



연안생태계 복원지 선정기준 및 절차

김종성, 권봉오
서울대 지구환경과학부 및 해양연구소



서울대학교
지구환경과학부

1. 해양생태계 복원 기획연구

1.1. 연구 배경 및 필요성

1.2. 연구 목적



생태적 재개발 화두



1.1. 연구 배경 및 필요성 – 연구의 시급성

현안 vs. 대안의 관점



● 해양생물·서식지 훼손 심각 **현안**

- 산업화, 공업화, 도시화 결과 해양생물 및 서식지 파괴가 심각해짐
- 해양수산물의 과잉어획과 남획이 지속됨
- 생태관광 등 연안이용도 증가에 따른 친환경적 접근방식의 **‘구체화’** 필요

● 해양생태·서식지 복원기술 부족 **대안**

- 해양생물종 복원에 비해 해양서식지 복원 노력이 상대적으로 부족함
- 해양생태복원 기술개발에 대한 관심 및 투자가 요구됨
- 해양생태복원 **‘국가기본계획’**의 부재



훼손된 해양생태계의 현황 및 원인 파악 필요

생태계 기능복원 및 손실방지를 위한 **국가전략 수립**



1.1. 연구 배경 및 필요성 – 연구의 필요성

기술적-경제산업적-사회문화적 측면

- 해양생태 복원은 융합기술의 특성
- 복원/시공기술의 세계적 선도
- 복원 전문인력 및 중소기업체 육성

기술적
측면

