

차세대 해양생물 유전체 활용 기획연구

2012. 4.

연구기관: 한국해양과학기술진흥원

국 토 해 양 부

목 차

1. 사업의 개요	1
1.1 사업의 개념	3
1.2 배경 및 필요성	4
1.2.1 배경	4
1.2.2 사업의 필요성	7
1.2.3 사업추진의 시급성	8
1.3 사업 추진근거	9
1.3.1 법적 추진근거	9
1.3.2 상위계획상의 근거	9
1.4 추진경위	11
1.5 기획연구 추진체계	13
2. 사업의 주요내용	15
2.1 사업 목표	17
2.1.1 국토해양부 유전체 전략목표 체계	17
2.1.2 세부 사업별 주요내용	18
2.1.3 단계별 성과목표	22
2.2 사업의 내용	29
2.2.1 사업의 기본계획	29
2.2.2 사업추진체계	30
2.2.3 사업 예산(안)	32
2.2.4 주요사업	38
2.2.5 국토해양부 유전체 사업의 전략적 위치	40
3. 연구개발 동향 분석	42
3.1 수요분석	44
3.1.1 미래사회 수요분석	44
3.1.2 연구자 연구수요	45
3.1.3 시장수요	46

3.1.4 수요분석 시사점	49
3.2 벤치마킹	50
3.2.1 미국	51
3.2.2 영국	52
3.2.3 일본	52
3.2.4 중국	53
3.2.5 벤치마킹 시사점	53
3.3 연구동향 분석	55
3.3.1 논문동향 분석	55
3.3.2 특허동향 분석	56
3.3.3 우수연구그룹 동향 분석	58
3.3.4 연구동향 분석 시사점	59
4. 연구개발 계획	61
4.1 해양생물 유전체 연구지원 사업	63
4.1.1 정의 및 연구범위	63
4.1.2 목표 및 개요	65
4.1.3 추진 전략 및 체계	67
4.1.4 활용방안	70
4.2 해양 유전체 100 프로젝트(Marine Genome 100 Project) 사업	71
4.2.1 정의 및 연구범위	71
4.2.2 목표 및 개요	71
4.2.3 추진 전략 및 체계	72
4.2.4 활용방안	74
4.3 대양 생명 프로젝트(Ocean Life Project) 사업	75
4.3.1 정의 및 연구범위	75
4.3.2 목표 및 개요	77
4.3.3 추진 전략 및 체계	79
4.3.4 활용방안	83
4.4 국제 협력사업(부처 공동)	84
4.4.1 정의 및 연구범위	84
4.4.2 목표 및 개요	84

5. 사업추진 계획	87
5.1 기본전략 방향 도출	89
5.1.1 SWOT 분석	89
5.1.2 전략체계도	90
5.2 사업추진체계	91
5.2.1 거버넌스	91
5.2.2 사업주체별 역할	91
5.3 사업추진 절차	93
5.4 사업평가체계	94
5.4.1 사업평가시스템의 기본원칙	94
5.4.2 평가의 주안점	94
5.4.3 사업평가의 기본구조	95
5.5 성과관리 계획	97
5.5.1 성과관리체계	97
6. 사업추진의 타당성	101
6.1 정책적 타당성	103
6.1.1 국가의 전략적 중요성	103
6.1.2 상위계획과의 부합성	103
6.1.3 사업추진의지	105
6.2 기술적 타당성	106
6.2.1 기술개발계획의 적절성	106
6.2.2 기술개발 성공가능성	106
6.2.3 기존사업과의 중복성	106
6.3 비용/편익 분석	109
6.3.1 비용추정	109
6.3.2 편익추정	109
6.3.3 경제성 분석	117
6.3.4 경제적 파급효과 분석	119
별첨	127

표 목차

<표 2-1> 국토해양부 유전체 활용사업의 핵심성과지표	23
<표 2-2> 로직모델 기반 관리성과지표	24
<표 2-3> 투입관리 성과지표 명세	25
<표 2-4> 연구 활동관리 성과지표 명세	26
<표 2-5> 산출관리 성과지표 명세	27
<표 2-6> 결과성과/파급효과 지표 명세	28
<표 2-7> 차세대 해양생물 유전체 사업의 총 예산	32
<표 2-8> 해양유전체 연구지원사업의 예산산출내역	32
<표 2-9> 고래 유전체 해독 비용의 세부내역	34
<표 2-10> 국내외 최근 유전체 해독 사례	34
<표 2-11> 해양유전체 100프로젝트 사업의 예산산출내역	35
<표 2-12> 대양생명 프로젝트의 예산산출내역	36
<표 2-13> 유전체 연구 국제협력사업의 예산산출내역	37
<표 3-1> 해양생명공학 시장규모	47
<표 3-2> 전 세계 주요 대형 유전체 프로젝트 현황	50
<표 4-1> 유전체 복잡도 조사결과 분류체계 예시	68
<표 5-1> SWOT 분석	89
<표 5-2> 사업추진 절차	93
<표 6-1> 차별성 분석 대상사업	107
<표 6-2> 연도별 비용추정 결과	109
<표 6-3> 생산성에 관한 지표	110
<표 6-4> 해양바이오산업의 분류	110
<표 6-5> 사업기여율 추정결과	111
<표 6-6> 본 사업 결과물의 국내시장 점유율 목표치	112
<표 6-7> 차세대 해양생물 유전체자원을 활용 사업에 따른 편익 추정	116
<표 6-8> 경제적 편익 추정결과	116
<표 6-9> 차세대 해양생물 유전체 사업의 경제성 분석 결과 요약	117
<표 6-10> 비용 및 편익의 흐름	118
<표 6-11> 민감도 분석 결과	118
<표 6-12> 403부문상에서의 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 정의	119
<표 6-13> 한국은행 대분류 기준 29개 산업의 감응도 계수와 영향력 계수	123

<표 6-14> 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 경제적 파급효과	125
--	-----

그림 목차

[그림 1] 해양유전체 해독 상황	5
[그림 2-1] 국토해양부 유전체 기획연구 추진체계	13
[그림 2-2] 차세대 해양생물 활용 유전체 사업 기본계획	29
[그림 2-3] 차세대 해양생물 활용 유전체 사업의 추진체계	30
[그림 2-4] 사업간 연계도	40
[그림 3-1] 국내 수소연료 전지 시장 전망	48
[그림 3-2] 해양 유전체 분석 해양미생물 현황	51
[그림 3-3] 해양 생물 분야 국내·외 연도별 연구 논문 발행 건수	55
[그림 3-4] 해양생물분야 최다 인용 논문	56
[그림 3-5] 해양생물 유전체 분야 특허 분석(AUREKA)	57
[그림 3-6] 연도별 국내·외 해양생물 유전체 분야 특허 건수	57
[그림 4-1] 해양생물 유전체 연구사업의 연구범위	63
[그림 4-2] 유전체 연구 추진절차	67
[그림 4-3] 해양생물 유전체 연구지원사업 추진체계	69
[그림 4-4] 해양생물 유전체 연구 전략 방법 및 추진체계	72
[그림 4-5] 유전체 정보 활용방안	74
[그림 4-6] 세 도메인으로 구성된 지구 생명체의 생명나무	76
[그림 4-7] 대양 해양생물의 유전자 정보 활용 계통지리와 계통진화 연구의 시·공간 개념도	76
[그림 4-8] 대양생명 프로젝트의 목표	77
[그림 4-9] 계통 지리적 근거를 토대로 한 심해저 동물상 지리 구획	79
[그림 4-10] 지역권 구분	80
[그림 4-11] 연구개발 추진체계	82
[그림 5-1] 해양생물 차세대 유전체 연구로드맵	90
[그림 5-2] 차세대 해양 유전체 연구 추진체계도	91
[그림 5-3] 국토해양부 사업평가 업무흐름도	96
[그림 5-4] 성과평가 시스템 체계도	97
[그림 5-5] 국토해양부 연구개발사업 성과관리 프로세스	98
[그림 6-1] MB정부 과학기술기본계획의 중점추진과제	103
[그림 6-2] 중장기 분야별 정부 R&D 투자 비중 변화 추이	104
[그림 6-3] 차세대 해양생물 유전체 활용부문을 포함한 29부문 산업분류표	119
[그림 6-4] 수요유도형 모형에서의 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 경제적 파급	

효과	120
[그림 6-5] 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 경제적 파급효과 분석 흐름도	121
[그림 6-6] 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 경제적 파급효과 결과의 종합화 ..	126

1. 사업의 개요

1.1 사업의 개념

사업명	차세대 해양생물 유전체자원 활용
총사업비	992억 원 (국고 : 992억 원)
사업기간	2013년~2020년(4+4 2단계 8년)
추진주체	국토해양부 한국해양과학기술진흥원
최종목표	해양생물 차세대 유전체 연구 기반을 구축하고 해양유전체 유래 기초원천기술 개발을 통해 해양바이오 산업의 활성화를 도모
최종목적	원천핵심기술 확보, 해양생명자원 지속적 활용체계 구축, 해양녹색산업 창출 및 활성화
주요내용	<p>1. 해양생물 유전체 연구지원 사업</p> <p>1-1. 해양생물 유전체 연구지원 사업</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해양 유전체 자원 확보, 보존 및 관리 - 해양 유전체 자원 및 정보 서비스 <p>2. 해양생물 유전체 발굴·자원화 및 정보생산 사업</p> <p>2-1. 해양 유전체 100 프로젝트(Marine Genome 100 Project) 사업</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해양 동·식물 100종 유전체 해독 및 분석 - 해양 특이 생명기능 해석 <p>2-2. 대양생명 프로젝트(Ocean Life Project)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해양생명자원 탐사 및 확보 - 메타 유전체 분석 및 신기능 유전자 대량발굴 <p>3. 부처공동사업</p> <p>3-1. 국제협력연구사업 : 교과부(주), 복지부, 농식품부, 국토부, 지경부</p>

- 최근 새로운 기법인 차세대 유전체 해독(NGS, next generation sequencing) 기술을 사용하여 해양생물을 대상으로 유전체 해독 및 분석을 수행함으로써 유전체 정보를 바탕으로 한 활용 연구에의 기반을 조성

1.2 배경 및 필요성

1.2.1 배경

□ 해양생명자원의 중요성

- 해양은 생명탄생과 진화의 장소로 해양생물은 육상생물에 앞서 10억년 이상의 진화 역사를 가지고 있어 생명진화 연구의 최적지임
- 지구상 동식물 80%, 1,200만종의 생물이 해양에 서식하여 지구생물다양성의 대부분을 차지¹⁾
 - 지구상 동물종의 33개의 문(phylum) 단위 분류군 중 32개가 해양생태계에 존재하나 육상생태계에는 15개의 문만 존재
 - 지구상 생명 서식처의 90%를 차지하는 해양환경 중 99%는 탐사되지 않은 새로운 가능성을 지닌 미지의 영역임
- 해양생물은 다양성의 원천으로 육상생물에 비해 월등히 높은 새로운 생체구조 및 대사물질(의약품)의 보고임
 - 대양, 심해저, 열수구 및 냉용수 생태계 등에서 극한생명체와 특이한 생명현상들은 바이오산업의 원천소재 및 기초원천기술 제공 가능성이 큼
 - 해양조류는 지구적 규모의 이산화탄소 고정량의 45%를 차지하며, 바이오연료의 원료인 바이오매스의 주요 공급자로 각광 받고 있으며, 해양생물의 태양에너지 전환효율은 육상생물보다 우수함(최고 10% 전환 미세조류)
- 생명과학이 해결해야 할 미래과제는 식량, 에너지, 보건(신약)이며 이 문제의 해결 실마리는 해양유전자원이 될 것임.
- 21세기의 해양은 고갈되는 육상 자원을 대체할 수 있는 미래의 자산으로 인식되고 있으며, 그 중 해양 생물자원의 근간은 유전체 정보라는 것이 최근 경향임

□ 외부환경의 변화

- 국제 경제가 바이오 경제 체제에 돌입
 - 생명산업은 시장이 지속적으로 팽창하여 약 60조원 규모에 달하고, 인류

1) Census of Marine Life. 2003. Baseline Report for the Census of Marine Life

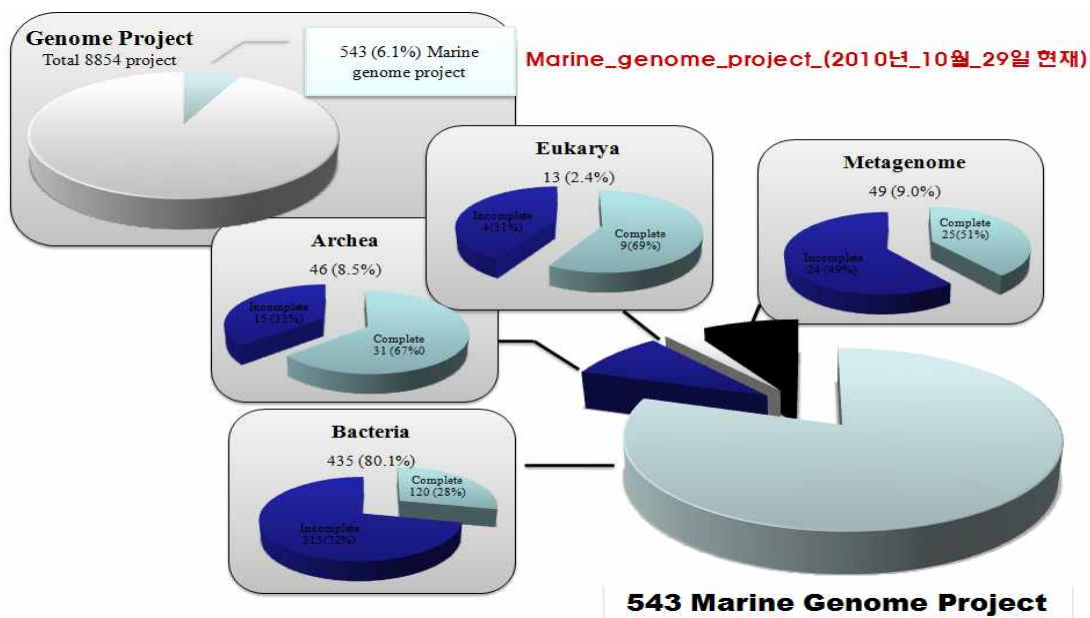
의 삶의 질을 높일 수 있는 산업임과 동시에 고부가가치 산업으로 인정받고 있음

- 최근의 바이오기술은 유전체학에 기반하여 생명체 내에 존재하는 모든 분자의 기능과 역할을 통합적으로 분석함으로써 생명현상을 이해하고 이를 이용하여 산업화 기술을 개발하려는 통합적 시스템연구로 발전 중

○ 해양유전자원 개발 경쟁

- 2010년 10월 나고야의정서 체결로 생물자원에 대한 소유권(생물주권)이 인정됨에 따라 국가 간 생물자원 확보 및 특허 경쟁이 치열해질 것으로 예상
- 해양생물자원은 '10년 CBD 나고야협정에 따라 자원보유국의 주권이 인정되고, 바이오산업의 원천자원으로 육상생물에 비해 높은 해양유전자원 (Marine Genetic Resources) 가치 상승²⁾

- 전 세계에서 해양유전체 해독이 진행 중이거나 완료된 건수는 543건으로 전체 8,854건의 6.1%를 차지³⁾



[그림 1] 해양유전체 해독 상황

○ 유전체 분석 기술의 획기적 발전

2) 환경부. 2011. ABS 의정서 해설집

3) <http://www.genomesonline.org/>

- 현대 생물학은 유전체학에 기반을 두어 생명체 내에 존재하는 모든 분자의 기능과 역할을 통합적으로 분석함으로써 생명현상을 이해하려는 오믹스 기법을 이용한 시스템생물학으로 발전 중.
- 차세대 유전자 서열분석 기술(NGS)⁴⁾의 발전으로 정보생산 및 저장기술 외에 분석기술의 대단위 변화가 예측됨 ; 바이오의 패러다임 변화
- 국제적으로는 중국, 미국, 유럽 등에서 개별국가 단위 또는 컨소시엄 형태로 대규모의 유전체 해독 사업이 진행되고 있는 것으로 파악됨.

□ 국내 환경

- 기후변화 협약, 실제적인 기후변화 및 '12년 이후 교토의정서 준수의무국 전환에 능동적·체계적으로 대응할 수 있도록 지속적인 기술 개발 필요함
- 국내의 유전체 해독 규모는 국토해양부의 해양생물 해독 사업에 따라 '09년도 대비 100% 이상 증가한 것으로 추정되나, 타 국가의 유전체 해독 규모와 동일한 수준에 이르기 위해서는 더 많은 연구 투자가 필요함
- 국내에서는 '해양생명공학기술 개발 사업', '극지연구사업' 등을 통한 해양·극한 생물자원 탐사·확보가 부분적으로 수행되었지만, 해양유전체/오믹스 연구는 시작 단계임
 - 한국해양연구원에서는 고세균 *Thermococcus onnurineus* NA15⁵⁾을 포함 5종의 해양미생물 유전자 지도를 완성하여 DNA 수식 효소 산업화 성공
 - 한국생명공학연구원에서는 독도에서 분리한 *Donghaeana dokdonensis* DSW-6와 제주도에서 분리한 *Hahella chejuensis*⁶⁾의 유전체 염기서열 해독을 통해 유용 유전자 발굴
- 해양생태계의 변화조짐에 따른 해양생물종 확보의 필요성
 - 지구 온난화에 의한 영향으로 해양 생태계가 변화 하고 있으며, 국내의 적조유발 식물플랑크톤의 우점 및 난류성 동물플랑크톤 출현 (와편모조류 출현증가 : 10~30% → 40% 이상, 지구온난화의 영향으로 추정)이 나타나고 있으며 그 영역이 점점 넓어짐.
 - 해양 생물종의 분포 변화에 대한 지속적인 모니터링 필요하며, 생태계 변화로 인한 해양 종들의 유실을 막기 위해 더욱 많은 유전자원의 확보가

4) 차세대 유전자 서열분석(NGS, Next Generation Sequencing)은 2004년 HGP(Human Genome Project) 서열분석에 비해 시간과 비용이 1%정도 밖에 소요되지 않음.

5) Lee, H.S. et al. 2008. The complete genome sequence of *Thermococcus onnurineus* NA1 reveals a mixed heterotrophic and carboxydophilic metabolism. J. Bacteriol.

6) Jeong, H. et al. 2005. Genomic blueprint of *Hahella chejuensis*, a marine microbe producing an algicidal agent. Nucleic Acids Res.

필요하며, 이를 통하여 다양한 유전자원을 수집하고 개발 할 수 있는 기반을 마련하여야 함

- 세계 각국이 해양생물 자원의 가치 증가와 유전체기술 발전 속도에 부합된 새로운 연구 전략을 수립하고 이미 실행 중이나 국내에서는 예산 부족에 따른 단계적·분절적인 사업 수행으로 인해 시너지 효과를 거두지 못하고 있음.
- 국내 해양유전체 해독건수는 미생물/동물/식물 각 수건에 불과
- 국내에서는 개별 생물의 유전체 해독 및 단백질체 해독 연구가 수행 중이지만 진화·적응의 측면에서 총체적 생명현상 분석 및 다양성 분석과 이에 수반한 근원적 형태에 대한 연구는 없음.

1.2.2 사업의 필요성

☐ 생물 다양성 협약, 유엔해양법 협약 등에 의해 자국 내 또는 이원해역의 해양유전자원에 관한 국제적인 관심과 투자가 증대

- 국내 해양유전자원의 확보 및 유전체 해독 연구가 시급
- 국내에서 해양생물을 대상으로 한 유전체 연구의 경우, 해양 동·식물에 대한 전장 유전체 해독은 전무하며, 불과 7종의 미생물을 대상으로 전장 유전체 해독
- 대단위 해양생물 유전체 해독 및 분석을 통한 독자적인 해양유전체 활용 연구 기반 구축이 시급

☐ 차세대 유전체 해독기술의 발달로 단시간에 많은 유전체 정보 획득이 가능

- 차세대 유전체 분석 장비보유 세계 7위에도 불구하고 체계적인 유전체 연구가 이루어지지 않고 있음. 유전체 연구의 시스템화 및 BT·IT 기술의 융합화를 통한 유전체 연구의 선진화가 필요
- 차세대 유전체 해독 기술을 활용한 각 부처별 차별화 된 목적 중심의 유전체 연구 계획 수립이 시급
- 해양 유전체 해독 및 그 정보를 기반으로 한 활용 연구(단백질구조체, 전사체, 단백질체, 대사체 등)로의 전주기적 연구 방법론을 통한 해양 생명현상의 이해가 필요

1.2.3 사업추진의 시급성

☐ 유전체 해독 기술의 발전에 따른 유전체 연구의 전환이 필요

- 현재 생명공학의 패러다임은 차세대 유전자 서열분석(NGS, Next Generation Sequencing)기술의 출현 전후로 구분 할 만큼 차세대 유전자 서열분석 기술은 생명공학의 현재와 미래를 좌우할 강력한 기술임
- 차세대 유전체 분석 장비보유 세계 7위에도 불구하고 체계적인 유전체 연구가 이루어지지 않고 있음. 유전체 연구의 시스템화 및 BT·IT 기술의 융합화를 통한 유전체 연구의 선진화가 필요

☐ 국제협약의 변화에 따른 자국 내 또는 이원해역의 유전자원에 관한 투자가 시급

- 2010년 나고야의정서 체결로 생물자원에 대한 소유권(생물주권)을 인정함에 따라 국가 간 생물자원 확보 및 특허 경쟁이 치열해질 것으로 예상됨
- 상대적으로 한정된 육상 생물 유전자원을 가지고 있는 우리나라는 국내·외 유전자원 특히 대양을 포함하는 해양 유전 자원의 선점 및 NGS를 이용한 대규모의 유전체 해독 연구를 통한 유전 정보의 자원화가 시급함
- 생물자원 수출국인 남미, 동남아 개도국들, 대양 인접국들과의 국제 공동 협력 강화와 아직 연구가 상대적으로 미진하나 생물 다양성이 높은 해역인 Bio-hotspot (열수구, 심해저 등)에서의 유전자원 확보가 필요함

☐ 각 부처별 1세대 유전체 사업의 종료에 따른 다부처 차세대 유전체 연구 계획 수립이 시급

- 2000년을 전후로 각 부처별 대규모 장기 유전체 연구 사업을 진행하여, ‘11년을 전후로 종료되는 사업이 대부분. 향후 차세대 유전체 해독 기술을 활용하여 포스트 유전체 신산업을 육성하기 위한 다부처 유전체 연구 계획 수립이 시급

1.3 사업 추진근거

1.3.1 법적 추진근거

☐ 해양수산발전기본법

- 제14조 (해양생태계의 보전) 정부는 해양생물의 다양성을 보전하고, 해양생물의 서식처를 보호하는 등 해양생태계의 보전 및 복원을 위하여 노력하여야 한다.
- 제16조 (해양자원의 개발 등) 정부는 해양자원의 관리보전과 개발이용을 위하여 필요한 시책을 마련하고, 이를 시행하여야 한다.

☐ 생명연구자원의 확보·관리 및 활용에 관한 법률

- 제6조 (기본시책의 마련) 정부는 이 법의 목적을 효율적으로 달성하기 위하여 생명연구자원의 확보·관리 및 활용을 도모하기 위한 다음 각 호의 시책을 마련하여야 한다. 국토해양부장관은 해양 분야 생명연구자원의 확보관리 및 활용체제를 조성하고 이를 지원한다.

1.3.2 상위계획상의 근거

☐ 「선진일류국가를 향한 이명박정부 과학기술기본계획(577 Initiative)」의 “90개 국가중점과학기술”의 중점추진과제로 선정⁷⁾

- 7대 R&D 중점분야 중 『신산업 창출(Green Ocean)』 분야
- 중점육성기술 50개 중 “해양영토 관리 및 이용기술” 선정
- 중점과학기술 90개 중 ①유전체 응용기술 ②해양바이오기술 ③단백체·대사체 응용기술 ④바이오 칩 기술 등 유전체 연구 관련 기술이 다수 포함

☐ “신산업 창출을 위한 핵심기술개발 강화” 과제를 실현하는 핵심기술분야로 선정

☐ 해양바이오분야는 저탄소 녹색성장(Green Growth)에 기여하는 환경보존 및 경제성장이 선순환되는 신성장동력 분야

7) 국가과학기술위원회. 2008. 선진일류국가를 향한 이명박 정부의 과학기술기본계획(안) : 577 Initiative

- 「녹색기술 연구개발 종합대책」 27개 중점육성기술 분야에 선정⁸⁾
- 「신성장동력비전 및 발전전략」에서 미래 성장의 바탕이 되고 융합을 통해 기존 산업고도화와 신산업 창출이 가능한 분야로 선정⁹⁾
- 「2010년도 정부연구개발투자 방향(안)」 5대 중점투자분야에 포함('09.3.17 국과위 운영위)

8) 국가과학기술위원회. 2009. 녹색기술 연구개발 종합대책(안)

9) 국가과학기술위원회. 2009. 녹색기술 연구개발 종합대책(안)

1.4 추진경위

□ 해양생명공학육성 기본계획(‘08.10)¹⁰⁾

- 7대 기본방향 중 하나(유용유전자 활용을 통한 신기능 해양생물 개발)
- 4대 기술개발 분야 중 해양생물기반기술(해양생물 유전자 활용기술, 해양생물체 오믹스 활용기술, 해양생물체 메카니즘 규명기술)에 포함

□ 해양바이오 연구개발 활성화 대책¹¹⁾

- 이명박 대통령은 「해양바이오산업 활성화를 위한 간담회」에서 첨단 연구산업인 해양바이오분야에 깊은 관심을 보이시고, 적극 육성 의지와 더불어 해양바이오 R&D 투자확대 후속조치 지시(‘09.2.10)
- 「해양바이오 R&D 활성화 대책 수립(안)」을 보고(‘09.3.4 국과위 운영위)
- 국토부, 교과부, 지경부, 농림부가 공동으로 ‘해양바이오 연구개발 활성화 대책’을 마련하여 ’09.7. 국과위를 거쳐 VIP 보고(‘09.8)
- 중점 추진과제 중 핵심연구개발 역량의 확보를 위한 추진과제 ‘오믹스 기술을 활용한 해양생명기능 규명’이 포함
- 국내 해양바이오 연구개발비 비중을 BT의 10%로 높이기 위해 5년간 총 9,155억 원 투자 예정

10) 국토해양부. 2008. 해양생명공학육성 기본계획

11) 국가과학기술위원회. 2009. 해양바이오 연구개발 활성화 대책

□ 국토해양부 ‘해양생명공학육성 세부 실행계획수립을 위한 기획연구(’09.6)

◆ 주요 연구 분야

- 해양생물 유전자 서열 고속발굴기술(cDNA library 구축 등)
- 해양생물 유전자 발현시스템 구축기술(벡터개발 등)
- 해양생물 유전자 기능분석기술(유전자 돌연변이 활용 등)
- 해양생물 유전자 발현산물 이용기술(유용유전자 과잉발현 등)
- 해양생물 생체 반응기전 규명기술(환경인자 정보의 생명체 내부전달과정 연구 등)
- 해양생물 생리활성 물질 탐색기술(특이 생리활성물질의 탐색 등)
- 해양생물 이차대사물질 생태적 기능분석 기술(화학구조 규명 등)
- 해양생물 당체 분석 및 활용 기술(기능성 당체와 상호 작용하는 단백질 규명 등)
- 해양생물 단백질 분석 및 활용기술(기능성 단백질체의 개량 등)
- 해양생물 대사체 분석 및 활용기술(대사체 네트워크 해석 등)

□ ‘차세대 해양생물 유전체 활용’에 관한 기획연구 추진(’11.7)

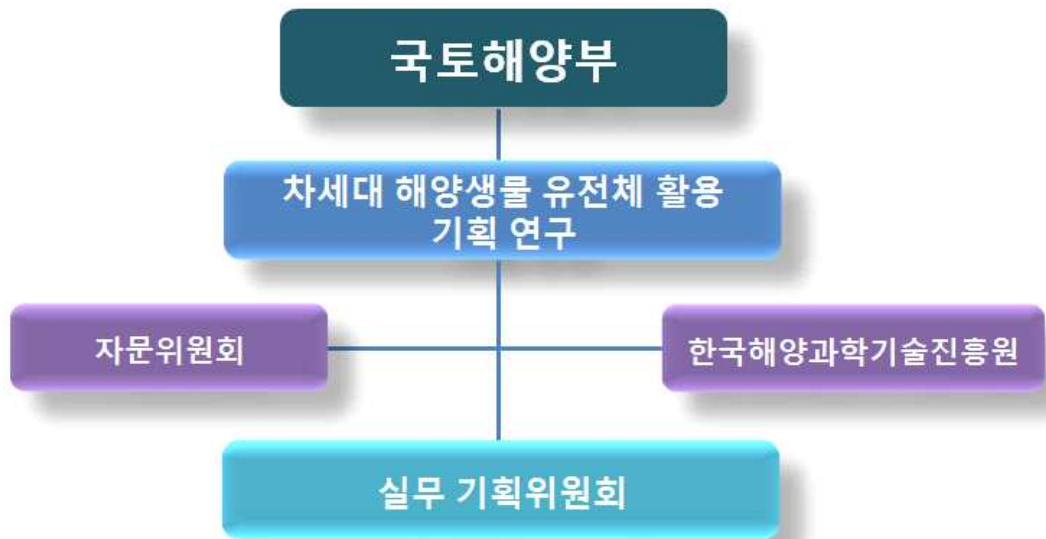
- 산·학·연 유전체 전문가로 구성된 자문위원회 운영을 통하여 해양생물 유전체 연구의 정책적 방향을 검토하고 향후 추진할 중점 연구 분야, 세부 연구사업 등을 도출

- 1차 회의(’11.6.20) : 기획 추진배경 및 추진방향 논의
- 2차 회의(’11.7.20) : 중점추진 연구 분야 및 세부연구사업 논의
- 3차 회의(’11.7.29) : 최종 기획보고서 수정 및 보완

□ ‘차세대 해양생물 유전체 활용’에 관한 경제성 추진(’11.12)

