

해양연구기획사업 제 2013년도 최종보고서

R&D/ 2013-0221

해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구 최종보고서

2014. 04

주관연구기관 / 한국해양과학기술원

해 양 수 산 부
한국해양과학기술진흥원

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

이 보고서를 "해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획 연구" 과제의
보고서로 제출합니다.

2014. 4. 06

주관연구기관명 : 한국해양과학기술원
주관연구책임자 : 이 택 견

기획위원

권석재 (한국해양과학기술원)	권세련 (선문대학교)
김영옥 (한국해양과학기술원)	김경호 (부경대학교)
박세현 (한국해양과학기술원)	김두운 (전남대학교)
양희철 (한국해양과학기술원)	김도형 (부경대학교)
우선옥 (한국해양과학기술원)	김명검 (서울여자대학교)
최현우 (한국해양과학기술원)	김정호 (강릉원주대학교)
김선화 (한국해양과학기술원)	박경일 (군산대학교)
서승석 (한국해양과학기술원)	오명주 (전남대학교)
오정희 (한국해양과학기술원)	정희영 (경북대학교)
정재호 (한국해양과학기술원)	김종오 (전남대학교)
황진익 (한국해양과학기술원)	

자문위원

김위식 (전남대학교)	이석찬 (성균관대학교)
문성용 (국립수산과학원)	최종순 (한국기초과학지원연구원)
특허기술동향조사	
윤전희(한국해양과학기술원)	김영호 (노벨국제특허법률사무소)
	박정호 (한국지식재산전략원)

보고서 요약서

과제고유번호	2013-0221	해당단계 연구기간	2013. 10. 07 ~ 2014. 04. 06	단계구분	-
연구사업명	중사업명	해양연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구			
	세부과제명				
연구책임자	이택건	해당단계 참여연구원수	총: 15명 내부: 15명 외부: 4명	해당단계 연구비	정부: 60,000천원 기업: 0천원 계: 60,000천원
		총연구기간 참여연구원수	총: 15명 내부: 15명 외부: 4명	총 연구비	정부: 60,000천원 기업: 0천원 계: 60,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 남해특성연구부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
특허기술 동향조사	연구기관명 : 한국지식재산전략원		연구책임자 : 박정호		
	연구기관명 : 노벨국제특허법률사무소		연구책임자 : 김영호		
<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양병원체는 해양생물의 질병을 유발하는 모든 생물을 총칭하며, 본 과제에서 사용하고 있는 이머징 해양병원체는 국내 해양생물의 질병을 유발할 수 있는 국내 미보고 또는 미관리 해양병원체를 의미함 ○ 최근 보고가 급증하고 있는 해양생물의 집단폐사와 이로 인한 해양생태계의 파괴의 원인으로 바이러스, 박테리아, 기생충 등과 같은 생물학적 요인의 위해성이 인식되면서 해양병원체를 진단하고 예찰할 수 있는 체계적이고 종합적인 연구의 필요성이 제기되고 있음 ○ 전세계 해역에서 다양한 해양생물의 집단폐사가 보고되고 있으나, 해양생물 질병과 직접적으로 관련되어 있는 ‘수산생물질병관리법’에 지정된 법정전염병은 20종이며, 주로 양식생물의 질병에 국한되어 있어, 질병의 원인규명이나 해양병원체의 이동 및 확산에 신속·적절하게 대응하기 위한 국가관측이 전혀 이루어지지 못하고 있는 실정임 ○ 최근에는 기후변화 등에 따른 난류기인종의 연안정착, 선박평형수 배출에 따른 외래종의 국내유입 및 수산물 수입 증가에 따른 외해 해양병원체 유입 가능성이 증가하고 있는 시점이지만, 새로운 해양생물 질병에 대응할 수 있는 국가 연구개발 사업은 전무함 ○ 미래 국내해역에서 발생가능한 해양생물 질병에 대처하기 위해서는 이머징 해양병원체 탐색 기술 표준화 및 고도화, 병원체 검출기술 및 진단키트 개발, 병원체지수 및 예측모형을 통한 병원체 예찰기술 개발, 종합정보시스템 구축 및 확산, 국내외 정책, 법 및 경제적 평가를 통한 이머징 해양병원체 관리 및 대응 방안 도출 등의 연구가 요구됨 				보고서면수	193
색인어	국문	해양병원체, 진단, 예찰, 종합정보시스템, 환경분석			
	영문	Marine pathogens, Diagnosis, Surveillance Integrated information system, Environment Analysis			

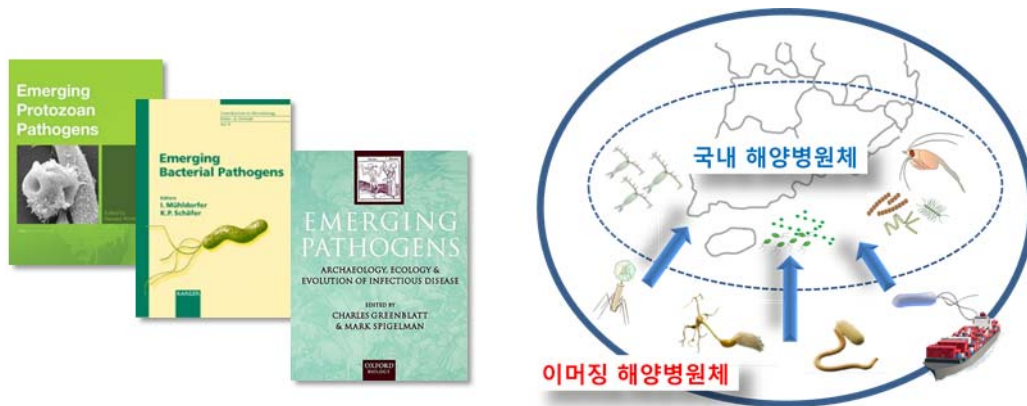
요 약 문

I. 제목

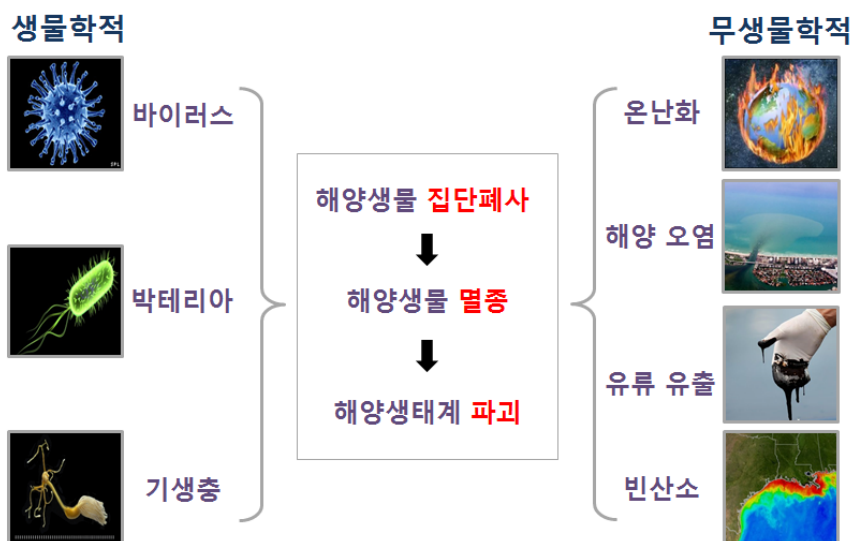
- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획 연구

II. 연구배경 및 필요성

- 해양병원체는 해양생물의 질병을 유발하는 모든 생물을 총칭함
- 본 과제에서 사용하고 있는 이머징 해양병원체는 국내해역에는 보고된 바 없으나 국외에서 병원성이 보고된 해양병원체가 해류, 선박평형수 및 수산물 유통 등을 통해 국내 해역으로 유입된 후, 기후 변화 등을 통해 국내 해역에 적응하여 국내 해양생물의 질병을 유발할 수 있는 해양병원체로 정의함. 즉, 국내 해양생물의 질병을 유발할 수 있는 국내 미보고 또는 미관리 해양병원체를 의미함



- 최근 보고가 급증하고 있는 해양생물의 집단폐사와 이로 인한 해양생태계의 파괴가 지구 온난화, 해양오염, 유류유출 및 빈산소 등 무생물학적 요인의 영향으로 해석되어 왔으나, 바이러스, 박테리아, 기생충 등과 같은 생물학적 요인의 위해성이 인식되면서 해양병원체를 진단하고 예찰할 수 있는 체계적이고 종합적인 연구의 필요성이 제기되고 있음



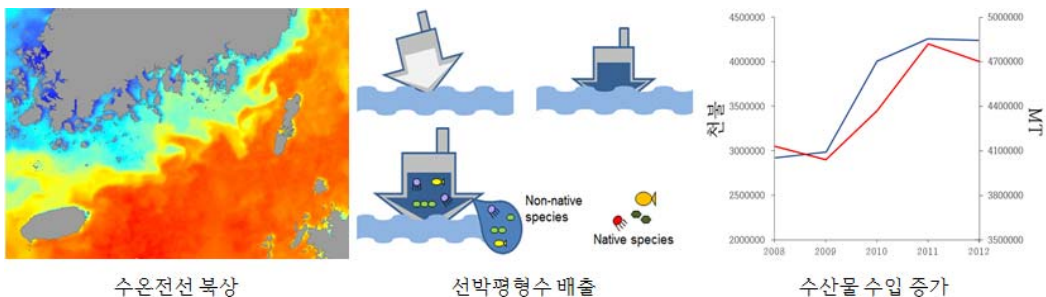
- 해양병원체는 육상병원체에 비해 확산이 빠르고 치명적인 것으로 알려져 있으며, 일부 양식생물을 제외하고는 백신접종, 살처분, 격리 등과 같은 육상에서 활용되고 있는 전염병 대응 매뉴얼을 적용할 수 없기 때문에 해양환경에서의 질병관리가 육상에서보다 현저히 어렵거나 거의 불가능함



- 전세계 해역에서 다양한 해양생물의 집단폐사가 보고되고 있으나, 해양생물 질병과 직접적으로 관련되어 있는 '수산생물질병관리법'에 지정된 법정전염병은 20종이며, 주로 양식생물의 질병에 국한되어 있어, 질병의 원인규명이나 해양병원체의 이동 및 확산에 신속·적절하게 대응하기 위한 국가관측이 전혀 이루어지지 못하고 있는 실정임



- 최근에는 기후변화 등에 따른 난류기인종의 연안정착, 선박평형수 배출에 따른 외래종의 국내유입 및 수산물 수입 증가에 따른 외해 해양병원체 유입 가능성이 증가하고 있는 시점이지만, 새로운 해양생물 질병에 대응할 수 있는 국가 연구개발 사업은 전무함

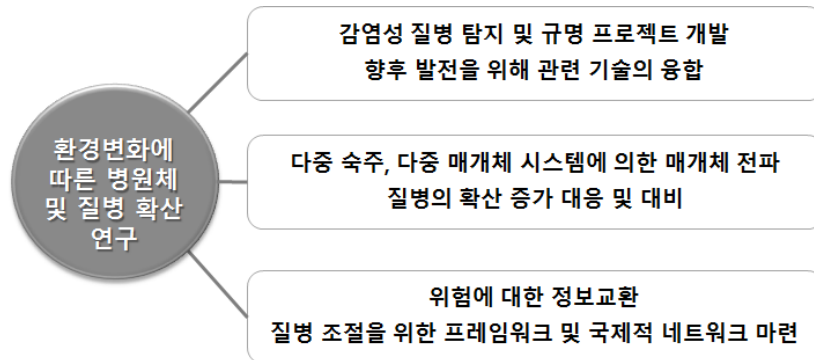


- 미래 국내해역에서 발생가능한 해양생물 질병에 대처하기 위해서는 이머징 해양병원체 탐색 기술 표준화 및 고도화, 병원체 검출기술 및 진단키트 개발, 병원체지수 및 예측모형을 통한 병원체 예찰기술 개발, 종합정보시스템 구축 및 확산, 국내외 정책, 법 및 경제적 평가를 통한 이머징 해양병원체 관리 및 대응 방안 도출 등의 연구가 요구됨

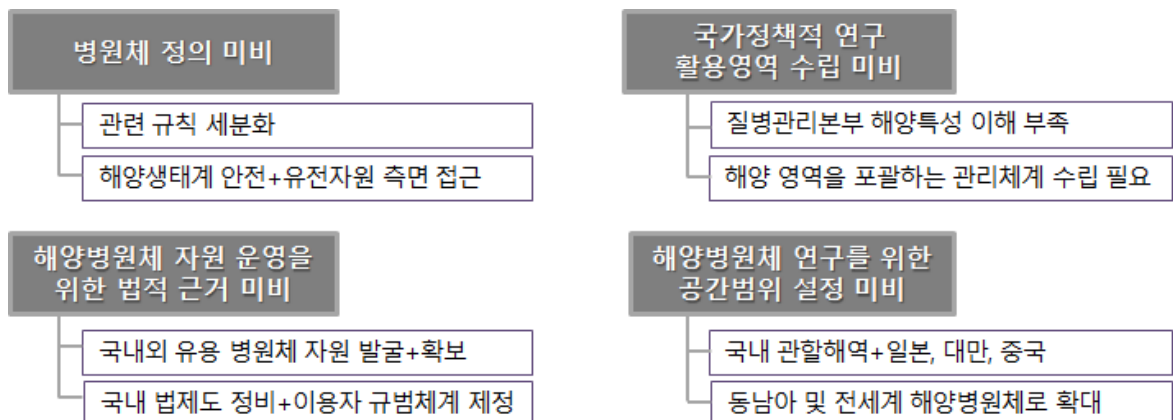


III. 환경분석

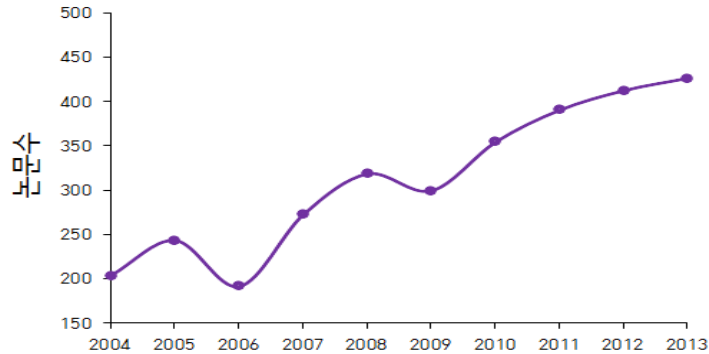
- 해양병원체는 전지구적인 해양환경 문제로 급부상하고 있으며, OECD Global Forum('12)에서 논의된 'Emerging pathogens in the environment'의 주제는 병원체-질병-환경 변화 간의 연결에 초점이 맞추어져 있음. 새로운 병원체의 출현과 감염성 질환의 확산은 예방/치료를 위한 기술개발, 생활패턴의 변화, 국가간 무역규제조치 및 대책, 세계 경제위기에 이르기까지 일련의 상호작용을 일으킬 것으로 예상하고 있음



- 해양병원체 관리와 대응을 위한 법제도 개선 방향

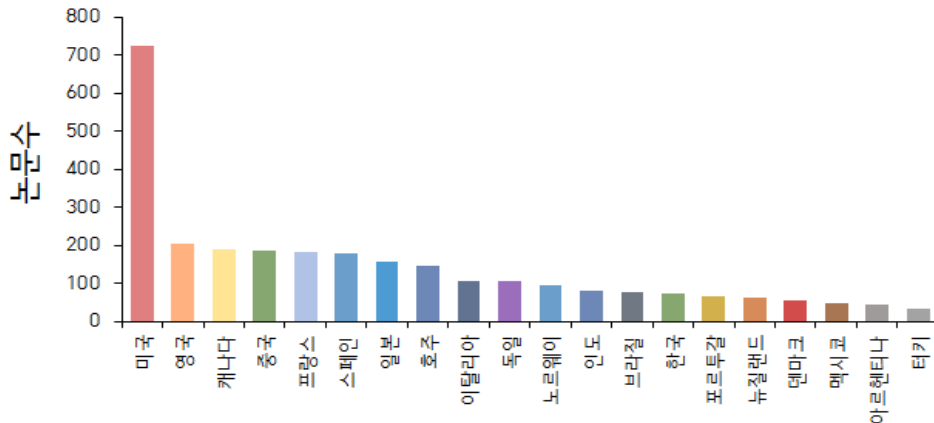


- 세계적으로 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰시스템 개발 관련 연구는 해양생물 질병 및 해양병원체가 최근 국제 환경이슈로 등장하면서, 2010년 이후 급성장하고 있으며, 전세계적으로 기반연구 수준임



<해양병원체 탐색, 진단 및 예찰시스템 개발 관련 연도별 논문발표 추이>

- 우리나라의 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰시스템 개발 관련 기술 수준은 '04~'08년 세계 13위, '09~'13년 14위에 위치하였으며, '04~'13년 종합순위는 인도 브라질에 이어 14위권에 머무르고 있음. 반면 중국(4위) 및 일본(7위)은 해양병원체 연구분야에서 상위에 위치하고 있음



<해양병원체 탐색, 진단 및 예찰시스템 분야 주요 국가별 기술경쟁력 현황>

- 해양병원체 특허기술동향조사 결과, 해외 특허장벽과 국내 기술경쟁력이 비슷하고, 경쟁도 아직까지 치열하지 않으므로, 시급한 기술개발이 이루어질 경우 기술 선점을 통한 시장지배력 확보나 기술 우위를 도모할 수 있을 것으로 평가됨

<해양병원체 moon chart 분석>

기술 구분	국내 기술 경쟁력	해외 특허 장벽
해양 병원체 진단	3.5	3.6
해양 병원체 예찰	2.6	3.5

- 이머징 해양병원체 진단기술은 신규 분자마커, 다중진단법 및 진단키트 개발이 바람직하며, 예찰기술개발은 네트워크기술 및 센싱기술 개발로 초점을 맞추는 것이 경쟁력이 높을 것으로 분석되었음



- 해양 바이오산업 시장규모는 2000년 30억 달러에서 2010년 120억 달러로 증가하였으며, 해양 병원체 진단 시장은 해양 바이오산업 중 10% 비중을 차지하는 것으로 예상됨에 따라 2018년에 해양병원체 진단시장 규모는 34-675억 달러 규모에 이를 것으로 예상되고 있음

IV. 연구목표

- 국내해역 및 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양병원체 탐색 및 검출기술을 개발하고, 이머징 해양병원체 DB 구축, 진단키트, 해양병원체 위해도지수, 예측모형 및 종합정보시스템 개발을 통하여 이머징 해양병원체 예찰시스템을 개발하고, 국내외 정책, 법제도 및 경제성 평가를 통하여 이머징 해양병원체를 대응·관리할 수 있는 체계를 구축함



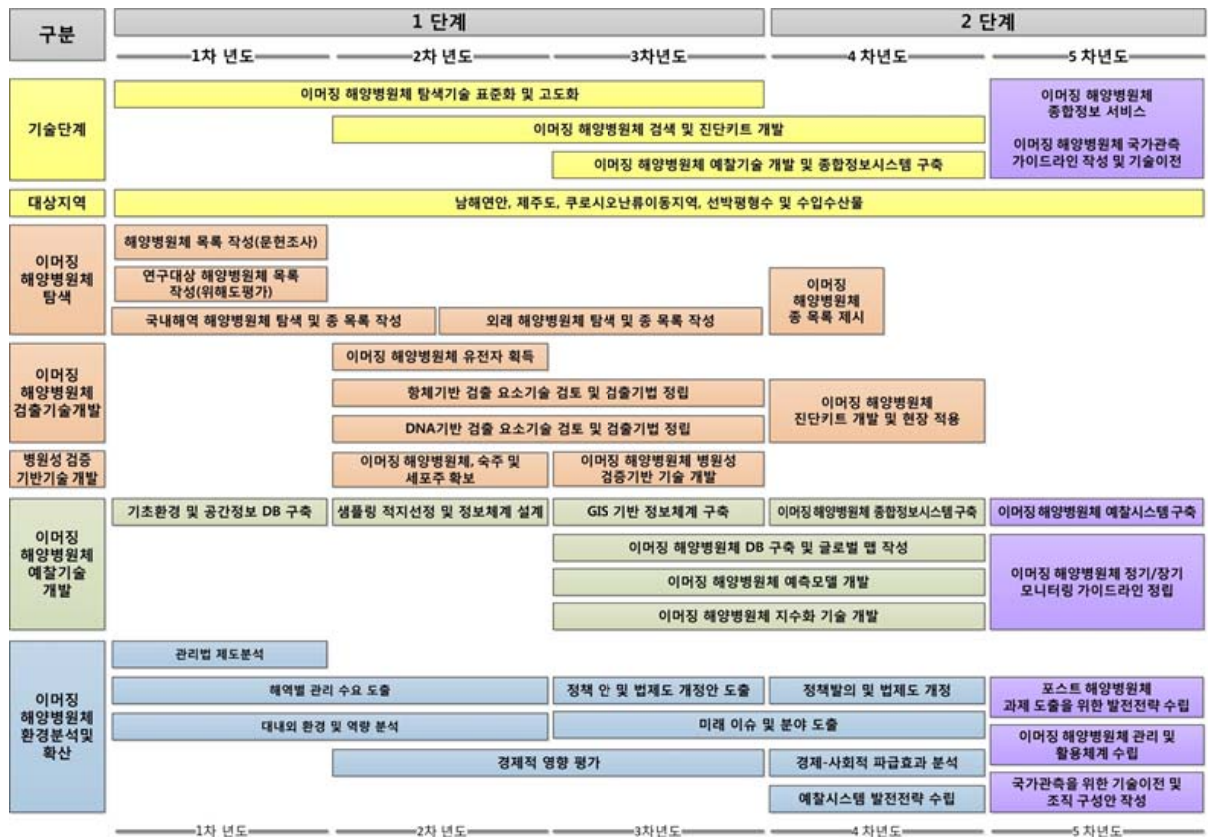
- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 사업은 <제2차 해양수산발전기본계획>과 <해양생명공학육성 기본계획>을 기반으로 추진함으로써 해양생태계 보전과 해양병원체의 유전자원화 두 가지 목표 달성에 연구개발사업의 활용도와 실효성을 극대화함

1단계	정책목표 과학적 정보구축 정부대응 국제공동연구 주도	연구개발 목표 국내 및 외래 해양병원체 탐색 및 진단기술 개발, GIS 기반 해양병원체 DB구축	1. 국내해역 해양병원체 탐색기술 개발
			2. 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양병원체 탐색기술 개발
			3. 이머징 해양병원체 검출기술 개발
			4. 이머징 해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 정보체계 구축
			5. 이머징 해양병원체 관련 법제도 개선 및 경제성 분석
2단계	정책목표 사전 대응기반 구축 부가가치 측면 국제선도 정문화, 국가대응 및 활용	연구개발 목표 이머징 해양병원체 예찰시스템, 종합정보시스템 및 미래 대응 체계 구축	1. 이머징 해양병원체 예찰시스템 개발
			2. 이머징 해양병원체 병원성 검정시스템 구축
			3. 이머징 해양병원체 종합정보시스템 구축 및 확산
			4. 이머징 해양병원체 국가기관 기술 이전 및 조직화 방안 도출
			5. 포스트 해양병원체 과제 도출을 위한 발전전략 수립

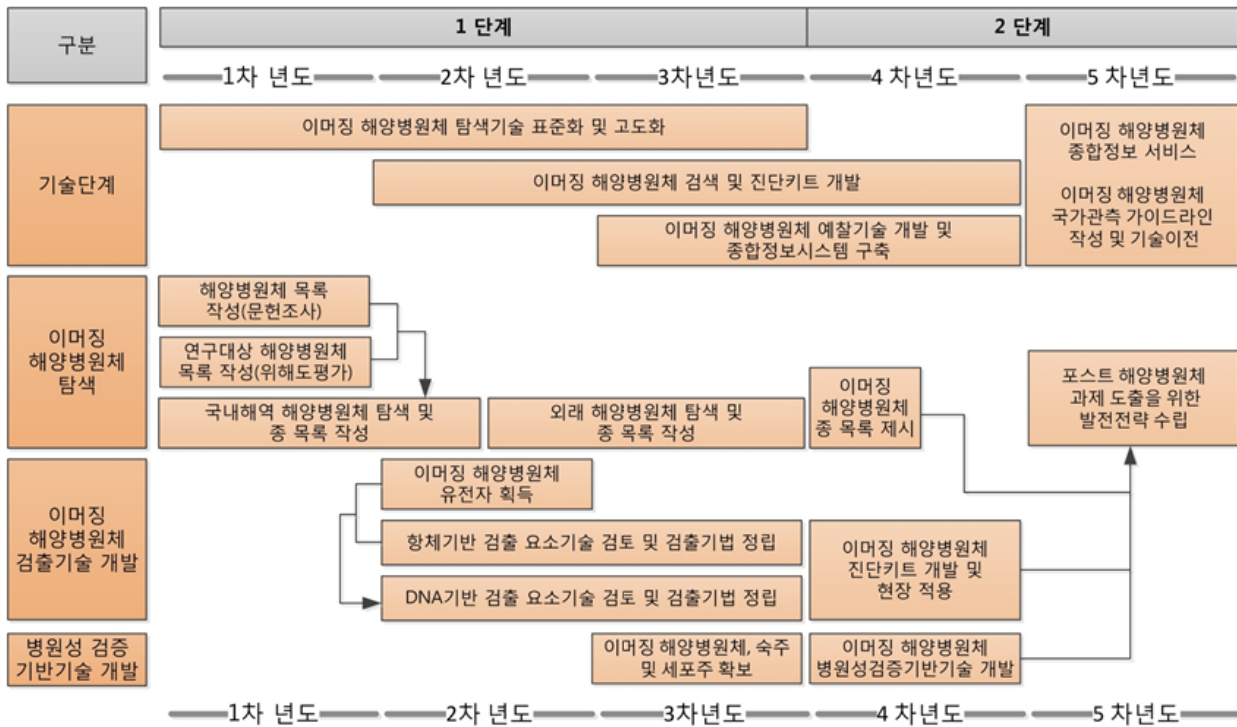
V. 연구내용

- 연구개발 목표에 따라 1단계('15-'17) 및 2단계('18-'19)로 구분하고, 1) 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰시스템 개발 분야, 2) 이머징 해양병원체 종합정보시스템 구축 및 확산 분야 및 3) 이머징 해양병원체 정책 및 법제도 개선 분야 등 3개 분야를 정했으며, 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰기술개발 분야는 각각 해양바이러스 병원체, 해양박테리아 병원체 및 해양 기생충 병원체로 구분하여 중점과제를 선정하였음

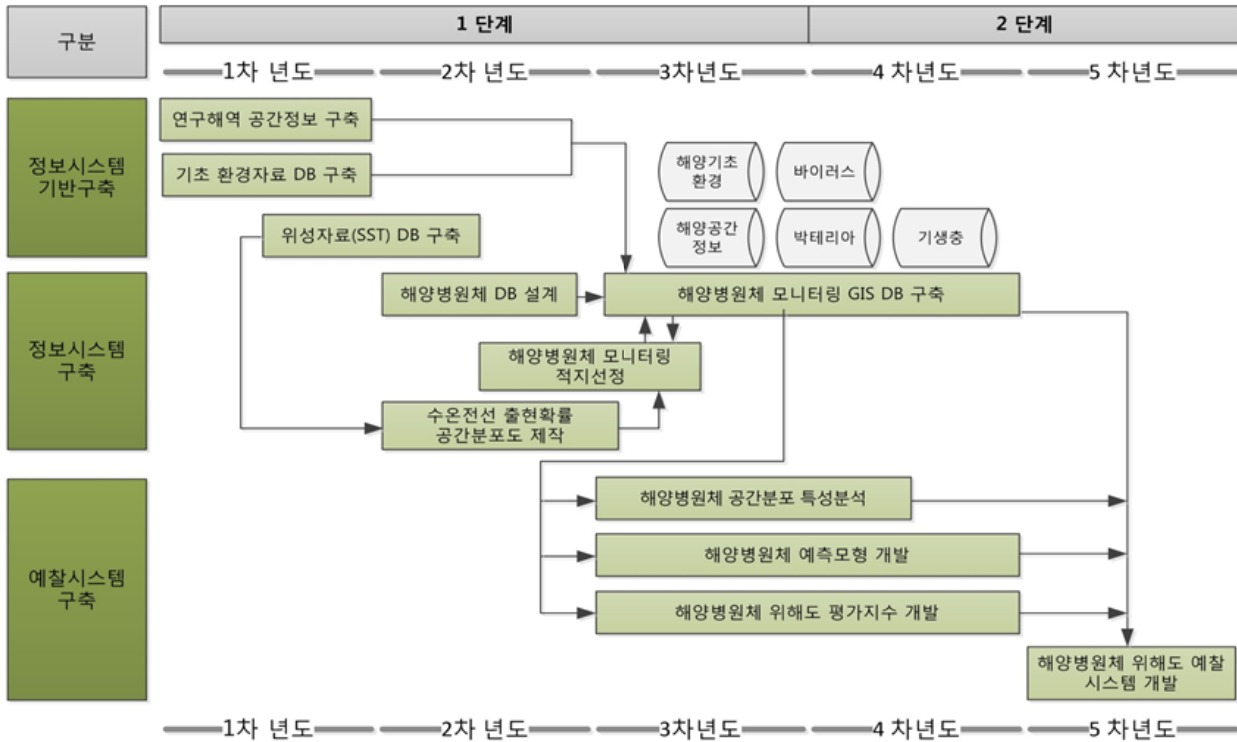
○ 총괄로드맵



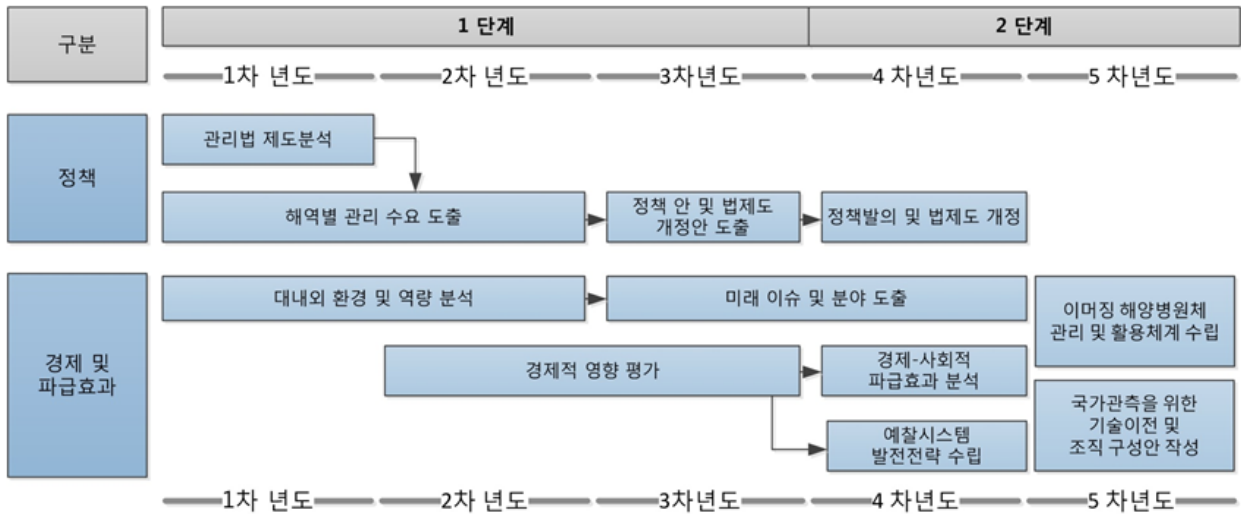
1. 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰시스템 개발



2. 이미징 해양병원체 종합정보시스템 구축 및 확산

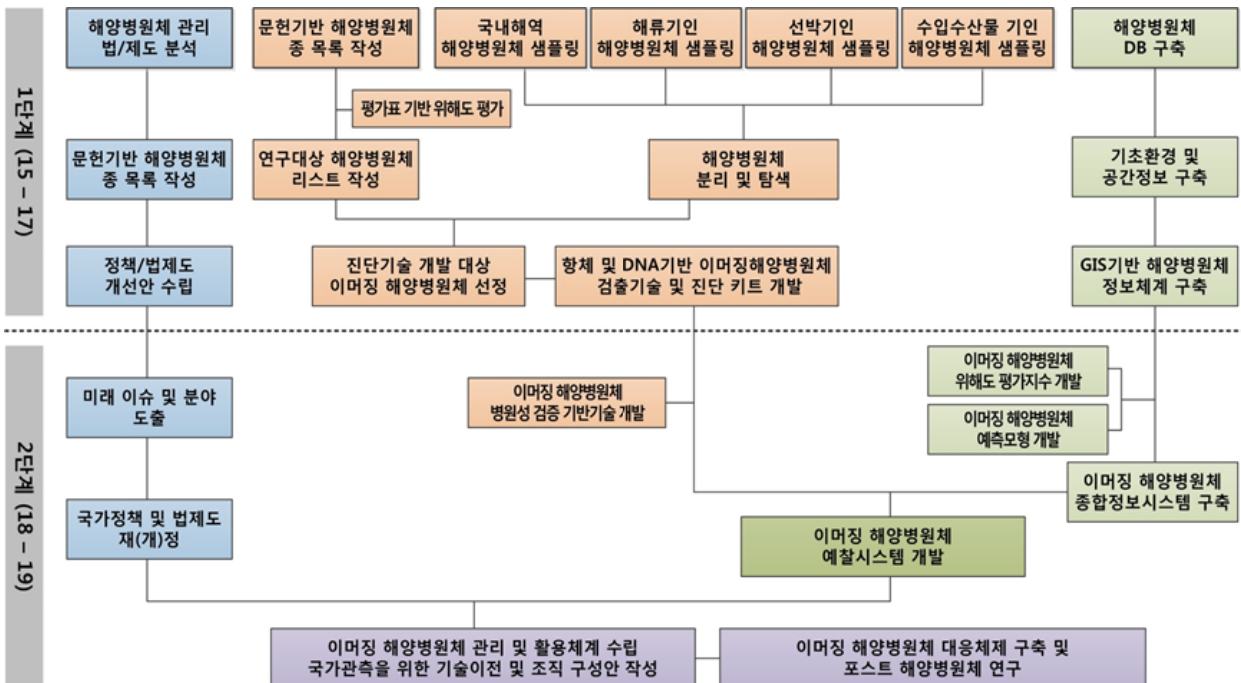


3. 이머징 해양병원체 정책 · 법제도 개선



VI. 연구기간

- 1단계: 2015. 01. 01 - 2017. 12. 30
- 2단계: 2018. 01. 01 - 2019. 12. 30



VII. 소요예산

- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발은 공공기반기술로서 정부 연구개발 예산을 확보하여 수행

단계 \ 분야	1 단계			2 단계		계 (단위: 억원)
	2015	2016	2017	2018	2019	
정부	40	40	40	20	10	150
민간	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-
계	40	40	40	20	10	150

- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 사업예산은 분야별로 연구개발 내용과 소요비용을 반영하여 산출

분야	1단계			2단계		계 (단위: 억원)
	2015	2016	2017	2018	2019	
해양바이러스	8	9	8	7	8	40
해양박테리아	8	8	8	9	7	40
해양기생충	9	8	8	7	8	40
종합정보시스템	3	3	4	5	5	20
정책·법제도	2	2	2	2	2	10

VIII. 기대효과

- 기술적 측면
 - 최신 계통분류학적 연구 및 진단 기술을 이용하여 병원체의 신속한 종 동정, 분포, 이동 파악 가능
 - 해양병원체 진단용 분자마커 및 분자생물학적 진단기술을 통해 외래유입 어종, 수입산 선어의 병원체 신속 진단 가능
 - 신규 분자마커를 활용한 정확한 종 동정을 통해 병원체-숙주간 상호작용 원리 규명
 - 주변 국가들과의 해양병원체 정보 공유를 통한 국제 공동연구 계기 마련
 - 해역별 글로벌 분포지도를 활용한 해양병원체 기인 해양생태계 위해성 평가 지표 마련
- 경제 산업적 측면
 - 전세계 시장에서 활용가능한 해양병원체 진단키트 상용화 및 산업화
 - 해양병원체 자동예찰시스템 개발을 위한 도구로 사용되며, 이를 활용한 수산물 피해 저감 및 병원체 조기 차단
 - SeedBank 운용에 따른 생물다양성협약(CBD)에 대응한 국가 생물자산화 효과

IX. 사업타당성

- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 사업은 정책적, 기술적 및 경제적 타당성을 확보하고 있음

❖ 정책적 타당성

안전과 통합의 사회(박근혜 정부 4번째 국정목표: 쾌적하고 지속가능한 환경조성)

99번째 과제: 기후변화 기인 감염성 질병관리의 강화
104번째 과제: 기후-생태계 모니터링 시스템 구축·운영 및 생물자원 조사발굴, 위해 외래종 등의 관리 강화

해양수산발전기본법 및 해양환경관리법

해양환경 위해를 예방하고 보전, 관리 시책 수립의 책임을 국가에게 부여

수산생물질병관리법

수산생물질병이 발생하거나 퍼지는 것을 막기 위한 종합적인 관리체계를 마련

제2차 해양수산발전기본계획(2011~2020)

지구 온난화로 인한 어족자원의 감소와 해양생물의 다양성 훼손 등 해양생태계 교란 요인 증가에 주목

해양생명공학육성 기본계획(2008)

해양병원체는 자원적 측면에서 해양생물기반, 해양생물생산, 해양신소재개발, 해양환경보전 등 4개 중점 육성 기술 분야 모두에 포함될 수 있음

제2차 해양수산발전기본계획과 해양생명공학육성 기본계획을 기반으로 이머징 해양병원체 연구를 추진하면, 연구사업의 정책활용도를 극대화할 수 있음

❖ 기술적 타당성

- 지구온난화 및 해양오염 등으로 인하여 미래에 발생 가능한 새로운 해양생물질병에 대응할 수 있는 국가연구개발사업은 없음
- 미래 해양생물 질병에 대비한 이머징 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰 기술개발은 해양생태계 보전과 해양생명공학 발전 측면에서 시급성이 높음
- 국내해역 및 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양병원체 탐색기술의 표준화 및 고도화 기술, 병원체 특이 진단기술, 그리고 진단키트, 위해도 지수 및 예측모델을 활용한 예찰기술 등은 세계적으로 주목하고 있는 이머징 해양병원체 현안 문제를 해결할 수 있는 활용성 및 파급성이 매우 큼

❖ 경제적 타당성

- 경제성 분석 결과 할인율 5.5%를 적용한 경우 총 비용(Cost) 121.4억원 소요 예정
- 총 경제적 편익(Benefit) 194.9억원 발생
- 순편익 73.5억원으로 0을 상회 (B/C비율 1.61로 1.0 초과)
- 내부수익률 13.36%로 사회적 할인율 5.5%보다 큰 것으로 추정

구분	순현재가치(억원)	편익/비용 비율	내부수익률
값	73.5	1.61	13.36%

Summary

Marine pathogens are defined as all types of organism including virus, bacteria, and parasite to cause disease in marine organism. In particular, in this proposal the emerging marine pathogens indicate the unreported or uncontrolled marine pathogens to provoke disease in domestic marine organism. Recently it has been increasingly reported that massive death of marine organism can abolish marine environment in the world. However, most massive death studies so far are positively correlated with non-biological causes such as global warming, pollutant, oil leaking, and hypoxia, whereas biological ones including virus, bacteria and parasite to induce disease outbreak have been rarely been studies even they are being increasingly recognized as important determinants of massive death. In particular, the possibility of an influx of the emerging marine pathogens through the settlement of foreign marine organism in domestic ocean due to global warming, discharge of ballast water and increase of the imported aquatic organism has been recently suggested. Furthermore, the numbers of pathogens which are legally managed by disease management law of aquatic organism are only 20 species, which are mainly limited to pathogens in the cultivating organism. This fact indicates that there aren't any systematical monitoring system responses to the movement and spreading of marine pathogens. Therefore, the comprehensive studies are needed to manage marine disease outbreak well in domestic oceans; standardization of advanced monitoring technique of the emerging marine pathogens, development of detection and diagnostic kits, development of prediction system by creating a modeling system, making an index of marine pathogens, building nationwide database, assessment of domestic or foreign policy and law, and economical assessment.

This proposal consists of two steps regarding to research aims, first step ('15-'17) and second step ('18-'19). In addition, three research fields are settled down; first, development of monitoring, diagnosis and prediction system. second, construction of nationwide database and application, third, improvement of policy and law for the emerging marine pathogens. Here, the development of monitoring, diagnostic and prediction technology is selected as a main issue in terms of marine pathogenic virus, bacteria and parasite. In addition, in the technical aspect, we can expect the several ripple effects; first, rapid diagnosis of the emerging marine pathogens, second, development of hazard evaluation index of pathogens, third, prediction of the emerging marine disease, forth, building early alarming system for pathogens, fifth, possessing genetic source for pathogens. In the economical and industrial aspect, industrialization of diagnostic kit for pathogens, convention for the safety of marine organism at sea, policy landscape on pathogen management and regulatory control, and maintenance of marine ecosystem and contribution to human health are considered the expected effects.

CONTENTS

Summary	1
I. Title	1
II. Background and necessity	1
III. Environment analysis	3
IV. Research goal	5
V. Research contents	6
VI. Research period	8
VII. Research budget	9
VIII. Research outcome	9
IX. Propriety of research	10
Chapter 1. Outline	23
Section 1. Objective and contents of research planning	23
1. Goal of research planning	23
2. Sub goal and contents of research planning	23
3. Necessity of research planning	23
A. Definition of marine pathogens	23
B. Structural changes of marine ecosystem	24
C. Effects of marine pathogens on ecosystem	35
D. Effects of marine pathogens on marine economy	41
E. Necessity of marine pathogen project	45
F. Vulnerability of current technology	55
G. Perspective of marine pathogen project	59
Chapter 2. R&D trend and policy	71
Section 1. Analysis of domestic and international policy	71
1. Marine pathogen research for stability of marine ecosystem	72
2. Convention of biological diversity and Nagoya Protocol, Strengthening of national control on biological resources	72
3. Basis of marine pathogens, conservation of marine biological resources and industrial utilization	73
Section 2. Analysis of domestic and international legal systems	75
1. Rules of international law on marine pathogens	75

2. Domestic law and policy	77
3. International law and policy	83
4. Limitations of domestic policy and improvements	87
A. Limitation of domestic policy and consideration of study range setting	87
B. Improvement direction of the legal system for control and utilization of marine pathogens	89
Section 3. Analysis of research trends	90
1. Methods	90
A. Target selection	90
B. Analysis range setting and establishment of DB set for each research fields	90
C. Results	92
Section 4. Analysis of technology trends	95
1. Background and objective	95
A. Background	95
B. Objective	95
2. Analysis range	95
A. Derivation of target technology and search expression	95
B. Selection criteria of effective patents and results	96
C. Methods	97
3. Analysis of patents	97
A. Landscape for patented technology	97
B. Analysis of core technology	99
4. In-depth analysis of patents	102
A. Criteria for in-depth analysis	102
B. Derivation of IP strategy on core technology	103
C. Analysis of domestic and international technology levels	104
5. Conclusions and implications	107
A. Conclusions	107
B. Implications	108
Section 5. Market research related to marine pathogens	109
1. Bio-industry market	109
2. Diagnosis system market trend	110
3. Status and prospect of diagnosis market	111
4. Conclusions	112

Chapter 3. R&D vision and strategy	117
Section 1. R&D vision	117
1. R&D vision	117
2. R&D result utilization by vision derivation	118
Section 2. Research goal	119
1. Setting research goal	119
Section 3. Strategy	121
1. Research stage	121
2. Research strategy	121
3. International joint research and cooperation	122
Section 4. Derivation of main research program	127
1. Direction of main research program	127
2. Contents of main research program	128
Chapter 4. Research plan	133
Section 1. Core projects	133
1. Core project of main program	133
Section 2. Research roadmap	135
1. Total roadmap	135
A. Development of monitoring, detection and surveillance technology ...	136
B. Development of integrated information system	136
C. Policy study	137
Section 3. Research budget	138
1. Expected budget for programs	138
2. Expected budget for projects	138
Section 4. Request for proposal	140
1. Project 1-1: Development of screening technology for marine pathogen in the domestic area	140
2. Project 1-2: Development of screening technology for marine pathogen originated outside	141
3. Project 1-3: Development of detection technology for emerging marine pathogens	142
4. Project 1-4: Establishment of marine pathogen DB and GIS based information system	143
5. Project 1-5: Improvement of policy and analysis of economical damage	144
6. Project 2-1: Development of diagnosis kit and surveillance system for emerging marine pathogens	145

7. Project 2-2: Establishment of basic system for pathogenicity test	146
8. Project 2-3: Establishment and utilization of integrated information system	147
9. Project 2-4: Technology transfer to national agency and organization ..	148
10. Project 2-5: Planning of future strategy for post marine pathogen project	149
Section 5. Performance index	150
1. Lawmaking and policy proposal index	150
2. Research performance index	150
3. Publicity and spread index	151
4. International exchange and cooperation index	151
5. Scholarship and intellectual property right index	151
6. Education and manpower training index	152
7. Practical use index	152
Chapter 5. Analysis of propriety for research plan	155
Section 1. Political propriety	155
1. Conformity with governmental plan	155
2. Necessity for governmental support	156
3. Timeliness	157
Section 2. Technical propriety	158
1. Duplication	158
2. Successfulness	159
3. Pertinence of research plan	160
4. SWOT analysis	161
Section 3. Economical propriety	162
1. Methods for economical propriety analysis	162
2. Analysis of economical propriety	164
Chapter 6. Research outcome	175
Section 1. Application of research outcome	175
Section 2. Expected outcome	176
1. Scientific and technological aspects	176
2. Economical and industrial aspects	176
Chapter 7. References	179
Appendix: Request for proposal	191

목 차

요약문	1
I. 제목	1
II. 연구배경 및 필요성	1
III. 환경분석	3
IV. 연구목표	5
V. 연구내용	6
VI. 연구기간	8
VII. 소요예산	9
VIII. 기대효과	9
IX. 사업타당성	10
제 1 장 연구개발과제의 개요	23
제 1 절 기획연구의 목표 및 내용	23
1. 기획연구의 최종목표	23
2. 기획연구의 세부목표 및 내용	23
3. 기획연구의 필요성	23
가. 해양병원체 정의	23
나. 해양 환경 생태계 구조 변동	24
다. 해양병원체가 생태계에 미치는 영향	35
라. 해양병원체가 경제에 미치는 영향	41
마. 연구개발의 필요성	45
바. 현 기술의 취약성	55
사. 연구개발의 방향	59
제 2 장 연구개발 동향 및 환경분석	71
제 1 절 국내외 정책동향 분석	71
1. 해양생태계 안전성 확보를 위한 해양병원체 연구	72
2. 생물다양성협약과 나고야 의정서, 생명체 자원에 대한 국가통제 강화	72
3. 해양병원체, 해양생물자원의 보전과 산업적 활용력의 근간	73
제 2 절 국내외 법제도 분석	75
1. 병원체에 관한 국제법적 규범	75
2. 국내법과 정책	77

3. 외국법제와 정책	83
4. 국내법 및 제도적 한계와 개선점	87
가. 국내법적 한계와 연구범위 설정의 고려사항	87
나. 해양병원체 관리와 활용을 위한 법제도 개선 방향	89
제 3 절 연구동향 분석	90
1. 분석 방법론	90
가. 분석 대상선정	90
나. 분석 범위 설정 및 분야별 DB set 구축	90
다. 논문 동향 분석 결과	92
제 4 절 기술동향 분석	95
1. 분석 배경 및 목적	95
가. 분석 배경	95
나. 분석 목적	95
2. 분석 범위	95
가. 분석대상 기술 및 검색식 도출	95
나. 유효특허 선별 기준 및 결과	96
다. 분석 방법	97
3. 특허동향 분석	97
가. 특허기술 Landscape	97
나. 핵심기술 분석	99
4. 특허 심층분석	102
가. 심층분석 criteria	102
나. 핵심기술에 대한 IP 전략도출	103
다. 국내외 기술수준 분석	104
5. 결론 및 시사점	107
가. 결론	107
나. 시사점	108
제 5 절 해양병원체 관련 시장조사	109
1. 바이오산업 시장규모	109
2. 진단 시스템 시장 동향	110
3. 진단시장 현황과 전망	111
4. 결론	112
제 3 장 연구개발 비전 및 추진 전략	117
제 1 절 연구개발 비전	117

1. 연구개발 비전	117
2. 비전 도출에 의한 연구개발 성과 활용	118
제 2 절 연구개발 목표	119
1. 연구개발 목표 설정	119
제 3 절 추진전략	121
1. 연구단계 설정	121
2. 연구개발 추진전략	121
3. 국제 공동연구 및 협력 전략	122
제 4 절 중점 연구개발 과제 도출	127
1. 중점 연구개발 과제 도출 방향	127
2. 중점 연구개발 과제 내용	128
제 4 장 연구개발 추진계획	133
제 1 절 핵심세부과제	133
1. 중점연구과제별 핵심세부과제	133
제 2 절 연구개발 로드맵	135
1. 총괄 로드맵	135
가. 이머징 해양병원체 탐색, 검출 및 예찰 기술 개발	136
나. 이머징 해양병원체 종합정보시스템 개발	136
다. 이머징 해양병원체 정책연구	137
제 3 절 소요예산	138
1. 총괄 예산	138
2. 중점과제별 및 단계별 예산	138
제 4 절 기술개요서	140
1. 중점과제 1-1 : 국내해역 해양병원체 탐색기술 개발	140
2. 중점과제 1-2 : 외래 해양병원체 탐색기술 개발	141
3. 중점과제 1-3 : 이머징 해양병원체 검출기술 개발	142
4. 중점과제 1-4 : 해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 정보체계 구축	143
5. 중점과제 1-5 : 해양병원체 관련 법제도 개선 및 경제성 분석	144
6. 중점과제 2-1 : 이머징 해양병원체 진단키트 및 예찰시스템 개발	145
7. 중점과제 2-2 : 이머징 해양병원체 병원성 검정시스템 기반 구축	146
8. 중점과제 2-3 : 이머징 해양병원체 종합정보시스템 구축 및 확산	147
9. 중점과제 2-4 : 이머징 해양병원체 국가기관 기술 이전 및 조직화 방안 도출.....	148
10. 중점과제 2-5 : 포스트 해양병원체 과제 도출을 위한 발전전략 수립	149

제 5 절 성과지표	150
1. 입법 및 정책제안 지표	150
2. 연구성과 지표	150
3. 연구성과 홍보 및 확산 지표	151
4. 국제교류 및 협력 지표	151
5. 학술 및 지적재산권 지표	151
6. 교육 및 인력양성 지표	152
7. 연구성과 활용 지표	152
제 5 장 연구개발의 타당성 분석	155
제 1 절 정책적 타당성 분석	155
1. 상위계획과의 부합성	155
2. 정부지원의 필요성	156
3. 사업추진의 적시성	157
제 2 절 기술적 타당성 분석	158
1. 기존 연구사업과의 차별성	158
2. 연구개발의 성공가능성	159
3. 연구개발계획의 적절성	160
4. SWOT 분석	161
제 3 절 경제적 타당성 분석	162
1. 경제성 분석 방법	162
2. 비용/편익 분석	164
제 6 장 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과	175
제 1 절 활용방안	175
제 2 절 기대효과	176
1. 기술적 측면	176
2. 경제 산업적 측면	176
제 7 장 참고문헌	179
부록: 과제별 제안요구서	191

제 1 장 연구개발과제의 개요

- 기획연구의 목표 및 내용

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 기획연구의 목표 및 내용

1. 기획연구의 최종목표

- 해양 병원체 목록 작성, 종합적 진단기법 및 예찰시스템 개발의 타당성 검토 및 세부 추진 계획 수립
- 해양 생태계 안전성 확보, 해양 병원체 관련 정책제안 계획 수립

2. 기획연구의 세부목표 및 내용

세부목표	연구내용 및 방법
환경 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양병원체 관련 국내·외 정책동향 및 법·제도 분석 ○ 해양병원체 관련 기술동향 및 전망 분석 ○ 해양병원체 관련 기술수준 및 기술개발 역량 분석 ○ 기술의 미래전망(기술예측) 및 수요 분석
연구개발 추진계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 추진전략, 기술개발 로드맵(TRM), 추진체계 제시 ○ 소요예산, 연구기간, 소요인력 제시 ○ 연구개발 성과평가를 위한 정량·정성적 성과지표 및 평가방안 제시
연구개발 타당성 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정책적 타당성 분석 ○ 기술적 타당성 분석 ○ 경제적 타당성 분석
도출 과제별 연구개발 제안서 작성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도출된 중점과제 중 시급성 및 연구개발 성공가능성에 따라 연구개발 제안서 작성

3. 기획연구의 필요성

가. 해양병원체 정의

- 해양병원체는 해양생물의 질병을 유발하는 모든 생물을 총칭하며, 해양생물에 직접적인 영향을 끼쳐 생리, 생태적인 교란을 일으키는 병원체를 지칭함
- 본 과제에서 사용하고 있는 이머징 해양병원체는 국내해역에는 보고된 바 없으나 국외에서 병원성이 보고된 병원체가 해류, 선박평형수 및 수산물 유통 등을 통해 국내 해역으로 유입된 후, 기후 변화 등을 통해 국내 해역에 적응하여 국내 해양생물의 질병을 유발할 수 있는 병원체로 정의함
- 즉, 국내 해양생물의 질병을 유발할 수 있는 국내 미보고 또는 미관리 해양병원체로 정의됨

나. 해양 환경 생태계 구조 변동

(1) 국내외 법정전염병 발생 현황

○ 국내사례

- 국내의 수산생물질병관리법(2013년 10월자)에 의해 20종의 정밀검사대상 질병이 지정되어 있으나(표 1-1), 수산생물질병을 병원체 감염이나 그 밖의 원인에 의하여 수산생물에 이상이 초래된 상태로 정의하고 있을 뿐, 해양병원체에 대해서는 아직까지 구체적으로 정의되어 있지 않음

표 1-1. 수산생물질병관리법에 지정된 정밀검사대상 해양생물 질병

구분		전염병
어류	8종	유행성조혈기괴사증, 잉어봄바이러스병, 바이러스성출혈성패혈증, 전염성 연어빈혈증, 참돔이리도바이러스병, 잉어허피스바이러스병, 유행성 궤양 증후군, 자이로닥틸루스증(자이로닥틸루스살라리스)
패류	5종	보나미아감염증(보나미아오스트레, 보나미아익시티오사), 마르테일리아 감염증(마르테일리아레프리즈스), 퍼킨수스감염증(퍼킨수스마리누스), 제노 할리오티스캘리포니아엔시스감염증, 전복바이러스성폐사증
갑각류	7종	가재전염병, 전염성피하및조혈기괴사증, 노란머리병, 흰반점병, 타우라증후군, 전염성근괴사증, 흰꼬리병

- 특히 지정된 법정전염병은 주로 양식생물의 질병에 국한되어 있어, 급변하고 있는 해양 병원체 이동 및 확산에 신속, 적절하게 대응하기에는 많은 어려움이 있음
- 우리나라 연근해 야생 어류에서의 병원체 검출 보고가 매우 제한적이며, 야생 해양생물의 질병 조사 및 피해 사례 연구는 전무함
- 현재, 제주도의 양식 중인 넙치에 대한 폐사량 통계가 2006년부터 시작되었고, 타 지역 및 어종의 폐사량 통계자료는 전무함. 또한, 넙치의 폐사 원인은 바이러스성출혈성패혈증 (VHS)외 여러 질병으로 추정하고 있을 뿐 정확한 진단이 이루어져 있지 않음
- 우리나라에도 해양생물의 집단폐사에 대하여 매년 보고되고 있고, 보고건수가 매년 증가 추세에 있지만, 대부분 관계당국에서 정확한 원인 조사를 수행중이라는 보고를 할 뿐 정확한 폐사의 원인에 대하여는 거의 이해하지 못하고 있음
- 최근의 국내연안에서 보고된 집단폐사 사례는 2009년 마산만 송어떼, 2012년 1월과 3월 태안 조개(그림 1-1), 2012년 여수돌돔, 2013년 서해안 바지락 및 통영 멧게 집단폐사 (그림 1-2) 등을 들 수 있는데, 일부 조사에서는 그 원인 병원체가 밝혀졌지만 대부분 규명하고 있지 못한 실정임



그림 1-1 마산만 및 태안 해양생물 집단폐사



그림 1-2. 여수, 서해안 및 통영 해양생물 집단폐사

- 특히 여름철에 발생한 양식어류 집단폐사의 경우 대부분 적조에 의한 집단폐사로 결론 내리는 경우가 많으나 적조생물에 의한 것인지, 질병에 의한 것인지 조사가 필요하다는 의문이 제기되고 있음
- 특히 1990년대까지의 우리나라 해양생물 질병은 주로 박테리아(70.7%)에 의해 발생하였는데, 점차 기생충 및 바이러스에 의한 질병 발생이 증가하고 있는 추세임(그림 1-3)

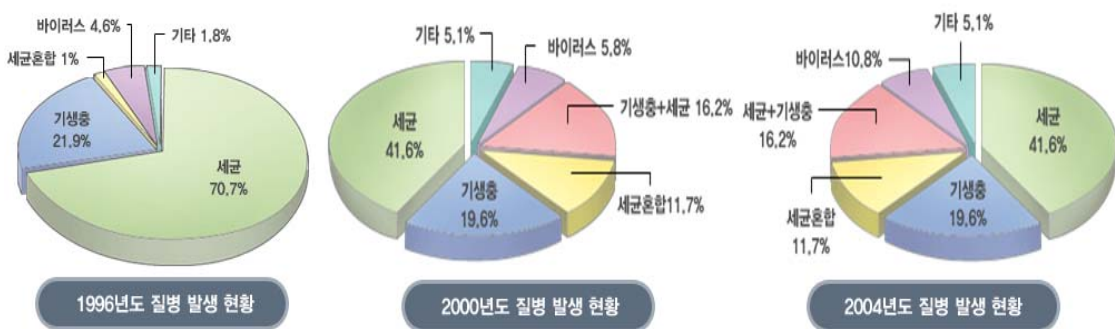


그림 1-3. 우리나라 해양생물 질병발생 현황(국립수산과학원 어병센터 자료)

- 그러나 조사된 보고들도 주로 양식생물에 국한되어 있을 뿐 해양생태계를 구성하고 있는 야생 해양생물의 질병에 관해서는 거의 연구가 수행된 바 없음
- 특히 2004-2013년까지 국내해역에서 발생한 해양생물 집단폐사 관련 보고에서 원인이 밝혀지지 않은 집단폐사는 45% 이상을 차지하였으며, 특히 2012년 및 2013년에 원인불명 집단폐사 보고건수가 급증하고 있음(그림 1-4)

- 따라서, 국내 해역에 서식하고 있는 해양병원체 종목록 및 해양생태계에 미치는 영향 등에 대한 선제적 대응 연구의 필요성이 대두되고 있음

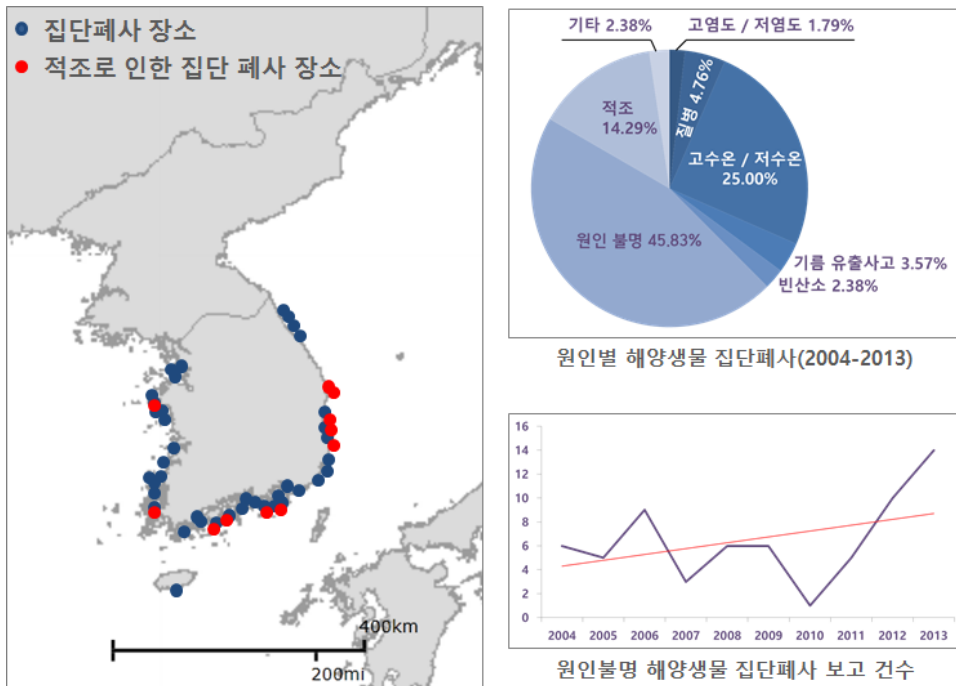


그림 1-4. 국내해역에서 발생한 해양생물집단폐사 보고(2004-2013)

