관련 연구는 크게 기후 등 물리적 변화를 추적하는 연구를 통한 미래 예측을 목적으로 하는 연구와 환경변화에 따른 생태계 영향을 평가하는 연구로 진행됨.

표 2-4. 국토해양부 해양환경기술개발 사업

과제명	주관연구기관	기간	연구비 (억원/년)
장기해양생태계 연구	포항공대	2011-2020	20
유해해양생물관리대책연구	국립수산과학원	2009-2013	2
해양생태계 교란생물관리방안연구(종료)	삼육대	2008-2012	3

해양생태계 내분비계 장애물질 연구(종료)	국립수산과학원	2006-2011	9
기후변화가 남해권 해양생태계에 미치는 영향 및 기능평가 기술개발	해양과기원	2008-2013	10
해외해양생물자원개발연구	해양과기원	2009-2014	30
남서해안 및 제주해역 유해녹조류관리방안	전남대	2009-2013	5.5
해양생태계 위험생물의 피해 및 저감기술연구(신규)		2013-2021	20
기후변화 수반연안지표환경변화 프로토타입연구(신규)		2013-2017	15
해양기인 중장기 기후변동의 역학적 연구와 예측기술개발	서울대	2009-2013	2

- 현재 진행된 국책사업에서는 기후변화에 따른 해양생태계 변동 파악 및 평가기술을 중심으로 진행되고 있으며, 해양생명자원연구로는 해양생명공학사업으로 진행중인 해외해양생물자원개발연구에 국한되어 진행되고 있음. 오히려 국내 해양생명자원 관련 연구개발사업은 아직 진행되지 못하고 있는 실정으로, 아열대화에 따른 해양생물자원변동에 대한 기반 정보도 확보하지 못한 실정임.
- 아열대화 등 기후변화를 예측하는 기술을 열대성 생물 분포 등 지표종에 의한 지역적 해석에 의존하고 있음.
 - ◆ 2010년 환경부에서 발표한 기후변화 생물지표 100종에는 해양생물이 12종 포함되어 있음. 주로 제주도 남쪽에서 서식하는 종을 중심으로 기재되어 있으나, 임반주변에 서식하는 생물로만 정리됨.

표 2-5. 기후변화 지표생물 중 해양생물 목록

계	분류군	국명	학명	주요서식지
동물	극피동물	빨강불가사리	Certonardoia semiregularis	제주남부
	해면동물	예쁜이해면	Callyspongia elegans	남해도서, 제주
	자포동물	큰수지맨드라미	Dendronephthya gigantea	제주남부
	연체동물	오분자기	Sulculus diversicolor	제주
	갑각류	검은큰따개비	Tetraclita japonica	남해, 제주
	갑각류	청소새우	Stenopus hispidus	제주
	갑각류	털줄원손집게	Dardanus arrosor	제주
식물	녹조류	옥덩굴	Caulerpa okamurae	남해
	홍조류	비단망사	Martensia denticulat	남해, 제주
	홍조류	참빛풀	Odonotalia corymbifera	제주
	갈조류	넓패	Ishige foliacea	남해, 제주
	갈조류	주름뼈대그물바탕말	Dictyopteris undulata	남해, 제주

다. 논문 분석

(1) 국내 천연물 연구 분석

- 우리나라 해역에서 채집한 해양생물을 대상으로 수행한 해양천연물 연구 또는 대사성분의 활용연구에 관한 문헌 분석을 실시. 분석 기간은 우리나라 해양천연물 연구의 결과가 국제학술지에 본격적으로 수록되기 시작한 1995년부터 2013년 1월까지로 한정하였고, 대상논문은 SCI급으로, 논문의 제목에 생물명이 정확히 동정되어 기록된 논문으로 한정함.
- 우리나라 해역에 분포하는 주요 생물종의 연구 빈도를 확인하기 위한 조사이므로 이미 국내 연구자에 의해 발표된 화학성분을 다시 생리활성에 중심으로 연구한 논문은 제외하였고, ACD 데이터베이스와 ScienceDirect 데이터베이스를 중심으로 조사를 수행하였기 때문에 주요한 일부 논문이 빠져있을 수 있음.
- ◆ 논문은 모두 110편이 검색됨.
- ◆ 대상 생물을 중심으로 그 빈도를 보면 해면동물이 57편을 차지하여 지금까지 천연물 추출을 위해 가장 많은 연구 대상 생물이었음. 그 다음으로 해양미생물 21편, 산호류 14편, 해조류 8편 등의 순서를 나타냄.
- ◆ 가장 높은 빈도를 보였던 해면동물을 다시 속의 단위로 분류해 보면 *Petrosia* sp., *Sarcotragus* sp., *Phorbasp* sp., *Spirastrella* sp., *Spongosoritessp.*, *Stelletta* sp. 등이 주요 연구대상 생물로 이용됨.

선진국을 중심으로 이미 장기적 측면을 글로벌 기후변화 연구와 더불어 핵심 현안 대응 연구개발이 진행되고 있음(기획 제안서 발표자료)

- Aloha - D : 미국 하와이 엘리노에 따른 자원예측 및 어획량 조정 등 국가 미래 자원관리에 활용
- BATS : 카리브해 중심 태풍빈도 증가에 따른 주요 생물자원영향 감시를 통해 자연 채취량 및 생태계 복원 및 조정

↓
국외 연구는 거시적(지구순환, 산성화, CO²), 실리적(수산, 생태계) 연구 위주 기후변화와 아열대화는 상이한 접근 필요

Climate Impacts on U>S> living Marine Fisheris Service Concerns, Activaties and Needs(NOAA, 2008)

미 서부 해안(캘리포니아, 오레곤, 워싱턴주) 수온 변화와 관련한 어족 자원의 변동
Life in a Changing Ocean(CML, 미국 2011-)

- Climate variability and change on marine resources and fisheries
- Responses of Arcitic Marine Ecosystems to climate Change
- Gloval assessment of the implication of climate change on the spatial distribution of fish and fisheries.

그림 2-1. 논문 분석 - 우리나라 해양천연물 연구대상 생물

- 채집 지역을 중심으로 분석해 보면, 제주도가 42편으로 가장 높은 빈도를 나타냄. 그 다음으로 거문도 24편, 가거도 13편, 통영 6건 울릉도 3건, 등의 순서였으며, 특이하게 독도 생물에 대한 연구는 1건으로 나타남.
- 결과적으로 해양생물을 대상으로 천연물 추출 연구가 진행될 때, 주로 아열대성 생물을 주 연구대상이 되었으며, 실제 수산생물보다는 생태계에서 하등동물 중심연구가 진행됨. 하지만 최근에는 천연물 추출이 주로 동물 내부 미생물에 의해 생성되고 있는 것으로 알려지면서, 2차 생산체를 중심으로 한 미생물연구가 진행되고, 하등동물에서 고등동물로 범위가 확대되고 있음.
- 해양에서 천연물 연구는 산호초 주변에서 서식하는 아열대성 생물 연구가 높은 효율을 나타내는 결과를 초대로, 한반도 아열대화는 생물다양성 증가와 더불어 생명공학 소재생물의 가입이 원활할 것으로 예상되고 있음.

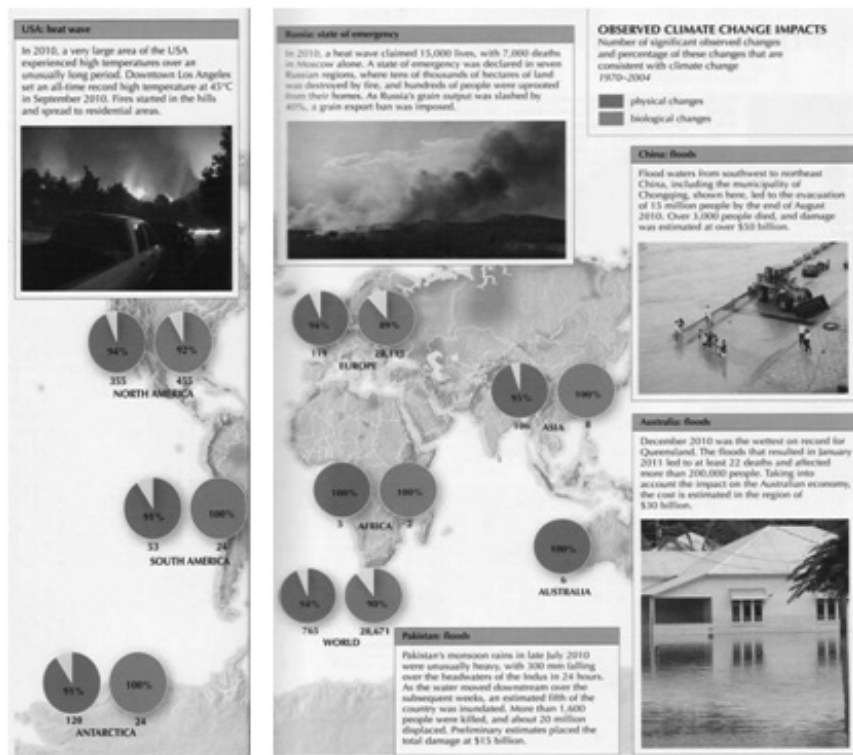


그림 2-2. 논문 분석 - 해양천연물 연구대상 생물 채집지역

4. 국외 연구동향

가. 미국

- 기후 변화는 이제 국지적인 영향이 아닌 지구 전체에서 나타나는 현상으로 변화에 따른 대안이나 대책 마련이 주로 미래 기후를 좀 더 정확하게 예측하는 방식으로 모니터링을 통한 변화 양상 파악에 중점을 두고 있음.
- 해양산성화에 대한 연구수행 및 지원에 관한 법안(Federal Ocean Acidification Research and Monitoring Act of 2007, FOARAM Act)이 2007년 미국상원을 통과함.
- 미국을 중심으로 인위적인 CO₂ 증가에 따른 해양산성화가 해양생물과 해양생태계 여러 과정에 미치는 영향에 대한 연구가 진행되고 있고, 일본도 여러 생물에 대한 반응 결과를 도출하고 있으며, 향후 연구를 위한 국가별 연구계획이 진행 중에 있음.
- 미국, 일본, 캐나다 등은 자국의 해양생태계 모니터링 프로그램(예, CalCOFI, Line-P, HOT 등)을 통하여 장기적으로 해양생태계를 조사하고 있으며, 이러한 장기조사를 통한 자료를 바탕으로 기후변화에 의한 해양생태계 변화 및 수산자원 변화를 연구하고 있음. 또한 많은 국가에서 해양생태계 모델링에 대한 연구의 필요성을 인식하고 기존의 연구 결과를 총체적으로 평가하려고 함.



그림 2-3. 기후변화에 따른 국가별 영향비교

나. 유럽연합

- Census of Marine Life 전 세계 해양생물의 다양성 및 해역별 종의 분포, 생물상의 규모 등을 파악하기 위한 국제공동 연구 프로젝트로 10년간 80여 개국 2,700여 해양생물학자들이 참여, 총 연구비 6억 5천만 불(USD)규모의 연구 프로젝트 수행
- BIOFUM, MAR-ECO 프로그램을 통해 특정 해양생태계의 해양생물자원을 집중적으로 탐색

BIOFUN: '06-'11, 스페인 주도, Eurocore program/ 유럽 심해의 생물상을 virus부터 대형 생물까지 조사하는 한편 환경 변화에 대한 대응 연구 수행

MAR-ECO : '01-'88, 노르웨이 주도 16개국 참가/ 중부 대서양 지역의 표면부터 심해 약 4,000m까지 해양생물의 군집, 분포 및 생태 등을 연구

- IMBER는 GLOBEC(Global ocean Ecosystem Dynamics Project)후속 프로그램으로서 기후변화가 먹이망(end-to-end food web)의 구조 및 기능에 미치는 영향과 먹이망과 생지화학적 순환과의 상호관계 연구에 중점을 두고 있음.
- EPOCA(European Project on Ocean Acidification)가 2008년 6월부터 시작되었으며, 4년간 165억 원 이상을 투자하여 해양산성화 과정, 산성화가 biological process에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하고 있으며, 9개 국가 27개 연구기관이 컨소시엄을 구성하여 100명 이상의 전문 연구원들이 참여하고 있음.
- GLOBEC 프로그램 후속으로 IMBER 프로그램이 이미 진행 중에 있으며, 이 프로그램 역시 기후변화가 해양생태계와 생지화학적 순환에 미치는 영향을 평가하고 향후 변화를 예측하는데 주된 목적을 두고 있음.
- 2008년부터 EU는 향후 5년간 2백만 유로를 투자 기후변화가 식물플랑크톤에 미치는 영향을 파악하기 위한 'PhytoChange Project' 연구 프로그램을 시작함.
- 기후변화와 해양물질순환의 상호영향을 파악하기 위한 연구의 일환으로 해색 위성을 이용한 식물플랑크톤 기능 그룹별 분석 기술에 대한 연구는 최근 미국과 유럽 등의 선진과학국가들에서 많은 관심을 보이고 있으며, 미우주항공연구소(NASA)와 유럽 우주항공연구소(ESA)는 PFTs연구를 위한 차세대 해색 위성을 계획 중에 있음.

다. 중국

- Marine Biotechnology in Great China 프로그램('09 -'14)의 부분으로 제3해양연구소를 중심으로 심해무생물 탐사 등의 연구 수행(인도양, 동중국해 등)
- 국가차원의 GLOBEC연구에 이어서 중국 IMBER 프로그램을 출범하여 기후변화, 해양생태계 변화, 수산자원 변화에 대한 연구를 수행하고 있음.

라. 일본

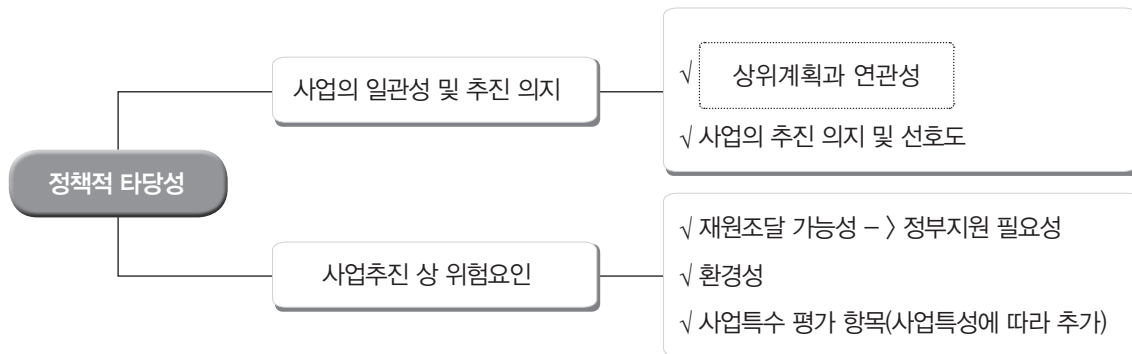
- 일본은 대양의 변화에 대한 시나리오를 바탕으로 관측과 모델을 이용한 일본 연안의 물리/생태환경의 변화에 대한 전망을 발표하고 있음.
- 해양순환모델과 결합된 생태모델을 개발하고 이를 이용한 연구가 활발하게 진행 되고 있음.

5. 국내외 기술 현황

가. 국내

- 우리나라에서 해양생물자원은 지금까지도 수산생물에 한정되어 평가되고 있는 실정임. 생명공학 분야가 발전하면서 해양생물자원은 단백질원보다 기능성 물질에 대한 부가가치가 높아지면서, 과거에 관심이 없던 생물의 가치가 더욱 존중되는 관점 변화가 일어나고 있음. 수 kg에 달하는 생체량보다 0.1g의 생리활성물질이 수백배 가치를 지닌 상황에서 생명공학 산업 경제제성 증대를 위해서는 생물다양성을 근거로 한 생물자원량 해석이 이루어져야 할 것임.
- 해양생물을 소재로 한 생물공학산업 가치는 이미 2004년부터 2013년까지 10년 동안 총 2,500억 원의 연구비를 투자하는 마린바이오21사업이 진행됨으로 인해 첨단해양생명공학기술의 중점개발을 통해 해양생명공학산업을 21세기 미래 주도형 고부가가치 성장 동력 산업으로 육성을 목표로 하고 있음.
- 국내 해양생물자원은 1990년대부터 천연물 등 생리활성물질 연구 소재로 활용되면서, 2차적 소재로 향장품, 기능성 합성 기반 물질로 개발되고 있지만, 현재까지는 하등동물인 해면동물을 중심으로 진행됨. 선진국 연구성과를 토대로 유사한 생물을 대상으로 한 물질 추출을 진행하는 방식이 주로 시도되었고, 성과 양산을 위한 kit를 이용한 항암 기능 평가, 기타 약용작용에 대한 성과를 양산함.

표 2-6. 해역별 해양생물 기원 추출물 생산 가능성 비교



- 오히려 생리활성 성분 추출이 중심이 되고 있으나, 과학적 성과 면에서는 키토산등 기능성 건강식품 소재등이 개발되었다. 그러나 이러한 연구에는 정량적인 mass를 확보해야하는 선결문제가 있음. 대부분 소재 해양생물은 아열대성 서식 조건을 가진 생물이 높은 효율성을 가지고 있는 것으로 나타남. 아열대 서식환경은 생물다양성이 높고, 생물간 서식경쟁이 치열하기 때문에 다양한 물질을 함유하는 잠재성을 나타내고 있음. 따라서 주요소재생물에 대한 mass 관리 등 기반 생물 생산성에 대한 정보가 필요한 상황임. 특히 우리나라에서는 대부분 아열대성 생물이 보호생물 등 관리대상 생물로 지정되어 있어서 자원생물로 가치를 높이기 위해서는 대상생물에 대한 자원량, 서식처 관리 등이 필요할 것임.
- 국내외적으로 해양생물자원을 이용한 생리활성물질의 개발 분야는 성장가능성이 큰 도입단계이기 때문에 집중적인 투자와 기술적인 개발을 통한 활성물질 확보노력이 절실함. 이와 더불어 현재까지 진행된 물질기반 생명공학연구 소재 생물 다양성 및 활성도, 성관에 대한 평가가 이루어져야 할 것임.

나. 국외 기술 현황

- 지구 온난화로 해수온도가 증가할수록 열대어류들이 서식범위를 넓혀가고 있음.
- 해수온도의 증가와 더불어 열대어류들과 산호종들 또한 서서히 온대지역으로 진출하고 있음.
- 오랜 기간 지속되어 온 몇몇 연구들은 이 현상이 결코 몇 년 사이에 이루어진 결과가 아니며, 지구온난화가 계속되어온 1900년대 초반부터 일어난 현상이라고 고찰하고 있음.
- 기후변화에 따라 온대지역으로 진출한 열대생물들은 기존 열대지역의 개체들과 생리적으로 다른 성향을 보이고 있음.
- 생물 서식범위의 차이를 변화시키는 가장 중요한 요인들로는 수온변화, 서식지 파괴, 자연재해, 수질변화, 해류변화, 어업남획 등이며, 이 중 수온변화와 해류변화는 해양생물 서식범위의 변화를 일으키는 주 요인이 되는 것으로 예측함.
- 환경변화에 따른 서식범위 변화에 관한 연구 중 75%는 그 결과가 지구 온난화로 인한 극지방으로의 서식범위 증가 및 감소를 보고하고 있음.
- 서식범위의 변화는 해양생태계에서 지상생태계보다 몇배로 빠르게 일어나고 있으며, 서식범위 변화가 생태계에 미치는 영향은 대부분 부정적이며, 그 영향의 크기는 대부분 새로이 가입한 생물들에게 적게 나타나고 기존지역에 서식하던 생물들에게 크게 나타나는 것으로 해석함.
- 기후변화와 관련, 특히 큰 위협을 받고 있는 고위도 산호초 지역들은 어업의 규제와 서식지 보호 등을 통해 각별히 보호할 가치가 있는 지역들이며, 기후변화로 빠르게 변해가고 있는 생태계에 따라 현존하는 생태계 보호전략을 추진중임.



6. 향후 전망

- 기후변화에 의한 지역해의 환경변화에 대한 연구는 더욱 증가할 것이고, 제5차 IPCC보고서에서도 이에 대한 항목이 추가될 것임.
- 기후변화(수온상승, 해양산성화 등)에 대한 해양생태계 반응연구는 먹이망 개념의 도입, 생물과정, mesocosm을 이용한 연구를 추구하고 있으며, 이는 전 세계적 프로그램(IMBER, EPOCA 등)의 목적과 부합하는 것으로써, 본 연구결과들이 전 세계 프로그램 중 아시아지역을 담당할 수 있는 자료로 활용될 뿐만 아니라 타 프로그램과의 국제공동연구 참여 가능
- 기후변화에 따른 해양생태계 영향을 파악하고 평가하는 기술은 향후 기후변화에 따른 유용생물자원의 지속적인 이용과 관리를 위해서 매우 중요할 것으로 전망됨.