경제산업적
측면

- 기존 정책은 규제/공공투자 위주
- 해양생태 관광 등 산업화 전략
- 복원산업의 경제산업적 가치

- 해양생태계에 관심/인식 고조
- 연안해양의 이용 확대/서비스
- 해양생태산업에의 기여

사회문화적
측면



1.2. 연구 목적

기획연구 세부 목표 및 내용



해양생태복원 국가전략의 수립

- 해양생태계(서식처 별) 복원 기술트리 작성
- 해양생태계 복원기술 개발 중장기 계획 수립

2. 해양생태계 복원 기술개발 동향

2.1. 정책동향 및 법률체계 분석

2.2. 기술수준 분석

2.3. 국외(선진국) 사례분석

2.4. 국내 사례분석

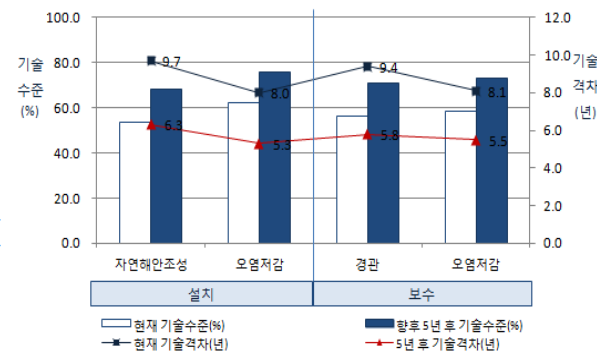
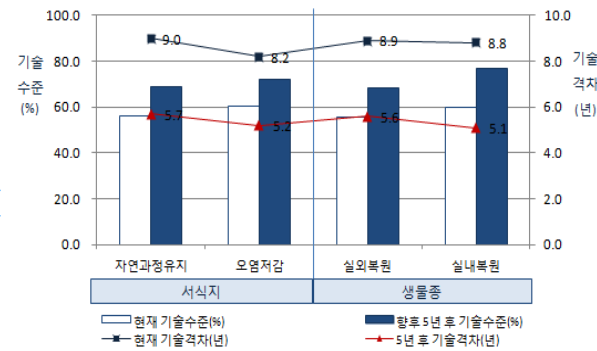
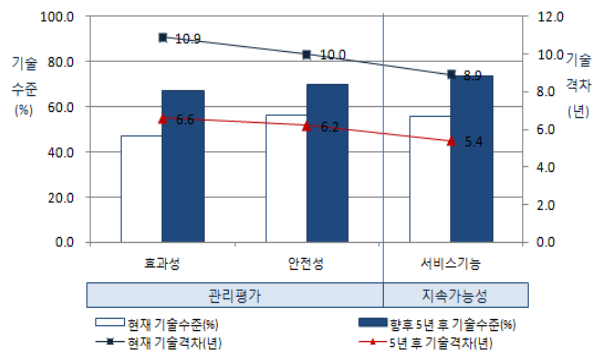
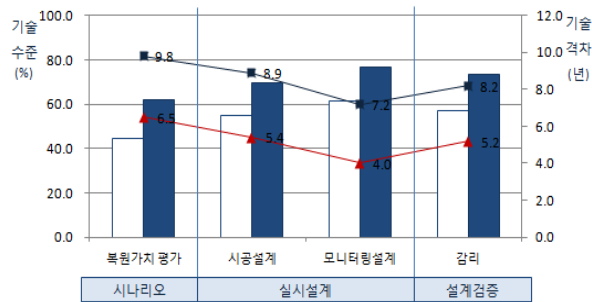
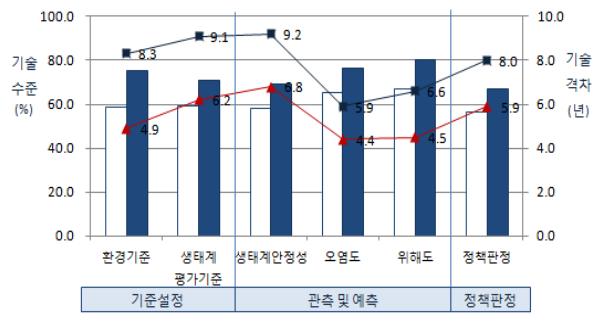
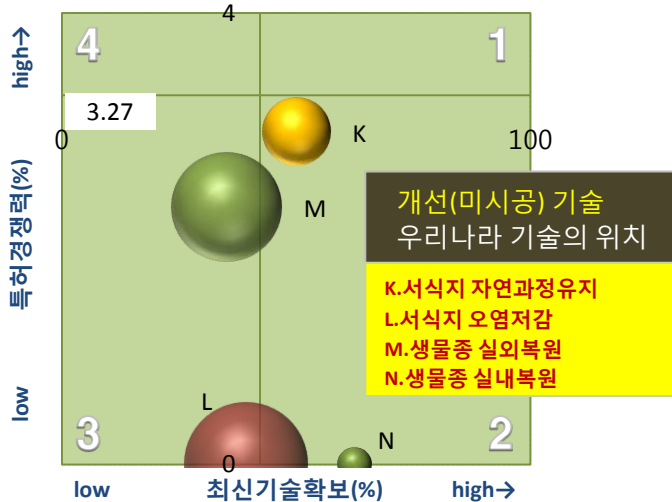
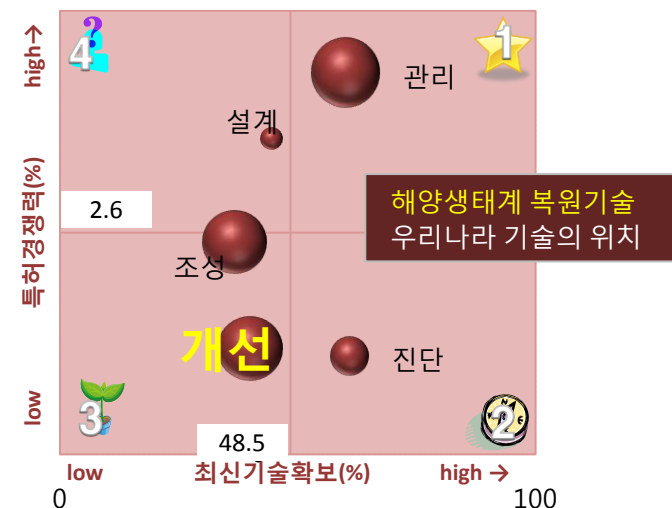
2.5. 시사점 도출