- 경제적 편익 항목의 확정, 비용 및 편익의 평가, 경제적 편익의 추정 등을 통하여 차세대 해양생물 유전체사업의 경제적 가치 규명

1.5 기획연구 추진체계



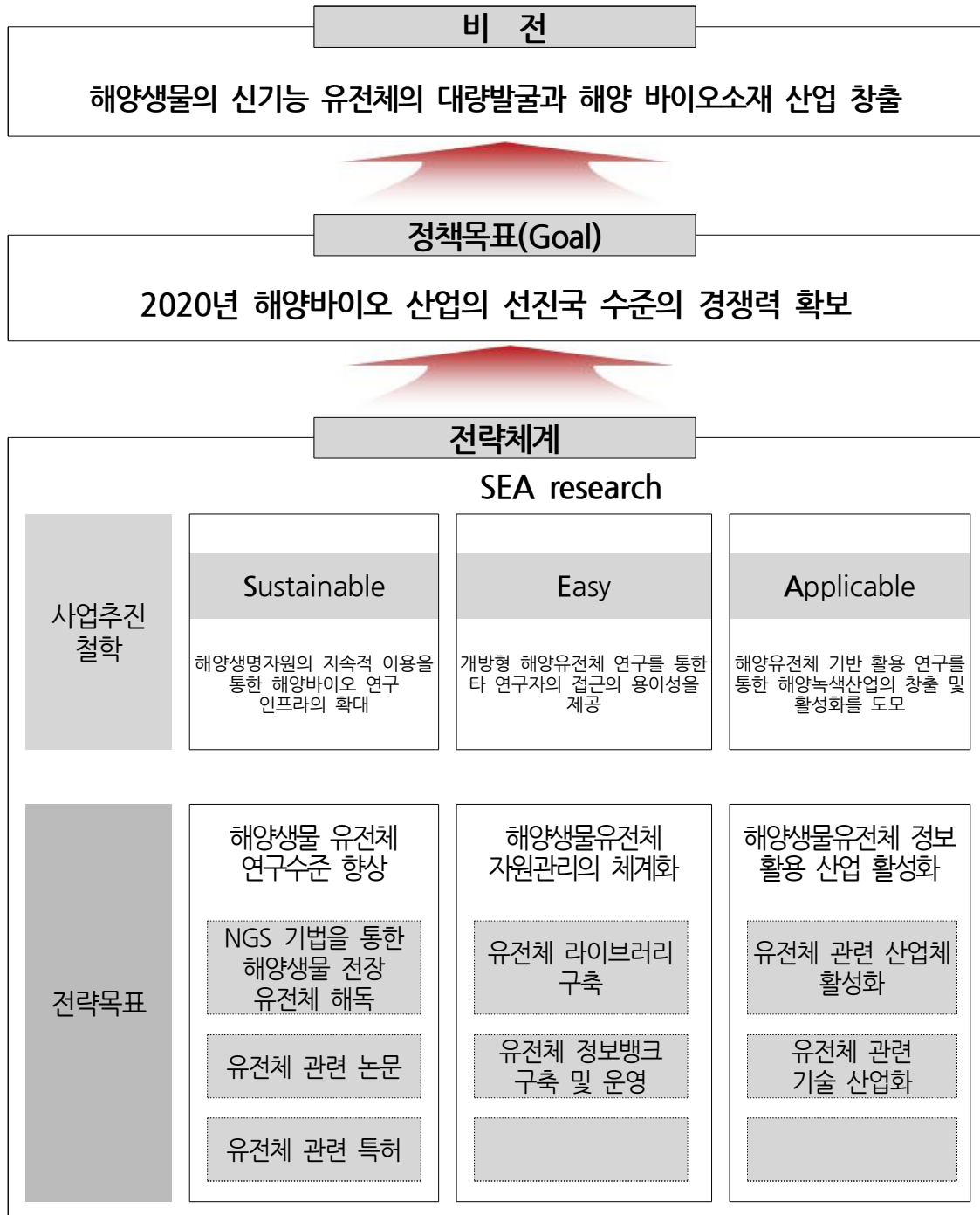
[그림 2-1] 국토해양부 유전체 기획연구 추진체계

- 국토해양부는 ‘차세대 해양생물 유전체 활용 기획연구’ 추진과 관련한 정책 결정 및 총괄 관리
- 한국해양과학기술진흥원은 ‘차세대 해양생물 유전체 활용 기획연구’의 성공적 수행을 위한 관리감독 및 지원
- 자문위원회는 해양바이오 분야의 산·학·연 전문가로 구성되며, ‘차세대 해양생물 유전체 활용 기획연구’의 정책 부합성을 검토하고 추진방향에 대한 의견을 제시
- 실무 기획위원회는 해양 유전체 분야 산·학·연 전문가로 구성되며, ‘차세대 해양생물 유전체 활용 기획연구’ 추진을 위한 실질적인 업무를 수행

2. 사업의 주요내용

2.1 사업 목표

2.1.1 국토해양부 유전체 전략목표 체계



2.1.2 세부 사업별 주요내용

사업명 (국 1)	해양생물 유전체 연구지원 사업								
사업기간	2013년 ~ 2020년 (4+4 2단계 8년)								
소요예산 (억원)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	합계
	15	15	15	15	15	15	15	15	120
정책목표	국내·외 해양생물 유전체 생명자원을 확보·보존하고 지원서비스 시스템 구축과 기 지 역할								
사업목표	■ 해양생물 유전체 자원의 확보, 보존 및 관리 ■ 해양생물 유전체 연구지원 및 정보 분석, 관리 ■ 유전체 교육 및 활용 프로그램 지원								
단계별 사업목표	1단계				2단계				
	해양생물 유전체자원 관리의 체계화				해양생물 유전체자원의 활용 체계화				
대표성과목표	성과지표명	1단계		2단계		합계			
		2년	2년	2년	2년				
	전 세계 해양 생물 유전체 정보자원 확 보 및 관리 (중)	140	140	140	140	560			
	해양 유전체 교 육 프로그램 지원 (회)	2	2	2	2	8			
주요내용	1. 해양 유전체 연구를 위한 국내외 해양 유전체자원 300종 이상 확보 및 정보의 목록화 ◦ 기 해양생명공학사업으로 추진되고 있는 연구 사업으로부터 생체자원(실물자 원) 또는 유전체 자원을 확보 및 목록화 ◦ 유전체 복잡도 조사(genome survey) 수행 2. 해양생물 유전체자원/유전정보 بانک 구축 및 운영 ◦ 확보된 국내·외 해양 유전체 자원뱅크 구축, 관리 및 분양서비스 제공 ◦ 연구결과 양산된 해양 유전체 정보뱅크 구축, 관리 및 통합정보 서비스 제공 3. 유전체 정보 분석을 위한 기반 구축 ◦ Web 기반 응용시스템 ◦ Web 기반 분석툴 개발 4. 해양생물 유전체 연구지원 및 정책지원 ◦ 해양생물 유전체 연구 사업을 위한 해양 유전체 연구 대상 생물종의 목록화 ◦ 기타 해양생물 유전체 연구를 위한 정책지원 5. 유전체 교육 및 활용 프로그램 지원 ◦ 실무형 생물정보 기초/응용/프로그래밍 교육								

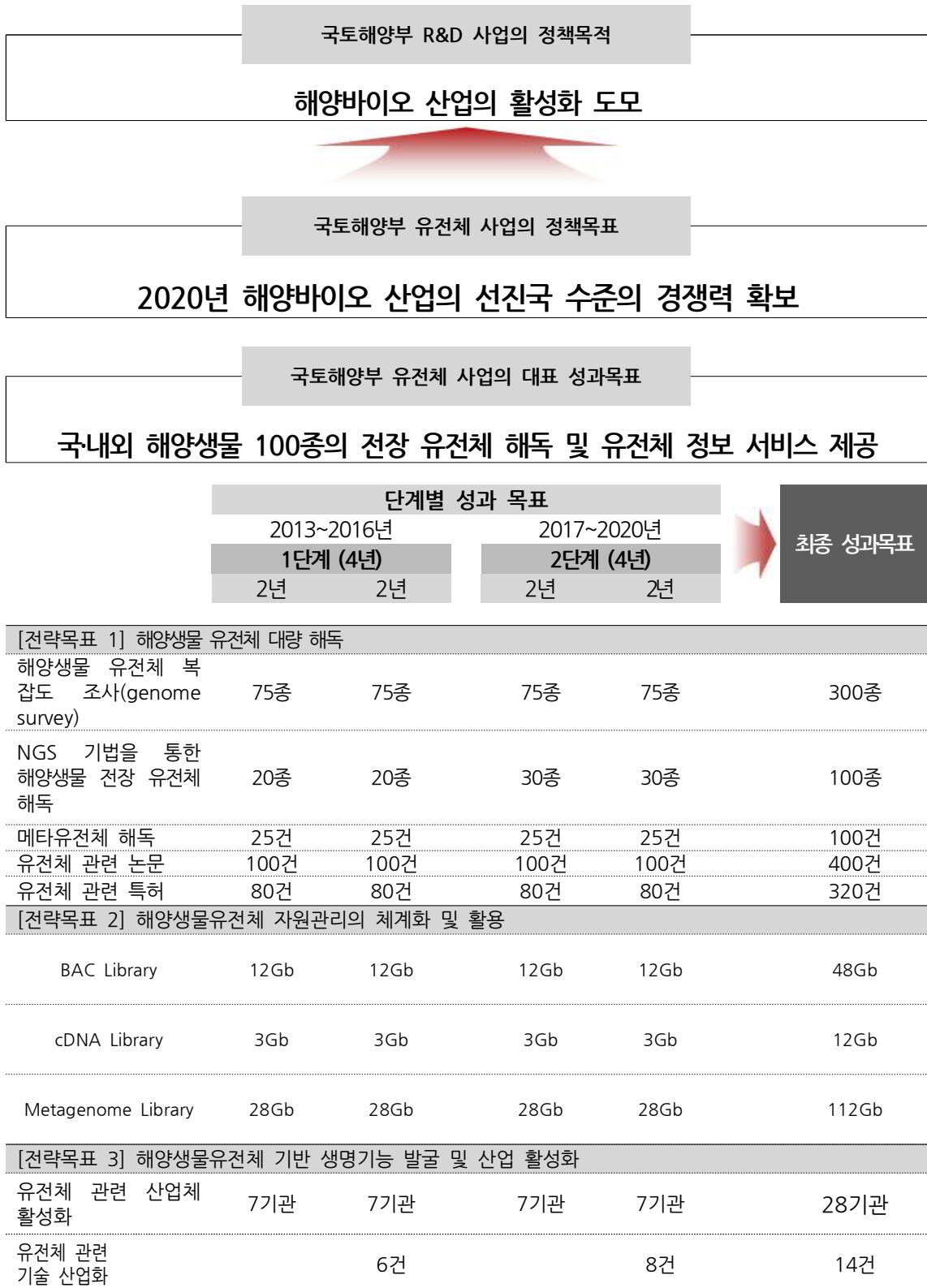
사업명 (국 2)	해양 유전체 100 프로젝트(Marine Genome 100 Project) 사업								
사업기간	2013년 ~ 2020년 (4+4 2단계 8년)								
소요예산 (억원)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	합계
	60	60	60	60	60	60	60	60	480
정책목표	해양생물 유전체 연구기반 확보와 연구자원 활용 활성화								
사업목표	■ 해양생물 100종 이상의 국내·외 해양 동·식물종의 유전체 지도 완성 ■ 유용한 기능 유전자 마커 정보를 대량으로 보급해 다양한 기관에서 해양생물종의 자원 활용도 상승 ■ 해양생물종 유전체 해독기반의 정보 제공 및 활용 시스템을 구축								
단계별 사업목표	1단계				2단계				
	해양생물 유전체 대량 해독 및 분석				해양생물 유전체 대량 해독 및 분석				
대표성과목표	성과지표명	1단계		2단계		합계			
		2년	2년	2년	2년				
	전장 유전체 해독(건)	20	20	30	30	100			
	논문(건)	60	60	60	60	240			
	특허(건)	48	48	48	48	192			
	기술 산업화(건)	2	2	2	2	8			
	산업체 활성화(기관)	3	3	3	3	12			
주요내용	1. 국내·외 해양생물 100종의 전장 유전체/전사 유전체 연구 ◦ 유전체 복잡도에 따라 선도 유전체 해독(de novo sequencing) 또는 전사 유전체 (RNA-Sequencing) 해독 및 분석 ◦ 해양생물 100종의 유전체 지도 완성 2. 해양생물종 유전 정보의 DB화 ◦ 유전체 정보·기능분석(유전자 annotation, 비교유전체 등)을 수행을 통한 생명 기능 발굴 3. 해양생물종의 마커 유전자 및 유용 유전자/소재 개발 ◦ 유전체 정보 기반 바이오신약, 바이오에너지, 신소재 등 발굴								

사업명 (국 3)	대양생명 프로젝트(Ocean Life Project) 사업								
사업기간	2013년 ~ 2020년 (4+4 2단계 8년)								
소요예산 (억원)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	합계
	40	40	40	40	40	40	40	40	320
정책목표	대양 및 Bio-hotspot ¹²⁾ 등 전 지구적 생태계를 대상으로 해양미생물 탐사 및 해양 특이 생태계에 대한 메타유전체(metagenome) 연구를 통한 해외 유전자원의 선점								
사업목표	■ 대양 생태계 및 Bio-hotspot 생태계 등에 서식하는 해양미생물(미세조류, 진핵 미생물, 원핵생물) 탐사 및 확보 ■ 대양 생태계 시료 및 Bio-hotspot 생태계 시료의 메타유전체 분석과 신규 유전자 대량 발굴								
단계별 사업목표	1단계				2단계				
	해양미생물 및 메타유전체 분석				해양미생물 및 메타유전체 분석				
대표성과목표	성과지표명	1단계		2단계		합계			
		2년	2년	2년	2년				
	해양미생물 (종)	200	200	200	200	800			
	메타 유전체 해독(건)	25	25	25	25	100			
	논문 및 특허(건)	논문 : 40 특허 : 32	논문 : 40 특허 : 32	논문 : 40 특허 : 32	논문 : 40 특허 : 32	논문 : 160 특허 : 128			
	기술 산업화(건)		3		3	6			
	산업체 활성화(기관)	4	4	4	4	16			
주요내용	1. 메타 유전체 연구 ◦ 대양 및 Bio-hotspot 해양미생물 유전체 및 환경 메타유전체 확보 ◦ 메타 유전체 연구를 통한 새로운 생태기능 및 생명기능 탐지 유전자 발굴 2. 생물 다양성 inventory 구축 ◦ 대양 및 Bio-hotspot 생물 다양성 inventory 구축 ◦ 핵심 생태기능 보유 신규 원핵 미생물 및 바이러스의 대량 배양 ◦ 희귀 진핵미생물(균류, 미세조류, 원생동물)의 대량 배양 ◦ 해양생명 다양성 정보 해석 및 계통/진화 연구								

12) Bio-hotspot : 열수/냉용수 생태계, 심해저 등 다른 지역에 비해 특별히 생물다양성이 높은 지역을 말함.

사업명 (국 4)	유전체 연구 국제협력사업(다부처 공동연구사업, 주관:교과부)								
사업기간	2013년 ~ 2020년 (4+4 2단계 8년)								
소요예산 (억원)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	합계
	9	9	9	9	9	9	9	9	72
정책목표	유전체 연구에서의 국제적 역량 확보								
사업목표	국내 유전체연구자(또는 연구자그룹 또는 연구기관)의 대형 국제 프로젝트 구성 또는 주도적 참여를 지원하여 유전체 연구의 글로벌 리더십 확보								
단계별 사업목표	1단계				2단계				
	국제협력 공동프로젝트 기반 구축				국제협력 공동프로젝트 활성화 및 확대				
대표성과목표	성과지표명	1단계		2단계		합계			
		2년	2년	2년	2년				
	국제 심포지엄 개최 (건)	2	2	3	3	10			
	NSC 발표 논문 (건)	10	10	10	10	10			
주요내용	<div>1.대형 국제협력 프로젝트 참여<ul style="list-style-type: none">◦ 유전체 및 후성유전체 분야 국제 컨소시엄 참여◦ 국제 컨소시엄 관련 유전체 정보생산 및 정보 분석◦ 국제 컨소시엄 참여에 따른 정보 공유 시스템 구축</div> <div>* 해양생물 유전체 분야의 대형 컨소시엄 형태의 공동연구에 참여하여 유전체 정보의 교환 및 공유</div> <div>* 미국, 중국, 독일, 일본, 영국 등 전 세계 최고의 유전체 분야 연구기관과 협력체계 구축</div> <div><div><div>국제협력, 전문 인력 양성 사업 지원 확대 및 국제 협력사업 참여</div><div>유전체 정보 분석 서비스 고도화 및 미래 원천 기술 개발 투자를 통한 최신 유전체 선진 기술 확보</div><div>대형 국제 컨소시엄의 지속적인 참여 및 유지</div></div><div><참고> 국제 협력사업 추진계획</div></div>								

2.1.3 단계별 성과목표



<표 2-1> 국토해양부 유전체 활용사업의 핵심성과지표

대표성과지표	해양생물의 전장유전체 해독, 대양 생태계의 메타 유전체 해독				
조작적 정의	해양생물 전장유전체 및 해양 특이 생태계의 메타 유전체 해독분석 건수				
산출식	= 전장유전체 해독분석(종) + 메타유전체 해독분석(건)				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	20종 + 25건	20종 + 25건	30종 + 25건	30종 + 25건	100종 + 100건
핵심성과지표 1-1	해양생물 유전체 자원 확보				
조작적 정의	국내·외 해양생물 유전체 자원 확보 및 확보된 자원을 대상으로 유전체 복잡도 조사(genome survey)				
산출식	= 유전체 복잡도 조사(종)[유전체 해독 대상(100종) x 3배수]				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	75	75	75	75	300종
핵심성과지표 1-2	유용 해양생물 유전체 해독 및 분석				
조작적 정의	유전체 복잡도 조사(genome survey) 결과 유용성이 예상되는 해양생물 대상 유전체 해독분석 종수				
산출식	= 해양생물 유전체 해독·분석 종수(종)				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	20종	20종	30종	30종	100종
핵심성과지표 2-1	해양생물 유전체 자원 구축				
조작적 정의	해양생물 유전체 자원관리의 체계화 및 활용				
산출식	= BAC Library + cDNA Library + Metagenome Library				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	BAC Library : 12Gb cDNA Library : 3Gb Metagenome Library: 28Gb	BAC Library : 12Gb cDNA Library : 3Gb Metagenome Library: 28Gb	BAC Library : 12Gb cDNA Library : 3Gb Metagenome Library: 28Gb	BAC Library : 12Gb cDNA Library : 3Gb Metagenome Library: 28Gb	BAC Library : 48Gb cDNA Library : 12Gb Metagenome Library: 112Gb
핵심성과지표 3-1	유전체 관련 산업체 활성화				
조작적 정의	해양생물 유전체 연구를 통한 유전체 관련 기업의 활성화				
산출식	= 사업별 참여기업 수의 합				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	7기관	7기관	7기관	7기관	28기관
핵심성과지표 3-2	유용유전자원 확보 건수				
조작적 정의	유전체 정보 분석을 통해 산업적 활용을 목표로 기업에 기술이전된 유용유전자원의 건수				
산출식	= 3개의 대표사업 + 다부처 공동연구사업				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
		6건		8건	14건

나. 로직모델에 입각한 관리성과지표

<표 2-2> 국토해양부 유전체 활용사업의 로직모델 기반 관리성과지표

Input(투입)	Activity(활동)	Output(산출)
(정부투자) - 8년간 총 992억 원 (연구인력) - 박사급 760명 + 석사급 1,520명. 8년간 총 2,280명 (문제해결을 위한 아이디어) - 해양바이오산업의 미충족 수요를 해소할 수 있는 해양생물 유전체 자원의 체계적 관리 및 유용 유전자 발굴을 위한 아이디어 건수	(논문) - SCI급 논문 400건 발표 (특허 등록/출원) - 특허 320건 발표 (유전체 시퀀스 정보) - 해양 동식물 100종의 전장 유전체 정보 (유용 소재) - 해양 유전체 기반 유용 유전자 발굴을 통한 소재 개발 (신규 마커 발굴) - 마커 유전자 대량 발굴	(연구절차 개발) - 유전체 복잡도 조사를 통한 유전체 연구 전략 설정 (해양 생명자원 확보) - 전 세계 대양 생태계로부터 해양 미생물 및 환경시료 확보

<표 2-3> 국토해양부 유전체 활용사업의 투입관리 성과지표 명세

투입성과지표명	정부 예산(억)		
조작적 정의	국토해양부 차세대 해양생물 유전체 활용사업으로 정부가 지원하는 투자 총액		
산출식	= 3개의 대표사업 + 다부처 공동연구사업		
성과목표	1단계	2단계	합계
	496 억 원	496 억 원	992 억 원
투입성과지표명	연구 인력(명)		
조작적 정의	차세대 해양생물 유전체 활용사업에 참여하는 인력		
산출식	= 박사(760명) + 석사(1,520명)		
성과목표	1단계	2단계	합계
	박사(380명), 석사(760명)	박사(380명), 석사(760명)	박사(760명), 석사(1,520명)
투입성과지표명	문제해결을 위한 아이디어(건)		
조작적 정의	해양바이오산업의 미충족 수요를 해소할 수 있는 해양생물 유전체 자원의 체계적 관리 및 유용 유전자 발굴을 위한 아이디어 건수		
산출식	= 3개의 대표사업의 아이디어 건수		
성과목표	1단계	2단계	합계
	5건	5건	10건

<표 2-4> 국토해양부 유전체 활용사업의 연구 활동관리 성과지표 명세

산출성과지표명	논문				
조작적 정의	SCI급 논문 400편				
산출식	= 3개의 대표사업				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	100편	100편	100편	100편	400편
결과성과지표명	특허				
조작적 정의	특허 출원 및 등록 320건				
산출식	= 3개의 대표사업				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	80건	80건	80건	80건	320건
산출성과지표명	유전체 시퀀스 정보				
조작적 정의	해양생물 100종의 전장 유전체 정보				
산출식	= 해양생물 유전체 해독·분석 종수(종)				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	20종	20종	30종	30종	100종
산출성과지표명	유용 소재				
조작적 정의	해양 유전체 기반 유용 유전자 발굴을 통한 소재 개발				
산출식	= 2개의 유전체 정보생산 사업				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	10건	10건	10건	10건	40건
산출성과지표명	마커 발굴				
조작적 정의	마커 유전자 대량 발굴				
산출식	= 2개의 유전체 정보생산 사업 + 다부처 공동연구사업				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	10건	10건	10건	10건	40건
활동성과지표명	국제 공동 심포지엄 개최(건)				
조작적 정의	유전체 연구 관련 국제 연구 심포지엄 개최 건수				
산출식	= 국내 유치된 국제 유전체 연구 심포지엄 수 +정기 학회/워크숍 개최 수				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	2건	2건	3건	3건	10건

<표 2-5> 산출관리 성과지표 명세

활동성과지표명	연구절차 개발				
조작적 정의	유전체 복잡도 조사(genome survey)를 통한 유전체 연구 전략 설정				
산출식	= 300종 해양생물을 대상으로 유전체 복잡도 조사				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	75종	75종	75종	75종	300종
활동성과지표명	해양 생명자원 확보				
조작적 정의	전 세계 대양 생태계로부터 해양미생물 및 환경시료 확보				
산출식	= 해양미생물(100종) + 환경시료(100건)				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	해양미생물 25종, 환경시료 25건	해양미생물 25종, 환경시료 25건	해양미생물 25종, 환경시료 25건	해양미생물 25종, 환경시료 25건	해양미생물 100종, 환경시료 100건

<표 2-6> 결과성과/파급효과 지표 명세

결과성과지표명	새로운 지식				
조작적 정의	해양 생태계 특이 생명현상 기전 규명				
산출식	= 2개의 유전체 정보생산 사업 + 다부처 공동연구사업				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	2건	2건	2건	2건	8건
결과성과지표명	해양 유전체 기반 활용연구 활성화				
조작적 정의	오믹스(구조유전체, 전사체, 단백질체, 대사체) 분석을 통한 해양생물모델 개발 및 활용				
산출식	= 3개의 대표사업 + 다부처 공동연구사업				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
	2건	2건	2건	2건	8건
결과성과지표명	유용유전자원 확보 건수				
조작적 정의	유전체 정보 분석을 통해 산업적 활용을 목표로 기업에 기술이전된 유용유전자원의 건수				
산출식	= 3개의 대표사업 + 다부처 공동연구사업				
성과목표	1-1단계	1-2단계	2-1단계	2-2단계	최종목표
		6건		8건	14건

2.2 사업의 내용

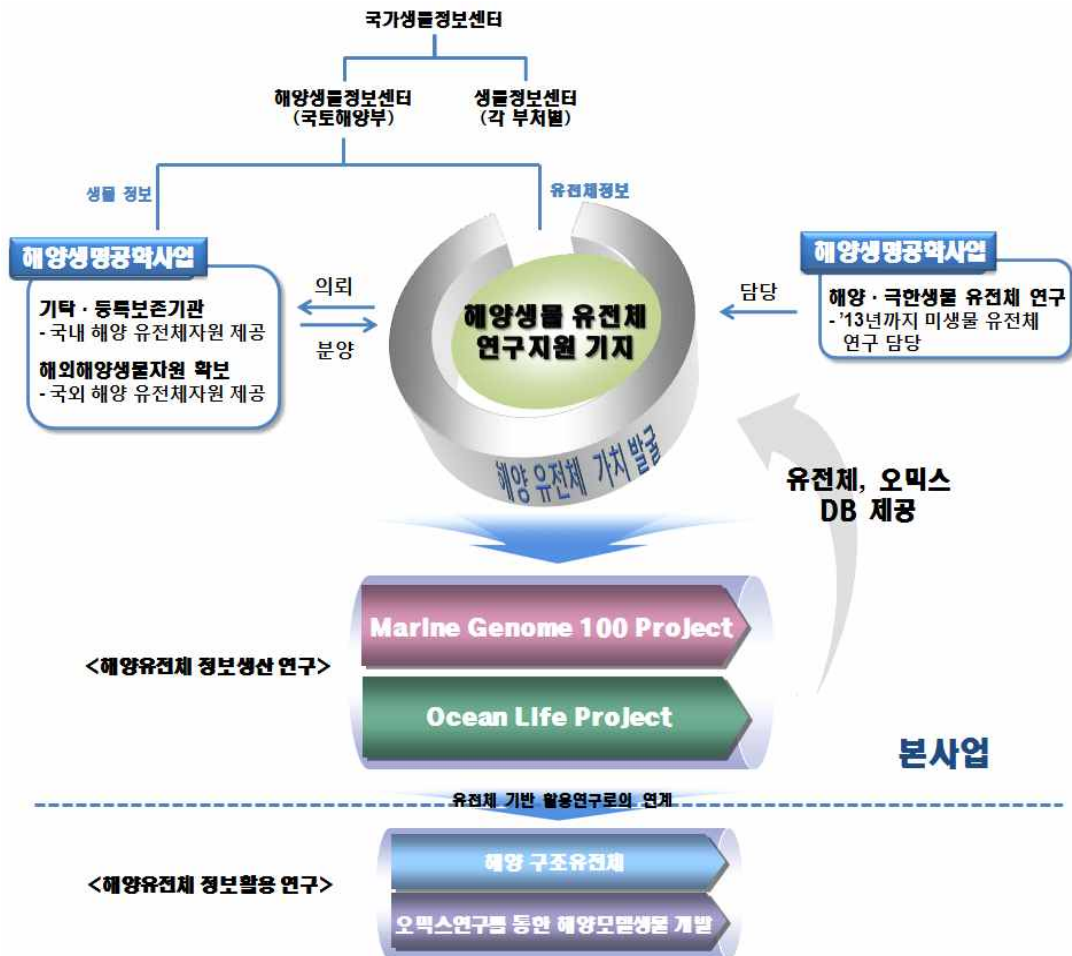
2.2.1 사업의 기본계획

- 해양생물 유전체 연구 기반을 마련하고 모든 연구자들이 활용함으로써, 해양바이오 산업의 활성화를 도모
 - 해양 유전체 연구를 미생물 중심에서 탈피하여 고등생물(동물·식물) 중심으로의 변화. 그에 따른 질적·양적 연구결과의 향상이 도모
 - 해양 유전체자원의 체계적 관리를 통한 해양생물 기반 연구의 활성화
 - 기존의 유용 유전자 발굴 수준에서 벗어나 해양생물 유전체 정보의 종합 활용(구조유전체, 전사체, 단백질체, 대사체 등)을 통한 실용화 추진



[그림 2-2] 차세대 해양생물 활용 유전체 사업 기본계획

2.2.2 사업추진체계



[그림 2-3] 차세대 해양생물 활용 유전체 사업의 추진체계

- 해양생물 유전체 연구지원 기지는 차세대 해양 유전체 연구에 핵심 허브(Hub)로써 차세대 해양 유전체 사업의 효율화 주도
 - 해양 유전체 자원을 확보하고 유전정보 통합 DB를 수집하여 국가생물정보센터로의 제공
 - 해양 유전체 연구를 위한 유전체 자원의 제공 및 연구 대상생물종의 선별을 위한 자료 제공
- 해양생물을 대상으로 유전체 정보생산 연구
 - 해양 유전체 정보생산 연구로써 해양 유전체 100 프로젝트(Marine Genome

100 Project) 및 대양생명 프로젝트(Ocean Life Project) 연구 수행

☐ 기 추진되고 있는 해양생명공학사업과의 연계방안 강화

- 해양생명공학사업으로 추진되는 기탁등록보존기관 및 해외해양생물자원 확보사업으로부터 유전체 자원 확보
- 해양생명공학사업으로 추진되는 해양·극한분자 유전체 연구사업과의 역할 분담

2.2.3 사업 예산(안)

□ 개요

- 8년간 총 992억 원 소요

<표 2-7> 차세대 해양생물 유전체 사업의 총 예산

(단위 : 억원)

연 도	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	합계
해양생물 유전체 연구지원(MGC) 사업	15	15	15	15	15	15	15	15	120
해양 유전체 100 프로젝트 (Marine Genome 100 Project) 사업	60	60	60	60	60	60	60	60	480
대양생명체 프로젝트 (Ocean Life Project) 사업	40	40	40	40	40	40	40	40	320
유전체 연구 국제협력사업 (다부처 공동연구사업)	9	9	9	9	9	9	9	9	72
합 계	124	124	124	124	124	124	124	124	992

□ 연구 내용별 산출 근거

- 해양 유전체 연구 지원 사업
 - 초기에는 15억 원 예산이 필요하며 유전체 정보량의 증가를 감안하여 2020년 이후 연간 30억으로 증액

<표 2-8> 해양유전체 연구지원사업의 예산산출내역

항목	세부내역	소요예산 규모	세부내역별 산출근거 (단위: 억원)	비고
유전체 복잡도 조사	- 유전체 사이즈 분석 - GC 분포율 분석 - 이형접합성(동형접합성) 분석 - 반복염기서열 분석	37.5종×0.2억/종=7.5억	- 유전체 해독 : 0.1억 - 유전체 분석 : 0.1억	- 선별된 해양생물 300종 후보 종에 대하여 100종의 대상종 및 우선순위 정하기 위하여 20 배수 유전체 해독을 통하여 복잡도를 조사.
정보처리 시설비	서버 구축	-	-	유전체 정보뱅크 구축 및 운영비
	고성능(CPU,메모리) 연산 서버(클러스터)	1억	300core급 클러스터 1세트	많은 생명자원 데이터를 신속하게 처리하기 위함.
	클러스터 전용 스토리지	1억	300TB 클러스터 전용 스토리지	분석된 데이터를 신속하고 신뢰성 있게 저장할 수 있고

				고성능의 연산을 하기 위함.
	데이터 저장 전용 스토리지	1.5억	400TB 데이터 저장 전용 스토리지	중요 생명자원 데이터를 신속하고 신뢰성 있게 저장하고 백업하기 위함.
	기타전산장비(UPS, 항온항습기, 네트워크장비)			유전체 정보뱅크 구축 및 운영비
	보안장비(Firewall)	0.5억	UTM 장비	해킹방지 및 주요데이터 보안 강화를 위함.
	UPS(비상전원공급장치)	0.5억	100KW급 UPS(정전시 30분 보장)	정전 시에 비상 전원이 가동되어 서버의 Downtime 최소화 및 안정성 확보를 위함.
	네트워크 스위치	0.5억	L3급 1Gbps 지원 스위치 48port 4대(스태킹 지원)	네트워크 속도 개선 및 안정성 확보를 위함.
	항온항습기	0.5억	20RT	서버실의 온/습도 안정화
자원처리 및 저장설비	- 배양기 · 고온 배양기 · 저온 배양기 · 고압배양기	3종 배양기 0.5억	- 고온 배양기:0.2억 - 저온 배양기:0.1억 - 고압 배양기:0.2억	- 선별된 해양생물 의 유전체 자원 확보 및 관리
	- 저장설비 · 동결 건조기 · 초저온 냉동고	저장설비 0.5억	- 동결건조기:0.38억 - 초저온 냉동고:0.12억	
유전체 교육프로그램	- 해양생명정보학 기초 - 해양생명정보학 응용 - 해양생명정보학 고급 - 해양생명정보학 프로그래밍	2회×0.5억/회=1억	- 전문가 활용비 : 0.5억원 - 부대비용 : 0.5억	- 해양생명정보학의 실무 위주의 교육을 통하여 연구자들이 효율적으로 연구를 수행할 수 있도록 지원

○ 해양 유전체 100 프로젝트(Marine Genome 100 Project) 사업

- 해양생물 유전체 연구의 경우, 국내에서는 체계적으로 수행된 사례가 전무하며, 이에 해양생물 유전체 연구는 대부분 선도유전체(*de novo* sequencing)를 수행하여야 함.
- 최근 국내에서 수행되었거나 진행 중인 육상 동물의 경우 게놈 사이즈 및 시퀀싱 방법에 따라 비용에 있어 큰 차이를 나타냄.
- 차세대 유전체 해독방식의 선도 유전체 해독을 수행하기 위해서는 대상종의 유전체 사이즈에 따른 다양한 사이즈의 라이브러리 구축을 적용하여야 함.
- 현재 NGS 방법으로 한국해양연구원에서 진행 중인 고래 유전체의 경우, 해독 4억, 분석 1억, 총 5억 원의 비용이 소요될 것으로 예측

<표 2-9> 고래 유전체 해독 비용의 세부내역

세부내역	금액
Library construction	78,000,000
Genome sequencing	250,000,000
전장 전사체 해독 및 분석	20,000,000
유전체 분석	105,000,000
총액	453,000,000

- 식물의 경우 동물에 비하여 상대적으로 게놈 사이즈가 작음에도 불구하고 그 복잡성으로 인하여 많은 비용이 소요
- 현재 NGS 방법으로 한국해양연구원에서 진행 중인 150 Mb 게놈 사이즈를 가지는 우뚝가사리 유전체의 경우, 해독 1억, 분석 1억, 총 2억 원의 비용이 소요될 것으로 예측

<표 2-10> 국내외 최근 유전체 해독 사례

생물종	사이즈	타입	방법	해독/분석 비용	년도	기업
고래	3 Gb	<i>de novo</i>	NGS	4억/1억	진행중	테라젠바이오
우뚝가사리	150 Mb	<i>de novo</i>	NGS	1억/1억	진행중	인실리코젠
호랑이	3 Gb	<i>de novo</i>	NGS	7억/3억	2010	테라젠바이오
카카오	430 Mb	<i>de novo</i>	NGS/생어	70억/30억	2010	CIRAD

오이	400 Mb	de novo	NGS/생어	20억/13억	2009	BGI
----	--------	---------	--------	---------	------	-----

* 참조 유전체 정보가 있는 경우, 선도 유전체 해독 및 분석비용의 1/10~1/100 수준.