○ 국외 사례

- 국제수역사무국(OIE, Office International des Épizooties, World Organisation for Animal Health)에서는 국제 수산물 교역 등과 관련된 해양생물 질병 리스트(표 1-2)를 배포하고, 새로운 질병의 보고나 위생상태 개선, 전염병의 근절 및 확산 방지를 위한 노력을 기울이고 있음
- OIE에서 지정한 해양생물 질병은 우리나라 법정전염병에 비해 8종이 더 지정되어 있으며, 어류 11종, 패류 7종 및 갑각류 10종에 대해 관리를 요청하고 있음
- 야생어류의 감염성 질병에 의한 피해의 경우, 호주 등 일부 선진국의 사례만 보고되어 있음
- 1995년 호주와 뉴질랜드에 각각 5,000 km 및 500 km에 달하는 해안에 정어리 집단 폐사가 보고됨. 1998-1999년의 경우는 1995년의 피해 규모보다 더 커서 호주 연안 정어리의 약 75%가 폐사함. 또한, 감염된 정어리를 포식한 조류인 가마우지 gannet (*Morus serrator*)도 대량 폐사됨
- 이머징 병원체에 의한 전세계의 새우 양식산업, 타우라증후군과 전염성피하 및 조혈기 괴사증에 의한 피해, 최신 이머징 병원체인 조기폐사증후군(EMS; early mortality syndrome)에 의한 피해 등이 보고되고 있음

표 1-2. OIE 지정 해양생물 질병(2013)

구분	전염병
어류	11종 유행성조혈기괴사증(EHN), 유행성궤양증후군(EUS), 자이로닥틸루스증(<i>Gyrodactylus salaris</i>), 전염성조혈기괴사증(IHN), 전염성연어빈혈증(ISA), 잉어허피스바이러스병(KHV), 참돔이리도바이러스병(RSIV), 잉어봄바이러스병(SVC), 바이러스성출혈성패혈증(VHS), 바이러스성신경괴사증(VER), 산천어바이러스병(OMVD)
패류	7종 전복허피스바이러스감염증(Abalone herpesvirus), 보나미아감염증(2종)(<i>Bonamia exitiosa</i> , <i>Bonamia ostrea</i>), 마르테일리아레프린젠스감염증(<i>Marteilia refringens</i>), 퍼킨수스감염증 (2종)(<i>Perkinsus marinus</i> , <i>Perkinsus olseni</i>), 제노할리오티스캘리포니아감염증(<i>Xenohaliotis californiensis</i>), 마이크로사이토스악키니감염증(<i>Mikrocytos mackini</i>), 오스트라이드허피스바이러스1감염증(Ostreid herpesvirus 1 microvariant)
갑각류	10종 가재전염병(Crayfish plague (<i>Aphanomyces astaci</i>)), 전염성피하및조혈기괴사증(Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis), 감염성근육괴사증(Infectious myonecrosis), 타우라증후군(Taura syndrome), 흰반점병(White spot disease), 흰꼬리병(White tail disease), 노랑머리병(Yellow head disease), 구상바쿨로바이러스증(Spherical baculovirus(-type baculovirus)), 사면바쿨로바이러스증(<i>Tetrahedral baculovirus</i>), 괴사성간췌장증(Necrotising hepatopancreatitis)

EHN: Epizootic haematopoietic necrosis, EUS: Epizootic ulcerative syndrome, IHN: Infectious haematopoietic necrosis, ISA: Infectious salmon anaemia, KHV: Koi herpesvirus disease, RSIV: Red sea bream iridoviral disease, SVC: Spring viraemia of carp, VHS: Viral hemorrhagic septicaemia, VER: Viral encephalopathy and retinopathy virus disease

- 조기폐사증후군의 경우 중국, 태국, 말레이시아 및 베트남에서 발생하였으며, 2011년 중국의 새우양식장에서 약 80%가 폐사하였고, 2013년의 새우생산량은 EMS에 의해 전년도에 비해 30-60% 감소하였음
- 전염성연어빈혈증은 스코틀랜드(1998-1999), 노르웨이 및 캐나다(1998-1999) 및 칠레에서 발생하였으며, 잉어허피스바이러스증에 의한 피해는 인도네시아에서 보고된 바 있음
- 상기한 해양생물 질병에 의한 피해 외에 2011-2012년 전세계 주요국가에서 수백 건의 해양생물 집단폐사가 보고되었으며, 특히 약 25건의 해양생물 집단폐사는 mystery, unknown 또는 unexplained 등으로 표현해야 할 만큼 대량폐사의 원인이 규명되지 않고 있음(표 1-3, 그림 1-5)

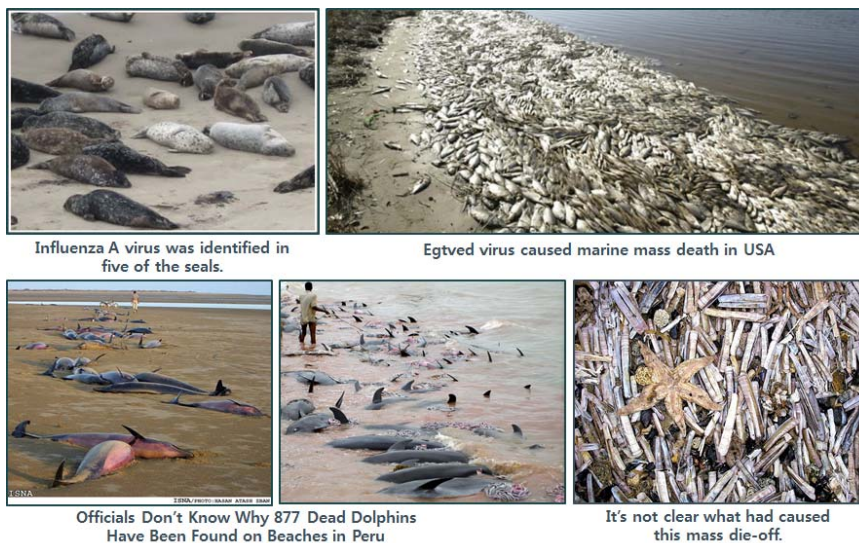


그림 1-5. 전세계 국가에서 보고된 다양한 해양생물 집단폐사

표 1-3. 2011-2012년 전세계에서 보고된 원인을 알 수 없는 해양생물 대량폐사

2012	
25 May	- Florida: Mystery Sponge-Killing Disease Now Seen From Palm Beach to Lower Keys (New Times)
06 Mar.	- Nova Scotia: More than 400 dead grey seals off Cape Breton's eastern coastline (SOTT or Cape Breton Post)
27 Feb.	- Dozens of dead marine mammals, turtles in Gulf this year, NOAA says (SOTT or Times-Picayune)
14 Feb.	- Boston: 11 more dolphins stranded on Cape Cod: unexplained phenomenon total rises to 177 (SOTT or Boston Globe)
09 Feb.	- Over 200 Dolphins Dead in Northern Peru (SOTT or Peru Experience)
09 Feb.	- Boston: Cape Cod dolphin beachings rise to 129; more expected (SOTT or MSNBC)
28 Jan.	- US: Dolphin, seal deaths plague New England (SOTT or MSNBC)
16 Jan.	- Australia: 53 dead fur seals found on the beach (SOTT or Australian Associated Press)
08 Jan.	- Mass herring death a mystery in Norway (SOTT or Ice News)
02 Jan.	- 20 tons of fish wash up on Norwegian beach (Daily Mail)
2011	
20 Dec.	- [Weaponized] Flu kills 162 Dolphins in New England (Boston Globe, or SOTT.net)
09 Dec.	- Sick green sea turtles beach at British Columbia (The Province or SOTT)
30 Nov.	- Dead dolphins continuing washing up on Gulf Coast shores; 600 since BP Macondo blowout. (Gulf Live)
26 Nov.	- 100s to 1000s of mullet die in Estero Bay, Florida (Fort Myers News-Press or SOTT)
09 Nov.	- Unprecedented number of fish die of mysterious disease in Queensland (ABC News or SOTT)
29 Oct.	- Mysterious Virus Threatens Salmon in Western Canada (Atlantic Wire or SOTT)
28 Oct.	- 14 dead dolphins wash up on Gulf Coast shores (Sun Herald or SOTT)
20 Oct.	- North American wild salmon threatened by infectious anemia (NY Times or SOTT)
13 Oct.	- Mysterious Disease Killed Scores of Seals in Alaska (Reuters or SOTT. Or see this Oct. 12 report from Alaska Dispatch)
12 Oct.	- 4 dead dolphins wash up on Gulf Coast beaches in 5 days; deaths part of ' unusual mortality event' (Alabama or SOTT)
05 Oct.	- New England Mysterious Seal Deaths (Reuters or SOTT)
03 Oct.	- Dead Dolphins Found on Coast of Java (Viva News or SOTT)
05 Sept.	- Mysterious Fish Kills Strike Fujian, China Daily
06 July	- Canada: Beached whale remains a mystery CBC News
19 Jan.	- Hundreds of starfish, crabs, mussels, etc. wash up on a Walney beach in the UK

(2) 최근 10년간 우리나라 근해의 수온 변동에 따른 해양생물상 변화

- 최근 31년(1980~2010)간 남부해역 평균 표층수온(국립수산과학원 연안정지관측)의 변동에 대한 선형회귀 분석을 수행한 결과, 하계에는 0.052°C/yr., 동계에는 0.032/yr. 상승하는 경향을 보였음(그림 1-6)
- 이 결과에 따르면 남부해역은 10년에 0.3-0.5°C 상승하며, 20년에 최대 1.0°C 상승 경향을 보였음
- 지구온난화에 의해 유발된 환경변화는 숙주범위, 병원체 범위, 숙주의 면역성, 병원체 발병 및 병원체 전이속도 등을 변화시켜 숙주집단 및 해양생태계에 영향을 미치고, 그에 따른 사회경제학적 영향을 미치는 것으로 알려져 있음(그림 1-7)
- 국내 해역에서 출현하는 어류는 약 900여종으로 이들 중 난류성 어류는 약 300여종으로 놀래기과, 자리돔과, 나비고기과, 전갱이과, 고등어과 어류들이 대부분 난류성 종인 점을 고려할 때 이들을 매개로 하는 해양병원체가 국내에 유입될 가능성이 높음(그림 1-8)

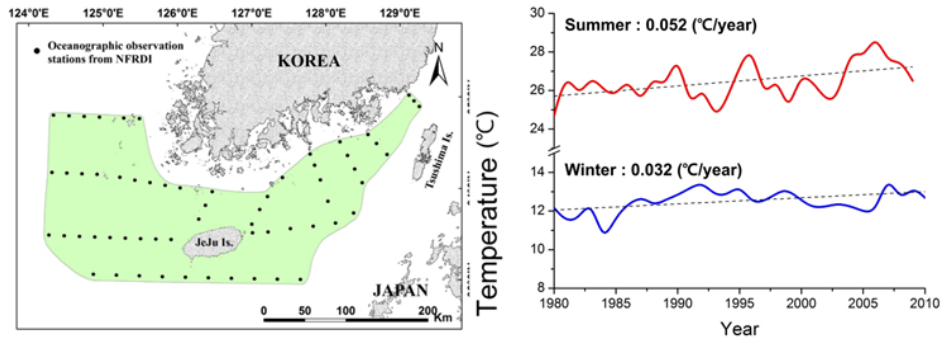


그림 1-6. 하계 및 동계 남부해역의 표층수온 변동 패턴

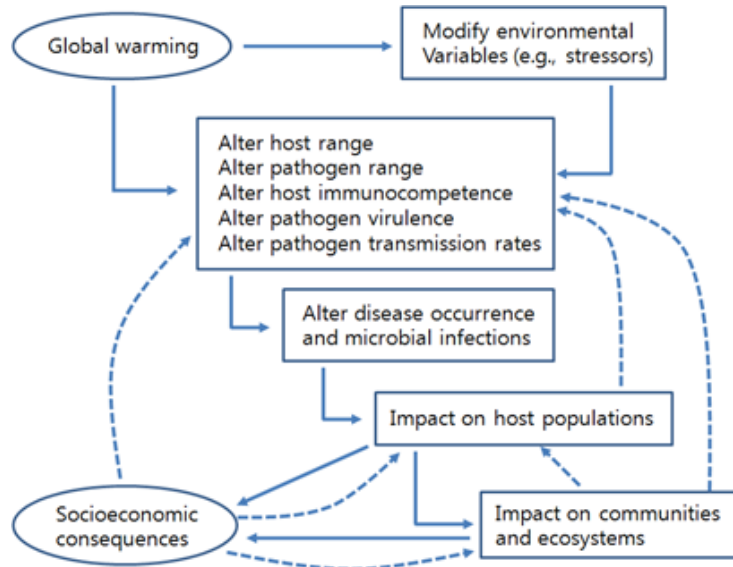


그림 1-7. 감염성 병원체와 숙주에 대한 지구온난화의 영향 (adapted from Marcogliese 2008)



그림 1-8. 동해에서 잡힌 열대 및 아열대 어종

- 제주연안에 출현하는 어류 중 아열대성 어종이 가시복, 거북복, 쏘베감펍, 흥감펍, 아홉 동가리, 여덟동가리, 호박돔, 청줄돔, 범돔 등이 전체 어종의 47% 가량 차지하는 것으로 확인됨(그림 1-9, 2011년 국립수산과학원 보도자료)

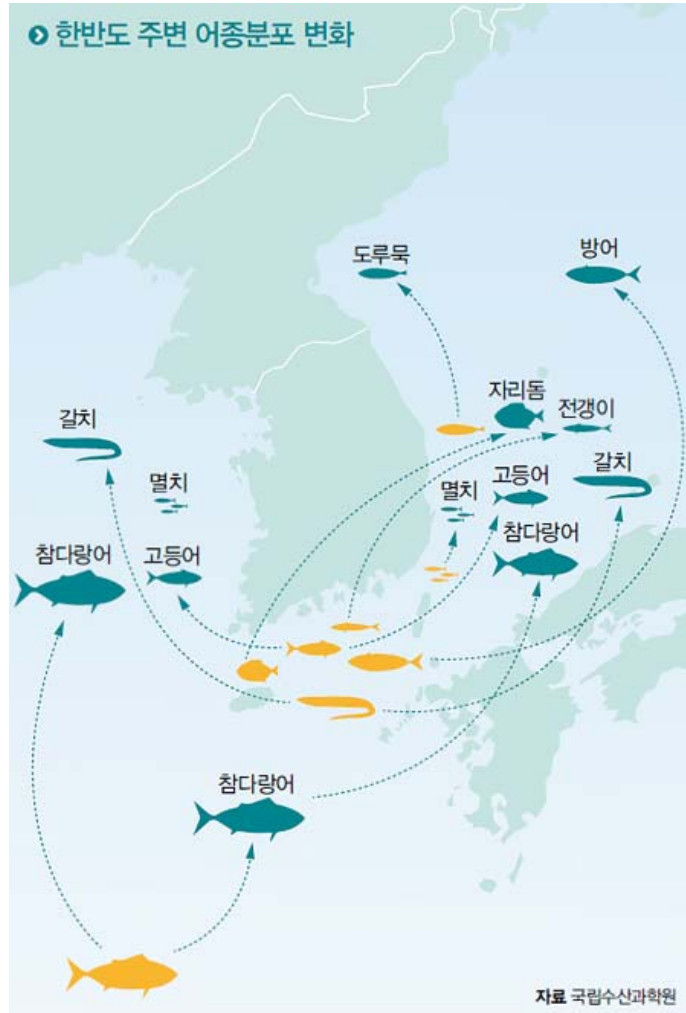


그림 1-9. 남해안에서 서식하는 난류성 어종이 이동 (국립수산과학원)

- 연근해 주요 난류성 어종(오징어, 멸치, 고등어)의 겨울철 분포해역은 최근 북상하였으며, 분포밀도도 높아 어획량이 증가하고 있는 추세임
- 아열대성 어종인 참다랑어의 어획 빈도, 양적 증가 현상이 나타나고 있으며, 독도, 울릉도 및 왕돌초 주변해역에서는 자리돔, 줄도화돔, 황놀래기 등 아열대성 어류의 출현이 보고됨(이무하 외, 2010)

(3) 선박평형수에 의한 해양생물상 변화

- 2011년 약 130,000건 입항 선박으로부터 총 5,100만톤의 선박평형수가 국내 항만에 배출된 것으로 추산되며(그림 1-10), 산업 발전에 따른 선박 대형화와 물동량 증가로 인해 선박평형수 배출은 지속될 것으로 예상됨

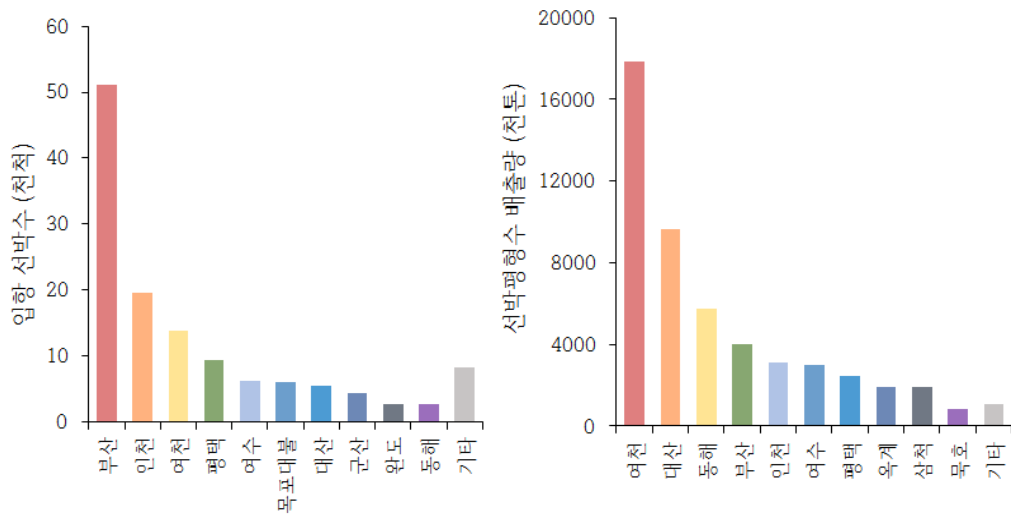


그림 1-10. 2011년 추산 국내 항만별 입항 선박수(좌) 및 선박평형수 배출량(우, 톤)

- 국제해사기구(IMO)에서는 선박평형수를 통해 새로운 해양환경으로 침입이 가능한 *Vibrio cholera*를 포함한 10종의 생태계 교란 생물을 지정하여 관리하고 있음(그림 1-11)



그림 1-11. 선박평형수 유래 해양생태계 교란 생물종

- 또한 선박평형수 처리장치를 통과한 배출수내에 플랑크톤, *Vibrio cholera*, *E. coli* 및 장내세균 등의 검출 기준만을 제시하고 있을 뿐(표 1-4), 국내 및 OIE 권고 법정전염병 병원체에 대해서는 추가검사 없이 배출되고 있는 실정임
- 해양바이러스 및 기생충에 관한 기준도 설정되어 있지 않아 미처리된 선박평형수로부터 다양한 해외 병원체의 국내해역 유입이 가능할 것으로 판단됨

표 1-4. 배출된 선박평형수에 대한 IMO의 'D2' 기준

Organism category	Regulation
Plankton, >50 µm in minimum dimension	< 10 cells/m ³
Plankton, 10-50 µm	< 10 cells/ml
Toxicogenic <i>Vibrio cholera</i> (O1 and O139)	< 1 cfu*/100 ml
<i>Escherichia coli</i>	< 250 cfu*/100 ml
Intestinal Enterococci	< 100 cfu*/100 ml

* colony forming unit

- 선박평형수는 물리적으로 극한 환경이며, 선박평형수내 해양미생물은 잠재적 병원체 가능성이 있는 씨앗종(휴면상태)으로 존재함. 선박평형수가 배출된 해역의 환경조건이 씨앗종의 성장에 적합하면 다시 병원성을 회복하여 배출지 해역에 분포하는 해양생물을 감염시킬 수 있음
- 해산요각류 외래종은 지금까지 국내에서 보고된 바 없으나, 동해의 주요 항구와 기수역에서 1종(*Eurytemora americana*)이 최근 확인됨. 따라서 이들의 휴면란(resting egg)이 선박평형수를 통해 국내로 이입된 것으로 보이며, 이들을 매개로 하는 기생생물 연구가 필요함
- 현재까지 선박평형수와 선체를 통해 국내 해역에 이입된 해양외래종은 18종이 보고되었으며(신 등, 2010), 이 중 해양기생충이 기생할 수 있는 숙주를 기준으로 해면류 5종, 담치류 1종, 멍게류 3종이 국내 전 연안에 광범위하게 분포하고 있음. 특히, 해산무척추동물 중 멍게류 일종인 유령멍게(*Ciona intestinalis*), 주름미더덕(*Styela plicata*)의 외래종이 주요 항구와 양식 시설물에 대량으로 부착하여 부력감소를 통해 양식생산성을 저하시킬 뿐 아니라 이들이 서식하는 곳은 생물다양성이 현저하게 낮아질 가능성이 높음
- 미국은 선박평형수로부터 자국의 생태계 보호를 위해 미국연안 외측에 도착했을 때부터 선박평형수의 관리 및 배출을 엄격하게 규제하고 있음
- 호주는 자국 항만에서 선박평형수 배출여부를 결정하는 국가해양침입종정보시스템을 운영하여 위해종 유입 정보를 선박평형수 및 주변항만에서 지속적인 모니터링을 수행하고 있음

(4) 수입 수산물의 지속적인 증가

- 수산생물 및 수산식품의 수입은 최근 5년간 지속적으로 증가하고 있음(그림 1-12)
- 2008년 1월-2014년 1월까지 국립수산물품질관리원 통계에 의하면 총 93,741건이 수입, 검역을 받았으며 이 중 패류가 41,907건, 어류가 32,938건, 갑각류가 19,001건, 파충류가 21건을 차지하였음(그림 1-13)

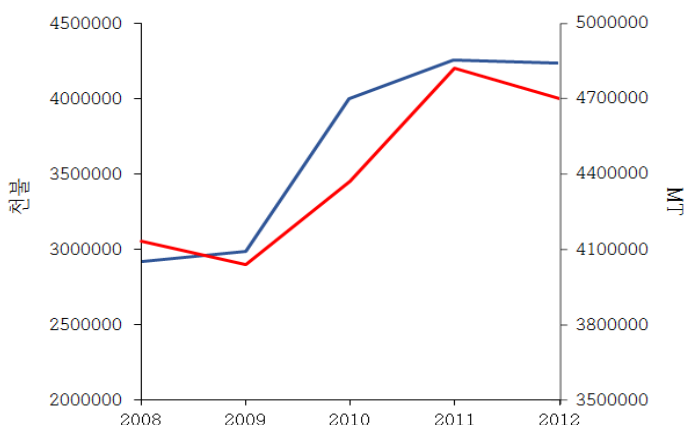


그림 1-12. 수산식품(어류, 패류, 갑각류 및 해조류 포함) 수 입현황(2008-2012)

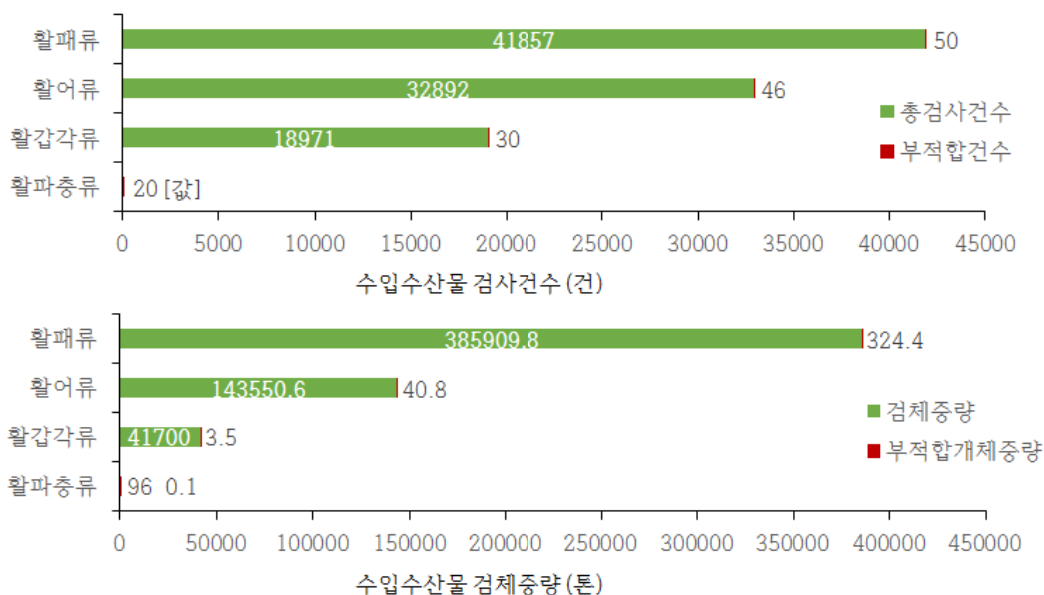


그림 1-13. 2008년부터 2014년 수입수산물검역 통계

- 이 중 126건이 부적합 판정을 받았으며(0.13%), 중량으로는 총 185,347 톤이 수입검역을 받아 이 중 369톤이 부적합판정 받음. 그러나 수입수산물 검역 대상이 활어에만 국한되어 있어 전체 수입수산물을 조사하면 부적합 판정 비율은 높아질 것으로 예상됨
- 부적합 이유 사례를 분석하면 잉어 허피스 바이러스(KHV), 유행성 조혈기괴사증 바이러스, 전염성 연어빈혈증 바이러스, 흰반점병 바이러스(WSSV), 전염성 췌장괴사증 바이러스(IPNV), 참돔 이리도바이러스병 바이러스(RSIV), 바이러스성 신경괴사증 바이러스(VNNV), 바이러스성 출혈성패혈증 바이러스(VHSV), 잉어봄 바이러스(SVC)가 포함되어, 대부분 바이러스임을 알 수 있음

- 미국 등 주요 교역국들은 OIE 권고기준 외에 자국만의 검역리스트를 확보하여 수산물 수출입시 활용하고 있음(표 1-5, 6)

표 1-5. 미국/캐나다의 의무 신고 해양생물 질병

FINFISH	
1. Epizootic hematopoietic necrosis	6. Koi herpesvirus disease
2. Epizootic ulcerative syndrome	7. Red sea bream iridoviral disease
3. Gyrodactylosis (<i>Gyrodactylus salarises</i>)	8. Spring viremia of carp
4. Infectious hematopoietic necrosis	9. Viral hemorrhagic septicaemia
5. Infectious salmon anemia	
MOLLUSCS	
1. Abalone viral mortality	5. Infection with <i>Perkinsus marinus</i>
2. Infection with <i>Bonamia exitiosus</i>	6. Infection with <i>Perkinsus olseni</i>
3. Infection with <i>Bonamia ostreae</i>	7. Infection with <i>Xenohaliotis californiensis</i>
4. Infection with <i>Marteilia refringens</i>	
CRUSTACEANS	
1. Crayfish plague (<i>Aphanomyces astaci</i>)	6. Tetrahedral baculovirus (<i>Baculovirus penaei</i>)
2. Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis	7. White spot disease
3. Infectious myonecrosis	8. White tail disease
4. Spherical baculovirus (Penaeus monodon-type baculovirus)	9. Yellow head disease
5. Taura syndrome	

표 1-6. 호주의 의무 신고 해양생물 질병

FINFISH	
1. Epizootic haematopoietic necrosis-European catfish virus/European sheatfish virus	10. Gyrodactylosis (<i>Gyrodactylus salaris</i>)
2. Infectious haematopoietic necrosis	11. Red sea bream iridoviral disease
3. Spring viremia of carp	12. Funmculosis (<i>Aeromonas salmonicida</i> subsp. <i>salmonicida</i>)
4. Viral hematopoietic septicaemia	13. Whirling disease (<i>Mxxobolus cerebrealis</i>)
5. Channel catfish virus disease	14. Enteric redmouth disease (<i>Yersinia ruckeri</i>)
6. Infectious pancreatic necrosis	15. Koi herpesviral disease
7. Infectious salmon anaemia	16. Grouper iridoviral disease
8. Bacterial kidney disease (<i>Renibacterium salmoninarum</i>)	17. Infectious spleen and kidney necrosis virus-like viruses
9. Piscirickettsiosis (<i>Piscirickettsia salmonis</i>)	
MOLLUSCS	
1. <i>Bonamia ostreae</i>	6. Infection with <i>Perkinsus marinus</i>
2. <i>Bonamia exitiosa</i>	7. Infection with <i>Xenohaliotis californiensis</i>
3. <i>Mikrocytos mackini</i>	8. Akoya oyster disease
4. <i>Marteilia refringens</i>	9. Iridoviruses
5. <i>Marteilioides chungmuensis</i>	
CRUSTACEANS	
1. Taura syndrome	5. Infectious myonecrosis
2. White spot disease	6. Monodon slow growth syndrome
3. Yellow head disease-Yellowhead virus	7. Milky haemolymph disease of spiny lobster (<i>Panulirus</i> spp.)
4. Crayfish plague (<i>Aphanomyces astaci</i>)	8. Necrotising hepatopancreatitis

- 호주, EU, 중국 및 대만 등의 국가에서는 수입 수산물에 대하여 검역대상 질병 목록을 제시하고 있음(표 1-7, 8)
- 호주와 EU는 검역방법은 수입 목적에 따라 다소 복잡하고, 검역 대상 질병 수가 적은 것처럼 보이지만, 수입 자체가 불가능한 품종이 많아서 생기는 결과임

표 1-7. 호주의 수입수산물 검역대상 질병목록

구분	최종목적	검역 대상 질병 또는 수입 가능 여부
연체류	식용	죽은 연체류(굴 제외)만 수입 가능
	이식	수입 불가
갑각류	이식	수입 불가
	생새우	White spot syndrome, Yellow head disease, Taura syndrome
담수어류	관상용	SVCV, <i>A. salmonicida</i> , <i>Dactylogyrus vastator</i> , <i>D. extensus</i>

표 1-8. EU의 수입수산물 검역대상 질병목록

구분	외래질병	비외래질병
어류	Epizootic haematopoietic necrosis (EHN)	Spring viraemia of carp (SVC)
	Epizootic ulcerative syndrome (EUS)	Viral haemorrhagic septicaemia (VHS)
	-	Infectious haematopoietic necrosis (IHN)
	-	Koi herpes virus (KHV) disease
연체류	-	Infectious salmon anaemia (ISA)
	Infection with <i>Bonamia exitiosa</i>	Infection with <i>Marteilia refringens</i>
	Infection with <i>Perkinsus marinus</i>	Infection with <i>Bonamia ostreae</i>
갑각류	Infection with <i>Microcytos mackini</i>	-
갑각류	Taura syndrome	White spot disease
	Yellow head disease	-

다. 해양병원체가 생태계에 미치는 영향

(1) 해양바이러스 병원체 분야

- 해양에 존재하는 바이러스는 약 10^{30} 정도로서 해양생태계에서 가장 풍부한 life form을 형성하고 있으며(Suttle, 2007) 해양에 존재하는 다양한 생물체의 폐사 원인체로 작용함(그림 1-14). 해양에서 바이러스에 의한 용균으로 인해 표층수의 원핵생물은 매일 현존량의 20-40%의 감소가 일어나며(Suttle, 1994), 대규모의 용균현상으로 식물성 플랑크톤의 bloom이 종식된 바 있음(Bratbak et al., 1993)
- 해양에서 바이러스는 자가 영양성 플랑크톤 및 종속 영양성 플랑크톤의 폐사에 대한 실질적 원인체로 알려져 있으며(Proctor and Fuhrman, 1990; Suttle et al., 1990) 해양 미생물의 폐사에도 주요 원인으로 작용하고 있음. 따라서 이러한 해양 바이러스에

의한 폐사는 결과적으로 미생물 군집구조 뿐만 아니라 영양 및 에너지 순환에도 영향을 미칠 것으로 예상됨

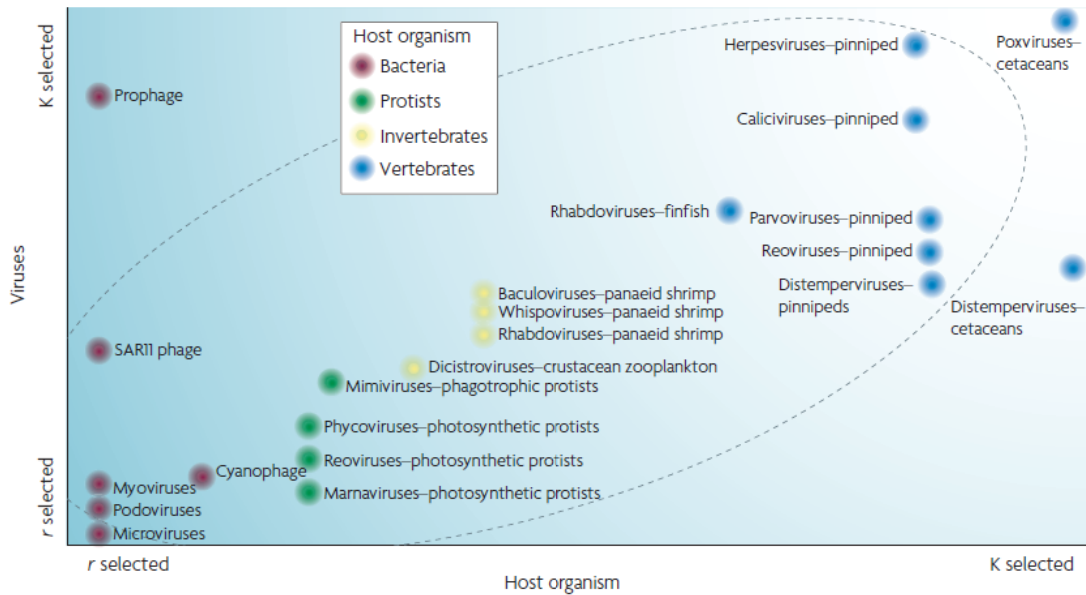


그림 1-14. 대량 번식형(r-selection)과 소량 번식형(K-selection)에 따른 해양바이러스 숙주의 분포도(Suttle, 2007, Nature Reviews)

- 해양 바이러스에 의한 해양 생물체의 폐사는 플랑크톤이나 미생물뿐만 아니라 해양 무척추동물 및 척추동물에서도 일어나며, 새로운 바이러스들이 계속해서 발견되고 있음. 무척추동물인 새우류에 white spot syndrom viruses가 발견되어 Nimavirus과가 신설되었으며(Vlak et al., 2004), 어류에서도 rhabdoviruses, birnaviruses, nodaviruses, reoviruses, herpesviruses와 같은 다양한 바이러스과가 발견되었음
- 기존에 밝혀진 해양바이러스 중 일부는 매우 넓은 숙주 범위를 가지고 있어 담수와 해수에서 모두 출현하고 있으며, 새로운 지역으로 전이되어 심각한 위협요인이 되고 있음.
- 예를 들어 Infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV)는 북아메리카의 연어과 어류에 감염되던 바이러스였으나 현재 유럽과 아시아의 담수 및 해산어에 전파되었고 (Kurath et al., 2003), 유럽의 송어 양식장에서 발병되었던 Viral Hemorrhagic Septicemia Virus (VHSV)가 현재는 40여종 이상의 해산어에서 발병되어 대량폐사를 유발하고 있음(Meyer et al., 1999) (그림 1-15)



그림 1-15. Great 호수의 25개 야생종으로부터 분리된 VHSV

- 해양 포유류인 물범의 경우 유럽에서 1988년과 2002년에 물개 전염성 급성염증 바이러스에 의해 수천만 마리가 폐사된 사례가 있었으며, morbillivirus 발생에 의해 돌고래와 다른 고래류의 대량 폐사가 발생된 바 있음(Di Guardo et al., 2005)
- 우리나라 연근해 수온은 지속적으로 상승하고 있으며, 특히 한반도 주변해역에서 AIB 기후변화 시나리오를 이용한 IPCC 기후 모델 결과에 따르면 향후 표층 수온 상승 정도가 북위 40도 부근의 동해 북부와 쿠로시오 연장선에서 가장 크게 나타날 것으로 예상되고 있음
- 이는 향후 쿠로시오 해류를 타고 외래 수산생물의 이동이 더 활발해질 가능성이 있음을 시사하며, 이는 서식 영역 이동·확산을 통해 지역 서식 어종의 생태계에 큰 변화가 발생할 수 있음을 의미함
- 미세한 수온의 변화에도 어류는 대사와 생리에 영향을 받아 성장, 생식력, 먹이 섭취 패턴, 수산생물 분포도, 이동 및 자원량에 영향을 주는 것으로 알려져 수온 변화에 따른 생리학적 변화는 수산생물의 질병을 증가시킬 가능성이 있음
- 서식 환경 변화에 의한 숙주의 스트레스 증가로 질병에 대한 면역력이 감소되어, 해양 병원체에 대한 저항성을 약화시키고 기회성 병원체에 의한 질병 증가가 가속화될 것으로 예상됨

(2) 해양박테리아 병원체 분야

- 해양박테리아 병원체는 다양한 오염원(하수 및 폐수, 동물 배설물, 선박평형수, 외래 수입종, 외래 유입종, 해류, 양식 등)과 저장소(해수 및 기수, 해양 생물, 퇴적층, 갯벌 등)에 존재 가능함(그림 1-16)



그림 1-16. 해양박테리아 병원체 오염원, 저장소 및 감염 대상 모식도

- 해양박테리아 병원체에 의한 피해 범위는 1) 해양 생물의 질병 발생으로 인한 자원량 감소 및 생태계 교란, 2) 해산 식품의 인체 위해 인자(병원체/독소)의 매개체 역할 및 3) 인간의 여가 공간에 존재 → 삶의 질 저하를 들 수 있음
- 어류의 경우, 최초의 질병에 대한 보고가 1718년에 이루어질 정도로 그 역사가 오래 되었으며 어류의 박테리아성 질병에 대한 연구도 많이 진행됨. *V. anguillarum*에 의한

18세기와 19세기의 회유 뱀장어의 대량폐사, 1980년대 *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*에 의한 스코틀랜드와 노르웨이 송어산업, 1989년 *Piscirickettsia salmonis*에 의한 칠레의 연어 양식, 1990년대 *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*에 의한 지중해의 유럽농어와 도미, 일본의 방어에 대한 심각한 피해 등 많은 피해사례가 밝혀져 있음(그림 1-17, 18)

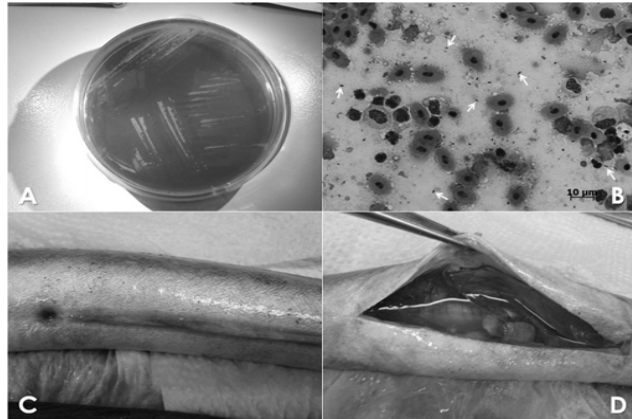


그림 1-17. 뱀장어에서 발견한 *Vibrio scophthalmi* 감염증 (Lee et al., 2012)

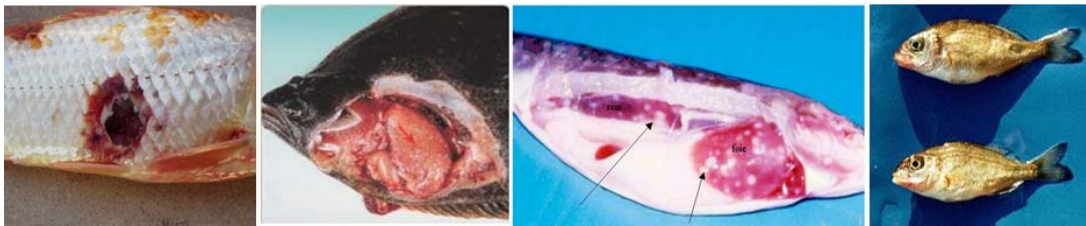


그림 1-18. 해양박테리아 병원체에 의해 유발되는 다양한 해양 어류 질병 (좌로부터 *Aeromonas hydrophila*, *Edwardsiella tarda*, *Renibacterium salmoninarum*, *Lactococcus garvieae*에 의한 감염 어류)

- 다양한 어류에 여러 종의 *Vibriosis* 균들이 질병을 일으키며, 사람에게도 패혈증 등의 질병을 유발함. *Renibacterium salmoninarum*, *Mycobacterium* spp.와 *Nocardia* spp. 등은 어류에 만성 질병을 일으키는 해양성 병원성 세균으로 알려져 있음
- 패류의 경우, *Vibrio splendidus*은 굴에, *Vibrio harveyi*는 전복에, *Vibrio tapetis*는 바지락에 질병을 일으킴. *Vibrio tapetis*에 의해 1980년대에 프랑스에서 심각한 경제적 손실이 일어남. *V. alginoticus*, *V. tubiashii*, *V. anguillarum*의 경우에는 이매패류의 부화장에서 많은 문제를 일으키고 있음
- 갑각류의 경우, 세균은 갑각류의 외골격을 공격하여 chitin을 분해하는 과정에서 생물막을 형성하여 질병의 진행을 촉진시킴. *Vibrio*에 의한 새우의 질병이 알려져 있으며, *Aerococcus viridans* var *homari*의 경우 미국 바닷가재 군집에 심대한 영향을 주어 미국과 캐나다의 바닷가재 생산에 큰 피해를 입힘. 또한 유럽과 미국의 대짜은행게 (*Dungeness Crab*)에 발생한 미동정 rickettsias의 감염은 해양생태에 많은 영향을 미친 것으로 알려짐

- 산호에 대한 세균 질병은 가장 피해가 큰 것 중 하나임. 세균이 주요 원인 균으로 알려진 백화현상, 흰띠증(white band disease), 흰반점증(white plaque disease), 백두(white pox), 황반증-황색대증(yellow blotch or yellow band disease) 등이 문제를 일으키고 있음. 백두증의 경우에는 카리브해 사슴뿔 산호에 심각한 질병을 일으켜 대규모 사멸을 발생시킴. 이러한 질병은 수천년 동안 존재하던 산호의 종을 다른 종이 대체하는 결과를 가져오기도 함
- 해면(sponge)의 경우, 표면에 흰반점이 생성되고 조직의 괴사와 내부 구조의 붕괴를 일으키는 현상을 보이는 질병이 대표적임. 이러한 질병에 의해서 카리브해의 특정지역에서는 대부분의 해면이 사멸하였음. 해면의 경우 공생하는 세균이 많이 존재하여 그 원인균이 쉽게 밝혀지기가 어려움
- 해양포유동물의 경우에는 바다표범과 같은 기각류와 고래류에게 발생하는 Brucella병이 있으며, 해양 포유류의 30% 가량이 Brucella균에 노출이 되었던 것으로 밝혀짐. 또한 해양포유류에 결핵과 비슷한 질병의 발생이 보고됨
- 특히 리케차병, 세균성 신장병, 구적병 및 Francisellosis 등은 국내 미보고 어류질병으로 미래에 국내 어류에도 영향을 미칠 수 있는 것으로 보고됨(그림 1-19)



그림 1-19. 해양박테리아 병원체에 의한 국내 미보고 어류질병

(3) 해양기생충 병원체 분야

- 기생충에 의한 부유생태계 피해: 부유생태계의 주요 생물은 일차생산자인 식물플랑크톤과 이들을 주먹이원으로 하는 동물플랑크톤으로 구성되어 있음. 이들 부유생물군은 수산자원의 안정적 유지에 필수적인 생물자원임. 주로 섬모류와 편모류와 같은 기생성 원생생물은 식물플랑크톤 또는 동물플랑크톤에 기생하여 이들의 생존을 억제하고 사멸시킴으로써 해양생태계 먹이사슬을 통한 에너지 공급 경로를 교란시킴(그림 1-20, 21). 궁극적으로 기생성 원생생물은 저차생산단계의 주요 생물군인 부유생물의 기능을 약화시켜 해양생태계의 생산성을 저하시킴

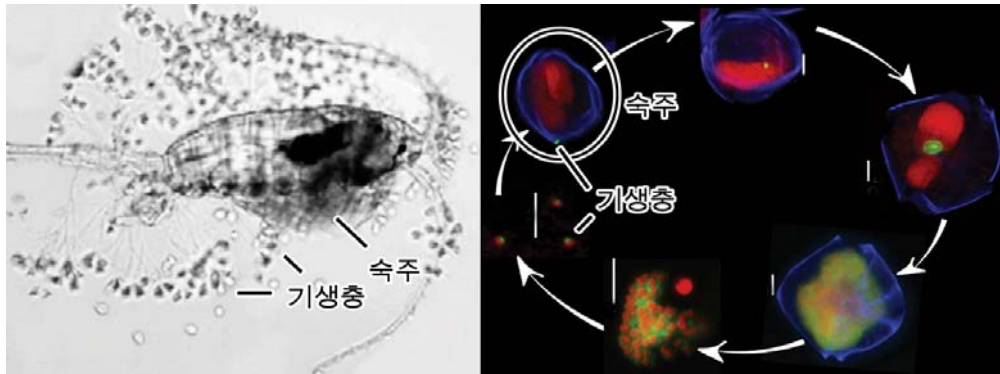


그림 1-20. 부유생물(좌: 요각류, 우: 와편모류)이 기생성 원생생물에 감염된 사례 (좌: 체외 기생형; 우: 세포내 기생형) (Souissi et al., 2013; Velo-Suárez et al., 2013)

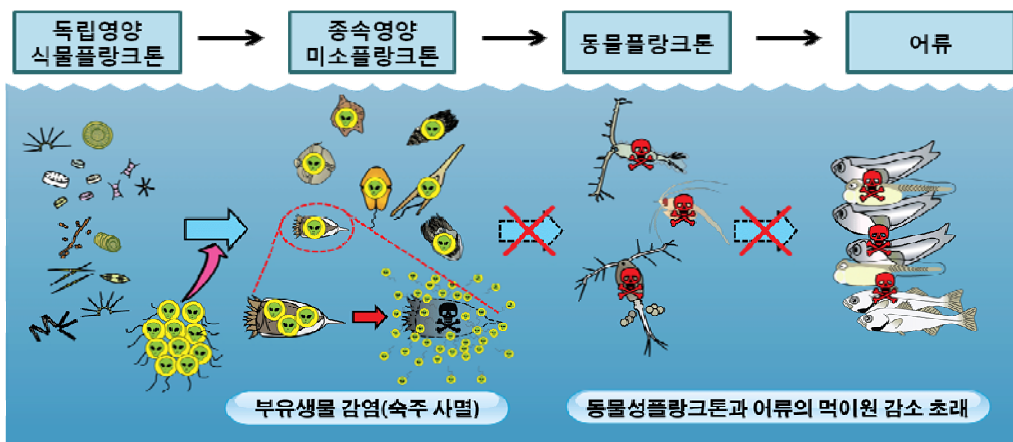


그림 1-21. 해양기생충 감염에 따른 해양먹이사슬 내 영향 모식도

- 기생충에 의한 저서생태계 피해: 다양한 저서생물이 기생충에 의해 영향을 받으나 경제적 가치가 높은 수산자원에서 그 피해가 잘 알려져 있음. 기생충의 대량발생은 게, 새우, 바지락, 굴, 멍게 등과 같은 수산자원의 집단폐사 또는 상품성을 떨어뜨려 막대한 경제적 손실을 초래함(그림 1-22). 이들 기생충은 숙주인 저서생물의 성장 저해, 산란 감소 등을 야기하며, 저서생태계 내의 생물다양성을 약화시킴. 또한 저서생물은 흡충류의 중간숙주로서 인간을 비롯한 척추동물의 건강에 위협이 되는 경우도 발생함



그림 1-22. 기생충에 감염된 저서생물 사례(좌: 꽃게의 아가미에 기생하는 따개비; 우: 굴 내부에 기생하는 원생생물)

- 기생충에 의한 유명생태계 피해: 대표적인 유명생물인 어류는 가장 다양한 기생충의 중간숙주 및 종숙주로 작용하며, 다양한 기생충이 어류의 성장 및 산란저해를 통해 수산자원생산량에 큰 영향을 끼침(그림 1-23, 24). 특히, 이들 기생충은 밀식하는 양식조건에서 집단폐사를 초래하여 막대한 경제적 손실을 초래함. 일부 기생충은 인간에게도 질병을 일으킬 수 있음. 어류의 기생충은 숙주인 어류의 생존을 위협하지만 동시에 어류 외에 여러 중간숙주(갑각류, 연체동물)를 매개로 해양의 다양한 서식공간을 이동함으로써 새로운 기생생물 유입원(이머징 병원체)이 됨

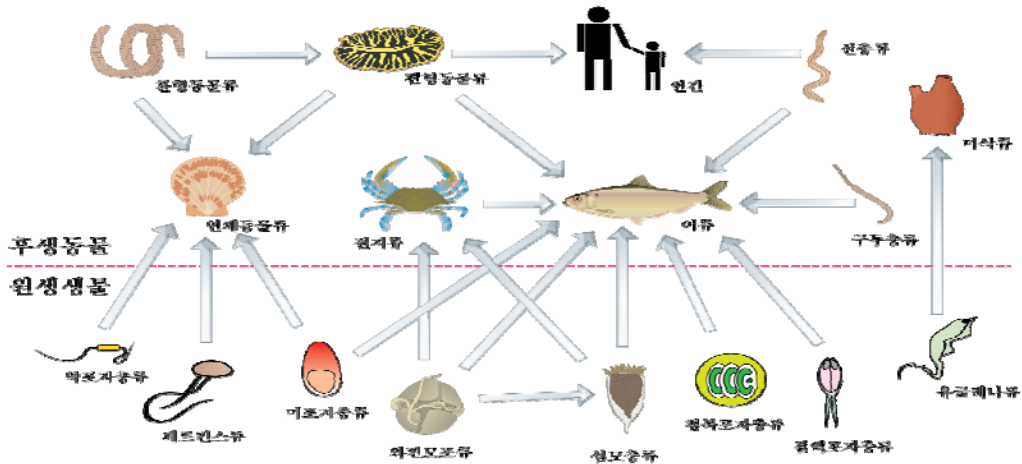


그림 1-23. 해양기생충과 숙주의 관계도(화살표 시작점-기생충, 화살표 끝점-숙주)



그림 1-24. 선충에 감염된 뱀장어, 점액포자충에 감염된 고등어, 점액포자충의 모습

라. 해양병원체가 경제에 미치는 영향

(1) 해양바이러스 병원체 분야

- 전 세계적으로 수산 양식업에서 질병의 원인으로 발생하는 경제적 손실은 매년 수십억 달러에 이르며, 생산액에 차지하는 비중도 매년 증가하고 있는 실정임
- 구체적으로 세계 수산양식량의 약 70%이상을 차지하는 중국의 양식생물의 질병에 의한 경제적 손실을 2001년 94억 위안, 2003년 140억 위안(1조 9600억원)으로 추정하고 있으며, 그 증가 추세가 매년 심각한 수준임
- 이머징 병원체에 의한 전 세계의 새우 양식산업 피해액은 연간 30억 US\$(1996년)로 산정되었으며, 전체 양식새우 생산금액의 40%에 달함

- 타우라증후군과 전염성피하 및 조혈기괴사증에 의한 피해액은 15-30억 US\$ (1999-2000년)로 추정됨
- 전염성 연어빈혈증에 의한 피해의 경우, 스코틀랜드(1998-1999년) 3천5백만 US\$/1년, 노르웨이 및 캐나다(1998-1999년) 2천5백만 US\$/1년, 칠레(2005-현재) 10억 US\$/1년의 손실이 있는 것으로 보고됨
- 잉어 허피스바이러스증에 의한 피해의 경우, 인도네시아에 연간 1천5백만 US\$의 피해를 입히고 있음
- 넙치는 우리나라의 주요 양식어종으로써 양식넙치 생산량은 2008년 기준 약 47,000톤이며, 생산금액은 4,083억 원으로 전체 양식생산금액의 26.8%를 차지하는 중요한 양식 품목임. 그러나 양식기간 중에 발생하는 바이러스 등에 의한 각종 감염성 질병의 발생으로 입식량의 약 40%가 폐사하여 심각한 경제적 손실을 초래하고 있음(그림 1-25)

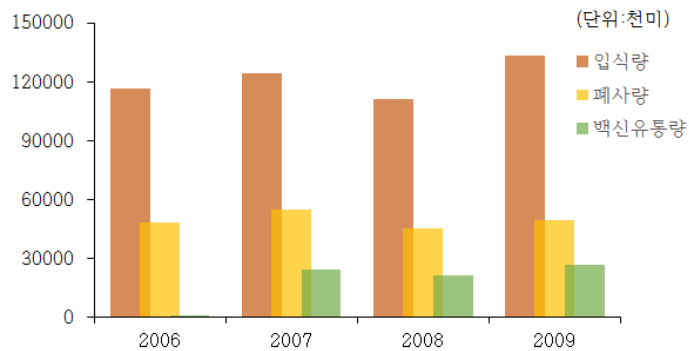


그림 1-25. 국내 넙치양식의 입식, 폐사량 및 백신 유통량
(국립수의과학검역원 통계자료, 2010)

- 바이러스성 출혈성패혈증(Viral hemorrhagic septicemia, VHS)은 예전부터 유럽의 무지개송어 양식장에서 발생하는 치명적인 질병으로 알려져 있으나 최근에는 다양한 해산어종에서도 발병되고 있음
- 특히 국내에서는 넙치 양식장에서 매년 VHS로 인해 치어뿐만 아니라 상품가치가 높은 성어에 있어서도 대량폐사가 발생하여 넙치 양식 산업에 심각한 경제적 손실을 끼치고 있음(Kim et al., 2003; Kim et al., 2009). 그러나 현재까지 VHS에 대한 효과적인 치료법 및 예방 대책이 없어 VHS에 의한 피해는 지속될 것으로 추정됨(그림 1-26)



그림 1-26. 바이러스성출혈성패혈증(VHS)에 감염된 국내 양식 넙치

(2) 해양박테리아 병원체 분야

- 2004년도 전세계 양식업 생산량은 75조원 이상으로 추정되고 있음. 1995년 연구에 따르면 질병과 환경문제에 의해 발생하는 수산업의 피해는 아시아의 경우에 연간 3조원이 넘는 것으로 추정(FAO, 1996)되고 있을 정도로 질병에 의한 피해가 매우 큰 것으로 알려져 있음
- 2008년 국립수산물학원 사업보고서에 따르면 2005년 남해안 어류 양식업의 경우 전체 질병의 28.3%가 세균성 질병이며 19.3%가 세균 및 그 외 질병원과 혼합감염으로 조사되었음. 2006년의 경우에는 세균성 질병은 15%, 혼합 감염은 38% 정도로 조사되어 세균성 질병이 전체 질병의 40% 이상임(그림 1-27). 또한 박테리아성 질병에 의한 폐사율이 넙치의 경우 16.2%, 돌돔의 경우에는 47.7%에 이를 정도로 경제적인 피해가 크다는 것을 알 수 있음

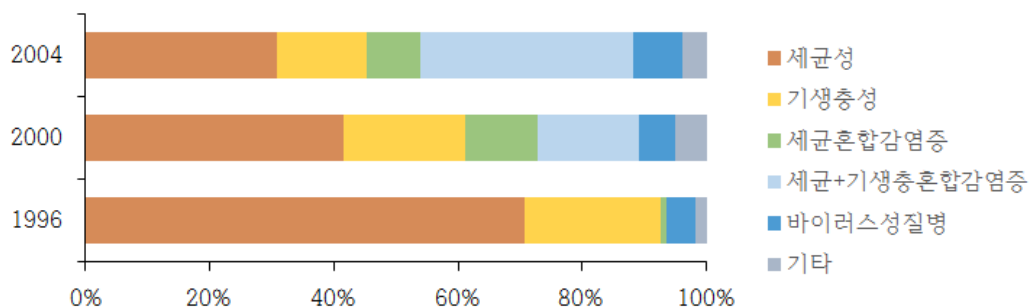


그림 1-27. 국내 어병발생 현황에서 세균성 질병의 비율(<http://fdcc.nfrdi.re.kr>)

- 제주지역의 경우 2009년 넙치의 폐사율이 48%로 알려질 정도로 피해가 크며, 2010년 피해액만 409억원, 2013년에는 700여억원으로 추정되고 있을 정도로 큰 피해를 입고 있는 것으로 알려져 있으며 매년 피해 규모가 커지고 있음. 이중 약 30%는 세균성 질병으로 추정되고 있음(그림 1-28)

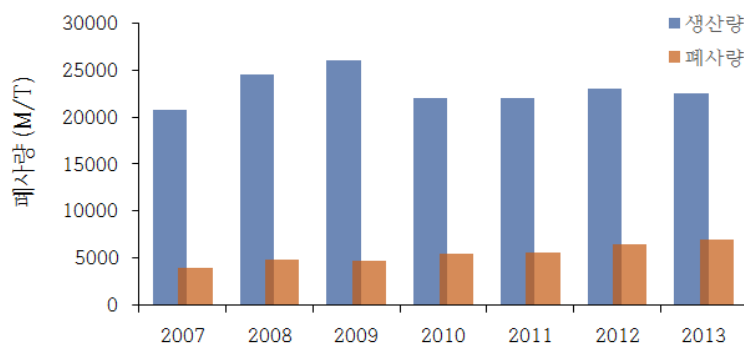


그림 1-28. 제주지역 연도별 넙치폐사율

(3) 해양기생충 병원체 분야

- 기생충에 의한 부유생태계 피해사례: 부유생물의 기생충으로는 와편모조류가 가장 높은 빈도로 발생하며, 현재까지 보고된 기록 중 최대감염률은 86%로 미국 체사피크만에서 기생성 와편모조류 *Euduboscquella aspida*가 섬모충류 *Favella panamensis*를 감염시킨 사례가 있음. 하지만 이들 숙주는 동물플랑크톤과 치어 같은 상위 포식자의 중요한 먹이원이지만 이 같은 해양생태계 내에서 저차영양단계의 약화가 어류와 같은 핵심 수산자원에 미치는 경제적 영향을 도출하기는 쉽지 않음
- 해양생태계에 분포하는 기생충과 숙주 생물이 다양하게 보고되고 있으나 경제적 피해 사례는 양식생물에 국한되어 있음. 그러나 자연 서식지에 분포하는 대부분의 기생생물은 잠재적인 전염원의 역할을 하기 때문에 양식생물에게도 막대한 경제적 손실을 유발할 가능성이 높음
- 기생충에 의한 저서생태계 피해사례: 호주 Sydney rock oyster의 대량 폐사는 원생동물인 *Bonamia roughleyi*와 *Marteilia sydneyi*가 원인체로 밝혀졌으며, 퀸즐랜드주 굴 생산량의 90% 이상 감소를 초래함. 프랑스, 호주 및 대만에서는 기생충 감염으로 인한 해산연체동물의 폐사에 따른 경제적 손실을 산정함으로써 기생충의 경제적 영향을 인식하고 있음(그림 1-29)