2절. 정책동향 분석

1. 국제사회 정책동향 및 제도 분석

해양바이오돔과 관련한 국제사회 정책 및 제도는 관련 국가가 합의하여 이행하고 있는 연성 및 경성 협약체제(soft law and hard law) 모두를 포함하는바, 리우회의에서 채택한 의제21, 생물다양성협약, 기후변화협약이 대상임.



가. 리우회의 의제 21

- 1992년 브라질 리우에서 개최한 '유엔 환경 및 개발 회의(UNCED)'에서 향후 인류의 지속가능한 발전을 구현하기 위한 전략적 이정표로서 의제21을 채택하였음.
- 의제21은 전문(1장)을 포함하여 모두 40개의 장으로 구성되어 있으며, 이 중 해양생태계 보전 및 과학기술 관련 장은 제17장, 제31장, 제35장임.
 - 제17장 '해양 및 해양생물자원의 보호'는 40개의 주제 중 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 해양 및 연안지역의 지속가능한 발전의 중요성, 해양 공간 및 해양생태계 등 해양생물자원의 중요성을 국제사회가 인식하였다는 점에서 의의가 있음.¹
- 한편, 자원의 보전 및 관리, 지속가능한 발전과 관련하여 주요 그룹의 역할을 규정한 제3부에서 과학기술계의 역할을 제31장을 통해 기술하고 있음. 이는 과학기술의 활용이 지속가능한 발전을 위한 물적 토대로 기능할 수 있고 기능해야 함을 시사하는 것임. 이에 따라 제4부의 제35장을 통해 과학의 역할이 지속가능한 발전에 복무하는 방향을 아래와 같이 기술하였음.
 - 지속가능한 관리를 위한 과학적 기초 강화²
 - 과학적 이해의 증진
 - 장기적인 과학적 평가 능력 개선
 - 과학적 역량 및 능력 증진
- 리우회의는 1990년대 초반의 여건에서 인류의 지속가능한 발전과 밀접한 관련이 있는 두 가지 현안-기후변화 대응 및 생물다양성 보전-에 대해 별도로 국제사회의 합의를 도출하고, 이 합의사항을 이행하기 위한 협약을 채택했다는 점에서 의의가 있음.

나. 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity, CBD)

- 앞서 기술한 바와 같이 리우회의 기간 중 참가국을 중심으로 채택한 협약 중 생물다양성협약은 본 사업의 주제인

1 The Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity(2000년 1월 29일 채택, 2003년 10월 11일 발효)

2 The Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization to the Convention on Biological Diversity(2010년 10월 29일 채택)

인공생태계를 활용한 생태계 변화 예측, 진단, 대응방향 마련과 직접적인 관련이 있음.

- 생물다양성 협약은 1992년 6월 채택, 1993년 12월 29일 발효되었으며, 유전자변형생물체, 이익공유 등이 주요 현안으로 부상하면서 관련 의정서인 Cartagena Protocol³, Nagoya Protocol⁴)을 채택, 이행하고 있음.
- 위 두 개의 의정서는 각각 LMO(유전자변형생물체)의 안전성 관리, 유전자원의 이용 및 접근 및 이익공유(ABS)를 현안으로 다루고 있어 본 사업과 관련성은 매우 낮은 것으로 평가됨.

● 따라서 본 사업과 관련성이 높은 것은 본 협약인 CBD의 제12조 연구 및 훈련(Research and Training), 제14조 영향평가 및 부정적 영향 최소화(Impact Assessment and Minimizing Adverse Impacts)임.

● 각 조문의 내용을 구체적으로 살펴보면 제12조의 (b)항⁵에서 특별히 개발도상국에서 생물다양성의 보전 및 지속가능한 이용에 기여할 수 있는 연구를 촉진하도록 규정하고 있음.

- 또한 제14조에서는 생물다양성에 영향을 줄 수 있는 사업에 대한 환경영향평가를 수행하도록 규정하고 있으나, 후술할 기후변화가 생물다양성에 미치는 영향을 고려하면 영향평가의 방법, 절차, 내용 등을 과학적 방법론과 절차에 따라 재구성할 필요가 있음.

● 한편, 의정서는 아니지만 1995년 당사국 총회에서 채택된 Jakarta Mandate on Marine and Coastal Biological Diversity 및 1998년 이 규약의 이행을 위한 프로그램(Work Programme)이 본 사업과 연관이 있음.

- 생물다양성보전과 관련하여 연안 및 해양의 생물다양성보전의 중요성을 인식하여 이를 이행하기 위한 별도의 프로그램을 작성하였다는 점에서 의의가 있음.

● 생물다양성협약 당사국 총회를 거쳐 마련한 “2011-2020 생물다양성 전략계획 및 아이치 목표”⁶는 이 협약의 이행과 관련하여 목표연도를 설정하였다는 점에서 의의가 있음.

● 2011-2020 기간 목표는 모두 5개 전략적 목표와 20개의 하위 목표로 구성되어 있음.

- 바이오동과 연관성이 높은 전략적 목표는 “생물다양성보호를 주류화하여 생물다양성 손실의 근본 원인을 규명하는 것”⁷임.
- 이 분야 전략적 목표에서 본 사업과 관련이 있는 하위 목표는 목표 4로서, 2020년까지 지속가능한 생산 및 소비를 위한 조치를 취하거나 계획을 실행하며, 자연자원의 이용영향을 “안전한 생태적 한계(safe ecological limits)”⁸이내에서 유지될 수 있어야 하는 것으로 설정되어 있음.
- 목표 4에서 도출한 생태적 한계의 개념을 실제 사회경제활동에서 자연자원의 이용과정과 연계하는 것은 생태적 한계에 영향을 주는 생태계 자체의 건강성 및 생태계 건강성 관련 외부요인의 영향범위를 과학적으로 규명할 때 가능할 것으로 판단됨.
- 특히 외부요인의 영향범위는 특정 시점 또는 공간에 고정되어 있는 것이 아니라 여건변화에 따라 달라지는 바, 이를 사전예방적 관점에서 예측, 분석, 평가하는 행위가 선행되어야 함을 시사함.

3 The Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity(2000년 1월 29일 채택, 2003년 10월 11일 발효)

4 The Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization to the Convention on Biological Diversity(2010년 10월 29일 채택)

5 (b) Promote and encourage research which contributes to the conservation and sustainable use of biological diversity, particularly in developing countries, inter alia, in accordance with decisions of the Conference of the Parties taken in consequence of recommendations of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice: and

6 Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Targets “living in harmony with nature”

7 Strategic Goal A: Address the underlying causes of biodiversity loss by mainstreaming biodiversity across government and society

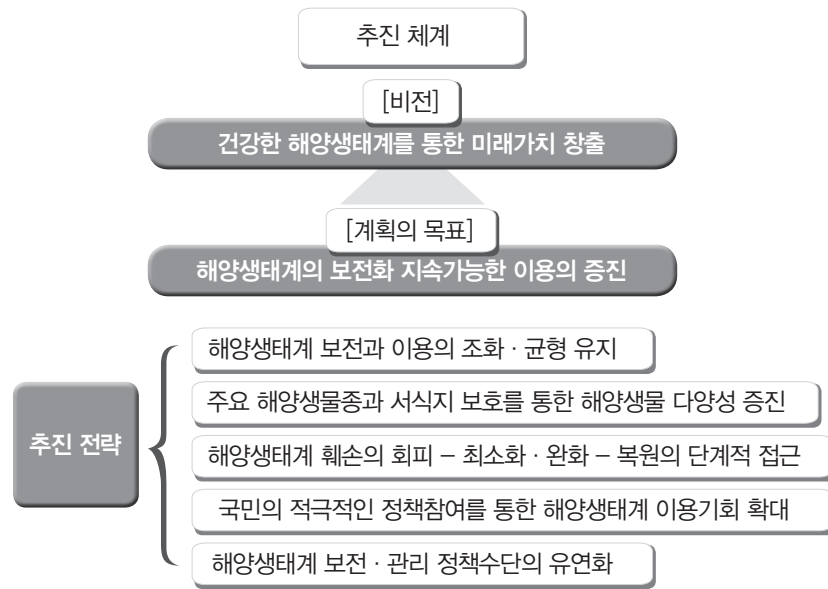


그림 2-4. 2020 생물다양성 전략계획 및 아이치 목표

다. 기후변화협약(Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)

- 생물다양성협약과 마찬가지로 의제21을 채택하는 과정에서 중요한 현안으로 분류되어 별도의 협약으로 발전한 것으로, 1992년 6월 160여 개국의 서명으로 채택되었음.
 - ◆ 본 조문은 모두 26개로 구성, 51개국이 가입하여 1994년 3월 21일 발효되었음.
 - ◆ 1995년 3월 제1차 당사국총회에서 협약의 구체적 이행을 위한 방안으로 2000년 이후 온실가스 감축목표에 관한 이정서를 채택하기로 합의, 1997년 교토에서 열린 회의에서 의정서를 채택하였음.
- 그러나 이 의정서는 기후변화협약 가입 당사국을 부속서 국가와 비부속서 국가로 구분하고, 온실가스 감축목표 설정, 감축목표 달성을 위한 수단 등을 기술하고 있는바, 본 사업과 관련성은 낮은 것으로 평가됨.
- 본 사업과 기후변화협약의 연관성은 제1조 정의에서 기후체계(climate system)를 규정한 것에서 출발하는바, 기후체계를 ‘대기, 수권, 생물권, 지권 및 각 영역별 상호작용 일체’⁸로 정의하고 있음.
- 또한 제4조를 1의 (g)항에 모든 당사국들이 기후변화 관련 불확실성을 줄이고, 과학적 이해를 증진할 수 있도록 연구, 조사 및 자료를 확보하는 것을 장려하고 협력해야 한다고 규정하고 있음.⁹
 - ◆ 특히 연구 및 체계적 관측을 별도의 항인 제5조를 통해 규정하고 있는바, 정부간 협력 등에 기초하여 효과적이고 체계적인 연구조사를 할 것을 제시하고 있음.

8 Article 1. Definitions 3. “Climate system” means the totality of the atmosphere, hydrosphere, biosphere and geosphere and their interactions.

9 (g) Promote and cooperate in scientific, technological, technical, socio-economic and other research, systematic observation and development of data archives related to the climate system and intended to further the understanding and to reduce or eliminate the remaining uncertainties regarding the causes, effects, magnitude and timing of climate change and the economic and social consequences of various response strategies;

2. 기술개발 타당성 분석

가. 정책타당성

- 연구개발사업의 정책타당성은 크게 “사업의 일관성 및 추진의지”, “사업 추진상 우위험요인”으로 구분하여 분석하고 도출함(그림 3-2).
- 이 연구에서는 상위계획과 연관성을 중심으로, 사업추진의지 및 선호도, 자원조달 가능성, 사업특수 평가항목으로서 중복성 등을 분석하였음.

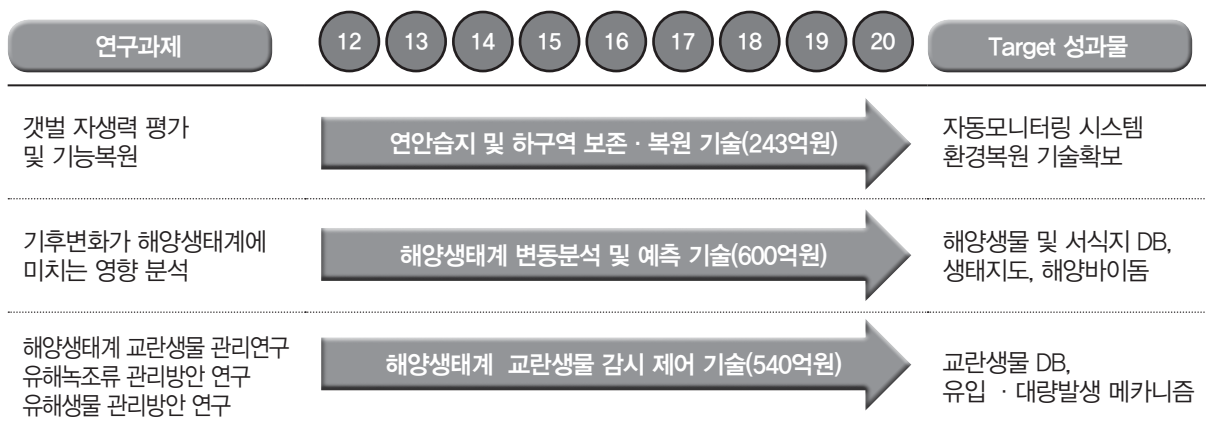


그림 2-5. 연구개발사업의 정책타당성 분석 틀

(1) 상위계획과 연관성

- 연관성 분석 대상은 법률 현황부분에서 살펴본 「해양환경관리법」 제14조에 따라 수립하는 “해양환경종합계획”, 「해양생태계법」 제9조에 따라 수립하는 “해양생태계의 보전·관리 기본계획”, 「해양생명자원법」 제8조에 근거하여 수립하는 “해양생명자원관리 종합계획”임.
- ◆ 이 중 해양생명자원관리종합계획은 동 계획의 근거법률이 2012년 6월에 제정되어 현재 계획이 미 수립상태이므로 분석대상에서 제외하였음.

(가) 해양환경종합계획

- 「해양환경관리법」 제 14조에 따르면, 이 계획은 아래의 내용이 포함되어야 하는데, 이 중 본 기획연구의 주제와 가장 연관성이 높은 사항은 ‘해양환경의 현황 및 장래 예측에 관한 사항’임.
- ◆ 해양환경의 현황 및 장래예측에 관한 사항, 해양환경보전에 관한 시책의 방향에 관한 사항, 해양오염의 예방 및 해양환경의 개선을 위한 대책에 관한 사항, 해양환경보전을 위한 자원확보에 관한 사항, 해양환경 전문 인력의 양성에 관한 사항, 해양환경보전과 관련한 과학기술의 개발 및 국제협력에 관한 사항
- ◆ 이 계획에 반영될 해양환경의 현황 및 장래 예측은 이 계획의 수립주기를 10년으로 규정할 때 적어도 10년 기간의 해양생물자원을 포함한 해양생태계의 변동 사항을 예측해야 함.

- 한편, 해양환경종합계획은 1996년 관계부처 합동으로 수립한 제1차 해양오염방지5개년 계획이 「해양환경관리법」제정으로 명칭이 바뀌어 수립되는 국가계획임.
 - ◆ 현재 제4차 계획이 수립(2011년)되어, 2020년까지 10년간 5개 분야 22개 과제 63개 세부사업에 10조 9천 363억 원이 투자될 예정임.
- 이 계획과 아열대화에 따른 해양생물자원 변동이라는 주제와 관련성은 '해양생태계 건강성의 유지·보전'이라는 실천목표에 반영되어 있음.
 - ◆ 동 실천목표를 달성하기 위해 설정한 중점 추진전략인 '해양생태계 조사 확대 및 정책활용 강화'가 이 연구주제와 부합하는 내용이라고 할 수 있는바, 이 전략은 법제14조에 정한 '해양환경의 현황 및 장래 예측에 관한 사항'을 반영한 것임.
 - ◆ 또한 추진전략의 하나로 설정된 '주요 해양생태계 보전 및 복원 조치 강화'는 향후 해양생물자원 변동에 대한 대책마련에 활용될 수 있는바, 관련 연구를 수행하는 것이 정책적으로 타당함을 시사함.

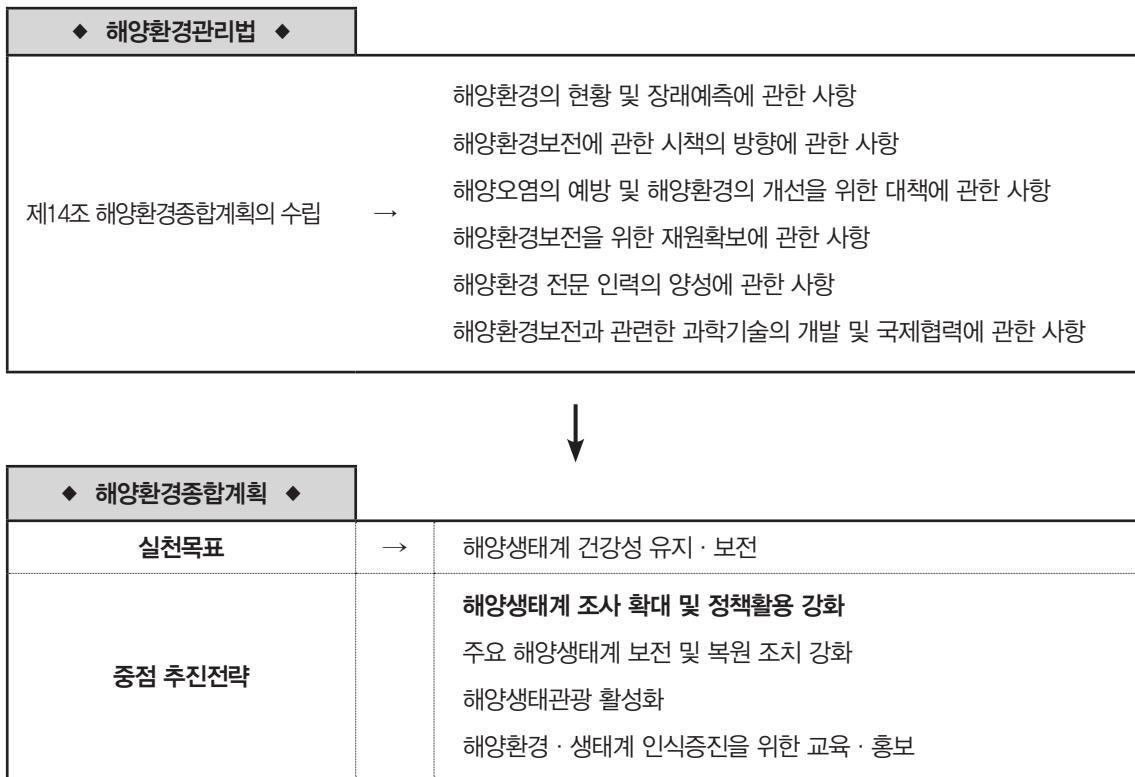


그림 2-6. 해양환경종합계획 중 아열대화에 따른 해양생물자원 변동 관련 사항

(나) 해양생태계의 보전·관리 기본계획

- 「해양생태계법」제9조에 근거하여 수립하는 이 계획의 구성 내용 중 본 기획연구의 주제와 연관성이 가장 높은 사항은 시행령을 통해 계획에 반영해야 할 “지구온난화에 등에 따른 해양생태계의 변화 예측에 관한 사항”임.
 - ◆ 법률 제9조에 따른 계획의 구성요소는 '해양생태계의 현황 및 그 이용상황, 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 기본방향 및 주요사업, 해양생물의 서식환경 및 이동경로의 보호·복원에 관한 사항, 해양생태축의 구축·추진에 관한 사항, 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 교육·홍보 및 민간협력의 증진, 관계 중앙행정기관 및 지방자치단체의 협조, 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 국제협력, 사업시행에 소요되는 경비의 산정 및 자원조달 방안에 관한 사항, 그 밖에 해양생태계의 보전 및 관리에 관하여 대통령령이 정하는 사항등임.
 - ◆ 법률에서 정한 '대통령령이 정하는 사항'은 시행령 제4조 제1항 제3호에 “지구온난화 등에 따른 해양생태계의 변화 예측에 관한 사항”을 계획에 포함할 사항으로 규정하고 있음.

- 10년 주기로 수립하는 '해양생태계 보전·관리 기본계획'은 2009년 제1차 계획이 수립되어 시행 중에 있으며, 해양생물자원 변동과 관련한 사항은 계획의 실천목표와 추진과제에 반영되어 있음.

연안생태계 구조와 기능연구	개체군 생리생태 연구	해양구조와 생태계 변동 역학연구	생태계 모델구축	장기해양생태 연구기반 구축
<ul style="list-style-type: none"> · 물리화학 환경특성 평가 · 생물다양성(군집구조) · 연안탄소시스템 변동 규명 및 예측기술 개발 · 각 영양군별 생물량/생산력 · 식생기반 생태계의 탄소순환 모식도 작성 · 먹이망을 통한 물질 흐름(순환) 	<ul style="list-style-type: none"> · 주요 생물 개체군 변동 특성 · 생물계절(phenology)과 환경요인 관계 연구 · 주요 개체군 생존/적응 전략 연구 	<ul style="list-style-type: none"> · 해양의 물리화학구조 변동 · 생물 다양성(군집구조) · 먹이망 변동 역학 · 생지화학 순환 과정 	<ul style="list-style-type: none"> · 해양순환모델 구축 · 생지화학물질순환모델 구축 · 통합모델 구축 	<ul style="list-style-type: none"> · QA/QC 통한 자료 정도관리 · 시료 보관 및 활용 · 해양정책방안 연구

그림 2-7. 해양생태계의 보전·관리 기본계획의 틀
 자료 : 국토해양부, 2009, 해양생태계 보전관리 기본계획

- 계획의 실천목표를 실현하기 위한 주요 과제 중 계획의 목표를 달성하기 위해 5개의 실천목표와 21개의 주요과제를 제시하고 있음.
- ◆ 이 중 아열대화에 따른 해양생물자원 변동 연구와 관련이 있는 과제는 해양생물조사강화, 기후변화에 따른 해양생태계 변화 예측, 해양생명자원의 체계적 확보·관리, 해양생태계 연구·개발촉진 및 체계화 4개 과제임.