* 생어 방법을 사용한 말의 유전체 연구의 경우, 해독(120억) 및 분석(60억) 비용에 무려 180억원이 소요.

- 이에 본 사업은 8년간 100종의 해양생물 유전체 비용을 다음과 같이 산정하였음.

<표 2-11> 해양유전체 100프로젝트 사업의 예산산출내역

항목	세부내역	소요예산 규모	세부내역별 산출근거 (단위: 억원)	비고
유니진 구축	- 전사체 해독 - 전사체 분석	25종×0.2억/종=5억	- 전사체 해독:0.1억 - 전사체 분석:0.1억	- 유전체 복잡도가 높은 대상종에 대하여 전사유전체 해독 연구를 수행
전장 유전체 연구	- 전장 유전체 해독 및 분석 · Library construction · Genome sequencing · 전장 유전체 분석 · 비교 유전체 분석	12.5종×4억/종=50억	- 라이브러리 구축:0.5억 - 유전체 해독:2억 - 유전체 분석:1.5억	- 해양 동식물의 선도 유전체(de novo sequencing)를 수행할 경우를 가정하여 산정하였음.
	- 해양 생명현상 기능 연구	10건×0.2억/건=2억	- 생명현상 규명:0.2억	- 유전체 정보 기반 생명현상 기능 연구
	- 기능유전체 연구 · 마커 유전자 및 유용 유전자/소재 개발 연구	10건×0.3억/건=3억	- 신소재 개발 연구:0.3억	- 유전체 정보 기반 신소재 개발 연구

○ 대양생명 프로젝트(Ocean Life Project) 사업

- 선진국들을 중심으로 해양생태계 기능 이해, 신 해양생명체 발굴, 신 해양생명 기능 규명 및 이해 등을 목적으로 대양생물 탐사 연구를 활발히 진행 중에 있으나, 국내의 경우는 이와 같은 대양 생명 탐사 프로그램이 전무한 실정임.
- 유사 프로그램으로서 비교할 수 있는 국내 프로젝트는 광물자원을 연구하는 '남서태평양 해저 열수광상 사업' 프로그램으로 연간 70억의 비용을 소요(년 1회 45일 탐사 수행)
- 이에 본 사업은 1회/30일/년 대양 생명 탐사를 기준으로 다음과 같은 비용을 산정하였음.

<표 2-12> 대양 생명 프로젝트 사업의 예산산출내역

항목	세부내역	소요예산 규모	세부내역별 산출근거 (단위: 억원)	비고
대양생물 탐사 및 시료 확보	<ul style="list-style-type: none"> - 해양 퇴적토 채취 - 해양 미생물 확보 · 신규 원핵미생물 확보 · 신규 원핵생물 감염 바이러스 · 희귀 진핵미생물(균류, 미세조류, 원생동물) 	온누리호(1,500톤급) 기준 0.3억(부대비용 포함/일×30일=9억)	- 대양탐사 1회/30일/년:9억	
극한생물종 유전체 연구 및 환경유전체 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 미생물 유전체 연구 · 극한환경 미생물 유전체 해독 및 분석 · 난배양성 미생물 single cell genomics 분석 	<ul style="list-style-type: none"> - 미생물 유전체 해독:10종×0.2억=2억 - single cell genomics:10종×0.5억/종=5억 	<ul style="list-style-type: none"> - 유전체 해독:0.1억 - 유전체 분석:0.1억 - single cell genomics:0.5억 	
	<ul style="list-style-type: none"> - 환경 유전체 연구 · 극한환경 미생물 유전체 해독 및 분석 	10시료×1억/시료=10억	<ul style="list-style-type: none"> - 유전체 해독:0.5억 - 유전체 분석:0.5억 	
대양/특이생태계 생명기능분석	- 해양 메타오믹스 대량분석 및 해석	10시료×0.5억/시료=5억	- 메타오믹스 분석:1억	
	- 신 해양생명 기능 규명	10건×0.3억/건=3억	- 생명현상 규명:0.3억	
기능 유전체 해석	<ul style="list-style-type: none"> - 유전체 기능해석 · 발현체, 단백질체 분석 	10건×0.3억/건=3억	- 기능유전체:0.3억	
	<ul style="list-style-type: none"> - 마커유전자 및 유용유전자 원/신소재 개발 · 유전자 클로닝, 발현 및 특성분석 	10건×0.3억/건=3억	<ul style="list-style-type: none"> - 마커유전자:0.2억 - 신소재 개발:0.2억 	

○ 유전체 연구 국제협력사업(다부처 공동연구사업)

- 9억/년 X 8년 = 72억 원 소요

<표 2-13> 유전체 연구 국제협력사업의 예산산출내역

항 목	내 역	예산/년
국제네트워크 구축	국제 심포지엄 (년1회) 2억 외국기관 방문, 학회 참석 2억	4억원
국제공동연구 수행	컨소시엄(공동으로 유전체분석) 5억	5억원
합 계		9억원

* 국토부 고유 사업 중 유전체 정보생산 연구인 ‘해양 유전체 100 프로젝트’와 ‘대양생명 프로젝트’에서 정보생산분석 비용은 유전체 정보 생산·분석 인프라(KOBIC)와 연계·협력(투자)할 계획

- 국토부의 유전체 정보생산·분석 관련 고유 사업 중 30%이상을 공동사업의 성격을 지닌 교과부의 KOBIC과 연계·협력하여 생산할 계획으로 이를 고려하면 실질적인 공동사업의 비중은 30%이상이 될 것으로 예상됨.

2.2.4 주요사업

☐ 해양생물 유전체 연구지원 사업

- 국내·외 해양생물 유전(체)자원을 확보·보존하고 통합관리하며, 해양생물 유전체 연구 및 정책개발을 지원
- 국내·외 다양한 해양 생물 300여종 이상 샘플 정보의 데이터화
- 유전체 복잡도 조사(Genome Survey)를 수행
- 생물종의 유전체의 특성(유전체 복잡도 등)에 따른 종별 서열분석 전략 수립

☐ 해양 유전체 100 프로젝트(Marine Genome 100 Project) 사업

- 국내·외 고유 해양생물종, 보호대상 해양생물종, 유용성이 확인된 해양생물 종을 대상으로 100종(동물·식물)을 선정하여 유전체 해독, 분석 및 정보의 DB화
- 연구과제 수행자는 해독 대상 생물종에 적합한 유전체 해독 방법을 선정
- 연구과제 수행자는 앞선 유전체 복잡도에 따라 선도 유전체(de novo Genome) 또는 전사 유전체(RNA-Seq) 해독
- 선도 유전체(de novo Genome) 또는 전사 유전체(RNA-Seq) 해독을 수행한 동물/식물/미생물에 대한 표준 유전체 또는 유니진(Unigene) 지도 완성
- 유전체 분석(유전자 annotation, 비교유전체 등) 수행을 통한 유전정보의 DB화
- 연구결과 양산된 유전정보의 DB는 해양 유전체자원 센터에서 수집하여 일반 연구자에게 공개
- 유전정보로부터 유용 유전자원의 발굴하며, 도출된 연구결과는 그 유용성의 가치에 따라 유전체 정보 활용 연구로써, 구조유전체, 오믹스 연구 등으로 연계

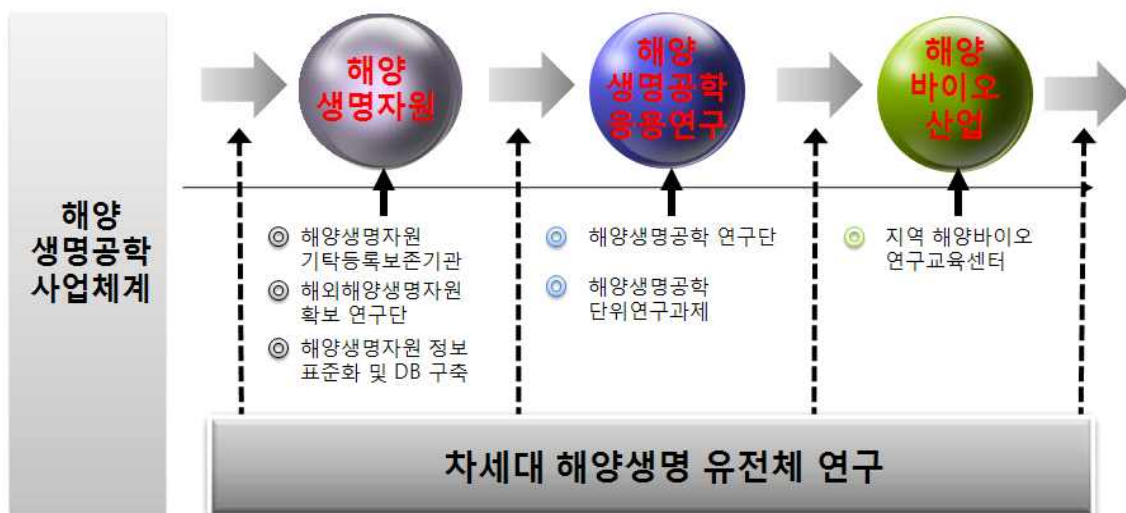
☐ 대양 생명 프로젝트(Ocean Life Project) 사업

- 대양 및 Bio-hotspot(심해, 열수구, 극지) 등 전 지구적 생태계를 대상으로 해양생물 탐사 및 해양 생태계에 대한 메타유전체(metagenome) 분석
- 대양 및 Bio-hotspot 생태시료의 메타 유전체 연구 : 대양 및 Bio-hotspot 환경 메타유전체 확보, 새로운 생태기능 및 생명기능 탐지 유전자 발굴

- 대양 및 Bio-hotspot 생태계 생물 다양성 inventory 구축 : 생물 다양성 inventory 구축, 신규 미생물(균류, 미세조류, 원생동물) 및 바이러스의 대량 배양, 해양생명 다양성 정보 DB 구축 및 계통진화 연구
- 전 세계 해양을 4개의 지역으로 나누어 각 지역의 특성에 맞는 연구 형태 추진 : 국내 연해를 중심의 Near Ocean 지역, 환태평양 및 인도양을 포함한 Mid Ocean 지역과 대서양을 포함한 Far Ocean 지역, 열수 및 deep sea를 포함한 Extreme Ocean 지역
- 해양 유전체자원 센터와 연계하여 메타 유전체 정보 및 채집된 생물종의 다양성에 대한 유전정보 بانک 구축
- 확보한 유용 생물종의 해양 유전체 100 프로젝트(Marine Genome 100 Project)로의 연계

2.2.5 국토해양부 유전체 사업의 전략적 위치

- 국토해양부 해양생명공학사업으로 추진되고 있는 ‘극한·해양생물 분자 유전체 연구’사업을 통한 유전체 연구에 대한 노하우 축적
 - 해양생물을 대상으로 유전체 연구를 수행하는 유일무이한 대단위 사업으로 지난 8년(‘04년부터 시작)동안의 유전체 연구 노하우 축적을 통하여 효율적 사업 진행이 가능
- 기 구축된 인프라를 활용하여 기초부터 응용 및 개발연구로의 효율적 연구체계 마련
 - 해양생물자원의 확보관리를 목적으로 하는 해양생명자원 기탁등록보존기관 사업, 해외해양생물자원확보사업과 연계하여 차세대 유전체 연구대상 해양생물에 대한 정보교류 및 확보
 - 응용, 개발을 목적으로 하는 화학신소재 개발 및 신의약 개발 사업과 연계하여 해양생물 특이 유전체 정보를 경쟁력 있는 산업화 기술개발 촉진에 활용



[그림 2-4] 사업간 연계도

3. 연구개발 동향 분석

3.1 수요분석

3.1.1 미래사회 수요분석

☐ 생물자원 활용에 관한 국제협약 대응방안 연구

- 생물다양성 협약(CBD, Convention on Biological Diversity), 유전자원 접근 및 이익 공유(ABS, Access to Genetic Resources and Benefit-Sharing) 등의 체결로 인한 유전자원에 대한 가치가 상승됨에 따라 자국 내 또는 이원해역의 유전자원의 선점을 위한 대응방안 연구가 필요

☐ 국제공동연구 활성화 모색

- 개별국가 단위 또는 컨소시엄 형태로 대규모 유전체 국제공동연구의 확대
- 유전체 사업을 수행하고 있는 국외기관과 네트워크 구축하여 해양 유전체 연구를 선도하고 국제 공동연구 프로그램 개발이 필요

☐ 고령화 사회로의 전환으로 인한 Health-care의 중요성

- 유전체 기반 신약, 기능성 식품·화장품 소재의 개발 연구

☐ 화석에너지 고갈로 인한 신재생에너지 연구

- 유전체 기반 바이오 디젤, 바이오 알코올, 바이오 수소 등의 바이오에너지 생산기술 개발 연구

☐ 인구 증가에 따른 식량난 대처에 관한 연구

- GMO, LMO 연구 대상생물의 확대

3.1.2 연구자 연구수요

☐ 해양생물자원 확보 및 개발 기술

- 해양이라는 생존환경의 특수성으로 인해 독특한 유전체 특성과 단백질체를 내포한 해양생물은 기능식품, 의약, 화학, 신소재 등 산업부문에 적용 가능한 생물자원 연

☐ 난배양성 자원 확보 기술(메타유전체)

- 심해, 극지 등 극한지역에 서식하는 해양생물의 유전자 등을 직접 확보하는 기술 분야로 새로운 유전자 획득을 위한 연구 분야

☐ 해양생물 유전체 해독 및 기능 분석 기술

- 유전체 정보에 대한 해독 및 분석 기술은 해양생물을 활용한 의약품질의 연구와 개발, 치료활성 단백질 유전자 및 합성 유전자 생성, 대규모 치료물질 산업화에 적용할 수 있는 유망 기술 분야
- 차세대 유전체 해독 기술로 생산되는 방대한 유전 정보를 분석하기 위한 web 기반 응용시스템 및 분석 툴 개발 기술

☐ 해양생물의 단백질체 해석 및 분석 기술

- 단백질체는 인간의 질병을 유발하는 원인으로 신약개발의 실질적 표적이 되는 물질로 신약 개발을 위한 유망 기술 분야

☐ 오믹스 기술을 활용한 생물자원 산업화 기술

- 전사체 · 구조유전체 · 대사체 등의 오믹스 기술을 활용한 질병 치료, 신약 개발, 신소재 개발 등의 목적을 위해 해양생물모델을 개발하고 산업화하는 기술 분야

☐ 합성생물학 연구 분야

- 오믹스 분석 등을 기반으로 얻어진 생물학적 이해를 바탕으로 세포막과 DNA, RNA 등을 재조합하여 특정 기능을 나타내도록 새로운 세포를 합성하는 융합 학문임. 유전적 회로(genetic circuit), 대사 공학(metabolic engineering), 신호 전달(signal transduction)체계의 재구성 등의 핵심기술이 있음

3.1.3 시장수요

□ 해양바이오산업 분야

- 의약 분야
 - 생물 유래의 2차 대사산물을 이용한 대사질환·면역질환·감염질환 치료제 개발
- ○ 식품 분야
 - GMO, LMO를 이용한 식품개발
 - 생물 유래 건강 기능성 식품
- 바이오디젤, 바이오 알코올, 바이오수소 등 바이오에너지 분야
 - 합성 생물학(Synthetic biology)을 이용 바이오에너지 생산을 위한 모델생물을 개발
- 환경 분야
 - 난분해성 유기물 분해를 통한 환경 보존 기술 개발
 - 적조현상 억제
- 산업 신소재 분야
 - 생물 유래 섬유복합소재, 바이오플라스틱 소재 개발
- 벤처기업의 창출
 - 대량 유전체 해독 및 분석을 위한 생명정보 벤처기업의 성장이 필요

□ 해양바이오산업 전망

- 2003년에는 전 세계 생산액 2,480.02백만 달러에서 우리나라가 점유하는 생산 비중은 1.3% 정도에 불과하였고, 금액도 22.78백만 달러로 낮은 수준. 미국은 전체 생산액의 1/3 이상을 차지하고 있는 반면 우리나라는 1~2% 수준에서 머물러 있는 것으로 분석. 2008년 전체 생산액은 3,207.25백만 달러로서 미국이 약 31%인 1,025.90백만 달러를 차지하는 반면 한국은 1.6% 수준인 52.92백만 달러로 추정¹³⁾¹⁴⁾

13) Global Industry Analysts Inc. 2008. Marine Biotechnology, A Global Strategic Business Report.

14) 우리나라는 선진국의 바이오산업에 관한 자료와 비교하여 한국 바이오산업에 관한 비율을 구하고, 그 비율에 따라 해양생명공학관련 선진국 시장 증감현황을 비교하여 비율을 산정하여 추정함.

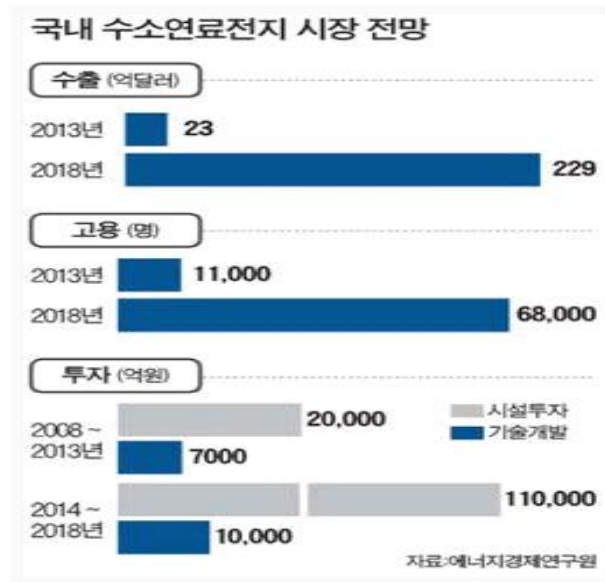
<표 3-1> 해양생명공학 시장규모

(단위 : \$ million)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
미국	819.15	864.98	907.53	947.85	987	1025.90	1064.35	1102.25	1138.95	1175.40
세계	1339.30	1745.93	1850.07	1979.42	2054.00	2154.41	2256.53	2361.68	2466.93	2575.07
한국 (비중%)	32.24 (1.3%)	35.55 (1.3%)	38.95 (1.4%)	44.29 (1.5%)	49.07 (1.6%)	52.92 (1.6%)	56.93 (1.7%)	62.87 (1.8%)	69.07 (1.9%)	73.73 (1.95%)
합계	2480.02	2633.69	2781.80	2952.36	3066.76	3207.25	3348.67	3492.57	3635.31	3781.10

- 해양바이오 제품의 생산은 전 세계적으로 연평균 4.8% 이상의 지속적인 증가추세를 보여 2012년에는 3,781.10백만 달러 규모로 증가할 것으로 추정되고 있음
 - 이중에서 미국이 전체의 31.1%를 차지하는 1,175.40백만 달러로 추정되며, 우리나라는 73.73백만 달러로 전체 생산금액의 2% 정도 불과할 것으로 추정
 - 우리나라는 2003년 32.24백만 달러에서 2008년 73.73백만 달러로 2배 정도 증가하여 전 세계 평균증가율(29.3%)보다는 높을 것으로 전망되지만, 전 세계 시장에서 점유하는 비중은 여전히 2%에도 미치지 못할 것으로 추정
- 바이오에너지 개발은 석유수입 대체효과를 나타내 수송연료의 20%를 바이오에탄올로 대체할 경우 7천억 원의 원유 수입비용과 3천억 원의 이산화탄소 감축비용을 합쳐 연간 1조 원가량을 절감할 수 있음
 - 대체에너지 중 특히 수소는 화석연료 대체 효과 뿐만 아니라 석탄, 바이오매스에서 방출되는 온실가스의 발생도 없으므로 지구온난화 억제에도 기여하는 청정 재생에너지로서 세계 각국에서 전략적으로 개발 중임
 - 수소 연료전지 세계 시장 규모는 2018년 600억 달러로 급성장하며, 수소 연료전지 분야에서 한국의 수소수출규모는 229억 달러로 예상됨¹⁵⁾
 - 수소 연료전지 세계시장은 2030년에는 연간 1500억 달러(약 142조원)에 이르고, 2040년에는 1일 1,100만 배럴가량의 석유 수요를 대체할 것으로 예상됨
 - 특히 기존의 가스시장 인프라를 활용한 가정용 연료전지 산업은 각 가정에서 도시가스로 전기와 열을 생산하는 새로운 발전방식을 제시하고 있으며, 미래를 이끌고 갈 핵심 연료기술의 하나로 주목받고 있음

15) <http://www.hankyung.com/news/app/newsview.php?aid=2010111838501>(에너지 경제 연구원)



[그림 3-1] 국내 수소연료 전지 시장 전망

- 세계 제약시장 규모는 2004년 말 기준으로 5,000억 달러(500조 원)에 달함. 현재까지 개발된 약물의 70% 이상이 천연물에서 유래한 것으로, 주로 육상 식물이나 토양 미생물에서 유래되었으나 육상생물 유래 천연물 발굴이 포화상태에 이르게 됨에 따라, 아직 미개척분야로 남아있는 해양생물유래 천연물의 중요성이 점차 부각되고 있음
- 해양생물은 거대한 생태적·물리적·화학적 다양성을 지니고 있으므로 육상생물과는 전적으로 다른 특이한 신약을 개발할 가능성이 매우 높으며, 세계 신약시장규모의 증대에 크게 기여할 것으로 전망됨.
 - 아일랜드 Elan사는 바다달팽이(Conus magus)의 독성성분을 이용하여 만성 통증환자 치료를 위하여 Prialt라는 새로운 진통제를 개발함. 2005년 첫 분기에 6,000만 달러의 매출을 올렸으며, 2006년 2월에는 일본의 다국적 제약사 에이자이사에 유럽 판매권을 1억 달러에 넘겼음.
 - Pseudoteropsin은 연산호(Pseudopterogorgia elisabethae)에서 개발된 소염물질로 Estee Lauder사가 이를 이용한 기능성 화장품(Resilience)을 개발하여 시판하고 있음. 원천물질은 미국 스크립스해양연구소가 개발한 것으로 캘리포니아 주립대학 5대 최고 로열티 품목 중 하나임.
 - 스페인의 PharMar사는 우렁챙이(Ecteinascidia turbinata)로부터 Yondelis라는 항암제를 개발하여 2008년 한해에만 4,100만 달러의 매출을 올림. 현재 미국 항암연구소에서 임상실험 진행 중인 항암신약의 1/2 이상이 해양천연물임. 또한 전 세계적으로 임상시험이 진행 중인 해양천연물은 30여종에 이름.

3.1.4 수요분석 시사점

- ☐ 생물 다양성 협약, 유엔해양법 협약 등에 의해 자국 내 또는 이원해역의 해양유전자원에 관한 국제적인 관심과 투자가 증대
 - 국내·외 해양유전자원의 확보 및 유전체 해독 연구가 시급
 - 국내에서 해양생물을 대상으로 한 유전체 연구의 경우, 해양 동·식물에 대한 전장 유전체 해독은 전무하며, 불과 7종의 미생물을 대상으로 전장 유전체 해독
 - 대단위 해양생물 유전체 해독 및 분석을 통한 독자적인 해양유전체 활용 연구 기반 구축이 시급
- ☐ 해양 바이오 미래가치 창출을 위한 기초원천 및 활용 연구 사업으로의 해양 유전체 사업이 필요
 - 본 연구는 기능적 다양성이 극히 높은 해양생명체를 대상으로 전 세계적으로 바이오 연구 분야의 파급효과가 클 것으로 예상되는 차세대 유전체 연구를 통해 해양생명현상의 근본 원리와 생명기원·진화에 대한 원리를 규명하는 기초·원천 연구 뿐 아니라, 이를 활용한 에너지, 환경, 소재의 활용 연구가 필요
 - 현재까지 국내 해양생물종 대상으로 전장 유전체 분석 사례(해양미생물 2종)가 극히 미약하여 추진이 시급

3.2 벤치마킹

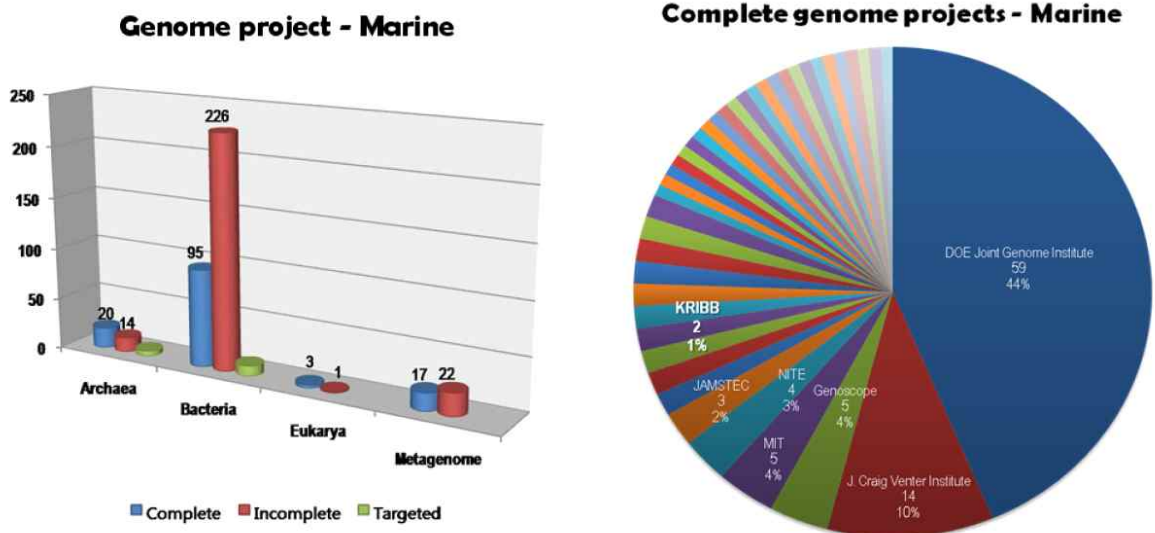
□ 국외 주요 유전체 연구 사업 동향

- 차세대 유전자 서열분석 기술의 발달에 따라 전 세계적으로 유전체 해독방식이 바뀌기 시작
- 차세대 유전자 서열분석 기술의 적용으로 훨씬 빠른 결과를 도출하면서도 비용이 획기적으로 감소함에 따라 단일 연구기관에서도 대규모의 생물유전체 해독 프로젝트를 진행
- 유전정보에 대한 지적 재산권이 강화됨에 따라 이러한 현상이 심화 되고 있고, 경쟁적인 유전체 해독 연구가 진행되고 있음
- 대표적인 생물종 국제공동연구로는 ‘Genome 10K Project’, Albata 주의 연구기관에서 주최한 ‘The 1000 plant transcriptome Project(1KP)’, 중국 BGI(Beijing Genomics Institute)에서 진행 하는 1000 Plant & animal genomes project가 있음

<표 3-2> 전 세계 주요 대형 유전체 프로젝트 현황

프로젝트 이름(국가)	연구내용
1001 Genome project (국제)	애기장대의 다양한 표현형을 수집하고 각각의 유전체의 해독을 목표로 하여, 애기장대의 유전적 다양성을 수집하는 프로젝트 식물의 대표적 모델종인 애기장대의 표준유전체의 확립
ICGC (국제)	매우 다양한 국가에서 참여한 프로젝트 50종류 암에 대해 총 25,000 암 조직에 대한 exon 부위 해독, 전사체 해독, 에피지놈 등을 조사함.
SGSC (국제)	돼지 유전체 해독 컨소시엄 미국 농무성뿐만아니라, 네덜란드, 프랑스 등 유럽, 영국, 한국, 중국 일본 등 매우 다양한 국가에서 참여함. 유전체 해독 전략 및 분석을 각 연구센터별로 분배하여 연구 수행
기타 생물 종별 컨소시엄 (국제)	The International Rice Genome Sequencing Project(IRGSP) Mouse Genome Sequencing Consortium The Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium 등 매우 다양한 생물종별 컨소시엄이 형성됨.
G10K project (미국)	10,000종의 척추동물의 참조유전체를 구축하기 위한 프로젝트 샌디에고 대학과 다양한 분야의 연구진이 참여한 국제적 연구 BGI는 염기서열 해독과 유전체 정보의 분석을 진행함. 2년간 유전체 해독을 진행할 102종을 발표함.
1000 Genome project(영국)	Sanger 연구소, BGI, 브로드 연구소 등이 참여 27 개 집단, 2,500명의 전체 염기 서열지도 완성
The 1000 plant transcriptome Project(1KP) (캐나다)	식물의 경우 유전체 복잡도가 높아 전장유전체의 해독이 어려운 경우가 존재 1,000종의 식물의 전사체(cDNA) 해독을 통한 유전자 수준의 총체적 해독 작업으로, 중간 유전자의 손실 및 습득을 비교하여 진화과정의 비교적 연구가 가능 캐나다 알바타주농업연구소 및 알바타주립대학 등에서 400만 달러를 투자하여 진행되고 있으며 BGI도 참여
1000 Plant & animal genomes project(중국)	1,000종의 동식물의 신규 유전체를 해독하는 프로젝트 중국 BGI에서 진행하고 있으며 참여형의 유전체 해독 진행 판다의 유전체를 참조(Reference) 서열 없이 해독완료 한 기술을 보유 de novo(선도)유전체 해독기술의 적용

- 해양생명자원에 대한 유전체/오믹스 수준의 연구는 다른 바이오 분야에 비해 상대적으로 뒤늦게 착수하였지만, 최근 들어 해양생물 유전체 해독(미국 등), 구조유전체 해석(일본 Protein 3000 등), 메타유전체 해독(미국) 등에서 대규모 연구가 진행 중임.



[그림 3-2] 해양 유전체 분석 해양미생물 현황

오태광. 2008. 해양생물기반기술 참고

- 생물 다양성 협약에서 생물자원에 대한 국가주권을 인정함에 따라 미국, 일본, EU, 영국, 러시아, 중국 등은 체계적인 해양생물자원 탐색과 대량 수집 및 유전체기반 대규모 오믹스 연구개발을 추진 중.
- 생물종의 유전체 해독 프로젝트의 40%이상을 차지하고 있으며 점차적으로 확대 되는 추세이며 세계적으로도 대형 프로젝트가 진행 되어 해양생물종에 대한 유전체 해독량 증가

3.2.1 미국

- 미국은 해양정책('69), 신국가해양정책('99), 21세기 해양청사진('04) 등 해양에 대한 지속적인 정책을 선언하고 7개 중점기술개발 분야에 대한 지원을 확대하는 등 해양바이오 연구를 주도하고 있으며, 최근에는 해양생물 오믹스 분석을 통한 IT/BT 융합기술 개발 및 해양신소재, 해양에너지 등 신성장 분야에 투자를 확대하고 있음.
- Department of Energy-Joint of Genome Institute(DOE-JGI) : 국가적 기관으로써 가장 활발한 유전체 해독 연구가 이루어 짐(2011년 779억 원 예산).