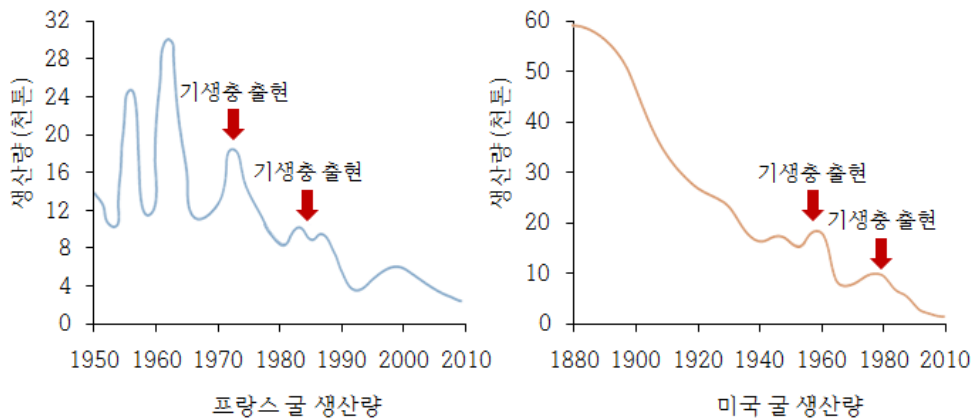


그림 1-29. 기생성 원생생물에 감염에 의한 프랑스와 미국의 굴 생산량 감소

- 프랑스의 경우 기생충인 *Marteilia refringens*와 *Bonamia ostreae*에 의한 굴 폐사로 4년간(1980-1983) 미화 총 3100만 달러의 손실을 입혔음(Grizel & Heral, 1991). 미국 북동부 지역의 대서양굴(*Crassostrea virginica*)은 원충인 *Perkinsus marinus*와 MSX에 감염될 경우 90% 이상의 폐사율을 보임(Gwizd & Ham, 2013). 최근 우리나라에서도 기생성 편모충의 감염으로 멍게에 물렁증이 발생하였으며, 이로 인한 멍게 대량 폐사로 연간 200억원 이상의 경제적 손실이 발생하였음(국립수산과학원, 2009)
- 기생충에 의한 유영생태계 피해사례: 단생흡충 *Gyrodactylus salaris* 는 대서양 연어에 기생하여 노르웨이 대서양 연어 자원량 감소에 영향 큰 끼침. 특히, 치어에 치명적인

피해를 입혀 방류량의 감소 및 이에 따른 회귀율의 감소로 이어지고 있음(Johnsen & Jensen, 1986). 어류 기생성 요각류의 경제적인 피해 연구는 대부분 양식에 국한 되어 있으며, 특히 바다 이(sea lice)는 노르웨이를 중심으로 연어류 양식에 있어서 이들의 구제에 총 4억 8천만 달러의 막대한 비용이 소요됨(그림 1-30)

- 국내의 경우 양식넙치에 감염하는 스쿠티카 섬모충에 의해 발생하는 스쿠티카증이 98년 이후부터 발생율이 급격히 증가, 전체 질병 중 30% 이상을 꾸준히 차지하고 있음 (진 등, 2007)

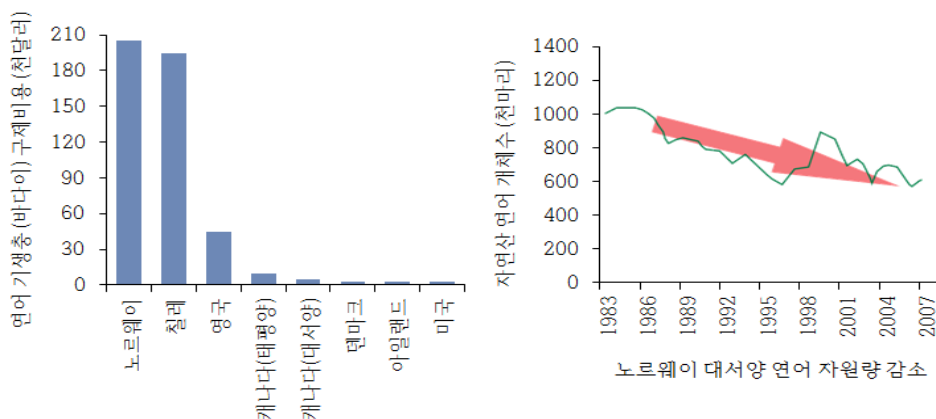


그림 1-30. 어류 기생충에 의해 발생하는 경제적 손실

마. 연구개발의 필요성

(1) 연구개발의 배경

- 해양생물의 집단폐사와 멸종을 유발하여 생태계를 파괴하는 요인으로는 생물학적 요인과 무생물학적 요인이 있음
- 무생물학적 요인 중 지구온난화, 독성물질 및 오염에 관련된 연구는 과거 20년 이상 연구가 축적되고 있고, 현재에도 활발한 연구가 수행되고 있음
- 그러나 해양바이러스, 박테리아, 균류 및 기생충에 의한 해양생물 사멸 및 이로 인한 생태계 파괴에 대한 연구는 거의 전무함
- 해양병원체란 해양생물에 대한 병의 원인이 되는 본체로 정의할 수 있으며, 바이러스, 박테리아, 곰팡이 및 기생충이 이에 속함(그림 1-31)
- 해양병원체의 문제점은 해양생태계에서 발견되고 있는 질병의 수와 확산이 빠른 속도로 증가하고 있고, 질병확산의 경로 및 이유가 거의 알려져 있지 않으며, 일부 질병들은 인간 활동에 의한 결과이거나 인류활동에 의해 더욱 악화된다는데 있음(그림 1-32)
- 게다가 해양환경에서의 질병관리가 육상에서보다 현저히 힘들. 예를 들어 육상생물에 대한 대규모 질병발생시 백신을 접종하고, 격리하고 심지어는 살처분까지 질병관리가

가능하지만 해양에서는 양식생물을 제외하고는 질병관리를 할 수 없기 때문에, 육상에서와 같은 관리가 해양생물을 대상으로는 사실상 불가능에 가까움(그림 1-33)

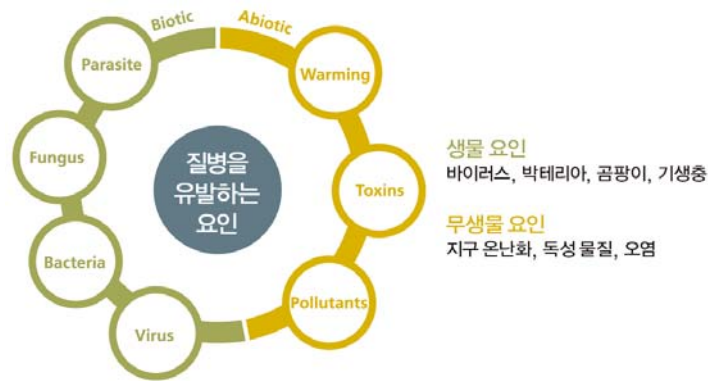


그림 1-31. 해양생물 질병유발 요인

❖ 해양 병원체 확산 속도



그림 1-32. 해양병원체 확산속도



그림 1-33. 질병관리 사례

- 최근에 해양생물 질병관련 보고가 급증하고 있어 질병유발 원인 규명 및 제어연구의 필요성이 증가하고 있고, 전지구적인 지구온난화 및 인간활동의 결과 해양생물 발병 및 민감도가 증가하고 있는 시점에 생물학적 병원체를 탐색하고 검출할 수 있는 체계적이고 종합적인 연구가 필요함

- 해양병원체 연구를 수행하기 위해서는 1)해양병원체의 분리 및 확보, 2)해양병원체 정밀진단기법 개발, 3)해양생물 및 병원체에 적합한 예찰기술의 개발, 4)사회-경제학적 분석 및 관리체계 구축, 5)해양생태계 관리를 위한 국가 정책안 제시 등의 연구를 수행하여야 함
- 본 과제에서는 ‘해양 병원체 목록 작성, 종합적 진단기법 및 예찰시스템 개발의 타당성 검토 및 세부 추진계획 수립’ 및 ‘해양 생태계 안전성 확보, 해양병원체 위해도 평가 및 국제검역 강화 관련 정책제안 계획 수립’을 위한 기획과제를 수행하고자 함

(2) 기술적 측면

- 이머징 해양병원체에 의한 해양생태계 변화 연구 부재
 - 본 연구에서 제시하고 있는 ‘이머징 해양병원체’의 정의에 의해 연구 및 검역 대상 병원체의 범위를 넓히고, 종합적인 접근에 의한 연구가 필요하며 그 결과는 향후 해양병원체의 체계적인 관리 계획 수립에 매우 중요함
 - 기존의 해양병원체 연구는 식량자원에 피해를 입히는 병원체와 공중보건을 위협하는 병원체만을 대상으로 연구와 분석을 수행하였기 때문에 연구 성과가 매우 제한적임. 예를 들어 양식생물에 대한 질병 연구는 비교적 활발하게 진행되었으나, (야생)해양생물의 질병 및 외부 유입에 관한 연구는 매우 미진한 실정임
 - 해양병원체의 다양한 오염원, 저장소, 피해대상을 고려했을 때 해양병원체를 종합적으로 탐색, 진단 및 예찰할 수 있는 연구가 필요함
 - 선박평형수, 외래종 수입 등과 같은 새로운 인간활동, 기후변화, 해류 등과 같은 자연환경의 변화 등에 의해서 새롭게 발생하는 이머징 해양병원체에 대한 목록화, 탐색 및 진단 등에 대한 연구가 필요하며 궁극적으로는 이머징 해양병원체의 예방 대책을 마련할 수 있는 정책이 필요함
 - 좀 더 넓은 범위의 해양 환경에서 해양병원체의 잠재적인 숙주 또는 reservoir로서의 숙주를 대상으로 해양병원체를 조사하고 해양생물 및 환경에 대한 영향을 분석하는 것은 고부가가치 해양생물과 인간의 질병 발생을 대비하는데 필수적이라고 할 수 있음
 - 최근 전 세계적으로 해양생물의 대량 폐사를 일으키는 것으로 알려진 다양한 미생물과 기생충의 경우 원래 비병원성 생물이었으나 타 지역으로 이동한 후 새로운 숙주를 감염시키면서 강한 병원성을 갖게 된 것(숙주전환, host shift)으로 소개됨(김 등, 2006). 국내의 경우, 이와 같은 새로운 해양병원체의 유입경로와 이들의 국내 정착 여부에 관한 연구는 미흡함

- 이머징 해양병원체 진단을 위한 표준화 및 고도화 연구 부재
 - 해양병원체는 종류가 다양하고 정의하기 어려워 표준화된 조사기법을 이용할 수 없는 상태이므로 과학적인 발생 현황 및 추세 자료를 확보하기 어려운 상황임. 하나의 종에만 집중하는 경우 다양한 병원체의 검출을 놓치는 문제점을 가지고 있음
 - 해양병원체의 종류에 따라 생태학적 특성에 차이가 있으나, 이를 종합적으로 진단할 수 있는 방법이 거의 없는 상태이므로 향후 예측 신뢰도를 높이기 위한 체계적인 자료의 확보를 위한 연구가 필요함
 - 해양병원체로 인한 피해 생물종의 수는 계속 증가하고 있으나, 해양병원체에 의한 large-scale의 해양생물 피해 조사 자료는 거의 전무하며, 조사 대상 지표종 및 조사 기법의 개발이 필요함. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 최첨단 기법을 활용한 해양 병원체 탐색 및 진단기술의 고도화가 필요함
 - 차세대 염기서열 분석법, 환경유전체학, 마이크로어레이법 등의 최첨단 연구 기법 및 real time PCR, LAMP PCR, multiplex PCR, 분류학적인 특성 연구 등의 고도화된 연구방법의 개발과 이용이 필요함
 - 차세대 염기서열 분석 및 고도화된 연구방법에 의한 결과를 비교 분석하여 새로운 indicator bacteria 후보군의 탐색이 필요함. 또한 새로운 패러다임의 해양병원체 연구방법 제시가 필요함
 - 기생충 동정은 형태학적 분류가 우선이지만, 성충이 아닌 유충의 경우 형태학적 분류만으로는 종 수준에서의 동정이 어려움. 해양기생충은 유충이 기생하여 문제가 되는 경우가 빈번한데 반해 유충을 동정하기 위해 형태학적 분류 이외의 분석방법이 부재함
 - 플랑크톤을 숙주로 하는 기생충은 대부분 크기가 작아(20 μm 이하) 일반적인 현미경적 방법으로 감염여부의 확인에 한계가 있어 보다 고감도의 검출 기술의 개발이 요구됨. 기생성 부유생물 유주자(dinospore)의 크기가 20 μm 이하이기 때문에 형태학적으로 이를 동정하기가 매우 어려우며 시료채집의 난점으로 전자현미경 관찰도 한계가 있음. 따라서 분자생물학적인 방법을 도입하여 이를 보다 표준화된 방법으로 종동정 할 수 있는 기술 개발이 절실함(예: LAMP PCR, DNA barcode 등)
 - 국내외 해산 무척추동물과 어류의 공생 및 기생성 요각류 연구는 주로 형태기반연구가 지속적으로 수행되고 있지만 형태적으로 종을 식별하기 어려운 일부 분류군들의 명확한 종 동정이 요구되고 있는 실정임. 국내 기생성 요각류 감염제어 기술에 관한 연구는 일부 오동정을 기반으로 수행되고 있어 이에 대한 명확하고 안정된 종 동정 기술 개발이 절실히 요구됨
 - 국외의 기생충 검출은 해산 담치(*Mytilus californianus*)에 기생하는 다양한 기생충 군집구조를 파악하기 위해 microgenomic profiling(Pfister et al., 2010), 복서대서양 해수에 분포하는 생물을 단세포 분리한 후 각 세포로부터 유전자를 분석하는 single cell & metagenomic analysis(Woyke et al., 2009)와 같은 분자생물학적 기술을 적용하여

다양한 기생충을 단시일내에 동정하고 있음. 이러한 검출 방법은 기존 병원체 군집연구에서 소요되는 기간을 단축시키고 대량의 기생충을 분석할 수 있는 기술로 국내에서도 도입 적용이 필요함

- 국내 유입가능한 해양병원체 목록화 및 관리대상 해양병원체 목록 제시 필요
 - 현재 국내외 해양병원체 연구는 각각의 병원체에 대한 단발적인 연구로 한 두 종 또는 분류군에 한정된 연구가 주로 행해지고 있음. 이머징 해양병원체를 탐색, 진단, 예찰하기 위해서는 기존의 연구 결과를 목록화하여 종합적으로 관리하여야 함
 - 이머징 병원체의 탐색 및 글로벌 맵 작성을 위해서는 해외에 보고된 전체 해양병원체의 문헌 고찰을 통하여 외래 또는 이머징 병원체를 목록에 삽입하여 해양병원체 목록을 완성하고, 이를 바탕으로 해양병원체 분포지도(글로벌 맵)의 작성이 필요함
 - 그러나 국내 보고된 해양병원체 탐색을 위한 목록 양식의 주 내용은 감수성 숙주, 발생 지역, 전파방법(매개체 존재 유무), 예방 방법, 국내 검역 대상 질병, 인수공통 여부 등임. 관련된 국내 연구 보고는 산발적이며 체계적인 연구 결과가 아니라 통합된 목록 작성에 애로사항 있음
 - 최근 개발된 차세대 염기서열 분석방법, 환경유전체학, 마이크로어레이법 등은 대량의 데이터를 제공하여 이를 이용하면 한 번에 수백-수천종의 세균 종을 확인할 수 있음. 해양병원체군 목록은 이러한 연구에 가장 기본적인 필수적인 참고 자료를 제공할 수 있음
 - 다양한 오염원, 저장소, 피해생물체에 따라서 다양한 병원성세균이 존재하며 종합적으로 이들을 조망하여 해양병원체의 거동에 대한 이해를 높일 수 있음
 - 해양병원체의 피해정도 및 위해도 등을 고려하여 해양병원체의 목록을 작성하는 경우 정책적 판단에 도움을 줄 수 있으며 최종적으로 해양생물 질병예방에 큰 도움을 줄 수 있음
 - 현재 국내에서 보고된 어류에 기생하는 해양기생충 목록은 ‘수산양식생물 질병도감’(2002년 발간)이 유일하며, 10여종의 해산양식어류에서 10여종의 해양 기생충을 수록하고 있음. 우리나라에 연안에 서식하는 해산어류는 약 250여종으로 추정되며, 이들에게 1종씩만 기생한다고 가정하면 최소 250종 이상의 기생충이 존재할 것으로 추정되므로 이에 관한 정보 확충이 시급함
 - 기생성 요각류의 경우, 이들 기생충은 전 세계적으로 1,000여종의 해산어류에 약 30과 (family)에 약 7,000여종이 기생하는 것으로 보고되었음(WoRMS, 2013). 국내에 자생하는 해산어류는 900여종으로 그 중 90여종의 숙주에서 150여종이 보고되어 전 세계 기록종 대비 2% 정도 수준임(그림 1-34)

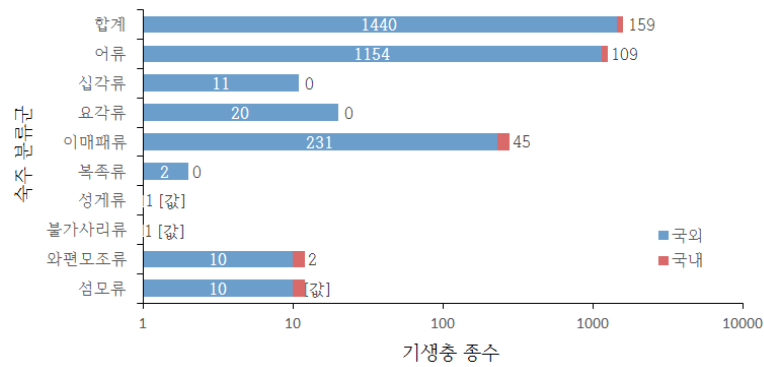


그림 1-34. 국내외 보고된 숙주분류군에 따른 기생충 종수 비교

○ 이머징 해양병원체 출현 패턴 분석 필요

- 향후 해양병원체에 의한 피해를 최소화하기 위해서 해역별, 계절별 국내 해역 해양병원체의 생태학적 분포 및 출현 패턴에 대한 분석과 해당 병원체의 유입 및 출현 예측 연구가 필요함
- 우리나라 연안으로 유입되는 해수, 야생 해양생물의 이동, 수입 수산물, 선박 평형수 등이 잠재적인 이머징 해양병원체의 원천이 되므로 이를 대상으로 한 연구가 필요하며, 결과적으로 이머징 해양병원체의 국내 유입 경로가 예측 가능함
- 향후 이머징 해양병원체에 의한 국내 해양생물 피해를 최소화하기 위해 사전 예방적 차원에서 해양병원체 발생지역을 중심으로 한 글로벌 맵을 작성하여 예방 대책 수립에 활용할 필요 있음
- 현재 국내에서 특정 해양병원체에 관하여 장기간에 걸쳐 추적조사를 한 경우는 부재함. 또한, 국내 해역에 출현하는 해산어류 감염생태학 연구는 매우 제한적이며, 각 해양생물군 마다 출현시기 및 서식환경이 매우 상이함으로 이에 관한 체계적인 연구가 필요함

○ 기후변화 및 인접국에서 유입 가능한 이머징 해양병원체에 의한 피해 분석

- 기후변화와 감염성 질병 발생 간에 유의적인 상관관계가 있으며(Altizer et al., 2013). 기후변화에 의한 한반도 주변 해역이 변화하고 있음
- 우리나라 연근해의 수온이 지속적으로 상승함[1983년부터 2008년까지 한반도 주변 해역의 표층(0-50 m) 수온은 연평균 0.733°C 상승]. 서해안에 난류성 어종인 살오징어, 멸치, 병어류, 고등어가 전체 어획량의 56.6% 차지함. 3월에 강원도 고성, 속초 지역에서 대표적인 난류성 오징어의 생산량이 급증함. 수온상승과 더불어 동·남·서해안의 삼치어획량이 증가함(이 등, 2008) (그림 1-35)

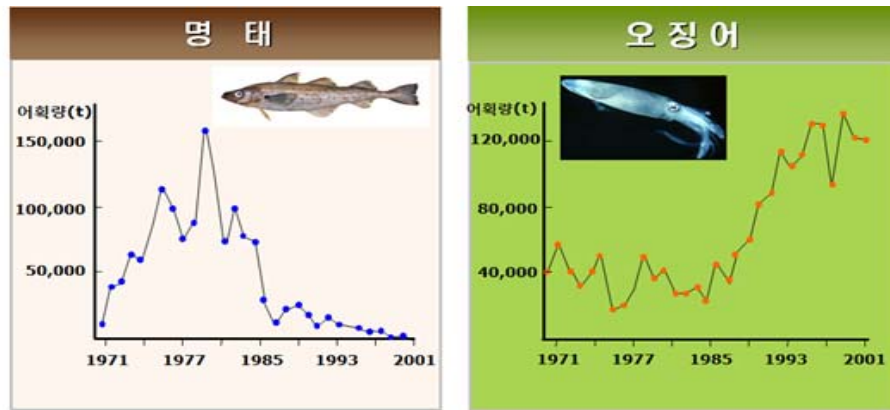


그림 1-35. 우리나라 연근해의 어획량 변화의 대표적인 어종 (1971-2001)

- 세계 곳곳에서 분포 어종이 변화하고 있음. 지중해 북서부 지역은 한류지대지만 최근 난류성 어종인 놀래기과 그루퍼(wrasse), 세네갈 서대 등이 발견됨. 기후 변화에 의한 해양병원세균 관련 영향이 증가하고 있음. 해양생물은 작은 수온 변화에도 영향을 받음 (성장, 생식력, 먹이 섭취 패턴, 분포도, 이동, 자원량 등) (그림 1-36)



그림 1-36. 기후변화에 의한 한국근해 해류 및 종조성의 변화

- 병원체의 다양성 변화와 감수성 숙주 범위가 증가할 가능성 높아짐. 많은 해양병원세균은 높은 수온에서 병원성이 강함(Harvell et al., 2002); *Vibrio shiloi*는 높은 온도에서 병원성 유전자 발현 증가(Rosenberg et al., 2002); *Flavobacterium columnare*는 높은 수온에서 해양생물에 좀 더 강하게 부착함(Decostere et al., 1999). 어류의 저항성을 저하시키고 기회성 병원체에 의한 질병 증가가 가속화될 것으로 예상됨(Alborali, 2006)
- 다양한 해양환경에서의 metagenomics 분석 결과, 부유생물 숙주 기생충은 빈영양수괴부터 표층, 심해까지 다양한 환경에 존재하는 것이 확인됨에 따라 충분히 국내 해역에 새로운 기생충이 유입될 가능성이 높음(Park et al., 2013). 특히 국내해역의 부유생물은 쿠로시오 난류와 선박평형수를 통해 외부로부터 유입되므로 새로운 기생성 부유생물의 국내 기착의 기회가 됨으로써 국내 해양생태계의 교란이 우려됨

- 해양기후변화에 따른 지속적인 아열대 무척추동물과 어류의 출현은 이들을 숙주로 하는 공생 및 기생성 요각류가 국내유입 가능성이 크기 때문에 이에 대한 집중 연구를 통한 종 탐색 기반 연구가 수반되어야 함. 국내에서 자생하는 해산 무척추동물과 어류 중 고유종과 비고유종(특히 외래종)을 구분하여 이들의 종 발굴 연구가 강구되어야 함
- 중국과 일본과는 각각 황해 및 동해를 마주보고 인접하고 있어 해당 해역의 서식 어종 구성이 매우 유사함. 따라서, 이들 국가에서 보고된 해양기생충은 국내 연안에도 유입되어 존재하고 있을 가능성이 높음. 최근에는 해산 활어의 수출입이 활발해지면서 수입산 활어와 함께 해양 기생충의 유입, 국내산 기생충의 host switching에 의한 수입산 활어의 폐사도 우려되고 있음

(3) 경제산업적 측면

- 해양병원체 발생 지점과 오염 원인자를 특정하기 어렵고, 그 피해가 다양하고 광범위한 영역에서 발생한다는 측면에서 다양한 경제적인 문제를 초래하고 있음
- 우리나라는 예로부터 해양수산 관련 산업이 번성하였으며 향후에도 이 분야의 발전을 위해서는 건강한 해양 생태계를 유지 및 보존하는 것이 무엇보다도 필요함
- 한반도 주변해역에서 AIB 기후변화 시나리오를 이용한 IPCC 기후 모델 결과에 따르면 향후 표층 수온상승 정도가 북위 40도 부근의 동해북부와 쿠로시오 연장선에서 가장 크게 나타날 것으로 예상됨. 이는 향후 쿠로시오 해류를 타고 외래 해양 생물의 이동이 더 활발해질 가능성이 있음을 시사함(KMI 해양수산 현안분석). 따라서 우리나라 연근해의 생태학적 변화를 피할 수 없으며, 해양 생물 자원의 분포도가 기존과는 매우 다른 양상을 나타낼 것으로 보임(그림 1-37)



그림 1-37. 기후변화에 따른 어획어종의 변화

- 최근 지구온난화 등 기후변화로 한국을 비롯한 여러 나라에서 새로운 양식 어류 질병 피해가 지속적으로 증가하는 추세이며, 제주지역 양식 넙치의 경우 연간 질병 피해액이 788억 원 이상으로 추산되고, 질병에 의한 폐사는 주로 어린 시기(종묘 및 치어)에 많이 일어나 입식종묘의 50% 이상 폐사하고 있는 실정으로 질병관리가 시급함(표 1-9)

표 1-9. 제주도 양식 넙치 피해 현황(제주도 해양수산연구원)

	2006	2010	2011	2012	2013
생산량(톤)	21,910	21,367	22,823	24,575	22,997
폐사량(톤)	3,601 (16%)	5,599 (26%)	5,760 (25%)	6,710 (27%)	6,928 (30%)
피해액(억원)	-	-	403	485	529

- 한국은 어업, 양식은 물론 해상 운송 등의 해상 활동 밀도가 매우 높은 것으로 평가되고 있으며, 해양병원체에 대한 대응 정책수립의 근거 마련을 위하여 수산 및 생태계 피해에 대한 경제적 비용을 과학적으로 산정할 필요가 있으나, 경제적 피해에 대한 평가는 전혀 이루어지지 못함
- 최근 우리나라 해안의 수온 상승 등에 의하여 연안 양식 어류에서 이리도바이러스로 인한 유행병이 빈번하게 발병하고 있고(Jung and Oh, 2000; Kim et al., 2000), 특히 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*)에 있어 매년 심각한 피해를 입히고 있음. 그러나 현재 완성도 높은 예방법 및 대책은 전무한 실정이므로 숙주와 병원체 모두에 대한 체계적이고 다각적인 연구가 필요하고, 이를 통한 해양병원체의 자동화 예찰시스템 개발이 필요함
- 해양병원체군의 일부는 경제적 부가가치가 높은 양식 수산생물에 피해를 입히고 있으므로 해당 병원체의 분포 및 출현 양상의 연구 결과와 이머징 병원체의 유입 방지대책은 향후 경제적 손실 최소화할 수 있음. 또한 해양박테리아 병원체는 양식 수산생물 외에도 산호류나 식품으로 이용하지 않는 다양한 저서 생물들과 조류(Egan et al., 2013)에 영향을 미칠 수 있으며 이는 해양 생태계를 교란시킬 수 있음
- 지구온난화에 따라 연안어종의 구성이 변화하고 있으며, 따라서 이들 새로운 어종에게 감염되어 있는 해양 기생충에 대한 조사 및 목록에 기반한 신생병원체의 출현 예측 및 문제 발생시 신속한 대처가 가능함. 양식산업이 발달하면서 새로운 양식 어종, 수입산 양식 활어가 연안 해역에서 사육되고 있으며 집약적인 양식방법은 해양기생충에 의한 대량 폐사가 발생하기에 매우 좋은 조건임. 따라서 대상 어종에 문제가 될 가능성이 있는 해양 기생충의 감염/도입을 사전에 예방 가능

(4) 사회문화적 측면

- 기후변화는 해양 생물의 질병에 대한 저항성을 약화시키고, 기회성 병원체에 의한 질병 증가를 가속화 시킬 것으로 예상됨(Alborali, 2006). 그러나 지구온난화와 해양 생물 질병 발생간의 상관관계에 관한 연구는 매우 제한적으로 진행되고 있으며, 기후변화로 인한 어획량이나 어종의 변화에 관한 연구가 주를 이루고 있음

- 국민 소득의 향상에 따른 해양 관광 및 수산물 수요 증가 등 사회문화적 변화는 쾌적하고 안전한 해양 환경에 대한 요구로 이어질 것이며, 해양병원체로 인한 해양 환경 및 건강 위험에 대한 관심과 정책적 수요 또한 증가할 것으로 예상됨. 해양병원체 대응 기술의 발전은 해양 문화의 창달에도 기여할 수 있을 것임
- 우리나라는 수산물이 중요한 식품으로 자리 잡고 있으며 특히 회 등 신선제품의 소비가 많은 것이 특징임. 따라서 병원체 감염으로 인한 상품성의 저하나 폐사량의 증가에 국민들이 민감하게 반응함으로써 수산업의 경쟁력 저하가 유발됨. 해양병원체가 인수공통 감염체일 경우 해양생물뿐만 아니라 인간의 건강에 부정적 영향을 미칠 수 있으며, 특정 지역의 유해 기생충의 출현은 해양레저스포츠의 감소와 관광지로서의 선호도 및 쾌적성을 감소시킬 수 있음
- 해양 생물의 병원성 바이러스에 의한 감염성 질병의 정확한 진단이 이루어지지 못함. 만약 기존에 발생하지 않았던 신종 질병이 발생한다면 빠른 시간 내에 정확한 원인 규명을 행하는 것은 어려운 실정임
- 해양박테리아 병원체에는 다수의 인수공통 병원체가 존재하며, 어류와 사람 모두에 질병을 일으킬 수 있는 병원체가 다수 포함됨(표 1-10). 해양포유류에서 발견되는 인체 해양병원체군: *Brucella*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Helicobacter*, *Mycobacterium* spp., *Rhodococcus* spp., and *Salmonella* spp.(Bernardelli et al., 1996; Harper et al., 2000; Tryland, 2000; Aschfalk & Muller, 2001; Aschfalk et al., 2002)

표 1-10. 인간에 해를 줄 수 있는 어병 세균의 예

세균 종명	감염 예	인체의 영향
<i>Edwardsiella tarda</i>	뱀장어, 틸라피아, 넙치	장염
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	방어	식중독
<i>Vibrio vulnificus</i> biotype 2	뱀장어	패혈증
<i>Mycobacterium marinum</i>	해수 열대어	피부 감염
<i>Streptococcus iniae</i>	해수어	피부 감염
<i>Aeromonas hydrophila</i>	담수어	식중독
<i>Aeromonas sobria</i>	담수어	식중독
<i>Vibrio cholera non-O1</i>	은어	식중독
<i>Clostridium botulinum</i>	무지개송어	식중독

- 해양기생충은 대부분 해양생물에 기생하므로 사람에게 병원성이 있는 종은 매우 희박함. 우리나라는 다양한 해산물을 날로 먹는 식습관이 있으므로, 해양기생충이 일반 소비자들의 눈에 띄어 불만의 대상이 될 수 있음
- 특히, 수입산 활어, 자연산 활어에서 일반인들에게 익숙하지 않은 형태의 해양기생충이 발견되면 문제가 될 수 있음. 따라서 소비자들에게 올바른 정보를 제공하고 불필요한 혐오감을 유발하지 않기 위해 다양한 해산어류의 해양기생충 동정 작업이 필요함

바. 현 기술의 취약성

(1) 해양바이러스 병원체 분야

- 해양 유래 외래 병원체(신종병원체)가 연근해로 침입된다면, 국내 해양 생물에 큰 피해를 줄 가능성이 매우 높을 뿐 아니라, 국내로 수입되는 수산생물의 검역에 많은 업무 부하를 초래하고, 국내 양식 수산생물의 방역에도 큰 어려움을 초래할 것으로 예상됨
- 따라서, 해양 생물 기반 식량의 안전 확보를 위해서라도 병원체를 신속하게 검출할 수 있는 진단법과 질병증상을 체계적으로 확진할 수 있도록 하는 여러가지 기반의 연구들을 통한 규명이 반드시 필요함
- 이전의 해양 바이러스 병원체 진단 연구에 있어 어류의 총체적인 생체반응에 대한 이해없이 단순 병리학적 분석 자료만 분석하였고 실제 어류에서의 감염작용과 기전해석이 불가능하였음
- 2007년 이후 Next Generation Sequencing (NGS) 기술의 발전과 더불어 염기서열 분석에 기반한 많은 연구가 비약적으로 발전하고 있으나 아직 해양바이러스에 대한 NGS 기반 연구는 시작단계라고 할 수 있음
- NGS 기반 분석을 통해 변화하는 해양 생태계의 변화에 따른 시기별 해양 바이러스의 분포를 파악할 수 있는 연구가 필요함
- 오믹스 기반 분석을 통해 신규 타깃 발굴과 정확한 작용점에 기반한 신개념의 질병진단 관리기술을 개발하여 감염성 질병의 위해도 평가기준을 제시하고 종합적인 진단기법을 제시하는 연구가 필요함

(2) 해양박테리아 병원체 분야

- 병원성 세균의 경우에는 분류학적으로 복잡한 변천과정을 거쳐 잘못된 종명을 사용하는 경우도 많이 존재하거나 표준 균주 등의 망실이나 오염 등이 문제되는 경우도 존재함. 또한 표준 균주에 대한 염기서열 정보와 유전체 정보의 정리가 필요함. 이러한 정보들을 정리하여 데이터베이스화하면 병원성 박테리아의 탐색과 진단에 체계적인 기준을 제공할 수 있음
- 해양병원세균의 탐색 및 진단은 선택배양 방법에 기반한 이용한 고전적인 분류방법이 일반적으로 사용되고 있음. 대장균, 대장균군, 비브리오, 분변계 연쇄구균 등 중요 병원체를 선택배양할 수 있는 배지를 이용하여 주요 세균을 검출하고 있음
- 선택배양 방법을 이용할 경우 살아 있는 병원세균을 검출할 수 있고, 또한 살아있는 검체를 확보할 수 있어 추가적인 유전체 분석 및 생리적 특성 분석에 활용할 수 있음
- 최근에는 선택배양 방법을 이용하지 않고 해수 및 해양생물에서 직접 추출한 DNA를 이용한 분자생물학적 기술이 널리 쓰이고 있음

- 분자생물학적 방법의 경우 활용 가능한 진단법은 conventional PCR, multiplex PCR, DNA chip, LAMP (Loop-mediated isothermal amplification) 등이 있음
- 한 종류의 유전자뿐만 아니라 전체 유전자를 모두 분석하는 방법의 경우에는 병원성 유전자를 이용하여 병원성에 대한 정보와 직접적인 병원성 인자를 찾을 수 있는 장점을 가지고 있음. 예를 들어 the virulence factor database의 경우에는 26 속, 121 종의 병원성 세균에서 459개의 병원성 유전자를 데이터베이스화하여 그 서열들을 제공하고 있으며 메타게놈 분석에 사용할 수 있음

(3) 해양기생충 병원체 분야

- 형태적 특징에 의한 진단(동정) 기법의 취약점
 - 비성숙 개체, 파손된 표본, 형태변이, 작은 크기, 모식표본의 부재, 근연종(sibling species)에 해당하는 경우, 형태적 특징만으로는 정밀한 종식별이 불가능함
 - 일부 선충의 유충은 형태학적 분류의 기준이 될 만한 특징이 매우 적어 광학현미경 관찰만으로는 종 수준에서의 진단(동정)이 매우 어려운 경우가 많음
- 분자생물학적/면역학적 진단(동정) 기법의 취약점
 - 표적생물의 온전한 시료 또는 사전에 확보된 양질의 기준 데이터(유전자 염기서열 또는 단백질 등) 없이는 적용 불가능함
 - 널리 사용되는 종식별 유전자 마커라 할지라도 특정 기생충 분류군에서는 정밀한 종식별에 부적합한 경우가 발생할 수 있어, 기준 데이터와 같은 대조군을 활용하여 정밀한 사전 평가를 필요로 함
 - 오동정된 기준 표본 및 오염된 표본에서 추출된 유전자 염기서열 또는 단백질 등은 이를 기준으로 분석된 진단 결과에 위음성(false negative) 또는 위양성(false positive) 결과를 초래할 수 있음. 또한, 전세계적으로 활용되는 GenBank의 데이터베이스는 상당수의 오동정된 생물의 유전정보를 내포하고 있기 때문에 신뢰할 수 있는 기준 데이터의 확보가 필수적임
 - NGS와 같은 메타바코딩을 통해 방대한 생물의 유전정보를 확보할 수 있지만 비교 대상인 GenBank와 같은 기준 데이터베이스에 등록된 종수는 지구상의 생물다양성에 비해 현저히 적기 때문에 종수준의 종동정은 상당수가 불가능함

(4) 해양병원체 종합정보시스템 구축

- 해양병원체 관리 및 예찰에 관한 정보시스템은 전세계적으로 전무한 상태임. 다만, 국내육상 동·식물 병원체에 대한 관리시스템은 구축되어 운영 중에 있음. 대표적인 사례로, 국내에서는 국립보건연구원의 ‘국가병원체자원은행’, 농촌진흥청의 ‘국가농작물 병충해 관리시스템’이 있으며, 국외에서는 미국, 캐나다에서 West Nile Virus 감시 및 의사결정지원 시스템을, 이탈리아에서는 Avian Influenza 감염 위험도 평가 체계를 구축하여 운영하고 있음
- 국내사례
 - 국립보건연구원의 ‘국가병원체자원은행’은 병원체 자원정보의 전반적인 정보서비스 업무를 지원하는 정보검색 및 통계기반의 통합 포털지원센터의 기능과 역할을 수행하며, 병원체 기탁업무를 종합적으로 관리하고 수집·배포하는 유통 통합형 플랫폼임 (질병관리본부, 2011) (그림 1-38)
 - 농촌진흥청의 ‘국가농작물 병해충관리시스템’은 국내에서 발견된 모든 병해충 정보를 수집하여 병해충, 곤충, 해충, 잡초, 천적곤충 등 5가지 분류로 세분화하여 제공함. 과수, 채소, 화훼, 특용작물, 잡초 등 주요 농작물의 병해충 진단을 위한 기초정보를 제공하고 전국에서 발생한 병해충 정보를 수집하여 병해충발생정보지를 서비스하고 있음 (그림 1-39). 또한, 병해충의 발생예측 위험수준 정보를 제공하는 의사결정 지원 기능으로 전국에서 수집된 병해충 정보를 이용하여 웹GIS 형태의 병해충 예측지도 서비스도 수행함 (국가농작물병해충 관리시스템)

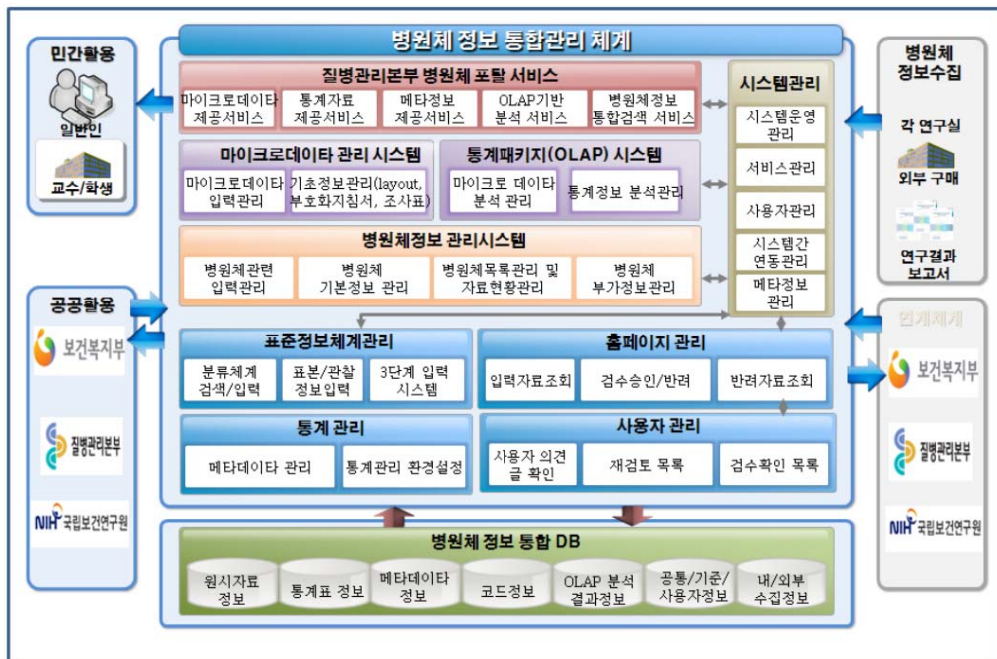


그림 1-38. 병원체자원정보 목표시스템 구성도, 국립보건연구원

1. 연구개발과제의 개요



그림 1-39. 국가농작물 병충해관리시스템, 농촌진흥청

○ 국외사례

- 미국: 모기뿐만 아니라 조류나 가축 등을 통해서도 감염되는 *West Nile Virus* (WNV)를 실시간으로 감시하고 지역별 감염위험도를 예측할 수 있는 연구가 미 보건국을 중심으로 활발히 진행되어 왔음. 캘리포니아주에서는 WNV의 인체감염 여부를 구역별로 표기한 감염위험 등급분석 결과를 활용하여 바이러스 대처 및 예방에 사용함(그림 1-40)

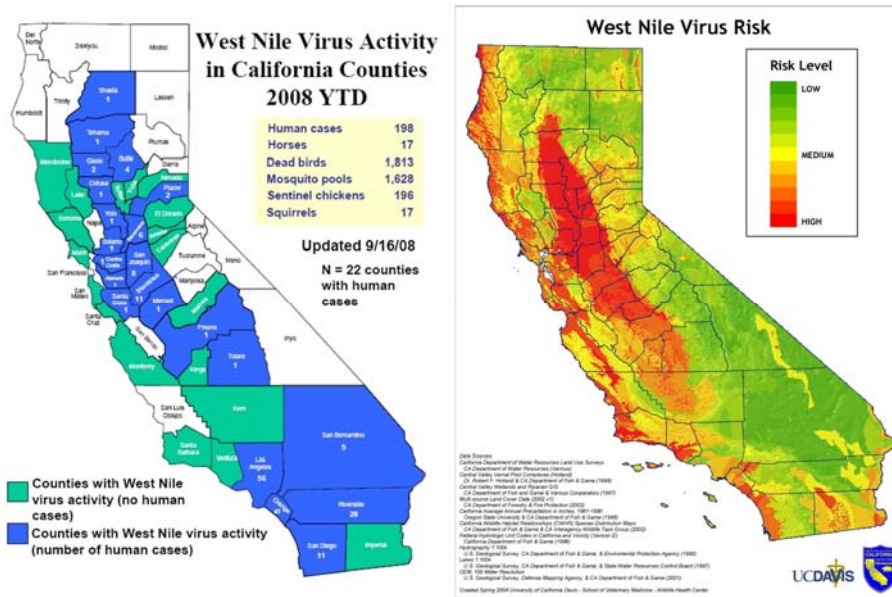


그림 1-40. 미국 캘리포니아주 West Nile Virus 주제도 활용 사례

- 캐나다: 캐나다 보건국에서는 조류에 의한 WNV 감염을 감시하기 위해 폐사한 조류에 대한 정보와 GIS 정보를 통합하여 감염정보를 실시간 검색할 수 있는 온라인 정보시스템을 개발함(Shuai et. al, 2006) (그림 1-41)

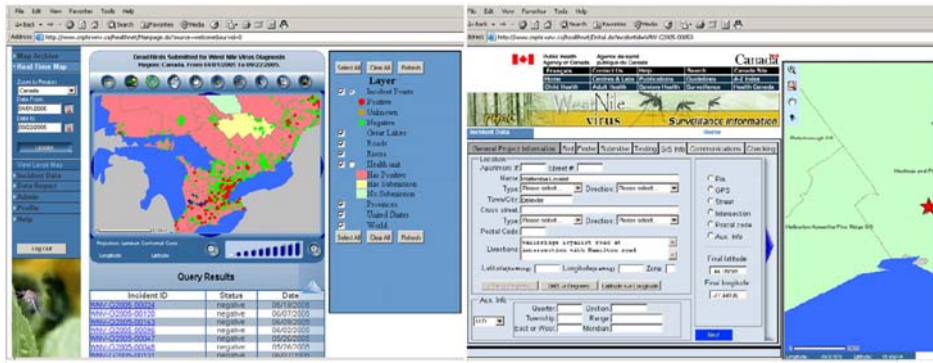


그림 1-41. 캐나다 West Nile Virus 감염 조류 통합감시시스템 화면

- 이탈리아: 이탈리아 Romania지역에 대한 조류인플루엔자 바이러스(avian influenza)를 감시하기 위한 목적으로 공간보간, 군집진단(cluster detection), 공간위험요소 식별 (identification of spatial risk factors) 등을 위해 공간정보기술을 활용함. 감염 가금류의 조사위치간 거리를 설정하여 속성간 가중의 정도를 고려하는 공간자기상관값을 활용하였음(그림 1-42). 조류인플루엔자 바이러스에 의해 집단 폐사한 가금류 개체수를 공간분산분석을 통해 감염위험도를 평가하는데 활용하였음(Ward, 2007)

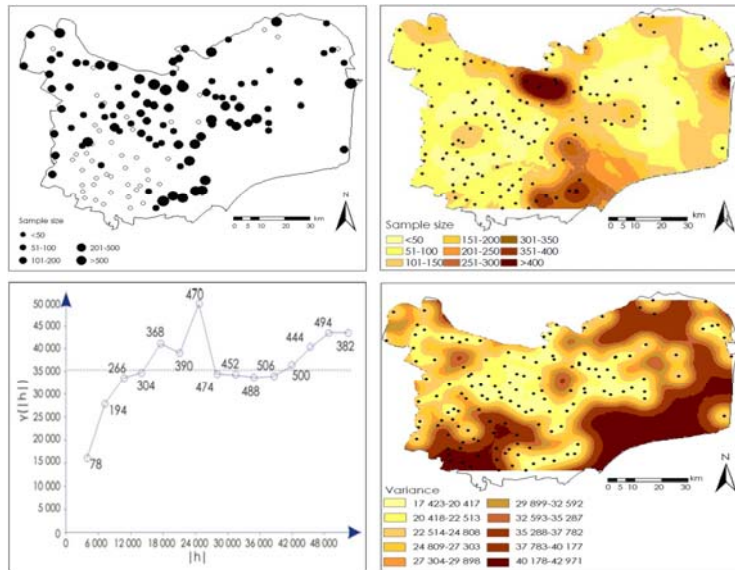


그림 1-42. GIS 기반 avian influenza 예찰 분석 지도 사례

사. 연구개발의 방향

○ 연구개발 기본 방향

- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 연구과제는 해양병원체(바이러스, 박테리아 및 기생충) 종목록 구축(정성분석), 분포맵 제작(정량분석) 및 고감도 탐색(기술성과) 등을 수행하여, 현재 국내해역에 서식하고 있는 해양병원체의 현황을 파악하고, 미래 국내해역으로의

해양병원체 유입 3대 압력원으로 파악된 수산물 수입, 기후변화 및 선박이송 등을 대상으로 해양병원체 유입, 난류기인종 연안정착 및 선박기인종 국내유입을 연구하여 이머징 해양병원체에 대한 미래대응을 기본 연구방향으로 설정하였음(그림 1-43)

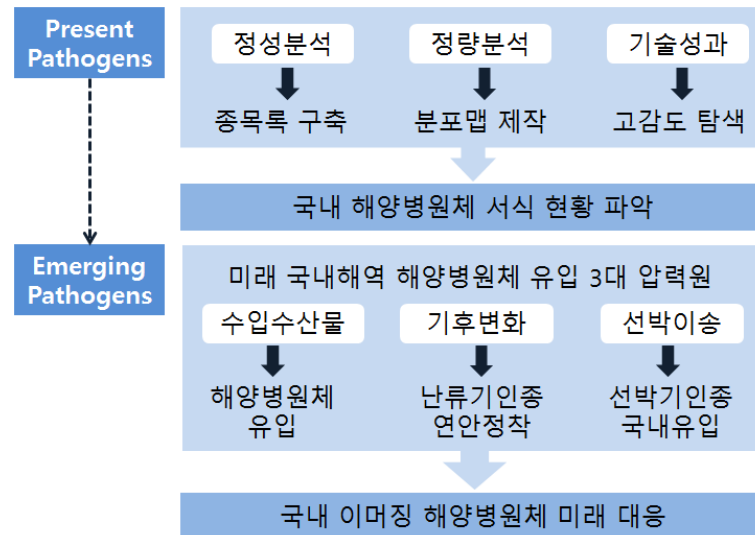


그림 1-43. 연구 기본방향 모식도

- 국내 및 인근 외해역의 해양병원체 종목록 DB 구축
 - 문헌 조사를 통해 국내 해역에서 분리·보고된 해양병원체에 대한 데이터 확보
 - 확보된 DB의 재검증 및 위해도평가를 통해 연구대상 해양병원체 종목록 제시
 - 특히 병원체의 종명과 종명의 변천과정, 분류학적인 특성, 표준 균주의 확인, 숙주의 범위, 병원체의 발견 위치, 진단방법, 피해정도, 전파방법, 대처방안, 위해도 등을 조사하여 궁극적으로는 해양병원체에 대한 정책적 판단을 도울 수 있는 방안까지 제공할 수 있도록 함

표 1-11. 해양 바이러스성 병원체 목록

바이러스명	숙주	발생(발견)지역		진단/검출 방법	방제/예방 방법	국내검역/ OIE 지정 질병 여부	인수 공통	참고문헌
		한국	외해역					
유행성조혈기괴사증 바이러스 (EHNV)	redfin, perch, 무지개 송어	X	○	ELISA, PCR, REA	없음	국내검역, OIE지정	X	Whittington et al, 2010
전염성연어빈혈증바 이러스 (ISAV)	대서양연어	X	○	IFAT, RT-PCR, qPCR	없음	국내검역, OIE지정	X	Rimstad et al., 2011
전복허피스바이러스 감염증바이러스 (AbHV)	전복	X	○	PCR, qPCR, ISH	없음	국내검역, OIE지정	X	Tan et al., 2008
전염성피하 및조혈기괴사증바이 러스 (IHHNV)	새우	X	○	PCR, qPCR	없음	국내검역, OIE지정	X	Bonami et al., 1990
전염성근괴사증 바이러스 (IMNV)	새우	X	○	ELISA, ISH, PCR, qPCR	없음	국내검역, OIE지정	X	Lightner et al, 2004
흰꼬리병바이러스 (MrNV, XSV)	새우	X	○	PCR	없음	국내검역, OIE지정	X	Qian et al., 2003
잉어봄바이러스 (SVCV)	잉어	X	○	Cell culture, RT-PCR	없음	국내검역, OIE지정	X	Wolf, 1988
바이러스성출혈성 패혈증 바이러스 (VHSV)	무지개송어, 넙치, 광어	○	○	Cell culture, qPCR	없음	국내검역, OIE지정	X	Wolf, 1988
잉어허피스바이러스 (KHV)	코이잉어, 잉어	○	○	ELISA, PCR	없음	국내검역, OIE지정	X	Hedrick et al., 2000
참돔이리도바이러스 (RSIV)	감성돔, 흑도미, 방어, 참치, 그루퍼, 농어 등	○	○	IFAT, PCR	없음	국내검역, OIE지정	X	Inouye et al., 1992
Taura syndrome virus (TSV)	새우	○	○	PCR, qPCR	없음	OIE지정	X	Bonami et al., 1990
White spot syndrome virus (WSSV)	새우	○	○	PCR, LAMP	없음	OIE지정	X	Stentiford et al. 2009

표 1-12. 국내 대표적 해양박테리아 병원체 목록

세균 종명	숙주	발생(발견) 지역		전파방법 (매개체/매개방법)	진단/검출 방법	방제/예방 방법	국내검역/OIE 지정 질병 여부	인수통용	참고문헌
		한국	외해역						
<i>Bizionia echini</i>	성게	X	러시아	없음	PCR	없음	X	X	Nedashkovskaya et al., 2010
<i>Flavobacterium psychrophilum</i>	연어, 송어	O	전 세계	없음	PCR	항생제, 백신	X	X	Welker et al., 2007; Barnes et al., 2011
<i>Lactobacillus garvieae</i>	방어, 송어	O	일본, 유럽, 호주	양식	PCR-RAPD	없음	X	X	Ravelo et al., 2003
<i>Mycobacterium triplex</i>	어류	X	이탈리아, 북아일랜드	없음	PCR	없음	X	O	McMullan et al., 2003; Piersimoni et al., 2004; Novotny et al., 2004
<i>Polaribacter porphyrae</i>	홍조류	X	일본	없음	PCR	없음	X	X	Fukui et al., 2012
<i>Renibacterium salmoninarum</i>	어류	X	전 세계	없음	PCR	항생제, 백신	X	X	Alison et al., 2006
<i>Sunxiuqinia elliptica</i>	해삼	X	중국	없음	PCR	없음	X	X	Qu et al., 2012
<i>Vibrio alginolyticus</i>	남새기, 홍농기, 접바리, 청돔, 도라다, 새우류, 산호	X	홍콩, 이스라엘, 스페인	없음	PCR, 생화학테스트, MALDI-TOF	없음	X	O	Howard and Bennett, 1993
<i>Vibrio anguillarum</i>	어류	O	전 세계	없음	PCR	없음	X	X	O'Tolle et al., 1996
<i>Vibrio campbellii</i>	새우류	X	인도	없음	PCR	없음	X	X	Defoirdt et al., 2006
<i>Vibrio coralliilyticus</i>	산호류	X	전 세계	없음	Real-Time PCR	없음	X	X	Ben-Haim et al., 2003
<i>Vibrio harveyi</i>	넙치, 농어류, 전갱이, 상어류	O	미국, 유럽, 일본, 대만	없음	PCR	없음	X	O	Won and Park, 2008
<i>Vibrio ichthyenteri</i>	넙치(자어)	O	일본, 미국	없음	PCR	없음	X	X	Moon and Heo, 2005
<i>Vibrio owensii</i>	산호, 닭새우	X	미국, 호주	없음	알려지지않음	없음	X	X	Goulden et al., 2012
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	새우류	O	전 세계	없음	PCR	없음	X	O	Bej et al., 1999
<i>Vibrio vulnificus</i>	뱀장어류	X	유럽, 미국	없음	PCR	없음	X	O	Panicker et al., 2005
<i>Xenohaliotis californiensis</i>	전복류	X	북미, 유럽, 아시아	대변-경구 경로	PCR, In-situ hybridisation	없음	O	X	Friedman et al., 2000
<i>Yersinia ruckeri</i>	어류	X	호주, 유럽, 북미, 남미	없음	PCR	없음	X	X	Argenton et al., 1996

표 1-13. 국내 대표적 해양기생충 병원체 목록

세균 종명	숙주	발생(발견) 지역		전파방법 (매개체/매개방법)	진단/검출 방법	방제/예방 방법	국내검역/OIE 지정 질병 여부	인수공통	참고문헌
		한국	외해역						
<i>Anisakis pegreffii</i>	각종 해산어류	0	지중해, 동중국해	경구	현미경 관찰, PCR	없음	비지정	X	Mattiucci & Nascetti (2008)
<i>Kudoa septempunctata</i>	넙치	X	일본	알려지지 않음	현미경 관찰, PCR	없음	비지정	X	Matsukane et al. (2010)
<i>Caligus fugu</i>	복섬	0	일본	부유생활 후 후기유생(cop epodite) 때 숙주 표피 부착	숙주 표피 조사	포르말린 약욕	비지정	X	서 등, 2010
<i>Alella macrotrachelus</i>	감성돔	0	일본 지중해	부유생활 후 후기유생(cop epodite) 때 숙주 아가미 부착	숙주 아가미 조사	담수 저삼투암	비지정	X	민 등, 2006
<i>Perkissns olseni</i>	바지락	0	중국, 일본	해수	RFTM/PCR	없음	OIE 지정	X	OIE
<i>Marteilioides chungmuensis</i>	참굴, 바지락	0	일본	해수	조직학/PCR	없음	비지정	X	Ynin, et al., 2013
<i>Amoebophrya</i> spp.	와편모조류, 섬모충류	0	일본, 유럽, 호주, 아메리카	부유생활 중 숙주 표피에 부착 후 내부 감염	형광현미경 검정, FISH, 프로타골 염색 및 18S 유전자 분석	없음	비지정	X	Park et al. (2013), OIE
<i>Euduboscquella</i> spp.	와편모조류, 섬모충류	0	일본, 유럽, 호주, 아메리카	알려지지 않음	형광현미경 검정, 프로타골 염색 및 18S 유전자 분석	없음	비지정	X	Coats et al. (2012), Coats & Bachvaroff (2013), OIE

○ 해양병원체 리스트 작성

- 위해도 평가를 통한 연구대상 병원체 대상 선정

- 해양병원체 목록작성은 병원체의 숙주, 발생지역(원산지), 발생연도, 피해범위, 전파방법, 진단 및 검출법, 방제(예방)방법, 국내검역 및 OIE 지정 질병여부 및 인수공통 병원성 등에 대해서 관련 해외문헌 고찰 등을 통해 데이터베이스화함.
- 신종 병원체 탐색 및 결과에 따라 '해양병원체 리스트'에 병원체를 추가 작성한 후 목록작성에 의한 위해도 평가를 실시함. 해양병원체 탐색 과정에서 해양에서 주로 발견되는 병원체에 대한 정보가 축적이 되면 해양생태계에서 발견 빈도가 높고 그 위해도가 큰 병원체에 대해서 정밀 진단, 예찰 방법이 개발되어야 함

- 위해도 평가표 작성

- 위해도 평가표는 종명, 숙주, 분포지역(국내, 국외), 감염시기/부위, 진단/검출방법, 구제방법, 외래종 유무, 예찰방법, 감염강도에 대한 내용이 포함되어야 하며, 위해도 평가표 작성을 위해서는 해당 숙주의 감염률(prevalence)과 감염 강도(intensity)에 대한 기준이 제시되어야 함

표 1-14. 해양 전염성 병원체의 위험평가 서식(안)

구분	기준	평가		
		0	3	5
유입 가능성	1. 최근 10년간 국내에서의 발생 여부	있음	없음	-
	2. 최근 10년간 수입검역 실적 상위 10개 국가에서의 발생 여부	있음	없음	-
정착 가능성	1. 전염성 질병의 무증상 전염 가능성	낮음	보통	높음
	2. 전염성 질병의 확산 특성	국부적	전반적	-
	3. 전염성 질병의 확산 속도	느림	보통	빠름
	4. 전염성 질병 감염 시 잠복 기간	단기	보통	장기
	5. 전염성 질병 감염 시 폐사율	낮음	보통	높음
정착 후 확산 가능성	1. 해양 및 육상생물에 대한 숙주 범위	낮음	보통	넓음
	2. 숙주의 국내 존재 여부	없음	있음	-
	3. 중간 매개체의 국내 존재 여부	없음	있음	-
	4. 숙주 체내 혹은 체외(수생 환경)에서의 생존 기간	단기	보통	장기
	5. 해양환경으로의 노출 가능성	낮음	보통	높음
	6. 수계환경에서의 증식 및 감염 적합성	부적합	적합	-
	7. 감염 예방 및 감염 시 치료를 위한 방법 구축 여부	있음	없음	-
	8. 감염의 판단 가능 여부 및 이를 위한 검사법의 용이성	편리함	보통	판단 불가능
	9. 방역 및 질병 발생 시 조치의 필요성	불필요	필요	-
경제적 중요성	1. 감염으로 인한 자연산 및 양식 생물의 생산량 감소 정도 및 품질 변화	낮음	보통	높음
	2. 감염이 수생태계에 미치는 영향의 심각성	낮음	보통	높음
	3. 질병 방제(관리)와 박멸을 위한 소요 비용 및 생물 생산을 위한 비용 증가 정도	낮음	보통	높음
	4. 질병 발생에 따른 수출 시장 제한 및 국내 시장 위축 정도	낮음	보통	높음
종합평가	낮음 / 중간 / 높음	총 점		

○ 해양병원체 샘플링

- 병원체 탐색은 기본적으로 특정 수역을 대상으로 정기적인 해양병원체를 탐색하며, 계절별, 수온별, 염분 농도별, 지역별, 연도별 등에 따른 병원체의 분포현황을 파악하고, 특히 해역 인접 지역의 인구밀도, 수산양식장 및 가축 농장의 밀도 등의 중요인자를 고려하여 병원체 탐색을 위한 샘플링 지역과 시료 채취방법을 결정함(그림 1-44)

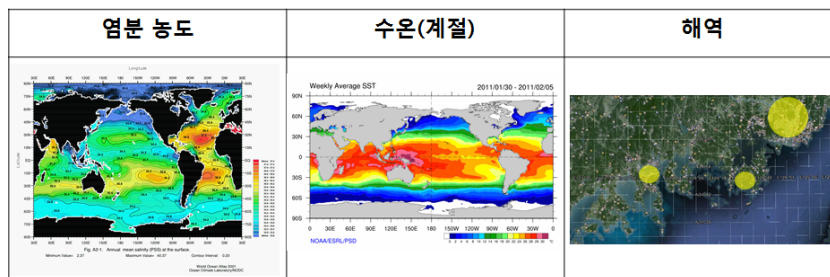


그림 1-44. 병원체 샘플링에 있어 고려할 중요 인자

- 선박평형수의 경우는 지리적으로 또는 환경적으로 다른 지역의 해양병원체를 해류의 이동이나 계절 변화와 상관없이 해양병원체를 전파시키는 중요한 매개체이기 때문에 체계적인 모니터링이 수행되어야 함.
- 양식생물에게 해양병원체를 전염시킬 수 있는 잠재적인 해양병원체 reservoir인 야생 어패류 및 연체동물류 등의 경우에도 주요한 모니터링 대상임. 뿐만 아니라 여과 섭식 동물은 해수중의 미생물을 체내에 축적하는 경향이 있어 해양미생물의 탐색에 용이한 주요 시료 채취 대상임
- 병원체 탐색 결과와 환경 인자와의 상관관계 분석을 통하여 향후 예찰 기술 개발을 위한 기초 자료를 확보함. 계절별, 수온별, 염분농도별, 지역별, 연도별 해양병원체의 분포 현황 및 정량 분석을 수행하고 질병발생 관련 정보와 연계하여 해양병원체를 진단 및 예찰할 수 있는 기반 기술을 제공함.
- 해양기생충은 다양한 오염원에 따라 종별 출현특성을 나타냄(표 1-15). 따라서 국내연안 기생충의 경우 모니터링 수행 시 연안오염의 지리적 특성을 고려해야 함

표 1-15 수환경 오염에 대한 기생충의 다양한 반응(Sures, 2004)

Parasite group	Host	Pollution/contamination	Effect on parasites
Component community	<i>Perca fluviatilis</i> (Perch)	Acidification	Reduced parasite diversity
<i>Gyrodactylus</i> sp.	<i>Hippoglossoides platessoides</i> (American plaice)	Contaminated sediments	Higher abundance
<i>Trichodine</i> sp.	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	Contaminated sediments	Decrease
Intestinal digeneans	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	Contaminated sediments	No effect
Trichodinid ciliates	<i>Platichthys flesus</i>	Eutrophication	Increase in prevalence and density
Trichodinid ciliates	<i>Platichthys flesus</i>	Eutrophication, general marine pollution	Increase in abundance and intensity
Component community	<i>Rutilus rutilus</i> (roach) and <i>Perca fluviatilis</i>	Eutrophication	Increase in parasite richness
Parasite community of snails	<i>Physella columbiana</i> (rotund physa) and <i>Lymnaea palustris</i> (marsh snail)	Heavy metals	Lower diversity and intensity
Acanthocephalans	<i>Tautoglabrus adspersus</i> (cunner)	Municipal and industrial effluents	Increase in prevalence and intensity
Trichodinid ciliates	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (three-spined stickleback)	organic pollution	Increase in density
Component community	<i>Leuciscus cephalus</i> (chub)	Organic pollution	Decrease in species richness
Component community	<i>Sigmodon hispidus</i> (cotton rat)	Petrochemicals	Decrease in number of helminth species
Dactylogyrids	<i>Rutilus rutilus</i>	Pulp and paper mill effluents	Reduced abundance and mean number of species
<i>Rhipidocotyle fennica</i> (Digenea)	<i>Rutilus rutilus</i>	Pulp and paper mill effluents	Higher abundance and intensity

- 국내해역은 해양온난화에 따른 환경 변화로 아열대 해양생물의 서식이 증가하고 있음. 따라서 난류를 따라 새롭게 유입되는 아열대성 숙주생물에 기생하는 해양 병원체의 모니터링을 쿠로시오유입 수역과 동중국해의 외해역을 중심으로 수행함(그림 1-45).