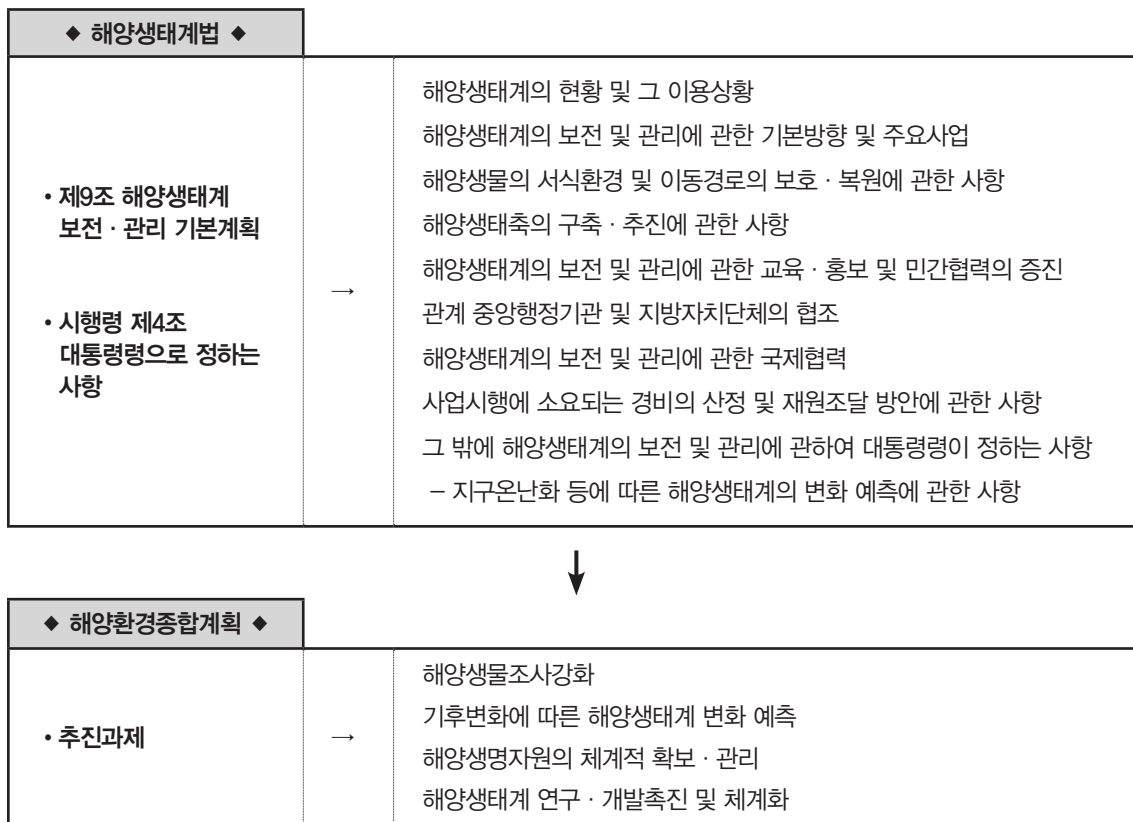


그림 2-8. 해양생태계 보전·관리 기본계획 중 아열대화에 따른 해양생물자원 변동 관련 사항



나. 사업추진 의지 및 선호도

- 아열대화에 따른 해양생물자원의 변동에 관한 연구에 대한 정부의 사업추진 의지 및 선호도는 이 사업의 성격이 연구개발 사업임을 고려할 때 가장 최근에 확정된 정부의 관련 연구개발 계획을 통해 판단할 수 있음.
- 국토해양부 및 한국해양과학기술진흥원이 2011년 「해양수산발전기본법」 제17조에 따라 2011년에 수립한 '2020 해양과학기술 로드맵'(이하 '2020 MTRM')은 이 연구사업의 상위계획임.¹⁰
 - ◆ 한편 해양환경분야 연구개발 사업의 장기 추진방향을 담은 '해양환경기술개발 중장기 기본계획'(이하 '해양환경기술개발계획')은 '2020 MTRM'중 해양환경분야 부문계획으로서 위상이 있음.
- 이 연구에서는 정부의 사업추진 의지를 구체적으로 확인할 수 있는 연구개발 사업계획인 해양환경기술개발계획의 내용을 분석하였음.



(가) 계획의 개요

- '해양환경기술개발계획'은 2011년에 수립되었고, 2020 MTRM과 정책추진의 일관성을 유지하고 있음.
 - ◆ 2020 MTRM 중 관련 사항은 '해양생태계 변동 분석 및 예측기술'로 2020년까지 600억원이 투입될 예정임.

SWOT분석

S	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2004년부터 해양생명공학사업을 통한 연구시스템 구축 2. 해양생물소재 기반 다수의 연구성과와 경험 축적 3. 장기 해양생태계 연구를 통한 기초정보 구축
W	<ol style="list-style-type: none"> 1. 해양생명자원 개념 기반 연구사업 진행 미흡 2. 해양생태계 연구와의 중복성, 수산자원의 한계성에 대한 이해 부족 3. 해양생명자원에 대한 포괄적 개념 정립 미흡
O	<ol style="list-style-type: none"> 1. 아열대화는 연안 생물다양성 증가 및 소재 가능 해양생물 활용 용이 2. 해양생명자원확보관리 및 활용에 관한 법률 제정 및 생명공학육성 기본계획 수립에 따른 활성화 가능 3. 해양생명자원 중요성에 대한 정부 인식
T	<ol style="list-style-type: none"> 1. 해양생명자원확보를 위한 개념 부족 2. 자원관리 및 개발을 위한 인프라 부족 3. 지리적 위치에 따른 인접국가와 협력 관계 유지 필요

그림 2-9. 2020 MTRM 중 아열대화에 따른 생물자원 변동 연구 관련 사항

자료 : 국토해양부 · 한국해양과학기술원, 2011, MTRM, p. 33.

- 핵심기술은 '기후변화, 해양오염, 해양생태계 교란, 연안훼손' 대응기술로 구성되어 있으며, 2020년까지 1조 1,057억 원이 투자될 예정임(국토해양부, 2011).
 - ◆ 이 중 생태계교란 분야 소요 예산은 685억 원으로 추정되었음.

10 상위계획의 성격이 있기 때문에 정책타당성 분석 요소 중 '상위계획과 연관성' 분석부분에서 다루어질 수 있으나, 정부의 정책 추진 의지를 가장 구체적으로 확인할 수 있는 사항이므로 정책추진 의지 및 선호도 부분에서 다루었음.



(나) 아열대화에 따른 해양생물자원 변동 관련 사항

- 동 계획에서 본 기획연구사업의 주제와 부합하는 연구개발 사업은 해양생태계 교란분야의 '해양생태계 변동 분석 및 예측기술'임.
 - ◆ 하위 세부 기술은 아래와 같이 4가지로 구성되어 있으며, 각각의 하위세부기술은 세부 연구개발 목표로 구성되어 있음.
 - 해양생물 서식처 다양성 분석과 변동 예측
 - 재래종, 고유종과 보호대상 종 서식지(hot spot) 관리기술
 - 해양환경요인과 생태계 변화의 상호작용 분석
 - 실시간 해양환경과 생물정보 획득기술
 - ◆ 하위세부기술 별 세부 연구개발 목표 중 본 기획연구사업의 주제와 관련성이 높은 연구개발 목표는 '국내 주요 해양생물종의 목록화 및 분포 평가', '주요 해양생물종의 생태적 특성 평가', '생태계 역학 연구 대표지 선정 및 지구환경적 이슈와의 관계 도출', '출현생물 실시간 정량·정식 분석 기술 개발', '전연안 해양환경 생물변동 실시간 감시 시스템 운영'등임.

다. 사업추진 의지 및 선호도

- '2020 MTRM', '해양환경기술개발계획'에서 아열대화를 비롯하여 한반도 주변 해역의 자연환경 변화에 따른 해양생물자원 변동에 관한 연구를 생물다양성, 서식처, 생태계, 생물종을 주제로 한 연구를 2020년까지 지속적으로 추진하겠다는 의지는 일관되게 나타나고 있음.
- 특히 '2020 MTRM'에서 "기후변화가 해양생태계에 미치는 영향"을 주제로 한 연구사업은 본 기획연구사업의 주제와 부합하고 있으며, 이에 따라 해양환경기술개발계획에서 생태계 교란분야 핵심기술로 선정되었음.
- 따라서 연구개발사업과 관련하여 본 연구 주제는 사업추진 의지 및 선호도 관점에서 정책타당성이 있다고 할 수 있음.

라. 사업추진 상 위험요인 및 대응방안

- 본 연구주제를 중장기 연구개발사업으로 추진할 때 나타날 위험요인은 '재원확보', '다른 연구개발사업과 중복성'임.

(가) 정부지원의 필요성

- 재원확보의 경우 동 연구개발사업의 성과물이 민간영역에서 산업적, 경제적 부가가치를 직접 창출하는데 기여하는 바가 적으므로, 민간재원의 출원은 한계가 있음.
 - ◆ 그러나 기후변화와 지구온난화로 인해 우리나라 주변해역의 아열대화가 진행되고 이로 인해 해양생물자원의 변동과 사회경제활동에 대한 직접, 간접 영향을 평가하는 과정은 공공 이익을 증진하는 효과가 있음.
 - ◆ 해양생물자원이 제공하는 유형, 무형의 이익은 우리나라 사회, 경제활동에 긍정적 영향을 주고 있지만, 과학적인 예측과 적절한 대책이 부재할 경우 잠재적 손실이 뒤따를 것으로 판단됨.
- 따라서 본 기획과제의 연구주제와 관련이 있는 연구개발사업은 공공의 이익을 증진하는데 기여하는 사업이므로 정부의 공공재원으로 추진하는 것이 타당함.



(나) 다른 연구개발사업과 중복성

- 현재 해양생물자원을 포함하여 해양생태계의 자연적 영향에 따른 변화를 예측하기 위한 사업은 「해양생태계법」에 따른 법정 조사인 ‘해양생태계 기본조사 및 정밀조사’, 국가 연구개발사업으로 추진하고 있는 해양생태계 위협생물 피해 및 확산 저감기술개발 연구(‘13~’18), 장기해양생태연구-환경변화와 생태계 반응(‘11~’21)이 있음.
- 이들 사업은 본 연구주제가 연구개발사업으로 추진될 경우 중복성이 우려되는 조사 및 연구사업으로, 사업추진 상 위험요인으로 분류되어 아래와 같이 검토하였음.



① 법정조사와 중복성

- 중복성과 관련하여 해양생태계 기본조사는 10년 주기 조사로 기후변화, 지구온난화에 따라 주변해역의 아열대화 진행 및 해양생물자원의 변동 상태를 파악하는데 한계가 있음.
 - ◆ 특정 해역의 해양생물자원에 관한 변동성은 10년 주기로 파악이 가능한바, 아열대화에 따른 생물자원 변동성을 체계적으로 연구하는데 한계가 있음.
 - ◆ 법 제11조에 따라 새롭게 파악된 해양생태계로서 특별히 조사하여 관리할 필요가 있는 지역은 정밀조사를 수행할 수 있으나, 이는 특정 생물종의 출현, 보호구역 지정과 관련한 사항 등 관리와 직접 연관된 경우로 제한됨.
- 조사대상 항목은 저서환경, 부유환경, 해조류 및 해산종자식물, 저서동물, 유영생물, 동식물 플랑크톤으로 「해양생태계법」에서 정의하고 있는 생태계뿐만 아니라 「해양생명자원법」에서 규정한 해양생명자원을 포함하고 있음.
- 본 조사사업은 일상적 조사사업으로 조사대상 생물체가 해양생태계 및 구성요소, 해양생명자원을 포함하고 있으나, 아열대화 진행에 대한 관측과 이에 따른 해양생물자원의 변동을 예측하는데 한계가 있음.

② 국가 연구개발사업과 중복성

- 현재 중복가능성이 우려되는 연구개발사업으로 ‘해양생태 위협생물 피해 및 확산 저감 기술개발연구’(이하 ‘생태위협생물연구’), ‘장기생태연구’가 있음.
- 생태위협생물 연구는 2013년 시작하여 5년동안 수행될 연구개발 사업으로, 연구대상은 전체 생태계 또는 생물자원이 아니라 유해생물, 교란생물, 유전자 변형생물 등임.
 - ◆ 생태위협생물 연구를 수행하는 과정에서 이들 위협생물의 출현변동에 따른 원인을 규명하기 위한 외부요인 연구가 연구사업의 세부내용에 포함될 수 있음.
 - ◆ 그러나 연구의 핵심은 우리나라 해양생태계에 위해가 되는 생물의 출현 및 이에 따른 피해를 규명하고, 피해 저감 및 확산을 방지하기 위한 기술 개발에 있는바, 본 연구주제와 중복성은 매우 낮음.
- 반면, 2021년까지 수행할 장기생태연구는 ‘기후변화 및 환경변화로 인한 해양생태계의 장기변동을 파악하고 그 영향을 이해’하는 것을 목적으로 하는 장기 해양생태 조사·연구·모니터링 사업으로 본 연구주제와 중복성이 있을 것으로 판단됨.
 - ◆ 2021년까지 총 400억원이 투입될 예정인 대형 조사연구 모니터링사업으로 연안생태계 구조 및 기능, 개체군 생리생태, 해양구조와 생태계 변동, 해양생태계 모델 등이 세부 사업임.



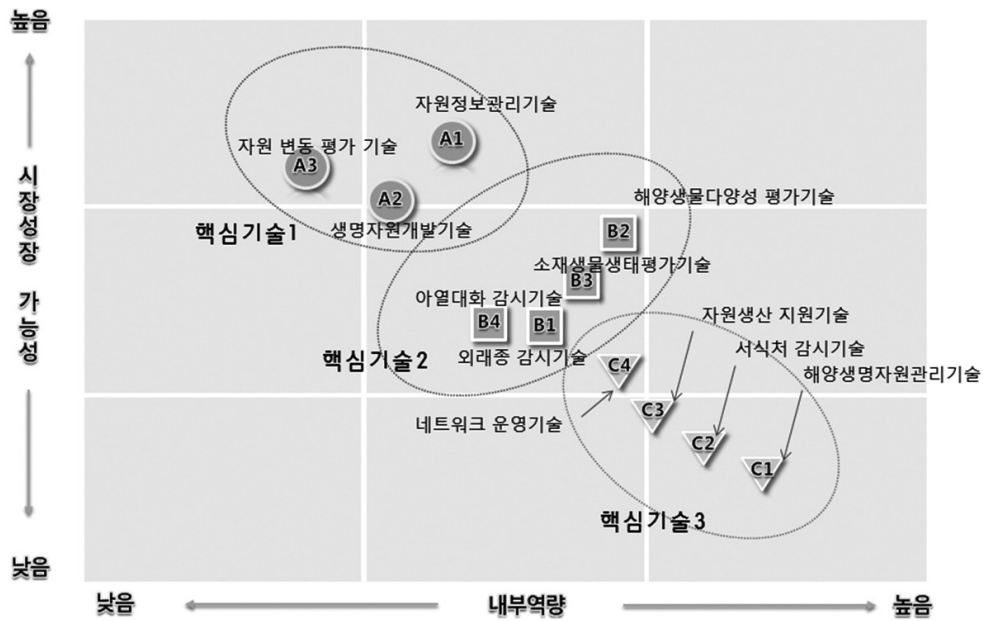


그림 2-10. 장기해양생태연구 사업 구성 (자료 : <http://www.ltmer.re.kr>)

- 그러나 조사연구 대상에서 차별성 및 연구대상지역에서 차별성이 있을 수 있음.
 - ◆ 즉, 본 연구를 통해서 다루게 될 해양생물자원과 장기생태연구의 대상인 생물자원이 차이가 있을 수 있고
 - ◆ 장기해양생태연구가 동해의 경우 축산, 후포, 남해는 광양만 및 제주 근해 등으로 설정되어 있어 근해로 지리적 범위가 제한되는 한계가 있음.
 - ◆ 다만, 장기적으로 해양생물자원의 범위, 연구대상지역을 확대할 경우 연구내용에서 차별성은 줄어들거나 사라질 것으로 판단됨.

- 다만, 해당 연구주제의 특성이 제대로 반영되어 장기적인 사회경제활동에 기여할 수 있는 연구개발사업으로 활용되기 위해서는 중복성은 다음과 같은 방식으로 극복 가능함.
 - ◆ 1안) 지리적 범위를 달리하고 연구대상 생물자원에서 차별성을 확보할 경우 별도 연구개발사업으로 추진
 - ◆ 2안) 장기해양생태연구에 본 기획연구를 통해 도출한 세부 연구사업을 통합하여 추진함.

- 제2안의 경우현재 국토해양부에서 추진 중인 ‘국가 해양생태계 종합관리기술 개발 기획연구’에서 통합추진방안을 제시하는 것이 우선 고려될 수 있음.



3. 경제적 타당성 분석

- 기초연구개발 활동은 특성에 따라 경제·사회적 파급효과가 매우 다양하게 발생
 - ◆ 파급효과는 범위와 확보 가능한 정보의 정확도에 따라 추산할 수 있는 한계와 신뢰도가 변화함.
 - ◆ 본 경제적 타당성 분석에서는 해양생물자원의 기초연구 결과의 정보·자료 제공이 사회적 편익으로 연결되는 과정에 대한 기여도를 분석·예측하여 피해 절감 효과를 기대하는 경제적 가치를 추정하고자 함.
- 경제성 분석을 위한 가정
 - ◆ 총 5년간 지원하는 사업으로 고려하고, 편익 발생 기간은 2013년에서 2018년까지 총 6년으로 가정함.
 - ◆ 본 연구에서는 분석상의 위험을 피하기 위해 한국개발연구원(KDI)의 사회적 할인율¹¹ 적용 지침인 5.5% 수준을 준용하여 현재가치(Present Value)로 전환



가. 비용분석

- 해양생물자원 변동 예측기술개발 연구 사업은 총 100억원이 소요되고, 향후 5년간 할인율 5.5%의 현재가치를 적용할 경우, 약 85억원으로 추정
 - ◆ 한반도 해양 아열대화 현황 및 영향 분석에 10억원, 해양생명자원 현황 및 관리방안 연구에 20억원, 제주 연안해역 생명자원 분포 연구에 30억원, 쿠로시오 통과해역 생명자원 분포 연구에 30억원, 해양생물자원 예측 및 관리기술 개발 연구에 10억원이 소요되어 총 100억원으로 추산

나. 편익분석

- 경제적 가치 추정
 - ◆ 해양생물자원 변동 예측기술개발 연구사업의 경제적 편익 분석 방법은 해양과학기술 분야의 과학적 연구 결과를 산출하는바 과학기술적 편익으로서의 직접적 편익과 간접적 편익으로 구분하여 검토가 가능함.
 - 해양생물자원 연구의 기초연구 분야의 역할에 대한 평가와 연구 수행에 의해 산출되는 직·간접적 결과물들을 과학적 편익으로 분류하여 평가
 - 구체적으로는 연구사업의 운용을 통한 비용절감효과, 수입대체효과 등은 극히 미미하다고 볼 때, 해양생물자원기술의 기초연구 분야에 해당되는 해양생물자원 조사 결과의 정보 제공을 통해 발생할 수 있는 편익과 국제공동연구 등을 통한 과학기술적 발전효과가 경제적 편익으로 추정 가능함.

(1) 해양생물자원 변동 예측을 통한 어업생산액 피해 저감 효과

- ◆ 우리나라의 수산물 유통·가공 등의 부가가치를 제외한 연간 어업생산액은 약 7.4조원 수준(2011년 기준)으로 이를 어업형태별로 보면, 연근해어업 3조 9,139억원, 천해양식어업 1조 7,896억원, 원양어업 1조 3,764억원, 내수면어업 3,338억원의 순으로 나타남.
- ◆ 본 연구는 우리나라 주변 해역에 있어 아열대화 변동 예측에 따른 해양생물자원의 영향 변화에 대한 대응을 통하여 경제적 효과가 기대됨.
- ◆ 아열대화 환경변화에 따른 피해 영향을 가장 많이 받는 연근해어업의 경우, 본 연구의 해양생물자원 영향 변화의 미래변화

11 한국개발연구원, 2008, 2008년 하반기 예비타당성조사 착수회의 지침



예측 정보 제공을 통하여 피해 저감을 최소화하고 대응 능력 제고의 효과가 기대됨.