- 특히 바이오에너지의 개발을 위한 다양한 생물종의 유전체 해독을 진행하고 있으며, 바이오 연료 개발 대한 다양한 보고들이 이루어짐.
- 진행 되고 있는 유전체 해독 프로젝트는 총 3,057개. 그 중 해양생물종의 유전체 해독 프로젝트는 65개 조류(algae)와 동물 중 36개체이며, 해양 미생물을 포함 한다면 더욱 많은 수의 유전체 프로젝트가 진행 중.
- J. Craig Venter Institute(JCVI) : 2004년 해양 생물종의 유전체 연구를 위해 The Gordon and Betty Moore Foundation Marine Microbial Genome Sequencing Project를 시작
- 프로젝트를 통해 해양 표면에 서식하는 미생물 137종에 대한 유전체 해독을 실시하였으며, 그 결과 76개의 논문 발표
- 해양 샘플링활동을 확장하여 최근 Global Ocean Sampling Expedition을 진행하여, 보다 다양한 연구기관(The San Diego Foundation, Life Technologies Foundation)의 지원을 받고, 해양 샘플 수집활동 및 해양 생물종에 대한 유전체 연구를 매우 활발히 진행 중.
- 인공적으로 바이러스, 박테리아 유전체 합성에 성공하였고, 이후 바이오에너지, 바이오신약 생산을 위한 합성유전체 개발 진행

3.2.2 영국

- 영국은 미국 다음으로 유전체 연구에 대한 투자하여, 2006년 투자액은 약 3억7천만 달러로 전 세계 투자액의 12%에 달함
- BBSRC(Biotechnology and Biological Sciences Research Council)와 Cancer Research UK를 중심으로 유전체 연구에 투자하고 있으며, 현재 여러 개의 유전체 해독 센터를 보유하고 있음
- Wellcome Trust Sanger Institute : Wellcome Trust는 영국의 자선 재단으로 Sanger 연구소를 지원
- Sanger 연구소는 세계 최대의 유전체 연구소로, 생어 염기서열 해독 방법을 이용한 다양한 유전체 해독과 기능 규명 등 전 세계의 유전체 해독을 선도
- 인간유전체프로젝트에 가장 큰 기여를 하였고, 특히 유전체 정보의 생산과 분석에 필요한 생물정보학 S/W와 DB 개발에 크게 기여
- 현재 암 유전체, 유전체 연관분석 및 1000 유전체 프로젝트 등의 대규모 유전체 프로젝트들을 진행하고 있음

3.2.3 일본

- 일본은 「장기적 전망의 일본 해양개발 기본구상 및 추진방안('03)」 수립과 더불어 문부과학성(MECSST, Ministry of Education, Culture, Sports, Science

and Technology), 국토 교통성(MLIT, Ministry of Land, Infrastructure and Transport) 등 부처 공동으로 지원을 확대

- 유전체 연구 투자액은 2005년부터 2008년까지 총 762.4백만 엔을 지원
- 해양과학기술연구센터(JAMSTEC, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)와 해양생명공학연구소(MBI, Marine Biotechnology Institute), 수산종합연구센터(FRA, Fisheries Research Agency) 등을 중심으로 산·학·연 협력 활성화
- 대양 및 관련분야 기술개발에 4천억 원 규모의 연구를 수행, 특히 프론티어 분야인 심해미생물사업의 경우 지난 10년간 5천억 원을 지원. 일본 JAMSTEC 산하 극한환경생물권 연구센터는 ‘해양생태 환경 연구 프로그램’, ‘극한 환경 생물전개 연구 프로그램’, ‘지각 미생물 연구 프로그램’ 등을 통해 해양·극한 생명자원 탐사

3.2.4 중국

- 중국은 해양발전 863프로그램(‘96~’05)에 이어 중국 해양사업발전계획요강은 발표하여 ‘20년까지 해양환경변화와 해양생물자원의 지속가능한 이용, 대양·심해연구에 대한 지원을 강화할 예정임.
- 해양생물의약산업의 경우 2007년 15.71억 위안, 2008년 58억 위안의 부가 가치를 달성할 정도로 지속적이고 빠른 해양산업의 발전을 이루고 있음.
- BGI(Beijing Genomics Institute) : 대량의 차세대 유전자 서열분석 기술 기기를 보유(150여대, 단일 기관 최다).
 - BGI는 현재 중국 전역에 약 5,000명 규모의 연구 인력을 보유

3.2.5 벤치마킹 시사점

□ 차세대 유전체 해독기술의 발달로 단시간에 많은 유전체 정보 획득이 가능

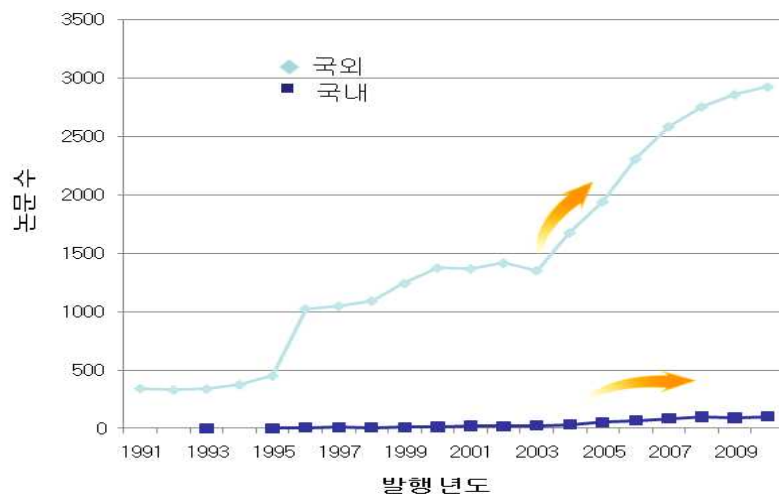
- 차세대 유전체 분석 장비보유 세계 7위에도 불구하고 체계적인 유전체 연구가 이루어지지 않고 있음. 유전체 연구의 시스템화 및 BT·IT 기술의 융합화를 통한 유전체 연구의 선진화가 필요
- 차세대 유전체 해독 기술을 활용한 각 부처별 차별화 된 목적 중심의 유전체 연구 계획 수립이 시급
- 해양 유전체 해독 및 그 정보를 기반으로 한 활용 연구(단백질구조체, 전사체, 단백질체, 대사체 등)로의 전주기적 연구 방법론을 통한 해양 생명현상의 이해가 필요

- 선진국들을 중심으로 대단위 유전체 컨소시엄 구성하고 있으며, 막대한 예산을 투자
 - 해양생명자원의 선점을 위한 국가적 차원에서의 해양생물 유전체 연구에 대한 대단위 투자가 시급

3.3 연구동향 분석

3.3.1 논문동향 분석

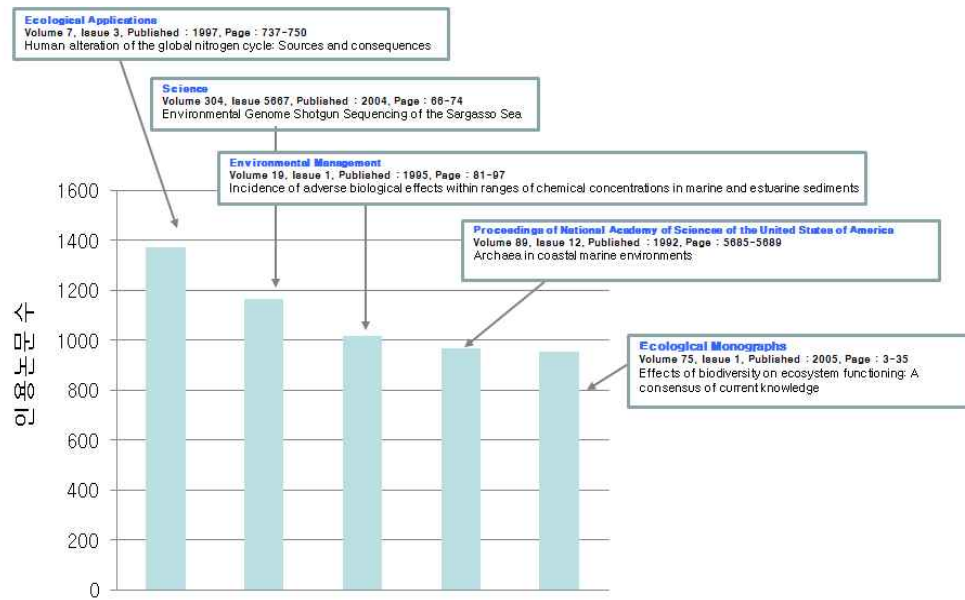
- 국외 특허 등록 건수가 급격히 증가한 2000년 중반에 국외 발표 논문의 건수도 함께 증가추세를 나타냄.
- 국내 발표 논문의 경우, 2000년 중·후반으로 갈수록 지속적인 증가추세를 나타냄



[그림 3-3] 해양 생물 분야 국내·외 연도별 연구 논문 발행 건수

- 최근 20년간 해양 생물 분야 관련 최다 인용 논문의 대부분은 해양 미생물의 환경 생태학적 연구 분야의 논문이 주류를 이룸
- 2004년 크레이그 벤터(J. Craig Venter)는 해양 환경시료의 메타 유전체를 통한 미생물 다양성 분석을 주제로 한 논문을 사이언스(Science)에 게재.¹⁶⁾ 짧은 기간에도 불구하고 인용빈도가 높은 것은 이 분야의 연구가 최근 활성화되고 있음을 나타냄

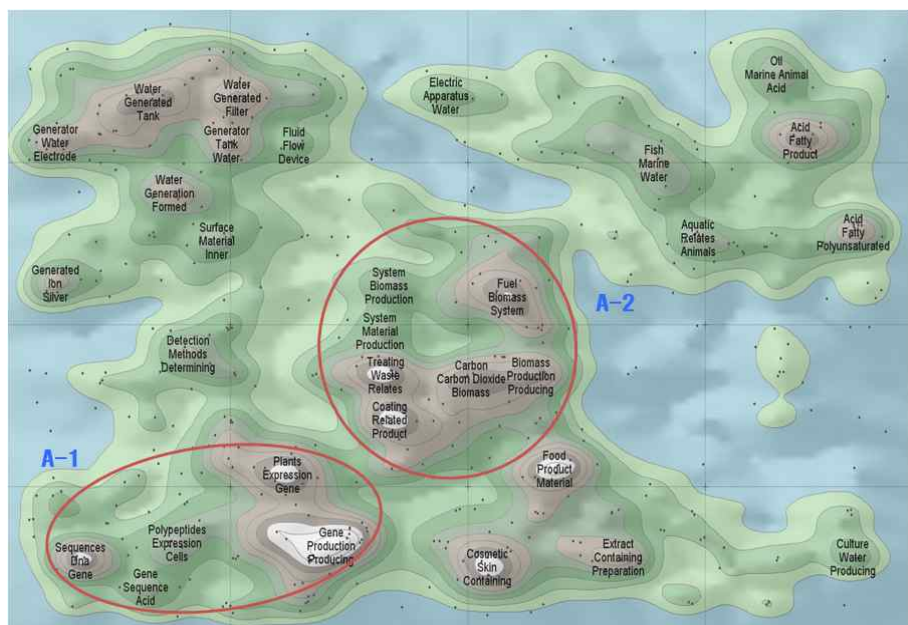
16) Venter, J.C. *et al.* 2004. Environmental Genome Shotgun Sequencing of the Sargasso Sea. Science.



[그림 3-4] 해양생물분야 최다 인용 논문

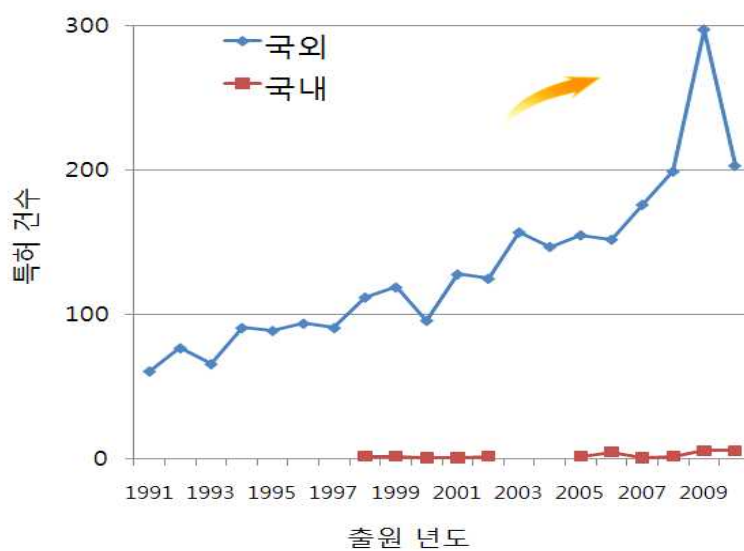
3.3.2 특허동향 분석

- 특허 등고선을 통한 국내외 기존 해양생물 유전체 분야의 기술현황 분석에서 주요 연구와 기술 동향을 파악함.
- A-1 : 개별 유전자 분석 및 발현에 대해 연구가 주로 진행되었으며, 유전체를 종합적으로 연구하고 이용한 내용은 일부에 해당함.
- A-2 : 최근 바이오에너지가 활발히 연구되는 추세에 따라 조류 같은 해양 바이오매스의 대량 생산 및 바이오매스로부터 바이오 에너지 생산기술에 해당하는 특허가 출원되고 있음.
- 현재까지는 해양생물 유전체를 이용한 심도 있는 기술 개발이 이루지고 있지 않은 상태



[그림 3-5] 해양생물 유전체 분야 특허 분석(AUREKA)

- 외국 특허 건수는 2000년대 중반을 넘어 서면서 급격한 증가세를 보이는 반면 국내에서는 별 다른 변화를 보이고 있지 않음(특허공개는 통상 18개월이 소요되어 최근 2~3년 감소추세 보일 수 있음).



[그림 3-6] 연도별 국내·외 해양생물 유전체 분야 특허 건수

3.3.3 우수연구그룹 동향 분석

□ JCVI(J. Craig Venter Institute, 미국)

- 오믹스 연구를 기반으로 합성 생물학(Synthetic biology)¹⁷⁾을 이용하여 Biological product와 재생에너지 생산을 위한 모델생물 개발연구를 수행
- 화학적 인공합성을 통하여 1.08 Mb(mega base) 사이즈의 미코플라스마 마이코이데스(Mycoplasma mycoides) 유전체를 합성하는데 성공하였으며, 합성된 유전체는 세포내에서 완벽하게 작동됨을 확인
- 산소에 내성을 가지는 수소화 효소를 도입한 재조합된 시아노박테리아(Cyanobacteria) 시스템을 통하여 물로부터 바이오수소를 생산하는 연구를 진행

□ BGI(Beijing Genomics Institute, 중국)

- 자체적 유전정보 분석 알고리즘을 개발(Short Oligonucleotide Analysis Package De novo 등)
- De novo sequencing이라 불리는 방식의 차세대 유전체 염기서열 해독 방법만을 이용하여 자이언트 팬더의 유전체를 해독
- 인간과 포유류, 식물, 미생물 등 다양한 생물의 유전체 지도를 완성하여 연간 Nature급의 논문을 발표
- 자체적인 프로젝트로 대단위 생물종의 유전체 프로젝트인 1000 Plant and Animal genomes project를 진행
- 기타 질병관련 유전체 프로젝트, 100 양후안밍 프로젝트(중국인 100명), 1000식물전사체 해독프로젝트, 10,000 미생물 유전체 프로젝트 등 다양한 대형 프로젝트 진행
- 차세대 유전자 서열분석 기술 기기를 이용한 유전체연구를 세계적으로 선도하면서 국제공동연구인 G10K(vertebrate 10,000 genome project) 등에 참여하여 2년간 100여 종이 넘는 생물종의 유전체 서열분석을 진행

17) 합성생물학 : 자연계에 존재하는 생명 구성 요소와 분자 조절 기구들을 다양한 방식으로 조합하여 인간 목적에 맞게 효율적인 시스템으로 변형시키거나, 새로운 생물학적 부품, 디바이스(device) 또는 시스템을 디자인하고 창출하는 연구 분야, 윤성호. 2010. 합성생물학에서의 미생물 유전자회로 및 대사회로 개발.

3.3.4 연구동향 분석 시사점

- ☐ 유전체 기반 오믹스 연구로의 확대를 통한 전주기적 연구 방법론을 통하여 생명현상을 이해하려는 경향이 두드러짐.
 - 해양 유전체 정보를 기반으로 해양모델생물의 개발 및 활용 연구로의 확대를 위한 해양생물 유전체 해독 연구가 시급
- ☐ 글로벌 네트워크 구축 및 국제공동연구 필요
 - 유전체 분야 전 세계 최고의 연구기관과의 네트워크 구축을 통한 정보교류를 통하여 선진국 수준의 유전체 연구역량 강화
 - 해양 유전체 국제공동연구를 위한 과제 발굴 및 국제 대형 유전체 컨소시움에 참여함으로써, 해양 유전체 분야를 선도

4. 연구개발 계획

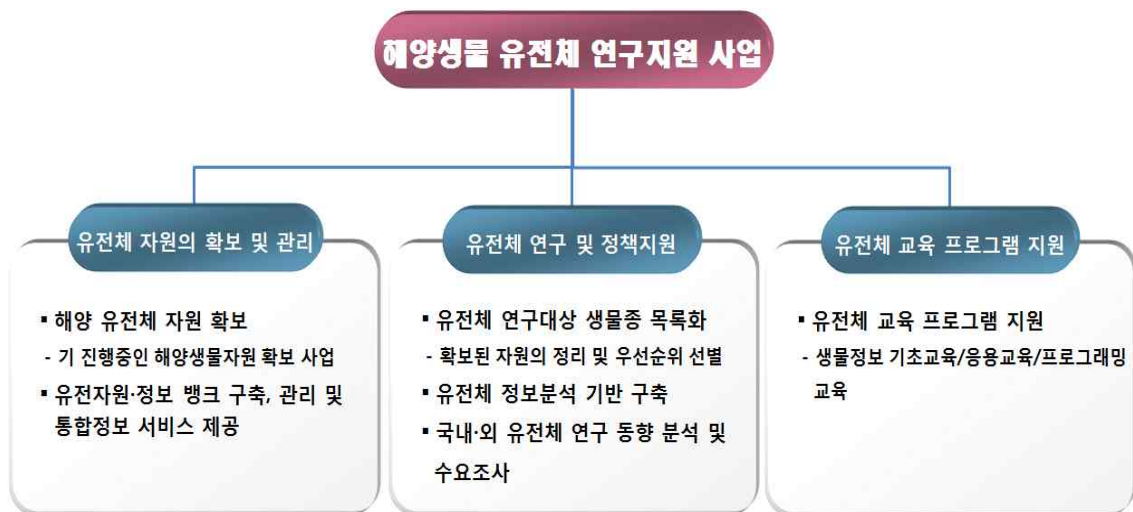
4.1 해양생물 유전체 연구지원 사업

4.1.1 정의 및 연구범위

□ 정의

- 국내·외 해양생물 유전체자원을 확보·보존하고 통합관리하며, 해양생물 유전체 연구 및 정책개발을 지원

□ 연구 범위



[그림 4-1] 해양생물 유전체 연구사업의 연구범위

○ 해양생물 유전자원의 확보, 보존 및 관리

- 해양생물 유전자원의 확보
 - 국내·외 해양생물(동물·식물 및 미생물)을 대상으로 유전자원의 확보
 - 기 해양생명공학사업으로 추진되는 해양생물 기탁등록보존기관사업과 연계하여 자원 확보 비용 최소화
- 해양생물 유전자원¹⁸⁾/유전정보¹⁹⁾ بانک 구축 및 관리
 - 확보된 국내외 해양 유전자원의 실물 및 해양생물 유전체 100프로젝트 및 대양생명 프로젝트 등 본 사업 결과 생산된 해양 유전자원 정보

18) 인류에게 유용한 자원으로써의 유전물질(Genomic DNA, 유전자 등)을 일컫음.

19) 생물의 생명 유지 및 자기복제를 위하여 필요한 모든 정보(DNA 서열)를 의미함.

뱅크 구축·관리 및 분양·통합정보 서비스 제공

- 연구결과 생성된 유전정보의 DB화를 통한 해양생물 유전체정보 뱅크 구축, 관리 및 통합정보 서비스 제공

○ 해양생물 유전체 연구지원 및 정책지원

<해양생물 유전체 100프로젝트 지원>

- 유전자 복잡도 조사(genome survey) 결과를 바탕으로 생물종의 유전체 특성(유전체 사이즈, 유전체 복잡도 등)에 따른 염기서열 해독 전략 수립
- 목록화 된 생물종에서 경제적 가치, 자원적 가치에 따라 300여종을 선별하고 20배수의 유전체 해독작업을 통한 유전체 사이즈 파악 및 GC 분포율, 이형접합성(동형접합성), 반복염기서열 등 유전체 해독에 영향을 미치는 특성을 파악하여 등급화(1~5등급으로 구분)
- 300종 대상 유전자 복잡도 조사(genome survey)를 실시하고, 그 결과 전장유전체가 가능한 100종을 선별하여 ‘해양생물 유전체 100 프로젝트’의 대상 생물 선정(그 외 200종은 전사유전체 해독 수립)

<대양생명 프로젝트 지원>

- 전 세계 대양 중 메타유전체 분석이 우선적으로 필요한 지역을 문헌조사, 전문가 인터뷰 등을 통하여 우선 선정

<기타>

- 국내외 해양 유전자원 연구 및 기술, 산업, 특허 동향 연구 결과를 연구자 및 산업계에 제공하고, 해양생명자원 관련 정책의 근거로 활용

○ 유전체 정보 분석을 위한 기반 구축

<Web 기반 응용시스템>

- 대용량 차세대 유전체 데이터를 처리하기 위한 시스템 구축
- 비교 유전체 및 오믹스 분석 시스템 구축

<Web 기반 분석툴 개발>

- 선도 전사체(de novo Transcriptome), 선도 미생물 유전체(de novo Microbial Genome), 메타유전체(Metagenome Sequencing) 분석 툴 개발 등 차세대 해양생물 유전체 분석 파이프라인을 개발하여 본 사업 연구자 및 일반 연구자 제공

○ 유전체 교육 프로그램 지원

- 생물정보 기초교육(1주), 응용교육(1주), 프로그래밍(1주)로 단계별로 교육 내용 및 분석툴을 달리하여 실무 위주의 교육을 실시하여, 연구자들이 효율적으로 연구를 수행할 수 있도록 지원

4.1.2 목표 및 개요

□ 목표

- 유전체 연구를 위한 국·내외 해양 유전체자원 300종 확보 및 정보의 목록화
- 해양생물 유전체 자원/유전정보 بانک 구축 및 운영
- 유전체 정보 분석을 위한 프로그램과 분석툴 개발
- 해양생물 유전체 연구지원 및 정책지원

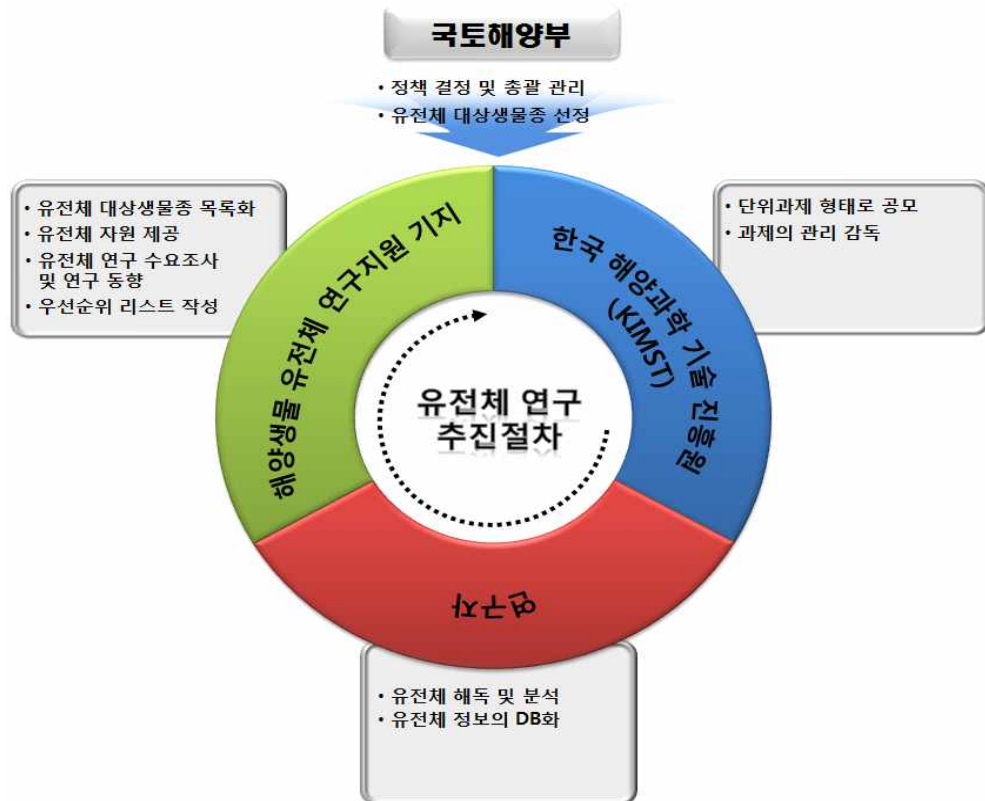
□ 개요

- 유전체 연구를 위한 국·내외 해양 유전체자원 300종 확보 및 목록화
 - 기 해양생명공학사업으로 추진되고 있는 연구 사업으로부터 생체자원(실물자원) 또는 유전체 자원을 확보 및 목록화
- 해양생물 유전자원/유전정보 بانک 구축 및 운영
 - 확보된 국내·외 해양 유전체 자원뱅크 구축, 관리 및 분양서비스 제공
 - 원핵생물
 - 단세포 진핵생물
 - 동·식물
 - 연구결과 양산된 해양 유전체 정보뱅크 구축, 관리 및 통합정보 서비스 제공
 - 원핵생물
 - 단세포 진핵생물
 - 동·식물
- 유전체 정보 분석을 위한 기반 구축
 - Web 기반 응용시스템
 - 대용량 차세대 유전체 데이터를 처리하기 위한 시스템 구축
 - 비교 유전체 및 오믹스 분석 시스템 구축
 - Web 기반 분석툴 개발: 차세대 유전체 분석 파이프라인 개발
 - 선도 전사체(de novo Transcriptome) 분석 툴 개발
 - 선도 미생물 유전체(de novo Microbial Genome) 분석 툴 개발

- 메타유전체(Metagenome Sequencing) 분석 툴 개발
- 해양생물 유전체 연구지원 및 정책지원
 - 해양생물 유전체 연구 사업을 위한 해양 유전체 연구 대상 생물종의 목록화
 - 국내·외 해양생물(동물·식물, 미생물)을 대상으로 보호대상종, 희귀종, 유용한 생물 등 300종의 유전체 연구 대상종(Candidate species)의 선별
 - 해양생물 유전체 연구를 위한 정책지원
 - 국내·외 유전체 연구·기술·산업 동향 연구를 통한 정책 결정자(국토해양부), 연구자에게 제공
 - 유전체 복잡도 조사 결과 목록화 된 300종의 유전체 연구 대상 종으로부터 매년도 우선순위 선정을 위한 근거 마련
- 유전체 교육 프로그램 지원
 - 생물정보 기초 교육(1주), 응용 교육(1주), 프로그래밍(1주)로 단계별로 교육내용 및 분석 툴을 달리하여 교육
 - 각 교육별 전문가(생명정보학)를 통한 실무 위주의 교육 지원
 - 생물정보 기초 교육은 Biological Databases(NCBI, EBI, UniProt 등), BLAST, Primer Design, Molecular Cloning, Sequence Assembly 및 Alignment, Phylogenetic Tree 내용을 포함
 - 생물정보 응용 교육은 Genome Sequencing, Genomic Variation, lGene Expressin and Transcriptome, Genome Annotation 내용을 포함
 - 프로그래밍 교육은 Python, BioPython 내용을 포함

4.1.3 추진 전략 및 체계

□ 추진전략



[그림 4-2] 유전체 연구 추진절차

□ 해양 유전체자원의 확보

- 유전체 연구를 위한 국내·외 해양 유전체자원의 확보
 - 국내 해양생물종의 유전체자원 확보
 - 기 해양생명공학사업으로 추진되는 기탁등록보존기관으로부터 실물자원 또는 유전체자원을 확보
 - 국외 해양생물종의 유전체자원 확보
 - 기 해양생명공학사업으로 추진되는 사업으로부터 실물자원 또는 유전체자원을 확보
 - 기 연구사업(기탁등록보존기관 등)에 포함되지 않은 해양생물종의 경우, 진행 중인 각 연구 사업에 의뢰를 통하여 확보
 - 본 연구에서 진행 할 대양생명 프로젝트(Ocean Life Project) 연구 사업으

로부터 생태계 메타유전체 자원의 확보

- 해양생물 유전체 자원/유전 정보뱅크 구축 및 통합 정보 서비스 제공
 - 기 확보된 유전체 자원을 정리하여 식물자원(유전체자원) 및 그 정보를 일반 연구자에게 제공
 - 해양 유전체 100 프로젝트(Marine genome 100 project) 및 대양생명 프로젝트(Ocean life project)사업의 결과로 생산되는 DB를 시스템화하여 일반 연구자에게 제공

□ 해양 유전체 연구/정책 지원

- 해양 유전체 연구 지원
 - 국내·외 해양생물(동물·식물, 미생물) 300종을 선별하고 이에 대한 유전체 복잡도 조사(genome survey)²⁰⁾
- 유전체 복잡도 조사(Geome Survey) 수행 절차
 - 선별 된 100종의 생물을 대상으로 20배수의 유전체 해독작업을 통한 유전체 사이즈 파악 및 GC분포율, 이형접합성(동형 접합성), 반복염기서열 등 유전체 해독에 영향을 미치는 특성을 파악하여 등급화(1~5등급으로 구분)

<표 4-1> 유전체 복잡도 조사결과 분류체계 예시

등급	유전체사이즈	GC컨텐츠	이형접합성 (Hetero-zygosity)	반복염기서열
1	500Mb	35% < GC content < 65%	<0.5%	<50%
2	500 ~ 1,000Mb	35% < GC content < 65%	<0.5%	<50%
3	1,000Mb 이상	35% < GC content < 65%	<0.5%	<50%
4	1,000Mb 이상	GC content < 35%, GC content > 65%	>0.5%	>50%
5	3,000Mb 이상	GC content < 35%, GC content > 65%	>0.5%	>50%

- 글로벌 네트워크 구축 및 국제 공동연구 지원
 - 국내와 해외 연구기관 및 국제적 컨소시엄의 해양생물 유전정보 교류를 통한 유전체 연구결과의 제공 및 수집으로 해양연구기반 인프라의 확장
- web 기반 유전체 분석 툴 개발

20) 20x 유전체 해독을 통한 유전체사이즈, GC분포율, 반복염기서열 등의 분석을 의미함.