그림 1-45. 아열대 연안수의 유입에 의한 외래기생충 유입경로 예측

- 기생충 시료의 채집은 숙주를 기반으로 유영어류, 저서동물 및 플랑크톤의 분류군에 특화된 채집방법을 사용함.
- 수출입 물동량이 늘어나면서 선박평형수 및 선박기인 외래생물을 통해 새로운 해양병원체의 유입 가능성이 매우 높지만, 해양병원체 유입 관련 연구가 국내에서는 수행된 바 없음. 향후 선박평형수는 물론 선체에 부착되어 이동하는 부착생물 숙주에 감염된 해양병원체 탐색도 이머징 해양병원체 시료 확보를 위해 수행함.

○ 해양병원체 탐색 기술 개발

- 현미경 검경이 불가능한 대상, 종식별 형질이 소실된 표본, 비성숙 개체, 희소종 및 미소종 등을 포함한 해당 해역의 생물에 대한 포괄적 스크리닝(메타 바코딩)을 통해 종목록 확보
- 위해도 평가에 의한 해양병원체 목록과 분자생물학적 기법을 이용하여 분석한 해양병원체의 다양성을 비교함으로써 지역별, 계절별 그리고 숙주생물에 따라 수백종의 다양한 해양병원체를 동시에 모니터링 할 수 있음.
- 동일한 계통학적인 위치를 가진 병원체도 병원성 유전자의 유무에 따라서 병원성을 가지지 못하는 경우가 있어, 16S rRNA 유전자 분석과 함께 병원성 유전자의 분석 및 메타게놈 분석을 병행하여 병원체를 동정하거나, 기존에 알려지지 않은 새로운 병원체를 탐색 할 수 있음(그림 1-46)

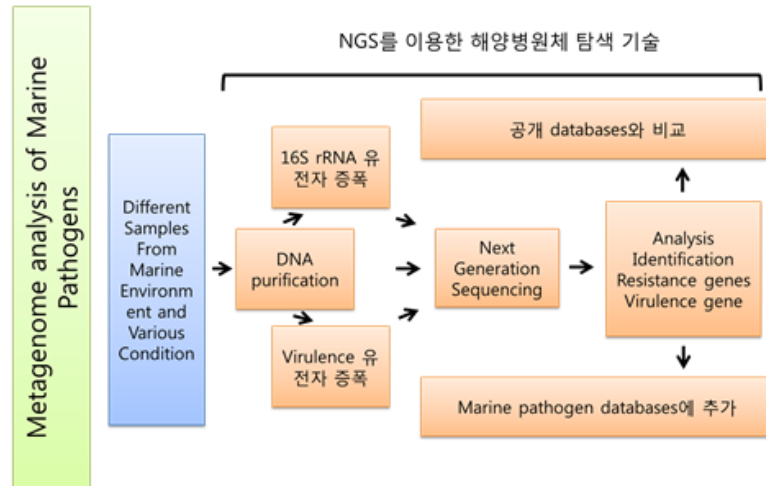


그림 1-46. NGS를 이용한 해양병원체 탐색 기술 모식도

○ 해양병원체 검출 기술 개발

- 고전적 방법과 분자생물학적 방법 및 NGS 기술 기반에 의한 방법을 종합하여 사용함.
- Conventional PCR 기법, LAMP 기법 및 다양한 Real-time PCR 방법을 활용한 최적의 탐색 및 진단기술을 개발하고, 이들 진단기술에 대한 민감도(sensitivity) 및 특이성 (specificity) 현장 적용시험을 수행함(그림 1-47)

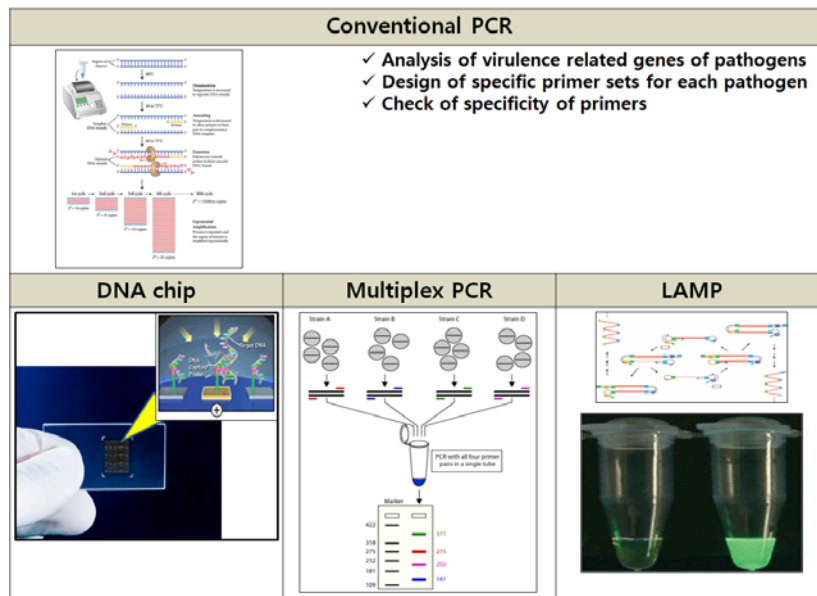


그림 1-47. 현재 육상병원체 검출 및 진단에 사용되는 검사법

- 해양박테리아의 경우 고전적 방법은 일반 선택 배양용 배지를 활용하여 모니터링을 실시하며, 중요(위험) 해양병원체의 특성 분석 및 표준균주의 확보 후, 병원체의 염기서열 분석을 실시함(그림 1-48)

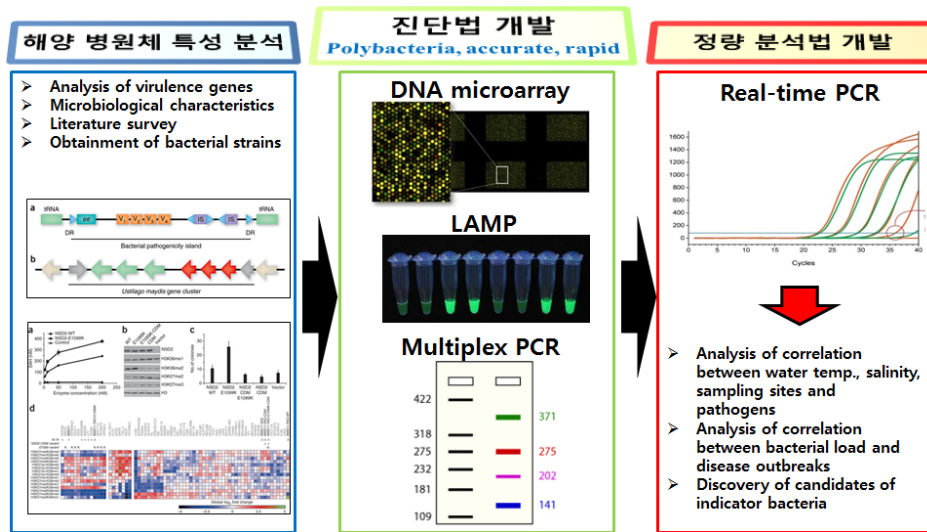


그림 1-48. 해양병원체 진단기술 개발

- 해양기생충 정밀 진단 기술 개발은 신속하고 정확한 종 판별과 감염증상에 대한 선 진단이 필요하기 때문에 이를 위해서 정확한 종 동정을 기반으로 해양기생충을 신속하고 명확하게 판별하고 진단할 수 있는 핵 또는 미토콘드리아 내 유전자마커(genetic marker) 기술 개발이 필요함.
- 해양병원체 예찰 시스템 개발 및 대응센터 설립
 - 해양병원체 목록 작성시 국내와 국외의 해양병원체를 구분하여 유입 가능한 국외 해양 병원체의 국내 유입을 미리 대비할 수 있도록 함.
 - 이를 위해서는 선제적으로 탐색과정에서 국외 해양병원체의 탐색이 가능한 연구방법의 개발이 필요하며, 이 기술을 토대로 국외 해양병원체군의 동향에 대해서 지속적인 모니터링이 필요함
 - 해양기생충의 경우 LED를 활용한 해양기생충의 현장 적용형 모니터링 포집기구가 개발되어 활용된 사례가 보고됨(Flamarique et al., 2009).
 - 해양기생충 종 리스트와 감염 시기와 함께 숙주의 생리.생태학 정보를 활용한 친환경 고효율(LED 활용)의 예찰 시스템 개발이 필요함
 - 해양병원체 대응 센터에서 구동가능한 예찰 매뉴얼 개발이 필요함. 궁극적으로 해양병원체의 발생에 대비하기 위한 예찰 시스템을 구축하고 장기적으로는 해양병원체 대응센터를 설립하여 해양병원체에 의한 질병을 체계적으로 관리할 수 있는 정책 제안 제시가 필요함

제 2 장 연구개발 동향 및 환경분석

- 국내외 정책동향 분석
- 국내외 법제도 분석
- 연구동향 분석
- 기술동향 분석
- 해양병원체 관련 시장조사

제 2 장 연구개발 동향 및 환경분석

제 1 절 국내·외 정책동향 분석

- 해양병원체는 기후변화, 환경 및 생활의 변화, 국제화 등으로 인한 내외부적 원인에 의해 국내해역으로 유입가능성이 큼
- 국제사회는 해양병원체에 대하여 해양생태계 안정성 확보를 위한 위해요소 대응적 측면과 생명공학 기술 발달에 따른 유용자원 측면에서 접근하고 있음
- 해양병원체는 법제도적으로는 세계적인 자원의 주권화 추세와 연계, CBD와 나고야의정서 등을 근거로 각국의 생물자원(병원체 포함) 확보를 강화하는 추세에 있음

1. 해양생태계 안전성 확보를 위한 해양병원체 연구

- 해양환경의 취약성은 인간활동으로 인한 오염과 훼손, 기후변화, 외래종 유입 등에 기인하는 바 큼
 - 해양환경은 복잡성과 광역성, 종합성, 유동성, 다양성 등의 특징과 연관되어 있으며, 해양병원체 연구는 월경성, 시간적 비구속성, 누적성 등에 의해 해양생태계 안전성 확보에 영향을 미침
- 해양에는 약 1×10^{30} 개, 바닷물 1 mL에는 1000만 개체 수에 이르는 바이러스가 존재하는 것으로 알려져 있지만, 현재까지 이에 대한 연구는 매우 제한적임.
 - 해양 바이러스는 해양 미생물과 해조류의 발생을 조절하고, 미생물 먹이망, 영양소 순환, 이산화탄소 순환, 그리고 미생물 다양성에 있어서 중요한 역할을 담당하며 해양 생물간 유전자 전달 매개체로서도 중요한 역할을 함
 - 다만, 해양 바이러스는 동시에 한 지역에서 다른 지역으로 급속히 퍼질 수 있으며, 수인성 전염병을 일으킬 수 있고, 해양생물의 서식지를 파괴할 수도 있음
 - 우리나라에서도 바이러스성 출혈성 패혈증(VHS)으로 인한 넙치 양식 산업이 피해를 입고 있음. 김, 다시마를 비롯한 미역등 해조류 양식에도 해양 바이러스가 피해를 주고 있으며, 기후 변화로 인한 피해의 증가가 예상됨
- 우리나라는 에너지 뿐 아니라 경제생산의 대부분이 해외 해운을 통해 이루어지고 있다는 점에서, 해양병원체의 유입이 국제성과 광역성, 비규칙성 등을 통해 형성될 가능성이 있음
 - 또한, 전세계 기후변화는 한반도 식생과 주변해역의 생물자원 성장에 직접적인 영향을 준다는 점에서 새로운 병원체의 발생과 유입은 보다 확대될 것으로 평가됨

- 이는 한반도 주변수역의 해양병원체 현황, 새롭게 출몰하는 바이러스와 박테리아 등의 전염성 해양병원체에 대한 사전예방, 검출, 차단, 치료 등의 효과적 제어시스템 구축이 단기적으로는 해양자원의 보전과 병원성 감염 예방, 장기적으로는 국민의 안전과 건강한 삶의 유지를 위해 필수적 대항요소로 추진되어야 하는 시급성이 제기되고 있음
- 병원체의 위협성이 생물화학 무기 등 국가적 테러 사태 대응을 위한 안보적 측면에서 제기될 수 있으며, 이는 해양병원체에 대한 연구와 예방이 경제법적, 환경적, 인권적, 생물무기 사용에 관한 생물테러, 재난적 측면에서의 접근 등 다양한 영역으로 확대될 수 있다는 점에서 국가 차원의 현황 정보 구축과 선제적 대응, 해양 영향 요소별 연구를 추진할 필요가 있음

2. 생물다양성협약과 나고야 의정서, 생명체 자원에 대한 국가통제 강화

- 국제사회는 '00년 제5차 CBD 당사국 총회를 통해 유전자원의 접근 및 공평한 이익공유 (ABS) 이행을 위한 작업을 시작, '02년에는 ABS에 대한 국제적 지침서인 Bonn Guideline을 채택하였고, 생물 유전자원에 대한 ABS 논의 10년차인 제10차 CBD 당사국 총회('10년)에서 “유전자원의 접근 및 이용으로부터 발생하는 이익의 공정하고 형평한 공유에 관한 나고야 의정서”를 채택하였음
 - 나고야 의정서는 50번째 비준서가 기탁 되고 90일이 되는 날부터 발효되는 바, 2014년 발효될 것으로 예상됨
 - 현재 29개국이 비준하였고, 92개국이 서명하였음(2014. 2. 24 현재)
- 나고야 의정서는 CBD가 표명하고 있는 세 가지 목표인 유전자원에 대한 적절한 접근, 생물다양성 보전과 지속가능한 이용, 유전자원 이용이익의 공정한 공유 중, “공정한 이익 공유”를 목표로 한 보충 의정서로서 국제적 구속력을 가짐
- 나고야 의정서의 극적인 채택(2010, 10월)에도 불구하고 유전자원의 이익 공유를 둘러싼 세부적 내용에 대하여는 여전히 이용국(주요 선진국)과 제공국(주요 개도국)간의 의견이 달라 향후 국가간 협의체 간의 협상을 통해 결정토록 함
- 나고야 의정서의 채택에도 불구하고, 자원 이용국과 제공국간 이익에 직접적 영향을 줄 수 있는 쟁점에 대한 논의는 국제적 틀에서 지속 논의될 필요가 있으나, 양그룹간 합의가 도출되기가 쉽지 않다는 점에서 자원 제공국의 국내법적 태도와 정책이 사실상의 기준으로 작용할 것으로 사료되며, 이는 자원 확보가 향후 생명자원산업 육성의 중요한 과제로 등장할 가능성이 농후함
 - 상술한 나고야의정서 상의 ABS 관련 조항은 생물자원의 확보를 둘러싼 쟁점이 미해결 상태에 있으며, 국제적 합의가 도출되지 않는 한 자원제공국가의 국가정책 및 입법방향에 따라 자원접근과 이익공유의 틀이 사실상의 기준으로 유지될 수 있음
- 자원제공국 입장에서는 유전자원으로부터의 최대 이익에 우선순위를 둘 것이라는 점, 그리고 그 이익은 국제적 수준에서 국가 및 지역적 이익을 고려하며 정책방향이 설정될 것으로 판단됨

- 상술한 나고야 의정서는 병원체 자원을 의정서의 대상 범위에 포함하고 있는 바, 각국은 고유 생물자원의 국가자산화를 통해 국가경쟁력 확보에 주력할 것으로 판단되며, ‘자원빈국’인 우리나라는 자원이용국 입장에서 적극적 확보정책을 병행할 필요가 있음

* 인도네시아 정부의 조류인플루엔자 바이러스 제공 거부 사례

- 병원성 미생물 유전자원과 관련하여 대표적인 ABS 사례로서, 세계에서 강독성 조류인플루엔자 (H5N1형)에 의한 최다 사망자를 야기한 인도네시아 정부는 백신제조에 필요한 인체감염 조류 독감 바이러스의 국외 반출을 금지하는 법을 제정, 2007년 WHO(세계보건기구, World Health Organization)에 바이러스 제공을 거부하였음
- 인도네시아 정부의 조치는 선진국은 백신개발로 수익을 창출하는 동시에 자국 국민에 대한 백신접종으로 조류독감 예방을 충분히 하는 반면, 인도네시아 국민은 자국의 바이러스로 완성된 백신을 선진국으로부터 고가에 구입해야 하는 문제점을 들어, 반출금지 조치를 취한 것임

3. 해양병원체, 해양생물자원의 보전과 산업적 활용력의 근간

- 병원체는 인간 또는 동물·식물로의 감염성 질환을 일으키는 생물체로서 여기에는 세균, 진균, 바이러스 등을 포함함
- 단, 이들 병원체는 유해성과 함께 생물자원 확보 측면에서 중요한 가치를 가지며, 활용 및 보전 자원으로서 향후 높은 부가가치를 갖는 유용자원화 가능성이 있음
 - 병원체는 질병을 야기할 수 있다는 측면에서는 위험성을 동반하고 있으나, 자원으로서의 높은 잠재적 가치를 함께 보유하고 있어 극단적 양면성을 가짐
 - 최근 신종플루, 조류인플루엔자, 사스 등 각종 신종, 변종 감염병의 발생과 국제화에 따른 확산 속도의 제고로 감염병에 대한 국제사회의 긴장 역시 높아지고 있음. 이때, 병원체는 이들 감염에 신속하게 대응하고 예방, 치료할 수 있는 출발점이라는 점에서 중요하며, 이는 유해성과 활용성을 동시에 확보하고 있다는 의미이기도 함
 - 국제사회 역시 병원체 등에 대한 양면성을 반영하여, 생물무기금지협약, 생물다양성협약에 따른 카르타헤나 의정서, 나고야의정서 등의 국제규약을 제정, 예방과 대응적 측면을 고려하고 있음
- 특히, 우리나라는 자원빈국으로서 현재의 해양생물 및 병원체, 외래유입 병원체, 기후변화에 따른 새로운 병원체 등에 대한 체계적 정보구축과 자원 확보, 관리정책을 통해 해양자원의 보전과 질병예방, 활용가치로서의 자원화 가능성에 매진할 필요가 있음
 - 국가적으로는 육상중심의 병원체 외에, 해양에서의 해양병원체의 이용 및 활용가치에 대비, 병원체 자원의 다양성을 확보하고, 신변종과 고위험, 및 난배양 병원체 등의 자원 현황을 파악함과 동시에, 고품질의 병원체 자원화를 위한 진단과 예찰시스템을 지역적, 세계적 범위로 확대 추진할 필요가 있음

- 경제적 측면에서 병원체의 가치는 보건의료산업에서 구체화 될 것으로 보여지며, 진단과 예방, 치료제 개발을 위한 병원체 선점은 현재의 해양자원의 보전 작업과 함께 추구해야 할 중요 사안임
- 현존하는 의약품 상당수는 천연물질, 생약제재, 미생물을 포함하는 유전자원으로부터 유래한다고 보여짐. 즉, 나고야 의정서 발효이후 보건산업은 향후 현재보다 높은 추가비용 부담이 예상되며, 우리나라는 해외 생물자원에 대한 높은 의존도에도 불구하고 이에 대한 대응방향은 저조한 실정임
- 현재, 우리나라가 인도네시아와 중국, 일본 등에 지급하는 생물자원 이용 로열티 규모는 약 1조 5천억원으로 추정되며, 국내 종균 시장의 60%를 차지하는 일본에는 매년 약 1200만 달러를 지급중임(출처: 환경경영신문, 2011. 2. 16)
- 병원체와 직결되는 백신산업의 경우, 전체 의약품 시장 점유율 1% 내외로 미미한 수준이나, 국내시장이 2000년 이후 매년 12%의 성장세를 보인다는 점에서 2012년 약 4800억 정도의 시장 규모로 예측하고 있음. 단, 국내 백신개발 능력 및 자급률 향상은 산업화를 위한 전제로 요구되고 있음
- 결국, 한반도를 중심으로 해양병원체의 진단 및 예찰 시스템은 현재의 위협요소와 자원 가치요소, 기후변화에 따른 잠재적 위협요소와 자원가치요소, 미래 영향요소와 자원개발 요소를 사전에 대응, 준비함으로써 유해성과 유용성을 함께 고려한 접근 정책을 수립할 시급성이 있음(표 2-1)

표 2-1. 해양 병원체의 가치평가 변화와 대응방향

구분	병원체 가치	대응방향
대응요소	자원 및 생태계 보전	유해성 병원체의 해양생태계, 해양자원 영향 등 현재의 이용자원 보전적 측면에서 병원체 진단 및 대응
활용요소	병원체의 자원화	병원체의 보존과 유용자원 이용, 개발

제 2 절 국내외 법제도 분석

1. 병원체에 관한 국제법적 규범

- ‘감염병’ 혹은 ‘전염병’을 어떤 특정 병원체 혹은 독성물질 때문에 일어나는 질병으로 병원체 혹은 독성물질에 감염된 것으로 정의할 때, 이는 엄밀하게 ‘병원체’의 정의와 일치되지는 않음
 - 단, 전염병에 대한 국제사회의 노력은 국제보건법이라는 영역에서 다양한 법원(法源)을 형성하고 있는 바, 여기에는 조약, 국제관습법, 법의 일반원칙 및 법칙결정의 보조수단으로서의 사법판결, 학설 등을 포함함
 - 국제사회는 질병의 확산원인이 되는 환경의 변화를 ‘생활용수의 오염’과 같은 지역적 변화에서부터 지구대기의 오염과 같은 전지구적 변화까지 다양하게 일어난다는 것을 고려하면, 해양질병은 선박평형수, 기후변화, 해양오염 등의 다양한 요소에서 기인하는 것으로 판단됨
- 국제사회는 1980년대 이후 과거 고전적 국제보건상의 공중보건 문제만을 다루던 데서 벗어나, 공중보건에 직접적 영향을 주는 다양한 환경문제에 관한 국제규범을 형성
 - 이러한 조약에는 국경을 넘는 환경오염으로 인한 전염성 질병의 위협 이외에도 폐기물, 공해, 핵물질 등으로 인한 환경오염과 그 독소에 의한 비전염성 질병도 규정함으로써 오직 3개의 특정 전염병을 규정한 IHR 1969 (International Health Regulations:IHR) (2005년 전면개정)의 한계를 극복함
 - 특히, 환경관련 국제협약은 20세기 중반을 들어서면서 폭발적 증가를 보이는데, 이중 구속력이 있는 다자간 환경협약은 200개가 넘는 것으로 판단되고, 이중 전염병과 상대적 밀접성을 보이는 협약은 표 2-2와 같음
 - 담수오염과 달리 해양오염을 규제하는 다수의 조약은 채택되어 발효된 상태임. 다만, 해양오염 중 특히 전염병 위협에 가장 큰 원인이 되는 육상기인오염은 육지가 국가의 주권적 성격이 강한 영역이라는 점에서 국제법 규제측면에서 제한 요소가 큼. 이에, 육상기인 오염은 일반협약 보다는 지역적 협정으로 존재하는 경우가 다수
 - 다만, 1982년 채택된 UN해양법협약이 육상기인 오염에 대하여 국가들의 방지, 경감 및 통제 의무를 부여하고 있다는 것은 큰 의미가 있음
- 기후변화 문제는 전염병의 재등장과 신종 전염병 출현에 직접적인 영향을 주는 바, 특히 수면온도의 상승과 수위의 하락은 콜레라와 같은 수인성 전염병 발생 확률을 높이고 있음

- 수인성 전염병은 “병원성 미생물이 오염된 물에 의해서 전달되는 질병으로 사람이 병원성 미생물에 오염된 물을 섭취하여 발병하는 감염병”을 말함
- 국제사회는 기후변화 문제가 야기하는 영향에 주목, 기후변화에 관한 정부간 패널을 중심으로 기후변화와 오존층 파괴가 야기하는 전염병 통제가 인류의 큰 과제로 대두될 것임을 직시, 관련 시책마련에 주력하고 있음(표 2-2)

표 2-2. 전염병과 연관성이 있는 다자간 국제협약

보호대상	내용	관련 협약
대기	국경간 대기오염	1979년 국경을 넘는 장거리 대기오염에 관한 협약
오존층·기후	온실가스, 오존층 파괴물질의 배출규제, 대기환경·오존층 보호	1985년 오존층보호를 위한 비엔나협약 1992년 기후변화에 관한 UN 기본협약
해양	해양오염방지, 해양생태계 보존	1985년 선박과 항공기로부터 투기에 의한 해양오염 방지협약 1972년 폐기물 및 기타 물질의 투기에 의한 해양 오염방지 협약 1982년 해양법에 관한 UN협약
생태계	생물다양성 보존, 동식물 유전자원의 보존과 지속가능한 이용, 유전자변형 생물체의 안전성, 산림보호, 사막화 방지 등	1973년 멸종위기에 처한 야생 동·식물의 국제거래에 관한 협약 1992년 생물다양성협약 1994년 UN 사막화 방지협약 2000년 바이오안정성에 관한 생물다양성협약 카르타헤나 의정서 2010년 나고야 의정서
유해물질	유해화학물질의 배출저감 및 국가간 이동규제, 유해물질·폐기물의 안전한 취급·처리	1989년 유해폐기물의 국가간 이동 및 그 처리의 통제에 관한 바젤협약 2001년 잔류성 유기오염물질에 관한 스톡홀름협약
핵안전	핵물질의 안전한 관리, 핵사고의 예방과 협력, 핵사고 등 긴급사태시 대응 등	1986년 핵사고의 조기통보에 관한 협약 1986년 핵사고 또는 방사능 긴급사태시 지원에 관한 협약 1994년 핵안전에 관한 협약

- 국제사회의 환경적 측면에서의 노력에도 불구하고, 국제환경법이 갖는 “죄수의 딜레마” 혹은 “무임승차”와 같이 규범 준수를 어렵게 하는 한계는 여전히 있음. 이는 향후 환경조약의 국제규범에 대한 국제사회의 이행이 결국 전염병 대응능력을 높이는데 도움이 될 것으로 판단됨
- 전염병 혹은 병원체와 관련하여, 국제사회의 또 다른 통제 영역은 “생물무기 사용에 대한 규제와 생물테러”영역으로 판단됨. 생물무기는 ‘세균, 바이러스, 미생물과 이것에서 유래하는 감염물질의 증식’에 의해 병을 유발하는 성질을 가짐
- 생물무기에 대한 최초의 국제적 규제는 질식성·독성 또는 기타 가스 및 세균학적 전쟁수단의 전시사용 금지에 관한 의정서(1925년 제네바의정서)임. 이 의정서는 “세균학적 전쟁수단의 사용에까지 확장할 것에 합의”한다고 규정하고 있으며, UN총회는 결의를 통해

이것이 “모든 생물무기에 적용”된다고 해석하고 있음

- 이후, 국제사회는 1971년 세균무기(생물무기) 및 독소무기의 개발·생산 및 비축의 금지와 그 폐기에 관한 협약을 채택, 생물무기 사용의 가능성을 제거하였음. 단, 이 조약들은 이행체계가 없다는 점에서 생물무기를 제약하는 데는 여전히 한계가 있다는 평가임
- 결국, 국제사회에서 병원체에 대한 접근은 위해적 요소, 그리고 최근 나고야의정서 등을 통해 포괄 규정된 자원적 측면에서 접근되고 있으며, 그 실천적 내용은 각국의 국내법과 정책을 통해 실현되도록 하고 있음
- 이는, 국제사회가 “질병”에 대한 대응요소로서 ‘병원체’를 연구하는 문제와 “자원”적 부가가치 개념으로서의 ‘병원체’를 접근하는 것은 국내적 측면에서의 문제와 동일하게 해석되고 있음을 의미함

2. 국내법과 정책

가. 병원체 관련 현행법제

- 현행 국내법에서 ‘병원체’를 정의하고 있는 규정은 보이지 않으나, CBD 및 ABS에 관한 나고야 의정서의 국내법적 이행 법령을 통해 ‘병원체’의 범위를 규범적으로 포함하고 있다고 평가됨
- 다수의 법령에서 ‘병원체’에 대한 직접적 언급은 있으나, 이에 대한 일반화된 정의 규정은 보이지 않으며, 다만 《감염병의 예방 및 관리에 관한 법률》이 ‘고위험병원체’에 특정한 정의 규정을 두고 있는데 제한적임
- 《수산생물질병관리법》은 해양생물질병의 정의를 “병원체 감염이나 그 밖의 원인에 의하여 수산생물에 이상이 초래된 상태”로 정의하고, 있으나, 이 역시 ‘병원체’에 대한 정의와 별도의 접근 방식을 취하고 있지는 않음
- 법제도적 측면에서, 우리나라는 나고야의정서에 대응하기 위한 범 부처차원의 이행계획을 2011년 수립, 발표한 바 있으며, 해당 이행계획에는 생물주권 확보, 생물자원 관련 산업 지원 및 나고야 의정서 관련 법제 정비 등을 주요 과제로 설정하고 있음
- 현행 법령 중 국가병원체자원은행의 설치와 관련성은 가지는 법령은 《생명연구자원의 확보·관리 및 활용에 관한 법률》, 《감염병의 예방 및 관리에 관한 법률》, 《생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률》, 《유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률》, 《생명윤리 및 안전에 관한 법률》, 《국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정》을 들 수 있으며, 해양생명자원과 관련된 법령으로는 《해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률》, 《농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률》이 있으나, 해양병원체의 자원 은행을 규정하는 데는 미치지 않고, 다만 기탁과 분양 등의 사항을 규정하는데 제한적임

- 우리나라는 2009년 “생명연구자원의 효율적인 확보와 체계적인 관리를 통하여 지속가능한 활용을 도모하고 생명공학의 발전 기반을 조성함으로써 국민의 삶의 질 향상과 국가경제 발전에 기여하는 것”을 목적으로 제정한 《생명연구자원의 확보·관리 및 활용에 관한 법률》이 생명연구자원에 대한 전반적 정의를 “생명공학연구의 기반이 되는 자원으로 산업적으로 유용한 동물, 식물, 미생물, 인체유래 연구자원 등 생물체의 실물(實物)과 정보를 말한다.”로 규정하고 있음. 동시에 해양수산부 장관에게 “7. 해양수산부장관: 해양·수산 분야 생명연구자원의 확보·관리 및 활용체제를 조성하고 이를 지원하기 위한 시책”을 수립하도록 요구하고 있는 바, 각 부처는 이에 근거 시책을 수립할 의무가 있음(표 2-3)

표 2-3. 각 부처별 해양생명자원 및 병원체 관련 규정

부처	관련법	내용
미래창조과학부	생명연구자원의 확보·관리 및 활용에 관한 법률	제8조(생명연구자원 기탁등록보존기관의 지정 등) 제10조(책임기관 및 생명연구자원정보센터의 지정 등)
해양수산부	해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률	제1조(목적) 제2조(정의) 제3장 해양생명자원 책임기관의 지정·운영 등
해양수산부	수산생물질병관리법	제1조(목적) 제2조(정의) 제3조(수산생물질병관리대책) 제10조(병성감정 등) 제3장 수출입 수산생물의 검역
농림축산식품부 해양수산부	농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률	제1조(목적) 제2조(정의) 제3장 농수산생명자원의 책임기관 및 관리기관의 지정·운영 등
보건복지부	감염병의 예방 및 관리에 관한 법률	제1조(목적) 제2조(정의) : 19. "고위험병원체" 제5장 고위험병원체
환경부	생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률	제1조(목적) 제2조(정의) 제9조(생물다양성 조사 등) 제10조(국가 생물종 목록의 구축) 제11조(생물자원의 국외반출) 제12조(생물자원의 국외반출 승인취소 등) 제17조(국가생물다양성센터의 운영 등)
산업통상자원부	유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률	제1조(목적) 제2조(정의) 제32조(바이오안전성정보센터)
보건복지부	생명윤리 및 안전에 관한 법률	제1조(목적) 제2조(정의) 제2절 인체유래물은행
미래창조과학부	국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정	제9조(협약의 체결) 제10조(협약의 변경) 제11조(협약의 해약)

- 《생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률》은 “생물다양성의 종합적·체계적인 보전과 생물 자원의 지속가능한 이용을 도모하고, 생물다양성협약의 이행에 관한 사항을 정함으로써 국민생활을 향상시키고 국제협력을 증진함”을 목적으로 함. 이때, “생물다양성”이란 육상 생태계 및 수생생태계와 이들의 복합생태계를 포함하는 모든 원천에서 발생한 생물체의 다양성을 말하며, 종내(種內)·종간(種間) 및 생태계의 다양성을 포함하며(제2항 1호), “생물자원”이란 사람을 위하여 가치가 있거나 실제적 또는 잠재적 용도가 있는 유전자원, 생물체, 생물체의 부분, 개체군 또는 생물의 구성요소를 말함
- 《해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률》은 제1조를 통해 “해양생명자원을 종합적이고 체계적으로 확보·관리 및 이용하기 위하여 필요한 사항을 규정함으로써 해양 생명자원의 효율적이고 지속가능한 이용을 도모하고 해양생명자원에 대한 주권을 강화하며 해양생명공학의 경쟁력을 확보하여 국민경제의 발전에 기여함”을 목적으로 한다고 규정하고, “해양생명자원”의 정의를 “생명공학연구 또는 산업을 위하여 실제적이거나 잠재적인 가치가 있는 자원으로 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말함(표 2-4)

표 2-4. 해양 생명공학 및 해양 생명유전자원의 정의

용어	정의
해양생명유전자원	유전의 기능적 단위를 포함하는 해양동식물 및 해양미생물과 그 밖의 기원(起源)물질로서 실제적이거나 잠재적인 가치를 지닌 유전물질
해양생명공학	해양생명자원을 이용하여 산업적으로 유용한 생산물을 만들거나 생산 공정을 개선할 목적으로 생물학적 시스템, 생체유전체 또는 그들로부터 유래되는 물질을 연구·활용하는 학문과 기술

- 다만, 「농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률」 제2조제1호 및 제2호의 농수산 생명자원 및 농수산생물자원은 제외”한다고 규정
- 《감염병의 예방 및 관리에 관한 법률》은 ‘고위험병원체’란 ‘생물테러의 목적으로 이용되거나 사고 등에 의하여 외부에 유출될 경우 국민 건강에 심각한 위험을 초래할 수 있는 감염병 병원체로서 보건복지부령으로 정하는 것을 말한다’로 규정하고, 동법 시행규칙은 고위험 병원체로 2개 분야(세균 및 진균, 바이러스 및 프리온) 35개를 규정하고 있음(표 2-5)
- 《선박평형수관리법》은 ‘선박평형수(船舶平衡水)’란 ‘선박의 중심을 잡기 위하여 선박에 실려 있는 물(그 물에 녹아 있는 물질 또는 그 물속에 서식하는 수중생물체·병원균을 포함한다)을 말한다.’고 정의하고 있으나, 그 목적이 “선박평형수 및 그 침전물을 효과적으로 처리·교환·주입·배출하도록 관리함으로써 유해수중생물의 국내 유입을 통제하고 해양생태계의 보존에 이바지하는 것”에 있으며, 그 목적이 전반적인 병원체 관리가 아닌 ‘선박평형수’의 유관리에 있다는 점에서 직접적 연계성 보다는 전체 해양병원체의 외래적 유입 관리 측면에서 접근할 필요가 있음

표 2-5. 고위험병원체의 종류(제5조 관련)

1. 세균 및 진균	
가. 페스트균(<i>Yersinia pestis</i>)	아. 클라미디아 프시타키(<i>Chlamydia psittaci</i>)
나. 탄저균(<i>Bacillus anthracis</i>)	자. 큐열균(<i>Coxiella burnetii</i>)
다. 브루셀라균(<i>Brucella melitensis, Brucella suis</i>)	차. 야두균(<i>Francisella tularensis</i>)
라. 비저균(<i>Burkholderia mallei</i>)	카. 발진티푸스균(<i>Rickettsia prowazekii</i>)
마. 멜리오이도시스균(<i>Burkholderia pseudomallei</i>)	타. 홍반열 리케치아균(<i>Rickettsia rickettsii</i>)
바. 보툴리눔균(<i>Clostridium botulinum</i>)	파. 콕시디오이데스균(<i>Coccidioides immitis, Coccidioides posadasii</i>)
사. 이질균 (<i>Shigella dysenteriae</i> Type 1)	하. 콜레라균(<i>Vibrio cholerae</i> O1 · O139)
2. 바이러스 및 프리온	
가. 헤르페스 B 바이러스 (Cercopithecine herpesvirus 1, Herpes B virus)	타. 황열 바이러스 (Yellow fever virus)
나. 크림미안 콩고 출혈열 바이러스 (Crimean-Congo haemorrhagic fever virus)	파. 서부 마 뇌염 바이러스 (Western equine encephalitis virus)
다. 이스턴 이콰인 뇌염 바이러스 (Eastern Equine Encephalitis virus)	하. 틱버그 매개뇌염 바이러스 (Tick-borne encephalitis complex virus)
라. 에볼라 바이러스(Ebola virus)	거. 두창 바이러스(Variola virus)
마. 헨드라 바이러스(Hendra viruses)	너. 소두창 바이러스(Variola minor virus, Alastrim)
바. 라싸 바이러스(Lassa virus)	더. 베네주엘라 이콰인 뇌염 바이러스 (Venezuelan Equine Encephalitis virus)
사. 마버그 바이러스(Marbug virus)	러. 중증 급성호흡기 증후군 코로나 바이러스
아. 원숭이포क्स 바이러스(Monkeypox virus)	머. 조류 인플루엔자 인체감염증 바이러스 (인체 유래 H5N1, H7N7, H7N9)
자. 니파 바이러스(Nipah viruse)	버. 고위험 인플루엔자 바이러스(1918 influenza virus의 8개 병원성 유전자중 하나 이상의 유전자를 포함하는 influenza virus)
차. 리프트 벨리열 바이러스(Rift Valley fever virus)	서. 전염성 해면상 뇌병증 병원체(Transmission of spongiform encephalopathy agent)
카. 남아메리카 출혈열 바이러스 (South American haemorrhagic fever)	
3. 그 밖에 보건복지부장관이 외부에 유출될 경우 공중보건상 위해 우려가 큰 세균, 진균, 바이러스 또는 프리온으로서 긴급한 관리가 필요하다고 인정하여 지정·공고하는 병원체	

- 《수산생물질병관리법》은 “수산생물질병이 발생하거나 퍼지는 것을 막기 위한 종합적인 관리체계를 마련함으로써 수산생물의 안정적인 생산·공급과 수생태계 보호 및 국민건강의 향상에 이바지하는 것을 목적”으로 제정하였으며, 이 법에 의하면 ‘수산생물질병’이란 ‘병원체 감염이나 그 밖의 원인에 의하여 수산생물에 이상이 초래된 상태’로 정의하고 있을 뿐, “병원체”에 대한 근원적 대응의 근거법으로 작용하고 있지는 않음
- 상기 법은 수산생물의 범위를 수산동물과 수산식물로 구분하고, 수산생물전염병 역시 수산동물전염병과 수산식물전염병을 구분하고 있는 바, 병원체와 일정한 관련성을 가지고 있는 것은 이중 ‘수산동물전염병’에 해당된다고 보여지나, 이 역시 직접적 관련성 보다는 병원체를 매개로 하여 “이상이 초래된 상태”로 제한됨
- 이중 《수산생물질병관리법》은 “노랑머리병, 잉어봄바이러스병, 잉어허피스바이러스병, 참돔이리도바이러스병, 바이러스성출혈성패혈증, 유행성궤양증후군, 타우라증후군, 흰반점병과 그 밖에 전염속도가 빠르고 대량폐사를 일으켜 지속적인 감시 및 관리가

필요한 수산동물질병”을 수산동물전염병 범주로 규정하고 있으며, 해양수산부령으로 관리가 필요한 수산동물질병에 해당되는 것은 다음 사항이 있음

1. 어류의 유행성조혈기괴사증, 전염성연어빈혈증, 자이로닥틸루스증(자이로닥틸루스살라리스만 해당한다)
2. 패류의 보나미아감염증(보나미아오스트레, 보나미아익시티오사에만 해당한다), 마르테일리아 감염증(마르테일리아레프리즈스만 해당한다), 퍼킨수스감염증(퍼킨수스마리누스만 해당한다), 제노할리오티스캘리포니엔시스감염증, 전복허피스바이러스감염증
3. 갑각류의 가재전염병, 전염성피하및조혈기괴사증, 전염성근괴사증, 흰꼬리병
4. 그 밖에 지속적인 감시 및 관리가 필요하여 해양수산부장관이 정하여 고시하는 수산동물질병

- <수산생물 병성감정 실시방법에 관한 고시>(시행 2013.4.24.) [국립수산과학원고시 제2013-2호, 2013.4.24., 일부개정]은 제6조(병성감정 정밀검사 대상 질병)을 통해 “「수산생물질병관리법시행규칙」제44조제1항에 따른 병원성감정 항목별 수수료 중 정밀검사 수수료를 납부하여야 하는 정밀검사대상 질병명”(고시, 별표1)을 규정하고 있는 바, 이는 다음 표와 같음(표 2-6)

표 2-6. 병원성 감정 및 정밀검사 대상 질병 목록

구분	정밀검사대상 질병
바이러스성 질병	잉어봄바이러스병, 잉어허피스바이러스병, 참돔이리도바이러스병, 바이러스성출혈성패혈증, 타우라증후군, 흰반점병, 어류의 유행성조혈기괴사증, 전복허피스바이러스감염증, 전염성피하및조혈기괴사증, 노랑머리병, 전염성연어빈혈증, 흰꼬리병, 전염성근괴사증
세균성, 곰팡이성 질병	유행성궤양증후군, 갑각류의 가재전염병, 제노할리오티스캘리포니엔시스감염증
기생충성 질병	자이로닥틸루스증(자이로닥틸루스살라리스에 한한다), 패류의 보나미아감염증(보나미아오스트레, 보나미아익시티오사에 한한다), 마르테일리아감염증(마르테일리아레프리즈스에 한한다), 퍼킨수스감염증(퍼킨수스마리누스에 한한다)

- 《수산생물질병관리법》은 사실 해양병원체에 관한 가장 밀접하게 관련된 법률이나, 이 역시 질병의 원인 요소로서의 ‘병원체’ 접근이자 질병 감염 유무 검사를 위한 원인적 인자 요소로서의 병원체를 언급하고 있을 뿐, 병원체 자체에 대한 독자적 영역을 제시하고 있지는 않음
- 2013년 12월, 환경부는 유전자원에 대한 주권적 권리 강화 조치의 하나로 《유전자원 접근 및 이익 공유에 관한 법률》 제정안을 입법 예고하였는 바, 해당 초안 제4조

(적용범위)는 “《감염병의 예방 및 관리에 관한 법률》제2조에서 정한 감염병을 일으키는 병원체에 대한 접근 및 이익 공유에 관한 사항은 별도 법률로 정한다.”고 규정하여, 감염병을 유발하는 병원체에 대한 자원으로서의 접근정책을 분명히 하고 있음

[참조] 수산생물질병 관리법 제10조(병성감정 등)

- ① 제9조제1항 각 호 외의 부분 본문 및 제9조제2항에 따라 신고한 자 또는 신고를 받은 시장·군수·구청장은 수산생물전염병의 방역업무를 수행하는 대통령령으로 정하는 국가기관(이하 "수산생물방역기관"이라 한다)의 장 또는 제4항에 따라 지정된 수산생물 병성감정 실시기관의 장에게 그 수산생물에 대한 병성감정을 의뢰할 수 있다.
- ② 제1항에 따라 병성감정을 의뢰받은 수산생물방역기관의 장 또는 수산생물 병성감정 실시기관의 장은 의뢰받은 수산생물에 대하여 병성감정을 실시한 결과 수산생물전염병이 확인된 때에는 해양수산부장관에게 보고하고, 이를 의뢰한 자에게 통보하여야 한다.
- ③ 수산생물방역기관의 장은 수산생물양식자의 신청이 있거나 수산생물전염병의 국내 발생상황 등을 파악하기 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 전국 또는 일부 지역을 지정하여 수산생물전염병의 병원체 검사를 실시할 수 있다.
- ④ 해양수산부장관은 제1항부터 제3항까지에 따른 수산생물에 대한 병성감정을 실시할 수 있는 시설과 능력을 갖춘 국가기관 또는 지방자치단체의 소속 연구기관, 대학 또는 민간연구소 등을 수산생물 병성감정 실시기관(이하 "병성감정실시기관"이라 한다)으로 지정할 수 있다.
- ⑤ 해양수산부장관은 병성감정실시기관이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그 지정을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 업무의 정지를 명할 수 있다. 다만, 제1호 및 제2호에 해당하는 경우에는 그 지정을 취소하여야 한다.
 …(생략)
- ⑥ 제1항 및 제3항에 따른 병성감정의 실시방법과 제4항에 따른 병성감정실시기관의 지정기준 및 절차에 필요한 사항은 해양수산부장관이 정하여 고시한다.

3. 외국법제와 정책

○ 해양병원체 국제기구 정책동향

- 세계동물보건기구(OIE, Office international des épizooties, World Organization for Animal Health)에서 수생동물(Aquatic Animal) 분과를 마련, 수생생물의 국제적인 이동(수출입)에 있어서 확산우려가 있는 대표적인 감염성 질병을 지정, 반드시 검역을 실시하도록 규정하고 있음(표 2-7)

표 2-7. OIE 지정 질병(2013)

	어류	패류	갑각류
1	유행성조혈기괴사증 (EHN)	전복허피스바이러스감염증 (abalone herpesvirus)	가재전염병(Crayfish plague (<i>Aphanomyces astaci</i>))
2	유행성궤양증후군 (EUS)	보나미아감염증 (2종) (<i>Bonamia exitiosa, Bonamia ostrea</i>)	전염성피하및조혈기괴사증 (Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis)
3	자이로닥틸루스증 (<i>Gyrodactylus salaris</i>)	마르테일리아레프린젠스감염증 (<i>Marteilia refringens</i>)	감염성근육괴사증 (Infectious myonecrosis)
4	전염성조혈기괴사증 (IHN)	퍼킨수스감염증 (2종) (<i>Perkinsus marinus, Perkinsus olseni</i>)	타우라증후군 (Taura syndrome)
5	전염성연어빈혈증 (ISA)	제노할리오티스캘리포니아감염증 (<i>Xenohalotis californiensis</i>)	흰반점병 (White spot disease)
6	잉어허피스바이러스병 (KHV)	마이크로사이토스악키니감염증 (<i>Mikrocytos mackini</i>)	흰꼬리병 (White tail disease)
7	참돔이리도바이러스병 (RSIV)	오스트라이드허피스바이러스1감염증 (ostreid herpesvirus 1 microvariant)	노랑머리병 (Yellowhead disease)
8	잉어봄바이러스병 (SVC)		구상바쿨로바이러스증(Spherical baculovirus (-typebaculovirus))
9	바이러스성출혈성패혈증 (VHS)		사면바쿨로바이러스증 (Tetrahedral baculovirosis)
10	바이러스성신경괴사증 (VER)		괴사성간췌장증 (Necrotising hepatopancreatitis)
11	산천어바이러스병 (OMVD)		

EHN: Epizootic haematopoietic necrosis, EUS: Epizootic ulcerative syndrome, IHN: Infectious haematopoietic necrosis, ISA: Infectious salmon anaemia, KHV: Koi herpesvirus disease, RSIV: Red sea bream iridoviral disease, SVC: Spring viraemia of carp, VHS: Viral hemorrhagic septicaemia, VER: Viral encephalopathy and retinopathy virus disease

- 유엔 환경계획 세계 자연보존 모니터링 센터(UNEP/WCMC, United Nations Environment Programme/World Conservation Monitoring Centre)에서는 기후변화와 관련하여 marine diseases의 증가 및 생태계에 미치는 영향을 모니터링하고 있으며, 일반인들에게도 중요성을 홍보하고 있음
- 해양 어류의 emerging parasites, introduced parasites는 자국의 해양 생태계에 영향을 끼칠 수 있어 구미 각국에서는 상시 모니터링 시스템을 갖추고 있으며, DB를 공유하고 있음

- OECD Global Forum('12)에서 논의된 Emerging pathogens in the environment 주제는 새로운 식물, 동물, 토착 및 외래 병원체 사이의 교잡을 포함하여 농업, 삼림, 해양 생태계 내 병원균 및 질병-환경 변화 간의 연결 등에 초점을 맞추어 논의되었음. 새로운 병원체의 출현과 감염성질환의 확산은 예방치료를 위한 기술개발 뿐만 아니라, 생활 패턴 변화, 국가 간 무역 규제 조치 및 대책, 그리고 세계 경제위기에 까지 이르는 일련의 상호작용임이 역설된 바 있음
- WTO 체제 하의 수산동물 질병관리
 - 수산동물 질병 문제는 비단 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 연안 양식국에서도 주요한 관심사가 되고 있음
 - 1970년대 초 프랑스의 고수익 품종인 넙적굴이 *Marteilia refringens*에 의해 대량 폐사 되어 막대한 경제적 손실을 유발하였음.
 - 또한, 1996년 하절기부터 일본 연안의 진주조개 양식장에서 양식 진주조개가 대량 폐사 되기 시작하여 전 세계 진주조개 양식에 피해를 주었으며, 계속적으로 매년 약 60%가 폐사되고 있으며, 최근 원인이 그 유래가 알려져 있지 않은 진주조개 바이러스로 보고되었음.
 - 최근 중국 산둥성에서 양식 가리비가 90% 이상 대량 폐사되어 생산량이 급격히 감소되고 있음.
 - 이러한 해양 생물의 폐사는 비단 양식 어민의 경제적 손실뿐만 아니라 자연 생태계를 심각하게 왜곡 시킬 우려가 있기 때문에 세계 각국은 자국 수산 자원의 보호를 위하여 질병 모니터링을 지속적으로 실시하고, 악성 전염병의 자국내 유입 차단을 위해 많은 노력을 기울이는 등 국가 자원 보호 측면에서 수산동물의 질병 관리에 힘쓰고 있음.
 - 이렇게 전 세계적으로 어류건강감시(fish health inspection)의 중요성이 크게 부각되면서 미국, 영국, 캐나다, 독일, 일본, 태국, 호주, 인도네시아 등 다양한 국가에서 수산동물의 질병관리를 위한 독립적인 법령을 제정하여 수산동물의 질병을 국가적인 차원에서 관리, 감독하고 있으며, 수산물 교역의 증가로 인한 수출입 수산물의 효율적인 질병관리를 위해 관련 분야의 전문가들이 국제어류검역관협회(The International Association of Fish Inspectors: IAFI)를 설립, 국가간 질병 관리의 네트워크를 형성하고 있음.
- 미국/캐나다 해양병원체 정책동향
 - 미국은 해양연구의 종주국이자 세계 리더로 일컬어지며, 해양생명공학의 모든 분야에 대한 세계 1위를 목표로 정책을 수립하여 추진하고 있음
 - 해양연구분야 최강국이자 세계 리더로 일컬어지며, 해양환경, 질병, 해양생명공학의 모든 분야에 대한 세계 1위를 목표로 적극적이고 공격적인 정책을 수립하여 추진하고 있음

- 미국 에너지부(DOE)는 바다우렁챙이의 117만개 염기서열 및 1만 6천여개의 유전자를 밝히는 등 해양생물 관련 유전체 분석연구에도 많은 실적을 도출하였음
- 해양생태계 보호를 위해 연방 및 지방정부가 적극적인 활동을 펼치고 있는데 국립해양 대기청(NOAA)의 주도로 1995~2002년까지 7년 동안 8,600만 달러가 투자되었으며, 이 중 수질오염 및 질병 방지 대책에 1,150만 달러 투자하였음
- 환경 유전체 자원 확보를 위해 해양미생물 환경유전체 분석프로젝트 추진하고 있음
- 미국은 National Sea Grant 프로그램의 일환으로 해양생태계의 건강도를 판단하는데 패류내 기생충의 군집구조를 주요 지표로 활용함(California Sea Grant, 2008)
- 미국은 지구온난화에 의한 극지방의 해양환경 변화 모니터링을 위해 병원체의 분포 및 다양성 연구함(Hoberg and Kutz, 2013)
- NOAA 에서 National Aquatic Animal Health Plan을 제정, 해양생물의 질병에 대해 조사, 모니터링 실시함
- * http://www.nmfs.noaa.gov/aquaculture/supplemental_pages/naahp.html
- NOAA에서 주관하는 지역의 Sea Grant 프로그램을 통해 해양병원체 정보제공. 미국 플로리다주 씨그랜트(Sea Grant Program) 프로그램 : 일반인을 대상으로 해양병원체에 관한 정보 제공
- 미국 로드아일랜드주 씨그랜트 프로그램 : Emerging Marine Diseases에 관한 심포지움 개최(http://seagrants.gso.uri.edu/baird/2010_diseases.html)

○ EU 해양병원체 정책동향

- 유럽연합(EU)은 회원국 간의 협력을 바탕으로 한 공동협력 프로그램이 잘 구성되어 있으며, 환경을 최우선의 관심사로 여겨, 해양생태계 보호를 위한 관리, 보호, 복원, 평가기술 개발 등 다양한 기술개발을 추진하는 한편 네트워크 형성 활성화 전략 실행
- 유럽연합은 해양생명공학의 선두국인 미국과 일본을 추격하는 것을 목표로 정책을 추진, 해양 분야의 대표적인 프로그램인 ‘유럽해양유전체학’은 개발, 해양생물 신제품 개발, 질병제어 및 모니터링 부문에 16개 회원국의 44개 연구기관이 연합한 것으로 FP6에서 지원
- 유럽연합(EU)은 회원국 간의 협력을 바탕으로 한 공동협력 프로그램이 잘 구성되어 있으며, 환경을 최우선의 관심사로 여겨, 해양생태계 보호를 위한 관리, 보호, 복원, 평가기술 개발 등 다양한 기술개발을 추진하는 한편 네트워크 형성을 활성화하는 전략을 실행
- 전 유럽연합에 걸쳐 해양생태계의 기능과 해양생물학에 관한 연구를 수행하기 위해 해양생물학 우수연구집단으로부터 유전체학, 프로테오믹스, 생명공학인포매틱스 분야의 전문가 네트워크를 형성