2.1. 정책동향 및 법률체계 분석

관련법	해당조항	시사점
해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률	<ul style="list-style-type: none"> • 주변국가와의 공동조사, 연구, 복원, 복구 협력사업 실시(제8조) • 해양생태도의 작성(제12조) • 회유성해양동물의 보호(제16조) • 보호대상해양생물의 보전(제19조) • 해양생물다양성의 연구·기술개발(제39조) 	<ul style="list-style-type: none"> • 복원기술 개발 근거 규정 상당수 포함 • 복원 정책 효과적 추진 위해 보호대상 해양생물의 복원/증식 기술 등의 기술개발 추진 필요 • 일부 연구기술개발에 그치고 있음
해양환경관리법	<ul style="list-style-type: none"> • 해양환경 관련 과학기술 및 국제협력의 추진(제6조) • 해양환경개선조치(제18조) 	
수산자원관리법	<ul style="list-style-type: none"> • 수산자원관리기술 연구개발(제5조) 	
연안관리법	<ul style="list-style-type: none"> • 자연해안관리목표제(제32조) 	<ul style="list-style-type: none"> • 개정법에 도입된 ‘연안용도해역제도’, ‘연안해역기능구제도’, ‘연안해역적성평가’ 등을 실시 위해 연안조사/평가기술/측량기술 개발 연구 필요 • 연안침식방지 및 복원기술, 기후변화 대응 연안정비기술 등 활성화 위한 정책적 관심 필요
습지보전법	<ul style="list-style-type: none"> • 훼손된 습지의 관리(제17조) • 인공습지의 조성·관리 권장(제 18조) 보고 및 조사 등(제22조) 	<ul style="list-style-type: none"> • 훼손된 연안습지 복원, 인공습지 조성 위한 비용효과적 관련 기술개발 중요성이 커지고 있음. • 연안습지 모니터링, 연안습지 변화예측기술개발, 연안습지복원기술 개발사업 등이 진행 중이거나 진행되었으나, 아직 성숙단계에 이르지 못함 • 인공습지 조성, 훼손된 습지의 복원 및 관리, 습지 활용을 위한 기술 개발 강화필요
하천법	<ul style="list-style-type: none"> • 유역조사의 실시(제16조) • 수문조사의 실시(제17조) • 수문조사환경의 최적화(제20조) • 수자원 자료의 정보화(제22조) 	<ul style="list-style-type: none"> • 하구역관리기술 개발사업은 하구역 관리/보전/복원을 위한 제반 기술개발을 목적으로 하고 있음. • 동 기술개발 확대/개편 하구오염 방지, 하구 통합관리모델 개발, 하구생태계의 복원 추진 필요