- 유전체 분석 알고리즘 개발을 통하여 일반 연구자에게 제공
- 해양 유전체 정책 지원
 - 매년도 유전체 연구 대상종 선정(국토해양부)을 위한 후보종(candidate species)을 목록화하여 제공
 - 정책 자료로 활용하기 위한 국내·외 유전체 연구동향 분석 및 수요조사
- 유전체 교육 프로그램 지원
 - 생물정보 전문 기업에 위탁을 통하여 실무형 교육 프로그램 구성
 - 생물정보 기초 교육
 - Biological Databases(NCBI, EBI, UniProt 등), BLAST, Primer Design, Molecular Cloning, Sequence Assembly 및 Alignment, Phylogenetic Tree 포함
 - 생물정보 응용 교육
 - Genome Sequencing, Genomic Variation, lGene Expressin and Transcriptome, Genome Annotation 포함
 - 프로그래밍 교육
 - Python, BioPython
- 추진체계



[그림 4-3] 해양생물 유전체 연구지원사업 추진체계

4.1.4 활용방안

- 해양생물의 유전자원/유전정보 등 통합정보서비스를 제공하여 차세대 유전체 연구를 활성화시킴으로써 유전체 기반 해양생물의 지속적 활용연구를 가능하게 할 수 있음.
- 유전체 연구지원 및 정책지원을 통하여 효율적 유전체 연구 수행과 국가적 해양생물 유전체 연구에 대한 정책 결정을 위한 자료를 제공할 수 있음

4.2 해양 유전체 100 프로젝트(Marine Genome 100 Project) 사업

4.2.1 정의 및 연구범위

☐ 정의

- 국내·외 고유 해양생물종, 보호대상 해양생물종, 유용성이 확인된 해양생물종을 대상으로 100종(미생물, 동·식물 포함)을 선정하여 유전체 해독, 분석
 - 해양생물 중 동·식물 중심의 고등생물을 중점적으로 해독
 - 국내 해양유전체 해독 건수는 동물/식물/미생물별 각 수건에 불과하여 불가피하게도 유전체분석 대상의 우선순위는 동 사업을 통해 확보한 국내·외 해양자원들 중에서 유전체 복잡도 조사를 총체적으로 수행한 후, 정책적, 경제적 필요성 및 시급성에 따라 도출

☐ 연구범위

- 선정된 100종의 해양생물종을 대상으로 유전체 해독 및 분석
- 선정된 특이 해양생물종의 마커 유전자 및 유용 유전자의 발굴
- 선정된 해양생물종 유전체 정보의 DB화
- web 기반 유전체 분석 프로그램 개발

4.2.2 목표 및 개요

☐ 해양생물 100종 이상의 국내·외 해양생물종의 유전체 지도 완성

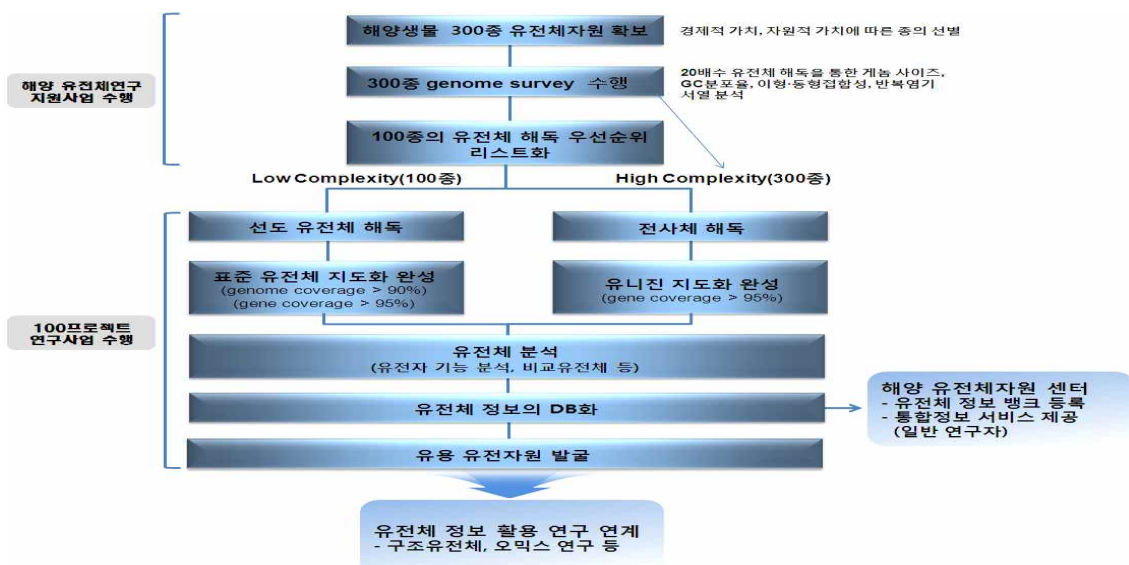
- 국내·외 연안의 생물종을 대상으로 경제적 활용성, 자원가치를 평가하여 우선적으로 100여종의 유전체 지도를 완성
- 생물종의 유전체의 특성(유전체 복잡도 등)에 따른 종별 염기서열 해독 전략 수립
 - 유전체 복잡도 조사(Geome Survey) 결과를 바탕으로 생물종의 유전체의 특성(유전체 사이즈, 유전체 복잡도 등)에 따른 염기서열 해독 전략 분류
 - 1~5 등급으로 선별한 생물종에 대한 각 유전체 특징별 염기서열 해독 전략을 대입함으로써 예상 비용 및, 전략에 대한 세부적 프로세스 수립

- 해양생물자원의 활용 효과를 극대화 할 해양생물 유전체 정보 기반을 마련
 - 연구지원 사업에서 구축한 자원뱅크에 해양유전체 100프로젝트 결과 생산된 정보를 DB화
- 유용한 기능 유전자 마커 정보를 대량으로 보급해 다양한 기관에서 해양생물종의 자원 활용도 상승
- 유전체 기반의 대량의 마커 유전자 발굴로써 기능성 소재의 발굴 및 기타 활용가능성의 재고
- 해양생물종의 유전체 해독기반의 확보 및 정보 제공 시스템을 구축
- 우리나라가 해양생물 유전체 연구를 선도하며, 중심이 되는 국가로 자리매김 하기 위함

4.2.3 추진 전략 및 체계

□ 추진 전략 및 추진체계

- 해양생물의 유전체 사이즈는 개체마다 매우 다양하고, 유전체 복잡도 또한 다양
- 현 기술 수준과 경제적인 상황, 산업적 이용 등을 고려하여 유전체 해독을 위한 최적의 생물 종을 선별하는 전략이 필요



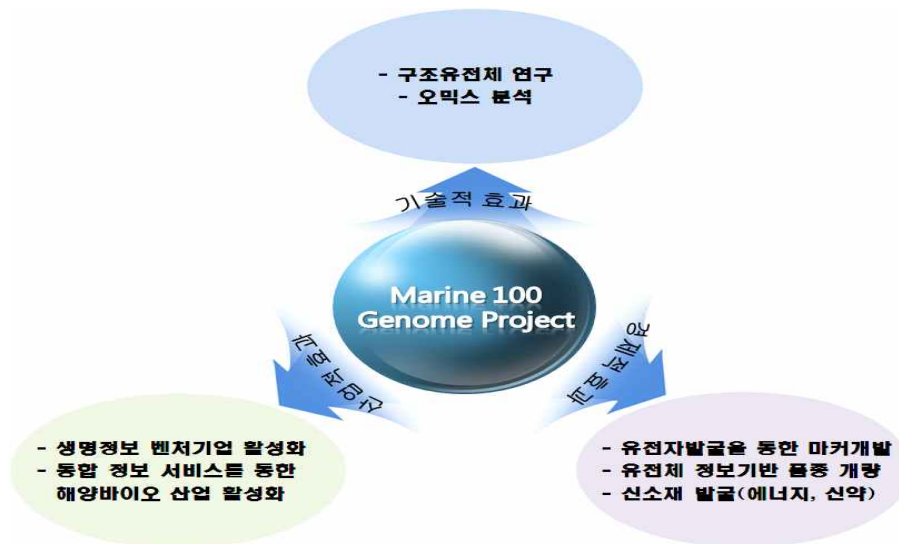
[그림 4-4] 해양생물 유전체 연구 전략 방법 및 추진체계

□ 공모를 통한 유전체 해독 연구 수행

- 연구과제 수행자는 해독 대상 생물종에 적합한 유전체 해독 방법을 선정
 - 차세대 유전자 서열분석 기술(next generation sequencing) 또는 Sanger method
- 연구과제 수행자는 앞선 유전체 복잡도에 따라 선도 유전체 해독(de novo sequencing)²¹⁾ 또는 전사 유전체 해독(RNA-Sequencing)을 수행
 - 유전체 복잡도가 낮은 생물종은 전장 유전체 해독(de novo sequencing)을 수행하며, 복잡도가 높아 선도 유전체 해독이 어려운 종의 경우 전사 유전체 해독(RNA-Sequencing)을 진행
- 선도 유전체 해독(de novo Sequencing)을 수행한 동물/식물/미생물에 대한 표준 유전체 지도 완성
- 전사체 해독(RNA-Sequencing)을 수행한 동물/식물/미생물 해독 결과를 바탕으로 유니진(Unigene) 지도 완성
- 유전체 분석(유전자 annotation, 비교유전체 등)을 수행을 통한 유전정보의 DB화
 - 해양 유전체자원 센터는 연구결과 양산된 유전정보의 DB 구축 및 유전체 정보를 일반 연구자가 쉽게 접할 수 있는 인터페이스를 구축하고 유전체 정보의 집적을 통한 대규모 해양 유전체 연구의 허브로써 자리매김 할 수 있는 시스템 구축
- 유전정보로부터 유용 유전자원의 발굴
 - 바이오에너지 소재, 바이오신약 물질, 기타 기능성 신소재 등 다양한 해양 생물 유래 신소재 등
 - 도출된 연구결과는 그 유용성의 가치에 따라 유전체 정보 활용 연구로써, 구조유전체, 오믹스 연구 등으로 연계하여 진행
- 전 과정의 시스템화를 통한 효율적 유전체 연구 진행
 - 유전체 연구 대상종 선별, 유전체 복잡도 조사, 유전체 해독과 결과 도출까지의 전 과정을 시스템화 함으로써 효율적 유전체 해독 진행
 - 유전체 해독 전 과정(샘플링, 유전체 해독, 해독결과의 수집)의 시스템의 관리를 위한 web 기반의 진행상황 관리 프로세스의 구축

21) 선도 유전체 해독이란 참조 서열이 없는 어떤 종의 전장 유전체 염기서열을 새롭게 알아내는 것.

4.2.4 활용방안



[그림 4-5] 유전체 정보 활용방안

○ 기술적 효과

- 유전체 기반 연구로부터 자연스럽게 구조유전체, 발현체, 단백질체, 대사체 등의 전주기적 연구를 통한 시스템 생물학의 발전이 기대
- 특히, 대양, 심해저, 열수구 및 냉용수 생태계 등에서 극한생물체와 특이한 생명현상들은 바이오산업의 원천소재 및 기초원천기술로 활용될 가능성이 큼
- * 극한지역에 서식하는 해양미생물 *Thermococcus onnueineus* NA1의 유전체 분석을 통해 수소생산 관련 효소의 발굴 및 특성을 규명하고, 이러한 유전체 분석 정보는 해양바이오수소기술개발에 활용하고 있음.

○ 경제적 효과

- 유전체 분석을 통한 대량의 마커 유전자 개발이 가능
- 유전체 정보를 기반으로 대상 생물종의 품종 개량이 가능
- 바이오에너지 소재, 바이오신약 물질, 기타 기능성 신소재 등 다양한 해양 생물 유래 신소재 개발이 가능

○ 산업적 효과

- 대량 유전체 해독 및 분석을 통한 생명정보 벤처기업의 활성화 유도
- 통합 정보 서비스를 통한 해양바이오 산업 활성화에 기여

4.3 대양 생명 프로젝트(Ocean Life Project) 사업

4.3.1 정의 및 연구범위

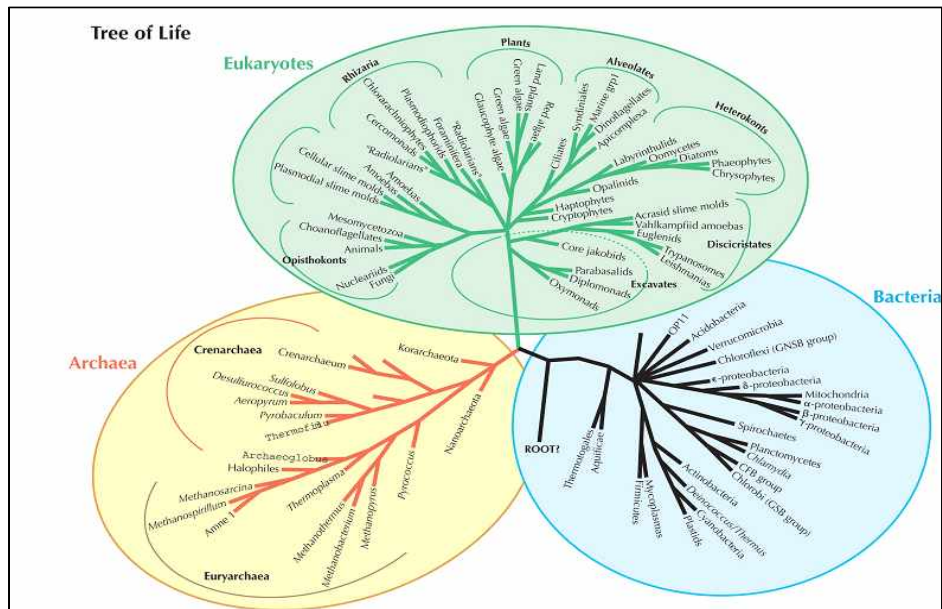
□ 정의

- 대양 및 Bio-hotspot²²⁾ 등 전 지구적 생태계를 대상으로 해양생물 탐사 및 해양 생태계에 대한 메타유전체(metagenome) 분석

□ 연구 범위

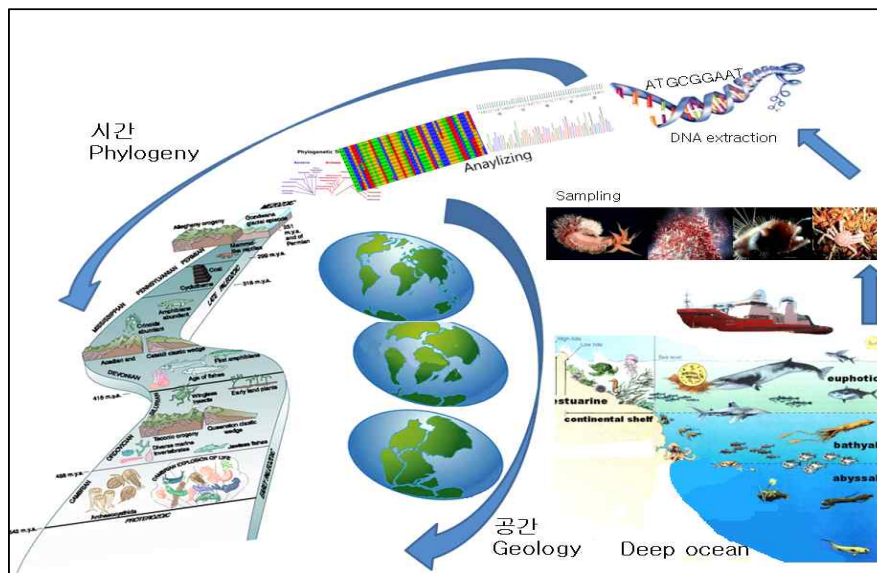
- 대양 생태계 및 Bio-hotspot 생태계 등에 서식하는 해양생물 탐사 및 확보
 - 전 지구적 대양 생태계 및 Bio-hotspot 생태계 생물 탐사와 채취 기술을 활용한 해양생물 시료확보, 동정 및 장기보존
- 대양 생태계 시료 및 Bio-hotspot 생태계 시료의 메타유전체 분석
 - 전 지구적 대양 생태계 및 Bio-hotspot 생태계의 메타유전체 및 메타전사체(Metatranscriptome) 분석을 통한 신 해양생명자원의 생태적 기능 및 특이 생명기능 발굴
 - 배양된 개체 생물에서 고효율, 저비용 유전체 확보기술 개발
 - 배양된 생물의 유전체 대용량 확보
 - 유전체 고성능 분석을 통한 신 생태기능, 신 생명기능 탐지 유전자 발굴
 - Single cell genomics를 통한 난배양성 미생물 연구
 - 난배양성 미생물 유전체 연구를 통한 신규 유전자원 발굴

22) Bio-hotspot : 열수/냉용수 생태계, 심해저 등 다른 지역에 비해 특별히 생물다양성이 높은 지역을 말함.



[그림 4-6] 세 도메인으로 구성된 지구 생명체의 생명나무

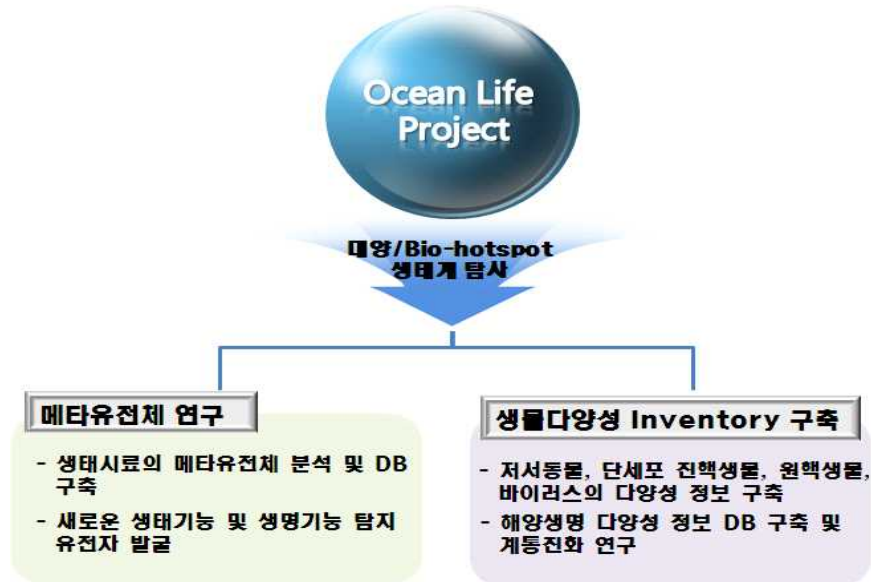
http://www.evolution-textbook.org/content/free/figures/00END_EVOW_Art/02_EVOW_END_.



[그림 4-7] 대양 해양생물의 유전자 정보 활용 계통지리와 계통진화 연구의 시·공간 개념도

원용진. 2009. 생명기원 및 계통진화 연구.

4.3.2 목표 및 개요



[그림 4-8] 대양생명 프로젝트의 목표

□ 메타 유전체 연구

- 대양 및 Bio-hotspot 환경 메타유전체 확보
 - 메타유전체 분석을 통한 유전정보의 DB화
 - 확보한 metagenome의 정보 및 유전자 library 관리
- 메타 유전체 연구를 통한 새로운 생태기능 및 생명기능 탐지 유전자 발굴
 - 유용유전자 발굴
- Single cell genomics를 통한 난배양성 미생물 연구
 - 난배양성 미생물 유전체 해독 및 분석

□ 생물 다양성 inventory 구축

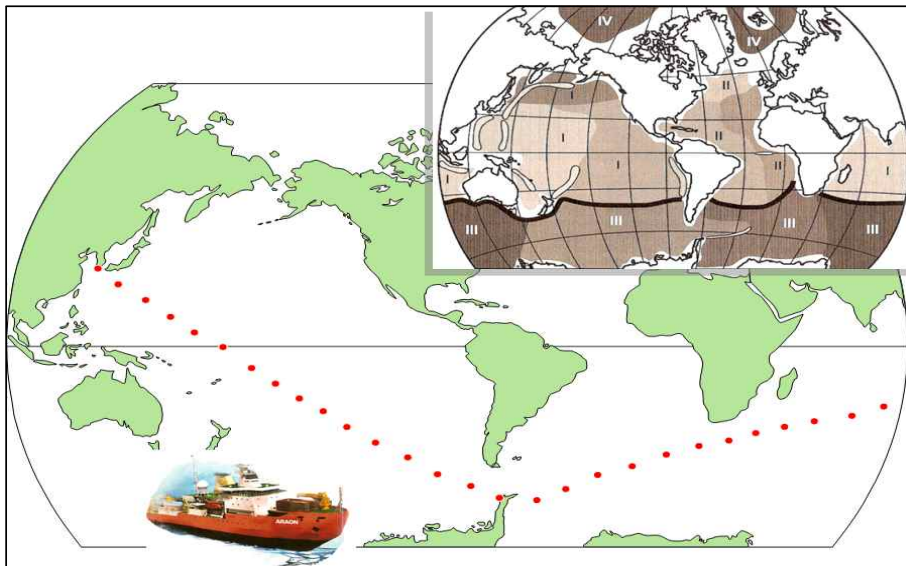
- 대양 및 Bio-hotspot 생물 다양성 inventory 구축
 - Pyrosequencing 등 대용량 염기서열 분석 장치를 이용한 해수, 퇴적층, 생물체 공생미생물의 다양성 정보 구축

- 저인망, 그랩 샘플러 등을 이용해 채취된 저서동물의 형태학적, 유전학적 다양성 정보 구축
- 미세조류 등의 단세포 진핵생물을 포함한 플랑크톤 다양성 정보 구축
- 핵심 생태기능 보유 신규 원핵 미생물 및 바이러스의 대량 배양
 - 각 해양환경에 특이적인 배양 시스템 구축
 - 표층, 중층, 저층의 환경특징에 따른 특이적 배양시스템 개발
 - 광이용, 식물플랑크톤 유래 유기물 분해, 대기와의 상호작용, 빈영양 독립영양성, 미세호기성, 혐기성, 영양염 재순환, 다양한 화학합성 및 공생체의 특징을 고려한 대량배양기법 개발
 - 신규 원핵생물 감염 바이러스의 배양
 - 배양된 주요 신미생물 생명체에 감염하는 바이러스의 배양법 확립
 - 콜로니 무형성 미생물 및 콜로니 형성 미생물에 특이적 감염 바이러스 배양
 - 신생태기능 신규 원핵미생물 및 바이러스의 분자계통학적 분석
 - 미생물 바코드 (16S rRNA)를 이용한 계통학적 분석 및 다상분류
 - 신규 미생물의 등록 및 공인
- 회귀 진핵미생물 (균류, 미세조류, 원생동물)의 대량 배양
 - 해양환경 및 분류군에 따른 특이적인 배양 시스템 개발
 - 표층, 중층, 저층에 특징에 맞는 특이적 배양시스템 구축
 - 효모, 곰팡이, 미세조류, 원생동물 배양 시스템 구축
 - 핵산 바코드 개발, 계통학적 분석, 다상분류
- 해양생명 다양성 정보 DB 구축 및 계통진화 연구
 - 분류군별 분자마커 점검 및 개발
 - 독립된 유전자 3개 좌위 (18S rRNA, 28S rRNA, 미토콘드리아 COI 유전자; 미생물은 16S rRNA 유전자) DNA의 염기서열정보 축적 및 계통수 작성
 - 유전자 정보 분석 위해 증폭한 3개 좌위 선정 및 PCR(Polymerase Chain Reaction) primer의 디자인
 - 생태계별 분류군별 다양성 염기서열정보 분석 및 DB 구축
 - 유연관계 분석을 통해 진화적 기원 규명 및 다양한 가설 검증
 - 계통진화 및 계통지리정보 구축을 통한 생물-해양 상호작용 해석

4.3.3 추진 전략 및 체계

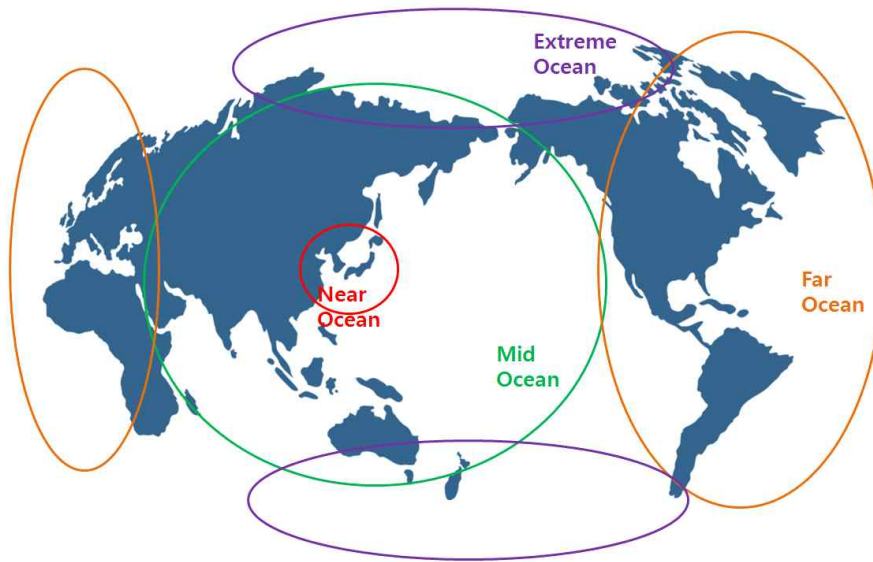
□ 연구개발의 추진전략 및 추진방법

- 계통 지리적 가설을 토대로, 국내 연해를 중심으로 한 1)Near Ocean 지역, 환태평양 및 인도양을 포함한 2)Mid Ocean 지역과 대서양 지역의 3)Far Ocean 지역과 열수 및 deep sea의 4)Extreme Ocean 지역으로 구분하고 각 지역에 특성에 맞는 연구 추진체계 수립



[그림 4-9] 계통 지리적 근거를 토대로 한 심해저 동물상 지리 구획

Van Dover, C.L. 2000. Major zoogeographic divisions of the deep sea in The ecology of deep-sea hydrothermal vents. Princeton University Press, Princeton. 지도의 빨간 점은 가상의 조사지점. 각 지점에서 표층수, 중층수, 퇴적토의 해양생물들을 채집하여 입체적인 해양생물들의 분포 패턴 파악이 가능하리라 예상. 오른쪽 지도의 구역 I: 인도-태평양권; II: 대서양권; III: 남극권; IV: 북극권; 같은 권역 내에서도 색상의 진하기 차이는 동물상이 구별되는 영역표현



[그림 4-10] 지역권 구분

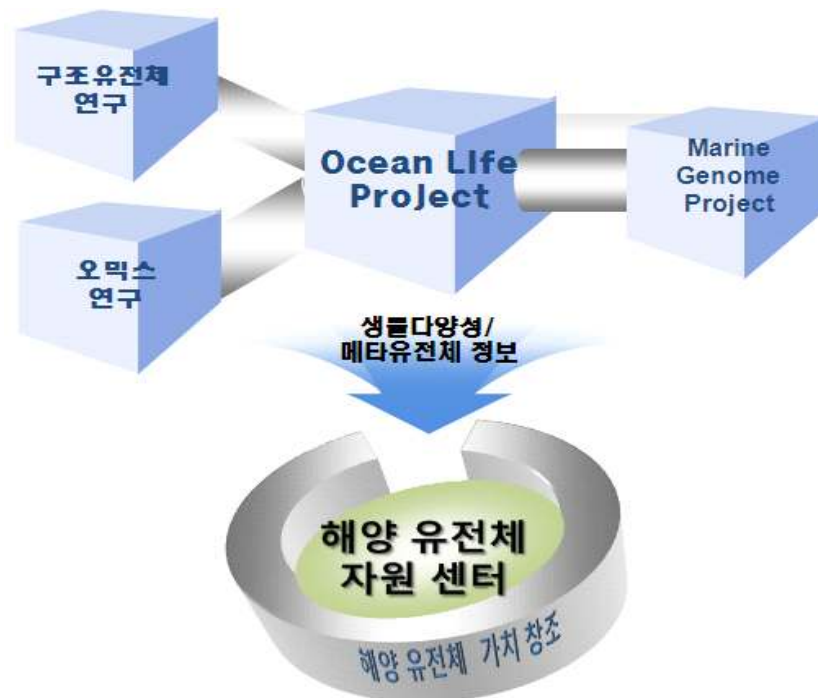
- 4개의 지역으로 나누어 체계적이고 각 지역의 특성에 맞는 중점 연구 분야 선정 및 탐색
- 생물탐사프로그램 및 인력 국내외 네트워크 구축
 - 해양생물의 정확한 동정과 분류는 모든 연구의 가장 기초를 차지하며 학문적 중요성이 매우 높음. 그러므로 국내 분류학자들의 연구 인력을 최대한 활용하여 새롭게 발견되는 신생명체에 대한 전문가적인 동정과 분류 연구를 기원과 진화 분석에 앞서서 선행하거나 또는 병행하며, 어느 특정 분류군 전문가가 국내에 없을 경우에는 해외 전문가들과의 공동연구 진행
- 메타 유전체 연구
 - 메타유전체를 위한 환경시료는 대양 Bio-hotspot, methane 함유 sediment, 심해열수구 등 경제적, 환경적 가치를 고려 결정
 - 생물다양성 inventory 구축사업과 연계하여 대규모, 고효율, 신규성, 생태적 합성을 핵심으로 신기능 생명체의 대량배양 추진
 - 미래 해양 환경의 모사를 통한 메타유전체의 변화 분석
 - 예측된 미래 환경을 모사한 메소코즘(mesocosm)²³⁾ 실험을 통해 유전체의 발현을 조사함으로써 생태계 기능 및 구조의 변화를 평가
- 생물 다양성 inventory 구축

23) 메소코즘 : 인공적으로 닫혀있는 생태계를 의미함.