- 프랑스는 해양연구소(FREMER) 주도로 심해생태계 조사 및 심해열수미생물의 분리를 위한 연구를 수행하며, 네덜란드는 산학연 협력기관 Netherlands Study Group Trend에서 OPSEME Project 추진
 - 노르웨이는 어업자원과 해양자원의 침해에 대한 우려 때문에, 유럽연합에 가입하지 않은 유럽 국가로 풍부한 해양생물다양성으로 인해 잠재력 보유, 성공할 수 있는 기회를 가진 분야에 R&D를 집중
 - 노르웨이는 풍부한 해양생물다양성으로 인해 잠재력을 가지고 있는 국가로 해양생명공학에서 세계 선두국가인 동시에 해양자원의 중요성을 인식하고 지원을 활발히 수행
 - 노르웨이는 어업자원과 해양자원의 침해에 대한 우려 때문에, 유럽연합에 가입하지 않은 유럽 국가로, 국제적으로 성공할 수 있는 기회를 가진 분야에 R&D를 집중. 양식 및 수산분야뿐 아니라 그와 필연적으로 연결된 해양질병분야를 적극적으로 추진
 - EU Parasite Project: 수산물의 안전을 확보하기 위한 해양병원체 연구. EU 회원국 21개국과 아시아의 수산물 수출국 3개국 (중국, 베트남, 필리핀)이 협의체를 만들어 수산물내 병원체의 유전자 확보, 위해성 진단 및 대책 개발 등을 수행하고 있음. 현재 스페인 해양연구소 (IIM)이 주관연구기관으로 지정되어 연구를 주도하고 있음.
 - EU 이매패 질병에 관한 국가지정연구실 (European Union Reference Laboratory)이 지정되어 유럽 국가 내 질병 분포, 진단기술 개발 및 대책 수립에 관한 체계적 연구가 수행되고 있음
 - EU에서는 DAISIE project (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe, <http://www.europe-aliens.org/>)에서 유럽의 생태계 (육상, 담수, 해수 생태계 모두 포함)에 영향을 끼칠 수 있는 외래 생물종 (alien species) 및 병원체 (pathogen)에 대한 정보를 공유, 수시로 업데이트 하고 있음
- 아시아 해양병원체 정책동향
- 아시아 지역의 경우 NACA(아시아-태평양 수산양식 센터망)가 1979년 결성되어 동남 아시아 국가를 중심으로 수산양식에 관한 교육, 훈련, 정보통신망이 구축되어 있으며, 이러한 정보를 바탕으로 정책 지침을 제안하고 있음.
 - 중국은 해양생명공학정책의 최우선 목표로 세계에서 가장 많은 인구에게 안정적인 먹거리를 제공하고, 중대한 질병과 전염병 예방을 위한 생물의약을 확보하기 위한 기술에 주로 집중됨
 - 중국은 한국과 해양의 일부를 공유하고 있으며, 해양생명공학에 대한 관심이 높음
 - 많은 인구의 안정된 식량자원 확보에 중점을 두고 있어 주로 수산식량자원을 확보하기 위한 기술에 집중함

- 해양생명공학정책의 최우선 목표는 세계에서 가장 많은 인구에게 안정적인 먹거리를 제공하고, 중대한 질병과 전염병 예방을 위한 생물약 발전과 공공위생안전 확보에 있음
- 주요 연구 분야는 육종공학, 질병제어, 생산 및 배양시설 개발, 해양의약품 및 생물제품, 유전체학 및 기능유전체학, 내염성식물 개발 등임
- 일본은 최근 전통적인 기반 위에 첨단기술이 접목된 해양생명공학기술개발을 꾸준히 추진하는 등의 노력을 통해 선도국가로 급부상함

4. 국내법 및 제도적 한계와 개선점

가. 국내법적 한계와 연구범위 설정의 고려사항

- (정책적 연구방향 전환) 현재 국내법 및 제도 분석 결과 다음의 한계를 갖는바, 법제도적 한계를 고려, 정책연구 방향 및 본 사업 추진의 연차별, 단계별 추진계획을 수립할 필요가 있음 :
 - 해양병원체에 대한 정의 규정은 부재함
 - 연구 및 정책적 방향 역시 병원체의 위해성을 중심으로 형성되고 있음
 - 일부 유해질병의 인자로 간주되고 있는 병원체에 대한 인식은 수용되어 있으나, 관리와 활용적 측면에 대한 인식은 부재함
 - ABS에 대한 나고야 의정서 발효 및 국내법적 수용으로 ‘자원’가치로서의 해양병원체에 대한 법제도적 관리규범은 형성되어 있지 않음
 - 병원체에 대한 국가적 관리체계가 주로 해양의 복잡성과 광역성 등의 특성을 고려하는 데는 한계를 보이고 있음
- (연구범위 및 지역적 범위) 해양의 특성을 고려하건대, 해양에서의 질병을 유발하는 병원체의 유입은 기후변화에 따른 식생대 변화, 선박평형수에 의한 외래종 유입, 해양쓰레기에 의한 발생 등 비교적 구분화된 접근은 가능하다고 판단됨
 - 다만, 기후변화와 인간활동(선박평형수 문제 등 물류이동 등 포함) 등의 요소와 해양의 특징을 고려하건대, 해양병원체 관련 정보의 구축과 유해질병 유발인자에 대한 대응적 측면의 관리, 자원 가치로서의 관리와 이용, 개발을 위한 접근은 한반도 주변수역에 국한될 수는 없다고 판단됨
 - 예컨대, 한반도 주변수역은 북서 태평양의 가장자리에 위치하고 있으며 동해, 서해, 남해로 둘러싸여 해양생물의 다양한 서식 공간을 가지고 있음. 단, 이는 온난화에 의해 한국 주변해의 생태계가 환경적 구조와 기능 변화에 노출되어 있음을 동시에 반영하고 있음

- 한반도 주변수역의 해수면 상승은 이미 지난 40년 동안 세계평균 보다 높은 상승률을 보이고 있고, 제주지역은 세계평균의 3배에 이르는 23cm의 상승이 있었다고 보고되고 있음. 결국, 온난화와 더불어 발생하는 해수면상승, 수온, 염분, 영양염류와 용존산소, 해양산성화 등은 직접적으로 한반도 해양생태계에 영향을 주는 바, 이와 연계된 해양 병원체의 유해요소로서의 접근, 이용자원으로서의 접근을 동시에 꾀할 필요가 있으며, 그 지역적(공간적) 범위 역시 한반도 주변수역의 전단계 기후대와 식생대를 가지고 있는 지역을 포함하여 접근할 필요가 있음
- 결국, 단계적으로는 한반도 주변 해양병원체의 정보구축과 연구를 중심으로 하되, 동일 혹은 전단계 기후대를 가진 일본과 대만, 중국 등의 지역적 연구로 확대하고, 단계적으로는 세계 해양병원체에 대한 정보은행을 구축, 연구결과의 예방적, 활용적 가치 전략을 추진할 필요가 있음(표 2-8 및 그림 2-1)

표 2-8. 한반도 해양병원체 발생원인과 정책적 연구방향

주요원인요소	정책연구 추진방향
기후변화 → 생물군 이동	영향 발생 기후대 연구 → 국제공동
선박평형수 → 외래종 유입	기존 법제 +주요국 법제도 연구
해양쓰레기 → 해양질병 유입	

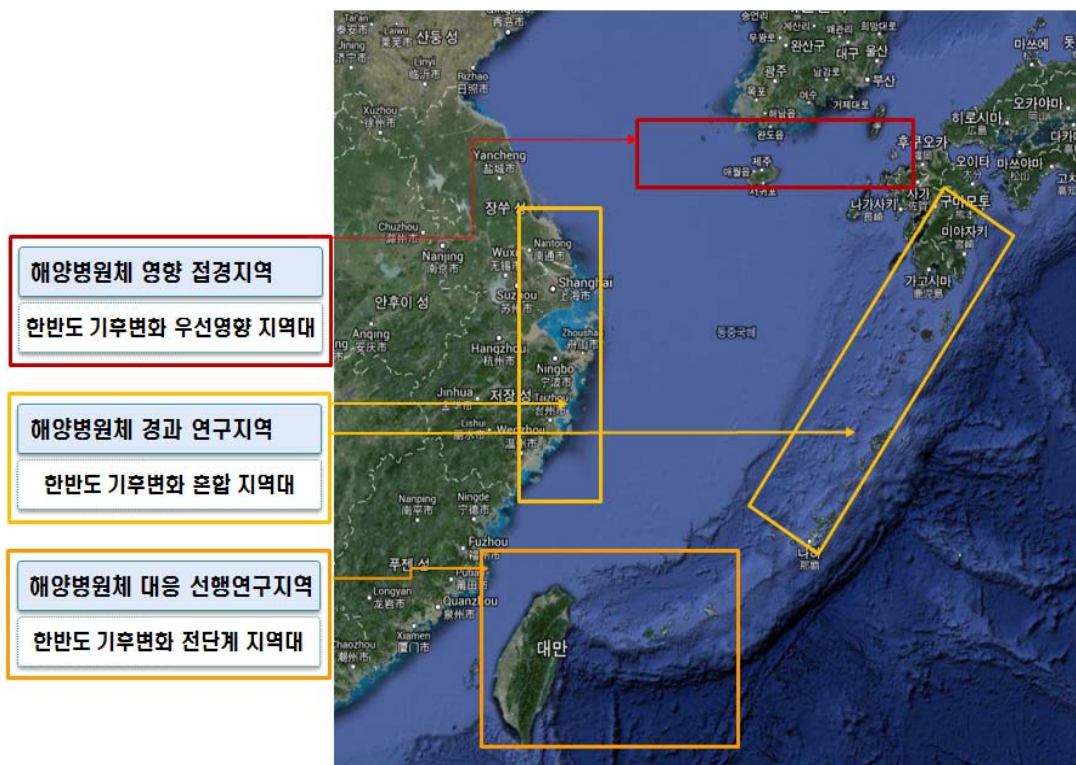
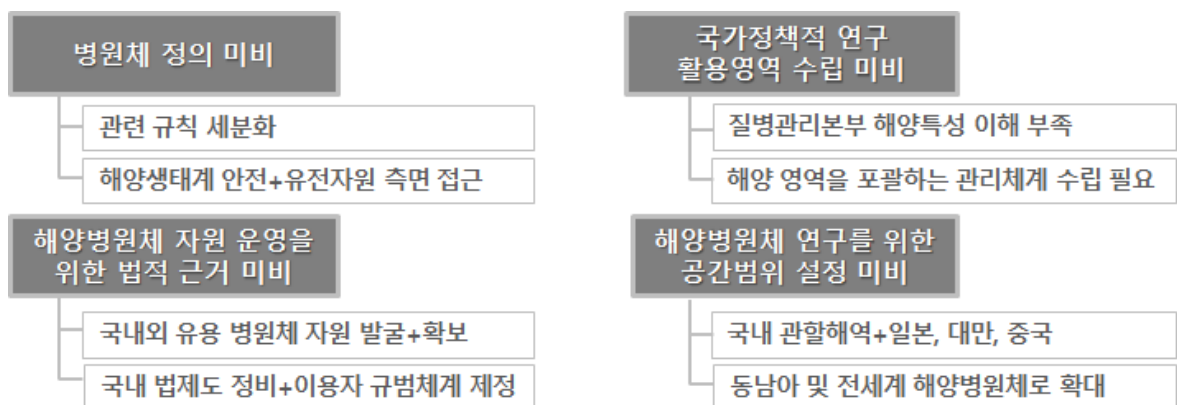


그림 2-1. 한반도 해양병원체 연구 영역(지역적)

나. 해양병원체 관리와 활용을 위한 법제도 개선 방향

- **(병원체 정의 미비)** 병원체에 대한 유일한 규정을 하고 있는 《감염병의 예방 및 관리에 관한 법률》은 병원체를 일반병원체와 고위험병원체로 분류하지 않고 일괄 처리하고 있는 바, 법제도적 한계로 사료됨
 - 법개정을 통해 일반병원체와 고위험병원체로 구분하여 접근하고, 각 병원체에 대한 접근과 이용에 관한 운영규정, 관련 규칙을 세분화하여 접근할 필요 있음
 - 이 경우 병원체에 대한 개념적, 정책적 추진은 자원으로서의 가치적 측면과 해양생태계 안전이라는 측면에서 접근될 필요가 있음
- **(해양병원체 자원 운영을 위한 법적 근거 미비)** 현재 해양생물자원과 관련해서는 《생명연구자원의 확보·관리 및 활용에 관한 법률》, 《해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률》, 《농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률》 등이 있으나, 해양 병원체에 대한 별도의 운영, 구체적으로는 자원적 가치로서의 분양과 관리 규정은 체계적 정립이 부재한 상태임
 - 현재 국가적 측면에서 국가병원체자원은행으로 기능을 수행하고 있는 질병관리본부는 해양의 특성을 고려한 체계적 접근과 과학적 이해가 충분하지 못하다는 점을 고려, 해양 영역을 포괄하는 운영 및 관리체계 수립이 필요
- **(국가정책적 연구 활용영역 수립 미비)** 국가적으로 해양병원체 자원과 관련하여 ABS 대처 방향은 (1) 국내 유용 병원체 자원의 발굴 및 확보, (2) 국내 법제도 정비 및 이용자 규범 체계제정, (3) 해외 유용 병원체 자원의 발굴 및 확보, (4) 이용 및 개발을 위한 연구개발 등으로 구체화할 필요가 있음
- **(해양병원체 연구를 위한 공간범위 설정 미비)** 해양병원체는 (1) 국내 관할해역, (2) 기후 변화에 따라 우리나라에 발생가능한 병원체 사전 분석지역(일본, 대만, 중국), (3) 잠재적 영향가능 병원체 사전 분석지역(동남아), (4) 전세계 해양병원체로 확대하여 연구 추진



제 3 절 연구동향 분석

1. 분석 방법론

가. 분석대상선정

- 해양바이러스, 해양박테리아 및 해양기생충 병원체 분야를 대상으로 논문 동향 분석을 수행함

나. 분석범위 설정 및 분야별 DB set 구축

○ 분석 범위 설정

- 활용 DB : PubMed 논문 데이터베이스 및 Web of Science (Thomson Reuters)
- 검색범위 : 검색 필드 항목 중 Title/Abstract 을 범위로 지정
- DB 도메인
 - 총 22,000,000편 이상의 Medline, 생명과학저널, 온라인 도서, 생명공학을 포함, 생물약 및 보건 분야의 논문 초록, 인용, 색인정보를 수록하고 있는 Web database
 - Thomson Reuters 사에서 제공하는 데이터베이스. SCI에 수록된 논문의 서지정보, 저자, 초록, 및 인용정보 제공 데이터베이스
- 분석 기간 : 2004년~2013년 (최근 10년) 기간 동안의 논문 데이터 활용

○ 검색식 작성

- 해양바이러스성, 해양 박테리아성 및 해양기생충 병원체 세부분야별 전문가들이 도출한 주요키워드를 활용하여 분석 대상 분야별 논문 검색식을 작성함
- 해당 분석식의 예비 결과 검토 후, 국내에서 게재된 논문을 대조군으로 하여 키워드 및 검색식을 보정함

○ 검색키워드

- [국문] 해양바이러스, 해양박테리아, 해양기생충, 병원체, 탐색, 검출, 예찰, 해수, 연안해역, 해역별, 대표어종, 기후변화, 해류, 열대, 아열대 어종, 최근 포획어종, 세포주, 어류세포, PCR, 어류동물모델, OIE, 분리병원체, 온도, 염분, pH, 동정, 특성화, 병원성

- [영문] marine virus, marine bacteria, marine parasite, ocean, sea, coast, shore, seaside, offshore, seabed, estuary, beach, island, bay, virus, pathogen, screening, diagnostic, detection, climate change, fish cell line, PCR, fish model, OIE, temperature, salinity, pH, identification, characterization, pathogenicity

표 2-9. 해양병원체 논문 검색식

분 야	논문검색식
해양바이러스성 병원체	(((marine [Title/Abstract] or ocean [Title/Abstract] or sea [Title/Abstract] or coast [Title/Abstract] or shore [Title/Abstract] or seaside [Title/Abstract] or offshore [Title/Abstract] or seabed [Title/Abstract] or estuary [Title/Abstract] or beach [Title/Abstract] or island [Title/Abstract] or bay [Title/Abstract]) and (virus [Title/Abstract] or pathogen [Title/Abstract])) and (screening [Title/Abstract] or diagnostic [Title/Abstract] or detection [Title/Abstract] or "climate change" [Title/Abstract] or "fish cell line" [Title/Abstract] or PCR [Title/Abstract] or "fish model" [Title/Abstract] or OIE [Title/Abstract] or temperature [Title/Abstract] or salinity [Title/Abstract] or pH [Title/Abstract]))
해양세균성 병원체	(((marine [Title/Abstract] or ocean [Title/Abstract] or sea [Title/Abstract] or coast [Title/Abstract] or shore [Title/Abstract] or seaside [Title/Abstract] or offshore [Title/Abstract] or seabed [Title/Abstract] or estuary [Title/Abstract] or beach [Title/Abstract] or island [Title/Abstract] or bay [Title/Abstract]) and (bacteria [Title/Abstract] or bacterial [Title/Abstract]) and (pathogen [Title/Abstract] or pathogenic [Title/Abstract])) and (screening [Title/Abstract] or diagnostic [Title/Abstract] or detection [Title/Abstract] or "climate change" [Title/Abstract] or "fish cell line" [Title/Abstract] or PCR [Title/Abstract] or "fish model" [Title/Abstract] or OIE [Title/Abstract] or identification [Title/Abstract] or characterization [Title/Abstract] or pathogenicity [Title/Abstract]))
해양기생성 병원체	(marine OR ocean* OR sea OR coast* OR shore OR seaside OR offshore OR seabed OR estuary) AND (*parasite* OR pathogen OR parasitic OR parasitism*) AND (infection* OR screening OR "climate change" OR "fish cell line" OR PCR OR "fish model" OR OIE OR temperature OR salinity OR pH) NOT (freshwater* OR bacteri* OR virus OR vibrio OR malaria* OR *bacter OR *coccus OR frog* OR soil* OR terrestrial OR dog* OR rabbit* OR *phage*)

○ 분야별 유효데이터 추출 및 DB Set 구축

- 수집된 논문 raw data를 대상으로 전수조사 및 유효데이터 추출 과정을 거쳐 총 2,482건의 논문 DB Set을 구축함

표 2-10. 해양병원체 논문 유효데이터

세부 분야	hitting 건수	유효데이터 건수
해양바이러스	1,561	534
해양세균	1,406	614
해양기생충	4,025	1,963

* 'hitting 건수'는 작성된 검색식으로 검색했을 시 추출되는 논문데이터 건수임

○ 분석 항목 설계

- 논문 동향 분석 항목은 연도별 논문 발표 추이, 국가별 연구동향, 주요 저널 현황의 총 3가지 항목으로 작성함

표 2-11. 논문 동향 분석 항목 및 주요 내용

분 야	논문검색식
연도별 논문 발표 추이	대상 기술 주제와 관련된 연도별 논문 발표 건수에 대한 통계자료 분석을 통해 분야별 연구개발 활성화 파악
주요 국가별 연구 동향	대상 기술 분야 관련 국가별 논문 발표 현황 분석을 통해 해당 분야의 연구개발 리더 국가 파악
주요 저널 현황	대상 기술 관련 논문이 게재된 저널별 논문건수 및 인용건수 현황분석을 통해 해당 분야의 영향력 있는 주요저널 파악

다. 논문 동향 분석 결과

○ 연도별 논문발표추이

- 해양바이러스 병원체 연구는 미국, 중국, 일본 등을 중심으로 이루어지고 있음
- 미국이 138편으로 가장 다수의 논문을 발표하여 연구활동이 가장 활발한 것으로 나타났으며, 중국(75편), 일본(59편)이 다음 순위를 차지하고 있음
- 해양병원성 바이러스 분야의 최근 10년간 전세계 논문건수 추이를 분석한 결과 2010년 이후 해당 분야 관련 논문발표 건수가 증가하고 있음
- 해양병원성 박테리아 분야는 2013년을 기점으로 관련 논문발표 건수가 급속하게 증가하고 있음
- 최근 10년간 해양기생충 분야 논문은 해를 거듭할수록 점점 그 수가 증가하는 추세이며, 2013년 게재 논문수가 직전 해에 비해 저조한 것은 2013년 말에 오프라인으로 게재된 논문이 해당 DB에 미반영된 것으로 추측됨

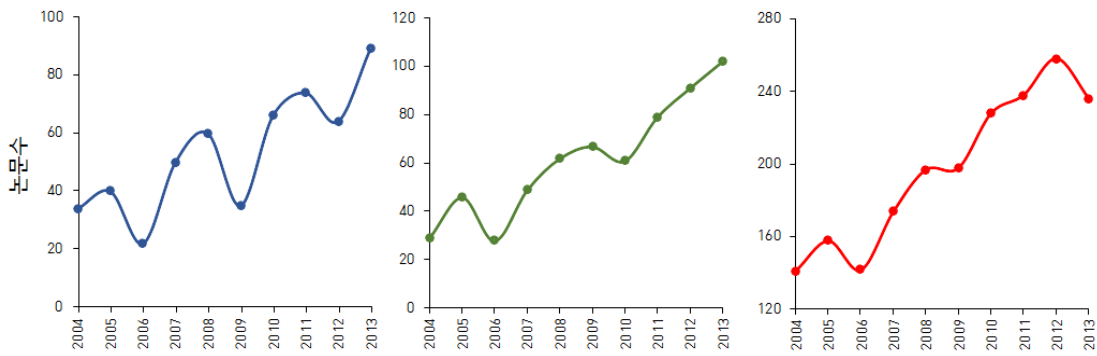


그림 2-2. 해양병원체 연도별 논문 발표 추이(단위: 건). 좌로부터 해양바이러스, 해양박테리아 및 해양기생충 병원체

표 2-12. 해양병원체 연도별 논문 발표 추이

분야	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	총계
해양바이러스 병원체	34	40	22	50	60	35	66	74	64	89	534
해양박테리아 병원체	29	46	28	49	62	67	61	79	91	102	614
해양기생충 병원체	141	158	142	174	197	198	228	238	258	236	1,963

○ 주요 국가별 연구동향

- 해양바이러스 병원체 연구는 미국, 영국, 중국, 캐나다, 일본 등을 중심으로 이루어지고 있음
- 미국이 48편으로 가장 다수의 논문을 발표하여 연구 활동이 가장 활발한 것으로 나타났으며, 영국, 중국, 캐나다, 일본이 그 다음 순위를 차지하고 있음
- 한국은 지난 10년간 31편의 논문을 게재하여 해양바이러스 병원체 분야에서 4위를 차지하고 있음
- 해양박테리아 병원체 연구는 미국, 중국, 이탈리아, 프랑스, 호주, 스페인, 인도 등 국가에서 연구개발을 주력하고 있음
- 중국(67편)은 미국(156편) 다음으로 많은 논문을 발표하며 아시아권에서 가장 해양에 대한 관심을 많이 보이고 있음
- 한국은 지난 10년간 17편의 논문을 게재하여 11번째에 위치하고 있음

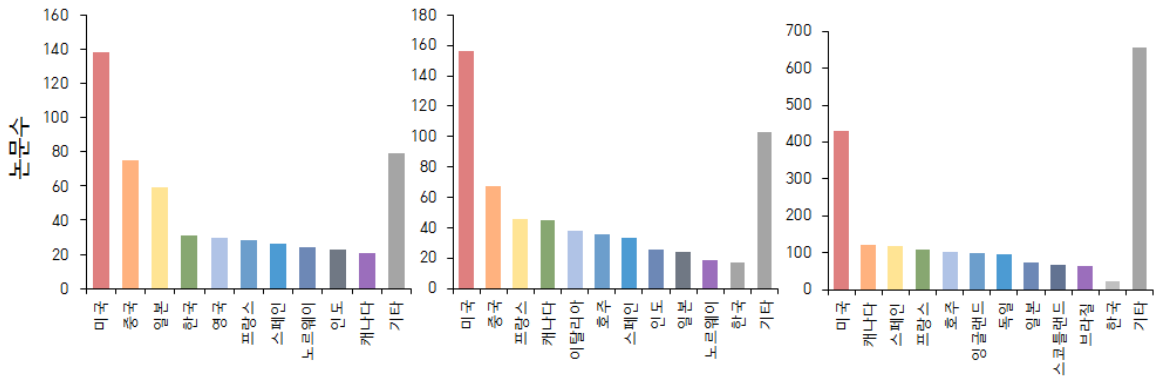


그림 2-3. 해양병원체 국가별 논문 발표 추이(단위: 건). 좌로부터 해양바이러스, 해양박테리아 및 해양기생충 병원체

- 해양기생충 병원체 분야의 경우 미국, 캐나다, 스페인, 프랑스 등을 중심으로 논문이 발표되고 있음
- 미국이 543편으로 독보적으로 가장 많은 논문을 게재함
- 한국은 10년간 30편을 게재하여 26번째에 위치함. 일본은 8번째 (92편), 중국은 15번째 (58편)에 위치함

○ 주요 저널 현황

- 해양바이러스성 병원체 분야는 최근 10년간 발표된 논문건수 측면에서 “Dis Aquat Organ”, “J Fish Dis”, “Plos One” 등이 주요 저널로 나타남
- 해양세균성 병원체 분야는 최근 10년간 발표된 논문건수 측면에서 “Dis Aquat Organ”, “PLOS One”, “Appl Environ Microbiol” 등이 주요 저널로 나타남
- 해양 기생성 병원체 분야는 ‘Diseases of Aquatic Organisms’ 학술지에서 122편 (전체대비 약 6%)으로 가장 많은 논문이 게재되고 있으며, 그 외에 다양한 학술지를 통해 해양기생충이 보고되고 있음(그림 13)

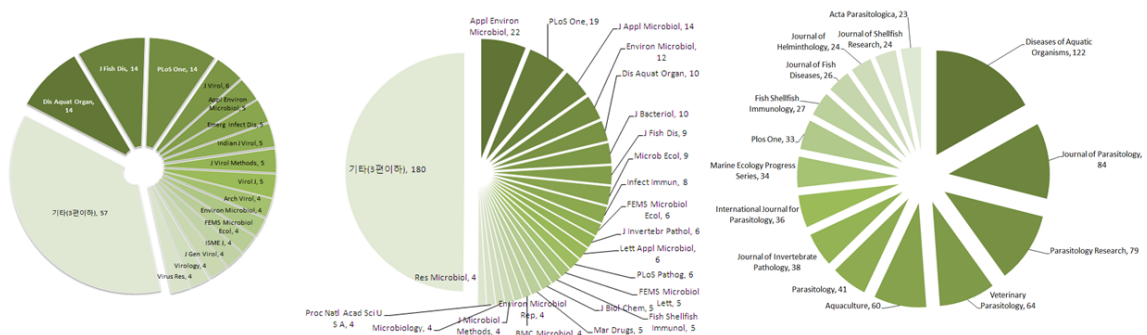


그림 2-4. 해양병원체 주요 저널별 논문 발표 추이(단위: 건). 좌로부터 해양바이러스, 해양박테리아 및 해양기생충 병원체

제 4 절 기술동향 분석

1. 분석 배경 및 목적

가. 분석 배경

- 본 해양병원체 진단 및 예찰시스템 기획연구 과제는 해양수산부 해양연구기획사업을 위한 연구기획 단계에 있어서 해당 기술분야에 대한 현재 기술수준, 기술개발동향, 시장 및 산업동향 조사 등 사전 특허·기술 동향을 파악함으로써 R&D 방향성 검토를 지원하도록 해양수산부의 요청에 의해 특허청이 발주하고 한국지식재산전략원이 주관하는 사업임

나. 분석 목적

- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 기술, 즉 구체적으로는 해양병원체 분야, 진단 분야, 방제 분야 및 예찰 분야에 대한 특허동향을 분석함으로써 우리나라의 기술 수준, 선진기업의 연구개발 동향 및 핵심특허 현황 등을 파악하여 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공하기 위함

2. 분석 범위

- 본 분석에서는 연구 성과의 파급효과 및 연구의 필요성을 고려하여 해양병원체 진단 및 예찰시스템 기술을 특허분석대상으로 하였으며, ~2013년 11월까지 출원공개 된 한국, 미국, 일본 및 유럽 공개특허와 ~2013년 11월까지 출원등록 된 한국, 일본 및 미국 등록특허를 분석 대상으로 정함

가. 분석대상 기술 및 검색식 도출

- 기술분류 기준
 - 해양병원체 분야, 진단 분야, 방제 분야 및 예찰 분야로 구분하였고, 상기 해양병원체 분야는 다시 병원체 종류에 따라 바이러스, 박테리아, 기생충 기술로 구분하였으며, 상기 진단 분야는 해양과 육상 진단 기술로 구분하였고, 상기 방제 분야 역시 해양과 육상 방제 기술로 구분하였음(표 1-1)
 - 기술분류기준은 위에 작성된 기술분류체계의 가장 하위분류인 소분류의 기술범위를 한정함(표 1-2)

표 2-13. 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류
해양 병원체 진단 및 예찰 시스템 (A)	해양병원체(AA)	바이러스(AAA)
		박테리아(AAB)
		기생충(AAC)
	진단(AB)	해양(ABA) 육상(ABB)
방제(AC)	해양(ACA) 육상(ACB)	
	예찰(AD)	모니터링(ADA)

표 2-14. 분석대상 기술분류기준

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
해양 병원체 진단 및 예찰 시스템 (A)	해양병원체 (AA)	바이러스(AAA)	해양생물에 질병을 유발하는 바이러스의 종류, 유전자 등
		박테리아(AAB)	해양생물에 질병을 유발하는 박테리아(세균)의 종류, 유전자 등
		기생충(AAC)	해양생물에 질병을 유발하는 기생충의 종류, 유전자 등
	진단 (AB)	해양(ABA)	해양병원체를 오믹스 기법에 의해 진단하는 방법이나 기법
육상(ABB)		육상병원체를 오믹스 기법에 의해 진단하는 방법이나 기법	
방제 (AC)	해양(ACA)	해양 병원체를 방제 또는 저감시키는 백신, 케미컬 등	
	육상(ACB)	육상 병원체를 방제 또는 저감시키는 백신, 케미컬 등	
예찰 (AD)	모니터링(ADA)	해양 병원체를 실시간으로 예찰 또는 모니터링하는 자동화 방법 및 시스템	

○ 검색식 도출 과정

- 수요자가 제공한 해양병원체 진단 및 예찰시스템 기술 분야 주요 검색 키워드, 주요 논문 리스트, 기술 분류 기준에 그 근거를 두고 있음
- 특히 검색식은 특허 출원 시 오타에 의한 누락 건을 방지하기 위해 유사음절을 사용하여 다양한 표현으로 작성함
- 각 소분류별로 도출된 핵심 키워드를 바탕으로 검색식을 작성함

나. 유효특허 선별 기준 및 결과

- 해양 병원체 진단 및 예찰 시스템 기술에 대한 유효특허 선별 기준을 마련하여 적용함.
- 각 소분류별로 노이즈 제거 및 유효특허 선별 기준에 의하여, 해당 소분류 기술에 부합하는 특허만을 유효특허로 선별하였음
- 각 소분류별로 중복특허가 존재할 수 있고, 기술 분류체계 상의 어느 분류에도 속하지 않는 특허들은 노이즈로 분류함

다. 분석 방법

- 특허기술 Landscape와 핵심기술 분석에서는 해양 병원체 기술과 육상 병원체 기술을 명확하게 대비하기 위하여, 해양 병원체 분야(AA), 진단 분야의 해양 기술(ABA), 예찰 분야(AD) 기술에 대한 특허를 해양 병원체 기술로 통합함
- 중복특허와 패밀리특허를 제거한 후 해양 병원체의 용도에 따라 다시 진단, 예찰, 및 방제 기술로 구분함
- 진단 분야의 육상 기술(ABB)과 방제 분야의 육상 기술(ACB)에 대한 특허는 육상 병원체 기술로 통합하여 분석을 수행함

3. 특허동향 분석

가. 특허기술 Landscape

(1) 기술 분야별 Landscape

- 전체 연도별 특허출원 현황
 - 육상 병원체의 진단 및 방제 기술에 대한 특허는 98%의 압도적인 비중을 차지하고 있는 반면에 해양 병원체의 진단 및 방제 기술에 대한 특허는 2%의 매우 낮은 비중, 해양 병원체 관련 연구는 전 세계적으로도 매우 미흡한 것으로 분석됨(그림 2-5)
 - [육상 기술 현황] 육상 병원체 관련 특허는 1990년대와 2000년대 초중반에 큰 폭으로 증가하였는데, 유전자 증폭 기술 등의 기술적 발전에 힘입어 다양한 병원체의 구체적인 염기서열 등이 새롭게 발견되었기 때문인 것으로 분석됨
 - [해양 기술 현황] 해양 병원체 관련 특허는 2000년대에도 연간 1~6건 정도의 특허가 산발적으로 출원되고 있는 것에 불과하였는데, 해양 병원체에 대한 인식과 이에 대한 연구개발 자체가 부족했기 때문인 것으로 분석됨
- 기술시장 성장단계 파악
 - [육상 기술 위치] 전체적으로 성숙기에 진입하는 것으로 볼 수 있으며, 특히 2004년~2007년에서 출원 건수 및 출원인 수가 크게 증가하고 있어서, 이 시기에 급격한 기술 개발이 이루어진 것으로 분석됨(그림 2-6,7)
 - [해양 기술 위치] 절대적인 출원건수와 출원인수가 함께 적은 것은 기술개발이 아직 본격화되지 않은 태동기에 속하는 것으로 볼 수 있음(그림 2-6,7)

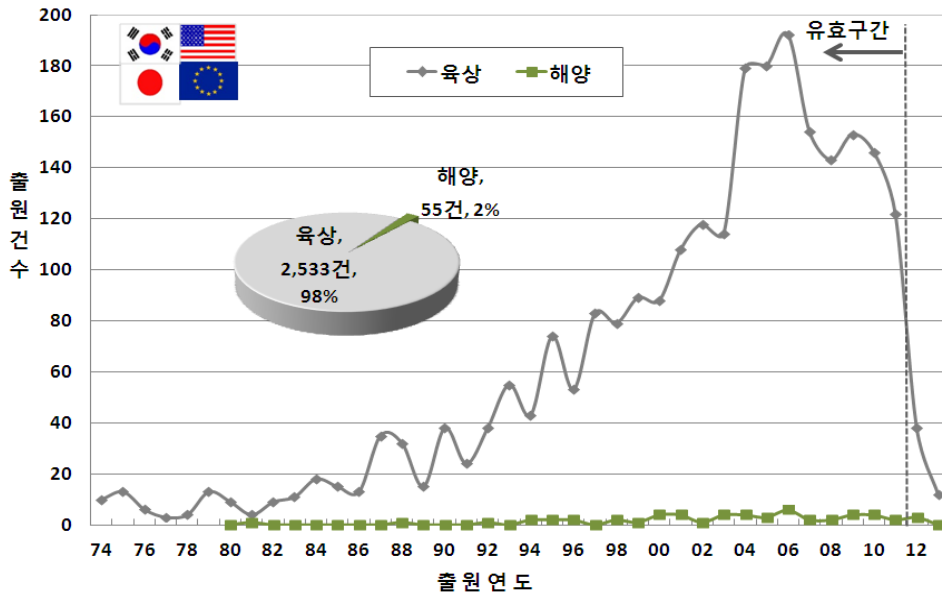


그림 2-5. 전체 연도별 특허동향



그림 2-6. 기술시장 성장단계 모식도

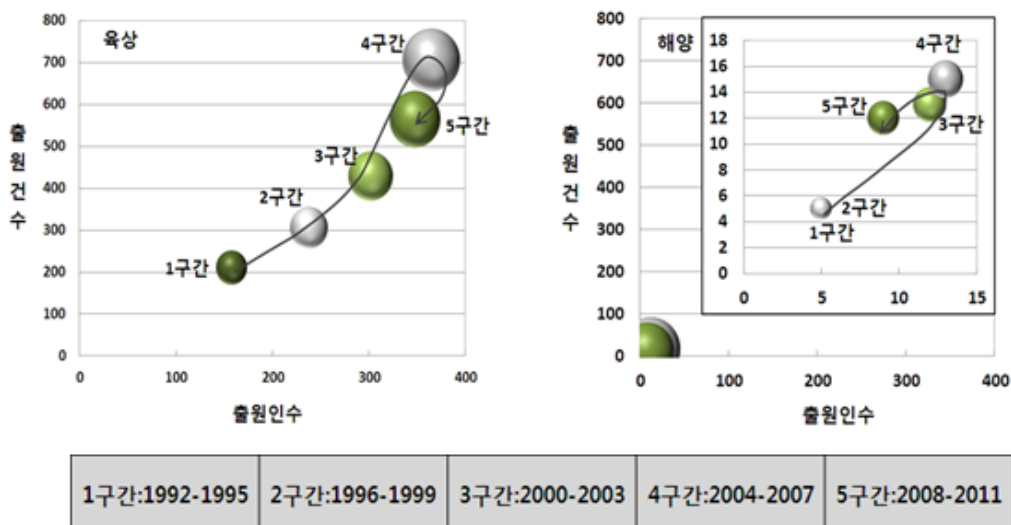


그림 2-7. 전세계 기술시장 성장단계

(2) 국가별 Landscape

○ 주요시장국의 연도별 특허출원 현황

- [육상 기술 동향] JPO(32%), USPTO(30%), EPO(20%), KIPO(18%) 순으로 국가별로 비슷한 점유율을 차지하고 있음. 한국특허는 2000년대 초반에 크게 상승하였음.
- [해양 기술 동향] JPO(45%), KIPO(29%), USPTO(13%), EPO(13%) 순으로 일본특허와 한국특허 비중이 높음. 육상 병원체 기술 대비 해양 병원체에서는 일본과 한국의 기술 경쟁력이 높은 것으로 판단됨

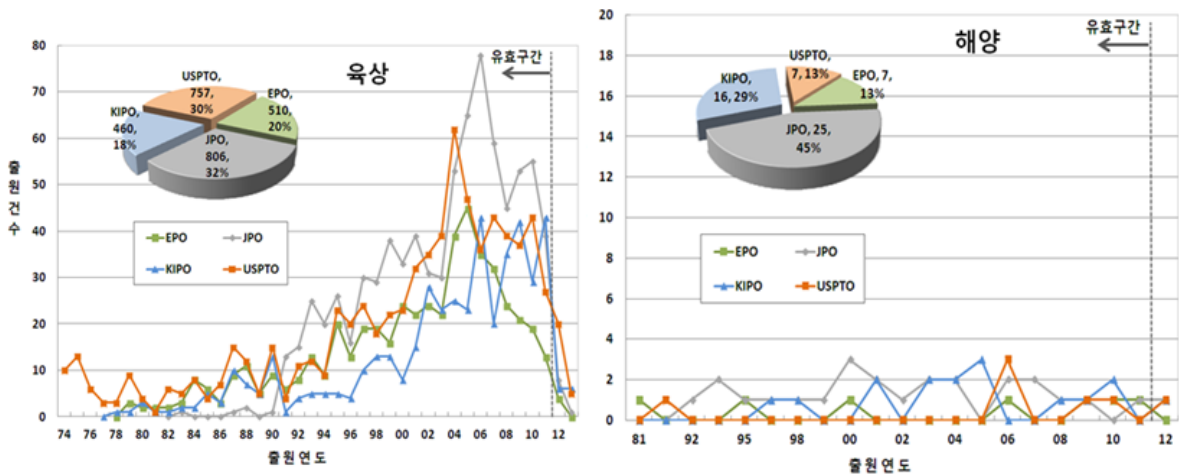


그림 2-8. 육상 및 해양병원체 기술의 주요시장국별 특허출원 동향

나. 핵심기술 분석

○ 분류별 점유율 및 연도별 출원동향

- [육상 병원체 분야]의 세부기술 점유율을 살펴보면, 육상 병원체 분야에서는 진단 기술보다 방제 기술(1,889건/75%)에 대한 특허건수(644건/25%)가 약 3배 정도 더 많음
- 전체적으로 육상 방제 기술에 대한 특허가 육상 진단 기술에 대한 특허보다 활발하게 출원되고 있음
- 육상 방제 기술에 대한 특허는 2007년 이후 소폭 감소하였으며, 육상 진단 기술에 대한 특허는 2009년 이후 소폭 감소하였음
- [해양 병원체 분야]의 세부기술별로 점유율을 살펴보면, 해양 병원체 분야에서는 방제 기술(25건/45%)보다 진단 기술(30건/55%)에 대한 특허건수가 다소 많음
- 이는 해양 병원체 자체의 염기서열 및 이에 따른 marker에 대한 연구개발이 이제 시작되는 초기 단계임을 나타냄

- 2000년까지는 해양 진단 기술 중심으로 출원되었으며, 이후에는 해양 방제 기술에 대한 특허가 활발하게 출원되고 있음
- 또한, 해양 병원체 분야에서는 방제 기술에서도 다국적 제약회사들과 같은 대기업들의 진출이 본격화되지 않은 것으로 판단됨

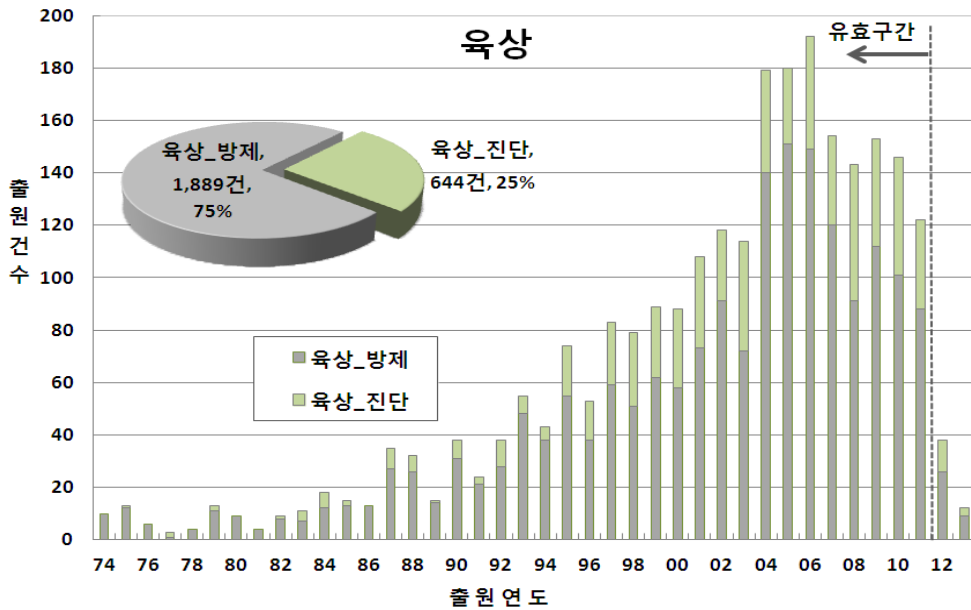


그림 2-9. 육상 병원체 분야의 세부기술별 점유율 및 연도별 출원동향

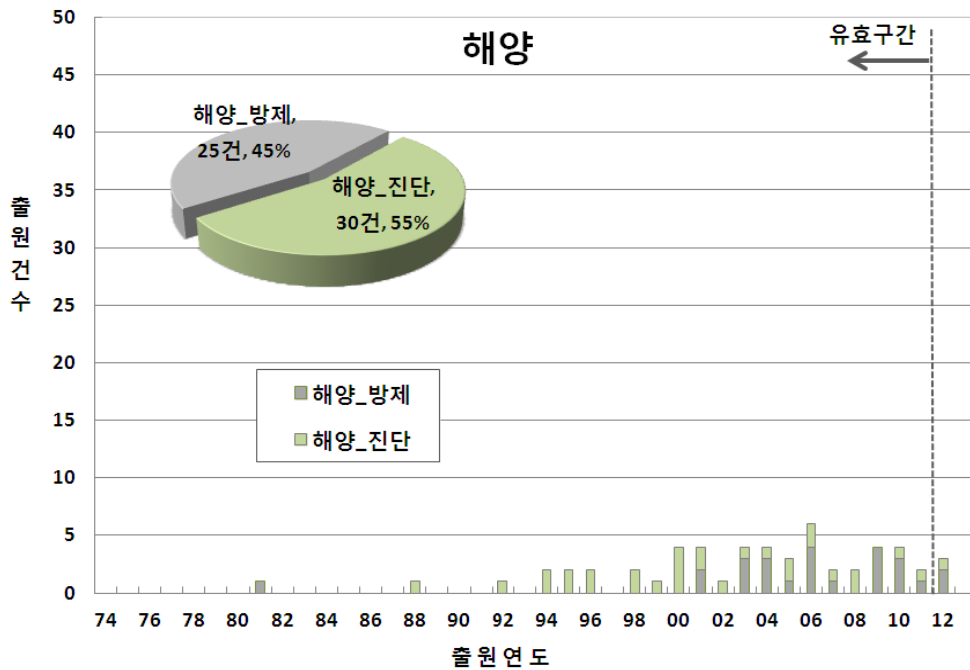


그림 2-10. 해양 병원체 분야의 세부기술별 점유율 및 연도별 출원동향

○ 시장별 세부기술 점유율 현황

- 육상 방제 기술에서는 일본특허가 611건으로 가장 많이 출원되었고, 이어서 미국특허, 유럽특허, 한국특허 순임. 또한, 육상 진단 기술에서는 미국특허가 199건으로 가장 많이 출원되었고, 이어서 일본특허, 유럽특허, 한국특허 순임
- 해양 분야의 진단 및 방제 기술에 대한 특허건수는 다른 나라보다 상대적으로 더 많아, 한국은 육상 분야보다 해양 분야에서 보다 높은 기술 경쟁력을 보유하고 있음
- 예찰 분야의 병원체 모니터링 기술에서는 일본특허가 9건, 미국특허는 2건, 한국특허는 1건으로 일본을 제외하면 병원체 예찰 또는 모니터링 기술에 대해서는 전 세계적으로도 연구개발이 활발하지는 않은 것으로 분석됨

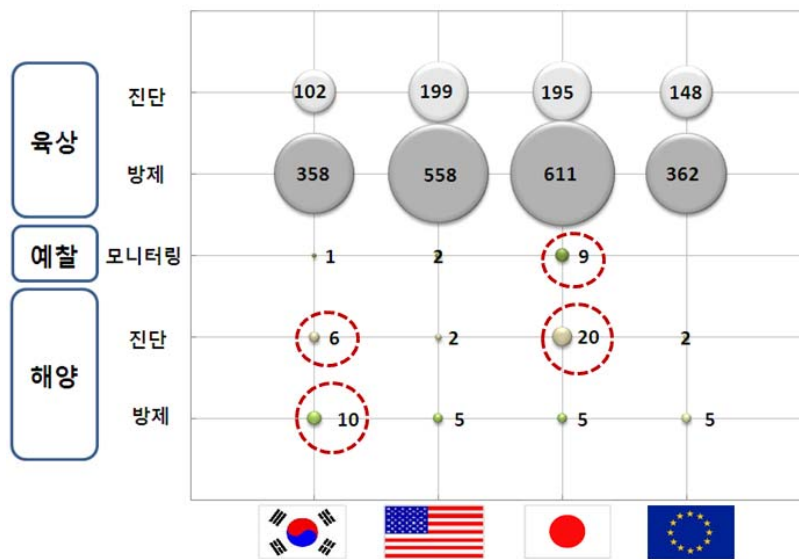


그림 2-11. 시장별 세부기술 점유율 현황

○ 정량분석 결론

- 육상 병원체 특허 2,533건(98%) vs. 해양 병원체 특허 55건(2%)
- 육상 병원체 특허는 1980년대부터 2006년까지 큰 폭으로 상승한 후 소폭 감소하여 성숙기 진입 양상
- 해양 병원체 특허는 연간 1~6건으로 미미한 수준이며, 연구개발 초기 단계
- 육상 병원체 : JPO(32%), USPTO(30%), EPO(20%), KIPO(18%) 순으로 국가별 비슷함
- 해양 병원체 : JPO(45%), KIPO(29%), USPTO(13%), EPO(13%) 순으로 US & EP 비중 낮음
- 육상 병원체 : 방제(75%), 진단(25%) 순으로 방제 기술 비중 높음
- 해양 병원체 : 진단(55%), 방제(45%) 순으로 비슷하고, 초기 진단 기술 비중 다소 높음
- 해양 병원체 : 2000년 이전에는 진단 기술, 2000년 이후에는 방제 기술 집중 경향
- 주요 국가 모두 육상 기술이 역점
- JPO : 육상, 해양, 예찰 분야 모두에서 가장 많은 특허 보유
- KIPO : 육상에 비해 상대적으로 해양 진단 기술 경쟁력 우수하지만 예찰 기술은 부족

4. 특허 심층분석

가. 심층분석 criteria

- 심층분석 개요
 - 해양 병원체의 종류, 유전자, 용도 및 기술특징을 심층적으로 분석하여 핵심특허 전체 각각에 대한 권리분석을 수행함(그림 2-12)
 - 다음으로, 해양 병원체의 IP history를 파악하고자 해양병원체의 용도(진단, 예찰, 방제 기술)별로 그것의 기술특징에 따라 기술흐름을 도출하였으며, 이를 통하여 종래의 특허 기술 흐름을 파악하고, 미래의 기술 방향을 예측함으로써 IP 창출 방향을 설정함
 - 상기와 같은 IP history 및 권리분석을 위하여, 해양 병원체 기술에 대한 핵심특허 67건 전체에 대하여 병원체 종류(바이러스, 박테리아, 기생충), 유전자(DNA, 단백질), 용도(진단, 예찰, 방제)를 분류함
 - 이어서, 국내외 기술수준 비교를 위하여 출원인 국적별로 핵심특허를 구분한 뒤 국내외 기술경쟁력을 비교하였음

* 특허분석 process

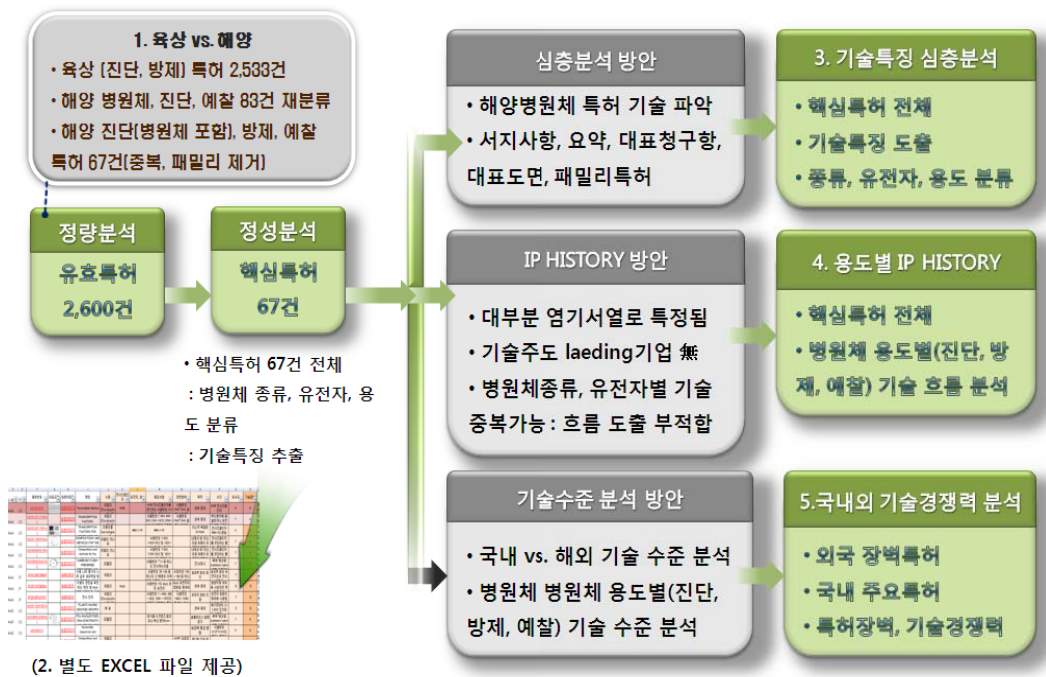


그림 2-12. 특허분석 프로세스

- 핵심특허 권리분석
 - 핵심특허의 기술 내용과 주요 청구항에 대한 깊이 있는 분석으로, 핵심특허가 가지고 있는 기술특징과 해양 병원체의 종류, 유전자, 용도를 파악함
 - 이러한 핵심특허 심층분석에 의해 주요 특허의 기술특징과 해양 병원체의 종류, 유전자, 용도를 정리할 수 있으며, 이를 통하여 새로운 IP 창출이 가능함

- IP History분석
 - 출원연도 구간별로 기술 흐름을 도출함
 - 기술 흐름은 해양병원체의 용도(진단, 예찰, 방제 기술)별로 그것의 기술특징에 따라 도출함
 - 이러한 IP History 분석에 의해 종래의 특허 기술 흐름을 파악하고 미래의 기술 방향을 예측함으로써, R&D 방향 및 IP 창출 방향을 설정하는 것이 가능함

- 기술수준 분석
 - 해양 병원체에 대한 국내외 기술 수준 위치를 파악함
 - 핵심특허 건수와 유사도 현황을 분석함
 - 외국의 특허장벽 현황과 국내외 보유기술 현황을 분석함으로써, 국내외 기술수준을 비교함
 - 핵심특허 각각의 객관적인 정보에 근거하여 국내외 특허장벽/기술경쟁력을 파악할 수 있고, 이를 통하여 IP획득의 용이성을 가늠할 수 있음

나. 핵심기술에 대한 IP 전략도출

- 해양 병원체의 IP history를 파악하고자 해양병원체의 용도(진단, 예찰, 방제 기술)별로 그것의 기술특징에 따라 기술흐름을 도출함
- 이를 통하여 종래의 특허 기술 흐름을 파악하고, 미래의 기술 방향을 예측함으로써 IP 창출 방향을 설정함

- 해양 병원체 진단 기술에 대한 IP History
 - 1988년-1992년에는 Fungi identification kit로서 진단 kit container의 크기를 특징으로 하는 기술(US07/189357)이 출원되었음.
 - 최근 2000년대 중반부터는 병원체 유전자나 마커가 아닌 포괄적인 진단 방법에 대한 특허가 다수 출원되었음

- 해양 병원체 예찰 기술에 대한 IP History
 - 1992년에는 MITSUBISHI HEAVY(JP)가 세균 포함 응축수에 레이저를 조사한 후 형광을 측정하는 기술(JP04005632A)을 출원하였음
 - 2002년에 레이저 측정값을 발생 빈도/확률 주상 도표와 비교하여 검출의 정확성을 높이는 방향으로 발전하였음
 - 2011년에는 발광유지 첨가제의 종류 및 함량이 구체화되어 발광성을 고광도로 유지시키는 기술(JP2011253033A)로 발전하였음
 - 앞으로도 레이저 측정값의 비교 기준을 달리하거나, 병원체 센싱 감도 증가를 위하여 센서 주변 환경을 개선하거나, 서로 다른 발광유지 첨가제를 조합 또는 융합하여 발광성을 더욱 높게 오랫동안 유지시키는 기술로 발전할 것으로 예상됨
- 해양 병원체 방제 기술에 대한 IP History
 - 1981년에는 H.B. FULLER COMPANY가 para-anisole을 포함하는 살생물제 및 이의 제조방법 및 용도에 관한 기술(EP1982900446)을 출원하였음
 - 2012년에는 항균 단백질 조성물 및 이의 용도로서 해양 퇴적물로부터 얻은 항균제에 관한 기술(US13/370344)과, 장내 유산균 살리 바이러스에 의해 생성된 항균 펩티드로서 이리도 바이러스 캡시드(Irido virus capsid) 단백질을 발현하는 형질전환 누에에 관한 기술(KR20120030985A)이 출원되었음

다. 국내외 기술수준 분석

(1) 국내외 특허 기술수준 동향

- 해양 병원체 진단 기술
 - 해양 병원체 진단 기술에서 일본 국적 출원인은 핵심특허 건수를 기준으로 한 양적인 면에서나 핵심특허 유사도를 기준으로 한 질적인 면 모두에서 우수함
 - 한국 국적 출원인은 양적인 면에서 일본 다음으로 우수하지만 질적인 면에서는 일본, 프랑스, 네델란드 다음인 것으로 나타남
 - 특허의 질적인 측면이 다소 미흡한 것으로 나타남

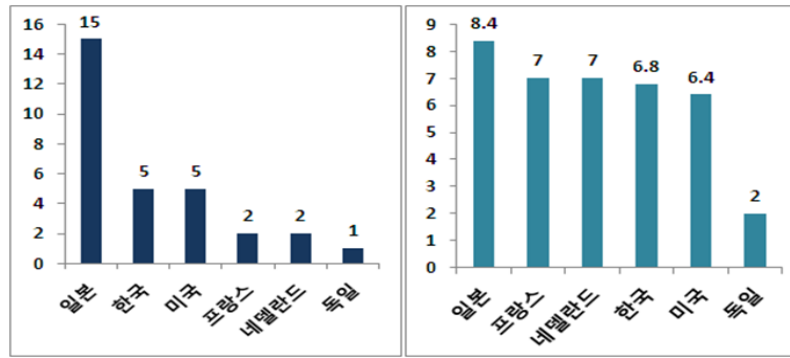


그림 2-13. 해양 병원체 진단 기술의 국내외 핵심특허 건수 비교(좌), 해양 병원체 진단 기술의 국내외 핵심특허 유사도 비교(우)

○ 해양 병원체 예찰 기술

- 일본은 전체 12건 중 58%에 달하는 7건을 보유하고, 해양 병원체 예찰 기술에서는 일본의 시장 점유율이 상당히 높은 것으로 분석되고, 한국은 1건으로 약 8%의 비중을 차지하고 있는 것으로 나타남.
- 미국과 한국 국적 출원인은 핵심특허가 상대적으로 우수한 것으로 평가됨.
- 일본 국적 출원인의 핵심특허 건수는 가장 많지만 특허의 질적인 면에서는 미국과 한국보다 낮은 것으로 나타남.