- ◆ 따라서, 해양생물자원 변동 예측기술 개발로 인하여 연근해어업의 연간 생산액 3조 9,139억원 중 피해 저감 영향력의 기여도를 1%로 가정할 경우 피해 저감효과는 391억원으로 추정됨.
- ◆ 그러나, 아열대화 진행이 제주주변 해역과 남해안 해역에 집중적으로 피해 영향이 미친다는 점을 고려하여 볼 때, 피해 저감효과는 전 해역 391억원의 1/3 수준인 약 130억원으로 산정되고, 할인율 5.5%의 현재가치를 적용하면 약 94억원으로 기대됨.

(2) 과학기술의 비시장적 편익분석

- 본 연구의 성과로 산출되는 과학기술적 성과를 산정 또는 평가하는 방법은 다양하나, 대표적으로 사용되는 방법으로는 해당 과학기술적 성과의 수요조사 및 해당성가에 대하여 수요자가 느끼는 지불의사(willingness to pay)를 조사하여 과학적 성과를 화폐가치로 산정하는 방법이 있음.
- 본 연구에서는 직접적 과학기술적 편익 산정방식으로서, 첫째 수요조사를 통하여 시장에서 평가되기 어려운 편익을 고려하기 위해 납세자들의 최대 지불의사금액(Willingness to pay, WTP)을 화폐적 가치로 시현시켜 측정하는 조건부가치추정법(Contingent Valuation Method, CVM)을 활용하여 평가 가능함.
 - 연구사업의 혜택이 해양기초과학기술 발전의 기반 마련, 국가과학 이미지 제고를 통한 국가경쟁력 상승 기여 및 국민의 자긍심 고취 등 매우 추상적인 비시장재화(non-market) 가치를 평가
- 한편, 본 연구의 사업 추진 성격이 국제공동연구의 필요성이 요구된다는 점을 강조해 본다면, 최근에 수행된 IODP 사업에 대한 CVM 사례를 검토한 후, 해양생물자원 변동 예측기술개발 사업과의 비시장적 편익에 적용 가능함.
 - 먼저 IODP 사업의 비시장적 편익을 추정했던 사례를 살펴보고
 - 소비자 물가지수로 조정하여 해양생물자원 변동 예측기술개발 연구의 비시장적 편익을 도출
- IODP사업의 비시장적 편익 분석결과로 부터의 해양생물자원 변동 예측기술개발 사업의 비시장재화(non-market) 가치 평가
 - 국제공동 해양시추사업(IODP) 사업은 세계 20여 개국 과학자가 최첨단 시추선에 승선하여 전 세계의 해저를 시추하여 지질학, 지구과학, 해양학 등 다양한 과학분야의 연구를 수행하는 범세계적인 연구개발 사업임.
 - ◆ 이런 IODP 사업은 지구과학 분야에서 가장 규모가 크고 잘 추진되고 있는 국제적인 사업으로 우리가 살고 있는 지구의 형성과 해양의 구조에 관해 수년전부터 연구를 진행하고 있음.
 - IODP 사업에 대한 비시장적 편익의 추정을 위해, 한국지질자원연구원(2007)의 연구에서 전국 7대 광역시를 대상으로 한 CVM 연구결과 가구당 연간 2,864원의 평균 WTP가 추정되었음.
 - ◆ 이 값을 전체 모집단인 7개 광역시로 확장하기 위해 2008년 기준 가구 수 정보 7,459,596를 이용하면 연간 총 편익이 약 213.6억원에 이룸
 - ◆ 인구주택총조사가 시행된 2008년 기준 광역지방자치단체별 세대수, 가계소비지출, 세대당 가계소비지출, 세대당 가계소비지출을 이용하여 조정된 가구당 WTP 값을 2012년 불변가격으로 환산된 값이 해양생물자원 변동 예측기술개발 연구사업의 연간 경제적 편익임.
 - ◆ 분석결과, 해양생물자원 변동 예측기술개발 연구의 비시장적 가치는 소비자 물가지수(2008년=94.5, 2012년=106.1)로 조정을 하면 2012년 기준으로 연간 239.9억원으로 추정됨.
 - ◆ 그러나, 상기에서 언급한 것과 같이 국제공동 해양시추사업(IODP)과 해양생물자원 변동 예측기술개발 연구가 추진방법적인 측면에서 국제공동 연구사업이라는 점과
 - ◆ 연구사업의 혜택이 해양기초과학기술 발전의 기반 마련, 국가과학 이미지 제고를 통한 국가경쟁력 상승 기여 및 국민의 자긍심 고취 등 양적 성과지표가 동일하다고 보았을 때, 예산 규모면에서 1/10의 차이가 발생하여 이로 인해 활동영역 측면에서 유발효과의 규모가 적어야 한다는 점을 적용할 필요성이 있음.

- 따라서, 해양생물자원 변동 예측기술개발 연구는 국제공동 해양시추사업(ODP)의 예산규모면에서 1/10 수준인 연평균 24억원의 편익이 산정됨.
- 이에, 향후 2016년과 2017년에 추진할 예정인 국제 공동연구사업을 통하여 발생하는 해양기초과학기술 발전의 기반 마련, 국가과학 이미지 제고를 통한 국가경쟁력 상승 기여 및 국민의 자긍심 고취 등 양적 성과를 할인율 5.5%의 현재가치로 전환하여 볼 때 예상되는 편익규모는 20.4억원과 19.4억원으로 나타나서 총 39.8억원의 편익을 기대

(3) 과학기술의 간접적 파급효과

● 전문 연구인력 양성 효과

- 해양생물자원의 전문 연구인력 양성 효과는 연구사업 추진 시 수반되는 편익으로서, 성과지표의 목표치로 평가
- 아열대화 진행에 따른 해양생물자원 변동 예측기술 개발을 통한 전문인력 양성사업의 경제적 효과를 추정하기 위해 양성되는 전문인력의 효용을 계산함.
- 조건부 가치측정법(CVM: Contingent Valuation Method)과 지불용의(WTP)에 기반을 두어 전문인력양성에 대한 편익을 추정함.¹²

● 편익 도출 방안

기본구조	전문인력양성 편익
$\text{편익} = \text{인력양성규모(연도별)} \times \text{교육자들의 지불용의(평균 급여차 - 교육비)}$	

- 편익의 크기는 인력 양성사업을 통해 양성되는 전문인력의규모에 이들의 평균적인 지불용의를 곱연산하여 도출함
- ◆ 사업의 공급자가 아닌 수요자 시점에서 편익 크기를 추론
- ◆ 전문인력의 규모는 사업목표인 70명(연도별 차이 감안)으로 산정
- ◆ 교육자들의 지불용의(WTP)는 고등전문교육을 받은 사람과 받지 못한 사람 간의 급여 차이와 교육 소요 비용의 차액으로 계산
 - ※ (급여 차이) 고등전문교육 이수 여부에 따른 급여 차이를 계산하기 위해, 유전체 분석 연구의 난이도를 감안하여 대학원 진학자의 평균 급여와 대학원 비진학자의 평균급여 차이를 사용

표 2-7. 학력별 월급여액

(단위: 천원)

학력	2006	2007	2008	2009	평균
전체	1,742	1,847	1,945	1,960	1,874
중졸이하	1,294	1,283	1,346	1,335	1,315
고졸	1,472	1,542	1,613	1,626	1,563
초대졸	1,590	1,685	1,817	1,829	1,730
대졸	2,287	2,427	2,553	2,523	2,448
대학원졸	3,233	3,407	3,522	3,475	3,409

* 고용노동부 고용정책실 노동시장정책관 노동시장분석과 2011년 노동통계 참고

* 석사과정과 박사과정의 차이까지 나타난 자료는 제공되지 않음

※ 대학원 졸업자와 대학 졸업자간 월 급여 차액은 약 95만원으로 조사됨

※ (지불용의) 평균급여 차이로부터 지불용의를 산출하기 위해 서울 각 대학 대학원들의 등록금 정보를 집계¹³

12 김찬준 외(2010),「광역경제권 선도산업 인력양성사업의 경제적 가치 분석」, 산업연구원 참조

13 편익산출과정에서 편의상 지식경제부의 유전체 교육 과정은 대학원 과정에 비해 거의 무료라고 가정

표 2-8. 서울지역 39개 일반대학원 등록금 현황

(단위: 천원)

학교명	2010년도 등록금	학교명	2010년도 등록금
평균	4,871	서울여자대	5,136
가톨릭대	5,131	성공회대	4,944
건국대	5,143	성균관대	5,592
경기대	5,159	성신여자대	5,299
경희대	5,287	세종대	4,628
고려대	5,600	숙명여자대	5,623
광운대	5,394	송실대	5,173
국민대	5,394	연세대	5,656
그리스도대	4,500	이화여자대	5,977
덕성여자대	4,753	장로회신대	5,133
동국대	5,457	중앙대	5,214
동덕여자대	4,633	총신대	4,899
삼육대	5,090	추계예술대	5,040
상명대	5,414	한국성서대	4,370
서강대	5,500	한국외국어대	5,261
서경대	4,850	한국체육대	3,137
서울기독대	3,992	한성대	4,778
서울대	3,325	한양대	5,300
서울산업대	3,158	한영신대	3,654
서울시립대	2,427	홍익대	5,502

* <http://blog.peoplepower21.org/StableLife/40939>, 참여연대 보도자료(2010) 참고

- ※ 대학원의 최소 교육기간이 2년임을 감안하여 교육기간은 2년으로 가정
- ※ 학격에 따른 임금격차는 일생의 상당 기간 동안 지속되나, 본 분석에서는 교육 이후 10년 동안의 임금격차에만 영향을 미친다고 가정
- ※ 평균적인 지불용의(WTP)는 '급여차이(95만원 × 12개월 × 10년) - 교육비 소요액(487.1만원 × 4학기)'으로 나타남(현재가치화 전)

◆ 연도별 인력양성 규모 실적에 이들의 지불용의(WTP)를 곱연산하여 편익을 도출

● 편익 추정

- 1명의 지불용의를 구하고 해당 지불 용의와 연도별 인력양성 목표를 곱연산하여 산정
- ◆ 6년 동안의 1인당 지불 용의는 6,840만원이고 이를 현재가치화하면 3,319만원임
- 지불 용의는 교육 전에 있는 것이므로 교육기간 2년을 가정하고 교육시점 이전에 현익을 산정

표 2-9. 일인당 지불용의

(단위: 만원)

기준년도와의 차이	교육비 소요	급여차	현재가치화
1	-974.2		-923
2	-974.2		-875
3		1,140	971

4		1,140	920
5		1,140	872
6		1,140	827
7		1,140	784
8		1,140	743
합계		6,840	3,319

- 전문인력 양성사업의 목표는 70명으로 전문 인력양성 사업의 편익은 지불 용의에 연도별 인력양성 규모를 곱연산하여 추정함

표 2-10. 인력양성수

연도	2013	2014	2015	2016	2017	2018	합계
인력양성수(명)		20		20		30	70

- 전문인력 양성사업의 편익은 약 33억원으로 추정됨

표 2-11. 인력양성사업의 편익 추정

(단위: 만원)

연도	편익	현재가치화
2013		
2014	118,432	106,406
2015		
2016	118,432	95,601
2017		
2018	177,649	128,839
편익 합계	414,513	330,846

다. 경제적 타당성 편익분석 종합

(1) 비용분석 결과

- 2013~2017년까지 해양생물자원 변동 예측기술개발 연구는 총 100억원이 소요되고, 향후 5년간 할인율 5.5%의 현재가치를 적용할 경우, 약 85억원으로 추정

(2) 편익분석 결과

- 해양생물자원 변동 예측을 통한 어업생산액 피해 저감 효과
 - ◆ 본 연구의 아열대화 진행에 따른 해양생물자원 변동에 대한 미래변화 예측 정보 제공을 통하여 연근해어업의 피해 저감을 최소화하고 대응 능력 제고의 효과는 약 130억원으로 추정되고, 할인율 5.5%의 현재가치를 적용하면 약 94억원으로 추정됨.

- 해양기초과학기술 발전 효과

- ◆ 본 연구의 국제 공동연구사업을 통하여 발생하는 해양기초과학기술 발전의 기반 마련, 국가과학 이미지 제고를 통한 국가경쟁력 상승 기여 및 국민의 자긍심 고취 등 양적 성과를 할인을 5.5%의 현재가치로 전환하여 볼 때 예상되는 편익규모는 총 39.8억원의 편익을 기대

- 과학기술의 경제적 파급효과 분석

- ◆ 전문 인력양성 효과로서 사업기간인 5년간 총 70명의 전문인력을 양성하고, 이를 통하여 총 33억원의 편익 달성 효과를 기대

(3) 비용-편익 분석(B/C 분석) 결과

- 비용-편익 분석 결과

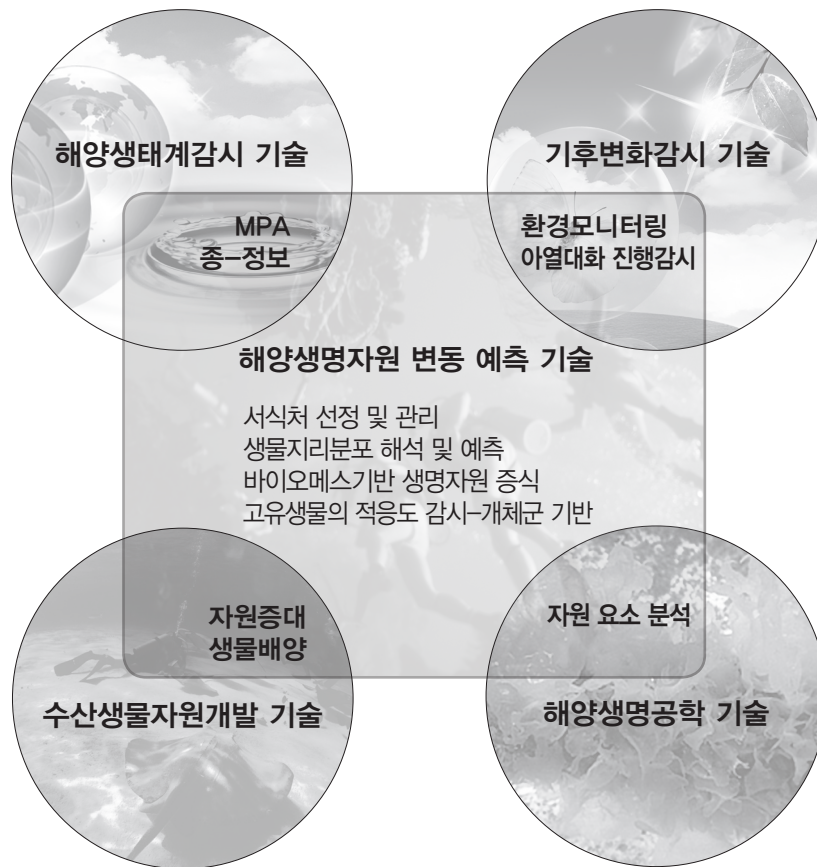
- ◆ 향후 5년간 해양생물자원 변동 예측기술개발 사업 추진에 따른 예상 경제적 B/C 비율은 총 투자비용 100억원을 할인을 5.5%를 적용한 경우, 총 비용(Cost)이 85억원이 소요될 예정이며, 이에 따른 총 경제적 편익(Benefit)은 134억원이 발생하여 순편익은 49억원에 달하는 것으로 예상됨.
- ◆ 따라서, B/C비율은 1.6으로 추정됨

(단위: 만원)

구분	경제적 편익(B)		경제적 파급효과	비용 (C)	순편익 (B-C)	B/C 비율
	생태계 영향 변화 예측 피해저감효과	해양기초과학 기술발전효과	전문인력양성			
합계	94	40	33	85	49	1.6

3절. 연구동향 및 환경 분석

1. swot 분석



- 분석을 통한 시사점으로는 지금까지 해양생물다양성 기반 해양생태계 연구에 집중된 사업으로 생명공학 연구 및 시장이 확대된 시점에서 해양생물자원에 대한 패러다임 전환에 대처하지 못하였음.
- 이미 해양생명공학 연구를 통한 해양생물 소재 수요를 보강하기 위한 자원연구가 진행되어야 할 것임.
- 기존 생태계 연구 성과를 해양생물자원 평가 또는 개발을 보완할 수 있는 시스템으로 전환할 경우 경제적인 연구개발 사업이 진행될 수 있으나, 근해 중심의 생태계 구성연구에 집중하여, 추가적인 생물다양성 및 소재로서 가치 연구를 보완하기 위해서는 새로운 추진 체계가 필요함.
- 생명자원에 대한 개념을 포함한 연구에는 서식처 개념 즉, 생물량, 공간 분포의 개념이 필요함. 하지만 생명자원과 '수산'개념이 혼동된 상황에서 포괄적 정립이 미흡함.

- ◆ 기초조사 : 현지 내·외 보존상태에 있는 해양생명자원 및 국내 보관 중인 해외 해양생명자원 현황 및 서식지에 관한 사항 조사
- ◆ 정밀 조사(필요시) : 해양생명자원의 훼손 현황 및 그 원인 훼손된 해양생명 자원의 복원 방법, 국제분쟁의 발생 가능성이 높은 해양생명자원 조사
- ◆ 피해조사(필요시) : 외국인 등 또는 공동획득이 해양생명자원 다양성의 심각한 감소 또는 훼손이 우려될 경우 그 피해를 최소화 하기 위한 조사를 할 수 있음

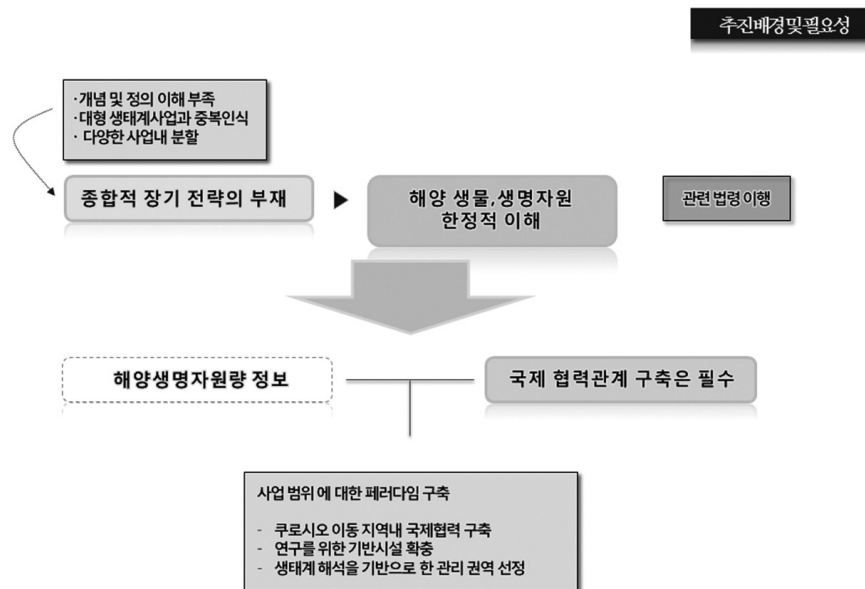
◆ 공간적 범위 확대

- 쿠로시오해류, 태풍 이동경로를 고려한 해역 선정
- warm pool 이 위치한북위 7도에서 동해 중부해역 범위 국제 공동연구 필수

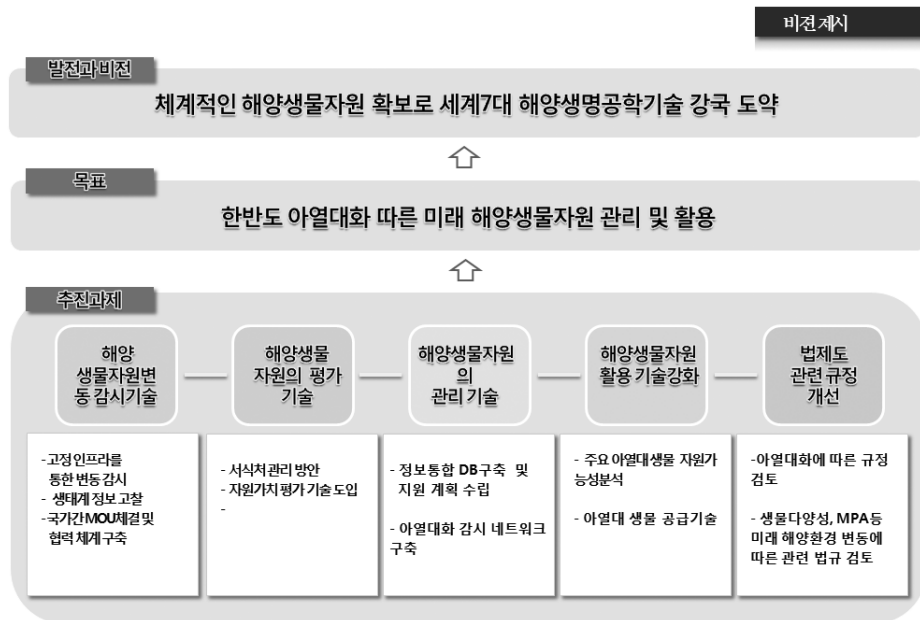
◆ 바이오메스 기반

- 정성적 증 출현 해석에서 정량적 바이오메스 변화 추적
- 서식처 기반 해석
- 주기적 모니터링 방식 채택

- 핵심기술을 기반, 관리, 응용을 통한 발전의 개념으로 정리함. 아열대화에 따른 열대생물자원 변동을 감시하기 전에, 해양생명자원 현황을 파악하는 기반 기술을 고려하고, 가입되는 생물자원을 관리하기 위한 준비 및 현재 진행되는 규정이나 법규에서 고려해야 할 미래지향적 체계를 갖추어야하고, 결과적으로 안정된 생물자원공급을 위한 기술 개발을 선정하여 진행하도록 도식화 함.
- 현재 기술 평가로는 해양생명자원에 대한 연구 경험이 부족한 것으로 평가 됨. 즉, 생명자원기술개발과 특히 자원변동평가기술은 기존의 생태계 및 환경변화 감시기술에 비해 연구 경험이 부족함.
- 해양환경의 장기적 변동 해석기술을 기반으로 생명자원 소재분석과 주요 서식지 관리 개념을 충분히 포함시켜야 할 것임.
- 중복예상기술에 대한 경제적 접근을 통한 자원 해석을 위한 융합 기술 제안



- 해양생명자원변동을 예측하기 위해서는 해양생태계, 환경변동, 자원요소 분석 등이 포괄적인 정보 확보가 필요함.
- 일반적으로 예측에는 많은 기반 자료가 요구되는 분야임. 해양생물자원에 대한 기반연구가 지금까지 수산자원에 의존한 상태에서는 해양생태계구성원에 대한 정보가 중요하게 작용할 것임. 생태계 구성을 통한 서식처 구분, 생물지리분포 해석을 통해 자원관리 규모 및 대상 정보를 통한 연구기획이 경제적인 결과 확보에 유리할 것임.
- 기능별 범위 선정을 위해서는 기존의 해양생태계조사 결과를 토대로 조사방식에 대한 기획이 필요함. 기초조사는 기존 생태계조사 결과에서 이미 언급되고 있는 해양생물자원을 공간적으로 배열하여 현황 및 서식지에 대한 정보를 파악함.
- 기초조사에 대한 기획을 진행한 후, 정밀조사를 통한 자원변동 예측 정보를 확보하고, 예상치 못한 환경변화나 재해가 발생한 공간을 중심으로 HOT SPOT 조사를 수행할 수 있는 프로토콜을 기획함.