- 해양 유전체자원 센터와 연계하여 채집되는 생물종의 다양성에 대한 유전 정보 بانک 구축
- 핵심 분류군별 유전자 염기서열정보 축적 및 계통수 작성
 - 생물시료 확보, 동정, 분류군별 분자마커 점검
 - 해양생물정보 통합 시스템에 연계
- 독립된 유전자 3개 좌위(18S rRNA, 28S rRNA, 미토콘드리아 COI 유전자; 미생물은 16S rRNA 유전자) DNA에 대한 염기서열정보 축적 및 계통수 작성
 - 유전자 정보 분석 위해 증폭한 3개 좌위 선정 및 PCR primer 합성
 - 염기서열정보 데이터베이스 구축과 표준화
- 생물종 간의 유전적 유연관계 및 개체군 구조분석
- 각 분류군별(미생물, 조류, 자포동물, 연체동물, 환형동물, 절지동물, 어류) 염기서열정보를 이용하여 계통수 작성
- 유연관계 분석을 통해 진화적 기원 규명 및 다양한 가설 검증(예, 심해저 생물들의 기원을 해저 깊이에 따른 순서나 화학적 환경 조성에 따른 순서, 대륙의 갈라짐과 새로운 대양의 생성이 미치는 영향 등에 관련하여 상호 관계를 파악함)
 - 해저 지형에 따른 생물종의 지리적 분포 현황 파악 및 유전자흐름 분석
 - 대양의 지구물리·화학적 환경이 생물의 분포와 유전적 차이에 미치는 영향분석을 통해 해양생물 진화역사에 관련되어 제기되는 가설 규명

□ 연구개발 추진체계

- 과제 초기 향해 계획수립 단계에서부터 탐사와 시료채취에 대한 최대의 효과를 얻을 수 있는 전략을 도출
- 해양 생물다양성에 따른 분류전문가와의 협력체계를 구축하여 대양 조사에서 확보한 시료의 동정과 계통정보 확보
- 해외에서 핫 이슈가 되고 있는 생물분류군들에 대한 문헌조사를 통해 Bio-hotspot 목표 지점과 목표 생물군 선정에 활용함
- Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) 자료 및 연관된 최근 연구를 조사함으로써 미래 해양 환경 시나리오를 구축하고 이를 모사하는 실험 조건을 수립하여 조사함



[그림 4-11] 연구개발 추진체계

○ 메타 유전체 연구

- 해양 유전체자원 센터와 유기적 협조 체제 구축
 - 해양 유전체자원 센터와 연계하여 메타 유전체 정보에 대한 유전정보 뱅크 구축
- 메타 유전체 연구결과 발굴된 유용 유전자원의 구조유전체 연구로의 연계 방안

○ 생물 다양성 inventory 구축

- 해양 유전체자원 센터와 유기적 협조 체제 구축
 - 해양 유전체자원 센터와 연계하여 채집되는 생물종의 다양성에 대한 유전정보 뱅크 구축
- 확보한 생물종의 해양 유전체 100 프로젝트(Marine Genome 100 Project)로의 연계

4.3.4 활용방안

- 대양 및 Bio-hotspot 생태계로부터 해양생물자원의 확보과정과 확보한 다양한 해양생물자원에 대해 모든 연구자가 쉽게 접근이 가능하게 함으로써, 해양바이오 연구의 활성화에 기여
- 대양 및 Bio-hotspot 생태시료로부터의 메타유전체 연구를 통한 유전정보는 구조유전체/오믹스 연구와 연계하여 해양생물 유래 유용 생물소재 개발에 직접적으로 활용이 가능하게 함으로써, 해양바이오산업의 활성화에 기여
- 메타유전체 분석을 통해 Bio-hotspot 생태계 등에 서식하는 해양생명체의 진화유전학적 상관관계, 진화경로 및 유전자흐름을 이해함으로써 지구 온난화 및 해양 산성화와 같은 미래 해양 환경의 변화에 따른 생태계 기능의 변화를 예측가능

4.4 국제 협력사업(부처 공동)

4.4.1 정의 및 연구범위

☐ 정의

- 국제협력을 통한 선진국 수준의 유전체 연구역량 강화

☐ 연구 범위

- 글로벌 네트워크 구축 및 국제 공동연구 추진
 - 해양 생명 유전체 사업을 수행하고 있는 국외기관과 네트워크 구축하여 해양 유전체 연구를 선도하고 국제 공동연구 프로그램을 개발

4.4.2 목표 및 개요

☐ 교과부가 주관하고, 복지부, 농식품부, 국토부가 참여하여 글로벌 유전체 연구를 선도하는 대형 국제 컨소시엄 참여를 지원

- 국제적 경쟁력을 갖춘 유전체 정보를 기 확보하였거나 확보 가능한 연구자(또는 연구자 그룹 또는 연구기관)를 우선 지원
- 글로벌 컨소시엄에 참여경험 및 리더십 역량이 있는 연구자(또는 연구자그룹 또는 연구기관)를 우선 지원
- 1-2개 대형 프로젝트 참여 지원을 중심으로 하되, 개별연구자의 국제 공동 연구 참여 지원도 가능

☐ 유전체 분야 우수 연구기관과의 협력

- 협력 대상 기관
 - Department of Energy-Joint Genome Institute(DOE-JGI, 미국)
 - Beijing Genomics Institute(BGI, 중국)
 - University of Maryland(미국)
 - MaxPlank Insitute(독일)
 - Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology(JAMSTEC, 일본)
 - PML(Plymouth Marine Laboratory) Institute(영국)

□ 연구인력 인프라 구축

- 해양생물의 정확한 동정과 분류는 모든 연구의 가장 기초를 차지하며 학문적 중요성이 매우 높음
 - 국내 분류학자들의 연구 인력을 최대한 활용하여 새롭게 발견되는 신생명체에 대한 전문가적인 동정과 분류 연구를 기원과 진화 분석에 앞서서 선행하거나 또는 병행
 - 어느 특정 분류군 전문가가 국내에 없을 경우에는 해외 전문가들과의 공동연구 진행

5. 사업추진 계획

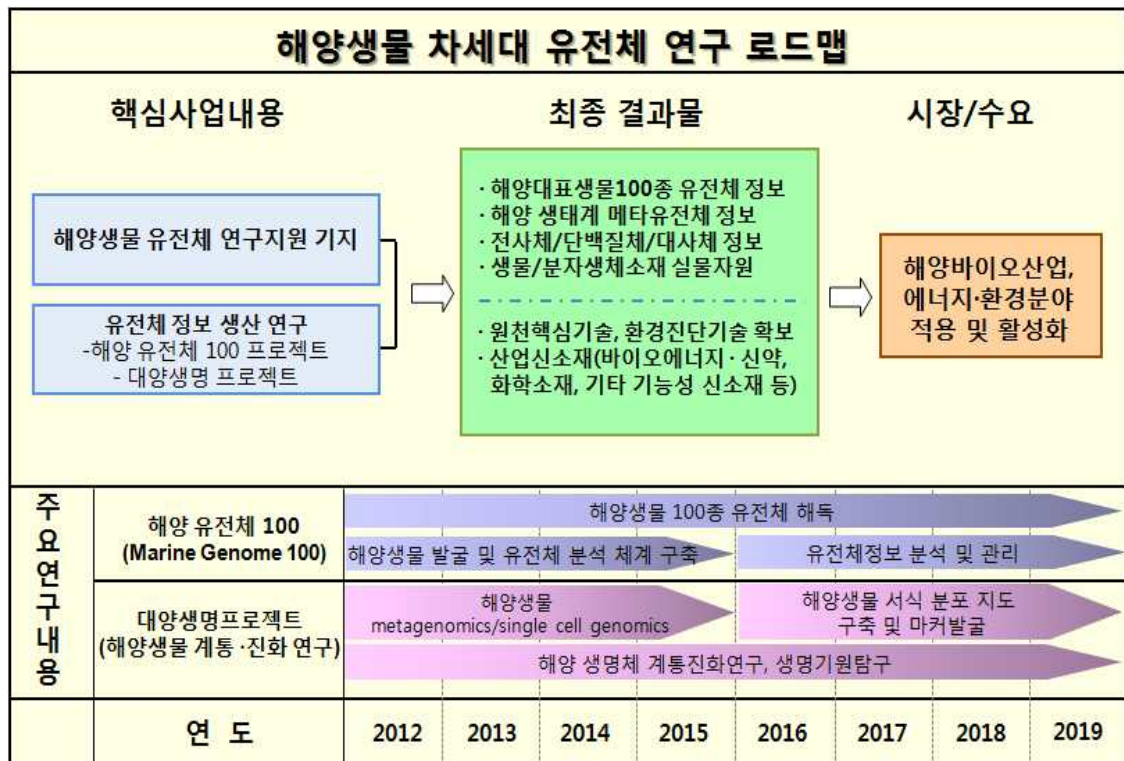
5.1 기본전략 방향 도출

5.1.1 SWOT 분석

<표 5-1> SWOT 분석

강점(Strength)		약점(Weakness)	
<ul style="list-style-type: none">- 우리나라는 삼면의 바다와 지역별 다양한 환경에 따른 풍부한 해양생물종 분포- 전 세계 1위 수준의 해양생물 다양성을 가져, 해양에서 발굴 할 수 있는 유전자원의 가능성이 무한함.- 국내 해양 생물종에서 매우 다양한 생물종이 발견되고 있으며, 자생종에서 발견되는 항암 물질 및 바이오 에너지로의 활용가능성이 제기됨.		<ul style="list-style-type: none">- 유전체 해독 및 분석 기반 부족으로 타 국가에 비해 유전체 해독 작업이 더디게 이루어짐.- 유전체 분석에 필요한 시스템의 부족으로 유전체 분석 과정의 문제점 가짐.- 국내 연안의 다양한 유전자원으로써 대량의 미기록종 및 기능성 산물 생산 가능성의 확보 부족	
기회요인(Opportunity)		위협요인(Threat)	
<ul style="list-style-type: none">- 해양생물종의 유전체 해독을 통하여 기능성 유전자의 대량발굴이 가능하다면, 이를 이용하여 더욱 산업적 가치가 큰 자원으로 개량 가능- 우리나라의 IT기반을 활용한 유전정보 분석에 대한 비전이 밝으며, 유전체 해독뿐만 아닌 분석을 통한 고부가가치의 유전정보의 발굴이 가능		<ul style="list-style-type: none">- 미국을 포함한 선진국에서 전 세계 해양생물종의 수집 작업을 통한 생물자원확보와 유전체 해독을 통한 지적 재산권 확보가 활발히 이루어짐.- 중국, 일본 등 인접한 국가들과의 해양생물자원 확보에 대한 경쟁이 심화	
대응전략			
SO 전략	<ul style="list-style-type: none">- 해양생물종에서 다양한 기능성 신소재들이 발굴되고 그 산업적 가치가 주목받고 있어, 이러한 유전자원의 유전체 해독을 통해 해당 기능성 유전자들을 발굴하며, 이에 대한 지적 재산권을 확보해야 함.- 발달된 IT기술을 BT에 접목하여 유전체 해독과 유전정보의 분석을 통한 기능성 유전자의 발굴은 해당종의 품종개량과 대량생산 시스템의 개발을 통해 무한한 산업적 가치 창출이 가능		
ST 전략	<ul style="list-style-type: none">- 우리나라의 생물자원이 매우 풍부함에도 불구하고, 중국 일본등과 그 연안을 함께 공유 하고 있어, 생물자원에 대한 확보가 부족하다면, 지적 재산권의 선점에 의해 자생생물종의 활용마저도 어려워질 가능성이 있음- 전 세계적인 해양생물종의 확보 활동이 활발한 만큼 보다 신속하고 전략적인 접근을 통해 우리의 해양생물자원을 확보하는 활동을 진행하여야 함.		
WO 전략	<ul style="list-style-type: none">- 국내에서는 최근 유전체 해독과 분석 연구의 도입기로, 일부 유전체 해독이 진행 됨.- 해양생물의 유전체 해독 역시 점차 많아지는 추세(전복, 물벼룩, 참기털말 등)로 전략적인 유전체 해독 파이프라인을 구축하여 100여종 이상의 유전체 해독과 분석을 진행할 기반과 시스템 확보가 필요- 앞선 IT기술을 기반으로 유전정보의 분석분야에 강점을 살려 유전체 해독의 기반과 시스템 구축을 통해 빠른 시간 내에 양적·질적으로 해외의 유전체 연구 수준에 도달 가능- 유전체 해독 기반 및 분석 알고리즘의 자체적 개발을 통하여 국내 자생종의 유전체 해독과 분석이 활발히 이루어 질 수 있음.		
WT 전략	<ul style="list-style-type: none">- 전 세계적인 해양생물의 유전체 연구가 매우 활발하며, 중국과 일본의 해양유전체 해독연구 대상이 국내 자생종이 포함되어 있어, 빠른 시일 내에 우리나라의 자체적인 해양생물의 유전체 해독 연구가 필요- 해당 연구 분야에 적합한 독자적·전략적인 알고리즘 개발을 통한 유전체 정보의 분석으로써 고부가가치의 유전정보의 발굴이 가능- 우리나라는 IT기반을 통해 유전적 분석 알고리즘개발 연구를 통해 고부가가치를 창출할 수 있는 충분한 자원을 가지고 있으나 유전체 해독 기반 연구가 활발하지 못하여, 이러한 장점을 살리고 있지 못함.- 국내 해양생물의 유전체자원을 확보하고, 이에 대한 유전체 해독 및 오믹스 연구로의 전주기적 연구를 통하여 해양생물의 유전자로 부터 풍부한 신소재 발굴 및 기능유전자를 대량 발굴하여 해양유전자원에 대한 지적 재산권을 확보하여야 함		

5.1.2 전략체계도



[그림 5-1] 해양생물 차세대 유전체 연구로드맵

□ 해양 유전체 정보 생산

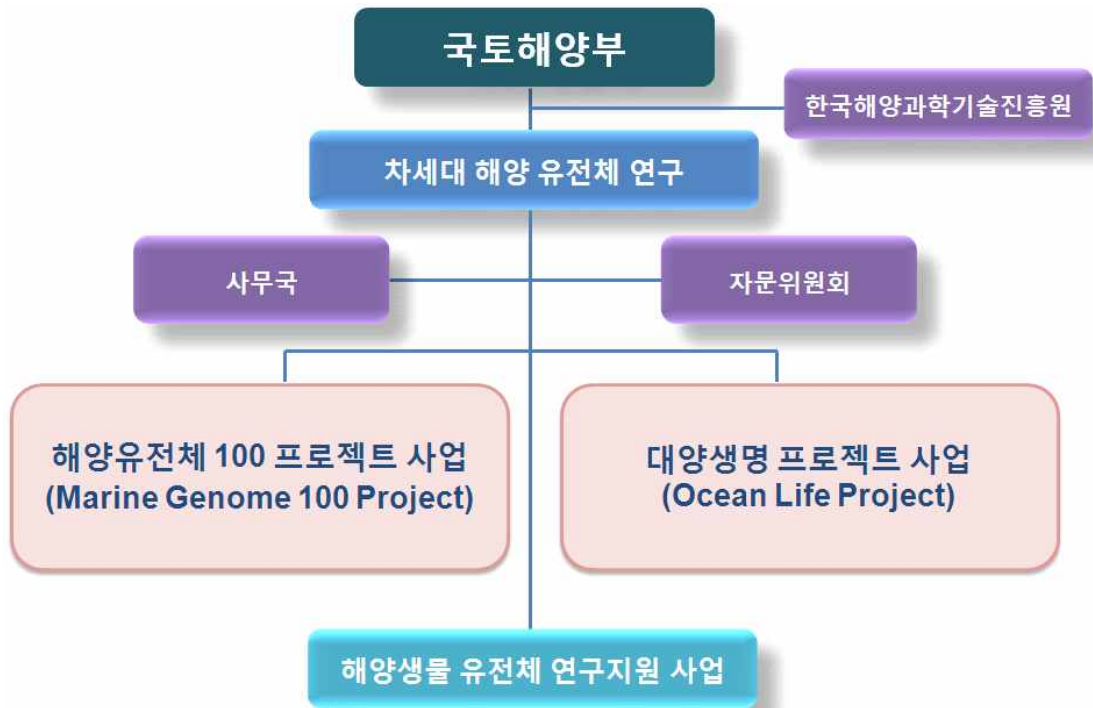
- 유전체 정보 생산 연구는 해양 유전체 100 프로젝트(Marine Genome 100 Project)와 대양생명 프로젝트(Ocean Life Project)로 구성되며, 해양생물 100종에 대한 전장 유전체 해독 및 해양 생태계의 시료에 대한 메타 유전체 해독 연구를 수행
- 유전체 정보 생산 연구결과를 기반으로 단백질 구조유전체, 오믹스 분석(전사체, 단백질체, 대사체 등) 연구로의 연계 가능

□ 해양생물 유전체 연구지원 기지는 핵심 허브(Hub)로써 차세대 해양 유전체 사업의 효율화 주도

- 생산된 해양유전체 정보와 유전체 분석시료를 집적
- 해양유전체 정보의 DB 구축 및 유전체 정보를 일반 연구자가 쉽게 접할 수 있는 인터페이스를 구축

5.2 사업추진체계

5.2.1 거버넌스



[그림 5-2] 해양생물 차세대 유전체 연구로드맵

5.2.2 사업주체별 역할

- 국토해양부는 차세대 해양 유전체 연구사업 추진과 관련한 정책결정 및 총괄 관리
- 한국해양과학기술진흥원은 차세대 유전체 연구사업의 성공적 수행을 위한 관리감독 및 지원
- 해양생물 유전체 연구지원 기지(미정)는 유전체 자원 및 정보 자원의뱅크 구축·관리, 해양생물 유전체 연구지원 및 정책 지원. 연구대상 해양생물종 선별을 포함한 매년도의 연구계획을 작성하고, 해양생물 유전체 정보생산 연구(해양유전체 100 프로젝트, 대양생명 프로젝트)의 결과를 해양 단백질 구조 유전체 연구와 오믹스 분석을 통한 해양생물 모델 개발 연구와의 연계방안을 제시 등, 차세대 해양생물 유전체 사업에 대한 실질적인 총괄관리

- 사무국은 해양 유전체자원 센터 산하에 위치하며, 차세대 해양 유전체 연구의 효율적 수행을 위한 행정적인 업무를 지원
- 자문위원회는 차세대 해양 유전체 연구의 정책 부합성을 검토하고 추진방향에 대한 의견을 제시하며, 예산을 심의

5.3 사업추진 절차

□ 추진절차 및 일정

<표 5-2> 사업추진 절차

추진절차	추진일정
사업 공고(한국해양과학기술진흥원)	‘13.3.1~3.31
신청접수(온라인 입력)	‘13.3.25 ~ 3.31
선정평가(한국해양과학기술진흥원)	‘13.4.1 ~ 4.7
협약체결(한국해양과학기술진흥원)	‘13.5
과제진도관리(한국해양과학기술진흥원)	‘13~’20

5.4 사업평가체계

5.4.1 사업평가시스템의 기본원칙

- ☐ 우수연구자가 안정적으로 연구에 전념할 수 있도록 최초 과제 선정은 엄격하나 재선정은 비교적 유연한 기준을 적용(안정된 연구 환경 - 지속성)
 - 연구수행의 문제가 없는 한 중간에 연구비가 단절되는 일은 없도록 고려하며, 지속적인 재선정을 통해 연구자가 은퇴할 때까지 안정적인 환경 조성
- ☐ 우수한 연구자들이 안정된 여건 하에서 도전적인 연구를 수행할 수 있는 지원 시스템 구축(안정된 연구 환경 - 신뢰성)
 - 신규과제 제안서의 혁신적 간소화 등 연구자에게 부여된 행정업무를 최소화하여 연구에 몰두 할 수 있는 연구관리 체제의 구축
- ☐ 「유행하는 주제」보다 「선구적인 연구테마」를 선정하여 미래의 새로운 시장을 창출할 가능성이 높은 프로젝트 선정시스템 구축(자유로운 상향식 과제제안 - 자율성)
 - 다양한 분야의 독창적인 아이디어가 제안될 수 있는 bottom-up 방식의 자유 공모 체제 구축
- ☐ 자율성과 신뢰성을 기반으로 수행한 연구결과를 최종평가 단계에서 철저히 입증시켜 연구 성과물의 확산 및 활용을 극대화하는 성과관리체제 구축(철저한 결과평가 - 엄격성)
 - 기술개발에 성공한 연구과제의 경우 타부처 사업과 연계체계를 유지하여 파생(주변)기술 및 특허를 산출할 수 있도록 범부처적 협조체계 구축

5.4.2 평가의 주안점

- ☐ 해양생물의 유전체 분석 건수
 - 본 연구는 인프라 및 기초 원천 기술 구축 성격이 매우 강하다는 점을 고려한 평가지표
 - 사업의 성패는 초기에 얼마나 많은 해양 유전체 분석을 하느냐가 좌우

□ 논문의 질(Impact factor)

- 본 연구는 해양 유전 정보를 통해 장기적인 파급효과를 지닌 생명현상의 근본원리 및 생명기원·진화·적응에 관한 연구이므로 생명현상의 근본 원리를 얼마나 이해하고 규명했는가에 주안점을 두어 새로운 생명시스템 혹은 생명현상 발굴 등의 원천 기술 여부가 중요
- 생명현상의 근본원리에 대한 연구는 임팩트가 높은 논문을 통해 검증받을 수 있음.
- 기존의 SCI(E) 논문 편수로 평가하는 양적 평가에서 최우수 저널(premium journal)²⁴⁾에 발표된 논문 수를 기준으로 하는 질적 평가로 사업의 성공 여부를 판단
- premium journal에 100편 이상(10억 원당 1편) 수준이 적정(1,000억 원/8년 기준)
- 논문 총수는 400편(4편/10억)으로 이는 최근 종료된 4개 프론티어 사업단 평균 7.7편에 비하여 낮으나, 국가 평균 (1.02편)에 비해 상당히 높은 수준이며 질적 평가기준 변화에 따른 자연스런 감소

□ 산업화 기여도

- 바이오에너지 생산 기술, 합성생물학 기반 확립, 단백질 재창조 설계기술 확보 등 다음 단계로 연결될 수 있는 기술 여부를 검증
- 원천기술 여부는 지적재산권 확보 및 원천기술 여부로 평가 가능
- 산업기여도는 기술이전 및 산업화 건수로 평가 가능

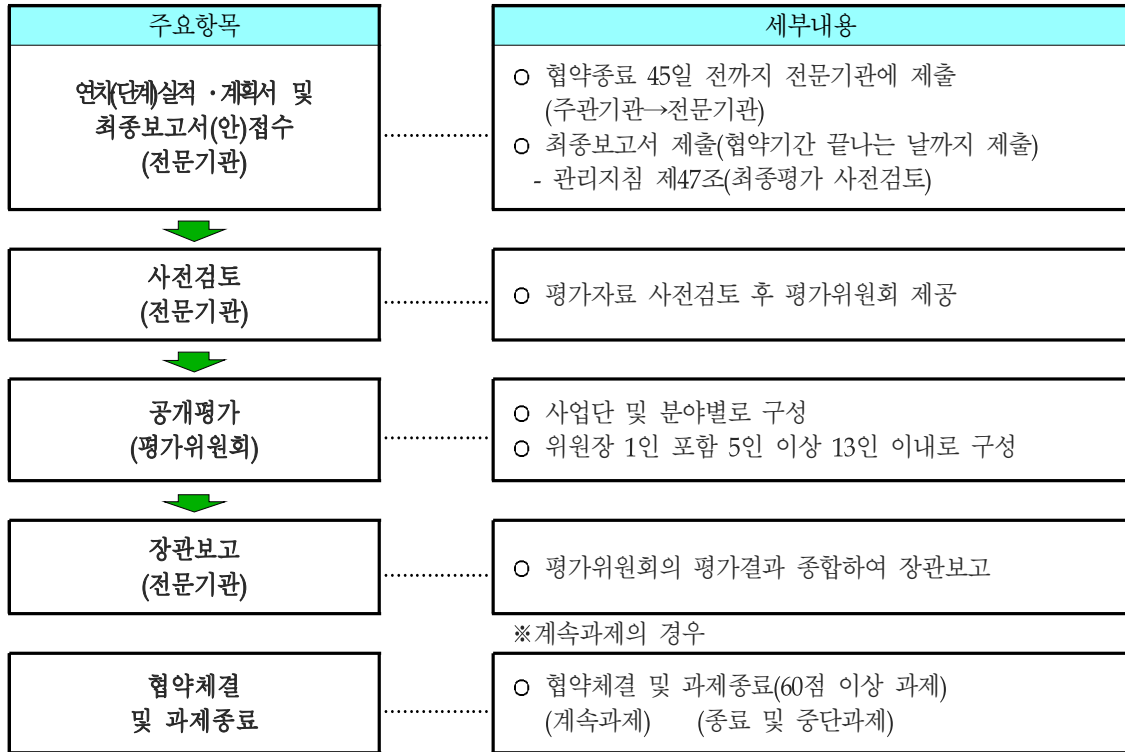
5.4.3 사업평가의 기본구조

□ 국토해양부 소관 연구개발사업 사업평가

- 업무개요
 - 협약과제의 연차(단계), 최종평가실시
- 처리기간 (또는 시기)
 - 업무기간 종류 직전(연중실시)

24) 최우수 저널(premium journal) : 미국에서 선정한 지난 100년간 가장 영향력이 큰 학술지 100개와 호주 과학재단이 우수 학술지로 선정한 논문

○ 업무흐름도



[그림 5-3] 국토해양부 사업평가 업무흐름도

○ 유의사항

- 평가위원회 구성시 관련분야 전문가 선별 및 초빙
- 공정 투명한 평가를 위한 이해관계자 참여 배제 철저
- 중단과제의 경우(60점미만)
 - 연구개발과제 수행실태 점검(성실수행여부 확인 후 주관연구기관에 통보)
 - 성실수행일 경우 제재 감면, 불성실수행일 경우 1년~3년간 연구 참여 제한

5.5 성과관리 계획

5.5.1 성과관리체계

□ 상시적 모니터링

- 형식적인 진도관리, 평가 등을 최소화하고 매년 해양생명공학기술대전을 실시하고, 최종평가 시에만 엄정한 평가를 수행하되, 연구자가 우수한 성과를 달성한 경우 언제나 성과관리시스템에 입력하도록 하여 상시적인 성과모니터링을 수행



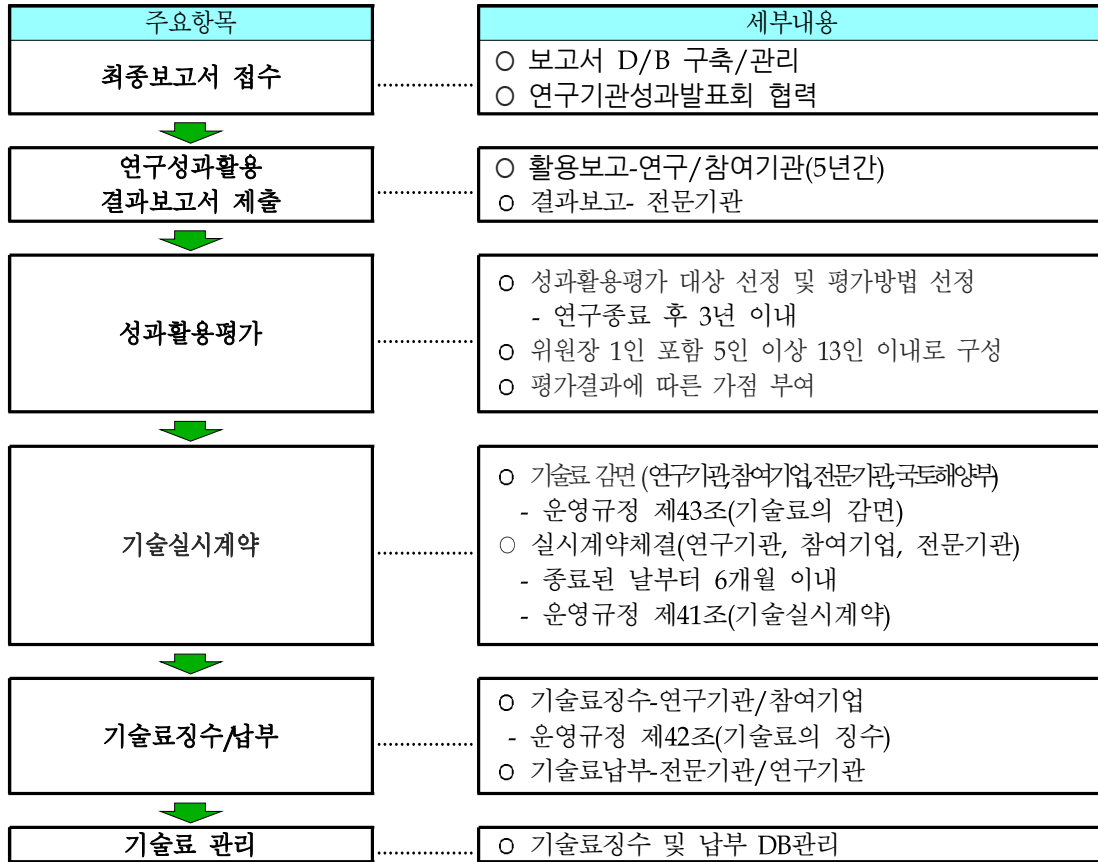
[그림 5-4] 성과평가 시스템 체계도

□ 국토해양부 소관 연구개발사업 성과관리

- 업무개요
 - 종료과제의 성과관리 및 활용평가, 기술이전 및 기술료관리
- 처리기간 (또는 시기)

- 업무기간 종류 후(연중 실시)

○ 업무흐름도



[그림 5-5] 국토해양부 연구개발사업 성과관리 프로세스

○ 유의사항

- 당 과제를 통한 연구 성과의 발생 확인 및 활용실적 파악
- 기술료 사용 수요조사 및 기술료 사업

□ 전략 맞춤형 사업/과제 성과평가체계 구축

- 사업의 취지에 적합한 평가체계 구축 및 이에 적합한 평가지표를 바탕으로 한 선정평가
- 맞춤형 성과관리를 통한 연구개발 효과성 제고
 - 진도관리를 생략하고 상시 성과관리로 대체하고 그 결과를 최종평가에 반영
 - 연구자 중심의 성과관리시스템 구축 및 운영

□ 안정적 연구관리 및 엄정한 결과 평가 시스템 구축

- 3년간 안정적인 연구비 지원
- 연구자의 자율성과 독창성을 최대한 보장하기 위하여 연간 진도관리를 생략하고 성과관리만으로 대체
- 엄정한 최종평가로 최종 결과의 효율성과 연구자의 책임성 제고

□ 성실한 연구실패를 인정하는 연구자 중심의 평가시스템 운영

- 연구자가 성실하게 연구를 수행했음에도 성공하지 못했다면 이를 위한 적절한 보상체계를 도입하여 우수 연구자들의 창의적인 시도를 이끌어낼 제도적인 장치를 마련
 - 연구자의 책임성과 윤리의식 또한 함께 강조하여야 할 것임.
- 3년 동안의 연구기간의 종료 후, 최종평가결과 하위 10%에 속하는 연구자의 경우 ‘성실한 실패에 대한 보고서’를 제출하고 이를 평가하여 사유 타당 시 연구자에게 불이익을 면해 주거나, 재도전의 기회 제공
 - 재도전은 지원금 추가 없이 기간만 연장(최대 1년)하여 제공, 성공 시 다음 단계에 도전 가능
 - 보고서에 대한 평가 후, 성실한 실패사유가 충분히 인정된다고 판단되어지면 연구자에게 어떠한 제제조치도 하지 않음

6. 사업추진의 타당성

6.1 정책적 타당성

6.1.1 국가의 전략적 중요성

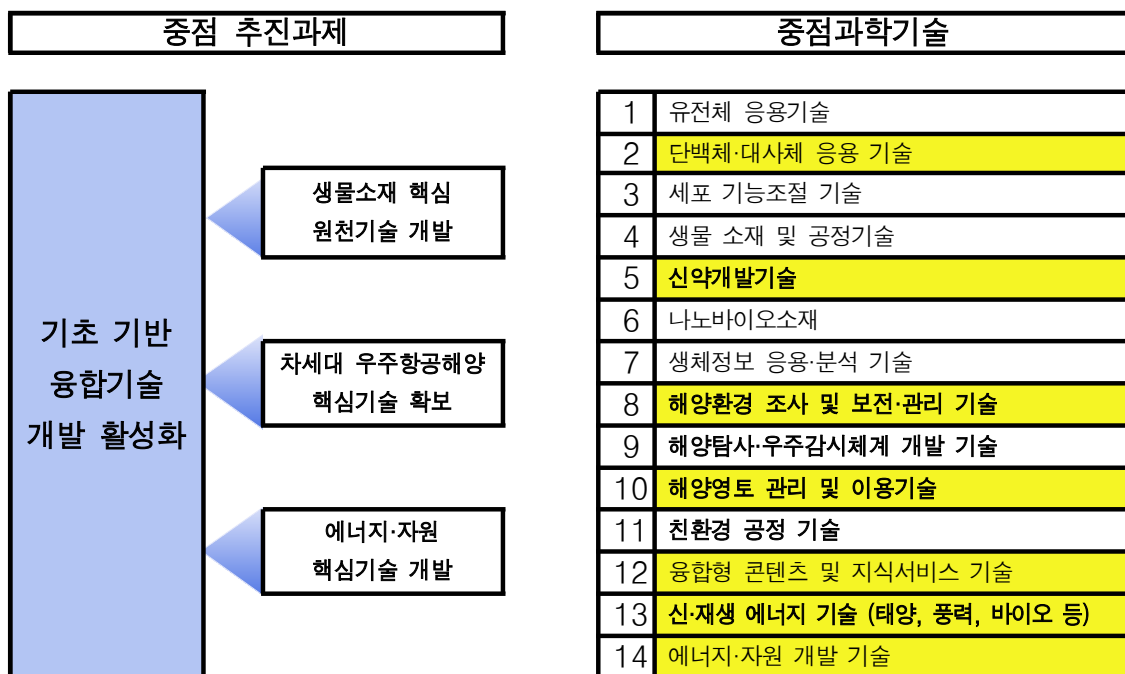
□ 공공적 성격이 강한 연구사업

- 본 연구 사업은 민간이 투자하기에는 시장규모에 비해 투자 규모가 크며 연구개발 결과가 소수에게 돌아가는 것이 아니라 생명공학산업 전반에 영향을 미친다는 점에서 공공적 성격이 강함.