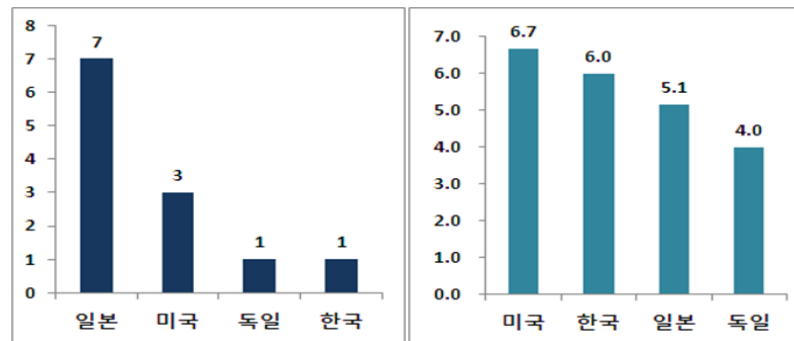


그림 2-14. 해양 병원체 예찰 기술의 국내외 핵심특허 건수 비교(좌), 해양 병원체 예찰 기술의 국내외 핵심특허 유사도 비교(우)

(2) 국내-국외 기술경쟁력 비교 분석

○ 해양 병원체 진단 기술





- 해양 병원체 진단 기술에 대하여, 외국기업은 바이러스, 박테리아, 기생충 등을 포함하는 병원체를 검출하기 위한 병원체 유전자 또는 마커 등에 대하여 다수의 특허를 보유하고 있음

- 특정한 병원체 종에 국한되거나 특정한 염기서열을 가진 프라이머 또는 프로브에 권리범위가 한정되어 있음
- 따라서, 외국기업들이 보유한 장벽특허의 권리범위는 높지 않은 것으로 분석됨.
- 국내기업들도 병원체의 유전자 또는 마커에 대한 기술과 함께 포괄적인 진단 방법에 대해서도 특허를 보유하고 있음
- 포괄적인 진단 방법 기술의 경우 향후에는 더욱 간편하고 신속하게 병원체 진단이 가능한 현장검출(POCT) 방식으로 발전할 것으로 예상됨
- 전체적으로, 구체적인 병원체 유전자 또는 마커를 새롭게 발견하는 것과 함께, 포괄적인 진단 방법 및 키트에 대해서도 연구개발을 병행하는 것이 바람직함

○ 해양 병원체 예찰 기술

- 해양 병원체 예찰 기술에 대하여, 외국기업은 병원체를 예찰하고 모니터링하는 포괄적인 방법 또는 장치에 대하여 다양한 특허를 보유하고 있음.
- 외국기업들의 장벽특허는 종래 기술의 단순한 개량 및 대체 성격이 있음.
- 따라서, 해양 병원체 예찰에 대한 외국기업들의 특허장벽도는 높지 않은 것으로 분석됨.
- 다만, 병원체를 직접적으로 검출하고 센싱하는 예찰 기술에 대해서도 다양한 특허를 확보하는 것이 바람직함.
- 최상위의 IT 기술력, 또는 인터넷망이나 스마트폰 기술력을 바탕으로 해양 병원체 예찰에 적용하여 실시간으로 병원체를 모니터링할 수 있는 새로운 예찰 platform을 개발할 수 있을 것으로 기대됨.
- 전체적으로, 해외 특허장벽과 국내 기술경쟁력이 비슷하고 경쟁도 아직까지 치열하지 않으므로, 필요한 기술에 대해 연구/개발을 집중하여 기술 선점을 통한 시장지배력 확보나 기술 우위를 도모할 수 있을 것으로 평가됨(표 2-15)

표 2-15. Moon chart 분석 결과

기술 구분	국내 기술 경쟁력	해외 특허 장벽
해양 병원체 진단	 3.5	 3.6
해양 병원체 예찰	 2.6	 3.5

5. 결론 및 시사점

가. 결론

- 육상 병원체 특허 대비 해양 병원체 특허 동향 파악
 - 육상 병원체에 대한 특허는 98%의 압도적인 비중을 차지하고 있는 반면에 해양 병원체 특허는 2%의 매우 낮은 비중을 차지하고 있으며, 육상 병원체에 비해 아직까지 해양 병원체 관련 연구는 전 세계적으로도 매우 미흡한 것으로 분석됨.
 - 육상 병원체 관련 특허는 1990년대와 2000년대 초중반에 큰 폭으로 증가하였는데, 이는 병원체 검출과 진단을 위한 PCR, ELISA, LAMP 등 유전자 증폭 기술 등의 기술적 발전에 힘입어 다양한 병원체의 구체적인 염기서열 등이 새롭게 발견되었기 때문인 것으로 분석됨.
 - 또한, 해양 병원체 관련 특허는 2000년대에도 연간 1-6건 정도의 특허가 산발적으로 출원되고 있는 것에 불과하였는데, 육상 병원체 관련 특허가 2000년대에 큰 폭으로 증가한 것과 비교해보면, 병원체의 증폭과 검출은 육상 및 해양 병원체에 동일하게 적용될 수 있음에도 불구하고, 해양 병원체 특허 건수가 극히 적은 것은 그 동안 해양 병원체에 대한 인식과 이에 대한 연구개발 자체가 부족했기 때문인 것으로 분석됨. 다만, 해양 병원체 관련 특허는 1980년대 보다 1990년대에, 그리고 1990년대 보다는 2000년대에 소폭이나마 증가하였다는 점에서, 해양 병원체에 대한 관심 또는 연구의 필요성이 전 세계적으로 확산될 것으로 예상됨.
 - 해양 병원체 기술에 대한 주요시장국별 특허 점유율을 살펴보면, JPO(45%), KIPO(29%), USPTO(13%), EPO(13%) 순으로 일본특허와 한국특허 비중이 높고, 미국특허와 유럽특허 비중은 낮은 편이어서, 육상 병원체 기술 대비 해양 병원체에서는 일본과 한국의 기술 경쟁력이 높은 것으로 판단됨. 주요시장국별로 연도별 출원동향을 살펴보면, 일본특허는 1990년대 초반부터 현재까지 비교적 꾸준하게 출원되고 있고, 한국특허는 2000년대 초반에 다수 출원되었고, 미국특허는 2006년에 집중적으로 출원되었음.
 - 해양 병원체 분야에서는 방제 기술보다 진단 기술에 대한 특허건수가 다소 많았는데, 이는 해양 병원체 자체의 염기서열 및 이에 따른 marker에 대한 연구개발이 이제 시작되는 초기 단계이고, 아직까지 해양 병원체 분야에서는 방제 기술에서도 다국적 제약회사들과 같은 대기업들의 진출이 본격화되지 않은 것으로 판단됨. 해양 병원체 관련 특허는 1990년대 중반부터 본격적으로 출원되고 있고, 그 중에서도 2000년까지는 해양 진단 기술 중심으로 출원되었으며, 이후에는 해양 방제 기술에 대한 특허가 활발하게 출원되고 있음.
 - 해양 병원체 분야에서는 시장을 주도하는 리딩(Leading)기업은 없는 것으로 분석되며, 최상위 다출원인의 특허건수도 2~4건에 불과하여 그 순위가 큰 의미를 가지지 않음. 또한, 예찰 분야에서 역시 시장을 주도하는 리딩(Leading)기업은 없는 것으로 분석되며, 최상위 다출원인의 특허건수도 1~2건에 불과하여 그 순위가 큰 의미를 가지지 않음.

○ IP 창출을 위한 데이터베이스 확보

- 해양 병원체 진단 기술에서, 외국기업들은 바이러스, 박테리아, 기생충 등을 포함하는 병원체를 검출하기 위한 병원체 유전자 또는 마커 등에 대하여 다수의 특허를 보유하고 있으나, 이러한 핵심특허들은 장벽도가 높지 않아 회피 가능함.
- 이와 함께, 외국기업들은 장벽도 높은 포괄적인 진단 방법(도전성 중공사막을 이용, 항원항체반응을 한 자기 비즈를 강자성체에 의해 회수)에 대해서도 다수의 특허를 보유하고 있음
- 이와 비교하여, 국내기업들 역시 병원체의 유전자 또는 마커에 대한 기술과 함께 포괄적인 진단 방법에 대해서도 특허를 일부 보유하고 있음
- 해양 병원체 예찰 기술에서, 외국기업들은 병원체를 예찰하고 모니터링하는 포괄적인 방법 또는 장치에 대하여 다양한 특허를 보유하고 있음
- 다만, 외국기업들이 보유하고 있는 특허는 병원체 배지의 구체적인 성분이나, 레이저 신호의 해석, 또는 전극을 대체하는 전자부품 소자(HEMT) 등과 같이 종래 기술의 단순한 개량 및 대체라는 점에서, 특허장벽도는 높지 않음
- 이와 비교하여, 국내기업은 **USN**을 이용하여 해양 환경을 모니터링하는 기술에 대하여 특허를 보유하고 있음

나. 시사점

- 해양 병원체 진단 기술에서는, 구체적인 병원체 유전자 또는 마커를 새롭게 발견하는 것과 함께, 포괄적인 진단 방법 및 키트에 대해서도 연구개발을 병행하는 것이 바람직함
- 진단 기술의 경우 간편하고 신속하게 병원체 진단이 가능한 현장검출(POCT) 방식으로 발전할 것으로 예상되는 바, 실험실상에서 in vitro 형태로 적용되는 기술이 아니라 하나의 진단 chip 또는 센서 형태의 진단 플랫폼을 개발하는 것이 필요함.
- 이를 위해서는 외국기업들의 보유특허처럼 병원체 분리를 위한 막기술이나 전극 대체 수단 등에 대해서 연구개발 하는 것이 필요함.
- 해양 병원체 예찰 기술에서는, 병원체 정보를 전달하고 처리하는 네트워크 기술 이외에, 병원체를 직접적으로 검출하고 센싱하는 예찰 기술에 대해서도 다양한 특허를 확보하는 것이 바람직함.
- 우리나라는 전 세계에서 인정받는 최상위의 IT 기술력, 또는 인터넷망이나 스마트폰 기술력을 가지고 있으므로, 이러한 기술 등을 해양 병원체 예찰에 적용하여 실시간으로 병원체를 모니터링할 수 있는 새로운 예찰 platform을 개발할 수 있을 것으로 기대됨

제 5 절 해양병원체 관련 시장조사

1. 바이오산업 시장규모

○ 세계 바이오산업 시장규모

- 세계 바이오산업 시장규모는 2000년 540억 달러에서 2008년 1,250억 달러, 2013년 2,100억 달러로 증가될 것으로 전망됨(그림 2-15).

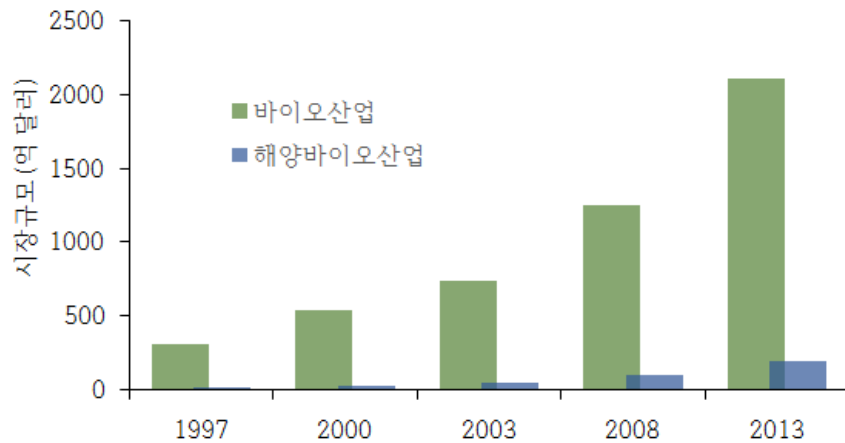


그림 2-15. 연도별 바이오산업의 세계시장 규모

○ 세계 해양생명공학 시장규모

- 해양 바이오산업 시장규모는 2000년 30억 달러에서 2010년 120억 달러에 이를 것으로 예상됨 (그림 2-16).
- 이는 전체 바이오산업 시장규모의 5~10%를 차지할 것으로 예측됨.
- 특히, 해양 병원체 진단 시장은 상기 DNA진단 시장 또는 해양 바이오산업 중 10% 비중을 차지하는 것으로 볼 수 있음.
- 전체 바이오산업 중 DNA 진단 시장은 약 10%, 그리고 전체 바이오산업 중 해양 바이오산업은 약 10%의 비중을 차지.
- 2013년 해양 병원체 진단(키트) 시장은 약 최소 20억 달러 내지 최대 400억 달러인 것으로 분석됨
- 2018년 해양 병원체 진단(키트) 시장은 약 최소 34억 달러 내지 최대 675억 달러 규모를 달성할 것으로 예상됨.

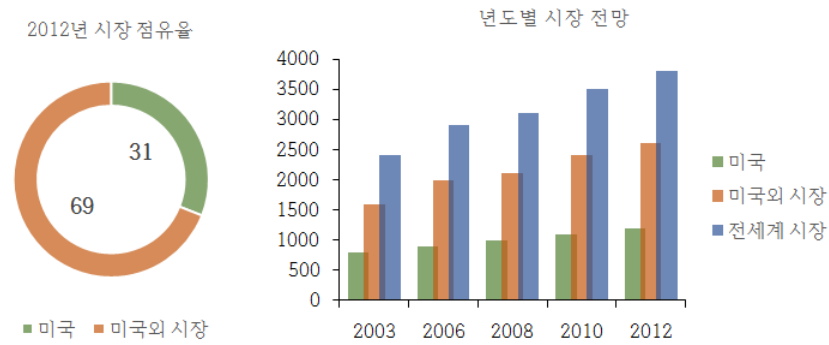


그림 2-16. 2003년~2012년까지의 해양생명공학 점유율 및 현황

2. 진단 시스템 시장 동향

○ 시장구조 및 경쟁현황

- 현재 감염성 질환 진단시장은 면역검사법, 분자진단법 및 바이오칩 제품들이 주종을 이루고 있음.
- 분자진단법 중 PCR법이 가장 많이 사용되고 있는 방법으로, 시간이 많이 소요되고, 특정 전문기관에서만 수행되고 있는 단점이 있음.
- 바이오칩 연구는 DNA 마이크로어레이 칩이 주로 연구용으로 많이 사용되고 있으며, multiplexing이 가능한 장점이 있음.
- 산업의 특성상 제품구현에 소요되는 시간과 국외제품에 대한 신뢰 등의 요인으로 시장진입이 어려운 반면, 진입이후에는 경쟁이 심하지 않은 시장 환경에서 높은 수익률을 기대할 수 있는 시장임
- 진단키트분야에서 가장 선두 그룹인 로슈의 경우 국내에서 20% 미만의 점유율을 확보하고 있으며, 의료기기분야 또한 그와 흡사한 수준으로 국내제품에 대한 시장 점유율이 낮아, 높은 시장을 점유하는 것은 한계가 있을 것으로 사료됨. 그러나 본 기술을 성공적으로 구현하게 된다면, 원천기술을 확보를 통해 기존의 국산의 점유율을 넘어서는 시장규모를 확보할 수 있을 것으로 판단됨.

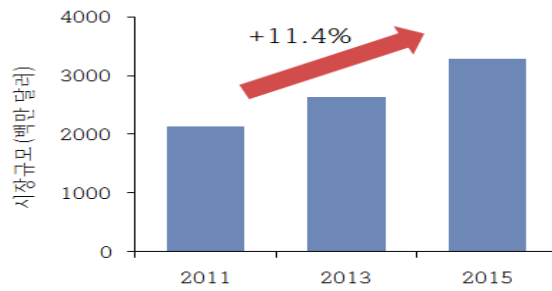


그림 2-17. 의료용 진단키트 제조기술 시장 동향

3. 진단시장 현황과 전망

○ 체외진단시장 현황

- 체외진단(IVD, In vitro Diagnostics)은 혈액이나 요(尿) 같이 인체에서 유래한 물질을 검사하는 시약, 소모품, 그리고 분석기 등을 포함함.
- 2009년 전세계적으로 IVD 시장의 매출규모는 387.62억 달러였으며, 2014년까지 연평균 성장률(CAGR)이 5.4%로 성장할 것으로 전망됨

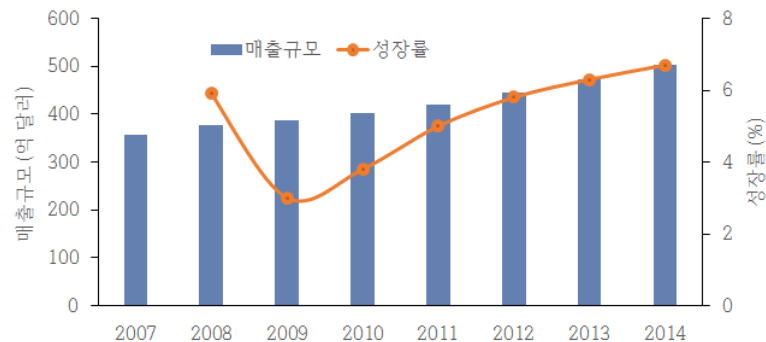


그림 2-18. 전세계 IVD 시장 매출규모 현황 및 전망('07-'14년)

○ 세계 분자진단시장 규모 전망

- 체외진단 시장 내에서 질병의 근원이 되는 DNA를 직접 검사하는 분자진단(MDx: Molecular Diagnostics)시장 규모는 전체 체외진단 시장 성장을 5.4%를 압도하는 12% 이상의 고성장이 예상되는 분야임.
- 세계 분자진단 시장은 지역별로 미국 45.8%, 유럽 29.2%, 일본 10.4%, 기타 14.6% 비중을 나타내고 있음.
- 회사별로 Roche 28%, Qiagen 11%, Gen-probe 11%, Cepheid 4% 비중을 나타내며 상위 4개 회사가 전체 분자진단 시장의 54% 비중을 차지함

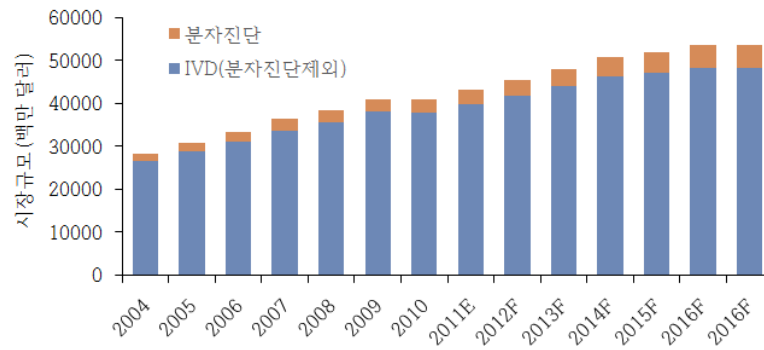


그림 2-19. 세계 체외 진단 시장 규모 전망

○ DNA 진단검사 시장 규모 확대

- 세계 DNA 진단검사 시장이 5년 후 약 365억 달러에 달할 것이라는 전망이 나옴.
- 전체적으로 2013-2018년까지 연간 12.6%의 연평균 복합 성장률(CAGR)로 성장해 2018년까지 365억 달러에 달할 것으로 예상됨

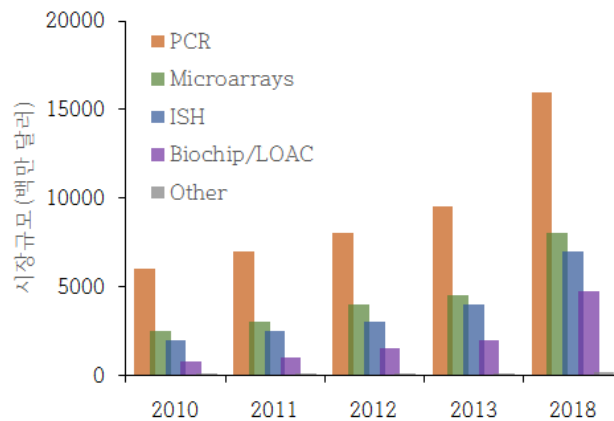


그림 2-20. DNA 진단 검사 시장 규모

4. 시장조사 결론

- 상기 해양병원체 관련 시장조사에 따르면, 세계 바이오산업 시장규모는 2000년 540억 달러에서 2008년 1,250억 달러, 2013년 2,100억 달러로 증가될 것으로 전망되며 (그림 2-15), 또한, 해양 바이오산업 시장규모는 2000년 30억 달러에서 2010년 120억 달러에 이를 것으로 예상되고 있으며, 전체 바이오산업 시장규모의 5~10%를 차지할 것으로 예측됨(산업연구원 및 KISTI 자료)
- 또한, Global Industry 자료에 의하면 해양생명공학 관련 세계 시장은 2003년 2,480억 달러 규모를 형성함. 2003년 2012년 사이 연평균 4.8%의 성장률을 보이며 2012년 해양생명공학 관련 세계 시장은 3,781억 달러인 것으로 나타남

- 또한, BBC Research 사의 자료에 의하면 2012년에는 세계 DNA 진단검사 시장 규모가 173억 달러를 넘어섰음. 이 시장은 전체적으로 2013-2018년까지 연간 12.6%의 연평균 복합 성장률(CAGR)로 성장해 2018년까지 365억 달러에 달할 것으로 예상함
- 이와 같은 시장조사에 의하면, 2013년 세계 해양 바이오산업의 시장 규모는 200억~4,000억 달러로 조사기관마다 상이함. 즉, 산업연구원 및 KISTI 자료에 의하면 2013년 바이오산업 전체는 2,100억달러이고, 이 중에서 해양 바이오산업은 200억 달러이며, Global Industry 자료에 의하면 해양 바이오산업은 약 4,000억 달러 규모임. 또한, 시장조사 주요기관인 BBC Research 사의 자료에 의하면 2013년 DNA 진단시장은 약 200억 달러임
- 이러한 조사 결과에 의하면, 전체 바이오산업 중 DNA진단 시장은 약 10%, 그리고 전체 바이오산업 중 해양 바이오산업은 약 10%의 비중을 차지하는 것으로 볼 수 있고, 이에 따르면 해양 바이오산업 중 병원체 등을 진단하는 해양 병원체 진단 시장은 상기 해양 바이오산업 또는 DNA진단 시장 중 10% 비중(즉, 바이오 시장 전체에 대해서는 1% 비중)을 차지하는 것으로 볼 수 있어서(왜냐하면, 해양병원체 진단은 바이오 중 해양바이오에 속하는 것이고, 동시에 바이오 중 DNA 진단에 속하는 것이기 때문에, 상기 해양바이오와 DNA 진단의 교차 영역으로 볼 수 있어서), 2013년 해양 병원체 진단(키트) 시장은 약 최소 20억 달러 내지 최대 400억 달러인 것으로 분석됨

(단위 : 억 달러)

	2013년 기준			2018년	
	바이오	해양 바이오	DNA 진단	해양 병원체 진단	해양 병원체 진단
산업연구원 및 KISTI	2,100	200 (바이오 중 10%)	-	20 (해양바이오 중 10%)	34 (연평균 11% 증가율)
Global Industry	-	4,000	-	400 (해양바이오 중 10%)	675 (연평균 11% 증가율)
BBC Research	-	-	200 (바이오 중 10%)	20 (DNA 진단 중 10%)	34 (연평균 11% 증가율)

- 나아가, 주요 시장 조사기관들은 바이오산업 특히, 해양 바이오산업의 연평균 시장 성장률을 약 11%로 보고 있고, 이에 따르면 2018년 해양 병원체 진단(키트) 시장은 약 최소 34억 달러 내지 최대 675억 달러 규모를 달성할 것으로 예상됨

표 2-16. 해양병원체 시장조사 참조문헌 리스트)

No.	발행인	제목	연도	내용
1	(재)부산테크노파크 전략산업기획단	부산지역 해양바이오산업 기술로드맵 최종보고서	2010	해양바이오산업의 분야별 시장동향, 기술동향 및 기술로드맵 등
2	생명공학정책연구센터	BT 기술동향 보고서 해양 생명공학 (Marine Biotechnology)	2008	해양 생명공학 기술, 특허 및 서지분석, 기술개발동향, 국내외 기술수준비교 등
3	Frost&Sullivan (생명공학정책연구센터 재가공)	체외진단시장 현황과 전망 (http://www.koreahealthlog.com/3951)	2010	체외진단 시장 현황과 전망 등
4	Frost&Sullivan (생명공학정책연구센터 재가공)	아태지역 감염병 체외진단 시장 (http://blog.daum.net/bioin2011/9525)	2012	아태지역 감염병 체외진단 시장 등
5	이승호, 김혜진	바이오산업_유전자 비즈니스를 향한 바이오산업의 진화	2012	유전체 분석, 분자진단 및 유전자 활용 분석, 진단, 치료 전문 기업 소개 등
6	BCC Research	진단검사 시장 규모 확대 관련 기사 (http://www.healthfocus.co.kr/news/articleView.html?idxno=27484)	2013	진단검사시장 규모 등
7	고려대학교 산학협력단	'10년 산업원천기술개발사업 우선과제 세부기획서	2010	과제명: 호흡기 감염성 질환 조기 진단용 나노센서 개발 (원천)
8	한국원자력연구원	의료용 진단키트 제조기술	2011	이전대상기술 요약서_시장동향, 기업 및 제품 동향 등
9	중앙대학교,SK, 바이오메드랩	SK '미생물 체외진단키트' 국제표준 채택 관련기사	2011	체외진단키트, 체외진단검사 시장 등
10	Venture Planning Group	미생물 검사 시장의 향후 전망: 일본 (2014 Opportunities in the Japanese Microbiology Testing Market)	2013	일본 미생물 검사 시장의 최신 동향과 향후 전망 분석 및 최신 연구개발 동향 등
11	Journal of Microbiological Methods, Jason E.Dover et al.	전염병원체의 탐지를 위한 펩타이드 프로브 기반 바이오센서의 개발 현황	2009	전염병원체의 탐지를 위한 항체와 결합하는 병원체를 효소 등의 방법으로 탐지하던 종래법과 다른 신규 기술 소개

제 3 장 연구개발 비전 및 추진 전략

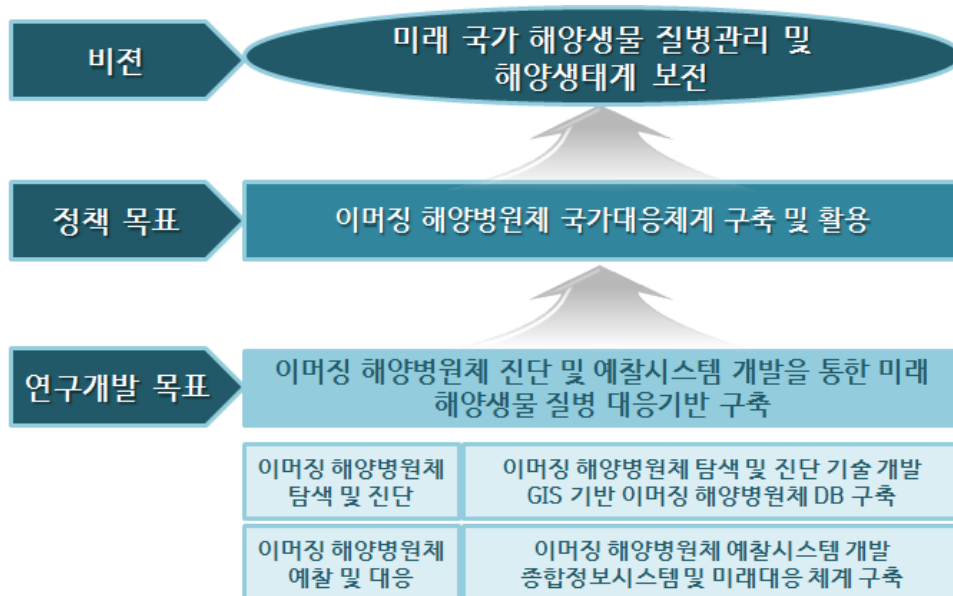
- 연구개발 비전
- 연구개발 목표
- 추진전략
- 중점 연구개발 과제 도출

제 3 장 연구개발 비전 및 추진 전략

제 1 절 연구개발 비전

1. 연구개발 비전

- 이머징 해양병원체 연구를 체계적으로 수행함으로써 미래 국가해양생물의 질병관리 및 해양 생태계 보존을 위한 과학적 근거 확보를 본 연구과제의 연구개발 비전으로 제시하고자 함



- 세계 각국의 해양 환경은 지구 온난화와 함께 해류 이동 및 선박에 의한 해수의 이동 등으로 새로운 해양병원체에 의한 질병 발생률이 증가하고 있어 해양생태계내의 해양병원체 동태 파악 및 해양병원체로 기인하여 발생할 수 질병을 예찰할 수 있는 기술적 기반을 구축하고자 함.
- 해양 환경변화에 기인하여 발생하는 해양병원체의 이동경로를 파악하기 위해 국내 해양 영토 내 해역별 병원체 및 이들의 숙주인 해양생물자원에 대한 동적 모니터링 기반 기술을 구축하고자 함
- 육상(우량 증가)과 외해(중국 장강)로 부터 저염분수 확산, 해양오염의 가중화 및 난류 유입에 따른 외래생물 유입으로 해양병원체(바이러스, 박테리아, 기생충)의 국내 침투가 가능하게 됨에 따라, 유입 가능한 이머징 해양병원체의 정밀 진단 기술을 확립하고자 함
- 이머징 해양병원체의 국내 침투는 국내 해양생태계의 4대 기능(다양성, 유기성, 회복성, 생산성)을 크게 약화시킬 수 있기 때문에 해양병원체에 의한 생태계 영향평가 기술을 확립하고자 함

2. 비전 도출에 의한 연구개발 성과 활용

- 해양병원체 관리에 앞장서는 핵심인프라 구축
 - 전 세계 오대양에서 해양생태계에 피해를 주는 글로벌 해양유래 병원체를 하나의 DB에 총정리하고 종합적으로 관리하여 대한민국이 이머징 해양병원체에 선제적으로 대응할 수 있는 전략을 세계 최초로 수립하고, 전 세계 해양정책을 리드하는 위치를 확보함.
- 이머징 해양병원체 대응센터 운영
 - 미래 해양생물에 발생 가능한 이머징 해양병원체 DB 업데이트, 정기/장기 모니터링을 수행하여, 이머징 해양병원체 확보 및 공유, 해양생물에게 병을 일으키는 병원체를 체계적으로 수집, 보존 및 연구 시료로 제공하는 센터를 건립하여 해양병원체를 언제든지 연구에 이용할 수 있도록 함.
- 해양병원체 진단키트 상용화
 - 위험성이 큰 등급으로 선정된 해양병원체를 현장에서 실시간으로 진단하며 전 세계 어디서나 이용할 수 있는 진단키트를 개발하여 상용화함
- 해양병원체 분포 맵 구축
 - 기후변화에 따른 전 세계 해양병원체의 종류와 분포, 피해 예상규모를 매년 산정하여 예방과 방제가 가능한 정책을 펼 수 있도록 함



제 2 절 연구개발 목표

1. 연구개발 목표 및 중점연구과제 설정 과정

기술별 분과위원회 구성	• 분과위원회 구성(세부기술별 전문가로 구성)
정책동향 및 법제도 분석	• 해양병원체 관리 관련 국내 정책 및 법제도 분석
기술동향 분석 및 유망기술 도출	• 분과별로 기술동향분석, 기술수준 분석, 유망기술 1차 도출
기술 수요 분석	• 특허동향조사사업 활용 기술 수요 분석 및 사업화 방안 도출
연구분야 및 목표 설정	• 분과별 중점연구과제 도출
핵심/세부기술 도출	• 분과위원회 전문가 workshop
1차 타당성 검토	• 기획 타당성 검토위원회(관리기관 주관)
연구개발 내용 및 범위 설정	• 분과위원회, 전문가 workshop
정책적, 경제적 타당성 분석	• 법규, 상위계획 및 정부 지원 필요성 분석, 경제성평가(CVM)
세부실행계획 수립	• 세부핵심기술별 RFP 및 예산소요 작성
2차 타당성 검토	• 기획 타당성 검토위원회(관리기관 주관)
연구기획 확정	• 기획보고서 제출

2. 연구개발 목표 설정

- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 사업은 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰시스템을 개발하여 미래 발생 가능한 해양생물 질병의 예측 및 관리를 위한 정책목표와 연계하여 수행되어야 연구개발의 실효성이 담보될 수 있음
- 연구개발사업은 정책목표를 달성하기 위하여 필요한 연구 및 모니터링으로 구성되고, 그 결과물은 다시 정책의 이행에 따른 성과를 평가하여 정책을 수정 및 보완할 수 있는 선순환의 과정으로 진행될 때, 큰 상승효과를 발휘할 수 있음
- 따라서 해양병원체 대응 및 관리에 대한 정책목표를 기반으로 연구개발 목표를 설정하는 것이 가장 바람직함
- 그러나 아직까지 해양병원체의 중요성에 비해 국가적 정의가 준비되어 있지 않은 상황이므로, 기획사업 참여연구진 및 자문위원단의 토의를 거쳐 아래와 같이 2단계로 나누어 정책목표를 설정하였으며, 그에 따른 연구개발 목표를 수립하였다(표 3-1).

표 3-1. 본과제의 정책목표 및 연구개발 목표

단계	정책목표	연구개발 목표
1단계 (‘15-‘17)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양생태계 및 국민 건강과 안전 확보를 위한 과학적 정보구축, 대응 필요 ○ 새로운 환경 위해요소에 대한 정부 주도의 연구와 대응 필요 ○ 광역성과 월경성 문제에 대한 국제적 연구 주도 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 및 외래 해양병원체 탐색 및 진단기술 개발, 해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 종합정보시스템 구축
2단계 (‘18-‘19)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화와 한반도 생물자원의 위협성에 대한 사전 대응기반 구축 필요 ○ 고도의 부가가치적 측면에서 해양 병원체에 대한 국제적 선도 연구 필요 ○ 해양병원체 정보화와 대응기반, 활용성 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이미징 해양병원체 예찰시스템, 종합 정보시스템 및 미래 대응 체계 구축

제 3 절 추진전략

1. 연구단계 설정

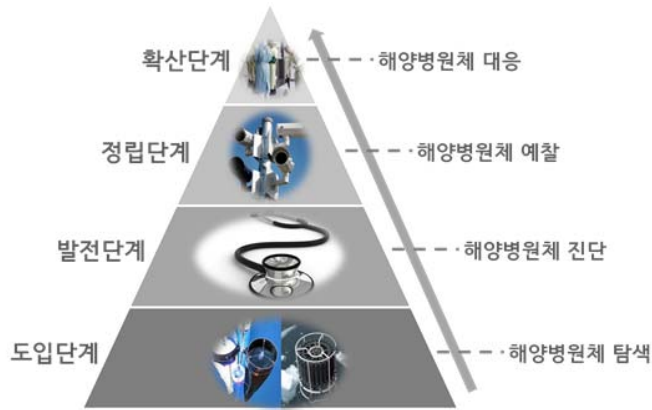
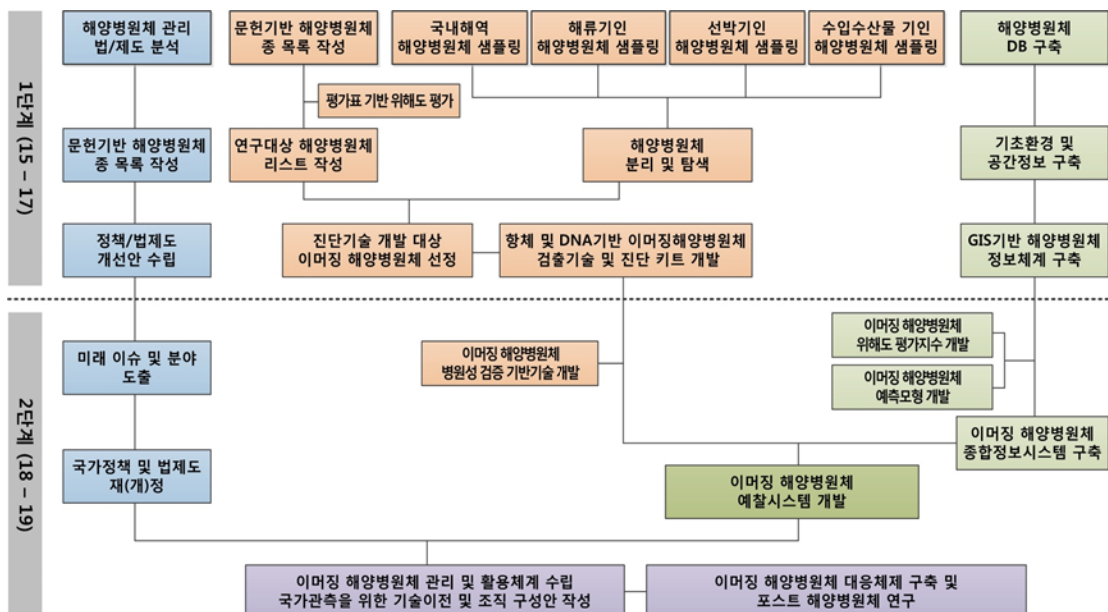


그림 3-1. 연구 추진전략 4단계

표 3-2. 연구단계별 추진 연구내용

1단계	해양병원체 서식 현황 파악
	도입단계: 해양병원체 탐색 및 분석 표준화 발전단계: 해양병원체 탐색 및 검출기술 고급화
2단계	국내해역 해양병원체 미래 변화 대응 방안 수립
	정립단계: 해양병원체 예찰 확산단계: 해양병원체 대응 기반 구축 및 정보 서비스

2. 연구개발 추진전략



○ 도입단계 추진과정

- 문헌기반 해양병원체 목록작성 및 위해도 평가를 통한 연구대상 병원체 리스트 작성
- 국내해역 해양병원체 샘플링 및 해양병원체 탐색기술 표준화
- 해양병원체 검출기법 검토 및 기술 개발

○ 발전단계 추진과정

- 해양병원체 목록 및 연구대상 병원체 리스트 업데이트
- 난류, 선박 및 수입수산물 기인 해양병원체 샘플링 및 해양병원체 탐색기술 고도화
- 해양병원체 검출 및 (준)실시간 진단 기법 개발
- 해양병원체 DB 구축 및 종합정보시스템 기반 구축

○ 정립단계 추진과정

- 이머징 해양병원체 목록 제시 및 관리방안 검토
- 이머징 해양병원체 검출 키트 개발
- 이머징 해양병원체 정기/장기 모니터링 방안 구축 및 위해도 평가지수 개발
- 이머징 병원체 모델링을 통한 해양병원체 예측시스템 개발

○ 확산단계 추진과정

- 이머징 해양병원체 예찰시스템 구축 및 활용방안 정립
- 이머징 해양병원체 종합 정보시스템 구축 및 공유방안 확립
- 해양병원체 예찰 의사결정 지원체계 구축
- 이머징 해양병원체 국가기관 기술 이전 및 조직화

3. 국제 공동연구 및 협력 전략

○ 국제 협력 및 공동연구의 필요성

- 바이오 분야의 사회 경제적 중요성이 증가함에 따라 질병과 환경의 변화 사이의 관계, 병원균의 출현과 중대성, 또한 농업 및 임업 서식지에 있는 병원체 상호 작용을 새롭게 이해하려는 시도가 이루어지고 있음
- OECD Global Forum('12)에서 논의된 Emerging pathogens in the environment 주제는 새로운 식물, 동물, 토착 및 외래 병원체 사이의 교잡을 포함하여 농업, 삼림, 해양생태계 내 병원균 및 질병-환경 변화 간의 연결 등에 초점을 맞추어 논의되었음
- 새로운 병원체의 출현과 감염성질환의 확산은 예방치료를 위한 기술개발 뿐 아니라 생활 패턴 변화, 국가 간 무역 규제 조치 및 대책, 그리고 세계 경제위기에 까지 이르는 일련의 상호작용임이 역설되었음

- 환경변화에 따른 병원체 및 질병의 확산에 대한 연구는 ① 감염성 질병의 탐지 및 규명 프로젝트의 개발 및 향후 발전을 위해 관련 기술의 융합 부분 (영국 기술전략위원회, Technology Strategy Board) ② 다중 숙주, 다중 매개체 시스템으로 인한 매개체 전파 질병의 확산 증가 및 이에 대한 대응 및 대비 부분(영국생태센터-Centre for Ecology & Hydrology) ③ 위험에 대한 정보교환과 질병 조절을 위한 프레임워크 및 국제적 네트워크 마련 부분으로 각각 필요성이 제시되었음
- 따라서 국내 최초로 시도되고 있는 이머징 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 연구는 관련 국제기구, 연구소 및 연구자들과의 긴밀한 협력 및 공동연구를 필요로 하며, 이에 대한 전략적인 접근이 요구됨

○ 국외 협력연구 방법

- 국제 해양병원체 심포지움 개최
- 국외 전문가 초청 세미나 개최
- 국외 전문가 협력 현장조사 및 공동 시료 분석
- 국외 전문가 공동 논문 출간

○ 해양병원체 연구 사이트 세계지도(global map)



지역	미국	유럽	호주	일본	중국	기타	계
기관수	10	14	5	6	2	7	44

그림 3-3. 공동연구가 가능한 전세계 해양병원체 연구기관 위치 지도

표 3-3. 해양바이러스 병원체 협력기관 및 협력분야

국가	기관	연구자	연구주제	협력분야
미국	USGS	J.R. Winton	북태평양 서식 해산 어류의 바이러스 감염특성 연구	연구자 교류 및 방문연구가능 해양수계의 바이러스감염특성
미국	USGS	G. Kurath	북태평양 서식 연어과 어류의 바이러스 감염특성 연구	연구자 교류 및 방문연구가능 해양수계의 바이러스감염특성
미국	University of Arizona	D.V. Lightner	새우 바이러스 탐색 및 감염특성 연구	연구자 교류 및 방문연구가능 해양수계의 바이러스감염특성
덴마크	National Veterinary Institute	N.J. Olesen	유럽 연안 서식 연어과 어류 및 해산 어류의 바이러스 감염특성 연구	연구자 교류 및 방문연구가능 해양수계의 바이러스감염특성
독일	Friedrich-Loeffler Institute	S. Bergmann	유럽 연안 서식 연어과 어류 및 해산 어류의 바이러스 감염특성 연구	연구자 교류 및 방문연구가능 해양수계의 바이러스감염특성
프랑스	INRA Jouy en Josas	M. Bremont	유럽 연안 서식 연어과 어류 및 해산 어류의 바이러스 감염특성 연구	연구자 교류 및 방문연구가능 해양수계의 바이러스감염특성
노르웨이	Nor. S. Veterinary Sci.	R. Evensen	유럽 연안 서식 연어과 어류 및 해산 어류의 바이러스 감염특성 연구	연구자 교류 및 방문연구가능 해양수계의 바이러스감염특성
호주	CSIRO livestock Industries	P.J. Walker	해양 수중 환경계의 어류, 패류 등의 emerging viral diseases 연구	연구자 교류 및 방문연구가능 해양수계의 바이러스감염특성
일본	Ehime University	S.-I. Kitamura	해양 수중 환경계 어류의 생존에 미치는 수중 병원체의 병리학적 영향	해양수계의 바이러스감염특성 확보된 병원체 생물샘플을 이용한 실험가능
일본	Center of Marine Environment Science	K. Nakajima	해양 수중 환경계 어류의 생존에 미치는 수중 병원체의 생리학적 영향 연구	해양수계의 바이러스감염특성 확보된 감염샘플을 이용한 실험가능
일본	Hokkaido University	M. Yoshimizu	북해도 및 러시아 연안 서식 연어과 어류 및 해산 어류의 바이러스 감염특성 연구	해양수계의 바이러스감염특성 확보된 병원체 생물샘플을 이용한 실험가능

표 3-4. 해양박테리아 병원체 협력기관 및 협력분야

국가	기관	연구자	연구주제	협력분야
미국	Cornell Univ.	Drew Harvell	Coral diseases and the National Center for ecological analysis Ecology of marine disease	다양한 해양생물의 질병 정보교환 기후변화 관련 해양질병의 생태학 연구 활발(세계 최고 수준)
미국	Stanford Univ.	Alexandria Boehm	Rapid detection of marine pathogens	해양병원체 진단법 개발 및 관련 정보 교환
미국	WHOI	Michael Moore	Marine and bird mammal emerging Zoonoses	인수공통병원체(사람 및 해양 척추 동물)에 관한 연구 정보 교환
미국	MIT	Martin Polz	Model dynamics and reservoirs of Vibrio spp. populations by environmental change	해양 환경변화에 대한 비브리오의 특성 및 생태 분석 해양병원세균의 환경에 대한 역동학 정보 교환
미국	WHOI	Rebecca Gast	Infectious disease and spreading pathogens	분자계통학 및 생태학
미국	MBARI	Mandy Allen	Marine Pathogen Rapid Detection Project	해양병원체 검출시스템 개발
미국	USGS	Thierry M. Work	Invasive bacteria/virus/parasites	검출시스템 개발
영국	Univ. of Stirling	Brian Austin	Fish diseases and bacterial pathogens	해양생물의 세균성 질병에 관한 정보 교환
노르웨이	Nofima	Lill-Heidi Johansen	Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations	야생과 양식 해양생물 간의 질병 상호작용에 관한 정보 교환
이탈리아	Univ. of Milan	Francesca Benzoni	Coral disease related pathogen	해양병원성 박테리아 계통분류
호주	Univ. of Adelaide	Connor Thomas	Pathogenic Vibrios associated with marine invertebrates and shellfish	해양무척추 생물의 질병 정보 교환
호주	Ozcoasts	Muriel Lepesteur	Dangerous bacteria in seawater	분자프로브 개발
호주	Univ. Technology	Olivier Laczka	Marine Pathogen detection	병원체 검출기법
중국	Ocean Univ. of China	Xiao-Hua Zhang	Marine microbiology, Pathogenicity mechanisms and control of bacterial pathogens	해양 병원성 세균의 병원성 메커니즘에 관한 정보 교환
대만	NHRI	Shih-Feng Tsai	Comparative genome analysis of marine pathogen	유전체분석 및 분자마커 개발
사우디아라비아	King Abdullah Univ. of Sci. & Technol	Christina Voolstra	Genomics and systems biology of disease related pathogen	유전체 분석

표 3-5. 해양기생충 병원체 협력기관 및 협력분야

국가	기관	연구자	연구주제	협력분야
미국	VIMS	Kim Reece	해산저서동물내 기생 원생동물의 분자계통분류	해산 저서동물내 기생체의 분자계통 규명
미국	스미스소니언연구소	D. Wayne Coats	해양기생충(부유생물 내 기생성) 생태학	해양기생충 분류, 종동정 관련 공동 연구 및 논문 출간
캐나다	Environ. Can. Montreal Saint-Laurent	François Gagné	저서동물내 염증정량 및 스트레스 정량 기술 개발	해산 저서동물내 기생체의 병원성 진단
프랑스	IFREMER	Isabelle Arzul	해산이매패 질병 연구 및 EU 지정 연체동물질병 연구실 운영	해산 이매패 내 질병 진단 기술 개발, 유럽-아시아 공통 질병 발병 기작 규명
프랑스	프랑스 CNRS	Philippe Soudant	해산저서동물의 면역기능 규명	해산 저서동물내 기생체의 병원성 진단
스페인	CSIC	A. Figueras	해산저서동물의 면역기능 규명	해산 저서동물내 기생체의 병원성 진단
포르투갈	University of Oporto	C. Azevedo	해산저서동물내 기생 원생동물의 미세구조 및 분류	해산 저서동물내 기생체의 미세구조 규명
체코	Institute of Parasitology	F. Moravec	어류 기생성 선충의 분류, 동정 및 생태	어류 기생성 선충의 분류, 동정 작업
이태리	The Sapienza University	S. Mattiucci	어류 기생성 선충의 분자생물학적 동정 및 생태, 생물지리학	어류 기생성 선충의 분자생물학적 동정
영국	Natural History Museum	G. Boxshall	어류 기생충 다양성 및 숙주 공진화 연구	어류기생충 표준화 및 고도화 연구 분야 및 목록 제시 분야
호주	Queensland Museum	R.D. Adlard	해산어류에 기생하는 원충의 생물다양성 및 숙주-기생충 관계	해산어류 점액포자충의 생물다양성 연구 및 분자계통분석
일본	미야기현 수산종합기술 센터	Akira Kumagai	해양저서동물 내 편모충 감염 진단 및 치료기술 개발	척삭동물내 기생체의 동정 및 위해도 평가 기준 개발
일본	Hiroshima University	K. Nagasawa	해양기생충 생물정보학	국내 해양기생충 병원체 탐색, 진단 동북아 해양기생충 병원체 목록화 제시
일본	Meguro Parasitological Museum	Kazuo Ogawa	해양기생충 (어류 기생충) 분류학	어류 기생성 선충의 분류, 동정 관련 공동 연구 및 학술 심포지움 계획
중국	하이난대학교	Aimain Wang	해산연체동물내 원생기생충 감염 진단 및 치료기술 개발	열대해역의 저서동물내 기생충 감염 현황 및 진단 기술 개발
대만	National Chiayi University	Koa-Jen Jong	해산연체동물내 원생기생충 감염 진단 및 치료기술 개발	열대해역의 저서동물내 기생충 감염 현황 및 진단 기술 개발
베트남	Cantho University	Thao Ngo	해산연체동물내 원생기생충 감염 진단 및 치료기술 개발	열대해역의 저서동물내 기생충 감염 현황 및 진단 기술 개발
태국	Mahidol Univ.	Yanin Limpanont	해산연체동물내 원생기생충 감염 진단 및 치료기술 개발	열대해역의 저서동물내 기생충 감염 현황 및 진단 기술 개발
남아프리카 공화국	Univ. Limpopo	Susan Diappenaar	어류기생성 요각류 종다양성 및 외래종 연구	국내 기생성 요각류 목록화 및 외래종 정보 분야

제 4 절 중점 연구개발 과제 도출

1. 중점 연구개발 과제 도출 방향

- 가. 해양병원체 탐색 및 진단기술을 개발하고, 해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 종합정보시스템을 구축하고자 국내해역 및 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양병원성 바이러스, 박테리아 및 기생충 탐색기술을 표준화하고 고도화하는 연구를 수행함
- 나. 탐색기술 결과 얻어진 이머징 해양병원체 목록을 작성하고, 위해도 평가 리스트 및 병원성 검정시스템을 활용하여 현장적용형 진단기술개발에 대한 우선순위를 정하고, 각 해양병원체 특이적인 정밀 검출기술을 개발하고, 이를 진단키트화하여 예찰시스템 개발을 위한 기반기술을 구축함
- 다. 이머징 해양병원체 유입 및 영향 등을 분석하여 해양병원체 영향지수를 개발하고, 예측모델 개발 및 운용을 통해 이머징 해양병원체 예찰시스템 구축을 확립함
- 라. 이머징 해양병원체에 대한 정책적, 법적 및 경제적 분석을 통하여 정책적 및 법적 대응 전략을 수립하며, 본 연구과제를 통하여 도출된 연구결과는 국가기관으로의 기술이전을 통해 이머징 해양병원체에 대한 미래대응이 가능하도록 조직화함
- 마. 5년간의 ‘해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 연구’ 과제 후, 포스트 이머징 해양병원체 연구 과제(Post Marine Pathogen Project) 도출을 위한 발전전략을 수립함

단계	연구개발 목표	중점과제
1단계 (2015-2017)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 및 외래 해양병원체 탐색 및 진단기술 개발, 해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 종합정보시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내해역 해양병원체 탐색기술 개발 ○ 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양병원체 탐색기술 개발 ○ 이머징 해양병원체 검출기술 개발 ○ 이머징 해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 정보체계 구축 ○ 이머징 해양병원체 관련 법제도 개선 및 경제성 분석
2단계 (2018-2019)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이머징 해양병원체 예찰시스템, 종합정보 시스템 및 미래 대응 체계 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이머징 해양병원체 예찰시스템 개발 ○ 이머징 해양병원체 병원성 검정시스템 구축 ○ 이머징 해양병원체 종합정보시스템 구축 및 확산 ○ 이머징 해양병원체 국가기관 기술 이전 및 조직화 방안 도출 ○ 포스트 해양병원체 과제(Post Marine Pathogen Project) 도출을 위한 발전 전략 수립

2. 중점 연구개발 과제 내용

단계별 목표	필요지식 및 기술적 도전과제	중점연구개발과제				
1단계('15-'17) 국내 및 외래 해양병원체 탐색 및 진단기술 개발, 해양병원체 DB 구축 및 종합정보시스템 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 해양바이러스, 박테리아, 기생충 및 각 병원체에 해당하는 숙주에 관한 국내외 문헌 확보 및 검토를 통한 해양병원체 목록 작성 - 각 병원체에 적합한 위해도 평가표 작성 및 해양병원체 목록 검토를 통한 연구대상 해양병원체 리스트 작성 - 각 해양병원체에 적합한 탐색기술 개발 및 국내 지역별/계절별 해양병원체 종조성 탐색 - 해양병원체 탐색기술 표준화 및 거동분석을 통한 국내해역 해양병원체 목록 제시 	1-1	국내해역 해양병원체 탐색기술 개발			
	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 및 숙주에 관한 국내외 문헌 분석 및 검토를 통한 해양병원체 목록 작성 - 위해도 평가표 작성 및 해양병원체 목록 검토를 통한 연구대상 해양병원체 리스트 작성 - 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양병원체 샘플링 및 시료전처리 기술개발 - 각 해양병원체에 적합한 탐색기술 개발 및 외래 해양병원체의 지역별/계절별 해양병원체 종탐색 - 외래 해양병원체 탐색기술 고도화 및 거동분석을 통한 이머징 해양병원체 목록 제시 		1-2	외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양병원체 탐색기술 개발		
	<ul style="list-style-type: none"> - 알려진 해양병원체 검출기법의 해수 및 현장 적용성 검토 - 해양병원체 분리 및 전처리 기법 정립 - 각 병원체에 특이적인 형태학적, 조직학적, 항체 및 DNA 기반(PCR, LAMP, DNA chip 등) 검출기법 개발 			1-3	이머징 해양병원체 검출기술 개발	
	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 DB 설계 및 구축 - GIS 공간정보 및 기초 환경정보 구축 - SST 위성영상처리 및 수온전선 출현확률지도 제작 - 해양병원체 모니터링 공간구획 설정 				1-4	해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 정보체계 구축
	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 대내외 환경 및 역량분석 - 해양병원체 관리법제도 분석 - 해역별 해양병원체 관리수요 도출 - 해양병원체 관리 및 국가대응을 위한 법제도 개정안 도출 					1-5

단계별 목표	필요지식 및 기술적 도전과제	중점연구개발과제	
2단계('18-'19) 이머징 해양병원체 예찰시스템, 종합정보시스템 및 미래 대응 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 DB 업데이트 및 글로벌 맵 작성 - 이머징 해양병원체 특이 검출키트 개발 - 진단키트를 이용한 정기/장기 모니터링 가이드라인 제시 - 이머징 해양병원체의 해양생태계 영향 분석 및 종합 지수 개발 - 이머징 해양병원체 예측모델 개발 및 해양병원체 예찰시스템 구축 	2-1	이머징 해양병원체 진단키트 및 예찰시스템 개발
	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 확보 및 유지 기술개발 - 숙주 및 세포주 확보 기술 개발 및 이머징 해양병원체 배양기술 개발 - 이머징 해양병원체 특이 병원성 검정 기법 기반 구축 		2-2
	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 hot spot 탐지를 위한 공간분석 기술 개발 - 해양병원체 출현 예측모형 기술 개발 - 해양병원체 위해도 종합평가지수 개발 - 해양병원체 자료추출/제공 및 시스템 보안관리/운영 기술 개발을 통한 해양병원체 종합정보시스템 개발 	2-3	
	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발에 따른 국민 경제·사회적 파급효과 - 이머징 해양병원체 관리 및 국가대응 법제도 개정 - 국가 관측을 위한 이머징 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰 가이드라인 작성 및 정부기관 기술이전 - 정기/장기적인 이머징 해양병원체 국가관측을 위한 조직구성안 제시 		2-4
	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체의 병원성 검증 시스템 구축 - 이머징 해양병원체와 숙주의 상호작용 및 감염 메커니즘 규명 - 이머징 해양병원체의 유용 유전자원화 방안도출 - 이머징 해양병원체 방제대책 수립 - 이머징 해양병원체 백신 및 사료개발 - 이머징 해양병원체로부터 국내 해양생태계 보호 및 보존대책 수립 	2-5	

제 4 장 연구개발 추진계획

- 핵심세부과제
- 연구개발 로드맵
- 소요예산
- 기술개요서
- 성과지표

제 4 장 연구개발 추진계획

제 1 절 핵심세부과제

1. 중점연구과제별 핵심세부과제

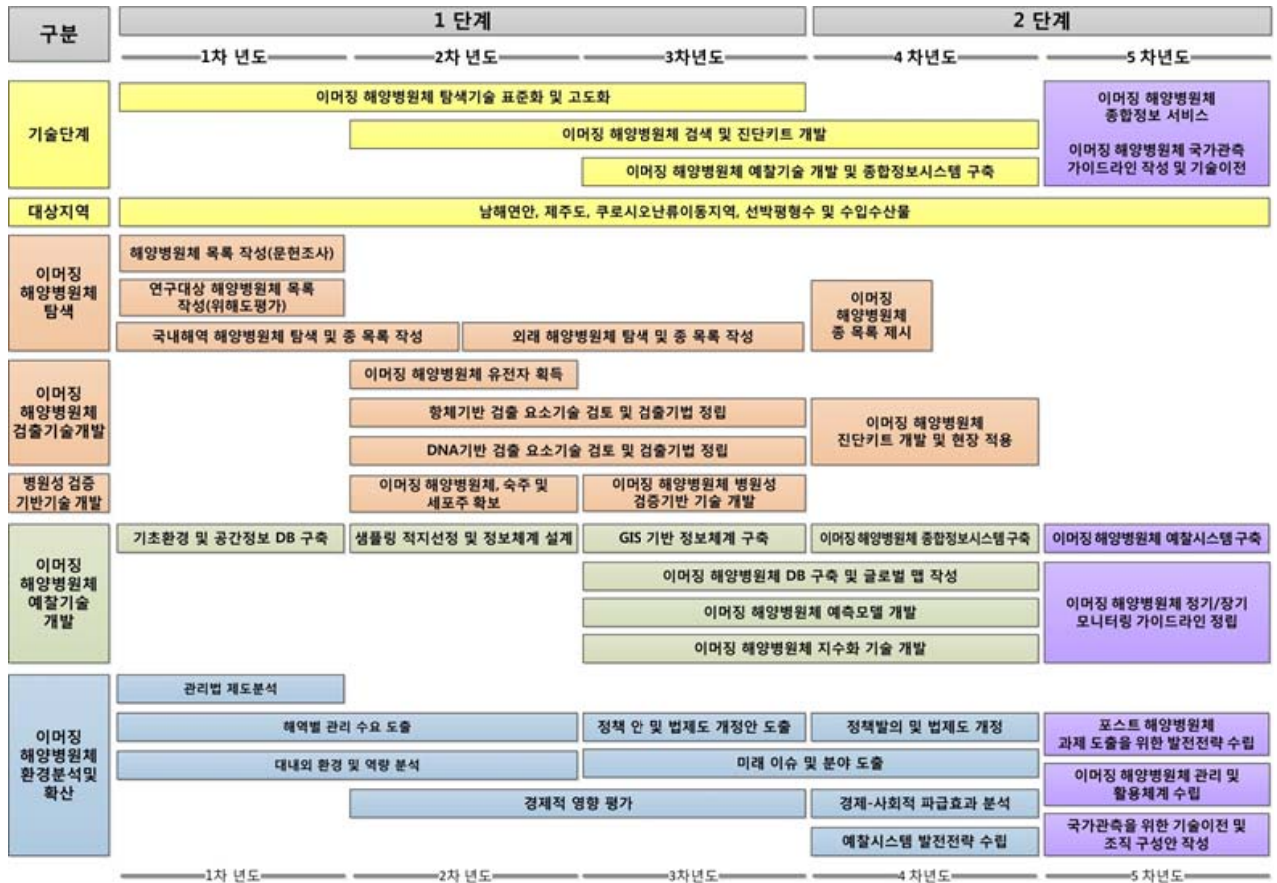
중점연구개발과제	목표	전략성과 및 내용	핵심세부과제명
1-1 국내해역 해양병원체 탐색기술 개발	국내해역 해양바이러스, 박테리아 및 기생충 병원체 종목록 작성 및 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 해양바이러스, 박테리아, 기생충 및 각 병원체에 해당하는 숙주에 관한 국내외 문헌 확보 및 검토를 통한 해양병원체 목록 작성 - 각 병원체에 적합한 위해도 평가표 작성 및 해양병원체 목록 검토를 통한 연구대상 해양병원체 리스트 작성 - 각 해양병원체에 적합한 탐색기술 개발 및 국내 지역별/계절별 해양병원체 종탐색 - 해양병원체 탐색기술 표준화 및 거동분석을 통한 이머징 해양병원체 목록 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 국내해역 해양 바이러스 병원체 탐색기술 개발 국내해역 해양 박테리아 병원체 탐색기술 개발 국내해역 해양기생충 병원체 탐색기술 개발
1-2 외래 해양병원체 탐색기술 개발	외래 해양바이러스, 박테리아 및 기생충 병원체 종목록 작성 및 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 및 숙주에 관한 국내외 문헌 분석 및 검토를 통한 해양병원체 목록 작성 - 위해도 평가표 작성 및 해양병원체 목록 검토를 통한 연구대상 해양병원체 리스트 작성 - 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양 병원체 샘플링 및 시료전처리 기술개발 - 각 해양병원체에 적합한 탐색기술 개발 및 외래 해양병원체의 지역별/계절별 해양병원체 종탐색 - 외래 해양병원체 탐색기술 고도화 및 거동 분석을 통한 이머징 해양병원체 목록 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 외래 해양바이러스 병원체 탐색기술 개발 외래 해양박테리아 병원체 탐색기술 개발 외래 해양기생충 병원체 탐색기술 개발
1-3 이머징 해양병원체 검출기술 개발	이머징 해양병원체 검출을 위한 첨단기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 알려진 해양병원체 검출기법의 해수 및 현장 적용성 검토 - 해양병원체 분리 및 전처리 기법 정립 - 각 병원체에 특이적인 형태학적, 조직학적, 항체 및 DNA 기반(PCR, LAMP, DNA chip 등) 검출기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 해양바이러스 병원체 검출기술 개발 해양박테리아 병원체 검출기술 개발 해양기생충 병원체 검출기술 개발
1-4 해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 정보 체계 구축	해양병원체 DB화 및 GIS 기반 정보관리체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 DB 설계 및 구축 - GIS 공간정보 및 기초 환경정보 구축 - SST 위성영상처리 및 수온전선 출현확률지도 제작 - 해양병원체 모니터링 공간구획 설정 	해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 정보체계 구축
1-5 해양병원체 관련 법제도 개선 및 경제성 분석	해양병원체 관련 정책적, 법적 및 경제적 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 대내외 환경 및 역량분석 - 해양병원체 관리법제도 분석 - 해역별 해양병원체 관리수요 도출 - 해양병원체 관리 및 국가대응을 위한 법제도 개정안 도출 	해양병원체 관련 법제도 개선 및 경제성 분석