Ⅲ. 목표 설정 및 분석





Ⅲ. 목표 설정 및 분석

1절. 최종목표

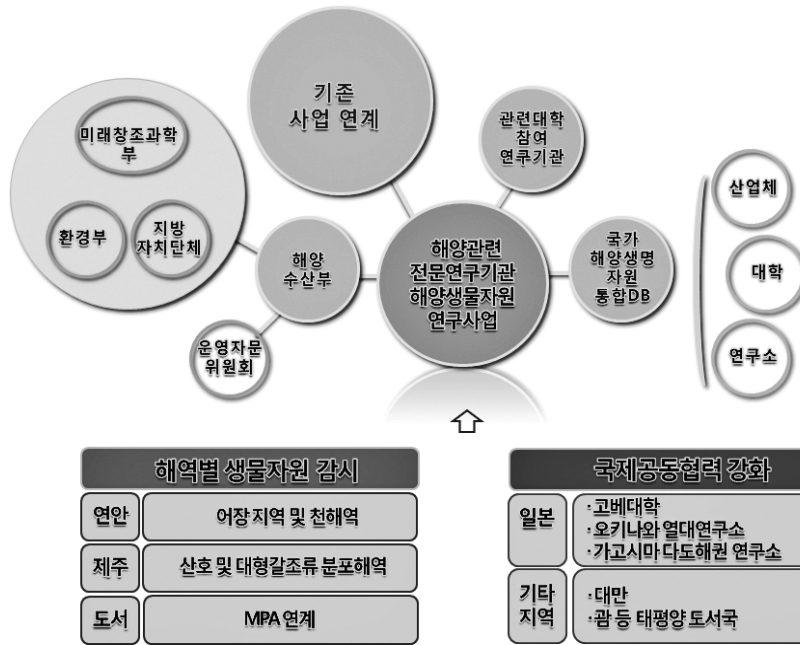
- 한반도에서 포괄적인 해양생물 자원에 대한 개념을 정립
- 현재 활용되는 아열대성 해양생물 중 대형동물 중심 자원 활용 예측
- 한반도 주변 수온 상승으로 나타나는 아열대화 진행에 따른 해양생태계 변화가 미치는 해양생물자원 변동 양상을 밝히고, 예측할 수 있는 기술 적용방법을 제시하기 위한 기획을 시도
- 미래 국가 해양 공간을 경제적으로 활용하기 위한 해양생물기반 자원 관리 전략을 제시하기 위한 현행 국내 및 국제 법·제도 분석 및 선진 연구동향 분석을 통한 경제적인 연구개발 사업을 진행하기 위한 포괄적 전략 기획 수행
- 주요 핵심어

핵심어	핵심어1	핵심어2	핵심어3	핵심어4	핵심어5
국문	아열대화	해양생물	생물자원	동아시아	기후변화
영문	Sub-tropical change	Marine biology	Biological resources	East Asia	Climate change

2절. 세부 목표 및 내용

세부목표	연구내용 및 범위
<ul style="list-style-type: none"> • 관련 정책 및 법제도 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술개발과 관련된 해양관련 정책 및 법제도 분석 • 추진될 R&D사업으로 개발될 기술과 관련 정책·법제도 연계 전략 모색
<ul style="list-style-type: none"> • 정부 상위계획과 부합성 및 정부지원 필요성 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 법률 및 법정계획 중심으로 기술개발의 정부 정책 부합성 검토 • 기술개발에 대한 정부지원의 필요성 검토
<ul style="list-style-type: none"> • 해양생물자원 개념 정립 및 자원연구 동향 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 국내외 해양생물 자원 범위 선정을 위한 연구 동향 분석 (대형무척추동물, 동물플랑크톤, 어류 한정) • 국내 생물자원 중 아열대생물 이용에 대한 동향 분석 • 국내 및 동아시아 해양생물 자원 연구 및 시공간적 변동 해석 • 국내외 자원 개발 및 활용 수준 및 산업 인프라 현황 분석 • 연구 권역 선정을 위한 포괄적 연구 수요 분석
<ul style="list-style-type: none"> • 연구 개발 목표 및 범위 선정 	<ul style="list-style-type: none"> • 아열대화에 따른 국내 해양생물자원변동 영향 분석 • 자원량 예측 분석 현황 정리 및 사례 분석 • 미래 기후변화에 따른 생물자원 관리 방안 정리
<ul style="list-style-type: none"> • 연구개발 타당성 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 아열대화에 따른 해양생태계 변화 가치 평가 • 연구 수요 경제성 평가 수행 • 연구 추진 일정 수립 • 성과지표 선정 (육상 생태계연구 현황 고려) • 리플릿제작 및 보고서 작성

3절. 추진 배경



- 해양생물자원에 대한 개념이 가장 중요함. 해양수산부 부활로 그동안 농수산자원과 해양생물자원에 대한 개념이 정부 부서간 사업 진행으로 분리되어 있었으며, 수산과 해양생물에 대한 애매한 구분이 해양생명공학시대에서 개념정립에 어려움을 가져옴.
- 이미 준비된 해양생물자원법 이행에 포괄적 해석을 먼저 수행해야할 것임. 다음으로 장기적 전략을 통한 자원확보 전략이 필요한데, 해양의 독특한 구조로 인해 영토에 한정된 연구기획보다는 해양생물 서식 범위를 고려한 한반도 해양생물 서식 범주를 이해하는 연구전략이 필요함.
- 이미 오래전부터 진행된 해양생태계 연구와 차별성에 대한 분석이 있어야 함. 연구자를 제외한 대부분 인식은 생태계과 자원연구가 유사한 것으로 해석하고 있으나, 실제적으로 접근방식에서 차이가 있음. 즉, 종개념의 군집해석에서 생물량 개념의 공간해석이 이어져야 함. 즉, 기존 생태계연구와 조화된 연구기획을 시도한다면, 기존 생태계연구과 차별적인 새로운 해양생태계연구가 기획되어야 함.
- 해양생물자원의 가치 즉, 소재로서의 역할, 자원량, 자원관리 등에 대한 연구가 기존의 해양생명공학 연구와 차별성 또는 조화로운 조정이 필요함.

4절. 연구사업을 위한 비전 제시

- 2004년부터 진행된 국가개발사업인 '마린바이오 사업'을 통해 해양생물을 소재로한 연구성과를 이룩함.
- 하지만 정성적으로 확보한 해양생물자원소재에 대한 지속가능한 이용을 위한 전략과 국내 자원량에 대한 변동을 예측하는 정보가 필요한 상황임.
- 체계적인 연구개발을 통한 해양생명공학분야의 발전을 위해서는 국내외 해양생물자원의 변동을 감시하고, 미래자원량을 예측하여, 관리하는 방안 제시가 필요한 상황임.

5절. 추진체계

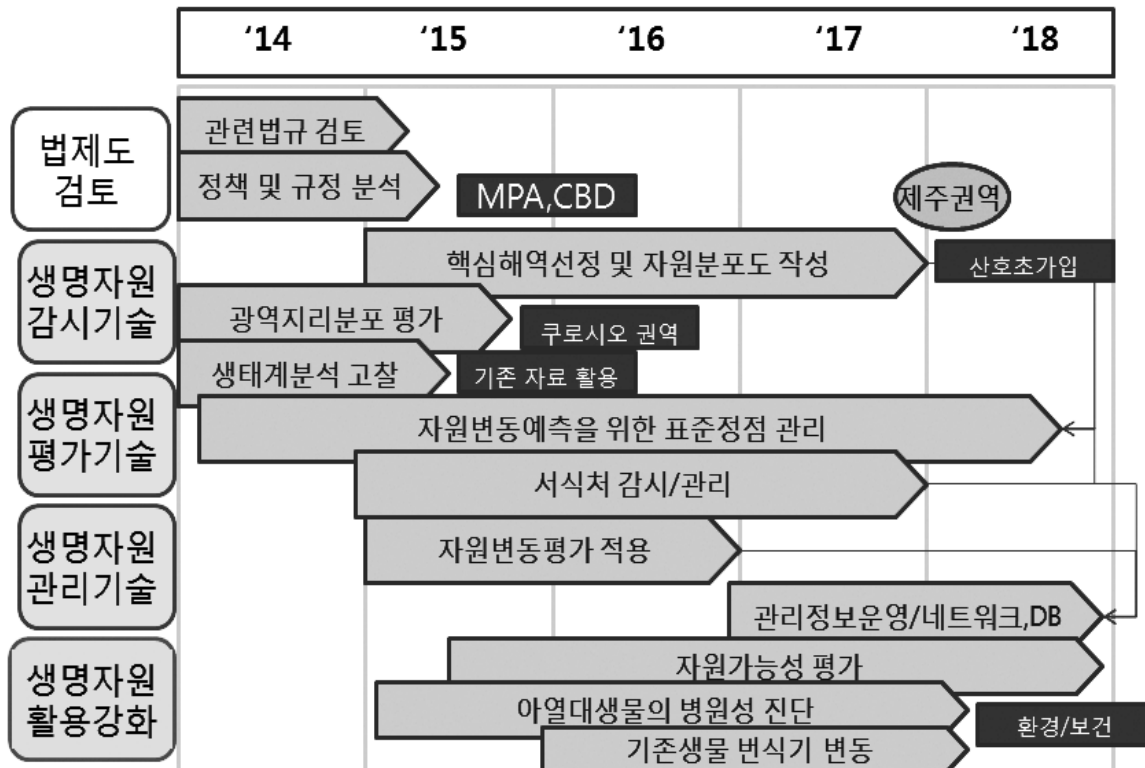
1. 사업추진체계

- 기존 유사 사업에 대한 검토 및 연계성이 중요함. 하지만 아직까지 국가 차원에서 해양생명자원에 대한 연구개발사업이 진행된 바 없으며, 수산분야를 중심으로한 자원보전, 증식 사업이 진행됨. 오히려 생태계변동 및 구조 감시 연구를 통한 생명자원요소를 일부 파악하였음.
- 해양생물자원 변동을 평가하기 위해서는 우선 한반도에서 변화양상이 가장 크게 예상되는 지역에 대한 우선 계획이 필요함 현재 제주도 남부해역은 대형갈조류인 감태군락이 줄어들고, 백화현상과 산호가 출현하고 있어서, 아열대화 영향이 생태계 구조에서 가장 먼저 나타나는 곳임.
- 또한 제주권역과 남해권역의 아열대화 징후는 광역 분포에서 그 원인을 제공하는 공간까지 포괄적인 검토가 필요한 사항으로, WARM-POOLDL 진행되는 괌 이남 해역에서 대만, 일본을 통한 국제 공동연구가 진행되어야 함.



2. 기술로드맵

- 기술 로드맵은 우선 단계적으로 5년(1차년도) 단위로 추진하였음. 우선 해양수산부 부활로 인해 기존 해양생명법과 농수산자원관련 법안에 대한 정리가 필요함. 또한 생물다양성, 해양보호구역에 대한 지금까지 진행과정에서 해양생명자원관리 부분의 추가 여부를 검토함.
- 생태계기본사업 등 정부에서 추진한 해양생태계 조사 결과를 바탕으로 한국주변에서 활용되는 해양생물자원의 서식지 분포도를 정리하고, 우심해역을 hot spot로 지정하면서, 해양생물 분포에 따른 아열대화 진행이 뚜렷한 제주 남부해역에 대한 자원변동 영향을 조사함.
- 조사해역에 대한 표준 프로토콜을 정하고, 자원변동양상을 파악한 후 예측하는 기법 정리 및 4차 년도에는 대입을 통한 평가 진행.
- 해양생물자원으로 가능성에 대한 평가를 동시에 진행.



3. 단계별 추진 계획

- 해양생물자원변동은 단기적 연구성과보다는 장기적인 모니터링이 필요함. 지금까지 관련 연구결과를 확보하지 않은 상황에서 가장 효과적인 예측은 충분한 정보확보가 필요한 상황임.
- 1단계(5개년)간 해양생물자원 변동을 파악하는 프로토콜을 개발하고, hotp-spot에 대한 적용을 통해 예측 기법을 적용함.
- 2단계에는 적용된 기법을 통해 서식처를 확대하여 연구개발사업에서 평가 및 관리로 전환하여 자원변동 평가기술을 활용함.

단계	제1단계(초기단계)	제2단계(관리·감시단계)
	2014-2018	2019-2023
목표	<ul style="list-style-type: none"> • 아열대화에 의한 해양생물자원 변동 현황 파악 • 효율적 관리, 경제적 운영 기반 강화 	<ul style="list-style-type: none"> • 지속가능한 해양생명자원 공급 • 생명공학연구 지원
주요 사업 내용	<ul style="list-style-type: none"> • 법제도 개선을 통한 해양생물자원관리 방안 구축 • 해양생물자원 변동 양상 추적 • 해양생물자원 다양성 연구 • 동아시아 생물자원활용을 위한 국제적 네트워크 강화 • 생물자원 활용 연구 	<ul style="list-style-type: none"> • 해양생물자원 지속적 확보 • 해양생명자원 관리 체계 구축 • 기후변화에 따른 장기 변동 예측
투자비	100억원	70억원
소요인력	110명	85명



4. 연차별 추진계획



- 해양생물자원과 관련된 연구개발사업을 기획함. 우선 아열대화가 진행되는 해역을 평가하기 위한, 기존 자료 정리 및 감시전략과제를 진행하고, 주요 생물자원 그룹을 선정하고, 공간적 분포에 따른 예측 기반 정보를 확보하는 과제로 진행함.
- 확보된 정보를 포괄적으로 관리하여, 해역별, 서식처별 예측기반 프로토콜을 제작함.

단계별 목표 및 연차별 추진내용	1단계				
	'14	'15	'16	'17	'18
아열대화에 의한 해양생물 관련 정책 및 법제도 분석	■				
한반도 해양생물(생명)자원 분포도 작성		■	■	■	
해양생물자원 변동 평가 연구		■	■		
아열대 해양생물 조추출물 확보를 통한 자원 가능성 평가 연구		■	■	■	
주요 해양 생물소재 확보를 위한 서식처 관리 연구		■	■	■	
쿠로시오 난류에 의한 열대생물 지리분포 연구	■	■			
해양생물자원 관리를 위한 네트워크 운영			■	■	
아열대 생물 가입에 따른 병원성 진단 연구		■	■	■	
기후변화에 의한 주요해양생물자원 번식기 변동 연구		■	■	■	
아열대 생물 유입량 감시를 위한 표준 정점 관리	■	■	■	■	■

5. 성과 지표

- 해양생물자원 변동을 파악하는 연구개발사업은 국가 기반연구사업이므로, 산업적 성과보다는 학술적 성과를 중심으로, 해양바이오 등 기존 성과가 높은 사업에 제공되는 시료에 대한 성과 지표가 필요함.
- 예측평가 개발 사업은 결과적으로 해양생물자원 활용에 대한 국가 전략을 제공하므로 정책제안, 법안 검토 등의 성과를 고려해야 할 것임.

성과 지표	가중치	Network 성과지표
1-1 학술지게재논문건수	10	학문적 우수성
1-2 SCI 급 학술지 논문 건수	20	
1-4 학술회의 논문 발표건수	5	
4-1 특허 출원건수	5	
11-1 정책제안실적	20	국가 발전 기여도
22-1 인력양성 실적	10	
28-1 국제정보교류	10	
30-1 DB 구축	10	사회적 기여도
34-1 지역연구거점	10	



6절. 활용방안 및 기대효과

1. 활용방안

- 열대 기원 해양생물자원 한반도 가입양상 파악
- 해양생물자원 변동에 따른 소재 다양성 활용 방안 추진
- 해양생명소재 확보 전략에 활용
- 국토 공간 효율적 활용을 위한 서식처 관리 체계 정보 제공

2. 기대효과

- 아열대화로 인한 해양생태계 변화 예측에 따른 제도 개선 정보 확보
- 국가 해양 생물자원 정보 기반 국가 관리 및 미래 전략 마련
- 동아시아 해양 생물자원 생산 정보망 구축을 위한 주도권 확보
- 기반자료를 활용한 경제적인 해양생명자원소재 관리 방안 추진
- 후대에게 양질의 해양 정보 제공

부록





부 록

[부록 중점 기술 목록]

번호	분류	과제명
1	자원변동 감시	아열대화 진행에 따른 해양무척추동물 자원변동모니터링
2		아열대생물 유입의 지속검증을 위한 표준정점 개발
3		아열대성 플랑크톤 지표종을 이용한 해양환경 변동 모니터링 연구
4	생물지리 분석	기후변화로 인한 쓰시마 난류 구간의 해양임반생태계 변화 연구
5		아열대 해호말 잘피생태계 먹이망 변화 예측
6		저서무척추동물 서식지도 구축
7	자원활용 기술	아열대화에 따른 해양생물 대사산물의 주요성분 변화분석
8		어류 생리내성수준 측정 모델 개발
9		해수 온난화에 따른 해조류 서식환경 변화 및 탐지기술 개발
10		국내 유입 아열대 해양저서생물의 질병 병원성 보유 파악 및 진단
11		한반도 연근해 어류자원 번식기 변동 모니터링