6.1.2 상위계획과의 부합성

□ 융합, 녹색성장 미래형 국가 비전과 부합

- 과학기술예측조사 (2005-2030), 미래국가유망기술21, 국가과학기술지도 반영 및 국가생명과학육성법, bluebio 2016 등 국가 비전과 부합
- 해양, 바이오, 에너지·자원, 환경 등 다분야의 융합연구 분야

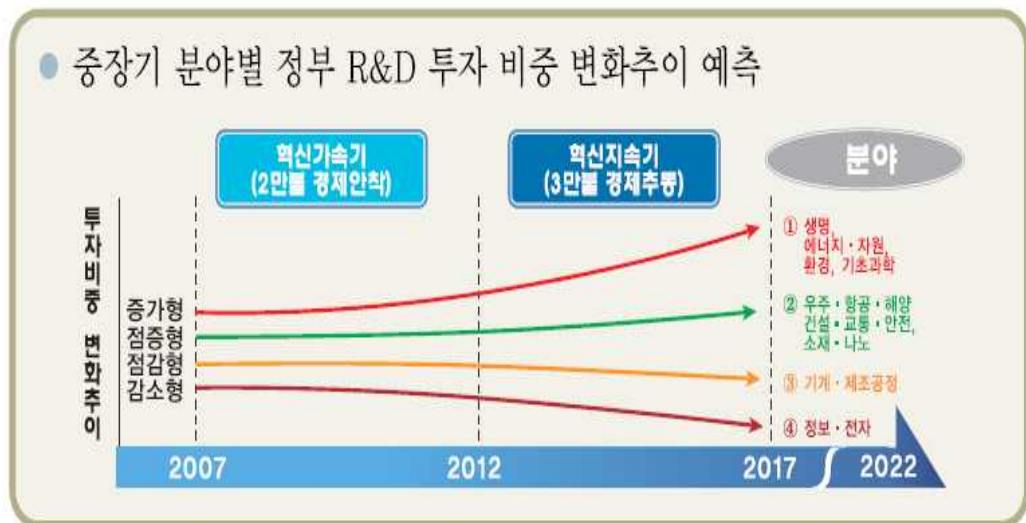


[그림 6-1] MB정부 과학기술기본계획의 중점추진과제

* 중점육성기술(노란 바탕) 및 후보기술(흰 바탕)

□ Total Roadmap과의 연관

- 국가 R&D사업 Total Roadmap에서 1)생명, 에너지·자원, 환경, 기초과학 분야는 투자비중 증가형, 2)우주·항공·해양 분야는 점증형, 3)기계·제조 분야 및 4)정보·전자 분야 점차 감소할 것으로 예측되며, 해양 유전체 연구 분야는 1)에 부합하며, 투자비중이 점차 증가할 것으로 전망
- 현재 해양 유전체 연구 분야에 대한 지원은 국토해양부 주관 해양·극한 분자유전체 연구가 있으며, 기반 구축의 인프라 연구가 진행. 향후 해양 유전체 기반 활용 연구에 대한 투자 비중이 증가할 것으로 전망



[그림 6-2] 중장기 분야별 정부 R&D 투자 비중 변화 추이

6.1.3 사업추진의지

- ☐ 주관부처인 국토해양부는 「해양생명공학사업 성과분석 및 미래예측을 통한 중장기 추진계획 수립을 위한 기획연구」를 통하여 ‘13년도 이후의 해양생명공학사업 중장기 중점 추진분야 및 투자계획을 수립
- 해양생명공학사업으로 추진되는 ‘극한·해양생물 분자유전체 연구’사업의 종료(’13년도)에 따라 ‘포스트 해양 유전체 사업’의 추진 기반을 마련
- ☐ 주관부처인 국토해양부는 ‘극한·해양생물 분자유전체 연구사업’ 예산의 지속적 확대
- 해양생명공학사업에 작년대비 예산을 4.4%(’10년 250억에서 ’11년 261억) 증액하였으며, 그 중 ‘극한·해양생물 분자유전체 연구’ 사업에 작년대비 예산을 10%(’10년 50억에서 ’11년 55억) 증액하는 등 유전체 분야에 대한 사업추진의지는 매우 높음.

6.2 기술적 타당성

6.2.1 기술개발계획의 적절성

- ☐ 기 국토해양부 해양생명공학사업으로 추진하고 있는 ‘극한·해양생물 분자유전체 연구사업’의 내용을 기반으로 기술개발계획의 적절성을 분석 및 검토
 - 본 사업의 사업목표, 성과지표 등을 ‘극한·해양생물 분자유전체 연구사업’과 비교 분석하여 본 기술개발계획의 적절성을 검토

6.2.2 기술개발 성공가능성

- ☐ 본 사업에서 추진하는 기술개발 분야는 수요분석, 연구동향 분석 등을 통하여 선정하였으며, 성과목표는 ‘해양·극한생물 분자유전체 연구’와 비교하여 적절하게 설정
 - 차세대 유전체 해독(NGS) 기술에 도래에 따른 기술개발의 최종목표를 적절히 설정 설정하였으며, 충분히 성공가능성이 있다고 사료됨.

6.2.3 기존사업과의 중복성

- ☐ 차별성 분석 대상사업
 - 동 사업은 타부처 유전체 관련 사업 및 국토해양부의 해양생명공학기술개발사업 중 유전체 관련 사업과 중복되는 부분을 배제하여 차별화하였음
 - 타 부처 사업과의 차별성에 대하여는, 보건복지부 및 교과부의 주된 유전체 대상 생물은 human이며, 농림부는 non-human 중 농·수산물생물을 대상으로 하고 있어 유전체 분석 대상 자체가 상이함으로 중복이 배제되었음
 - * 해양생물 중 일부 수산생물이 중복될 수 있으나, 이는 부처 간 협의를 통해 조정 계획
 - 국토해양부의 해양생명공학사업으로 추진되고 있는 극한·해양생물 분자유전체 연구사업의 경우, 유전체 분석대상이 대부분 미생물인 반면 본 사업의 Marine 100 project의 분석 대상은 해양 동·식물로 확대되었으며, 기존사업에서 분석된 종은 연구대상에서 제외함으로써 중복을 배제하였음

<표 6-1> 차별성 분석 대상사업

주관 부처	사업명 및 기간	사업내용	R&D 단계	비고
교과부	21세기프론티어 미생물 유전체 활용사업단('03-'12)	· 미생물자원 수집 및 동정 · 선발 미생물 유전체 해독 · 생명공학 제품 개발	응용	연안 갯벌 및 표층 해수 중 미생물 분리
국토부	해양극한생물 분자유전체 연구단 ('04-'13)	· 해양생물자원 확보 및 관리 · 선발 세균 유전체 해독 · 효소자원 개발	기초	탐사프로그램 외부 의존

☐ 해양생태계 기능 이해 및 신 해양생명체 발굴

- 국토부 주관의 '해양·극한 생물 분자유전체연구'는 특정 기능을 지닌 생물 자원 확보에 집중하며, 교과부 주관의 '21세기 프론티어 미생물 유전체 활용연구'는 주로 육상 미생물을 대상으로 하는 연구로 일부 해양미생물에 대한 연구를 수행하고 있으나 연안에 서식하는 미생물로 한정
- 반면 본 연구 사업에서는 생명기원 및 환경 적응에 주안점을 두고 환경·생태적으로 독특한 기능을 지닌 대양의 Bio-hotspot에 서식하는 생명체의 발굴에 주력

☐ 신 해양생명 기능 규명 및 이해

- 기존의 두 연구사업의 경우 유전체 해독이 완료된 개별 생물체에 대해 다양한 추가 연구를 통해 기능 규명 및 활용에 접근
- 반면 본 연구 사업에서는 개별 생물체보다는 메타오믹스(metaomics) 즉, 특정 환경시료에 존재하는 군집 차원의 기능 규명과 생태학적으로 독특한 기능을 지닌 신 생명체를 대상으로 연구 수행 예정

☐ 해양 생체물질 진화·적응 이해

- 기존의 두 연구 사업이 유전체 해독이 완료된 개별 생물체의 단백질·대사체 분석을 통해 호열성, 저온성, 적조생물 제어기능 등의 생명기능 규명과 활용이라는 목표에 접근
- 반면 본 연구 사업에서는 특정 생물종이 아니라 다양한 유전정보(배양 생물체, 환경유전체 등)로부터 특정 기능을 보이는 광범위한 단백질들을 대상으로 개별 단백질간의 차이를 분석함으로써 단백질의 근원적인 형태 및 작

용 메커니즘을 이해하는 것이 목표²⁵⁾)

- 본 연구 사업은 지구상에서 기능적 다양성이 높은 해양생명체를 대상으로 장기적 파급효과가 큰 생명현상의 근본 원리와 생명기원·진화에 대한 연구로서 기존의 사업들과는 기본 철학, 접근 방법 등에서 근본적인 차이를 보임

25) 사례 : 光감지단백질의 경우 rhodopsin, proteorhodopsin, bacteriorhodopsin 등 다양한 종류가 있으며 같은 종류도 생물체에 따라 유전자 서열 차이 극명

6.3 비용/편익 분석

6.3.1 비용추정

□ 본 사업은 4개 사업별 예산규모를 다음과 같이 산정하여 총 992억 원임

<표 6-2> 연도별 비용추정 결과

구분	해양생물 유전체 연구지원사업	해양생물 유전체 발굴, 자원화 및 정보생산 산업		유전체 연구 국제협력사업 (다부처 공동연구사업)	합계
		해양 유전체 100 프로젝트 사업	대양생명 프로젝트 사업		
2013	15	60	40	9	124
2014	15	60	40	9	124
2015	15	60	40	9	124
2016	15	60	40	9	124
2017	15	60	40	9	124
2018	15	60	40	9	124
2019	15	60	40	9	124
2020	15	60	40	9	124
합계	120	480	320	72	992

6.3.2 편익추정

- (편익발생기간) 국제특허분류(IPC)에 따라 본 사업은 C12 ‘생화학, 맥주, 주정, 포도주, 식초, 미생물학, 효소학, 돌연변이 또는 유전공학’에 해당하며 기술수명주기 중위수는 7.0년으로 본 사업의 편익은 2021년부터 2027년까지 발생하는 것으로 가정함
- (R&D 기여율) R&D 사업 예비타당성 조사에 흔히 적용되는 10.9%(26) 및 28.1%(27) 중에서 28.1%가 보다 널리 적용되고 있음을 감안하여 본 연구에서도 28.1%를 적용
- (사업화 성공률) 산업기술(산업기술진흥원관리) 바이오·의료 세부분야 232개 과제 중 매출액 발생과제는 86개이므로 37.1%(=86*100/232) 적용(28)
- (부가가치율) 2009년도 한국은행 산업연관표 통합중분류(78부문)의 제13부문 음료품, 제28부문 의약품 및 화장품, 제71부문 의료 및 보건의 부가가치율을 적용하여 48.5%로 산정됨

26) 하준경(2005), 「연구개발의 경제성장 효과분석」, 금융경제연구원

27) 신태영(2004), 「연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도」, 과학기술정책연구원

28) 이승규 외(2011), 「예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축」, KISTEP 참고

<표 6-3> 생산성에 관한 지표

구분	적용하는 값	근거
편익 발생기간	7년	KISTEP(2011) 『예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축』에 따라 'C12 생화학; 맥주; 주정; 포도주; 식초; 미생물학; 효소학; 돌연변이 또는 유전자공학'에 해당하며 기술수명주기 중위수는 7.0년
R&D 기여도	28.1%	R&D 사업에 대한 KISTEP 예비타당성조사에서 널리 통용되고 있는 28.1% 적용
사업화 성공률	37.1%	KISTEP(2011) 『예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축』 p.104에 따르면 산업기술(한국산업기술진흥원 관리) 바이오/의료 세부분야 232개 과제 중 매출액 발생 과제는 86개이므로 37.1%(=86×100/232) 적용
부가가치율	48.5%	2009년 한국은행 산업연관표 통합중분류(78부문)의 제13부문 음료품, 제28부문 의약품 및 화장품, 제71부문 의료 및 보건의 부가가치율 적용
사업기여율	36.8%	본 사업과 관련된 해양극한생물분자 유전체기술개발사업, 해양천연물신약 기술개발사업, 해양바이오프로세스 기술개발사업, 해양바이오 에너지 기술개발사업, 해양산업 신소재 기술개발 등을 고려하여 기여도 산정

해당부문	총투입(백만원)	부가가치(백만원)	부가가치율	비고
음료품	11,989,407	6,075,831	50.7%	통합중분류(78부문)) 제13부문
의약품 및 화장품	23,738,864	7,905,324	33.4%	통합중분류(78부문)) 제28부문
의료 및 보건	67,616,638	36,094,191	53.4%	통합중분류(78부문)) 제71부문
합계	103,344,909	50,075,346	48.5%	

- (편익 추정 대상) 해양바이오산업의 활성화로 인한 부가가치 창출편익을 주요 편익 추정의 대상으로 상정하였음

<표 6-4> 해양바이오산업의 분류

분류	세부 내용
제약산업	의약품 : 항암제, 항염증제, 항생제 등 약물전달체 : 키토산 등
에너지산업	수소생산용 미생물 미생물배터리 Light Capture 등
소재 산업	의료용 생체재료 : 바이오세라믹 등 임플란트 · 카테테르용 오염방지제 의료기기용 부품소재
	연구용 효소를 포함한 연구용 시약 해양생물(추출물) 라이브러리

		안정성 · 독성 검사용 생물모델 유전자 마커 및 유전체 등
	산업용	고분자, 효소, 접착제, 계면활성제, 세라믹 등 Bioreactor 및 정제용 시약(Reagent) 등 생산 공정용 미생물 · 조류, 나노소재용 돌말 등 오염진단, 중금속 제거용 제품 담수화(Desalination) 등
	의료산업	생체재료 : 바이오세라믹 등 임플란트 · 카테테르용 오염방지제 의료기기용 부품소재
	기능성 식품 · 화장품산업	식품첨가물 : 색소, 식질감부여제 등 질병 예방 및 치료용 건강기능성식품, 항산화제, Probiotics, 칼슘제 등 계면활성제 등 기능성 화장품 : 주름방지 · 개선, 미백 등

- 본 사업으로 인한 해양바이오 산업의 활성화 건

- 해양생물 유래 신약 소재 2건 : 항암제 1건, 당뇨병 치료제 1건
 - 해양생물 유래 에너지 소재 2건 : 바이오디젤 또는 알코올 1건, 바이오가스 1건
 - 해양생물 유래 산업 신소재 6건
 - 해양생물 유래 기능성 식품·화장품 소재 4건
- (사업기여율) 본 사업과 관련된 사업은 해양·극한생물분자유전체기술개발사업으로, 2012년부터 2020년까지를 대상으로 할 때, 본 사업의 기여도는 36.8%로 추정됨

<표 6-5> 사업기여율 추정결과

(단위 : 백만원)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	총사업비
해양극한생물분자유전체기술개발(~2013)	5,748	8,000								13,748
해양천연물신약기술개발(~2013)	6,460	8,000								14,460
해양바이오프로세스기술개발(~2013)	2,250	2,500								4,750
해양바이오 에너지기술개발(~2019)	4,000	9,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000		73,000
해양산업 신소재	2,190	8,500	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000		64,690

기술개발(~2019)										
유사사업 소계	20,648	36,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	0	170,648
본 사업		12400	12400	12400	12400	12400	12400	12400	12400	99,200
본 사업 기여도	36.8% (=100*99,200/(170,648+99,220))									

주) 2015년까지 중장기 사업계획을 통해 마련한 국회요구액 변환 자료를 바탕으로 작성하였으며 2016년 이후 예산은 2015년 자료와 동일하게 작성함.

○ (국내시장 점유율) 해당 산업의 특성에 맞게 서로 다르게 산정함

<표 6-6> 본 사업 결과물의 국내시장 점유율 목표치

산업분류		본 사업기여도(국내시장 점유율)
1. 제약산업	해양유래 항암제 1건	10.0%
	해양유래 당뇨병 치료제 1건	10.0%
2. 에너지산업	해양 조류 기반 바이오연료	50.0%
	해양 세균 기반 바이오연료	50.0%
3. 바이오 신소재산업	접착 및 코팅 소재	10.0%
	약물전달 소재	10.0%
	바이오 플라스틱 소재	10.0%
	진단 및 측정 소재	10.0%
	산업효소 소재	10.0%
	생물제어 소재	10.0%
4. 기능성 바이오식품산업		10.0%
5. 기능성 바이오화장품산업		10.0%

[제약 산업]

○ IMS Data에 따르면 2006년 의약품 세계시장 약 6,400억 달러 중 바이오의약품(단백질제약, 항체제약, 백신 등)이 차지하는 비중은 11.0%(약 707억 달러)임²⁹⁾

- 이에 바이오의약품이 차지하는 비중을 10.0%로 고려하여 본 연구개발 결과로 도출된 해양유래 항암제가 사업화에 성공하여 2013년부터 국내시장에 진입했을 경우를 가정하고 그 국내시장 점유율을 예측하였음

29) 한국산업기술평가관리원, 바이오제품 시장 및 바이오기술개발 동향 보고서, 2010.

- 국내 항암제 시장은 다국적 제약사가 50%이상을 점유하고, 국내 제약사가 나머지를 차지하고 있으며, 이에 해양유래 항암제를 통하여 2020년까지 국내시장의 10%(453.7백만 달러) 점유율을 목표로 하고, 2021년부터 2027년까지는 이 점유율이 유지되는 것으로 보수적인 가정을 함
- 해양유래 당뇨병 치료제를 통하여 2020년까지 국내시장의 10% 점유율(195.0백만 달러)을 목표로, 2021년부터 2027년까지는 이 점유율이 유지되는 것으로 보수적인 가정을 함

[에너지 산업]

- 해양 유래 미래대체에너지인 조류 기반 바이오연료 글로벌 시장규모는 2010년 현재 71억 원에서 2020년 1조 5천억 원으로 성장할 것으로 기대되며, 바이오가스의 경우 아직까지 상용화가 되고 있지 못하지만 2020년 1,300억 원 규모의 시장을 형성할 것으로 전망하고 있음
- 해조류기반 바이오연료의 생산규모는 2010년 71억 원에서 연평균 72%의 고성장세를 유지하여 2020년 약 1조 6천억 원(13억 달러)에 이를 것으로 전망³⁰⁾
- Pike Research에 따르면, 2020년 약 280만대 수소전기자동차가 판매되어 약 239억 달러의 시장이 형성될 것으로 예상하고 있으며, 이로 인한 수소에너지 시장규모는 2020년 가솔린 가격 \$3.01/Gallon 기준으로 9.6억 달러(1조 1,124억 원)에 이를 것으로 전망
 - 이를 기초로 해양세균을 활용한 바이오가스 개발 및 상용화 현황을 고려하여, 2020년 해양바이오가스의 시장잠재력을 2020년 445억 원에서 1,335억 원에 이를 것으로 추정하였음³¹⁾
- 본 연구개발 결과로 도출된 해양 조류 기반 바이오연료를 사업화함으로써 2013년부터 국내시장에 진입했을 경우를 가정하여 국내시장 점유율을 예측하였음
 - 2020년까지 국내시장의 50%(약 150억) 점유율을 목표로 하며, 2021년부터 2027년까지는 이 점유율이 유지되는 것으로 보수적인 가정을 함

30) Pike Research, 『해조류 기반 바이오연료(Algae-based Biofuel)』, 2010

31) Pike Research, 『수소연료전기자동차보고서』, 2010

- 본 연구개발 결과로 도출된 해양 세균 기반 바이오연료 사업화(2020년으로 가정)함으로써 국내시장의 50%(약 5~15억) 점유율을 목표로 하며, 2021년부터 2027년까지는 이 점유율이 유지되는 것으로 보수적인 가정을 함

[신소재 산업]

- 소재별로 바이오기반 바이오폴리머, 플라스틱소재, 섬유소재, 나노복합소재, 산업효소소재 다양한 분야에 시장을 형성하고 있음
- 이에 본 사업에서는 접착 및 코팅소재(1건), 약물전달소재(1건), 바이오플라스틱소재(1건), 진단 및 측정소재(1건), 산업효소소재(1건), 생물제어소재(1건)를 사업화 하였을 경우를 가정하여 상기의 국내시장 규모를 기반으로 기 도출된 해양바이오산업 국내시장 연평균 성장률(3.57%)로 계산하여 2020년까지의 각 소재별 국내시장을 예측하였음
- 본 연구개발 결과로 도출된 각 분야별 소재를 사업화함으로써 2013년부터 국내시장에 진입했을 경우를 가정하여 국내시장 점유율을 예측하였음
- 2020년까지 각 소재별 국내시장은 약물전달소재(약 1,500억), 환경오염 제어소재(약 87억), 산업효소소재(2건, 약 200억), 생물제어소재(약 100억) 점유율을 목표로 하며, 2021년부터 2027년까지는 이 점유율이 유지되는 것으로 보수적인 가정을 함

[식품 산업]

- 해양천연물 유래 건강기능성 식품시장은 비타민 및 미네랄, 카로티노이드, Fish oil 등으로 구성되며, 해양생물유래 건강기능 식품의 국제 시장 규모는 약 20~30조원 규모로 추정됨³²⁾
- 우리나라의 해양생물유래 건강기능식품 시장의 규모는 2005년 2,710억 원, 우리나라 전체 건강기능식품 시장(1조 3,712억 원)의 19.7%를 차지³³⁾

32) 해양과학기술진흥원, 지역 해양 바이오 활성화 사업 추진 기획연구, 2010; 건강기능식품 전체에 대한 해양생물유래 건강기능식품이 차지하는 비중 20%를 고려하여 산정

33) 식품의약품안전청, 건강기능식품 품목별 판매현황(2005년) 통계자료, 2006

- 이에 본 사업에서는 기능성 식품(2건)을 사업화 하였을 경우를 가정하여 상기의 국내시장 규모를 기반으로 기 도출된 해양바이오산업 국내시장 연평균 성장률(3.57%)로 계산하여 2020년까지의 각 소재별 국내시장을 예측하였음
- 2020년까지 국내시장의 10%(2건, 약 458.2억 원) 점유율을 목표로 하며, 2021년부터 2027년까지는 이 점유율이 유지되는 것으로 보수적인 가정을 함

[화장품 산업]

- 우리나라의 해양생물유래 기능성 바이오화장품 시장의 규모는 약 375억 원이며, 2006년 기준으로 전체 기능성 바이오화장품 시장 (약 7,500억 원)의 5.0%를 차지³⁴⁾
- 이에 본 사업에서는 기능성 화장품(2건)을 사업화 하였을 경우를 가정하여 상기의 국내시장 규모를 기반으로 기 도출된 해양바이오산업 국내시장 연평균 성장률(3.57%)로 계산하여 2020년까지의 각 소재별 국내시장을 예측하였음
- 본 연구개발 결과로 도출된 기능성 화장품 소재의 사업화를 통하여 2013년부터 국내시장에 진입했을 경우를 가정하여 국내시장 점유율을 예측하였음
- 2020년까지 국내시장의 10%(2건, 약 120억) 점유율을 목표로 하며, 2021년부터 2027년까지는 이 점유율이 유지되는 것으로 보수적인 가정을 함

34) <http://news20.busan.com/news/newsController.jsp?newsId=20111010000188>

<표 6-7> 차세대 해양생물 유전체자원을 활용 사업에 따른 편익 추정

(단위 : 억 원)

연도	1. 제약산업	2. 에너지산업	3. 바이오 신소재산업	4. 기능성 바 이오식품산업	5. 기능성 바 이오 화장품 산업	합계
2020	713.6	161.7	12,748.9	458.2	60.8	14,143.1
2021	813.2	270.5	13,203.8	474.5	62.9	14,824.9
2022	927.0	457.6	13,674.9	491.4	65.1	15,616.0
2023	1,056.7	779.6	14,162.8	508.9	67.4	16,575.3
2024	1,204.9	1,333.3	14,668.1	527.0	69.8	17,803.1
2025	1,374.0	2,285.6	15,191.5	545.8	72.2	19,469.1
2026	1,567.2	4,060.2	15,733.4	565.2	74.7	22,000.7
2027	1,787.6	6,991.0	16,294.9	585.3	77.3	25,736.1
합계	9,444.2	16,339.3	115,678.3	4,156.3	550.2	146,168.3

○ 시장수요 접근법 적용

연간 경제적 편익 = 시장점유율을 감안한 관련 시장의 미래 규모

× ① 사업화 성공률(37.1%)

× ② 부가가치율(48.5%)

× ③ R&D 기여도(28.1%)

× ④ 사업기여율(36.8%)

○ 시장점유율을 감안한 관련 시장의 미래 규모 추정

-1단계 : 글로벌 해양바이오산업 시장규모 예측

-2단계 : 국내시장의 세계 시장 점유율 추정

-3단계 : 국내 해양바이오산업 시장규모 예측

-4단계 : 본 사업만의 시장점유율을 감안한 국내시장 규모 예측

- 경제적 편익 추정결과 할인율을 고려하지 않고 단순히 합하면 2,456.6억 원으로 추정

<표 6-8> 경제적 편익 추정결과

연도	R&D 기여율 (A)	사업화 성공률 (B)	부가가치율 (C)	사업기여도 (D)	시장규모 (E, 억 원)	부가가치 창출편익 (A×B×C×D×E, 억 원)
2021	28.1%	37.1%	48.5%	36.8%	14,824.9	275.8
2022	28.1%	37.1%	48.5%	36.8%	15,616.0	290.6
2023	28.1%	37.1%	48.5%	36.8%	16,575.3	308.4
2024	28.1%	37.1%	48.5%	36.8%	17,803.1	331.3

2025	28.1%	37.1%	48.5%	36.8%	19,469.1	362.3
2026	28.1%	37.1%	48.5%	36.8%	22,000.7	409.4
2027	28.1%	37.1%	48.5%	36.8%	25,736.1	478.9
합계					132,025.1	2,456.6

6.3.3 경제성분석

[주요 전제]

- 경제성 분석에 있어 비용과 편익은 모두 사회적 비용 및 편익으로 간주할 수 있는데 일반적으로 공공투자시설의 경우 비용은 실질적으로 투자되어 쓰인 비용을 계상하는 반면 편익은 회수방법을 통한 실제수익이 아닌 사회적 편익을 기준으로 함
 - 본 연구에서도 먼저 비용 및 편익을 산정하고 이로부터 사업의 경제성을 분석함
- 본 사업의 투자기간은 2013년부터 2020년까지이며, 편익은 2021년부터 2027년까지 발생하여, 2013년부터 2027년까지가 경제성 분석 대상 기간임
- 현재가격은 2010년 12월을 기준으로 사업의 비용 및 편익에 적용하고 본 사업은 그 성격상 비용이 초기에 집중 발생하는 반면, 편익은 건설 후 장기간 동안 발생하기 때문에 분석기간 동안 예상되는 비용과 편익에 사회적 할인율을 적용하여 현재가치로 환산하여 평가함
- (사회적할인율) 본 연구에서는 KDI의 『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(5판)』(2008)에 의거하여 5.5%를 적용

[경제성 분석]

- 차세대 해양생물 유전체 사업에 대한 경제성 분석 결과는 아래의 표와 같음
 <표 6-9> 차세대 해양생물 유전체 사업의 경제성 분석 결과 요약

구분	현재가치 합계(백만원)		순현재가치 (백만원) (NPV)	편익-비용 비율 (B/C ratio)	내부수익률 (IRR)
	편익	비용			
값	114,499	70,572	43,927	1.62	12.11%

- 분석결과 총비용의 현재가치는 70,572 백만 원, 총 편익의 현재가치는

114,499백만 원으로 추정되어 순현재가치는 43,927백만 원으로 경제성 분석을 통과함

- 편익-비용 비율은 1.62로 산정되어 1.0을 초과하며, 내부수익률도 12.11%로 사회적 할인율 5.5%를 초과하여 본 사업은 경제적 타당성을 확보함

- 경제성 분석에서의 비용 및 편익의 흐름을 아래의 표에 제시했음

<표 6-10> 비용 및 편익의 흐름

(단위 : 백만원)

연도	비용		편익		순편익	
	당해연도 가치	현재가치	당해연도 가치	현재가치	당해연도 가치	현재가치
2013	12,400	10,560			-12,400	-10,560
2014	12,400	10,009			-12,400	-10,009
2015	12,400	9,488			-12,400	-9,488
2016	12,400	8,993			-12,400	-8,993
2017	12,400	8,524			-12,400	-8,524
2018	12,400	8,080			-12,400	-8,080
2019	12,400	7,659			-12,400	-7,659
2020	12,400	7,259			-12,400	-7,259
2021			27,584	15,307	27,584	15,307
2022			29,056	15,283	29,056	15,283
2023			30,841	15,376	30,841	15,376
2024			33,126	15,654	33,126	15,654
2025			36,226	16,227	36,226	16,227
2026			40,936	17,381	40,936	17,381
2027			47,886	19,272	47,886	19,272
합계	99,200	70,572	245,655	114,499	146,455	43,927

- (민감도분석) 편익 및 비용 변화에 대한 민감도 분석을 위해서 편익변화와 비용변화를 $\pm 20\%$ 까지 10%p씩 변화시켰지만 경제성 분석 결과가 달라지지 않고 경제적 타당성을 확보함

<표 6-11> 민감도 분석 결과

구분	변화율(%)				
	-20	-10	0	+10	+20
편익변화	1.30	1.46	1.62	1.78	1.95
비용변화	2.03	1.80	1.62	1.47	1.35

6.3.4 경제적 파급효과 분석

[산업연관표]

- 한국은행에서 가장 최근에 작성된 2009년 산업연관표를 이용하되, 28부문 통합대분류 방식에 근거하여 통합대분류 3부문과 통합중분류 71 부문에서 차세대 해양생물 유전체 활용부문을 별도로 구분된 29부문으로 통합하였음
- 산업연관표 상의 통합대분류 28부문과 통합중분류 78부문에서 차세대 해양생물 유전체 활용부문을 정의한 결과는 아래의 표와 같음

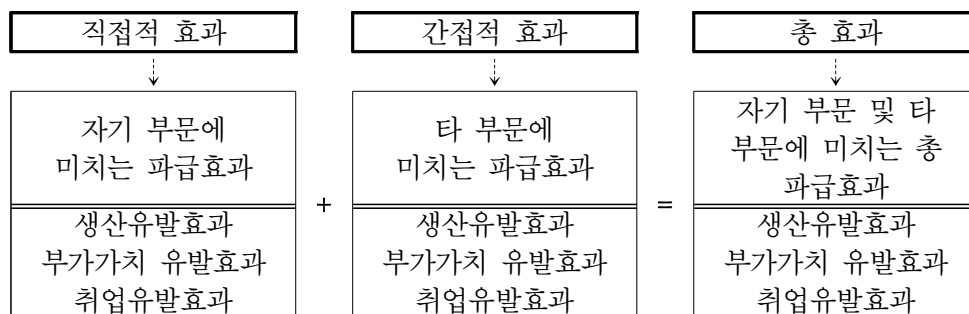
<표 6-12> 403부문상에서의 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 정의

부문번호	통합대분류 (28부문)	부문번호	통합중분류 (78부문)
3	음식료품	9	육류 및 낙농품
		10	수산물가공품
		11	정곡 및 제분
		12	기타식료품
		13	음료품
		14	사료
		15	담배
26	교육 및 보건	71	의료 및 보건

- 차세대 해양생물 유전체 활용부문을 포함한 총 29부문을 대상으로 분석을 하며, 차세대 해양생물 유전체 활용부문은 제29부문으로 처리하였고, 이 부문을 외생화하게 되면 결국 28개 부문을 다루게 됨

[수요유도형 모형의 분석구도]

- 수요유도형 모형을 이용한 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 국민경제적 역할과 관련된 경제적 파급효과는 직접적 효과와 간접적 효과의 합으로 구성되어야 함



[그림 6-3] 차세대 해양생물 유전체 활용부문을 포함한 29부문 산업분류표

- 아울러 경제적 파급효과의 범주는 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과의 3가지를 분석

**생산유발
효과**

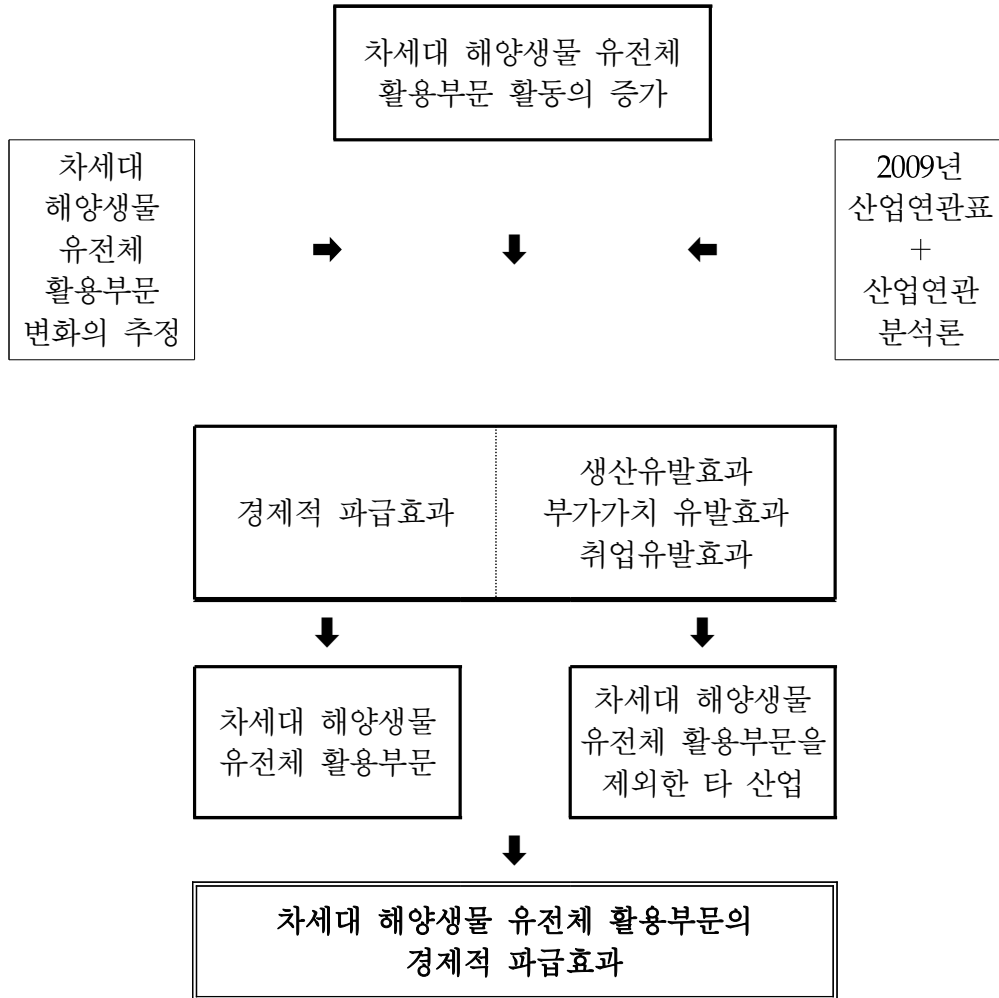
**부가가치
유발효과**

**취업유발
효과**

차세대 해양생물 유전체 활용 부문

[그림 6-4] 수요유도형 모형에서의 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 경제적 파급효과