4. 연구개발 추진계획

중점연구개발과제	목표	전략성과 및 내용	핵심세부과제명
2-1 이머징 해양병원체 진단키트 및 예찰시스템 개발	진단키트 개발, 지수화 기술개발 및 예측모델 기술 개발을 통한 이머 징 해양병원체 예찰기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 DB 업데이트 및 글로벌 맵 작성 - 이머징 해양병원체 특이 검출키트 개발 - 진단키트를 이용한 정기/장기 모니터링 가이드라인 제시 - 이머징 해양병원체의 해양생태계 영향 분석 및 종합지수 개발 - 이머징 해양병원체 예측모델 개발 및 해양병원체 예찰시스템 구축 	<p>이머징 해양병원체 진단키트 개발</p> <p>이머징 해양병원체 생태계 영향지수 개발</p> <p>이머징 해양병원체 예측모델 개발</p>
2-2 이머징 해양병원체 병원성 검정시스템 기반 구축	이머징 해양병원체 병원성 검증을 위한 기반기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 확보 및 유지 기술개발 - 숙주 및 세포주 확보 기술 개발 및 이머징 해양병원체 배양기술 개발 - 이머징 해양병원체 특이 병원성 검정 기법 기반 구축 	<p>해양병원체, 숙주 및 세포주 확보 및 유지기술 개발</p> <p>해양병원체 병원성 검증 기반기술개발</p>
2-3 이머징 해양병원체 종합정보시스템 구축 및 확산	이머징 해양병원체 위해도 예찰 의사결정지원 종합정보시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 hot spot 탐지를 위한 공간분석 기술 개발 - 해양병원체 출현 예측모형 기술 개발 - 해양병원체 위해도 종합평가지수 개발 - 해양병원체 자료추출/제공 및 시스템 보안관리/운영 기술 개발을 통한 해양병원체 종합정보시스템 개발 	이머징 해양병원체 종합정보시스템 구축 및 확산
2-4 이머징 해양병원체 국가기관 기술 이전 및 조직화 방안 도출	이머징 해양병원체 미래대응을 위한 조직화 및 대응 전략 수립	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발에 따른 국민 경제·사회적 파급효과 - 이머징 해양병원체 관리 및 국가대응 법제도 개정 - 국가 관측을 위한 이머징 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰 가이드라인 작성 및 정부기관 기술이전 - 정기/장기적인 이머징 해양병원체 국가관측을 위한 조직구성안 제시 	이머징 해양병원체 국가기관 기술 이전 및 조직화 방안 도출
2-5 포스트 해양병원체 과제 도출을 위한 발전전략 수립	해양병원체 진단 및 예찰 시스템 개발 연구과제 종료 후 수행하여야 할 연구 기획	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체의 병원성 검증 기술개발 - 이머징 해양병원체와 숙주의 상호작용 및 감염 메카니즘 규명 - 이머징 해양병원체 방제 및 저감 기술 개발 - 이머징 해양병원체 백신 및 사료개발 - 이머징 해양병원체의 유용 유전자원화 방안 도출 - 이머징 해양병원체로부터 국내 해양생태계 보호 및 보존대책 수립 	포스트 해양병원체 과제 도출을 위한 발전전략 수립

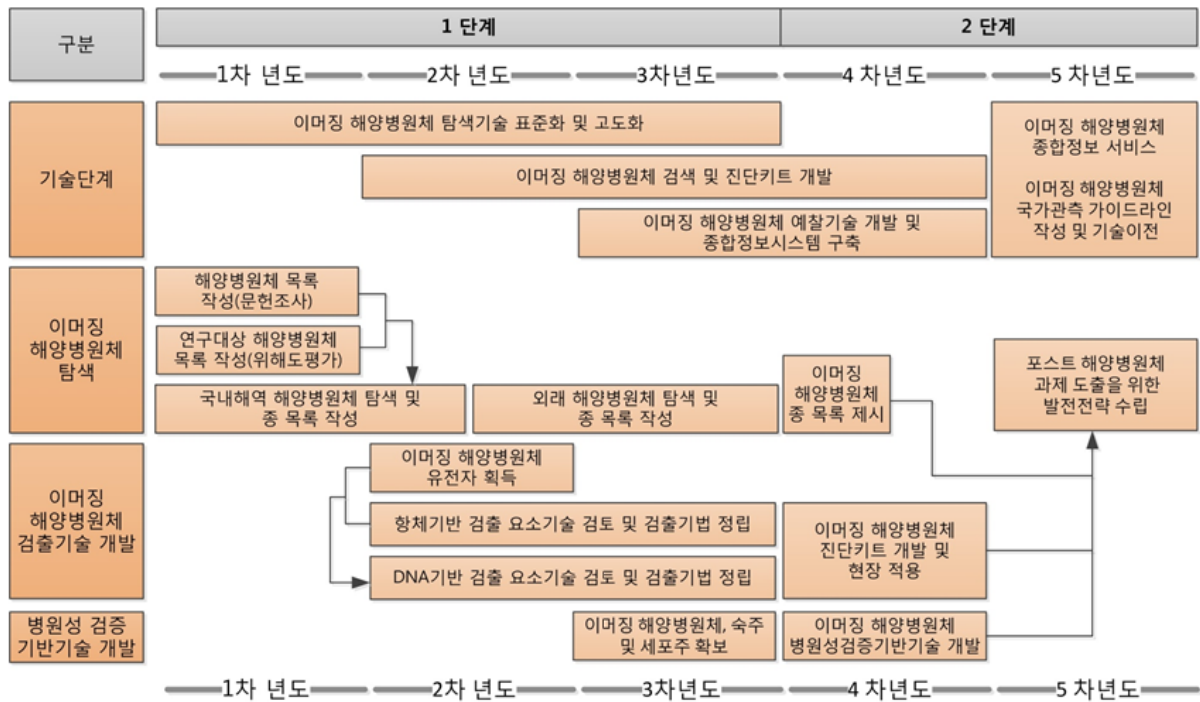
제 2 절 연구개발 로드맵

1. 총괄 로드맵



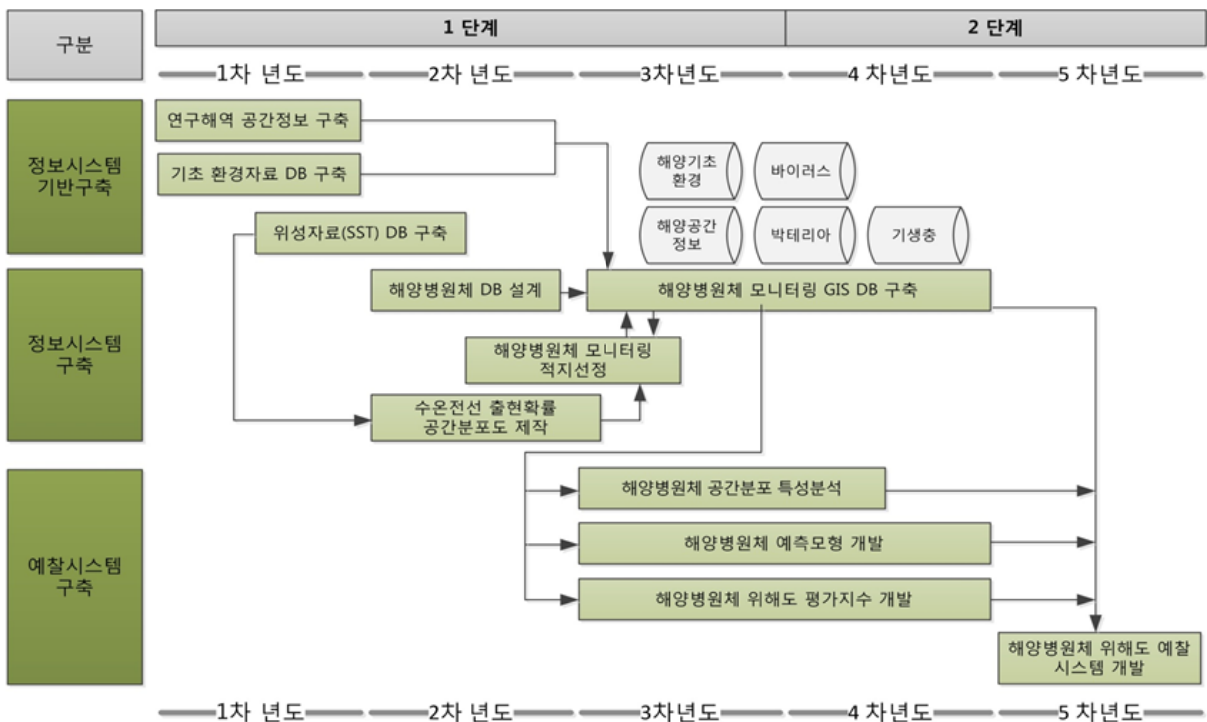
가. 이머징 해양병원체 탐색, 검출 및 예찰 기술 개발

1. 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰시스템 개발

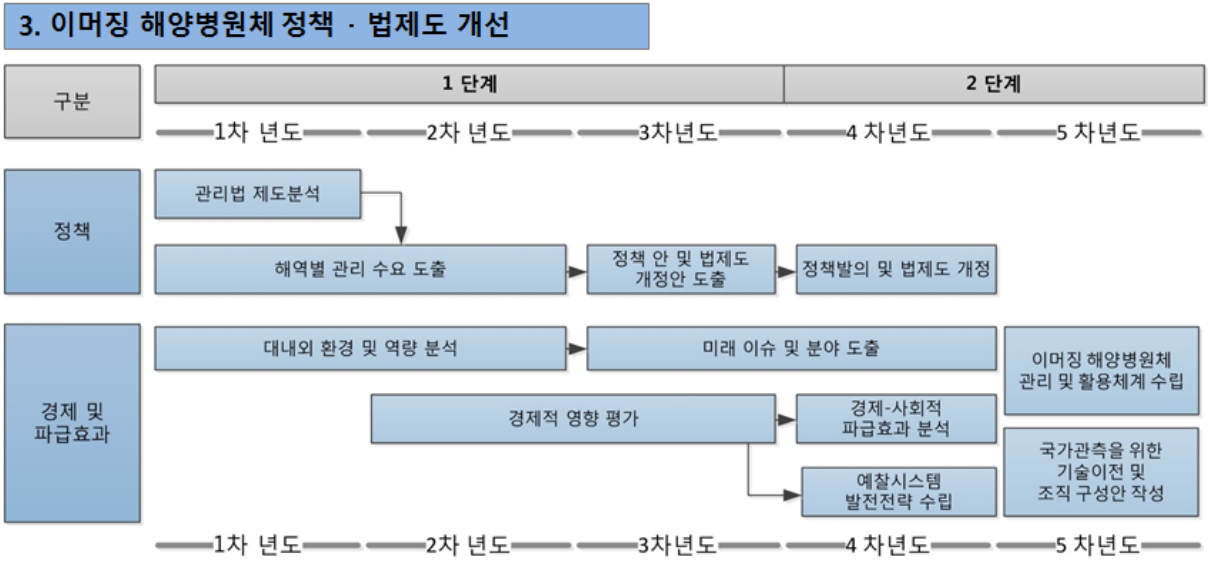


나. 이머징 해양병원체 종합정보시스템 개발

2. 이머징 해양병원체 종합정보시스템 구축 및 확산



다. 이머징 해양병원체 정책·법제도 개선



제 3 절 소요예산

1. 총괄 예산

단계 \ 분야	해양바이러스 병원체	해양박테리아 병원체	해양기생충 병원체	종합정보 시스템	정책·법제 도 개선	계 (단위: 억원)
1 단계	25	25	25	12	6	93
2 단계	15	15	15	8	4	57
계	40	40	40	20	10	150

분야	2015	2016	2017	2018	2019	계 (단위: 억원)
해양바이러스	8	9	8	7	8	40
해양박테리아	8	8	9	8	7	40
해양기생충	9	8	8	7	8	40
종합정보시스템	3	3	4	5	5	20
정책·법제도 개선	2	2	2	2	2	10

2. 중점과제별 및 단계별 예산

가. 해양바이러스 병원체 탐색, 검출 및 예찰 기술 개발

단계 \ 분야	해양바이러스 병원체 탐색	해양바이러스 병원체 진단	해양바이러스 병원체 예찰	계 (단위: 억원)
1 단계	9	8	8	25
2 단계	3	7	5	15
계	12	15	13	40

분야	2015	2016	2017	2018	2019	계
해양바이러스	8	9	8	7	8	40

나. 해양박테리아 병원체 탐색, 진단 및 예찰 기술 개발

단계 \ 분야	해양박테리아 병원체 탐색	해양박테리아 병원체 진단	해양박테리아 병원체 예찰	계 (단위: 억원)
1 단계	9	8	7	24
2 단계	3	7	6	16
계	12	15	13	40

분야	2015	2016	2017	2018	2019	계
해양박테리아	8	8	9	8	7	40

다. 해양기생충 병원체 탐색, 진단 및 예찰 기술 개발

단계 \ 분야	해양기생충 병원체 탐색	해양기생충 병원체 진단	해양기생충 병원체 예찰	계 (단위: 억원)
1 단계	9	8	8	25
2 단계	3	7	5	15
계	12	15	13	40

분야	2015	2016	2017	2018	2019	계
해양기생충	9	8	8	7	8	40

라. 해양병원체 종합정보 시스템 구축

단계 \ 분야	해양병원체 DB 구축	해양병원체 평가지수 개발	해양병원체 예측모형 개발	계 (단위: 억원)
1 단계	7	3	0	10
2 단계	2	4	4	10
계	9	7	4	20

분야	2015	2016	2017	2018	2019	계
종합정보시스템	3	3	4	5	5	20

마. 해양병원체의 정책·법제도 개선

단계 \ 분야	해양병원체 관리수요 도출	해양병원체 경제적 분석	해양병원체 관리방안 도출	계 (단위: 억원)
1 단계	2	1.5	2	5.5
2 단계	1	1.5	2	4.5
계	3	3	4	10

분야	2015	2016	2017	2018	2019	계
해양정책·법제도	2	2	2	2	2	10

제 4 절 기술개요서

1. 중점과제 1-1: 국내해역 해양병원체 탐색기술 개발

대분류	환경	
중분류	해양환경	
핵심기술명	국내해역 해양병원체 탐색 기술 개발 및 표준화	
기술정의	- 해양바이러스, 박테리아, 기생충 병원체 관련 국내외 문헌 분석을 통하여 해양병원체 목록을 작성하고, 위해도 평가표에 기반하여 해양병원체 리스트를 작성하고, 각 해양병원체에 적합한 탐색기술을 개발하여 지역별/계절별 해양병원체 종탐색을 실시하여, 이머징 해양병원체 목록을 제시함	
기술트리(요소기술) 세부기술명	- 국내해역 해양병원체 채집 및 농축기술 - 위해도 평가표 작성 및 해양병원체 리스트 작성 기술 - NGS를 이용한 해양병원체 종조성 분석기술 - 이머징 해양병원체 종목록 작성 기술	
단계별 연구개발 목표(2019년까지)		
단계(연도)	1단계 (2015~2017)	2단계 (2018~2019)
연구개발 목표	- 국내해역 해양바이러스, 박테리아 및 기생충 병원체 탐색기술 표준화, 종목록 작성 및 제시	
단계별 산출물	- 국내해역 해양병원체 채취, 농축 및 종조성 분석 표준화 기술 - 위해도 평가표 작성 및 연구대상 해양병원체 리스트 작성 - 국내해역 해양바이러스 병원체 종목록 - 국내해역 해양박테리아 병원체 종목록 - 국내해역 해양기생충 병원체 종목록 - 국내해역 해양병원체 종합맵 작성	
기대효과	- 국내해역 해양병원체 종목록은 국내해역 해양 병원체 현황 파악 및 향후 해양병원체 모니터링을 위한 중요한 참고자료로 사용됨 - 국내외 미개척 분야인 해양병원체 모니터링 연구의 기초 방법론 정립으로 향후 해양 병원체 유전정보 축적을 위한 수월성 확보	
기술확보(획득) 전략	- 국내 해양병원체 분류전문가 확보 - 논문 및 문헌 확보를 통한 데이터 검증 기준 확보 - GenBank 바이러스 유전자 자료 확보 및 재검증	
소요예산	21억	
관련 법규/계획	해양수산부 수산생물질병 관리법 (법률 제11755호) 해양생태계보전 및 관리법 (법률 제11862호) 해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률(법률 제11690호)	

2. 중점과제 1-2: 외래 해양병원체 탐색기술 개발

대분류	환경	
중분류	해양환경	
핵심기술명	외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양병원체 탐색 기술 개발 및 고도화	
기술정의	<ul style="list-style-type: none"> - 해양바이러스, 박테리아, 기생충 병원체 관련 국내외 문헌 분석을 통하여 해양병원체 목록을 작성하고, 위해도 평가표에 기반하여 해양병원체 리스트를 작성하고, 각 해양병원체에 적합한 탐색기술을 개발하여 지역별/계절별 해양병원체 종탐색을 실시하여, 이머징 해양병원체 목록을 작성·제시함 	
기술트리(요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 외래 해양병원체 채집 및 농축기술 - 위해도 평가표 작성 및 해양병원체 리스트 작성 기술 - NGS를 이용한 해양병원체 종조성 분석기술 - 이머징 해양병원체 종목록 작성 기술 	
단계별 연구개발 목표(2019년까지)		
단계(연도)	1단계 (2015~2017)	2단계 (2018~2019)
연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인)해양 바이러스, 박테리아 및 기생충 병원체 탐색 기술 고도화, 종목록 작성 및 제시 	
단계별 산출물	<ul style="list-style-type: none"> - 외래 해양병원체 채취, 농축 및 종조성 분석 고도화 기술 - 위해도 평가표 작성 및 연구대상 해양병원체 리스트 작성 - 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 이머징 해양바이러스 병원체 종목록 - 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 이머징 해양박테리아 병원체 종목록 - 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 이머징 해양기생충 병원체 종목록 	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> - 외래 해양병원체 종목록은 이머징 해양 병원체 현황 파악 및 향후 이머징 해양 병원체 모니터링을 위한 중요한 참고자료로 사용됨 - 국내외 미개척 분야인 해양병원체 모니터링 연구의 기초 방법론 정립으로 향후 해양 병원체 유전정보 축적을 위한 수월성 확보 	
기술확보(획득) 전략	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 및 해외 해양병원체 분류 전문가와의 국제협력 및 공동연구 - 양질의 논문 및 문헌 확보를 통한 데이터 검증 기준 확보 - GenBank 해양병원체 유전자 자료 확보 및 재검증 	
소요예산	28억	
관련 법규/계획	해양수산물 수산생물질병 관리법 (법률 제11755호) 선박평형수관리법 (법률 제9613호) 해양생태계보전 및 관리법 (법률 제11862호)	

3. 중점과제 1-3: 이머징 해양병원체 검출기술 개발

대분류	환경	
중분류	해양환경	
핵심기술명	첨단 기법을 이용한 이머징 해양병원체 검출기술	
기술정의	- 목록작성을 통해 제시된 이머징 해양바이러스, 박테리아, 기생충 병원체를 신속 정확하게 검출할 수 있는 형태, 조직, 항체 및 DNA 기반 검출기술을 개발함	
기술트리(요소기술) 세부기술명	- 형태 및 조직학적 이머징 해양병원체 검출기술 - 면역학적 기법을 이용한 위해도 이머징 해양병원체 검출기술 - PCR 기반 이머징 해양병원체 검출기술	
단계별 연구개발 목표(2019년까지)		
단계(연도)	1단계 (2015~2017)	2단계 (2018~2019)
연구개발 목표	- 알려진 해양병원체 검출기법의 해수 및 현장 적용성을 검토하고, 해양병원체 분리 및 전처리 기법을 정립한 후, 각 병원체에 특이적인 형태, 조직, 면역학 및 유전자 기반 최첨단 검출기법을 개발함	
단계별 산출물	- 형태학적 이머징 해양병원체 검출기술 - 조직학적 이머징 해양병원체 검출기술 - 면역학적 이머징 해양병원체 검출기술 및 진단키트 - DNA 기반(PCR, LAMP, DNA chip 등) 이머징 해양병원체 검출기술	
기대효과	- 이머징 해양병원체 분리 및 전처리 기법의 확립을 통한 검출 및 진단키트 개발 기반 확립 - 미래 미지의 해양생물 질병 발생시 원인에 대한 과학적인 판단 근거를 제공하며, 외래 유입 시 국가적 대응을 위한 자료로 활용 - 대량의 시료를 단시간에 분석 가능하게 함으로써 광대역 조사에 있어서 수월성을 확보	
기술확보(획득) 전략	- 국내 및 해외 해양병원체 검출전문가와외 국제협력 및 공동연구 - KIOST 외해 관측 연구팀과의 협력 - 해외 해양병원체 전문기관 및 전문가 보유 시료 교환 분석	
소요예산	27억	
관련 법규/계획	해양수산부 수산생물질병 관리법 (법률 제11755호) 해양생태계보전 및 관리법 (법률 제11862호) 해양생명공학육성 기본계획(2008)	

4. 중점과제 1-4 : 해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 정보체계 구축

대분류	환경	
중분류	해양환경	
핵심기술명	해양병원체 DB 구축 및 GIS 기반 정보체계 구축	
기술정의	- 효율적인 해양병원체 조사와 관리 및 국가대응을 위한 공간정보와 기초환경 자료를 GIS 기반 정보체계로 구축하고, 문헌과 현장조사를 통한 해양바이러스, 박테리아, 기생충 등 해양병원체 DB를 구축함으로써, 2단계 예찰을 위한 정보구축 기법을 개발함	
기술트리(요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 DB 설계 및 구축 기술 - GIS 공간정보 및 기초 환경정보 구축 기술 - SST 위성영상처리 및 수온전선 추출 기술 - 해양병원체 모니터링 공간구획 설정 기술 	
단계별 연구개발 목표(2019년까지)		
단계(연도)	1단계 (2015~2017)	2단계 (2018~2019)
연구개발 목표	- GIS 기반 해양병원체 정보체계 구축	
단계별 산출물	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 DB 설계서 - GIS기반 해양병원체 정보시스템 - 연구해역 공간정보 및 기초 환경정보 - 연구해역 수온전선 출현확률지도 - 해양병원체 모니터링 공간구획 지도 	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 자료구조 표준화 - GIS기반 해양병원체 정보시스템 구축을 통한 병원체정보, 환경정보 및 공간정보 공동활용 기반 마련 - 수온전선 출현확률지도 제작을 통한 병원체 유입 경로 파악 - 해양병원체 모니터링 공간구획 설정을 통한 모니터링 적지선정 	
기술확보(획득) 전략	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 해역 해양병원체 현장조사 자료 - 연구해역 기초환경정보 수집 - 연구해역 공간정보 수집 및 GIS 편집 - 국내외 GIS 기반 기술 검토 및 체계적인 프로세스 확보 	
소요예산	10억	
관련 법규/계획	해양수산부 수산생물질병 관리법 (법률 제11755호) 해양생태계보전 및 관리법 (법률 제11862호)	

5. 중점과제 1-5: 해양병원체 관련 법제도 개선 및 경제성 분석

대분류	환경	
중분류	해양환경	
핵심기술명	해양병원체 관련 법제도 개선 및 경제성 분석	
기술정의	- 국내외 해양병원체 관련 정책, 법제도 및 경제성을 분석하여 정책제안서를 작성하고, 법제도의 (제)개정안을 도출함	
기술트리(요소기술) 세부기술명	- 해양병원체 관련 국내외 정책 분석 - 해양병원체 관련 국내외 법제도 분석 - 해양병원체 관련 경제성 분석	
단계별 연구개발 목표(2019년까지)		
단계(연도)	1단계 (2015~2017)	2단계 (2018~2019)
연구개발 목표	- 해양병원체 관련 대내외 환경 및 역량을 분석을 통하여 이머징 해양병원체 관리 및 국가대응을 위한 법제도 개정안 도출	
단계별 산출물	- 해양병원체 대내외 환경 및 역량분석 보고서 - 해양병원체 관리법제도 분석 보고서 - 해역별 해양병원체 관리수요 도출 보고서 - 해양병원체 관리 및 국가대응을 위한 법제도 개정안	
기대효과	- 국내외 해양병원체 정책 및 법제도 분석을 통한 해양병원체 연구방향 설정 - 이머징 해양병원체 대응 마스터플랜을 수립 및 신뢰성 제고 - 이머징 해양병원체 등 정책 종합방안을 수립 및 정책 가이드라인 제시	
기술확보(획득) 전략	- 관련 정부지원정책 및 추진계획(안)을 검토하여 이머징 해양병원체 법제도 개선방향 설정 - 이머징 해양병원체 비전, 목표, 추진방향, 발전방안 등 정책 종합방안을 검토 - 기술개발의 필요성 · 시급성, 국고지원의 적합성, 기존 기술과의 차별성, 사업계획의 구체성 등의 평가항목 설정	
소요예산	6억	
관련 법규/계획	해양수산업 수산생물질병 관리법(법률 제11755호) 해양생태계보전 및 관리법(법률 제11862호) 해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률(법률 제11690호)	

6. 중점과제 2-1: 이머징 해양병원체 진단키트 및 예찰시스템 개발

대분류	환경	
중분류	해양환경	
핵심기술명	진단키트, 평가지수 및 예측모델 기술개발을 통한 이머징 해양병원체 예찰기술	
기술정의	- 이머징 해양병원체(바이러스, 박테리아 및 기생충) 특이 검출키트를 개발하고, 해양생태계에 대한 영향을 지수로 표현하고, 예측모델을 개발하여 종합적인 이머징 해양병원체 예찰시스템을 구축함	
기술트리(요소기술) 세부기술명	- 이머징 해양병원체(바이러스, 박테리아 및 기생충) 진단키트 개발 기술 - 이머징 해양병원체의 해양생태계 영향 평가지수 개발 기술 - 이머징 해양병원체 특이 예측모델 개발 기술	
단계별 연구개발 목표(2019년까지)		
단계(연도)	1단계 (2015~2017)	2단계 (2018~2019)
연구개발 목표		- 이머징 해양병원체 특이 검출키트, 해양병원체 해양생태계 영향 평가 지수 및 예측모델 개발을 통한 이머징 해양병원체 예찰시스템 구축
단계별 산출물		- 이머징 해양병원체 DB 업데이트 및 글로벌 맵 - 이머징 해양병원체(바이러스, 박테리아 및 기생충) 특이 검출키트 - 진단키트를 이용한 정기/장기 모니터링 가이드 라인 - 이머징 해양병원체 평가지수 - 이머징 해양병원체 미래 예측모델을 위한 알고리즘, 논리설계서
기대효과		- DB 업데이트 및 글로벌 맵 작성을 통해 이머징 해양병원체 현황 파악 - 검출키트를 이용한 정기 및 장기 모니터링 국가 관측 - 병원체 지수 및 예측모델을 활용한 미래예측 - 개발된 기술의 상용화를 통한 부가가치 확보
기술확보(획득) 전략		- 연구결과와 국내외 전문가와의 협력을 통한 글로벌 맵 작성 - 해양병원체 출현빈도, 해양생태계 영향 분석을 통한 병원체 지수화 - KIOST 예측모델 개발 전문가의 연구참여를 통한 예찰시스템 구축
소요예산		30억
관련 법규/계획	해양수산부 수산생물질병 관리법 (법률 제11755호) 해양생태계보전 및 관리법 (법률 제11862호) 해양생명공학육성 기본계획(2008) 선박평형수관리법 (법률 제9613호) 해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률(법률 제11690호)	

7. 중점과제 2-2 : 이머징 해양병원체 병원성 검정시스템 기반 구축

대분류	환경	
중분류	해양환경	
핵심기술명	이머징 해양병원체 병원성 검증을 위한 기반기술	
기술정의	- 이머징 해양병원체를 확보하고 유지하며, 숙주 및 해양생물 세포주를 확보하여 이머징 해양병원체 특이 병원성 성경 기반 기술을 구축함	
기술트리(요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 확보 및 유지기술 - 이머징 해양병원체 숙주 확보 및 배양 기술 - 해양생물 세포주 개발 기술 - 이머징 해양병원체-숙주 감염성 검정 기반 기술 	
단계별 연구개발 목표(2019년까지)		
단계(연도)	1단계 (2015~2017)	2단계 (2018~2019)
연구개발 목표		- 해양병원체 병원성 검증을 위한 기반기술 구축
단계별 산출물		<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 및 숙주 배양주 - 해양생물 세포주 - 이머징 해양병원체 병원성 검정 매뉴얼
기대효과		<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 병원성 검정 기반기술 구축 - 해양생물 세포주 확보를 통한 해양생명공학 연구 고도화 달성 - 해양병원체-숙주 생리 및 세포학적 연구기반 구축
기술확보(획득) 전략		<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 연구기관 및 전문가와의 협력을 통한 이머징 해양병원체 배양주 확보 및 배양기술 개발 - 병원성 검정 전문가 국제 워크숍 개최 - 기 개발된 cell line 개발 기술의 해양 생물로의 적용 가능성 분석
소요예산		14억
관련 법규/계획	해양수산부 수산생물질병 관리법 (법률 제11755호) 해양생명공학육성 기본계획(2008) 해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률(법률 제11690호)	

8. 중점과제 2-3 : 이머징 해양병원체 종합정보시스템 구축 및 확산

대분류	환경	
중분류	해양환경	
핵심기술명	이머징 해양병원체 종합정보시스템 구축 및 확산	
기술정의	- 이머징 해양병원체 탐색 및 분석 정보와 공간과 기초환경자료를 활용한 해양병원체 출현 예측모델과 위해도 종합평가지수 개발을 통한 해양병원체 종합정보시스템을 구축함	
기술트리(요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 hot spot 탐지를 위한 공간분석 기술 - 해양병원체 출현 예측모형 개발 기술 - 해양병원체 위해도 종합평가지수 개발 기술 - 해양병원체 자료추출/제공 기술 - 해양병원체 종합정보시스템 개발 기술 	
단계별 연구개발 목표(2019년까지)		
단계(연도)	1단계 (2015~2017)	2단계 (2018~2019)
연구개발 목표		- 이머징 해양병원체 예찰 의사결정지원 시스템 구축
단계별 산출물		<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 종합정보시스템 - 시스템 아키텍처(H/W, S/W, N/W) 설계서 - 시스템 단위모듈 기능설계서 - 통합 DB모델 다이어그램 - 해양병원체 hot spot 탐지 지도 - 해양병원체 출현 예측모형 - 해양병원체 위해도 종합평가지수 개발 절차 및 기법
기대효과		<ul style="list-style-type: none"> - 공간분석을 통한 해양병원체 공간분포 패턴의 정량적 파악 - 해양병원체 연구정보의 이용과 공유 - 해양병원체 출현 예측모형 개발 - 해양병원체 종합평가지수 개발 - 이머징 해양병원체 종합정보시스템 구축을 통한 위해도 예찰 의사결정지원 - 각종 홍보물 제작 자료 활용
기술확보(획득) 전략		<ul style="list-style-type: none"> - 공간분석 적용 사례 분석 - ICT 기술 교육 및 훈련 - 통계기술 교육 및 훈련 - 국내외 종합지수 개발 사례 분석 및 적용
소요예산		10억
관련 법규/계획	해양수산부 수산생물질병 관리법 (법률 제11755호) 해양생태계보전 및 관리법 (법률 제11862호)	

9. 중점과제 2-4 : 이머징 해양병원체 국가기관 기술 이전 및 조직화 방안 도출

대분류	환경	
중분류	해양환경	
핵심기술명	이머징 해양병원체 국가기관 기술 이전 및 조직화 방안 도출	
기술정의	- 이머징 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발에 따른 경제·사회적 분석, 가이드라인 작성 등 연구결과물을 정부기관으로 기술이전하고, 정기/장기 국가 관측을 수행하기 위한 조직구성안을 제시함	
기술트리(요소기술) 세부기술명	- 경제·사회적 파급효과 기여도 분석 기술 - 이머징 해양병원체 연구의 해양기초과학 발전 영향 및 국가 과학 이미지 제고 효과 평가 및 분석 기술	
단계별 연구개발 목표(2019년까지)		
단계(연도)	1단계 (2015~2017)	2단계 (2018~2019)
연구개발 목표		- 이머징 해양병원체 미래대응을 위한 조직화 및 대응전략 수립
단계별 산출물		- 이머징 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발에 따른 국민 경제·사회적 파급효과 보고서 - 이머징 해양병원체 관리 및 국가대응 법제도 제(개)정안 - 국가 관측을 위한 이머징 해양병원체 탐색, 진단 및 예찰 가이드라인 - 이머징 해양병원체 연구결과의 정부기관 기술이전 - 정기/장기적인 국가관측을 위한 조직구성안 제시
기대효과		- 이머징 해양병원체 법제도 개정을 통한 정기/장기 모니터링 수행 - 국가 조직 구성을 통한 이머징 해양병원체 대응체제 구축
기술확보(획득) 전략		- 국내외 해양병원체 정책, 법제도 및 경제적 평가 자료 분석 - 국립수산물품질관리원 및 질병관리센터 등의 조직구성 자료 분석
소요예산		3억
관련 법규/계획	해양수산부 수산생물질병 관리법(법률 제11755호) 해양생태계보전 및 관리법(법률 제11862호) 해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률(법률 제11690호)	

10. 중점과제 2-5: 포스트 해양병원체 과제 도출을 위한 발전전략 수립

대분류	환경	
중분류	해양환경	
핵심기술명	포스트 해양병원체 과제 도출을 위한 기획	
기술정의	- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 연구의 국가기관 기술이전 후 추가 연구목표 및 연구내용을 정리할 수 있는 기획사업	
기술트리(요소기술) 세부기술명	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체-숙주 상호작용 및 감염 메카니즘 연구현황 분석 - 이머징 해양병원체 병원성 검증 연구현황 분석 - 이머징 해양병원체 방제 및 저감 연구현황 분석 - 이머징 해양병원체 유전자원화 연구현황 분석 - 이머징 해양병원체 대응 연구현황 분석 	
단계별 연구개발 목표(2019년까지)		
단계(연도)	1단계 (2015~2017)	2단계 (2019)
연구개발 목표		<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 진단 및 예찰 시스템 개발 연구과제 종료 후 수행하여야 할 연구 기획
단계별 산출물		<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체의 병원성 검증 기술 개발 연구현황 및 타당성 분석 - 이머징 해양병원체와 숙주의 상호작용 및 감염 메카니즘 규명 연구현황 분석 - 이머징 해양병원체 방제 및 저감 기술 개발 연구현황 및 타당성 분석 - 이머징 해양병원체 백신 및 사료개발 연구현황 및 타당성 분석 - 이머징 해양병원체의 유용 유전자원화 방안 도출 - 이머징 해양병원체로부터 국내 해양생태계 보호 및 보존대책 수립
기대효과		<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 병원성 검증기술 확보를 통한 해양생물 질병 대응방안 도출 - 해양병원체-숙주 반응에 대한 생리/생태 연구를 통한 감염 및 전이 경로파악 - 해양병원체 방제 및 저감기술 확보 방안 도출 - 해양병원체의 유전자 자원화 방안 검토자료 확보
기술확보(획득) 전략		<ul style="list-style-type: none"> - 포스트 해양병원체 연구를 위한 국내외 연구 및 설비 현황 분석 - KIOST 및 KMI 전문가를 활용한 정책적 및 경제적 타당성 분석 - 국가지식재산원 및 국내외 전문기관의 전문성을 활용한 연구현황, 특허동향 및 기술적 타당성 분석
소요예산		3억
관련 법규/계획	해양수산부 수산생물질병 관리법(법률 제11755호) 해양생태계보전 및 관리법(법률 제11862호) 해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률(법률 제11690호)	

제 5 절 성과지표

1. 입법 및 정책제안 지표

성과지표	분류	증빙자료 유형	비고
정책제안 건수		1. 타기관(부처, 협회 등)으로 발송된 공문 2. 제안내용	1. KIOST 부서간 정책 채택 건수는 제외
검역 및 규제대상 해양병원체 제개정 건수	1. 건의공문 2. 입안예고 3. 고시(안) 4. 고시	1. 내부결재공문 2. 공고번호 및 일자 표기원 첫장 3. 제개정지침(안)	1. 병원체별 제개정 수는 각각의 성과로 산정
해양병원체 위험도 평가서 건수		1. 해양병원체 위험도 평가서 2. 내부결재공문	1. 외국 위험도 평가서 단순번역은 불인정 2. 병원체별 제개정 수는 각각의 성과로 산정

2. 연구성과 지표

성과지표	분류	증빙자료 유형	비고
해양병원체 진단 및 예찰 기술 개발 건수		1. 개발된 시험법이 공인되었음을 증빙할 수 있는 자료	1. 시험법 개발은 시험법으로서 논문이나 특허, 기술이전 등으로 인정받은 것만을 인정함(결과보고서만으로 증빙하는 것은 성과실적에서 제외)
해양병원체 탐색 건수		1. 결과보고서의 해당 부분 2. 해양병원체 NGS 분석 결과 3. 해양병원체 목록	1. 탐색은 국내외 해역의 현장 출장에 기반한 성과만 인정 2. NGS 결과 및 병원체 목록은 병원체 별 성과로 인정
해양병원체 예찰 사업 건수		1. 결과보고서의 해당부분 2. 국내외 현장 예찰 실험 증빙자료	1. 예찰은 검체 건수가 아닌 항목 수로 성과 인정
정보화 기반 구축 실적 건수	1. DB 구축 2. 프로그램 (시스템개발)	1. DB 구축 부분 capture 2. 내부결재 공문 (시연회등) 3. 외부에 홍보한 내용 4. 결과보고서 해당 부분	1. DB 건수는 개별 건수가 아닌 병원체 별로 성과로 인정

3. 연구성과 홍보 및 확산 지표

성과지표	분류	증빙자료 유형	비고
연구성과 교육홍보 건수	1. 간담회 2. 세미나 3. 공청회 4. 보도자료 5. 간행물 6. 홈페이지 게재	1. 내부결재공문 2. 자료표지, 목차, 주요내용 등 3. 보도자료 4. 인터뷰 요청 및 결과공문 5. 해당 보도화면의 capture (인터넷 포함) 6. SOP 발간 공문 또는 인쇄물 7. 리플렛 등 홍보자료 원본	1. 객관적 확인이 가능한 자료만 인정 2. 동일내용에 대한 여러 매체 보도는 1건으로 산정
기술확산을 위한 상호 교류정도	1. 전문간행물 2. 심포지엄 3. 워크샵 4. 학회 5. 세미나	1. 간행물의 표지, 목차 등 2. 내부결재공문 3. 행사관련 자료 (일시, 장소 등 표시) 4. 국내 MOU 체결 공문, 서약서	1. 연구성과 교육 홍보건수는 대상이 일반인인데 반해, 상호교류는 전문가 집단을 대상으로 함

4. 국제교류 및 협력 지표

성과지표	분류	증빙자료 유형	비고
국제교류 협력 실적 건수	1. 심포지엄 2. 세미나 3. 워크샵 4. MOU	1. 협약서 2. 내부결재공문 3. 유인물	1. 단순 학회 참석은 성과 불인정
국제회의 유치 건수		1. 국제회의 유치 결재공문 2. 유인물	
국제공동연구 건수		1. 내부결재 공문 2. 협약서	1. 국제공동연구는 기관 대 기관이 공동출자하여 수행하는 연구를 의미함 2. 단순 위탁수준은 공동연구에서 제외됨

5. 학술 및 지적재산권 지표

성과지표	분류	증빙자료 유형	비고
SCI급 논문 게재 건수		1. 게재 논문 2. 게재 예정 증명서	1. Acknowledgements에 KIMST 연구비로 수행되었음을 명기 2. SCI DB에 등재된 저널을 인정
비SCI급 논문 게재 건수		1. 게재 논문 2. 게재 예정 증명서	1. Acknowledgements에 KIMST 연구비로 수행되었음을 명기 2. 학술진흥재단에 등재된 저널을 인정
학술회의 발표 논문 건수	1. 구두발표 2. 포스터발표	1. 학회 초록집 2. 학회발표 승인공문	1. 저자 중 참여연구원이 포함되었음을 표시 2. 원고 또는 포스터로 증빙하는 것은 성과 제외
특허출원건수	1. 국내 출원 2. 국제 출원	1. 출원서 2. 출원번호 통지서 3. 출원결정서	1. 출원 이후 등록된 특허도 중복 성과로 인정
특허등록건수	1. 국내 등록 2. 국제 등록	1. 등록서 2. 등록번호 통지서 3. 등록결정서	

6. 교육 및 인력양성 지표

성과지표	분류	증빙자료 유형	비고
인력양성 배출실적 건수	1. 전공별 2. 학위별	1. 계약서상의 참여인력 부분 2. 졸업을 객관적으로 증빙할 수 있는 서류(졸업증명서 등)	
사이버 교육시스템 구축 건수		1. On-line 교육실시 공문 2. 교육자료	1. 포스트 해양 평원체 과정(Post Marine Pathogen Project) 과제 성과 지표
개발교재 건수		1. 배포공문 2. 발간교재	1. 포스트 해양 평원체 과정(Post Marine Pathogen Project) 과제 성과 지표
현장전문인력 교육 실적		1. 교육실시 공문 2. 교육교재	1. 포스트 해양 평원체 과정(Post Marine Pathogen Project) 과제 성과 지표
연구성과 기술지원 건수	1.현장기술지도 2.기술상담 3.교육훈련 4.기술이전	1. 내부결재공문 2. 지도, 상담, 훈련에 대한 구체적 자료	1. 단순한 사이버 민원 질의회신은 성과로 불인정

7. 연구성과 활용 지표

성과지표	분류	증빙자료 유형	비고
신기술 응용 연구실적		1. 특허에 인용된 기술 2. 논문에 인용된 기술	1. 진단 및 예찰 기술개발 분야에 한정 2. 성과의 범위가 넓으므로 연구실적 증빙은 자율에 맡김
미래기술 진단 및 예찰법 개발 건수		1. 진단 및 예찰 채택 증빙자료 2. 진단 및 예찰 제안 증빙자료 3. 초안보고서 (draft report)	1. 진단 및 예찰 분야에 한정
진단 kit 기술 기술이전 건수		1. 기술이전 협약서 2. 기술이전 처리결과 통보서	1. 무상 기술이전은 성과 불인정

제 5 장 연구개발의 타당성 분석

- 정책적 타당성 분석
- 기술적 타당성 분석
- 경제적 타당성 분석

제 5 장 연구개발의 타당성 분석

제 1 절 정책적 타당성 분석

1. 상위계획과의 부합성

- 「안전과 통합의 사회」의 구현은 박근혜 정부가 설정한 5대 국정목표 중 4번째에 해당하며, 특히 재난·재해 예방 및 체계적 관리, 쾌적하고 지속가능한 환경조성을 설정, 해양생태계의 안전성을 확보하고 위해성을 예방하기 위한 국가정책의 기초를 형성하고 있음
 - 4번째 국정목표의 주요 전략에 해당하는 [쾌적하고 지속가능한 환경 조성]은 국정과제 중 99번째 과제에 기상이변 등 기후변화 적응, 104번 과제에 “해양환경 보전과 개발의 조화를 제시하고 있으며,
 - 이는 기후변화 기인 건강피해 예방 및 감염성 질병관리의 강화와 기후-생태계 모니터링 시스템 구축·운영 및 생물자원 조사발굴, 위해 외래종 등의 관리 강화를 시책으로 규정하고 있음
- 《해양수산발전기본법》은 제12조를 통해 해양환경 및 해양자원의 보전에 관한 정부의 의무를 규정하고, 관련 시책(제13조)의 마련, 해양생태계 보전과 안전관리(제14조, 제15조)를 규정하고 있음
- 《해양환경관리법》은 해양환경의 훼손 또는 해양오염으로 인한 피해를 예방하고 깨끗하고 안전한 해양환경을 조성하여 국민의 삶의 질을 높이는데 이바지함을 법 제정의 목적으로 설정(제1조), 해양오염, 폐기물, 배출, 선박평형수 등 오염물질로 인한 해양환경 위해를 예방하고 보전, 관리 시책 수립의 책임을 국가에게 부여하고 있음
 - 해양환경관리법은 제2조를 통해 해양환경이란 ‘해양에 서식하는 생물체와 이를 둘러싸고 있는 해양수(海洋水)·해양지(海洋地)·해양대기(海洋大氣) 등 비생물적 환경 및 해양에서의 인간의 행동양식을 포함하는 것’으로서 해양의 자연 및 생활상태로 정의
- 《수산생물질병관리법》은 수산생물질병이 발생하거나 퍼지는 것을 막기 위한 종합적인 관리체계를 마련, 수산생물의 안정적인 생산·공급과 수생태계 보호 및 국민건강의 향상에 이바지하는 것을 목적으로 하는 바, 국가와 지방자치단체는 필요한 조치를 취하여야 함
- 《제2차 해양수산발전기본계획》(2011~2020)은 기후변화·자원 문제의 대두를 국내외 주요 변화요소로 제시하고, 지구 온난화로 인한 어족자원의 감소와 해양생물의 다양성 훼손 등 해양생태계 교란 요인 증가에 주목하고 있음
 - 기본계획은 동시에 해양과학기술을 활용한 신산업의 출현에 주목하고, 특히 해양바이오 산업은 16년까지 특허기술경쟁력 7위('06 현재 13위), 시장규모 6조원('06 현재 2,800억원)으로

성장하는 등 주요 산업으로 발전 전망하는 등, 해양병원체 등을 포함한 해양생명공학 사업의 신산업으로서의 가치를 평가하고 있음

- 현재 BT산업 규모는 2조 5천억달러로 IT산업(3조5천억달러)보다 적으나 자동차 산업(1조6천억달러)보다 큰 산업으로, '20년경 IT산업을 추월할 것으로 전망
- 《해양생명공학육성 기본계획(2008)》은 해양바이오 4대 중점육성 기술분야로 해양생물기반 기술, 해양생물생산기술, 해양신소재개발기술, 해양생태환경보전기술을 제시하고 있는 바, 해양병원체는 자원적 측면에서 해양생물기반, 해양생물생산, 해양신소재개발, 해양환경보전 등 4개 영역에 포함될 수 있음

2. 정부지원의 필요성

- 해양생태계 및 국민 건강과 안전 확보를 위한 과학적 정보구축, 대응 필요
 - 기후변화는 한반도 주변해역의 어족자원 분포를 포함한 전반적 생태계에 직접적 영향을 발생하는 바, 특히 새롭게 등장하는 병원체에 대한 정부 주도의 정보구축과 연구를 통해 해양생태계 및 국민건강의 안전을 확보할 필요가 있음
- 새로운 환경 위해요소에 대한 정부 주도의 연구와 대응 필요
 - 특히, 기후변화에 따라 출현하는 새로운 해양병원체에 대한 연구와 대응기술, 관련 정보의 부재는 그 위해가 광역적이고 복합적으로 발생할 것으로 예상되는 바, 지역적 및 전세계적 범위의 연구가 수행될 필요가 있음
- 광역성과 월경성 문제에 대한 국제적 연구 주도 필요
 - 해양에서의 병원체 및 환경위해요소는 월경성, 광역성의 특징을 보이는 바, 선박평형수를 통한 외래종, 혹은 한반도 기후대의 변화에 대응하기 위한 지역별 공동연구, 국제적 공동연구를 주도할 필요가 있음
- 기후변화와 한반도 생물자원의 위협성에 대한 사전 대응기반 구축 필요
 - 기후변화에 따라 한반도 연안해양 생태계의 건강 및 생물자원의 위해요소가 확대되면서, 법제도적 측면에서는 사회적 영향력과 파급력, 해양생태계 위해요소로서의 병원체 관리, 활용을 위한 사전 대응기반 구축이 필요
 - 해양병원체는 관리 및 연구 부재의 경우 한반도 해양생태계의 압력요소 및 생태계 상태를 악화시키는 압력요인 이슈(pressure issue)로 작용할 것인 바, 국가계획을 통한 과학적 관리 기반이 선행 구축될 필요가 있음
- 고도의 부가가치적 측면에서의 해양병원체에 대한 국제적 선도 연구 필요
 - 해양병원체는 위해성과 함께 '새로운 해양생명자원'으로서의 부가가치가 높은 자원으로 분류될 수 있으며, 특히 국제사회의 자원 주권화 움직임의 강화에 따라 '자원 활용적'

측면에서의 연구를 주도할 필요가 있음

○ 해양병원체의 정보화와 대응기반, 활용성 강화

- 우리나라는 해양생물 및 수산자원에 대한 정보는 상당한 정도로 확보하고 있는 반면, 핵심 위해 요소인 병원체에 대한 인지와 정보는 상당히 부족함. 따라서 해양병원체의 발생이 기후변화, 외래종, 쓰레기 등 다양하게 나타나는 점을 고려, 한반도-동북아 지역-전세계 해양병원체 정보를 구축하고, 국가적 대응력과 활용력을 제고할 필요가 있음

3. 사업추진의 적시성

- 전지구 기후변화에 따라 한반도 식생, 주변수역 어족자원 등 환경변화가 가속화되면서 기존에 없었던 새로운 병원체가 출현, 해양생태계 및 어족자원, 인간 건강에 대한 위해요소로 대두되고 있는 바, 한반도 주변을 포함, 지역적, 전세계를 대상으로 한 해양병원체 정보 DB구축 및 대응방안 수립이 요구됨
- 해양병원체의 위협요소와 자원가치요소, 기후변화에 따른 잠재적 위협요소와 자원가치요소, 미래 영향요소와 자원개발 요소를 사전에 대응, 준비함으로써 유해성과 유용성을 함께 고려한 접근 정책을 수립할 시급성이 있음
- 2010년 채택된 유전자원의 접근 및 공평한 이익공유(ABS)에 관한 나고야 의정서가 금년 발효될 것으로 예상 되면서 각국의 생물자원 확보와 이용에 관한 정책 또한 강화되는 추세에 있는 바, 해양병원체의 유해성과 자원적 가치를 고려한 정책적 대응, 관리 사업이 시급히 추진될 필요가 있음
- 금년 9월(9.29-10.17)에는 강원도 평창에서 제12차 생물다양성협약 당사국 총회(CBD COP 12)가 개최되는 바, 해양생태계 및 해양생물다양성의 중요 대상인 해양병원체의 과학기술적 선제 연구의 확대는 우리나라 해양생태계의 안전과 자원 활용적 측면에서 중요한 의미가 있음

제 2 절 기술적 타당성 분석

1. 기존 연구사업과의 차별성

- 국내 해양병원체에 대한 연구는 대부분 국내 양식산업과 관련이 되는 수산질병(양식 잉어류의 신종 바이러스성 질병에 대한 신속진단 및 방제기술 개발/2002, 특정수산기술개발)에 대한 방제기술 개발과 병원체의 진단기술 개발이 대부분이었음. 해산 연체동물의 기생성 질병의 병원성 연구(2012), 연어과 어류 바이러스에 대한 LAMP(2011)나 새우감염성 질병에 대한 multiplex PCR을 이용한 진단기법의 개발(2010) 등이 연구재단의 기본연구지원사업이나 미래해양산업기술개발사업의 형태로 진행하였을 뿐 체계적인 사업으로 수행된 바 없음
- 이와 같이 우리나라의 해양병원체에 관한 연구는 기본적으로 양식산업과 관련되어 진단과 방제에 치중되어 운영되어 왔음
- 2013년 수산과학원은 신자산어보 연구과제기획에서 수산물 고유 및 분변 등의 오염원에서 유래한 병원성 미생물과 기생충의 발생과 확산을 예측하고 위해평가를 바탕으로 한 제어 기술을 개발하고 보급함을 목적으로 신종 병원성 미생물 해역 확산예측 모델개발 및 제어를 위한 활성소재 개발, 분변 병원성 미생물 조사와 위해평가를 통한 확산예측 모델 연구, 항바이러스/항기생충별 활성소재 개발과 인체 면역기작 및 제품개발 연구, 수산물매개 분변유래 기생충 제어기술 개발, 병원성미생물 제어기술 개발 및 분변 유래 병원성 미생물 및 기생충 위해평가 등을 연구 내용으로 제시하였음
- 2013년에 기획된 이러한 해양병원체 관련 대형사업에서도 주로 연안 해역 및 양식산업에 존재 가능한 병원체 연구에 국한하고 있어, 본 기획과제에서 제시하는 연구 목표인 지구 온난화와 함께 해류 이동 및 선박에 의한 해수의 이동 등으로 유도될 수 있는 새로운 해양병원체에 의한 질병 발생과 해양생태계내의 해양병원체 동태 파악 및 이머징 해양병원체로 기인하여 발생할 수 있는 질병을 예찰할 수 있는 기술적 기반을 구축하고자 하는 연구는 전무함.
- 우리나라에서 해양병원체에 대한 연구는 2013년 한국해양과학기술원 과제를 시작으로 본격적으로 유입가능한 해양병원체의 위험성과 이들이 국내 해양생태계에 미치는 영향 등에 대해 문제점이 제기되기 시작을 하였고, 현재 국내 유입가능한 해양병원체에 대한 분포 및 진단과 관련한 연구가 일부 수행되고 있음(KIOST, 2013).
- 해양병원체에 대한 진단기술 개발은 일부 대학을 중심으로 자발적 협력 네트워크를 통해 진단 기법을 개발하는 수준에서 진행 중.
- 하지만 이머징 해양병원체에 대한 연구는 해류의 유입경로를 따라 원양에서부터 연안 해안으로 해양병원체 시료를 계절별로 또는 지리적으로 확보해야 하는 과정과 sampling 및 monitoring spot을 설정하는 과정이 소형 과제 또는 자발적인 연구자들의 네트워크 만으로는 추진이 불가능하기에 이머징 해양병원체에 관한 연구는 추진된 바 없음

- 결론적으로 한국해양과학기술원 내부 과제로 수행중인 이머징 해양병원체에 대한 결과를 본 기획과제의 선행연구결과로 활용하여 이머징 해양병원체 연구를 체계적으로 수행하고자 함.
- 이로써 미래 국가해양생물의 질병관리 및 해양생태계 보존을 위한 과학적 근거 확보를 본 연구과제의 최종 연구개발 목표로 제시하고자 하며, 산발적으로 수행되어온 이머징 해양병원체 관련 소규모 연구들은 필요에 따라 본 사업 개발시 흡수 또는 포함시켜 진행할 예정임.

2. 연구개발의 성공가능성

분야명	강약점	성공 가능성
<p>국내 및 외래 해양병원체 탐색 및 진단기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 강점: <ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 진단 및 분석 연구경험 - 국내 연안 및 동북아시아 해수유동에 대한 자료 및 모델 확보 ○ 약점: <ul style="list-style-type: none"> - 지금까지 이머징 해양병원체에 대한 진단 연구가 진행된 바 없음 - 이머징 해양병원체의 유입경로에 대한 자료가 미진함 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 해양바이러스, 해양박테리아 및 해양기생충 연구경험자로 연구를 기획하여 각 분야별로 현실 가능한 연구와 선행연구를 통한 문제해결 능력이 매우 높음 - 국내 해수유동모형과 전문인력의 수준으로 볼 때, 이머징 해양병원체의 유입경로와 sampling 및 monitoring spot을 설정하는데 필요한 변수의 종류 및 함수를 구해낼 경우 이머징 해양병원체의 이동을 예측할 수 있는 모델 개발이 가능하므로 본 과제의 성공 가능성이 매우 높음
<p>이머징 해양병원체의 예찰 및 병원성 검정 시스템 기반 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 강점 : <ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 및 숙주에 관한 국내외 문헌 분석, 검토 및 해외 연구자와의 교류를 통해 해양병원체 예비 목록 작성 - 위해도 평가표 자체 제작 및 다양한 해양병원체에 대한 위해도 평가 경험 - 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양병원체 샘플링 및 모니터링을 할 수 있는 기반 기술 및 경험 확보 - 각 해양병원체에 적합한 기본 탐색 기술 확보 (DNA 및 항체 기반) ○ 약점 : <ul style="list-style-type: none"> - 해외 병원체에 대한 연구 경험 부족 - 해외 해양병원체에 대한 국내 숙주 생물에 대한 병원성 검정 시스템 및 시설 부족 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체의 시료 채취, 분리, 정량 및 진단기술을 확보하면 해역별로 이머징 해양병원체의 유입 현황 및 특성을 규명할 수 있음 - 국내 해양 환경조건에서 이머징 해양병원체의 증식과 확산 속도를 정량적으로 평가하는 기법을 개발하면, 해양병원체 연구 및 방제의 최대 현안 사항인 해양환경 조건에 따른 해양병원체의 피해 예측을 성공적으로 산정할 수 있음 - 선박평형수 연구단이 이미 출범을 하여 연구를 수행하고 있기에 이 연구단과 공조를 하면 선박 평형수에서의 해양병원체 탐색 및 진단연구가 가능하며 해양병원체 분석을 위한 연구 인프라, 기술 및 전문인력은 충분히 확보하고 있어 우선적인 연구개발로 성공 가능성이 높음 - 병원체의 탐색과 진단은 DNA 및 핵산 기반의 연구가 보편적인데 국내 연구진들의 연구 역량과 경험으로 해양병원체에 대한 표준시료만 확보를 한다면 PCR 기반과 항체기반의 진단기술은 단시일 내에 개발 완료할 수 있음

<p>이머징 해양병원체 정책적 대응전략 수립</p>	<p>○ 강점 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 양식생물종에 대해 병원체에 의한 피해 예측 분석 경험 보유 - 선박평형수 등을 통한 외래유입 종의 이동과 정착 등에 관한 연구경험과 인력 보유 - 해외 유입 해양생물종에 관한 영향 평가 자료 및 경험 확보 <p>○ 약점 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체의 국내 해역에의 정착 및 확산에 대한 조사 경험 및 인력 부재 - 이머징 해양병원체를 통해 국내 자생 생물종의 감염 가능성 및 생태계 파괴 등에 관한 정보 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체에 의한 해외 피해 사례의 수집을 위한 국제네트워크를 구축하면 피해 예측 및 위험 대상 해양병원체를 사전 선별할 수 있을 것으로 예상 - 고위험성 해양병원체에 대한 분석이 완료하면 특정 병원체에 대한 백신 개발이나 항병원체 사료 개발 등의 연구를 수행할 수 있음. 이와 같은 백신이나 사료개발 기술과 노하우는 확보하고 있어 성공가능성이 높음 - 선박평형수나 해류 그리고 수산물을 통한 해양 병원체의 이동과 국내 해역에서의 정착 관련 연구는, 서식생물 분류에 대한 기본자료를 확보하고 기존의 인력과 기술을 이용하여 영향을 평가할 수 있음. - 이머징 해양병원체에 의한 경제적 피해는 다른 오염영향에 관한 피해 평가 방식과 달리 병원체 종류 및 특성분석에 따라서 개별적인 유입/확산/정착 등의 자료를 바탕으로 다양한 방법론을 검증하여 평가가 필요하므로 단순한 평가지표가 아닌 해양병원체 별로 위원회를 설립하면 평가가 가능할 것으로 판단됨.
------------------------------	---	---

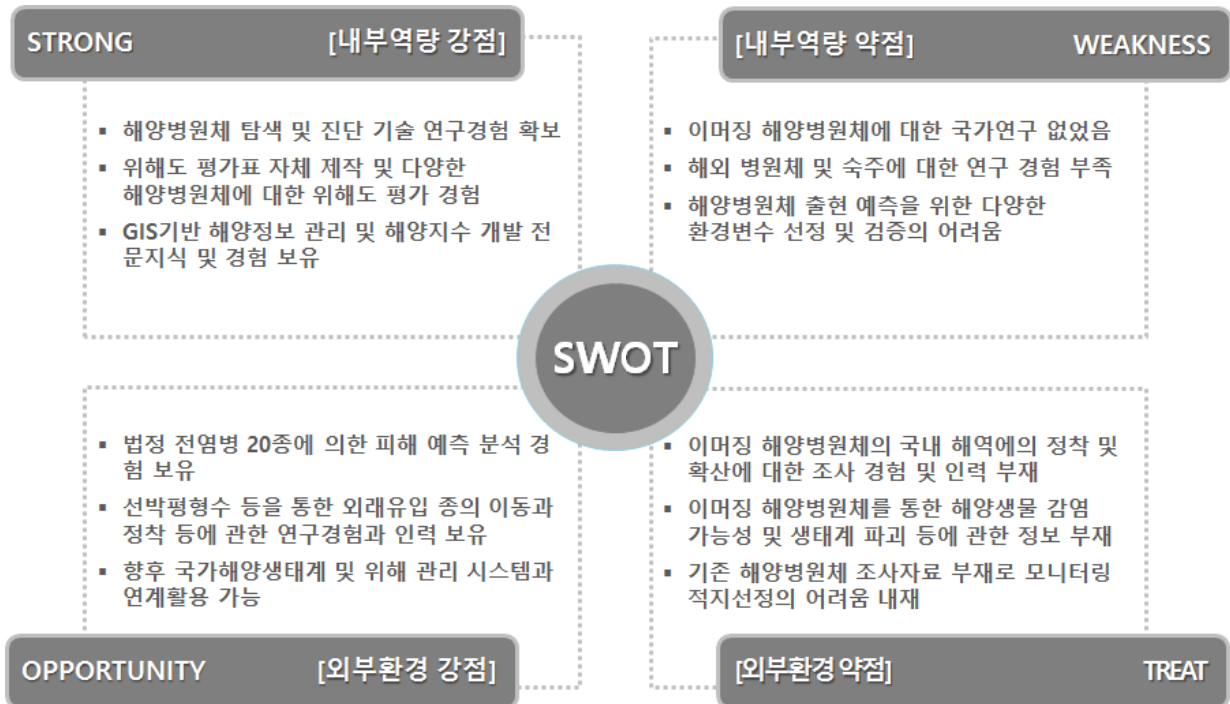
3. 연구개발계획의 적절성

- 이머징 해양병원체의 탐색, 진단 그리고 예찰과 그 병원체의 관리를 연구 목표로 제안된 본 기획과제는 해양병원체 현황분석 및 모니터링 기술개발, 해양병원체 검출 및 진단기술 개발, GIS 기반 해양병원체 정보체계 구축, 외래 해양병원체 유입 및 미래 정보 확보, 이머징 해양병원체 예찰시스템 및 정보공유시스템 구축, 이머징 해양병원체 감염 현장 대응체제 구축, 해양병원체 예찰 의사결정 지원체계 구축 그리고 이머징 해양병원체 대응 관련 국가기관으로 기술 이전 및 조직화 등으로 구성되어 있음
- 본 기획과제는 최근 기후온난화에 의한 해류 이동 및 선박에 의한 해수의 이동 등으로 새로운 해양병원체에 의한 질병 발생과 해양생태계내의 해양병원체 동태 파악 및 이머징 해양병원체로 기인하여 발생할 수 질병을 예찰할 수 있는 연구분야를 모두 포함하여 본 과제를 성공적으로 도출하기에 매우 적절한 것으로 판단됨
- 환경변화에 따른 병원체 및 질병의 확산에 대한 연구는 ① 감염성 질병의 탐지 및 규명 프로젝트의 개발 및 향후 발전을 위해 관련 기술의 융합 부분 (영국 기술전략위원회,

Technology Strategy Board) ② 다중 숙주, 다중 매개체 시스템으로 인한 매개체 전파 질병의 확산 증가 및 이에 대한 대응 및 대비 부분(영국생태센터-Centre for Ecology & Hydrology) ③ 위험에 대한 정보교환과 질병 조절을 위한 프레임워크 및 국제적 네트워크 마련 부분으로 각각 그 필요성이 제시되었음

- 이러한 연구 방향에 대해 국내 최초로 시도되고 있는 본 기획과제의 이머징 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 연구는 국내외 해양병원체 연구기관 및 연구자들과의 긴밀한 협력 및 공동연구를 기반으로 기획되었기에 문제해결 지향적인 매우 현실적이고 적절한 연구개발계획으로 사료됨
- 2013년도부터 한국해양과학기술원 내부과제로 수행중인 남해생태계 이머징 해양병원체 탐색 및 검출기술 개발('13-'15)이 2015년 12월말에 만료예정이고, 본 기획과제가 현재 KIMST 기획과제로 수립되고 있는 바, 본 연구기획에서는 이머징 해양병원체에 대한 탐색, 진단 그리고 예찰에 대한 기초연구를 이미 수행하고 있어서, 이 연구 목표에 맞춰서 정책목표와 연계된 연구개발 목표와 내용을 도출하여 향후 연구개발 결과의 활용도 및 파급효과를 높일 수 있도록 한 점은 적절한 판단임.