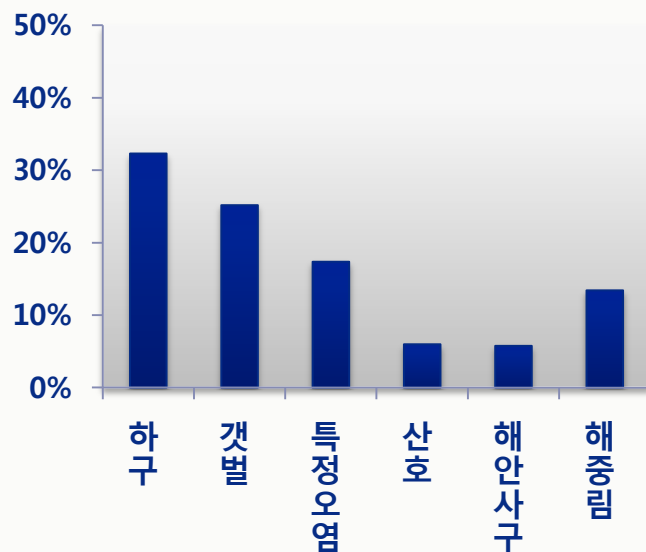
2.2. 기술수준 분석 - 특허분석

국내 특허 및 기술수준 분석

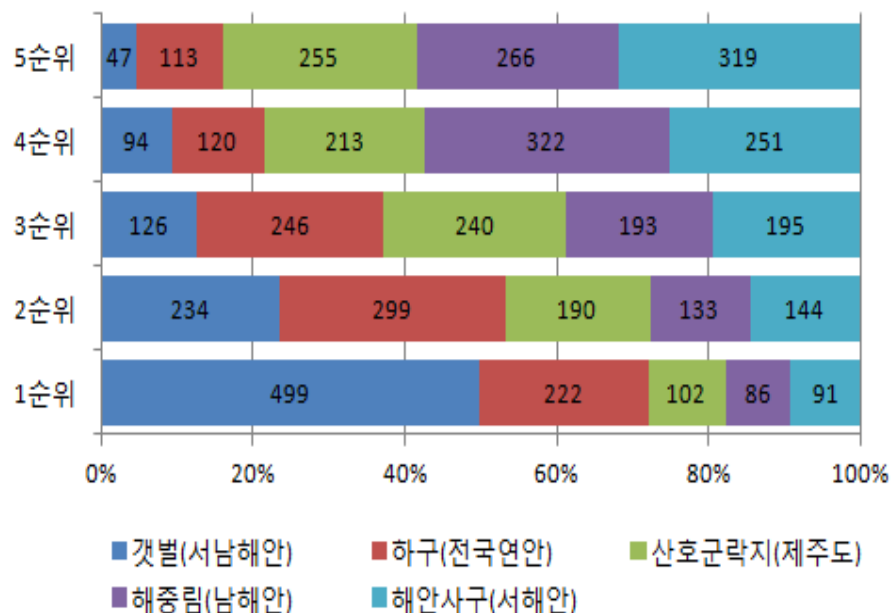


2.2. 기술수준 분석 – 복원 대상지 선호도 분석

복원 대상지 선호도 조사



해양생태복원 서식지 선호도 전문가 조사, n=26




해양생태계 관리에 대한 국민의견 조사, n=1,000

- **전문가** 조사 결과 **해양생태계복원 우선순위는 하구**가 가장 높은 것으로 조사됨
- **대국민** 설문조사 결과 **우선순위는 갯벌**이 가장 높은 것으로 나타남.
- 두 조사 모두 하구 및 갯벌이 선호도의 60% 정도를 차지한 것으로 나타나 **하구 또는 갯벌의 복원이 상대적으로 중요함**을 시사함.

2.3. 국외(선진국) 사례분석 – 국외 대표 복원프로그램

국외 해양생태복원 프로그램의 예

환경보전 계획사업 (중국 환경부)



China: 12th 5-year Plan for Environmental Protection

12 January 2012

In mid-December of 2011 Chinese State Council, State Council, published the Twelfth Five Year Plan for Environmental Protection (2011-2015), numbered in State Council Order No. 611. It is the first time that environmental protection is included in the central government's five-year plan for the first time.

- 중국 환경부에서 선정한 12개의 5개 주요사업으로 선정됨
- 2011 - 현재
- 주로 수질과 오염물질 저감 위주

Puget Sound 생태복원 프로그램



Puget Sound Sound Science Ecosystem Restoration Project

The Puget Sound Sound Science Ecosystem Restoration Project (PSSERP) is one of the largest habitat restoration and preservation programs ever undertaken in the United States. It is a multi-agency effort to restore and enhance the health of Puget Sound Bay, one of the most biologically diverse and productive estuaries in the world.

- 주요 서식지 복원 (하구역, 만, 비치, 암반 등) (US EPA 지원)
- 2004년 - 현재
- 매년 약 천만 달러

NOAA 서식지 보전 프로그램



NOAA 서식지 보전 프로그램

The NOAA Habitat Conservation Program (HCP) is a federal program that provides technical and financial assistance to state and local governments, private organizations, and individuals to restore and enhance the health of coastal and estuarine ecosystems.

- 개발, 기후변화, 기타 환경 스트레스로 파괴된 연안 서식환경 복원 (NOAA 주도)
- 1996년 - 현재
- 매년 약 4천만 달러 예산

Salton Sea 생태계 복원 프로그램



Salton Sea 생태계 복원 프로그램

The Salton Sea is a large body of water located on the border between California, USA and Baja California, Mexico. It is one of the most degraded and polluted bodies of water in the world. The California Department of Water Resources (CDWR) is leading a major effort to restore the health of the Salton Sea.

- Salton Sea의 물고기 및 야생 동물종 및 생태환경 복원 (캘리포니아 주정부 주도)
- 2003년 - 현재
- 매년 약 천만 달러 예산

EU WISER 프로젝트 (유럽연합)

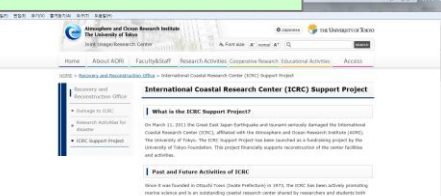


EU WISER 프로젝트 (유럽연합)

The WISER project has developed methods for assessing and restoring aquatic ecosystems. It is a multi-agency effort to restore and enhance the health of coastal and estuarine ecosystems.