- 직접적 효과란 1차적인 것으로 해당 부문의 생산, 부가가치, 취업 등이 활성화되는 효과이며, 간접적 효과는 2차적인 것으로 타 산업의 생산, 부가가치, 취업을 유발하는 효과를 의미함
- 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 경제적 파급효과에 대한 분석의 흐름을 나타내고 있는데, 즉 차세대 해양생물 유전체 활용부문 활동으로 차세대 해양생물 유전체 활용부문에 변화가 발생하며 이 변화를 기본 투입요소로 하되, 2009년 산업연관표에 근거한 산업연관분석을 통해 각종 파급효과를 구함
- 아울러 각 경제적 파급효과를 구하는 데 있어서 차세대 해양생물 유전체 활용부문에 미치는 효과와 차세대 해양생물 유전체 활용부문 외 타 산업에 미치는 효과를 분리하여 계산한 후 취함



[그림 6-5] 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 경제적 파급효과 분석 흐름도

[산업간 연쇄효과 분석결과]

- 모든 부문의 생산물에 대한 수요가 각각 한 단위씩 발생할 때, 중간재로 사용되는 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 산출물 공급도 증가해야 하며, 이때 중간재 산업으로서 차세대 해양생물 유전체 활용부문이 받는 영향의 정도가 감응도 계수임
- 감응도 계수로 파악할 수 있는 전방연쇄효과는 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 산출물을 다른 산업생산의 원료로 파악하는 것인데, 일반적으로 한 산업의 제품이 각 산업부문에 중간재로 널리 사용되는 산업일수록 감응도 계수는 커짐
- 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 영향력 계수는 차세대 해양생물

유전체 활용부문의 최종수요가 한 단위 발생할 때 중간재로 사용되는 타 산업부문에 미치는 영향력을 의미

- 영향력 계수로 파악할 수 있는 후방연쇄효과는 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 산출물을 최종재로 보고 다른 산업의 산출물을 차세대 해양생물 유전체 활용부문에서의 생산을 위한 원료로 파악
- 일반적으로 생산과정에서 여러 산업으로부터 중간재를 필요로 하는 산업일수록 영향력 계수는 커짐
- 감응도 계수의 평균과 영향력 계수의 평균은 정확하게 1이므로 1보다 낮으면 평균보다 낮으며, 1보다 크면 평균보다 크다고 볼 수 있음
- 각 산업별 감응도 계수는 제1차 금속제품 부문이 2.1698로 가장 크며, 화학제품과 부동산 및 사업서비스 부문이 각각 1.9649 및 1.7799로 각각 2위 및 3위를 차지하고, 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 감응도 계수는 1.1476으로 7위를 차지함
- 감응도 계수가 1보다 크다는 것은 일반적인 경기가 활황일 때 차세대 해양생물 유전체 활용부문이 전반적으로 산업성장에 자극받는 정도가 작다는 것을 의미하는데, 즉 차세대 해양생물 유전체 활용부문은 경기변동에 영향을 받는 산업이라는 것을 의미하며, 중간수요적 성격을 가짐

<표 6-13> 한국은행 대분류 기준 29개 산업의 감응도 계수와 영향력 계수

산업 번호	부문명	감응도 계수 (전방연쇄효과)		영향력 계수 (후방연쇄효과)	
		값	순위	값	순위
1	농림수산물	0.8462	18	0.9676	19
2	광산물	0.5890	27	0.9070	21
3	음식료품	0.5242	29	0.5242	29
4	섬유 및 가죽제품	0.8048	19	1.0737	10
5	목재 및 종이제품	1.1013	10	1.0465	13
6	인쇄 및 복제	0.6710	22	1.0885	9
7	석유 및 석탄제품	1.2997	5	0.6135	28
8	화학제품	1.9649	2	1.0682	11
9	비금속광물제품	0.7494	21	1.0093	15
10	제1차 금속제품	2.1698	1	1.2333	4
11	금속제품	0.9806	14	1.2881	2
12	일반기계	0.8891	16	1.2444	3
13	전기 및 전자기기	1.0359	12	1.0078	16
14	정밀기기	0.6127	24	1.1028	8
15	수송장비	0.8891	17	1.2027	5
16	기타제조업제품	0.6452	23	1.1751	6
17	전력, 가스 및 수도	1.1400	8	0.7770	26
18	건설	0.6061	25	1.1165	7
19	도소매	1.3034	4	0.8792	22
20	음식점 및 숙박	1.0712	11	1.0582	12
21	운수	1.1176	9	0.8350	23
22	통신 및 방송	0.8901	15	0.9784	18
23	금융 및 보험	1.2589	6	0.9087	20
24	부동산 및 사업서비스	1.7799	3	0.8164	25
25	공공행정 및 국방	0.5400	28	0.8172	24
26	교육 및 보건	0.5982	26	0.7647	27
27	사회 및 기타서비스	0.7556	20	0.9987	17
28	기타	1.0186	13	1.4650	1
29	차세대 해양생물 유전체 활용부문	1.1476	7	1.0324	14

- 각 산업별 영향력 계수는 기타 부문이 1.4650으로 가장 높게 나타났으며, 금속제품 및 일반기계 부문이 각각 1.2881 및 1.2444로 2위 및 3위를 차지하였으며, 차세대 해양생물 유전체 활용부문은 1.0324로 1보다 크게 나타났음

- 영향력 계수가 1보다 크다는 것은 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 투자지출에 따른 경제적 파급효과, 즉 다른 산업을 견인하는 정도가 다른 부문보다 상대적으로 크다는 것을 의미함
- 따라서 차세대 해양생물 유전체 활용부문은 원시 산업적 성격 보다는 제조업형 성격을 가짐
- 차세대 해양생물 유전체 활용부문은 전방연쇄효과와 후방연쇄효과 모두 1보다 크기에 중간 수요적 제조업형이라 할 수 있음

[차세대 해양생물 유전체 활용부문에서의 투자가 타 산업에 미치는 파급효과]

- 차세대 해양생물 유전체 활용부문이 타 산업에 미치는 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과를 보다 엄밀하게 살펴볼 필요가 있음
- 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 1.0000원 투자는 타 산업의 생산을 0.7897원, 타 산업의 부가가치를 0.3078원 만큼 유발하며, 10억 원 투자는 타 산업의 취업을 9.7907명만큼 유발하는 것으로 분석되었음

<표 6-14> 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 경제적 파급효과

부문명칭	생산유발계수		부가가치 유발계수		취업유발계수	
	값(원)	순위	값(원)	순위	값 (명/10억원)	순위
농림수산물	0.1797	1	0.0937	1	5.8644	1
광산품	0.0010	26	0.0006	25	0.0043	25
음식료품	0.0000	28	0.0000	27	0.0000	27
섬유 및 가죽제품	0.0049	22	0.0015	20	0.0337	15
목재 및 종이제품	0.0203	10	0.0056	12	0.0790	10
인쇄 및 복제	0.0044	23	0.0017	19	0.0404	13
석유 및 석탄제품	0.0368	6	0.0075	8	0.0061	24
화학제품	0.1668	2	0.0335	4	0.3301	6
비금속광물제품	0.0064	20	0.0020	17	0.0204	19
제1차 금속제품	0.0154	12	0.0023	16	0.0118	23
금속제품	0.0136	13	0.0037	14	0.0681	11
일반기계	0.0070	18	0.0018	18	0.0270	17
전기 및 전자기기	0.0064	19	0.0014	22	0.0141	22
정밀기기	0.0094	15	0.0024	15	0.0526	12
수송장비	0.0061	21	0.0014	21	0.0146	21
기타제조업제품	0.0027	25	0.0008	24	0.0172	20
전력, 가스 및 수도	0.0266	9	0.0077	7	0.0291	16
건설	0.0031	24	0.0012	23	0.0266	18
도소매	0.0609	4	0.0356	3	1.4241	2
음식점 및 숙박	0.0161	11	0.0061	9	0.3309	5
운수	0.0352	7	0.0132	6	0.3453	4
통신 및 방송	0.0127	14	0.0056	11	0.0340	14
금융 및 보험	0.0403	5	0.0224	5	0.2098	7
부동산 및 사업서비스	0.0680	3	0.0461	2	0.5456	3
공공행정 및 국방	0.0005	27	0.0003	26	0.0043	26
교육 및 보건	0.0079	16	0.0060	10	0.1381	8
사회 및 기타서비스	0.0076	17	0.0039	13	0.1190	9
기타	0.0299	8	0.0000	27	0.0000	27
타 산업 효과	0.7897		0.3078		9.7907	
자기 산업 효과	1.0000		0.3713		5.6230	
합계	1.7897		0.6791		15.4137	

- 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 사업비 992억 원의 투자로 인해 생산유발효과는 총 1,775.4억 원, 부가가치 유발효과는 총 673.7억 원, 취업유발효과는 총 1,529명에 달하는 것으로 분석되었음

	자기 산업 효과	타 산업 효과	총 효과
생산 유발효과	1원당 1.0000원 992.0억 원	1원당 0.7897원 783.4억 원	1원당 1.7897원 1,775.4억 원
부가가치 유발효과	1원당 0.3713원 368.4억 원	1원당 0.3078원 305.3억 원	1원당 0.6791원 673.7억 원
취업 유발효과	10억 원당 5.6230명 558명	10억 원당 9.7907명 971명	10억 원당 15.4137명 1,529명

[그림 6-6] 차세대 해양생물 유전체 활용부문의 경제적 파급효과 결과의 종합화

별첨

□ 국내 자생 해양 동물 대상종 총 300종 선별

- 해양 절지동물 236종, 해양연체동물 116종, 해면동물 113종, 극피동물 28종, 태형동물 48종, 강장동물 157종, 동물플랑크톤 28종 등 총 726종 확보 (2012. 03 기탁등록보존기관 현재 집계 상황)
- 해양식물199종, 식물플랑크톤 495종 총 694종 확보 (2012. 03 기탁등록보존기관 현재 집계 상황)

<국내 자생 해양동·식물 유전체 분석 우선순위 선별 목록>

종수	분류	Scientific name (학명)	korean name (국명)
1	갈조류	<i>Ectocarpus</i> sp.	에크토카르푸스과
2	갈조류	<i>Cutleria cylindrica</i>	채찍말
3	갈조류	<i>Dictyopteris prolifera</i>	가시뼈대그물말
4	갈조류	<i>Padina arboresceas</i>	디크티오타과
5	갈조류	<i>Padina crassa</i>	분부챗말
6	갈조류	<i>Punctaria latifolia</i>	넓은미역식
7	갈조류	<i>Petrospongium rugosum</i>	바위주름
8	갈조류	<i>Colpomenia claytonii</i>	고리매과
9	갈조류	<i>Colpomenia peregrina</i>	반질볼레기말
10	갈조류	<i>Petalonia binghamiae</i>	미역식
11	갈조류	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	고리매
12	갈조류	<i>Sargassum fusiforme</i>	톳
13	갈조류	<i>Sargassum muticum</i>	경단구슬모자반
14	갈조류	<i>Ishige okamurae</i>	패
15	갈조류	<i>Undaria pinnatifida</i>	돌미역
16	갈조류	<i>Costaria costata</i>	곰피
17	갈조류	<i>Ecklonia cava</i>	감태
18	갈조류	<i>Saccharina japonica</i>	다시마
19	갈조류	<i>Coccophora langsfordii</i>	개모자반과
20	갈조류	<i>Ishige foliacea</i>	넓패
21	갈조류	<i>Undaria crenata</i>	다실미역
22	녹조류	<i>Caulerpa okamurae</i>	옥덩굴
23	녹조류	<i>Codium barbatum</i>	청각류
24	녹조류	<i>Codium subtubulosum</i>	말청각
25	녹조류	<i>Cladophora wrightiana</i>	갈색대마디말
26	녹조류	<i>Ulva compressa</i>	갈파래류
27	녹조류	<i>Ulva pertusa</i>	구멍갈파래
28	녹조류	<i>Codium tapetum</i>	우단청각
29	녹조류	<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	그물공말
30	녹조류	<i>Bryopsis stolonifera</i>	헛뿌리깃털말
31	녹조류	<i>Elachista falcata</i>	호미모자반털
32	녹조류	<i>Monosporus inkyui</i>	새외포자비단털
33	녹조류	<i>Chondria chejuensis</i>	제주서실
34	녹조류	<i>Chondria pellucida</i>	맑은서실
35	녹조류	<i>Chondrophycus kangjaewonii</i>	새고들서실

종수	분류	Scientific name (학명)	korean name (국명)
36	녹조류	<i>Laurencia intercalaris</i>	사이개서실
37	녹조류	<i>Neosiphonia flavimarina</i>	바다새붉은실
38	녹조류	<i>Acrochaetium inkyui</i>	제주나룻말
39	녹조류	<i>Codium spinulosum</i>	가시청각
40	해조류	<i>Desmarestia latifrons</i>	
41	해조류	<i>Silvetia siliquosa</i>	뜸부기
42	해조류	<i>Pterocladia tenuis</i>	왕개우무
43	해조류	<i>Gloiophycus koreanum</i>	
44	해조류	<i>Ceramium inkyuii</i>	국명없음(신종)
45	해조류	<i>Laurencia succulenta</i>	
46	현화식물	<i>Zostera marina</i>	잘피
47	홍조류	<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>	석목
48	홍조류	<i>Gelidium elegans</i>	우뭇가사리
49	홍조류	<i>Pterocladia capillacea</i>	개우무
50	홍조류	<i>Porphyra dentata</i>	잇바디돌김
51	홍조류	<i>Ceramium kondoi</i>	비단풀
52	홍조류	<i>Acrosorium flabellatum</i>	부채분홍잎
53	홍조류	<i>Delesseria serrulata</i>	비단풀목
54	홍조류	<i>Laurencia okamurae</i>	쌍발이개서실
55	홍조류	<i>Corallina officinalis</i>	참산호말
56	홍조류	<i>Caulacanthus ustulatus</i>	애기가시덤불
57	홍조류	<i>Hypnea asiatica</i>	갈고리가시우무
58	홍조류	<i>Hypnea flexicaulis</i>	가시무우과
59	홍조류	<i>Dumontia simplex</i>	두몬티아
60	홍조류	<i>Chondracanthus tenellus</i>	돌가사리
61	홍조류	<i>Chondrus crispus</i>	카라기난
62	홍조류	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	부챗살
63	홍조류	<i>Gracilaria textorii</i>	앞꼬시래기
64	홍조류	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	강리과
65	홍조류	<i>Carpopeltis affinis</i>	까막살속
66	홍조류	<i>Grateloupia asiatica</i>	지네지누아리
67	홍조류	<i>Grateloupia divaricata</i>	지누아리과
68	홍조류	<i>Grateloupia elliptica</i>	참도박
69	홍조류	<i>Grateloupia lanceolata</i>	가는개도박
70	홍조류	<i>Grateloupia turuturu</i>	지누아리과
71	홍조류	<i>Peyssonnelia caulifera</i>	자루바다표고
72	홍조류	<i>Nemalion helminthoides</i>	국수나물속
73	홍조류	<i>Desmarestia latifrons</i>	산말 속
74	홍조류	<i>Nemalion helminthoides</i>	국수나물속
75	홍조류	<i>Porphyra koreana</i>	김속
76	홍조류	<i>Acanthopeltis longiramulosa</i>	긴잎새발
77	홍조류	<i>Martensia albida</i>	명주비단망사
78	홍조류	<i>Martensia bibarii</i>	비단망사류
79	홍조류	<i>Martensia flammifolia</i>	민비단망사
80	홍조류	<i>Martensia jejuensis</i>	제주비단망사
81	홍조류	<i>Martensia palmata</i>	조막손비단망사
82	홍조류	<i>Martensia projecta</i>	도톨비단망사
83	홍조류	<i>Gelidium euconeum</i>	우뭇가사리류
84	홍조류	<i>Gelidium coreanum</i>	우뭇가사리류
85	홍조류	<i>Gelidium jejuensis</i>	우뭇가사리류
86	해초	<i>Monostroma grevillei</i>	그레빌레홀파래

종수	분류	Scientific name (학명)	korean name (국명)
87	해초	<i>Phyllospadix japonica</i>	계바다말
88	해초	<i>Zostera marina</i>	거머리말
89	자포동물	<i>Dendronephthya suensoni</i>	검붉은수지맨드라미
90	자포동물	<i>Dendronephthya putteri</i>	자색수지맨드라미
91	자포동물	<i>Dendronephthya alba</i>	흰수지맨드라미
92	자포동물	<i>Dendronephthya mollis</i>	연수지맨드라미
93	자포동물	<i>Dendronephthya castanea</i>	밤수지맨드라미
94	자포동물	<i>Dendronephthya gigantea</i>	큰수지맨드라미
95	자포동물	<i>Scleronephthya gracillimum</i>	분홍바다맨드라미
96	자포동물	<i>Euplexaura crassa</i>	둔한진총산호
97	자포동물	<i>Verrucella stellata</i>	별혹산호
98	자포동물	<i>Plexauroides complexa</i>	촉맵시산호
99	자포동물	<i>Plexauroides reticulata</i>	망상맵시산호
100	자포동물	<i>Plumarella adhaerans</i>	착생깃산호
101	자포동물	<i>Plumarella spinosa</i>	깃산호
102	자포동물	<i>Calicogorgia granulosa</i>	둥근컵산호
103	자포동물	<i>Alveopora japonica</i>	거품돌산호
104	자포동물	<i>Dendrophyllia cribrata</i>	유착나무돌산호
105	자포동물	<i>Dendrophyllia ijimai</i>	꽃나무돌산호
106	자포동물	<i>Dendrophyllia arbuscular</i>	관목나무돌산호
107	자포동물	<i>Myriopathes japonica</i>	각산호목
108	자포동물	<i>Myriopathes lata</i>	각산호목
109	자포동물	<i>Acalycigorgia grandiflora</i>	민가시산호
110	자포동물	<i>Actinia equina</i>	빨강해변말미잘
111	자포동물	<i>Anthopleura japonica</i>	갈색꽃해변말미잘
112	자포동물	<i>Anthopleura kurogane</i>	검정꽃해변말미잘
113	자포동물	<i>Anthopleura midori</i>	푸른꽃해변말미잘
114	자포동물	<i>Anthopleura dimorpha</i>	꽃총산호
115	자포동물	<i>Antipathes densa</i>	빛자루해송
116	자포동물	<i>Antipathes dubia</i>	해송
117	자포동물	<i>Antipathes grandiflora</i>	큰꽃해송
118	자포동물	<i>Bellonella rubra</i>	바다딸기
119	자포동물	<i>Caryophyllia japonica</i>	컵석산호
120	자포동물	<i>Cavernularia obesa</i>	바다선인장
121	자포동물	<i>Cirripathes anguina</i>	실해송
122	자포동물	<i>Cirripathes spiralis</i>	산호
123	자포동물	<i>Crispatotrochus niinoi</i>	니노컵돌산호
124	자포동물	<i>Culicia japonica</i>	흑돌산호
125	자포동물	<i>Dendronephthya spinulosa</i>	가시수지맨드라미
126	자포동물	<i>Dendrophyllia boschmai</i>	보슈마나무돌산호
127	자포동물	<i>Urticina crassicornis</i>	민가죽해변말미잘
128	자포동물	<i>Urticina coriacea</i>	가죽해변말미잘
129	자포동물	<i>Dichopsammia granulosa</i>	미립이분지돌산호
130	자포동물	<i>Euplexaura anastomosans</i>	유착진총산호
131	자포동물	<i>Flabellum pavonium</i>	부채돌산호
132	자포동물	<i>Goniocorella dumosa</i>	덤불각돌산호
133	자포동물	<i>Halcurias carlgreni</i>	별란말미잘
134	절지동물	<i>Acetes chinensis</i>	중국젓새우
135	절지동물	<i>Alpheus brevicristatus</i>	딱총새우
136	절지동물	<i>Ampithoe lacertosa</i>	태평양참엽새우
137	절지동물	<i>Archaeomysis japonica</i>	긴발딱총새우
138	절지동물	<i>Archaeomysis kokuboi</i>	동북곤쟁이

종수	분류	Scientific name (학명)	korean name (국명)
139	절지동물	<i>Argis lar</i>	진흙새우
140	절지동물	<i>Asthenognathus inaequipus</i>	참방게
141	절지동물	<i>Charybdis (Charybdis) japonica</i>	민꽃게
142	절지동물	<i>Charybdis (Gonioneptunus) bimaculata</i>	두점박이민꽃게
143	절지동물	<i>Chionoecetes japonicus</i>	홍게
144	절지동물	<i>Chionoecetes opilio</i>	대게
145	절지동물	<i>Chiromantes dehaani</i>	말뚝게
146	절지동물	<i>Chthamalus challengenri</i>	조무래기따개비
147	절지동물	<i>Dardanus arrosor</i>	털줄원손집게
148	절지동물	<i>Diogenes edwardsii</i>	넓적원손집게
149	절지동물	<i>Dromia wilsoni</i>	솜털문히
150	절지동물	<i>Exopalaemon carinicauda</i>	오목손참집게
151	절지동물	<i>Exopalaemon orientis</i>	가시게불이
152	절지동물	<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	대하
153	절지동물	<i>Gaetice depressus</i>	납작게
154	절지동물	<i>Helicana japonica</i>	조개치레
155	절지동물	<i>Helice tridens</i>	방게
156	절지동물	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	풀게
157	절지동물	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	무늬발게
158	절지동물	<i>Ibacus ciliatus</i>	부채새우
159	절지동물	<i>Ibacus novemdentatus</i>	아홉니부채새우
160	절지동물	<i>Lebbeus groenlandicus</i>	가시배새우
161	절지동물	<i>Lepas anserifera</i>	조개삿갓
162	절지동물	<i>Leptochela gracilis</i>	돛대기새우
163	절지동물	<i>Leptodius exaratus</i>	부채게
164	절지동물	<i>Macrobrachium koreana</i>	두드럭징거미새우
165	절지동물	<i>Macromedaeus distinguendus</i>	꽃부채게
166	절지동물	<i>Macrophthalmus (Macrophthalmus) abbreviates</i>	길게
167	절지동물	<i>Macrophthalmus (Mareotis) japonicus</i>	칠게
168	절지동물	<i>Marsupenaeus japonicus</i>	보리새우
169	절지동물	<i>Metanephrops thomsoni</i>	가시발새우
170	절지동물	<i>Metapenaeus joyneri</i>	중하
171	절지동물	<i>Micippa thalia</i>	누덕옷게
172	절지동물	<i>Ocypode stimpsoni</i>	달랑게
173	절지동물	<i>Oratosquilla oratoria</i>	갯가재
174	절지동물	<i>Orithyia sinica</i>	범게
175	절지동물	<i>Pachygrapsus crassipes</i>	바위게
176	절지동물	<i>Pagurus filholi</i>	참집게
177	연체동물	<i>Aplysia kurodai</i>	군소
178	연체동물	<i>Charonialampa ssauliae</i>	담색나팔고둥
179	연체동물	<i>Ellobium chinense</i>	대추귀고둥
180	연체동물	<i>Meretrix lusoria</i>	백합
181	연체동물	<i>Conus fulmen</i>	청자고둥과
182	연체동물	<i>Nordotis madaka</i>	북방전복
183	연체동물	<i>Corbicula japonica</i>	기수재첩
184	연체동물	<i>Virgiconus flavidus</i>	상감청자고둥
185	연체동물	<i>Clithon retropictus</i>	기수갈고둥

종수	분류	Scientific name (학명)	korean name (국명)
186	연체동물	<i>Lithophaga curta</i>	애기돌맛조개
187	연체동물	<i>Teredo navalis</i>	좀조개
188	연체동물	<i>Solen (Solen) strictus</i>	맛조개
189	연체동물	<i>Nerita (Theliostyla) albicilla</i>	큰입술갈고둥
190	연체동물	<i>Hypselodoris festiva</i>	파랑 갯민숭 달팽이
191	연체동물	<i>Lasaea undulata</i>	
192	연체동물	<i>Sulculus diversicolor</i>	마대오분자기
193	연체동물	<i>Tegillarca granosa</i>	꼬막
194	연체동물	<i>Octopus ocellatus</i>	쭈꾸미
195	연체동물	<i>Scapharca broughtonii</i>	피조개
196	연체동물	<i>Octopus dofleini</i>	참문어
197	연체동물	<i>Octopus minor</i>	낙지
198	연체동물	<i>Loligo bleekeri</i>	화살오징어
199	연체동물	<i>Sepia esculenta</i>	참갑오징어
200	연체동물	<i>Turbo (Batillus) cornutus</i>	소라
201	연체동물	<i>Crassostrea gigas</i>	굴
202	식물플랑크톤	<i>Alexandrium catanella</i>	
203	식물플랑크톤	<i>Amphidinium carterae</i>	
204	식물플랑크톤	<i>Bacteriastrium hyalinum</i> var. <i>princeps</i>	
205	식물플랑크톤	<i>Botryococcus braunii</i>	
206	식물플랑크톤	<i>Caloneis crassa</i>	
207	식물플랑크톤	<i>Chaetoceros simplex</i>	
208	식물플랑크톤	<i>Chattonella subsalsa</i>	
209	식물플랑크톤	<i>Chlamydomonas segnis</i>	
210	식물플랑크톤	<i>Chlorella vulgaris</i>	
211	식물플랑크톤	<i>Cocconeis placentula</i>	
212	식물플랑크톤	<i>Corethron pelagicum</i>	
213	식물플랑크톤	<i>Coscinodiscus rothii</i>	
214	식물플랑크톤	<i>Dunaliella salina</i>	
215	식물플랑크톤	<i>Gonyaulax spinifera</i>	
216	식물플랑크톤	<i>Gyrodinium falcatum</i>	
217	식물플랑크톤	<i>Haematococcus capensis</i>	
218	식물플랑크톤	<i>Heterocapsa triquetra</i>	
219	식물플랑크톤	<i>Isochrysis galbana</i>	
220	식물플랑크톤	<i>Licmophoragracilis</i>	
221	식물플랑크톤	<i>Lyngbya aerugineo-coerulea</i>	
222	식물플랑크톤	<i>Microcystis flos-aquae</i>	
223	식물플랑크톤	<i>Nannochloris oculata</i>	
224	식물플랑크톤	<i>Nannochloropsis salina</i>	
225	식물플랑크톤	<i>Navicula cancellata</i>	
226	식물플랑크톤	<i>Nitzschia pungens</i>	
227	식물플랑크톤	<i>Nostoc commune</i>	
228	식물플랑크톤	<i>Pavlovalutheri</i>	
229	식물플랑크톤	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	

종수	분류	Scientific name (학명)	korean name (국명)
230	식물플랑크톤	<i>Phormidium lucidum</i>	
231	식물플랑크톤	<i>Pleurosigma angulatum</i>	
232	식물플랑크톤	<i>Porphyridium cruentum</i>	
233	식물플랑크톤	<i>Prorocentrum minimum</i>	
234	식물플랑크톤	<i>Rhizosolenia alata</i>	
235	식물플랑크톤	<i>Rhodomonas salina</i>	
236	식물플랑크톤	<i>Scrippsiella spinifera</i>	
237	동물플랑크톤	<i>Paracyclops nana</i>	
238	동물플랑크톤	<i>Sinocalanus tenellus</i>	
239	동물플랑크톤	<i>Tigriopus japonicus</i>	
240	동물플랑크톤	<i>Neotachidius parvus</i>	
241	동물플랑크톤	<i>Brachionus plicatilis</i>	
242	동물플랑크톤	<i>Fabrea salina</i>	
243	동물플랑크톤	<i>Tisbe cf. teuera</i>	
244	동물플랑크톤	<i>Moina sp.</i>	
245	해면동물	<i>Jaspis wondoensis</i>	
246	해면동물	<i>Erylus nobilis</i>	
247	해면동물	<i>Spirastrellaabata</i>	나선벌해면
248	해면동물	<i>Discodermia calyx</i>	
249	해면동물	<i>Phorbasgukhulensis</i>	
250	해면동물	<i>Plakortis simplex</i>	
251	해면동물	<i>Tetilla hwasunensis</i>	신종
252	해면동물	<i>Cinachyrella unjinensis</i>	신종
253	해면동물	<i>Stelletta spinulosa</i>	신종
254	해면동물	<i>Asteropus plumosa</i>	신종
255	해면동물	<i>Poecillastra wondoensis</i>	신종
256	해면동물	<i>Dipastrella yongmeriensis</i>	신종
257	해면동물	<i>Stylocordyla koreana</i>	신종
258	해면동물	<i>Suberites mammilaris</i>	신종
259	해면동물	<i>Suberites weadoensis</i>	신종
260	해면동물	<i>Homaxinella arbora</i>	신종
261	해면동물	<i>Tethya songakensis</i>	신종
262	해면동물	<i>Discodermia kiiensis</i>	
263	해면동물	<i>Discodermia panopolia</i>	
264	해면동물	<i>Discodermia emarginate</i>	
265	해면동물	<i>Discodermia japonica</i>	판가죽해면
266	해면동물	<i>Theonella swinhoei</i>	꼬는해면
267	해면동물	<i>Microscleroderma hirsutum</i>	
268	해면동물	<i>Clathria(Microcion) sinyangensis</i>	신종
269	해면동물	<i>Iotrochota rutzleri</i>	신종
270	해면동물	<i>Tedania(Tedania) rhoi</i>	신종
271	해면동물	<i>Tedania(Tedania) songakensis</i>	신종
272	해면동물	<i>Biemna chujaensis</i>	신종
273	해면동물	<i>Biemna jeolmyongensis</i>	신종
274	해면동물	<i>Esperriopsos chindoensis</i>	신종
275	해면동물	<i>Mycale(Naviculina) ullengensis</i>	신종
276	해면동물	<i>Mycale(Mycale) geojensis</i>	신종
277	해면동물	<i>Mycale(Mycale) chujaensis</i>	신종
278	해면동물	<i>Mycale(Oxymycale) rhoi</i>	신종

종수	분류	Scientific name (학명)	korean name (국명)
279	해면동물	<i>Phakellia elegans</i>	맵시해면
280	해면동물	<i>Lipastrotethya hilgendorfi</i>	
281	해면동물	<i>Halichondria okadai</i>	검정해변해면
282	해면동물	<i>Halichondria hongdoensis</i>	신종
283	해면동물	<i>Halichondria nagokenesis</i>	신종
284	해면동물	<i>Halichondria jangseungensis</i>	신종
285	태형동물	<i>Bicellariella fragilis</i>	신종
286	태형동물	<i>Parasmittina contraria</i>	측입이끼벌레
287	태형동물	<i>Watersipora platypora</i>	큰입이끼벌레
288	극피동물	<i>Luidia quinaria</i>	검은띠불가사리
289	극피동물	<i>Certonardoa semiregularis</i>	빨강불가사리
290	극피동물	<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리
291	극피동물	<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리
292	극피동물	<i>Aphelasterias japonica</i>	아펠불가사리
293	극피동물	<i>Distolasterias nipon</i>	일본불가사리
294	극피동물	<i>Ophioplocus japonicus</i>	거미불가사리
295	극피동물	<i>Ophiomastix mixta</i>	빨간등거미불가사리
296	극피동물	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	말뚝성게
297	극피동물	<i>Strongylocentrotus intermedius</i>	북쪽말뚝성게
298	극피동물	<i>Strongylocentrotus nudus</i>	동근성게
299	극피동물	<i>Heliocidaris crassispina</i>	보라성게
300	극피동물	<i>Sichopus japonicus</i>	