4. SWOT 분석



제 3 절 경제적 타당성 분석

1. 경제성 분석 방법

가. 편익/비용비율(Benefit-cost Ratio)

- 공공사업의 경제적 타당성의 평가는 기본적으로 편익-비용 분석기법에 의존하고 있음
- 편익-비용 비율(Benefit-Cost Ratio : B/C)이란 총편익과 총비용의 할인된 금액의 비율, 즉 장래에 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값을 의미한다고 할 수 있음
- 일반적으로 편익/비용 비율이 높은 사업일수록 경제적 타당성이 높은 것으로 평가하고 있으며, 편익/비용 비율 ≥ 1 이면 경제성이 있다고 판단함. 산출방식은 다음과 같음

$$B/C \text{비율} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서, B_t : 편익의 현재가치
 C_t : 비용의 현재가치
 r : 할인율(이자율)
 n : 내구년도(분석년도)

- 여기에서, B_t 는 편익의 현재가치, C_t 는 비용의 현재가치, r 은 사회적 할인율(이자율), n 은 사업의 경제적 수명(분석기간)을 각각 의미함

나. 순현재가치(Net Present Value : NPV)

- 순현재가치란 투자사업의 전기간에 걸쳐 발생하는 순편익의 합계를 현재가치로 환산한 값으로 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총편익에서 총비용을 제한 값이며, 순현재가치 ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단하고 있음
- 순현재가치의 산출방식은 다음과 같음

$$\text{순현재가치}(NPV) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서, B_t : 편익의 현재가치
 C_t : 비용의 현재가치
 r : 할인율(이자율)
 n : 내구년도(분석년도)

- 순현재가치 기준은 비용-편익분석에서 가장 널리 사용되는 보편적인 기준이지만 이 기준에만 전적으로 의존하기에는 문제가 있음
- 이 기준이 갖고 있는 가장 큰 약점은 대규모사업이 소규모사업에 비해 큰 순현재가치가 발생하게 되어 일반적으로 대규모 사업일수록 유리하게 평가된다는 것임

다. 내부수익률(Internal Rate of Return : IRR)

- 내부수익률이란 투자사업이 원만하게 진행된다는 전제하에 기대되는 예상수익률로서 투자사업의 전기간에 걸쳐 발생하는 편익의 현재가치와 비용의 현재가치를 일치시켜 순현재가치가 0이 되게 하는 어떤 할인율로 계산됨
- 즉 내부수익률은 편익과 비용의 현재가치로 환산된 값이 같아지는 할인율 r 을 구하는 것으로, 사업의 시행으로 인한 순현재가치를 0으로 만드는 할인율을 의미한다고 할 수 있음
- 따라서 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 일반적으로 경제성이 있다고 판단하고 있으며, 내부수익률의 산정방식은 다음과 같음

$$\text{내부수익률}(IRR) : \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서, B_t : 편익의 현재가치
 C_t : 비용의 현재가치
 r : 할인율(이자율)
 n : 내구년도(분석년도)

- 내부수익률기준에 따르면, 내부수익률이 큰 사업일수록 유리한 사업으로 판정되므로 사업간 우선순위를 결정할 때 내부수익률의 크기를 직접적으로 비교하면 됨
- 내부수익률이 사회적 할인율보다 크다는 의미는 이 사회적 할인율로 할인한 순현재가치가 0보다 크다는 의미와 동일하다고 할 수 있음
- 그러나 내부수익률 기준도 한두 가지의 약점을 가지고 있음. 우선 어떤 사업이 성질상 사업의 초기에 많은 비용이 투입되어야 하고, 그리고 나서 어느 정도의 편익기간이 지난 후에 다시 대규모의 비용이 발생하는 그런 사업에 대해서는 내부수익률이 두 개로 계산될 수 있다는 것임
- 또한, 예산상의 제약이 있다든가 혹은 사업들간에 상호경쟁적(상호배타적)인 관계가 있을 때에는 내부수익률 기준을 직접적으로 사용할 수 없다는 한계점을 내포하고 있다는 것임

라. 평가지표의 비교

- 비용-편익비, 순현재가치, 내부수익률에 의한 경제적 타당성 유무판단이 항상 동일한 것은 아님

- 순현재가치는 순편익의 흐름을 사업 개시년도의 가치로 평가하였지만 사업규모에 대하여 표준화되어 있지 않기 때문에 사업간 비교에는 적당하지 않은 단점이 있는 반면에, 내부수익률은 사업의 규모에 의존하지 않는다는 장점은 있으나 수익성이 극히 낮거나 높은 사업의 경우는 계산되지 않는 단점이 있음
- 그리고 비용-편익비는 특정항목을 편익 혹은 비용으로 처리하는 가에 따라 값이 달라진다는 단점이 있음

표 5-1. 경제성 분석기법의 비교

평가지표	판 단	장 점	단 점
편익/비용비 (B/C)	$B/C \geq 1$	- 이해용이, 사업규모 고려 가능 - 비용편익 발생시간의 고려	- 비용과 편익의 명확한 구분 곤란 - 상호배타적 대안선택의 오류발생 가능 - 사회적 할인율의 파악
내부수익률 (IRR)	$IRR \geq r$	- 사업의 수익성 추정가능 - 타대안과 비교 용이 - 평가과정 결과이해 용이	- 사업의 절대적 규모 고려하지 않음 - 복수의 내부수익률이 동시에 도출될 가능성 내재
순현재가치 (NPV)	$NPV \geq 0$	- 대안선택시 명확한 기준제시 - 장래발생편익의 현재가치제시 - 한계 순현재가치 고려 타분석에 이용 가능	- 할인율의 명확한 파악 - 이해의 어려움 - 대안 우선순위 결정시 오류 발생가능

- 결국 특정 사업의 경제성 타당성의 유무판단기준으로서 어느 한 기준에 전적으로 의존하는 것은 문제가 있음을 인식해야 하며, 결론적으로 순현재가치, 내부수익률 및 편익/비용 비율 세 가지를 모두 적절하게 고려한 후 의사결정을 내리는 것이 최선의 방법이라고 할 수 있음

마. 기준년도

- 편익과 비용이 제각기 다른 시점에서 발생되므로 할인율을 이용하여 비교 가능한 동일 시점의 가치로 일치 시켜야 함
- 본 연구의 기준년도는 「예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제5판)」(KDI, 2008년)에 따라 조사시점의 전년도말인 2013년을 적용

2. 비용/편익 분석

가. 비용분석

- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구 사업은 총 150억원이 소요되고, 향후 9년간 할인율 5.5%의 현재가치를 적용할 경우, 약 121.4억원으로 추정

- 병원체 분석 및 검출 요소기술 개발 연구에 60억원, 병원체 목록 작성 및 검출기술 정립 연구에 45억원, 검출기술 확립 및 현장 적용성 검토 연구에 45억원이 소요되어 총 150억원으로 추산

표 5-2. 연도별 비용추정 결과 (단위: 억원)

구분	병원체 분석 및 검출 요소기술 개발	병원체 목록 작성 및 검출기술 정립	검출기술확립 및 현장 적용성 검토	소계
2015년	15	7.5	7.5	30
2016년	15	7.5	7.5	30
2017년	15	7.5	7.5	30
2018년	7.5	11.25	11.25	30
2019년	7.5	11.25	11.25	30
합계	60	45	45	150

나. 편익분석

- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구 사업의 경제적 편익 분석 방법은 해양과학기술 분야의 과학적 연구 결과를 산출하는 바 과학기술적 편익으로서의 직접적 편익과 간접적 편익으로 구분하여 검토 가능
- 해양과학기술 연구의 기초 및 응용연구 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, 해양기초과학기술 분야의 국제공동연구나 기초연구 분야에 해당되는 탐사 및 조사를 수행함으로써 평가될 수 있는 과학기술적 편익이 타당성 검토의 핵심이 될 것으로 사료됨
- 이에 연구의 성과로 산출되는 과학기술적 성과를 산정 또는 평가하는 방법은 다양하나, 대표적으로 사용되는 방법으로는 해당 과학기술적 성과의 수요조사 및 해당성과에 대하여 수요자가 느끼는 지불의사(willingness to pay)의 조사를 통하여 과학적 성과를 화폐가치로 산정

다. 경제성 분석을 위한 가정

- 3단계에 걸쳐 총 2015년부터 2019년까지 5년간 지원하는 사업으로 고려하고, 편익 발생 기간은 『예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축』(KISTEP, 2011)에 따라 'B09 고체 폐기물의 처리; 오염된 토양의 재생(폐수, 하수 또는 슬러지의 처리 C02F; 방사능 오염 고체 물질의 처리)'에 해당하며 기술수명주기 중위수는 8.5년이라 반올림하여 2020년에서 2028년까지 총 9년으로 가정함

- 본 연구에서는 분석상의 위험을 피하기 위해 한국개발연구원(KDI)의 사회적 할인율¹⁾ 적용 지침인 5.5% 수준을 준용하여 현재가치(Present Value)로 전환

라. 과학기술의 비시장적 편익분석

- 본 연구에서는 직접적 과학기술적 편익 산정방식으로서, 첫째 수요조사를 통한 과학기술적 편익 산정방법으로 시장에서 평가되기 어려운 편익을 고려하기 위해 납세자들의 최대 지불의사금액 (willingness to pay, WTP)을 화폐적가치로 시현시켜 측정하는 조건부가치 측정법 (Contingent Valuation Method, CVM)을 활용하여 평가
 - 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
 - 국제공동연구의 필요성이 강조된다는 점을 활용하면, 최근에 수행된 IODP 사업에 대한 CVM 사례를 검토한 후, 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구의 비시장적 편익에 적용 가능함
 - 먼저 IODP 사업의 비시장적 편익을 추정했던 사례를 살펴보고
 - 소비자 물가지수로 조정하여 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구의 비시장적 편익을 도출
 - 해양쓰레기에 의한 피해로 어류 및 어패류의 질병 감염 및 확산, 그리고 양식업 저해요소로 해양쓰레기에 의한 피해비용을 본 연구의 편익에 적용
 - 해양쓰레기로 인한 피해비용 사례를 검토하고
 - 소비자 물가지수로 조정하여 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구의 비시장적 편익을 도출
- 가) IODP사업의 비시장적 편익 분석결과로 부터의 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획 연구 사업의 비시장재화(non-market) 가치 평가
- 국제공동 해양시추사업(IODP)은 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

1) 한국개발연구원, 2008, 2008년 하반기 예비타당성조사 착수회의 지침

- 이 값을 전체 모집단인 7개 광역시로 확장하기 위해 2008년 기준 가구 수 정보 7,459,596가구를 이용하면 연간 총 편익이 약 213.6억원에 이릅니다
- 인구주택총조사가 시행된 2008년 기준 광역지방자치단체별 세대수, 가계소비지출, 세대당 가계소비지출, 세대당 가계소비지출을 이용하여 조정된 가구당 WTP 값을 2013년 불변 가격으로 환산된 값이 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구 사업의 연간 경제적 편익임
- 분석결과, 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구의 비시장적 가치는 소비자 물가지수(2008년=94.5, 2013년=107.7)로 조정을 하면 2013년말 기준으로 연간 243.6억 원으로 추정됨
- 그러나, 상기에서 언급한 것과 같이 국제공동 해양시추사업(IODP)과 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구가 추진방법적인 측면에서 국제공동 연구사업이라는 점,
- 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 1/8의 차이가 발생하여 이로 인해 활동영역 측면에서 유발효과의 규모가 작아져야 한다는 점을 적용할 필요성이 있음
- 따라서, 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구는 국제공동 해양시추사업(IODP)의 예산규모면에서 1/8 수준인 매년 31억원의 편익이 산정되고, 향후 2020년부터 2028년까지 9년 동안 할인율 5.5%의 현재가치로 전환된 편익규모는 총 156.3억원의 편익을 기대

나) 해양쓰레기로 발생하는 연간 피해비용 저감 편익

- 해양 자원 및 공간 이용의 확대, 인위적인 해양 환경 이용 증가에 따라 해양폐기물 투기, 육상오염물 유입 증가, 허베이스피리트호에 의한 서해의 유류오염사고 등 일련의 사건 사고로 해양오염이 증가, 이에 따라 유해물질의 생물 축적 및 생물확산에 의한 2차 오염의 문제 발생함
- 특히, 해양쓰레기는 해양 생물의 서식지 파괴, 수산물의 질 저하, 해상 안전 위협, 해양 관광 자원 훼손, 외래종의 운송 등 해양환경에 가시적인 악영향을 미치고 있으며, 어류의 질병발생이 다양해지고 많아져, 폐사가 발생하는 등 어업인의 노고 가중
- 『해양쓰레기 오염대응 기술개발 기획연구』(한국해양과학기술원, 2013)에서의 연구결과 해양쓰레기로 인한 피해비용은 연간 7,559백만원(약 76억원) 추정됨
 - 『해양쓰레기 오염대응 기술개발 기획연구』에서는 아시아-태평양 지역에 대하여 연구결과를 도출 하였으며, 본 연구의 범위 규모면에서 1/10 차이가 발생하여 이로 인해 활동영역 측면에서 유발효과의 규모가 작아져야 한다는 점을 적용할 필요성이 있음
 - 따라서 본 연구에서는 해양쓰레기로 인한 피해비용 연간 7,559백만원(약 76억원)의 1/10 수준인 756백만원(약 7.6억원)의 편익이 산정되었으며, 향후 2020년부터 2028년까지 9년 동안 할인율 5.5%의 현재가치로 전환된 편익규모는 총 38.1억원의 편익을 기대

- 본 연구의 결과는 2012년말 기준이므로 경제성 분석의 기준 시점인 2013년말 기준으로 소비자 물가지수를 이용하여 조정한 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구의 비시장적 가치는 향후 2020년부터 2028년까지 9년 동안 할인율 5.5%의 현재가치로 전환된 편익규모는 총 428.5억원의 편익으로 추정

마. 간접적 과학기술적 편익

- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구에 따른 간접적 과학기술적 편익의 경우도 그 가치를 화폐적 단위로 쉽게 산정되기 어려운 문제점이 있지만, 전문인력양성 효과 등을 고려할 수 있음

가) 전문 연구인력 양성 효과

- 해양과학기술 전문 연구인력 양성 및 연구능력 증진 효과는 연구 시설 확충 시 수반되는 편익으로서, 동일하게 성과지표의 향상정도 및 성과 목표치로 평가
- 해양병원체 진단 및 예찰시스템 전문인력 양성사업의 경제적 효과를 추정하기 위해 사업을 통해 양성되는 전문인력의 효용을 계산함
- 조건부 가치측정법(CVM: Contingent Valuation Method)과 지불용의(WTP)에 기반을 두어 전문인력양성에 대한 편익을 추정함²⁾

나) 편익 도출 방안

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

- 편익의 크기는 해양수산부의 인력 양성사업을 통해 양성되는 전문인력의 규모에 이들의 평균적인 지불용의를 곱연산하여 도출함
 - 사업의 공급자가 아닌 수요자 시점에서 편익 크기를 추론하고, 전문인력의 규모는 사업 목표인 110명(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 고려, 대학원 진학자 평균 급여와 대학원 비진학자 평균급여 차이 사용

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

표 5-3. 학력별 월급여액

(단위: 천원)

학력	2008	2009	2010	2011	2012	평균
전체	1,945	1,960	2,023	2,102	2,216	2,049
중졸이하	1,346	1,335	1,371	1,424	1,459	1,387
고졸	1,613	1,626	1,661	1,732	1,812	1,689
초대졸	1,817	1,829	1,875	2,008	2,098	1,925
대졸	2,553	2,523	2,589	2,710	2,835	2,642
대학원졸	3,522	3,475	3,536	3,547	3,827	3,581

* 고용노동부 통계자료(<http://www.laborstat.moel.go.kr>)

* 석사과정과 박사과정의 차이까지 나타난 자료는 제공되지 않음

※ 대학원 졸업자와 대학 졸업자간 월 급여 차액은 약 94만원으로 조사됨

※ (지불용의) 평균급여 차이로부터 지불용의를 산출하기 위해 서울 각 대학 대학원들의 등록금 정보 집계³⁾

표 5-4. 2013년도 서울지역 39개 일반대학원 등록금 현황

(단위: 천원)

학교명	등록금	학교명	등록금
평균	4,870	서울여자대	4,682
가톨릭대	5,600	성공회대	4,447
건국대	5,407	성균관대	5,883
경기대	4,867	성신여자대	4,792
경희대	5,829	세종대	4,779
고려대	5,880	숙명여자대	5,000
광운대	5,589	송실대	5,134
국민대	5,404	연세대	6,120
그리스도대	4,340	이화여자대	5,726
덕성여자대	4,314	장로회신대	4,437
동국대	5,410	중앙대	5,228
동덕여자대	5,068	총신대	4,249
삼육대	5,176	추계예술대	5,141
상명대	5,387	한국성서대	4,743
서강대	5,502	한국외국어대	4,191
서경대	4,726	한국체육대	3,167
서울기독대	3,574	한성대	4,621
서울대	3,684	한양대	5,529
서울산업대	3,916	한영신대	4,181
서울시립대	2,677	홍익대	5,532

* 한국대학교육협의회 대학정보공시센터(<http://www.academyinfo.go.kr>)

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

- ※ 대학원의 최소 교육기간이 2년임을 감안하여 교육기간은 2년으로 가정
- ※ 학력에 따른 임금격차는 일생의 상당 기간 동안 지속되나, 본 분석에서는 교육 이후 10년 동안의 임금격차에만 영향을 미친다고 가정
- 평균적인 지불용의(WTP)는 ‘급여차이(94만원 × 12개월 × 5년) - 교육비 소요액(487만원 × 4학기)’으로 나타남(현재가치화 전)
- 연도별 인력양성 규모 실적에 이들의 지불용의(WTP)를 곱연산하여 편익을 도출

다) 편익 추정

- 1명의 지불용의를 구하고 해당 지불용의와 연도별 인력양성 목표를 곱연산
 - 5년 동안의 1인당 지불 용의는 18,460만원이고 이를 현재가치화하면 8,995만원임
- 지불용의는 교육 전에 있는 것이므로 교육기간 2년을 가정하고 교육시점 이전에 현익을 산정

표 5-5. 1명의 지불용의 (단위: 만원)

기준년도와의 차이	교육비 소요	급여차	현재가치화
1	-974		-745
2	-974		-706
3		3,692	2,980
4		3,692	2,825
5		3,692	2,678
6		3,692	2,538
7		3,692	2,406
합계	-1,948	18,460	8,995

- 해양수산부의 전문 인력양성 사업의 목표는 110명으로 인력양성사업의 편익은 지불용의에 연도별 인력양성 규모를 곱연산하여 추정

표 5-6. 인력양성수

연도	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	합계
인력양성수 (명)			30		30		50	110

- 전문인력 양성사업의 편익은 약 20억원으로 추정됨

표 5-7. 인력양성사업의 편익 추정 (단위: 만원)

연도	편익	현재가치화
2015		
2016		
2017	110,760	89,407
2018		
2019	110,760	80,328
2020		
2021	184,600	120,285
편익 합계	406,120	200,613

바. 경제적 타당성 편익분석 종합

- 비용-편익 분석 결과
 - 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발 기획연구에 따른 경제성 분석 결과는 할인율 5.5%를 적용한 경우 총 비용(Cost)이 121.4억원이 소요될 예정이며, 총 경제적 편익(Benefit)은 194.9억원이 발생하여 순편익은 73.5억원으로 0을 상회하며, B/C비율은 1.61로 1.0을 초과하며, 내부수익률은 13.36%로 사회적 할인율 5.5%보다 큰 것으로 추정됨

표 5-8. 본 사업의 경제적 타당성 분석 결과

구분	순현재가치(억원)	편익/비용 비율	내부수익률
값	73.5	1.61	13.36%

사. 경제적 파급효과 분석 결과

- 전문 인력양성 효과
 - 사업기간인 5년간 총 110명의 전문인력을 양성하고, 이를 통하여 총 30.9억원의 편익 달성 효과를 기대

제 6 장 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과

- 정책적 타당성 분석
- 기술적 타당성 분석
- 경제적 타당성 분석

제 6 장 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과

제 1 절 활용방안

1. 정책적, 산업적 활용방안

- 해양병원체 DB 구축 및 장기 모니터링을 통해 신생 병원체의 유입 가능성 및 출현 예측, 조기대응전략 마련
- 국가차원에서의 해양병원체에 관한 위기대응 및 해양 정책전략 선진화 위치 선점
- 정부차원에서의 해양병원체 방제 및 저감 정책 수립에 활용
- 신생·외래 유입 병원체군의 국내유입 예방/대책 마련
- 정부의 해양병원체의 관리체계 구축에 활용
- 해양병원체 종목록과 유전자원을 기초로 한 국가생물자산화 활용
- 정부의 해양병원체의 대국민 홍보 및 교육 자료로 활용
- 국제사회의 해양병원체 관련 협약 대응 자료로 활용

2. 학문적 활용방안

- 국제공동연구, 교육 인프라 기반 조성
- 해양병원체의 국제적(대륙간) 이동 및 전파에 관한 국제공동연구 추진
- 해양병원체-숙주간 상호작용 메커니즘 연구를 통한 해양생물 의과학 발전 도모
- 해양병원체 종합적 정보 관리와 위해도 평가서 작성
- 해양병원체 글로벌 지도 완성을 통한 해양환경 평가연구 방법에 활용
- 해양병원체 및 숙주 유래 유용물질 개발 연구의 기반으로 활용
- 해양병원체 진단 기술 및 DB 구축을 통해 국내·외 해양생물 병원체 감염 진단, 장기 모니터링 및 예보에 활용
- 해양병원체 유래 질병 현황 기술서 작성 활용
- 감염생태지도(또는 질병도)를 통한 환경위해도 평가 연구 방법에 활용

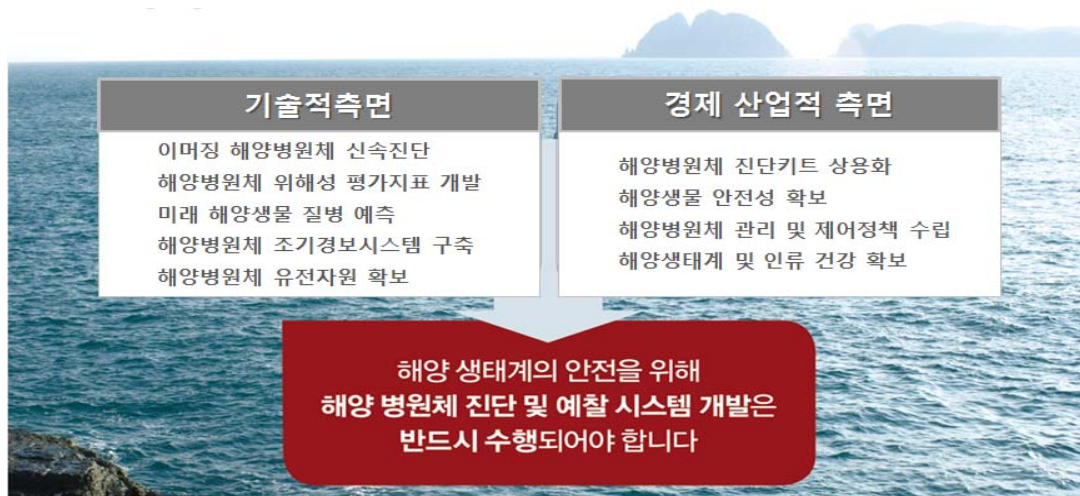
제 2 절 기대효과

1. 기술적 측면

- 해양병원체에 대한 해양생물의 반응을 측정할 수 있게 하는 바이오마커 연구개발의 발전이 기대됨.
- 해양병원체 종 동정 센터를 통한 세계 각국 연구자에게 정확한 시료(균주)/동정자료 제공 및 병원학적 특성연구 등 후행연구에 활용
- 최신 계통분류학적 연구 및 진단 기술을 이용하여 병원체의 신속한 종 동정, 분포, 이동 파악 가능
- 해양병원체 진단용 분자마커 및 분자생물학적 진단기술을 통해 외래유입 어종, 수입산 선어의 병원체 신속 진단 가능
- 신규 분자마커를 활용한 정확한 종 동정을 통해 병원체-숙주간 상호작용 원리 규명
- 주변 국가들과의 해양병원체 정보 공유를 통한 국제 공동연구 계기 마련
- 해역별 글로벌 분포지도를 활용한 환경위해성 평가 지표 마련
- 국내 전문가 인력풀(pool) DB화 및 네트워크 구성 및 활용

2. 경제 산업적 측면

- 전세계 시장에서 활용가능한 해양병원체 진단키트 상용화 및 산업화
- 연평균 36.5% 성장하고 있는 세계 바이오칩 시장에서 상위 선점 및 높은 부가가치 창출
- 해양병원체 자동예찰시스템을 개발을 위한 도구로 사용되며, 이를 활용한 수산물 피해 저감 및 병원체 조기 차단
- 해양병원체의 인수공통질병 관리 방안 기술 개발 효과
- 친환경적 기생성 병원체 구제 기술 개발 연구를 통한 안전한 수산물의 지속 공급 효과
- SeedBank 운용에 따른 생물다양성협약(CBD)에 대응한 국가 생물자산화 효과
- 해양병원체 조기 검출을 통한 사회적 비용 절감



제 7 장 참고문헌

- 김정호, 박성우, 박찬일, 오명주, 정성주, 허민도 (2006) 어패류의 감염증과 기생충. 라이프사이언스, 서울, pp. 428.
- 김진우, 이주석, 박미선, 방종득, 손상규 (2002) 수산생물양식질병도감. 국립수산물품질관리원.
- 민병화, 정민환, 노경언, 임한규, 최철영, 장영진 (2006) 감성돔 아가미에 기생하는 요각류 *Alella macrotrachelus* 구제를 위한 저삼투압 처리 효과. 한국양식학회지, 19(1), 19-24.
- 서장우, 김위식, 한경호, 이성훈, 유동재, 김이청, 오명주 (2010) 자연산 복섬에서의 *Pseudocaligus* sp. 기생과 그 구제에 대해. 한국어병학회지, 23(1), 107-112.
- 신숙, 심정자, 박정희, 이준상, 김일회, 서지은, 김형섭, 김사흥 (2010) 한국의 해양 외래종. 국토해양부, pp. 37.
- 이무하, 이변우, 김영호, 이준호, 손요환, 채준석, 장창익, 이재봉, 오태광, 배석현 (2010) 기후변화에 대한 농수산물 분야의 현황과 대책 연구보고서. 한국과학기술한림원. pp.1-321.
- 이승종, 박종화, 김주일, 오택윤, 서영일, 이선길 (2008). 2008년도 한국수산물과학총연합회 공동학술대회 용지집, p 240.
- 진창남, 강현실, 문영건, 이창훈, 이영돈, 이제희, 송춘복, 허문수. (2007) 제주도지역 넙치양식장의 스쿠티카증 발생동향. 한국어병학회지 20, 93-98.
- 질병관리본부, 2011, 병원체자원정보관리시스템 데이터베이스분석 및 고도화 방향 제시, 학술연구용역사업 최종결과보고서.
- 한국해양수산개발원 해양수산물 현안분석 (2007-08) 기후 변화가 수산업에 미치는 영향.
- Agnew W, Barnes AC. (2007) *Streptococcus iniae*: an aquatic pathogen of global veterinary significance and a challenging candidate for reliable vaccination. Vet. Microbiol. 122, 1-15.
- Alborali, L. (2006) Climatic variations related to fish diseases and production. Veterinary Research Communications, 30, 93-97.
- Allam, B, Paillard, C, Ford, SE. (2002) Pathogenicity of *Vibrio tapetis*, the etiological agent of brown ring disease in clams. Dis. Aquat. Organ.. 48, 221-231.
- Altizer, S et al. (2013) Climate change and infectious diseases: from evidence to a predictive framework. Science 314, 514.
- Anthony SJ, St Leger JA, Navarrete-Macias I, Nilson E, Sanchez-Leon M, Liang E, Seimon T, Jain K, Karesh W, Daszak P, Briese T, Lipkin WI. (2013) Identification of a novel cetacean polyomavirus from a common dolphin (*Delphinus delphis*) with Tracheobronchitis. PLoS One. 8, e68239.
- Aschfalk, A, Folkow, L, Rud, H, Denzin, N. (2002) Apparent seroprevalence of

- Salmonella* spp. in harp seals in the Greenland Sea as determined by enzyme-linked immunosorbent assay. *Vet. Res. Commun.*, 26, 523-530.
- Aschfalk, A, Muller, W. (2001) *Clostridium perfringens* toxin types in hooded seals in the Greenland Sea, determined by PCR and ELISA. *J. Vet. Med. B Infect Dis. Vet. Public Health*, 48, 765-769.
- Austin, B. (2009) Vibrios as causal agents of zoonoses. *Vet. Microbiol.* 140:310-317.
- Bachvaroff, TR, Kim, S, Guillou, L, Delwiche, CF, Coats, DW. (2012) Molecular diversity of the syndinean genus *Euduboscquella* based on single-cell PCR analysis. *Appl. Environ. Microbiol.*, 78, 334-345.
- Balseiro, P, Aranguren, R. et al. (2006) *Candidatus Xenohaliotis californiensis* and *Haplosporidium montforti* associated with mortalities of abalone *Haliotis tuberculata* cultured in Europe. *Aquaculture*, 258, 63-72.
- Baudoux AC, Brussaard CP. (2005) Characterization of different viruses infecting the marine harmful algal bloom species *Phaeocystis globosa*. *Virology*, 341, 80-90.
- Bernardelli, A, Bastida, R, Loureiro, J, Michelis, H, Romano, MI, Cataldi, A, Costa, E. (1996) Tuberculosis in sea lions and fur seals from the south-western Atlantic coast. *Rev Sci Tech Off Int Epizoot.* 15, 985-1005.
- Binesh CP, Renuka K, Malaichami N, Greeshma C. (2013) First report of viral nervous necrosis-induced mass mortality in hatchery-reared larvae of clownfish, *Amphiprion sebae* Bleeker. *J. Fish Dis.*, 36, 1017-1020.
- Bonami JR, Hasson KW, Mari J, Poulos BT, Lightner DV. (1997) Taura syndrome of marine penaeid shrimp: characterization of the viral agent. *J. Gen. Virol.*, 78, 313-319.
- Bonami JR, Trumper B, Mari J, Brehelin M, Lightner DV. (1990) Purification and characterization of IHHN virus of penaeid shrimps. *J. Gen. Virol.*, 71, 2657-2664.
- Borzym E, Matras M, Maj-Paluch J, Baud M, De Boisseson C, Talbi C, Olesen NJ, Bigarre L. First isolation of hirame rhabdovirus from freshwater fish in Europe. *J Fish Dis.* 2013 Aug 21. doi: 10.1111/jfd.12119. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 23962315. 삭제
- Brum JR, Culley AI, Steward GF. Assembly of a marine viral metagenome after physical fractionation. *PLoS One.* 2013 Apr 8;8(4):e60604. doi: 10.1371/journal.pone.0060604. 삭제
- Brum JR, Schenck RO, Sullivan MB. (2013) Global morphological analysis of marine viruses shows minimal regional variation and dominance of non-tailed viruses.

- ISME J. 7, 1738-51.
- Cassman N, Prieto-Davo A, Walsh K, Silva GG, Angly F, Akhter S, Barott K, Busch J, McDole T, Haggerty JM, Willner D, Alarcon G, Ulloa O, DeLong EF, Dutilh BE, Rohwer F, Dinsdale EA. (2012) Oxygen minimum zones harbour novel viral communities with low diversity. *Environ. Microbiol.*, 14, 3043-65.
- Castex, M, Lemaire, P, Wabete, N, and Chim, L. (2010) Effect of probiotic *Pediococcus acidilactici* on antioxidant defences and oxidative stress of *Litopenaeus stylirostris* under *Vibrio nigripulchritudo* challenge. *Fish Shellfish Immunol.* 28, 622-631.
- Chow CE, Fuhrman JA. (2012) Seasonality and monthly dynamics of marine myovirus communities. *Environ. Microbiol.*, 14, 2171-2183.
- Coats, DW. (1999) Parasitic life styles of marine dinoflagellates. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 46, 402-409.
- Coats, DW, Bachvaroff, TR. (2013) Parasites of tintinnids. In: Dolan, J. R., Montagnes, D. J. S., Agatha, S., Coats, D. W. & Stoecker, D. K. (ed.), *The biology and ecology of tintinnid ciliates. Models for marine plankton.* John Wiley, Chichester. p. 145-170.
- Cook, T, Folli, M, Klinck, J, Ford, S, Miller, J. (1998) The Relationship between increasing sea-surface temperature and the northward spread of *Perkinsus marinus* (Dermo) disease epizootics in oysters. *Estuarine. Coastal and Shelf Science.* 46, 587-597.
- Culley AI, Lang AS, Suttle CA. (2006) Metagenomic analysis of coastal RNA virus communities. *Science.* 312(5781), 1795-8.
- Culley AI. (2011) Virophages to viromes: a report from the frontier of viral oceanography. *Curr. Opin. Virol.*, 1, 52-57.
- Culley AI. (2013) Insight into the unknown marine virus majority. *PNAS.* 110:12166-12177.
- Danovaro R, Corinaldesi C, Dell'anno A, Fuhrman JA, Middelburg JJ, Noble RT, Suttle CA. (2011) Marine viruses and global climate change. *FEMS Microbiol. Rev.*, 35, 993-1034.
- Decostere A, Haesebrouck F, Turnbull JF & Charlier G. (1999) Influence of water quality and temperature on adhesion of high and low virulence *Flavobacterium columnare* strains to isolated gill arches. *J. Fish Dis.* 22, 1-11.
- Egan et al., (2013) Bacterial pathogens, virulence mechanism and host defence in marine macroalgae. *Environ. microbiol.*, doi:10.1111/1462-2920.12288.

- Fall, J, Chakraborty, G, Kono, T, Maeda, M, Itami, T, and Sakai, M. (2008) Establishment of loop-mediated isothermal amplification method (LAMP) for the detection of *Vibrio nigripulchritudo* in shrimp. *FEMS Microbiol. Lett.*, 288, 171-177.
- Fernandez-Leborans, G. (2013) Epibionts on the krill (*Euphausia pacifica*) from the E coast of Japan. *Acta Zool.*, 94, 167-176.
- Flamarique, IN, Gulbransen, C, Galbraith, M, Stucchi, D. (2009) Monitoring and potential control of sea lice using and LED-based light trap. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 66, 1371-1382.
- Foissner, W, Chao, A, Katz, LA. (2008) Diversity and geographic distribution of ciliates (Protista: Ciliophora). *Biodivers. Conserv.*, 17, 345-363.
- Ford, SEM, Chintala M. (2006) Northward expansion of a marine parasite: Testing the role of temperature adaptation. *J. Exp. Marine Biol. Ecol.*, 339, 226-235.
- Fu Y, Keats KF, Rivkin RB, Lang AS. (2013) Water mass and depth determine the distribution and diversity of Rhodobacterales in an Arctic marine system. *FEMS Microbiol. Ecol.* 84, 564-576.
- Garseth AH, Ekrem T, Biering E. (2013) Phylogenetic evidence of long distance dispersal and transmission of Piscine reovirus (PRV) between farmed and wild Atlantic salmon. *PLoS One.* 8, e82202.
- Ge X, Wu Y, Wang M, Wang J, Wu L, Yang X, Zhang Y, Shi Z. (2013) Viral metagenomics analysis of planktonic viruses in East Lake, Wuhan, China. *Virol Sin.* 28, 280-90.
- Giacopello C, Foti M, Bottari T, Fisichella V, Barbera G. (2013) Detection of viral encephalopathy and retinopathy virus (VERV) in wild marine fish species of the South Tyrrhenian Sea (Central Mediterranean). *J. Fish Dis.* 36, 819-21.
- Glenn, RA, Taylor, PW, and Hanson, KC. (2011) The use of a real-time PCR primer/probe set to observe infectivity of *Yersinia ruckeri* in Chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum), and steelhead trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *J. Fish Dis.* 34, 783-791.
- Greenblatt RJ, Quackenbush SL, Casey RN, Rovnak J, Balazs GH, Work TM, Casey JW, Sutton CA. (2005) Genomic variation of the fibropapilloma-associated marine turtle herpesvirus across seven geographic areas and three host species. *J. Virol.* 79, 1125-32.
- Grizel, H, Heral, M. (1991) Introduction into France of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*

47, 399-403.

- Gwizd, S, Ham, B. (2013) Chesapeake Bay oyster depletion. Retrieved from <http://www.eoearth.org/view/article/155099>.
- Harper, CMG, Dangler, CA, Xu, SL, Feng, Y, Shen, ZL, Sheppard, B, Stamper, A, Dewhirst, FE, Paster, BJ, Fox, JG. (2000) Isolation and characterization of a *Helicobacter* sp. from the gastric mucosa of dolphins, *Lagenorhynchus acutus* and *Delphinus delphis*. Appl. Environ. Microbiol. 66, 4751-4757.
- Harvell CD, Kim K, Burkholder JM, Colwell RR, Epstein PR, Grimes DJ, Hofmann EE, Lipp EK, Osterhaus AD, Overstreet RM, Porter JW, Smith GW, Vasta GR. (1999) Emerging marine diseases--climate links and anthropogenic factors. Science 285, 1505-1510.
- Harvell CD, Mitchell CE, Ward JR, Altizer S, Dobson AP, Ostfeld RS. Samuel MD. (2002) Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. Science, 296, 2158-2162.
- Hjerde, E, Lorentzen, MS, Holden, MT, Seeger, K, Paulsen, S, Bason, N, Churcher, C, Harris, D, Norbertczak, H, Quail, MA, et al. (2008) The genome sequence of the fish pathogen *Aliivibrio salmonicida* strain LFI1238 shows extensive evidence of gene decay. BMC Genomics. 9, 616.
- Hoberg, EP, Kutz, SJ. (2013) Parasites. In: Meltofte, H. (ed.), Arctic biodiversity assessment. Status and trends in Arctic biodiversity. CAFF, Denmark, p. 528-557.
- Inouye K, Yamano K, Maeno Y, Nakajima K, Matsuoka M, Wada Y, Sorimachi M. (1992) Iridovirus infection of cultured red sea bream, *Pagrus major*. Fish Pathol., 27, 19-27.
- Johnsen, BO, Jensen, AJ. (1986) The Gyrodactylus story in Norway. Aquaculture, 98, 289-302.
- Kim WS, Choi SY, Kim DH, Oh MJ. (2013) A survey of fish viruses isolated from wild marine fishes from the coastal waters of southern Korea. J. Vet. Diagn. Invest. 25, 750-755.
- Kim, Y-O, Shin, K, Jang, P-G, Choi, H-W, Noh, J-H, Yang, E-J, Kim, E, Jeon, D. (2012) Tintinnid species as biological indicators for monitoring intrusion of the warm oceanic waters into Korean coastal waters. Ocean Sci. J., 47,161-172.
- Labonte JM, Suttle CA. (2013) Previously unknown and highly divergent ssDNA viruses populate the oceans. ISME J. 7, 2169-77.
- Le Roux, F, Labreuche, Y, Davis, BM, Iqbal, N, Mangenot, S, Goarant, C, Mazel, D,

- and Waldor, MK. (2011) Virulence of an emerging pathogenic lineage of *Vibrio nigripulchritudo* is dependent on two plasmids. *Environ. Microbiol.* 13, 296-306.
- Lightner DV, Pantoja CR, Poulos BT, Tang KFJ, Redman RM, Pasos de Andrade T, Bonami JR. (2004) Infectious myonecrosis: new disease in Pacific white shrimp. *Global Aquaculture Advocate*, 7, 85.
- Lyngstad TM, Kristoffersen AB, Hjortaas MJ, Devold M, Aspehaug V, Larssen RB, Jansen PA. (2012) Low virulent infectious salmon anaemia virus (ISAV-HPR0) is prevalent and geographically structured in Norwegian salmon farming. *Dis. Aquat. Organ.* 19, 101, 197-206.
- Martinez JM, Swan BK, Wilson WH. (2013) Marine viruses, a genetic reservoir revealed by targeted viromics. *ISME J.* doi: 10.1038/ismej.2013.214.
- Matsukane, Y, Sato, H, Tanaka, S, Kamata, Y, Sugita-Konishi, Y. (2010) *Kudoa septempunctata* n. sp. (Myxosporea: Multivalvulida) from an aquacultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) imported from Korea. *Parasitol. Res.* 107, 865-872.
- Mattiucci S, Nascetti, G. (2008) Advances and trends in the molecular systematics of anisakid nematodes, with implications for their evolutionary ecology and host-parasite co-evolutionary processes. *Adv. Parasitol.* 66, 49-148.
- Michael P. Ward, 2007, Geographic information system-based avian influenza surveillance systems for village poultry in Romania, *Veterinaria Italiana*, 43, 483-489
- Ng TF, Wheeler E, Greig D, Waltzek TB, Gulland F, Breitbart M. (2011) Metagenomic identification of a novel anellovirus in Pacific harbor seal (*Phoca vitulina richardsii*) lung samples and its detection in samples from multiple years. *J. Gen. Virol.* 92, 1318-23.
- Ohtsuka, S, Horiguchi, T, Hanamura, Y, Yamaguchi, A, Shimomura, M, Suzaki, T, Ishiguro, K, Hanaoka, H, Yamada, K, Ohtani, S. (2011) Symbiosis of planktonic copepods and mysids with epibionts and parasites in the North Pacific: diversity and interactions. In: Asakura, A. (ed.) *New frontiers in crustacean biology*. Koninklijke Brill NV, Leiden. p. 1-14.
- Oliver JD, Kaper J (2005) *Vibrio vulnificus*. In: *Oceans and Health: Pathogens in the Marine Environment*. (Belken SS, Colwell RR, editors) (2nd ed.). Springer Science Park, MG, Kim, S, Shin, E-Y, Yih, W, Coats, DW. (2013) Parasitism of harmful dinoflagellates in Korean coastal waters. *Harmful Algae*, 30, Supplement 1, S62-S74.

- Park, MG, Yih, W, Coats, DW. (2004) Parasites and phytoplankton, with special emphasis on dinoflagellate infections. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 51, 145-155.
- Park, SB, Aoki, T. and Jung, TS. (2012) Pathogenesis of and Strategies for Preventing *Edwardsiella tarda* Infection in Fish". *Vet. Res.* 43, 67.
- Poulos BT, Tang KFJ, Pantoja CR, Bonami JR & Lightner DV. (2006) Purification and characterization of infectious myonecrosis virus of penaeid shrimp. *J. Gen. Virol.* 87, 987-96
- Pradeep B, Rai P, Mohan SA, Shekhar MS, Karunasagar I. (2012) Biology, Host Range, Pathogenesis and Diagnosis of White spot syndrome virus. *Indian J. Virol.* 23, 161-74.
- Rimstad E, Dale OB, Dannevig BH, Falk K. Infectious Salmon Anaemia. (2011) In: *Fish Diseases and Disorders, Volume 3: Viral, Bacterial and Fungal Infections*, Woo P.T.K. & Bruno D., eds. CAB International, Oxfordshire, UK, 143-165.
- Rosenberg E., Ben-Haim Y. (2002) Microbial diseases of corals and global warming. *Environ. Microbiol.*, 4, 318-326.
- Saleh, M, Soliman, H, and El-Matbouli, M. (2008) Loop-mediated isothermal amplification as an emerging technology for detection of *Yersinia ruckeri* the causative agent of enteric red mouth disease in fish. *BMC Vet. Res.* 4, 31.
- Santos F, Yarza P, Parro V, Briones C, Anton J. (2010) The metavirome of a hypersaline environment. *Environ. Microbiol.* 12, 2965-76.
- Souissi, A, Souissi, S, Hwang, J-S. (2013) The effect of epibiont ciliates on the behavior and mating success of the copepod *Eurytemora affinis*. *J. Exp. Marine Biol. and Ecol.*, 445, 38-43.
- Stentiford GD, Bonami JR, Alday-sanz V. (2009) A critical review of susceptibility of crustaceans to Taura Syndrome, yellowhead disease and white spot disease and implications of inclusion of these diseases in European legislation. *Aquaculture*, 291, 1-17.
- Steward GF, Preston CM. (2011) Analysis of a viral metagenomic library from 200 m depth in Monterey Bay, California constructed by direct shotgun cloning. *Virol. J.* 8, 287.
- Sures, B. (2004) Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. *Trends in Parasitology*, 20, 170-177.
- Suttle CA. (2007) Marine viruses--major players in the global ecosystem. *Nat Rev Microbiol.* 5(10), 801-12.

- Suttle CA. (2005) Viruses in the sea. *Nature*. 437(7057), 356-61.
- Tan J, Lancaster M, Hyatt A, Van Driel R, Wong F, Warner S. (2008) Purification of a herpes-like virus from abalone (*Haliotis* spp.) with ganglioneuritis and detection by transmission electron microscopy. *J. Virol. Methods*, 149, 338-341.
- TCFSPH The Center for Food Security & Public Health. (2009) *Brucellosis in Marine Mammals*.
- Tobback E, Decostere A, Hermans K, Haesebrouck F, Chiers K (2007) *Yersinia ruckeri* infections in salmonid fish. *J. Fish Dis.* 30, 257-268.
- Torchin, ME, Lafferty, KD, Kuris, AM. (2002) Parasites and marine invasions. *Parasitology*, 124, S137-S151.
- Tryland, M. (2000) Zoonoses of arctic marine mammals. *Infect Dis Rev* 2, 55-64.
- Velo-Suárez, L, Brosnahan, ML, Anderson, DM, McGillicuddy, DJ, Jr. (2013) A quantitative assessment of the role of the parasite *Amoebophrya* in the termination of *Alexandrium fundyense* blooms within a small coastal embayment. *PLoS ONE*, 8, e81150.
- Venderell and Daniel (2006) *Lactococcus garvieae* in fish: A review *Comp Immuno Microbiol Infect. Dis.* 29, 177-198.
- Ward, JR, Lafferty, KD. (2004) The elusive baseline of marine disease: are diseases in ocean ecosystems increasing? *PLoS Biol.* 2, E120.
- Whittington RJ, Becker JA, Dennis MM. Iridovirus infections in finfish - critical review with emphasis on ranaviruses. 2010 *J. Fish Dis.*, 33, 95-122.
- Wiik-Nielsen CR, Løvoll M, Sandlund N, Faller R, Wiik-Nielsen J, Bang Jensen B. (2012) First detection of piscine reovirus (PRV) in marine fish species. *Dis. Aquat. Organ.* 97, 255-8.
- Williamson SJ, Allen LZ, Lorenzi HA, Fadrosch DW, Bami D, Thiagarajan M, McCrow JP, Tovchigrechko A, Yooseph S, Venter JC. (2012) Metagenomic exploration of viruses throughout the Indian Ocean. *PLoS One.* 7, e42047.
- Wolf K. (1988) Spring viraemia of carp. In: *Fish viruses and fish viral diseases*. Cornell University Press, Ithaca, USA, pp. 191-216.
- Woo PC, Lau SK, Lam CS, Tsang AK, Hui SW, Fan RY, Martelli P, Yuen KY. (2014) Discovery of a novel bottlenose dolphin coronavirus reveals a distinct species of marine mammal coronavirus in gammacoronavirus. *J Virol.* 88, 1318-31.
- Wooster G and Bowser P. (1996) The aerobiological pathway of a fish pathogen: survival and dissemination of *Aeromonas salmonicida* in aerosols and its

- implications in fish health management. *Journal of the Worlds Aquaculture Society*. 27, 7-14.
- World Health Organization (WHO) (2001) *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*. Edited by Lorna Fewtrell and Jamie Bartram. Published by IWA Publishing, London, UK. ISBN: 1 900222 28 0
- WoRMS Editorial Board (2013) *World Register of Marine Species*. Available from <http://www.marinespecies.org.at> VLIZ. Accessed 2013-12-20.
- Woyke T, Xie G, Copeland A, Gonzalez JM, Han C, et al. (2009) Assembling the marine metagenome, one cell at a time. *PLoS ONE* 4, e5299.
- Yamaguti, S. (1961) *Systema helminthum* Vol. I-IV, Interscience Publisher, New York, USA.
- Yan Y, Cui H, Jiang S, Huang Y, Huang X, Wei S, Xu W, Qin Q. (2011) Identification of a novel marine fish virus, Singapore grouper iridovirus-encoded microRNAs expressed in grouper cells by Solexa sequencing. *PLoS One*. 6, e19148.
- Yoshida M, Takaki Y, Eitoku M, Nunoura T, Takai K. (2013) Metagenomic analysis of viral communities in (hado)pelagic sediments. *PLoS One*. 8, e57271.

Web Resources

- 국가병원체자원은행 : <http://nccp.cdc.go.kr/nccp/index.jsp>
- 국가농작물병해충 관리시스템 : <http://ncpms.rda.go.kr/npms/Main.np>
- 국립수산물품질관리원. <http://www.nfqs.go.kr/2013/contents.asp?m=2&s=1&s2=1>.
- 세계동물보건기구. (OIE). http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/aahc/2010/en_sommaire.htm.
- 수산생물질병관리법. <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=138781#0000>.
- OIE. (2014) <http://www.oie.int/animal-health-in-the-world/oie-listed-diseases-2014>.
- UNEP. (2010) http://www.unep-wcmc.org/medialibrary/2010/09/19/c92481b0/Climate_Change_Marine_Diseases.pdf.

[부록] 과제별 제안요구서(RFP)

[부록]

과제별 제안요구서(RFP)

세부사업		기술분야	해양환경
과제명	이머징 해양병원체 진단 및 예찰시스템 개발		
연구기간	5년	예상정부지원액 (총/당해)	150억/30억 이내

가. 연구개발의 필요성

- 최근 전세계적으로 해양생물 집단폐사 및 이로 인한 해양생태계 파괴 관련 보고가 급증하고 있으나, 집단폐사의 원인에 대하여는 거의 알려지지 않음
- 해양생물 질병에 대응하기 위한 국내외 법정전염병은 주로 양식생물의 질병에 국한되어 있어, 기존의 관리 시스템으로는 급변하는 해양병원체의 이동 및 확산에 신속, 적절하게 대응할 수 없음
- 전 지구적 지구온난화, 선박평형수 및 수입 수산물의 증가에 따른 새로운 해양병원체의 국내유입 가능성이 제기되지만, 새로운 해양생물 질병에 대응할 수 있는 국가 연구개발 사업은 전무함
- 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 최첨단 기법을 활용한 해양병원체의 탐색, 진단 및 예찰할 수 있는 체계적이며 종합적인 연구가 필요함.
- 또한 향후 해양병원체의 체계적인 관리 계획 수립 및 대책에 관한 종합정보시스템 개발 및 정책적 대안 마련이 필요함.

나. 연구개발 현황 및 수준

- 해양병원체 연구는 전세계적으로 기반기술 개발 단계이며, 2010년 이후 관련 연구논문이 크게 증가하고 있으나, 경제적으로 가치 있는 생물들을 중심으로 연구되고 있음
- 우리나라는 약 14위 정도의 기술수준을 확보하고 있으나, 기술 선진국들과 유사하게 양식생물의 질병에 국한된 연구가 수행되고 있으며, 미래 해양생물 질병에 대처할 수 있는 연구는 거의 이루어지지 못하고 있는 실정임
- 전지구적인 해양병원체 이동 및 확산에 대한 경고가 이루어지고 있으나, 아직까지 전세계적으로 국가 차원의 선제적 대응 전략을 가지고 있지 않은 실정이므로, 선제적인 연구개발이 이루어질 경우 이머징 해양병원체 분야를 선도할 수 있을 것으로 분석됨
- 해양병원체 관련 특허기술은 해외 특허장벽과 국내 기술경쟁력이 비슷하고, 경쟁도 아직까지 치열하지 않으므로, 시급한 기술개발이 이루어질 경우 기술 선점을 통한 시장지배력 확보나 기술 우위를 도모할 수 있을 것으로 평가되고 있음



다. 연구개발 목표 및 내용

○ 최종 목표

- 국내 및 외래 해양병원체 탐색, 검출, 예찰시스템 개발 및 이머징 해양병원체 DB 구축
- 이머징 해양병원체 종합정보시스템 및 미래 대응 체계 구축

(2) 연차별 연구개발 목표 및 내용

	목표	전략성과 및 내용
1년차 (2015)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 해양병원체 탐색 및 검출 기반기술 개발 ○ GIS 정보시스템 기반 구축 및 대내외 환경분석 	<ul style="list-style-type: none"> - 문헌기반 국내외 해양병원체(바이러스, 박테리아 및 기생충) 목록 작성 - 위해도 평가표 작성 및 연구대상 해양병원체 선정 - 국내해역 및 외래(해류, 선박 및 수입수산물 기인) 해양병원체 탐색기술 개발 및 해양병원체 목록 작성 - 형태학적, 조직학적, 면역학적 및 DNA 기반 해양병원체 검출 기술 검토 및 기반기술 개발 - GIS 공간정보 및 기초 환경정보 구축 - 해양병원체 대내외 환경 및 역량분석
2년차 (2016)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 해양병원체 탐색 및 검출기술 표준화 ○ GIS 정보시스템 기반확충 및 해역별 관리수요 분석 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 해양병원체 채취, 농축 및 종조성 분석 표준화 - 국내외 해양병원체 탐색 및 목록 작성 - DNA 및 항체기술 기반 해양병원체 검출기술 개발 - 해양병원체 DB 설계 - 위성영상처리 및 수온전선 출현확률지도 제작 - 해역별 관리수요 도출 및 대내외 환경·역량분석 - 해양병원체 미래 이슈 및 분야 도출
3년차 (2017)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양병원체 탐색 및 검출기술 고도화 ○ 이머징 해양병원체 DB 구축 및 정책·법제도 개정안 도출 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 해양병원체 채취, 농축 및 종조성 분석 고도화 - 국내외 해양병원체 탐색 및 이머징 해양병원체 목록 작성 - DNA 및 항체 기반 검출기법 정립 - 해양병원체 모니터링 GIS DB 구축 및 공간분포 특성 분석 - 이머징 해양병원체 정책·법제도 개정안 도출 및 경제적 영향 평가
4년차 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이머징 해양병원체 예찰 시스템 개발 및 병원성 검증 기반기술 구축 ○ 이머징 해양병원체 종합 정보시스템 구축 및 국가대응 법제도 개선 	<ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 거동분석을 통한 이머징 해양병원체 리스트 제시 - 이머징 해양병원체 진단키트 개발 - 해양병원체 출현 예측모형 및 위해도 종합평가지수 개발 - 통합 DB모델 및 해양병원체 hot spot 탐지 지도 개발 - 이머징 해양병원체와 숙주 배양기술 구축 - 해양병원체 관리 및 국가대응 법제도 개정 및 경제·사회적

		<p>파급효과 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해양병원체 예찰시스템 가이드라인 제시 및 발전전략 수립
5년차 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이머징 해양병원체 종합시스템 확산 및 미래 대응 체계 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 이머징 해양병원체 병원성 검정 매뉴얼 개발 - 이머징 해양병원체 종합정보 서비스 제공 - 이머징 해양병원체 관리 및 활용체계 수립 - 이머징 해양병원체 국가관측 가이드라인 작성 및 기술이전 - 포스트 해양병원체 과제 도출을 위한 발전전략 수립

라. 연도별 예상정부지원액

(단위 : 억원)

분야	연도					합계
	2015	2016	2017	2018	2019	
해양바이러스	8	9	8	7	8	40
해양박테리아	8	8	8	9	7	40
해양기생충	9	8	8	7	8	40
종합정보시스템	3	3	4	5	5	20
정책·법제도	2	2	2	2	2	10
합계	30	30	30	30	30	150

마. 연구결과의 기대효과

- 기술적 측면
 - 분자생물학적 진단기술을 통한 이머징 해양병원체 신속진단 가능
 - 미래 해양병원체 발병예측 및 조기경보시스템 구축
 - 해양병원체 위해성 평가지표 개발
 - 해양병원체 유전자원 확보
- 경제·산업적 측면
 - 해양병원체 진단키트 상용화 및 산업화
 - 해양병원체 관리 및 제어정책 수립
 - 해양생태계 및 인류건강 확보
 - 해양생물 안전성 확보