과제명	아열대화 진행에 따른 해양무척추동물 자원 변동 모니터링	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)				
1. 기술개발 목표	○ 아열대화에 따른 해양생물자원의 분포 및 종 구성의 변동사항을 모니터링하고 이를 통하여 해양생태계의 변동사항을 추적함으로써 해양생명자원 효율적 관리를 목표						
2. 기술개발 동향	○ 미국, 독일, 유럽연합, 중국, 일본 등에서는 자국의 생물자원 소재 특성 및 자원동향에 대한 지속적인 모니터링을 실시						
3. 기술개발 필요성	○ 자국해양 영토 관할 하에 서식하는 생물자원에 대해 지속적인 모니터링 및 관리기법 개발을 통하여 해수온 상승 및 지구 환경변화에 따른 생물상의 분포변화에 대응 가능한 국가적 대책 수립이 대두됨.						
4. 세부과제별 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양생물다양성 및 생태계 구성의 핵심요소 중의 하나인 해양무척추동물(연체, 절지, 환형, 극피, 해면, 자포동물)의 계절별, 연차별 생물분포지리 정보 확보 및 탐색 ○ 아열대화가 이전의 생물상 분포를 비교하여 생물분류군별 위도/경도상의 변화양상을 탐색하고 유/출입 생물종에 대한 인벤토리 작성 						
5. 기술개발 최종성과물	세부과제			최종 성과물(성공여부 판정 기준)			
	○ 해양생물 분류군별 생물지리분포 특성 비교 연구			○ 분류군별/해역별 출현종에 대한종속지적 변화 양태 조사			
6. 성과활용 방안	○ 해수온 변화에 따른 생물상 및 분포지역의 변화양상을 모니터링함으로써 자원의 분포변화를 추적하여 생물자원의 효율적인 관리에 활용						
7. 기술개발 기대효과	해양생물자원 효율적 활용 및 관리						
8. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
	연차별 연구비 (백만원)	정부	200	300	300	100	100
		민간 (추정)					
	합계		200	300	300	100	100
	총 연구비 (백만원)	정부	1,000		총 연구기간	5년 (-)	
		민간					
	총합계	1,000		연도별 평균소요인력	37명		



과제명	아열대생물 유입의 지속검증을 위한 표준정점 개발	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)				
1. 기술개발 목표	우리나라 해양의 아열대화에 따른 유입종의 지속적인 탐색 및 변동을 정량화 할 수 있는 표준정점의 개발						
2. 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2007년 IPCC 4차 보고에 따르면 지구온난화에 따른 기후 및 환경변화가 전 지구적으로 일어나고 있으며, 앞으로 더욱 더 심화될 것으로 예측함. ○ 우리나라 주변 해양의 아열대화를 구체적으로 설명할 수 있는 해양생물의 이동 및 착생에 관한 연구는 미비한 실정임. ○ 동중국해 또는 제주해역의 물리학적 특성은 규명되어지고 있으나, 기후변화 및 해양의 아열대화에 따른 증거인 아열대 및 열대 해양생물의 유입을 정량화 하고 지속적으로 감시할 수 있는 정점이 개발되어 있지 않음. 						
3. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 쿠로시오 난류의 수송량 증가로 인한 열대 및 아열대 해양생물의 유입이 증가하고 있는 실정임. ○ 한반도 주변해역 중 제주도 연안은 다양한 환경변화의 직, 간접적인 영향을 가장 잘 반영하고 있으며, 기후/기상/환경변화에 따른 생태계 영향연구에 적합함. ○ 해양의 아열대화에 대응하여 해양 유용생물자원의 보호 및 관리를 최적화할 수 있는 정책수립에 기여가 가능함. 						
4. 세부과제별 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> - 쿠로시오 난류가 분리되는 지점인 서귀포 MPA 지역의 지형도 작성 - 기존자료 및 물리학적 자료를 활용한 biological sinking area (BSA) 공간분석 및 현황도 작성 - BSA 내 정밀 조사 및 유입종 검색 - 유전학적 동정 및 동위원소를 활용한 착생시기 규명 - 유입종의 활용 연구를 위한 배양 및 기능성평가 						
5. 기술개발 최종성과물	세부과제	최종 성과물(성공여부 판정 기준)					
	아열대생물 유입의 지속검증을 위한 표준정점 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 지형도 및 공간분석 자료 구축 • MPA 정책 수립 및 대응 체계 구축 • 유입종의 평가기법 개발 • 표준정점 개발 및 활용 					
6. 성과활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연안 유입종 통합관리체계를 통한 연구성과 보급 및 정책 수립 자료 제공 ○ 개발된 표준정점 활용을 통한 관련사업 효율성 제고 ○ 유입종 판정을 위한 현장관측 및 실험실 측정 기술 표준화 						
7. 기술개발 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유입 해양생물 활용 건강기능식품 생산 5,000억 원 ○ 해양의 아열대화 대응에 의한 경제적 피해 간접 감축 5,000억 원 ○ 표준정점의 국내외 공동 활용을 통한 국가브랜드 가치증대 등 						
8. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	200	200	200	200	200
		민간 (추정)	0	0	0	0	0
	합 계		200	200	200	200	200
	총 연구비 (백만원)	정부	1,000		총 연구기간	5년(2014-2018)	
민간		0		5년(2014-2018)			
총합계		100		연도별 평균소요인력	25 명		

과제명	아열대성 플랑크톤 지표종을 이용한 해양환경 변동 모니터링 연구	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)
1. 기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화에 의해 출현하고 있는 아열대성 플랑크톤을 추적하여 밝히고 새로운 종의 출현여부를 확인한 후, 플랑크톤 지표종으로 선정하여, 미래 국내 기후변화 진행을 감시 할 수 있는 생물학적 모니터링 기법을 제시하고자 함. ○ 또한 기후변화에 따른 외래 유해 생물의 국내 유입으로 인한 생태계 교란 방지를 위한 모니터링 기법 개발 		
2. 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한반도 기후변화평가보고서 2010 - 국립환경과학원 한반도 기후변화관련 1,800여편 논문 자료를 정리/ 육상 환경 변화에 집중 ○ 해양생태계기본조사 2006-2013 - 국토해양부 권역별 해양생태계 조사 / 종 조성 기반 목록 및 군집 연구 수행 ○ 국가장기생태연구 2004-2014 - 환경부 해양에서는 함평만, 울산주변에 한정된 종 조성연구 ○ 장기 해양생태계 연구 2011-2013 - 국토해양부 5개 해양서식처 권역에 따른 먹이망 연구 수행/ 기초 기반 연구 ○ 기후변화 적응 생물다양성 관리연구 2009-2010 - 환경부 육상생물(식물) 우선 아열대 종 가입양상 파악 		
3. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - 한반도 기후 변화를 주도하는 난류성 해류로 인해 이미, 해양생물상에 변화가 일어나고 있으며, 고유 해양생물자원이 감소하고, 열대성 생물이 흔하게 포획되고 있음. - 기후변화에 대한 관심으로 국가적으로 다양한 연구사업을 추진하고 있지만, 주로 기후, 해양물리, 생태계 등 거시적 환경 변화와 영향평가에 치우침. 따라서, 가장 기후변화에 민감하게 반응하는 해양생물 중 특히 플랑크톤에 대한 모니터링을 통해 우리나라 주변 해역에서의 기후변화 정도를 알고자 하는 연구가 시급히 추진되어야 할 시점에 와 있음. - 기후변화와 관련된 수온상승으로 인한 1차 생태계 구조 변화가 예상되고, 특히 독성을 가진 아열대 플랑크톤 종들에 의한 우리나라 생태계 교란 및 수산업 피해가 심각한 상황으로 발전될 가능성이 있음. - 기후 변화에 민감하게 반응하는 아열대성 플랑크톤 지표종을 선정하고, 이들의 출현 양상을 추적함으로써 기후 변화에 유래된 생태 환경 변동을 민감하게 감지해 낼 수 있는 개체군 모니터링 기술력 확보가 필요함. 		
4. 세부과제별 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내에서 출현 가능성이 있는 아열대성 플랑크톤의 지리분포 정보 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 수온 상승에 우선 영향권인 제주, 동남해역을 대상으로 아열대화 평가 <ul style="list-style-type: none"> · 제주, 남해 도서, 동해 중, 남부 연안 및 울릉도 등지에서 출현하는 서식종 공간분포 ○ 아열대 플랑크톤 지표종 선정 및 유입 경로파악을 위한 연근해 수생태계 생물상 변화 양상 파악 <ul style="list-style-type: none"> - 새로운 아열대 플랑크톤의 유입 여부 및 경로를 파악을 위한 조사정점 검증 - 신속하고 정확한 아열대 플랑크톤의 유입 확인 기법 개발 ○ 기후변화로 인한 연근해 일차생산력 변동 모니터링 <ul style="list-style-type: none"> - 해양 생태계의 아열대화로 인하여 발생할 수 있는 생산력에 주를 이루는 생물군의 변화를 모니터링 - 일차생산력의 변동으로 인해 발생할 수 있는 어족자원량 변화에 대한 관계를 문헌 조사 등을 통하여 수행 		

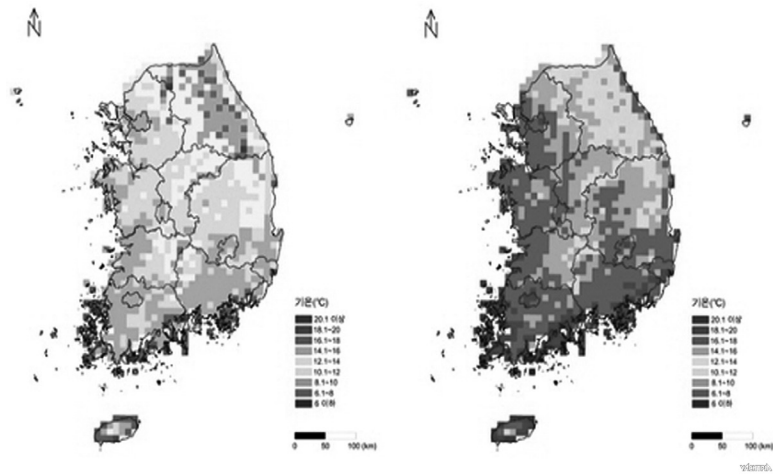
	세부과제		최종 성과물(성공여부 판정 기준)				
	5. 기술개발 최종성과물	국내에서 출현 가능성이 있는 아열대성 플랑크톤의 지리분포 정보 구축		SCI 논문 (2), 학회 발표 (1)			
아열대 플랑크톤 지표종 선정 및 유입 여부 확인을 위한 연근해 수생태계 생물상 변화 양상 파악		SCI 논문 (2), 학회 발표 (2)					
기후변화로 인한 연근해 일차생산력 변동 모니터링		국내 논문 (3), 학회 발표 (2)					
6. 성과활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 미래 기후 변화 대책을 위한 정책제언 - 기후 변화에 따른 플랑크톤 출현 양상 변동에 관련된 목록/정보/확보/전략 방향 제시 - 주도적 국제협력 전략 방향 제시 						
7. 기술개발 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양 오염 증가, 수온 상승, 백화 현상 확대, 아열대생물 증가, 서식처 변동 등에 대한 체계적인 감시 기술 확보와 미래 정책 대안 제시 ○ 거시적 해양생태계 연구 체계 및 관리에 대한 기본 방향 제시 가능 						
8. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
	연차별 연구비 (백만원)	정부	100	300	300	300	100
		민간 (추정)					
	합계		100	300	300	300	100
	총 연구비 (백만원)	정부	1,100		총 연구기간	5년 (2013 - 2017)	
민간							
총합계		1,100		연도별 평균소요인력	10명		



과제명	기후변화로 인한 쓰시마 난류 구간의 해양암반생태계 변화 연구	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)
1. 기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한반도 주변해역의 수온상승 진원지인 쓰시마난류는 지난 몇 년간 세력증강을 거듭하고 있으며, 이 세력은 향후 더욱 더 커질 것으로 예상됨. 따라서 이 난류의 세력 하에 있는 해양생태계 중 특히 이동성이 적은 고착성 또는 정주성 생물로 이루어진 암반생태계는 이 난류의 세력증강에 의해 이미 많은 영향을 받아왔고, 또 앞으로도 많은 영향을 받을 것임. 본 연구에서는 첫째, 제주도와 남해, 그리고 동해남부를 거쳐 동해중부로 이어지는 쓰시마난류구간의 암반생태계에 대한 large-scale field survey 및 자료조사를 통해 현재의 생태계구조는 과거에 비해 얼마나 달라졌으며 또 이 변화정도는 공간적으로 어떻게 다른가를 밝히고, 둘째 동 생태계 중 핵심지역에 대한 장기모니터링을 통해 이 해역의 암반생태계가 향후 어떻게 변화할 것인지를 예측함으로써 기후변화에 따른 외래종 및 돌발 대발생 생물의 번식 및 확산을 방지하고, 생물종, 유전자원, 생태계의 다양성을 보전하는 기틀을 마련코자 함. 		
2. 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양생태계기본조사: 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」 근거, 부유·저서·유영생태 부문에서 전국 연안을 8개 구간으로 나누어 8년간 년차별로 서해(3년), 남해(3년), 동해(2년) 순으로 각 연안별 4계절 생태계 조사 목적 ○ 장기해양생태계연구: 전국 5개 해상 정점을 대상으로 주로 해양 물리화학적 환경요인과 생태계 변화의 상호작용 모델과, 부유생태계에 대한 장기 모니터링 조사 목적 ○ 유해생물 조사: 전국 주요 항만 주변의 유해 외래 유입종에 대하여 선박평형수에 의한 영향여부 조사 목적 ○ 기후변화가 해양생태계에 미치는 영향부문을 현재, 정부 13개 유관부서 합동으로 향후 조사계획 및 대응전략 수립 차원에 있음. ○ 미국 장기생태연구프로그램(Long-Term Ecological Research): 미국국립과학재단(NSF) 주관으로 1980년 초기 6사이트를 설정·조사, 현재(2011년)에는 광범위한 생태환경에 대해 26사이트에서 1차생산량의 패턴과 조절, 영양구조에 따른 개체군의 시공간적 분포 및 교란의 패턴과 빈도 등을 연구, 2011년까지 5대륙에 걸쳐 38개국에 걸쳐 38개국에 포함하여 국제장기생태연구네트워크(International Long-Term Ecological Research Network) 구축운영 ○ 일본 장기생태연구프로그램(Japan Long-Term Ecological Research Network): 일본 전역에 지역·생물권별로 20개의 핵심 사이트와 34개의 연관 사이트를 설정·조사하는 대규모-장기 모니터링으로 각 지역의 대학·기관 등이 참여, 육지-해양 사이의 수-생지화학 과정(hydro-biogeochemical process) 연구 및 기후변화 아래 생태계와 생물다양성 상호작용에 대한 multiple scale-dimension에 걸친 모니터링 네트워크 구축 ○ 호주 AIMS(Australian Institute of Marine Science): 기후변화와해양산성화에 관련된 CO₂, 온도, Coral bleaching, Extream climate 등의 연구 등을 수행, 1985년부터 20년 이상 군집모니터링을 실시하며 산호초와 해저 및 심해를 포함한 다양성 지도를 작성, 앞으로의 기후변화와 질병 등 위협에 대한 대응방안 구축 		
3. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화와 관련하여 지금까지 수행된 대부분의 연구는 유입종에 대한 단순보고 또는 제한된 정점에 대한 한시적 조사로 국한되어 지구변화에 따른 해양생태계의 변화가 어떠한 패턴으로 또 어느 정도로 일어나고 있는지에 대해 신뢰할만한 많은 정보를 제공하지 못하고 있는 실정임. ○ 최근 국토해양부의 과제로 해양생태계 장기 모니터링이란 연구가 우리나라 연안 생태계의 장기변동, 그리고 생물학적 요인과 해양환경 변화의 통합분석 및 모델링을 목표로 수행되고 있지만, 이는 생태계의 구조보다는 기능의 변화에 초점을 두고 있으며, 또 그 조사지역도 쓰시마난류 구간(제주 동쪽 1개 정점에 한정)이 아닌 다른 해역에 집중되어 있음. ○ 마찬가지로 국토해양부에서는 기후변화와 관련하여 동중국해 하위생태계 중장기 변동특성파악 및 동중국해 해양생태계 예측모델개발이란 사업을 수행하고 있지만 이 두 사업 역시 암반저서생물보다는 유영생물에 초점을 두고 있으며, 또 그 조사지역도 쓰시마난류 구간과 무관한 곳에 집중되어 있음. ○ 한반도 내 해양생물종의 극심한 지리적 분포변화 및 유입개체군의 증가로 사회·경제적 영향이 큼에도 우리나라 생물종·생물자원에 대한 적응대책 기반 자료 미비 ○ 기후변화에 따라 생물종의 멸종이 가속될 것으로 예측되는 바, 이에 대한 보전 및 관리 필요 ○ 미래 해양생물자원의 안정적 확보를 위해 기후변화 취약 해양생물종의 유전적 다양성 확보 		

4. 세부과제별 연구내용

- 기후변화에 따른 생태계 구조변동 분석
 - 현장 및 자료조사에 의한 우점종 및 지표종의 시·공간적 변동분석
 - 미기록종, 유입개체군, 특정종의 우점 및 기타 교란현상의 시·공간적 변동분석
 - 종다양성(species diversity)에 근거한 군집 안정성(stability)의 시·공간적 변동분석

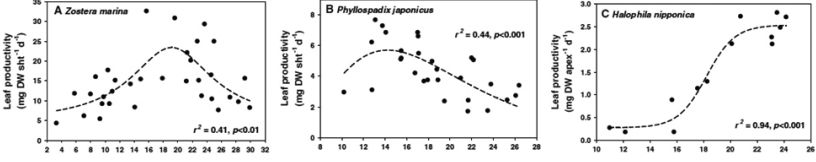
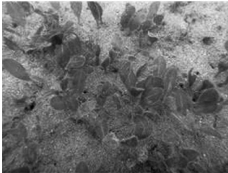
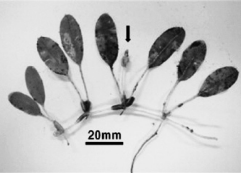
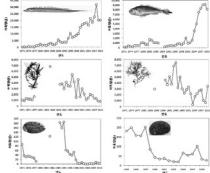


〈조사해역〉

- 기후변화에 따른 분류군별 주요종의 분포변동 분석
 - 현장 및 자료조사에 의한 주요종의 지리적 분포 및 생태지도 작성
 - 기후변화 민감 생물종 선정 및 지표화
 - 아열대성 암반 저서생물의 분포경로 파악
- 기후 변화 대응 장기 모니터링
 - 장기 모니터링 핵심지역 및 생물선정
 - 군집구조의 변동 예측
 - 주요 개체군의 건강도 판정 및 지속가능성 분석
 - 유전적 다양성 분석(RAPD, AFLP, micro satellite 등 개체군 유전학 분석 기법)을 통한 개체군의 변동 예측
 - 토착 및 유입 개체군의 상호작용(ex. 교란, 경쟁, 공생 등) 분석
 - 군집안정성과 민감도지수에 따른 기후변화 sensitivity map작성
- 기후변화에 따른 해양생태계 연구 인프라 구축
 - 관련분야 국내 Research cluster 형성 및 DB구축
 - 신규 유입생물종에 대한 국제 정보공동망 구축
 - 유입생물 원산지(source population)에 대한 현장 조사 및 국제 협력
 - 쓰시마난류구간에 대한 한일 해양생태계 공동조사 및 협력
- 생태계 관리를 위한 거버넌스 구축 및 홍보
 - 기후변화에 따른 생태계 적응 가이드라인 제작 및 보급



5. 기술개발 최종성과물	세부과제		최종 성과물(성공여부 판정 기준)				
		암반생물자원서식 감시		논문 실적			
	해조류기반 해양복원사업		해양보호구역 지정				
6. 성과활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 암반해역 생물 생산성 증대 방안 해양보호구역 선정을 위한 정보 제공 						
7. 기술개발 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제주도와 남해, 그리고 동해남부를 거쳐 동해중부로 이어지는 쓰시마난류구간의 암반생태계에 대한 large-scale field survey 및 자료조사를 통해 기후변화에 따른 여러 개체군들의 지리분포 변화를 포함한 전 한반도 해양생태계 변화양상을 정량측정 가능 ○ 변화가 많은 핵심지역을 선정하여 장기모니터링을 실시함으로 향후 변화 경향을 예측이 가능하며, 고유종, 멸종위기 종의 멸절이나 외래종의 유입, 유해종의 이상번식 및 확산 등에 대비한 관리대책 기반 마련 ○ 기후변화 취약 해양생물종 선정 및 기후변화 sensitivity map의 작성으로 기후변화 관련 대국민 교육효과가 예상되며, 수산해양자원의 효율적 관리 및 해양생태공원 지정 등의 해양생태계 관리 및 보전을 위한 기반기술 확보 기대 ○ 학교와 정부출연연구원, 사립연구소가 함께 하는 본 연구를 통하여 확보된 표본 및 분자 데이터는 기후변화에 취약한 해양생물종의 유전적 다양성 확보에 밑거름이 되는 동시에, 국내 기후변화와 해양생물학을 연구하는 연구진들에게 참여와 정보교류의 기회를 제공하여 협력 연구네트워크 구축 등 국가기초과학 발전에 도움 될 것이라 예상됨. 향후 국립해양생물자원관이 완공될 경우 이동·보관도 가능하여 미래 해양생물자원의 안정적 확보에 기여 ○ 쓰시마 난류 구간에 포함되는 일본지역 해양학자들과의 공동연구를 통하여 기후변화 양상의 예측과 관련 유입·유해 생물종들의 정보의 교류 등 국제 정보공동망 구축에 도움이 될 것으로 기대됨. 						
8. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
	연차별 연구비 (백만원)	정부	200	200	150	150	100
		민간 (추정)					
	합 계		100	100	150	150	100
	총 연구비 (백만원)	정부	800		총 연구기간	5년 (2014 - 2018)	
민간							
총합계		800		연도별 평균소요인력	30명		