- 생태환경 평가 및 복원 통합관리
- 16개국 25개 연구소 참여
- 2012년 1단계 사업종료 (2009~)
- 생태 상태진단 시스템 구축

ICRC 프로젝트 (AORI)



ICRC 프로젝트 (AORI)

The International Coastal Research Center (ICRC) is a multi-agency effort to restore and enhance the health of coastal and estuarine ecosystems. It is a multi-agency effort to restore and enhance the health of coastal and estuarine ecosystems.

- 쓰나미로 파괴된 생태환경 복원 (동경대 대기해양연구소)
- 2011년 - 현재

2.3. 국외(선진국) 사례분석 - 하구

서식지 복원사례 하구



지역	미국, 체사피크만
기간	1983년-현재
타겟	하구의 복원
참고	Chesapeake Bay Program, 2012

복원지역중요성

- 북미 최대규모 하구역
- 3,700종 생물 서식지
- 수산업, 관광산업
- 지역사회 전통/문화

복원배경

- 수질문제, 적조발생
- 물고기 폐사
- 화학물질 오염
- 서식지 훼손
- 생태계 먹이망 훼손

복원방법

- 해초지(잘피) 식재
- 굴 암초 복원
- 어도 복원
- 습지 복원

복원결과

- 복원 진행중

갯벌	산호 군락	특정 해역
하구	해안 사구	해중림

체사피크만의 복원

미국

2012년

2.3. 국외(선진국) 사례분석 – 해안사구

서식지 복원사례 해안사구



지역 프랑스, 카네앵 루시옹 해변

기간 2006년-2010년

타겟 해안사구의 복원

참고 S. Grosset et al., 2010

복원지역중요성

- 해양생물의 다양한 자연 서식처들이 풍부

복원배경

- 관광활동에 의해 해안 사구가 파괴

복원방법

- 사구 재건설
- 모래고정 펜스설치
- 사구 펜스 설치
- 생물학적 섬유 사용

복원결과

- 복원 5년 후 식물의 피도 증가
- 식물종의 다양성 증가
- 식물종의 풍부도 증가

갯벌	산호 군락	특정 해역
하구	해안 사구	해중림

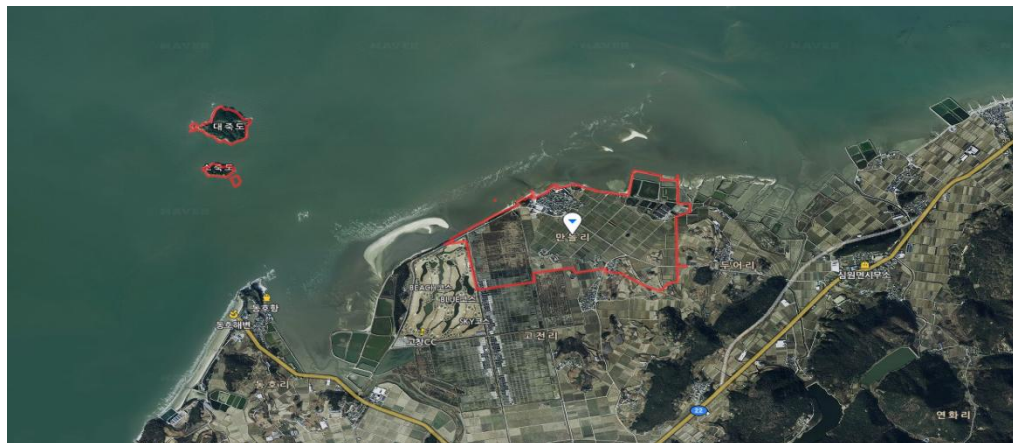
카네앵 루시옹 해변 해안사구의 복원

프랑스

2010년

2.4. 국내 사례분석 – 갯벌

서식지 복원사례 고창 갯벌



지역	한국, 전북 고창군
기간	2010-2013년
타겟	갯벌 염습지복원-폐양식장
참고	갯벌복원을 위한 기술지침 및 계획수립

복원지역중요성

- 관광의 가치가 높은 갯벌

복원내용