과제명	아열대 해호말 잘피생태계 먹이망 변화 예측	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)
1. 기술개발 목표	아열대성 바닷말인 해호말의 국내 연안 확산에 따른 잘피생태계 먹이망 변화 예측을 하기 위하여, ① 해호말 잘피생태계 내의 생물다양성 조사를 실시하고, ② 해호말 잘피생태계 내의 먹이망 구조 분석을 실시하고, ③ 우리나라 자연 잘피생태계 내의 먹이망 구조와의 차이점 분석을 통한, 향후 잘피생태계의 먹이망 변화 예측 기술 개발을 실시함.		
2. 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 현재까지 잘피에 대한 생리/생태 연구가 진행되고 있으며, 잘피생태계 내의 먹이망 연구는 매우 미진함. • 최근에 우리나라 남해안에 보고된 아열대성 바닷말인 해호말의 생리 연구 결과, 수온이 높은 여름철에 최적의 생산을 보이고 있으며, 이런 생리적 특성은 우리나라에 자생하고 있는 잘피의 성장 패턴과 반대적인 경향을 보임. <div style="text-align: center;">  <p>수온에 따른 잘피(A), 게바다말(B), 해호말(C)의 잎 생산력</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> • 아열대 해호말 잘피생태계내에 먹이망 연구와 잘피생태계 내에서의 해호말 기능 연구는 되어있지 않음. 		
3. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 연안역에서 잘피생태계는 높은 생물다양성과 해양생물의 서식처 및 산란장 지역으로 다양한 생태적 기능을 차지하고 있음. • 2007년 아열대성 바닷말인 해호말(<i>Halophila nipponica</i>)이 우리나라 남해 연안(여수)에 서식하고 있는 것으로 보고되었으며, 2012년에는 해호말의 분포가 남해 전역으로 확산되고 있음. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>남해안에 발견된 해호말 군락</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  <p>해호말의 생산과 수온관계</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> • 우리나라 연안에 분포하는 잘피는 해호말을 포함하여 9종이 보고되고 있으며, 해호말 분포대역이 확산됨에 따라, 우리나라 고유 잘피종의 분포는 감소되고 있으며, 이에 따라 잘피생태계의 먹이망 구조가 다르게 나타날 것으로 예상되어짐. • 더군다나, 해수온 상승에 따라 잘피생태계 내에서는 아열대 생물의 출현이 발견되고 있지만, 이에 대한 과학적 조사가 이루어지지 않고 있음. • 그러므로 아열대 해호말 잘피생태계 내에 서식하는 해양생물의 종 서식 특성과 먹이망 연구를 통하여, 향후 아열대 기후 변화에 따른 잘피생태계의 먹이망 변화 예측이 필요함. 		
4. 세부과제별 연구내용	<ol style="list-style-type: none"> ① 해호말 잘피생태계 내의 생물다양성 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 해호말 잘피생태계에 서식하는 무척추동물 정량 조사 - 해호말 잘피생태계에 서식하는 생물 분포 지도 작성 ② 해호말 잘피생태계 내의 먹이망 구조 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 해호말 서식 무척추동물 이차생산 - 해호말 잘피생태계내의 먹이망 구조 분석: 지방산 및 안정동위원소 이용 ③ 우리나라 자연 잘피생태계 내의 먹이망 구조와의 차이점 분석을 통한, 향후 잘피생태계의 먹이망 변화 예측 <ul style="list-style-type: none"> - 해호말 잘피생태계 먹이망구조와 기존 잘피생태계 내의 먹이망 구조 차이 분석 - 잘피생태계 먹이망 구조 변화 예측 		



5. 기술개발 최종성과물	세부과제		최종 성과물(성공여부 판정 기준)				
	해호말 잘피생태계 내의 생물다양성 조사		종 분포 지도, SCI 논문(1편)				
해호말 잘피생태계 내의 먹이망 구조 분석		SCI 논문(2편)					
잘피생태계의 먹이망 변화 예측		잘피생태계 먹이망 변화 예측도					
6. 성과활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 아열대 잘피생태계의 먹이망 구조를 통한, 미래 잘피생태계 변화 예측 활용 ○ 아열대 잘피생태계에 적응하여 서식하는 해양생물 분포 파악을 통한 미래 생물 분포 변화 예측 활용 ○ 잘피생태계 내의 군집구조와 먹이망 분석을 통한 잘피생태계 수용능력 파악 ○ 미래 해양생태계 국가 관리 전략 마련 						
7. 기술개발 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 아열대 잘피생태계에 적응하는 유용 해양생물 개발 - 생태계 먹이망 흐름을 기초한 잘피생태계의 과학적인 관리로 예산 집행의 효율성 향상 ○ 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 기후변화에 적응하는 해양생태계 먹이망 변화 대응 국가역량 제고 - 아열대 잘피생태계의 먹이망 구조 변화 예측 기술 개발 ○ 정책적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 아열대 기후 변화로 인한 연안 연안생태계 관리 및 이용 기술 개발에 활용 						
8. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
	연차별 연구비 (백만원)	정부	200	200	200	200	100
		민간 (추정)					
	합 계		50	100	100	200	100
	총 연구비 (백만원)	정부	900		총 연구기간	5년 (2014-2016)	
민간							
총합계		900		연도별 평균소요인력	20명		



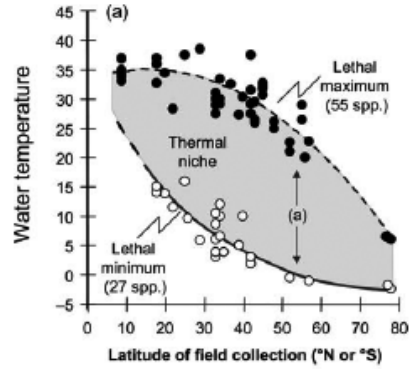
과제명	우리나라 연안(< 20m 이하)에 출현하는 아열대 저서무척추동물 서식지도 구축	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)				
1. 기술개발 목표	우리나라 연안(< 20m)에 출현하는 아열대 생물 서식지도 구축을 위하여, 1) 수심이 낮은 연안(제주도, 남해, 동해안)에 출현하는 아열대 생물 종 목록을 작성하고, 2) 각 생물 별 서식지도를 작성하여, 3)수온 증가에 따른 아열대 생물 서식지도 변화 예측도 연구를 실시함.						
2. 기술개발 동향	<p>우리나라 육상에 출현하는 아열대 생물(조류 포함)에 대한 분포 연구가 환경부 국립생물자원관 주도로 실시되고 있으나,</p> <p>우리나라 연안에 출현하는 아열대 해양생물에 대한 체계적인 서식지도 정보가 구축되어 있지 않고 있으며, 언론을 통해 일부 아열대 해양생물의 출현이 보고되고 있음.</p> <p>국립수산과학원은 제주도 연안에만 출현하는 밤수지맨드라미, 해송, 총산호류 등의 아열대 생물이 부산 인근 섬에 출현하고 있음을 보고하였음.</p> <p>최근에는 아열대 해조류인 해호말이 남해 연안에 확산됨에 따라 해호말에 대한 생리 연구가 실시된 적이 있음.</p>						
3. 기술개발 필요성	<p>최근 10년간 한반도의 연평균기온 과거에 비해 약 0.5도 상승하였으며, 해양의 경우 1도의 수온이 상승한 것으로 보고되어, 수온 변화에 민감한 연안역(< 20 m)에서의 해양생물의 종 분포 변화가 급격히 이루어지고 있으나, 체계적인 연구는 실시되어지지 않고 있음.</p> <p>우리나라에 유입되는 아열대 생물들은 높은 수온에 대한 적응력이 높기 때문에, 우리나라에 서식하는 고유종에 대한 위협요인으로 나타날 것으로 여겨지기 때문에, 아열대 생물 분포에 대한 체계적인 관리가 필요함.</p> <p>최근에 일부 아열대 생물의 분포가 동해 속초 연안까지 출현한다고 보고되기 때문에, 아열대 생물 분포는 우리나라 전역에 나타나고 있음을 추측할 수 있고, 아열대 생물 서식지도 정보 구축은 매우 시급한 실정임.</p>						
4. 세부과제별 연구내용	<p>1) 수심이 낮은 연안에 출현하는 아열대 무척추동물 종 목록 작성</p> <p>2) 아열대 무척추동물 별 서식지도 작성</p> <p>3) 수온 증가에 따른 아열대 생물 서식지도 변화 예측도</p>						
5. 기술개발 최종성과물	세부과제		최종 성과물(성공여부 판정 기준)				
	아열대 무척추동물 종 목록		아열대 생물 종 목록, SCI 논문(5)				
	아열대 무척추동물 서식지도		아열대 생물 서식지도, SCI 논문(5)				
6. 성과활용 방안	아열대 생물 서식지도 변화 예측도		아열대 생물 서식 변화 예측도				
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우리나라에 출현하는 아열대 무척추동물 관리 방안 활용 ○ 아열대 생물 서식지도 작성을 통한 미래 생물 분포 변화 예측 활용 ○ 미래 해양생태계 국가 관리 전략 마련 ○ 우리나라에 출현하는 아열대 생물로부터 유용물질 탐색 등 응용 기술 개발 적용 						
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 부가가치가 높은 유용 해양생물 개발 활용 - 아열대 생물 서식지도 구축을 통한 과학적 연안생태계 관리로 예산 집행의 효율성 향상 ○ 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 기후변화에 적응하는 해양생물 변화 대응 국가역량 제고 ○ 정책적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 아열대 기후 변화로 인한 연안 연안생태계 관리 및 이용 기술 개발에 활용 						
8. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
	연차별 연구비 (백만원)	정부	100	200	500	500	50
		민간 (추정)					
	합 계		100	200	500	500	50
	총 연구비 (백만원)	정부	1,350		총 연구기간	5년 (2014-2016)	
민간							
총합계		1,305		연도별 평균소요인력	20명		



과제명	아열대에 따른 해양생물 대사산물의 주요성분 변화분석	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)
1. 기술개발 목표	아열대에 의한 국내 해양생물자원 양식산업의 붕괴를 방지하고 '생물다양성협약' 및 '나고야의정서'에 의거한 세계각국의 자원전쟁에 대비한 국내산 유용 해양생물 토종·가입종의 신속 탐색 및 해양자원 활용화 기술을 개발함.		
2. 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 미국 <ul style="list-style-type: none"> - 미국은 해양정책('69), 신국가해양정책('99), 21세기 해양청사진('04) 등 지속전진 국가해양 정책을 마련해 왔으며, 동 정책에 따라 7개 중점기술 개발 분야에 대한 지원을 확대하고 있음. - 2004년 'An Ocean Blueprint for the 21st Century'를 새로운 국가해양정책으로 선정 추진 - NOAA에서 Sea Grant College program 및 Marine Biotechnology program 등에 투자 - 열대해역에 속하는 팔라우와 미국령에 속하는 태평양의 여러 도서지역에는 미국의 연구소가 설치되어 유용 해양생물자원 발굴에 활용되고 있음. - 국가생명공학센터(NCBI), 국가생명자원정보인프라구축(NBI), 미국유전자은행(ATCC) 등의 운영을 통해 자국 및 아시아·태평양권역의 생명자원의 지속적 확보를 추진중. ○ 일본 <ul style="list-style-type: none"> - 일본은 정부와 민간 24개 기업이 출자하여 해양생명공학연구소(Marine Biotechnology Institute)를 설립, 해양생물로부터 신의약품 및 유용신물질 개발에 주력하고 있음. - 연구기관을 중심으로 단기간 집중투자로 인한 해양생명공학 선도국가로 급부상 ○ 중국 <ul style="list-style-type: none"> - 제8, 9차 5개년 계획을 통해 해양생물에서의 신물질 개발, 양식기술개발, 해양생태환경 보호기술, 유해적조 발생 방지, 연근해 해양생태계 역학 및 생물자원의 지속적 이용 - 해양발전 863 프로그램 및 해양생명공학 819 계획을 통해 해양동식물 양식/육종기술, 내염성 식물개발, 의료용 생체물질 및 생물과정 상품화 등의 기술개발 - 2010년 4월 국가해양국 '전략적 해양 신산업 육성을 위한 구상'을 마련하여 시행 착수 - 해양환경변화와 해양생물자원의 지속가능한 이용, 대양·심해연구에 대한 지원 강화를 위한 중국 해양사업발전계획('06~'20)을 시행중임. ○ 호주 <ul style="list-style-type: none"> - 1988년 해양과학기술 발전 전략인 'Australia's Ocean Policy'를 수립 - 2005년부터 해양환경을 보호·개발하기 위한 제도를 환경문화유산부(DENR)에서 시행 ○ 러시아 <ul style="list-style-type: none"> - 러시아는 과학아카데미 극동지부 산하 태평양생유기화학연구소(PIBOC)에서 해외해양생물의 채집 및 유용물질 탐색연구를 수행중임. ○ EU <ul style="list-style-type: none"> - 유럽 해양바이오산업 활성화 계획에 대한 보고서를 작성 - 회원국 간의 경쟁과 협력을 위한 정책 추진 - 영국, 독일, 프랑스 등도 해양생명공학분야에 집중적 투자하고 있고, 1980년대부터 인도·태평양 영역에서 다양한 생물자원을 확보 및 지속적인 탐사를 실시하고 있음. ○ 국내 <ul style="list-style-type: none"> - 정부는 해양생명공학육성 기본계획('08), 해양바이오 연구개발 활성화대책('09) 수립을 통해 글로벌 해양생물자원확보, 해양생물자원 연구개발 기반 구축, 해양생물자원의 핵심 연구개발 역량 강화, 해양바이오 산업화 촉진 등 4대 정책방향 및 14개 추진분야를 확정함. - 국내는 07년 우리나라에 서식하는 다양한 해양생물 정보를 제공하기 위한 해양생물의 종목록을 체계적으로 정리한 한국 해양생물다양성 정보시스템(KoMBIS-Korea Marine Biodiversity Information System)을 운영하고 있음. - 2004년부터 2013년까지 10년 동안 총 2,500억 원의 연구비를 투자하는 마린바이오21사업1단계가 종료 시점에 있고, 2014년부터 2023년까지 10년 동안 2단계 사업이 진행될 예정으로 인해 첨단해양생명공학기술의 중점개발을 통해 해양생명공학산업을 21세기 미래 주도형 고부가가치 성장 동력 산업으로 육성을 목표로 하고 있음. 		

3. 기술개발 필요성

○ 기후변화에 따라 한반도 주변 해역이 아열대화의 직격탄을 맞고 있음.



한반도 미래 기온전망 2011-2040(좌), 2071-2100(우) <※출처: 환경부>

제주도 주요 수산물 연도별 생산량 추이현황 그래프 <※출처: 국립수산물연구원>

4. 세부과제별 연구내용

세부과제	연구내용
아열대화에 따른 해양생물 개체군 변동분포 탐색	<ul style="list-style-type: none"> • 토종 및 가입 해양생물종 분포 조사 • 토종 및 가입종간 역학관계 규명 • 미래자원관리를 위한 지침서 도출
해양생물 대사산물의 주요성분변화 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 아열대화에 따른 주요구성성분의 변동량 조사 • 미래 생명과학 후보소재 탐색 • 미래 신양식 후보군 탐색

5. 기술개발 최종성과물

세부과제	최종 성과물(성공여부 판정 기준)
아열대화에 따른 해양생물 개체군 변동분포 탐색	해양생물분포동향서(1편 이상), SCI논문(10편)

6. 성과활용 방안

- 아열대화 대비 미래 해양먹거리 산업의 방향 제시
- 토종 및 가입종간 역학관계 규명을 통한 미래 해양생태계 보존방안 예측
- 현재 김, 미역, 다시마, 광어, 전복 등에 한정된 해양생물 관련 산업에 미이용 자원의 활용을 통한 어민소득증대에 이바지
- 아열대화 해양생물자원의 양식기술개발을 통한 열대·아열대 저소득 국가에 고급 양식기술 전도

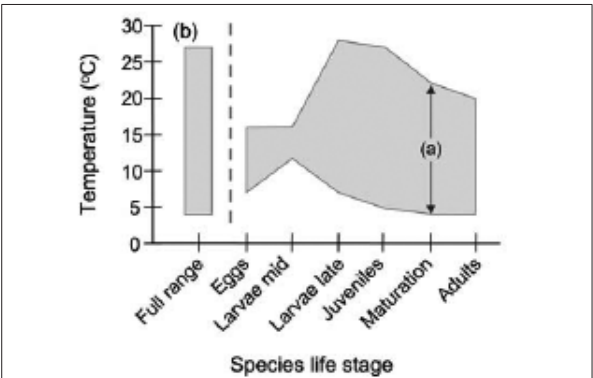
7. 기술개발 기대효과

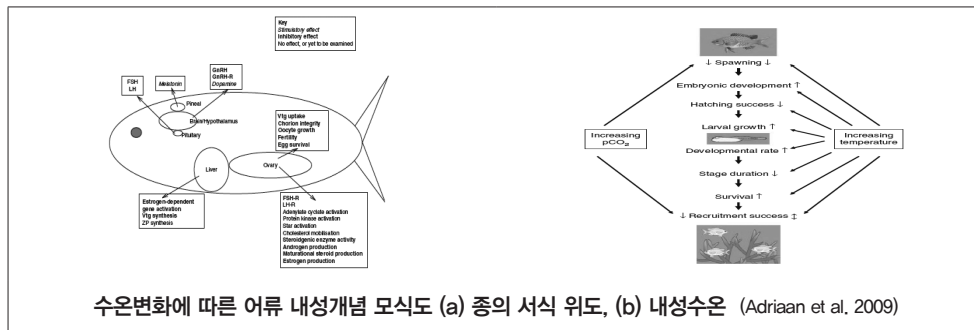
- 아열대화 대응 및 응용분야에 있어서 선도국가가 될 수 있는 기술 마련
- 지역 간, 생물종 간 대사체 비대칭성 분석을 통해 생태계의 변화가 생물종의 분포와 생성 대사체에 미치는 영향파악
- 청정해양자원유래의 기능성 소재개발로 인한 국산 브랜드화를 통한 글로벌 마케팅에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대됨.
- 신양식기술 기법의 수출로 인한 국가 이미지 개선 및 해양생명산업 선진국화
- 미래생명과학 및 신양식 후보군 도출로 인한 경제적 이익 및 안정적 고용효과 창출

8. 연구개발 과제 규모

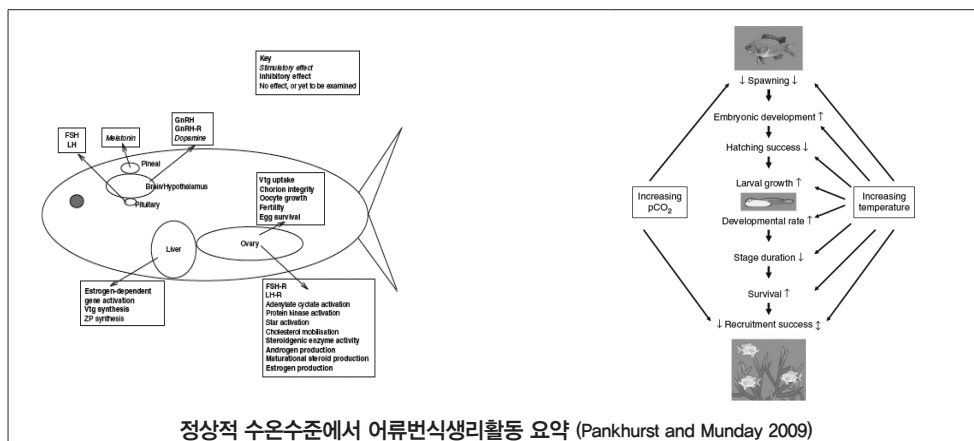
구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
연차별 연구비 (백만원)	정부	100	100	500	500	100
	민간 (추정)					
합계						
총 연구비 (백만원)	정부	1,300		총 연구기간	10년 (2014-2023)	
	민간					
	총합계	1,300		연도별 평균소요인력	20명	



과제명	어류 생리내성수준 측정 모델 개발	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)
1. 기술개발 목표	아열대화에 진행에 따른 어류자원변동 예측기법 개발을 위해 ① 수온변동에 따른 번식생리를 분석하고, ② 난을 이용한 수온내성범위와 ③ 자치어를 대상으로 한 수온내성범위를 규명하여 어류의 수온내성수준측정 모델을 개발함.		
2. 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주요 선진국에서 미래어류자원변동 예측은 그동안 어획량 분석을 통해 이루어져 왔음. 그러나 최근 보다 정확한 예측기법을 개발하기 위해 어류생리현상의 변화에 주목하고 있음. ○ 특히 뉴질랜드와 스웨덴의 연구그룹은 극지에 서식하는 어종의 생리반응 변화에 다각적 모니터링을 수행하고 있음. ○ 넓은 산호초 지대를 보유하고 있는 오스트레일리아에서는 주요환경요인인 수온에 따른 담셀피쉬 부화특성, 치어 생존률 및 먹이용 효율 등을 분석하고 산호초어류자원의 변동을 예측하기 위한 노력을 기울이고 있음. ○ 어류자원 특성에 따라 환경적 변화에 능동적으로 이동하여 예측이 어려운 회유성 어종보다는 극단적으로 국소적인 지역에서 서식지 이주 형태를 띠는 정착성어종에 대한 생리변동 및 내성수준 예측에 대한 연구는 앞으로 더욱 주목될 것임. 		
3. 기술개발 필요성	<p data-bbox="465 929 1454 994">- 우리나라 연안은 동중국해를 기반으로 살아가는 대만난류생태계의 소형 표층어류가 중심을 이루고 있음.</p> <div data-bbox="656 1030 1246 1454" style="text-align: center;">  <p data-bbox="725 1423 1177 1454">한반도 해역의 주요 어획어종의 변화(장현경, 2011)</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> - 과거 30년 동안 우리나라의 총 어획량은 소형 표층어류를 중심으로 지속적으로 증가해 왔으며 주요 우점어종은 난류성 회유어종인 고등어, 멸치, 오징어 등이 차지하고 1980년대 주요 어획어종이었던 한해성 어종은 명태는 거의 어획되지 않고 있음. - 2000년대 이후에는 국내해양환경에 출현하지 않았던 남방계 어류인 ‘남방폴비늘망둑’, ‘무점황놀래기’, ‘납작금눈돔’, ‘남방주걱치’등이 출현빈도가 증가하고 있음. - 기후변화에 따른 출현어종의 교체현상은 온대해역에서 가장 빠르게 진행되고 있고 우리나라 해양환경에서도 이러한 징후가 강하게 관찰되고 있음. - 주요어획어종의 교체현상은 국민 식문화 변화, 잠재적으로 해양수산분야의 경제적 기반변동을 야기 시킴에 따라 정책적 대응준비가 필요한 실정임. - 이에 한반도 아열대화에 따른 주요 어류의 생리 메커니즘 변화현상을 파악, 한반도 연근해 주요 어류자원변동 등의 예측분석을 통한 기초적 정보획득이 필요한 실정임. - 현재까지 주요 어종의 어획량 변화에 대한 모니터링은 어획자료를 통해 진행되고 있음. 그러나 아열대화에 따른 잠재적 어류자원변동으로 야기될 피해를 최소화 하고 새로운 수익창출의 방안을 모색하기 위해서는 환경변화에 따른 자원변동예측 모델 제시가 필요한 실정임. - 아열대화 진행에 따른 환경요인 변동 중 수온변화는 어류의 생리메커니즘을 변화시키는 가장 주요한 요인임. 		



- 수온변화가 어류 생리적 내성범위를 초과할 때 번식, 난발생, 치어성장, 성숙등의 생리적 대사가 정상적으로 이루어지지 않음. 결국 어류개체군은 서식지를 이동하게 됨.



- 어류 번식은 환경자극에 따라 시상하부(Hypothalamus)-뇌하수체(Pituitary)-생식선(Gonadal)(HPG)에서 분비되는 호르몬에 통제에 의해 진행됨. 내성범위를 초과한 고수온 조건에서는 뇌하수체에서 분비되는 여포자극호르몬(FSH), 황체형성호르몬(LH), 스테로이드 합성 효소등의 단백질이 형태가 변화하면서 정상적인 번식활동이 억제되고 번식교란이 일어남.

- 이에 어류번식생리 메커니즘에 환경요인조절로 인위적으로 번식활동을 제어하는 기술은 이미 주요 어종에 대해서 적용이 되어왔음. 최근 어류 번식에 기후변화가 미치는 영향분석 연구에서 수온변화가 주요어종의 번식생리교란을 일으키는 현상을 분석하는데 적극적으로 이용되고 있음(Pankhurst and Munday, 2011).

- 따라서 아열대화 진행에서 해양생물자원의 생식리듬에서 주요한 영향을 미치고 있는 수온조건을 대상으로 주요 어종의 번식생리, 성장, 사망률의 파라미터를 추정하여 수온내성수준측정모델을 도출해 내는 것은 미래에 주요어류자원 이용가능기간을 예측가능하게 하고 대응전략수립에 중요한 단서를 제공할 수 있을 것임.

4. 세부과제별 연구내용

- 1) 수온에 따른 번식생리 변동 분석
 - 수온단계별 주요 어종의 여포자극호르몬(FSH) 활성 조사
 - 수온단계별 황체형성호르몬(LH) 활성조사
 - 수온단계별 스테로이드 호르몬(T, E2, 17, 20β) 활성조사
- 2) 난을 이용한 수온내성 범위의 분석
 - 수온 구간별 난 발생 속도 조사
 - 수온 구간별 폐사율 조사
 - 난 발생에 적정 수온 조사, 치사한계수온 조사
- 3) 부화자어를 이용한 수온내성 범위의 분석
 - 수온 구간별 자어의 난황흡수속도
 - 수온 구간별 폐사율 조사
 - 자어 성장에 적정 수온조사, 치사한계수온 조사
- 4) 수온조건에 따른 어류생리변화 시뮬레이션을 통한 미래자원변동 예측분석
 - 주요 결과를 이용한 어종의 수온내성범위 모델 추론
 - 어종의 수온내성범위와 한반도 수온변화속도와의 상관성 분석



	세부과제		최종 성과물(성공여부 판정 기준)				
	5. 기술개발 최종성과물	1) 수온에 따른 번식생리변동 분석		SCI 논문 (1편)			
2) 난을 이용한 수온내성범위 분석		SCI 논문 (1편)					
3) 자치어를 이용한 수온내성범위 분석		SCI 논문 (1편)					
4) 한반도 수온변화와 주요 어류종의 생리내성 수준의 시뮬레이션		특허(1건), SCI 논문 (1편)					
6. 성과활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 아열대화 진행에 따른 어류자원변동예측의 지표화 ○ 도출된 결과의 시뮬레이션을 주요 해양생물자원의 생리내성수준 평가에 활용 						
7. 기술개발 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기술적 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 어획량 변동추이 분석에 단순히 의존하고 있는 자원변동예측은 수온에 따른 개체군별 생리생태 분석 및 시뮬레이션으로 정확도 향상이 기대됨. - 각 개체군별 수온내성범위 추론 및 모델화는 그 외 주요 종에 적용시킬 수 있는 기술적 토대를 마련 ○ 정책적 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> - 해양생물자원변동 예측 및 대응을 위한 기초자료의 표준화 - 정책적 대응이 우선 필요한 주요자원의 선별지표 마련 						
8. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
	연차별 연구비 (백만원)	정부	50	200	200	300	50
		민간 (추정)					
	합 계		50	200	200	300	50
	총 연구비 (백만원)	정부	800		총 연구기간	5년 (-)	
민간							
총합계		800		연도별 평균소요인력	18명		



과제명	해수 온난화에 따른 해조류 서식환경 변화 및 탐지기술 개발	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)
1. 기술개발 목표	<p>기후온난화 현상은 한반도 주변 해수에도 영향을 미쳐 수온이 상승하는 환경변화가 감지되고 있음. 이러한 영향은 해양생태계에 다양한 변화를 초래하고 있음. 이러한 해양생태계 변화를 감지하고 서식분포 변화를 예측할 수 있는 기술이 요구되고 있는 현실임. 이에 해양생태계에서 기초생산자 역할을 하고 있는 해조류 중 환경변화에 민감한 특성을 지니고 있는 갈조류 다시마류 및 부채말류 중 대상종을 선정하여 환경변화에 따른 출현양상 변화와 예측 탐지기술을 개발하고자 함.</p>		
2. 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 해조류를 이용한 기후온난화 관련 연구는 해조류의 이산화탄소 제거율 평가 및 정착성 해조류 분포조사를 통한 지표 선정이 주를 이루고 있었음. ○ 또한 외래 유입해조류의 출현종 감시 및 현황 파악을 하고 있으며, 남방계 해조류의 확산에 대한 모니터링을 진행하고 있음. ○ 한반도 주변 해역에서 수온 상승으로 인한 해조류 서식변화는 크게 3가지로 집약할 수 있는데, ① 아열대 및 열대 해조류 유입정착, ② 해조류 출현종 비율 변화, ③ 온대성 내지 한대성 해조류 출현 감소 등이 있음. ○ 한반도 해역은 인근 연안해역과 다소 거리가 떨어진 도서 지역등으로 구분되어지는데, 기후변화와 관련된 연구는 주로 연안지역과 남부지역에서 이루어져 있는 현실임. ○ 한국 연안의 해조류 분포의 지리적인 구획은 Kang(1966)에 의해 중위분포, 수온과 조류등을 고려하여 동해안 북부, 동해안 중남부, 남해안, 서해안 및 제주도의 5개 해역으로 구분됨. 이후에도 여러 연구들을 통하여 부분적으로 보완하거나 독립시키는 과정이 있었으나, 해조류 분포 특성을 밝히는 방법이나 해석에 대해서는 의견의 일치를 보지 못하고 있음. ○ 그러나 해조류의 수평적 그리고 수직적 분포의 경향은 해수 수온 상승 등 다양한 환경 변화로 인하여 그 구성 및 비율이 변화될 것으로 예측하고 있음. 수온 상승으로 인한 해조류 분포 변화 및 감시기술에 대한 연구는 미약한 형편임. 		
3. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해조류는 해양에서 고착성 생활을 하는 일차생산자로서 해양생태계에서 차지하고 있는 기능이 다양한 것으로 평가받고 있음. ○ 더불어 해조류에서 생산 가능한 식용물질에서 생리활성물질까지 2차적으로 활용 가능한 물질이 다수 함유하고 있는 생물군으로 더욱 활용과 필요성이 증대되고 있는 상황임. ○ 또한 생물감시자로서 지표생물의 기능을 개발하면 다양한 환경변화에 대한 모니터링 및 감시가 효율적으로 이루어질 수 있는 가능성을 지닌 생물임. ○ 고착성 생활을 함과 동시에 포자 및 엽체를 통하여 환경조건이 적합한 지역으로 빠르게 확산될 수 있는 조건을 지니고 있어, 생물환경변화를 감지하는데 적합한 생물로 각광받고 있음. ○ 전세계적으로 생물감시자 혹은 지표생물 개발 연구에 대한 관심은 지속적으로 증가하는 경향이며, 국내에서도 활발히 연구가 진행되고 있으나 해조류에 대한 연구는 미흡한 상태임. ○ 또한 대부분 일년생 생활을 하고 있는 해조류는 다년간 변화되는 주변 환경요인을 감시하는 기술을 개발하는데 생활사적 한계를 내포하고 있음. ○ 그럼에도 매년 반복적으로 유사한 생태환경을 구성하고 있던 해조상이 환경변화로 인하여 점진적으로 변화를 한다면 이에 대한 감시와 예측 기술이 필요함. ○ 이러한 측면에서 환경변화로 인한 종구성 변화 및 특별한 생리적 변화 양상을 측정할 수 있는 기술을 개발함으로써 수온상승으로 인한 해조류 생물상 및 생물량 변동을 예측하고, 더 나아가 환경변화 요인 특히 수온상승을 감시할 수 있는 지표생물 혹은 모니터링 기술개발이 필요함. 		



4. 세부과제별 연구내용	세부과제		연구내용				
	1) 수온변화 감시 지표 해조류 선정조사 연구		<ul style="list-style-type: none"> • 동, 서, 남해 연안 4계절 지표대상 해조류(갈조류) 분포 및 선정 조사 • 연안 및 도서지역간 지표 해조류 분포 양상비교 연구 				
	2) 환경변화 감지 기술 개발		<ul style="list-style-type: none"> • 온도 변화에 따른 지표 해조류 생리적 변화 감지 연구 • 온도 변화에 따른 지표 해조류 형태적 변화 감지 연구 • 지표대상 해조류 4계절 형태적 변화 조사 연구 				
	3) 변화 예측 기술 개발		<ul style="list-style-type: none"> • 지역에 따른 지표감지 기술 적용 연구 • 계절 및 수온 변화에 따른 지표감지 기술 적용 연구 • 수온 변화 예측 모델 개발 연구 				
5. 기술개발 최종성과물	세부과제		최종 성과물(성공여부 판정 기준)				
	1) 수온변화 감시 지표 해조류 선정조사 연구		논문 혹은 발표 2편 이상				
	2) 환경변화 감지 기술 개발		논문 및 발표 2편 이상				
	3) 변화 예측 기술 개발		논문 및 발표 2편, 특허 기술 출원 2건 이상				
6. 성과활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경변화 감시 및 관측기법 간편화와 예측기법 보급 ○ 생물학적 관점을 통한 해역 구분 기준 기술 표준화 제시 ○ 장기적 모니터링 기법에 대한 표준화 방안 제시 						
7. 기술개발 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화 예측 기술 확보를 통한 국가역량 제고 ○ 한반도 연안의 지속가능한 해조류 양식기법 방법 제시 가능 ○ 지표 및 유용 해조류 개발 효과 ○ 기후변화 및 환경변화 감지 기술 확보 및 확대 						
8. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
	연차별 연구비 (백만원)	정부	200	500	500	200	100
		민간 (추정)		-	-	-	
	합계		200	500	500	200	100
	총 연구비 (백만원)	정부	1,500			총 연구기간	5년
민간		-					
총합계		1,500			연도별 평균소요인력	24 명	



과제명	국내 유입 아열대 해양저서생물의 질병 병원성 보유 파악 및 진단	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)				
1. 기술개발 목표	아열대 해양저서생물의 국내 유입에 따른 신규 유입종의 질병 병원성 보유를 파악하고 진단함으로써, 이들로부터 발생할 수 있는 2차 질병 감염 예방 및 동아시아 아열대 해양저서생물 질병 감시망 기반 구축						
2. 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화로 인한 아열대 해양 독성플랑크톤 증가 보고 ○ 제주 남부해역 아열대 해양생물 출현 및 정착 ○ 이와 같이 아열대 해양생물이 출현하고 정착하고 있는 실정이지만, 이들의 질병 감염 및 생리특성에 관한 연구들은 전무한 실정임. ○ 특히, 질병에 감염된 새로운 아열대 종의 경우에는 기존 토착종에 대한 2차 감염 등의 우려가 있으나 조사가 미흡함. 						
3. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국제수역사무국(OIE)은 질병 감염 개체에 대한 국가 간 이동을 엄격하게 금지하고 있으나, 해수 이동을 통한 질병 예방에 따른 대책은 부족한 실정임. ○ 2010년 FAO 연보에 따르면, 기후변화와 관련된 수온 상승으로 인한 질병 감염이 증가하고 있다고 보고함. ○ 제주도 남쪽 해안에서 남태평양에 서식하는 흑진주조개가 발견되었으며, 일부 남해안 일대에서 아열대 해양저서생물이 서식하고 있는 것이 관찰됨. ○ 남해안 및 동해안 일대에서 아열대 신규 유입종이 파악되고 있으나, 이들의 질병 감염 및 병원성 보유에 따른 진단이 필요한 실정임. ○ 패류 원충류의 경우, 기존 숙주에는 병원성을 보이지 않으나 새로운 숙주에 감염되어 병원성을 보이는 사례가 있음. ○ 따라서, 국내 유입된 신규 유입종의 질병 병원성 보유를 파악, 진단하고, 이와 더불어 신규 병원성 질병에 대한 개체간 수평적 발전 가능성에 대한 연구가 필요함. 						
4. 세부과제별 연구내용	<ol style="list-style-type: none"> 1) 국내 유입 아열대 해양저서생물 파악 및 원천 서식지 고유질병정보 확보 <ul style="list-style-type: none"> ○ 자료 분석 및 채집을 통한 국내 유입 아열대 해양저서생물 파악 및 원천 서식지 고유질병정보 확보 ○ 조직병리학적 방법을 이용한 아열대 해양저서생물 질병 파악 및 진단 2) 발견된 질병원에 대한 유전자 분석을 통한 정보 확보 및 이를 이용한 수평적 발전 가능성 연구 <ul style="list-style-type: none"> ○ 조직병리학적으로 발견된 질병원의 유전자 분석을 통한 질병 정보 확보 ○ 발견된 질병 감염원과 원천 서식지 고유질병정보와의 비교를 통한 질병 이동 경로 파악 ○ PCR을 통한 다양한 개체간 수평적 발전 가능성 여부 관찰 						
5. 기술개발 최종성과물	세부과제		최종 성과물(성공여부 판정 기준)				
	1) 국내 유입 아열대 해양저서생물 파악 및 원천 서식지 고유질병정보 확보		SCI 논문(1편)				
	2) 발견된 질병원에 대한 유전자 분석을 통한 정보 확보 및 이를 이용한 수평적 발전 가능성 연구		SCI 논문(2편)				
6. 성과활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동아시아 아열대 해양저서생물 질병 감시망 기반 구축 ○ 국제수역사무국(OIE)에 새로운 질병 감염 경로 제공 						
7. 기술개발 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신규 유입 질병원 발견 시, 수산자원의 경제적 손실 예측과 관련된 국가적 정책 수립 마련 ○ 국제수역사무국에 새로운 질병 감염 경로 제공으로 인한 국제적 신뢰도 향상 						
8. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
	연차별 연구비 (백만원)	정부	200	300	500	300	500
		민간 (추정)					
	합 계		200	300	500	300	500
	총 연구비 (백만원)	정부	1800		총 연구기간	5년 (2014-2016)	
민간							
총합계		1800	연도별 평균소요인력		33명		



과제명	한반도 연근해 어류자원 번식기 변동 모니터링	과제규모	사업단(), 연구단(), 일반과제(○)				
1. 기술개발 목표	아열대화에 따른 한반도 연근해 주요어류의 번식기 변동현상을 진단함으로써 자원관리 측면에서 가입시기가 변화함에 따른 자원변동 현상을 예측함.						
2. 기술개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 아열대화로 연근해 주요 양식어류의 번식기가 길어지고 있어 산업적 이용방안을 모색하고 있음. ○ 그러나 자연에서 봄과 가을에 산란하는 춘추계 산란형 어류가 겨울철까지 산란기를 연장하는 현상은 춘계 산란형 어류와 같은 일부 어류의 자원밀도를 감소시킬 수 있어 종합적 판단과 대응에 대한 연구가 진행되고 있음. 						
3. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양생물의 번식기의 개시요인은 주로 수온, 광주기가 영향을 미침. ○ 한반도 주변 수온의 변동은 주요어종의 번식기를 연장시키는 결과를 내고 있음. ○ 이는 자원변동 현상이기시되고 있으며, 그 속도도 빨라질 것으로 예측되고 있으나 현재까지 주요 종에 대한 번식기 변화양상은 양식생물학적 입장에서만 정리되어 왔음. ○ 따라서 우리나라 연안의 아열대화 진행에 주요어종의 번식기 변동현상을 진단하고, 진행되고 있는 자원변동 현상에 대한 원인 규명과 이에 대한 대안 마련 연구가 필요함. 						
4. 세부과제별 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연근해 주요 어종의 번식기 변화 조사 (동해안, 남해안, 제주연안 주요 어류 각 1종) <ul style="list-style-type: none"> - 주요어종의 생식년주기 조사 - 과거자료와 비교분석 - 미래번식기 변동예측 ○ 주요 어류자원의 치어가입시기 변화 조사 (제주 연근해 유조조사 4-5월) <ul style="list-style-type: none"> - 유조 및 어류치어가입시기 조사 -과거자료와 비교 분석 - 미래가입시기 변동 예측 						
5. 기술개발 최종성과물	세부과제		최종 성과물(성공여부 판정 기준)				
	○ 아열대화에 연근해 서식어류의 생식주기 변동조사		한반도 주변 주요 어류의 생식주기 변화) / SCI 3편				
○ 아열대화 진행에 연근해 서식어류의 가입시기 변동조사		한반도 주변해역 주거어류치어 가입량 시기 변화 / SCI 1편					
6. 성과활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 향후 생식주기 변화상에 대한 예측정보를 제공하여 정책적 방안 마련에 활용 ○ 현재 주요 어류 자치어 출현시기와 과거정보를 비교분석하여 미래예측 정보 제공 						
7. 기술개발 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우리나라 연안주요어류의 생식주기 변동정보에 대한 정보 구축 ○ 주요 연안어류 가입시기 변동정보를 제공을 통한 자원변동 예측 						
8. 연구개발 과제 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
	연차별 연구비 (백만원)	정부	150	200	200	-	-
		민간 (추정)	-	-	-	-	-
	합계		150	200	200		
	총 연구비 (백만원)	정부	450		총 연구기간	3년 (2014 -2016)	
		민간	-				
총합계		450		연도별 평균소요인력	18명		