- 양식장으로 사용하던 곳을 갯벌로 복원하고 염습지를 조성하여 생태공원 조성

문제점

- 복원 개념이 아닌 해수 차단 방식으로 시공
- 사업진행 시 모니터링 실시되지 않음

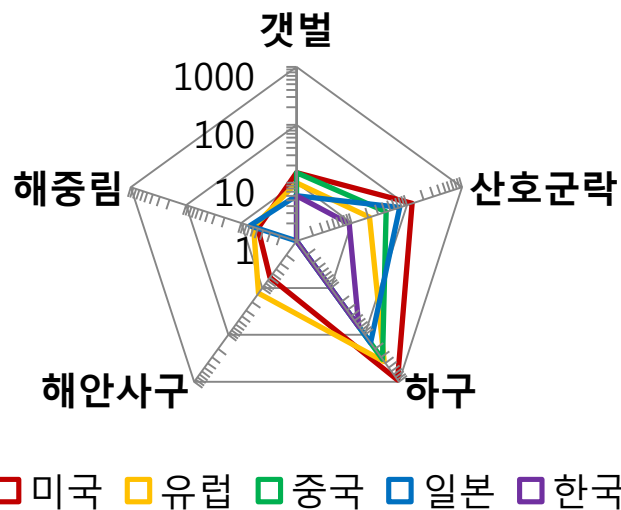
복원방법

- 제방축조(7516m)
- 배수갑문 5개소 설치
- 염습지 2개소 설치
- 염생식물/갈대군락지 조성

갯벌	산호 군락	특정 해역	고창군 갯벌의 복원		한국
하구	해안 사구	해중림			2010년

2.5. 시사점 도출 – 연구현황 분석

국내외 연구현황 요약 발표논문기준

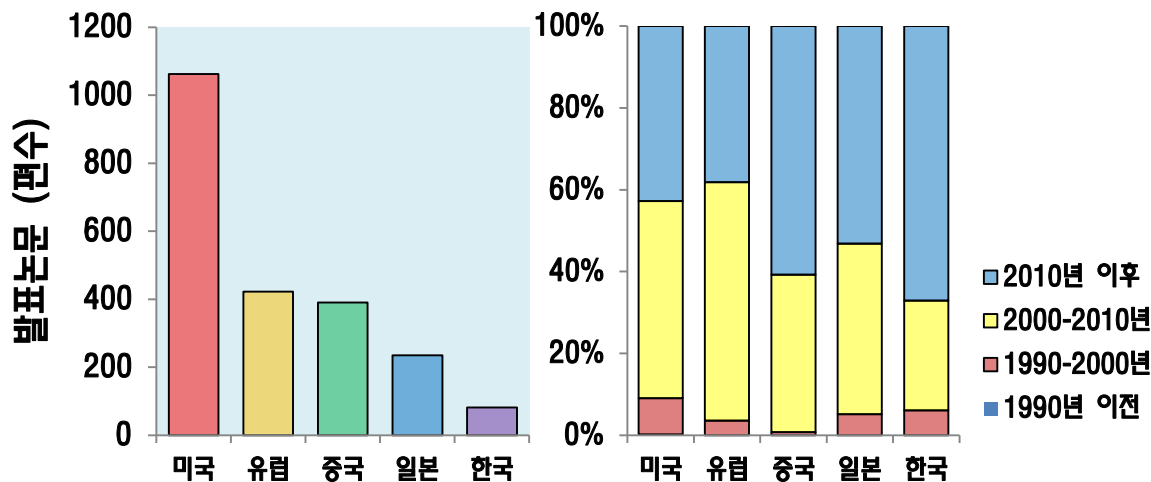


1. 국내 연구수준

- 총 82편 연구결과 발표.
- 미국대비 1/10수준임.
- 중국, 일본 대비 절반수준

2. 시기별 연구현황

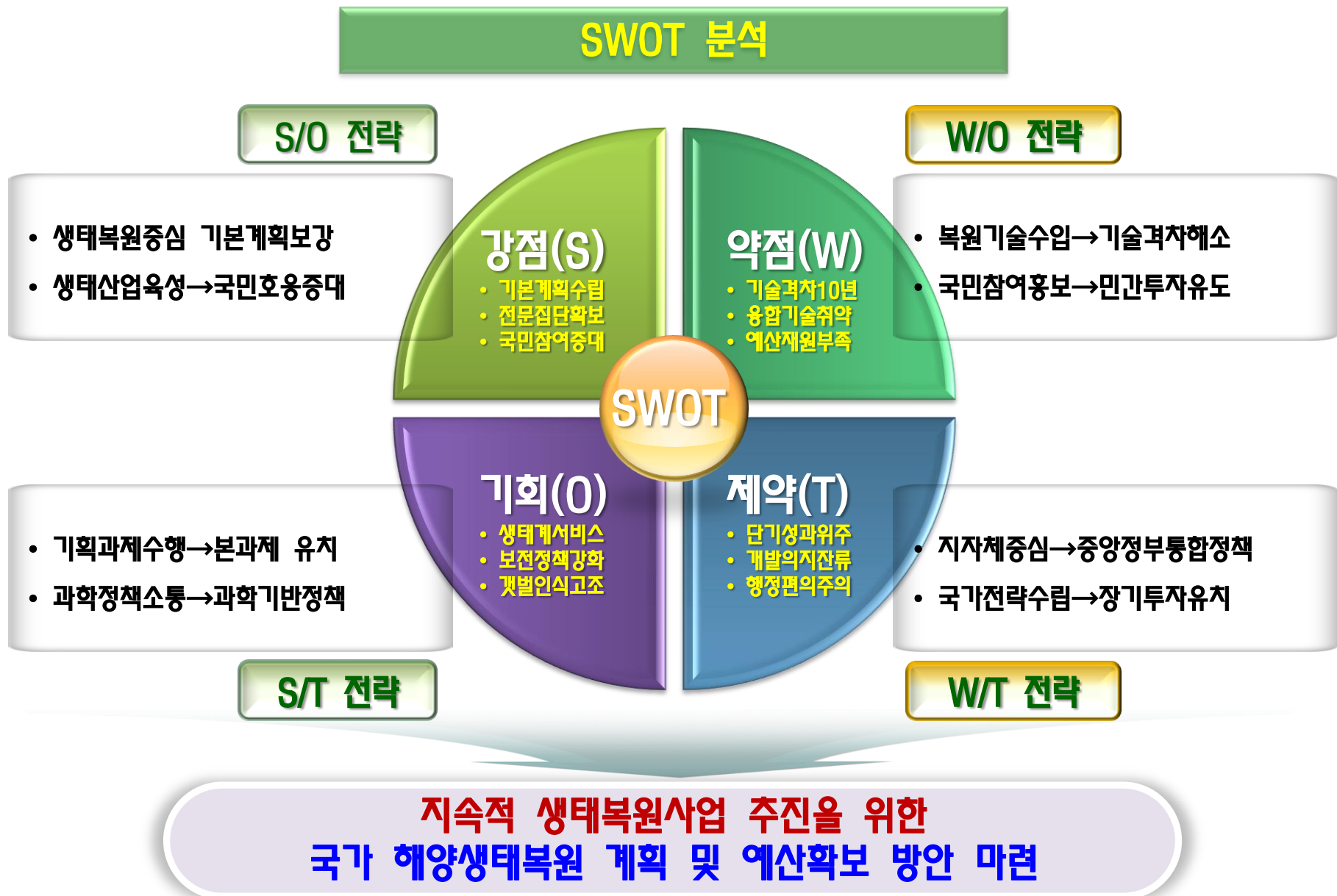
- 국외 1990년대부터 연구활발
- 국내 2010년대 이후 증가
- 대체로 다른 국가에 비해 취약



3. 서식지별 연구현황 분석

- 전체의 약 80%가 하구복원
- 갯벌과 산호군락 연구 증가추세
- 해안사구, 해중림 복원연구 취약

2.5. 시사점 도출 - 종합



3. 연구개발 추진계획

3.1. 해양생태계 복원 기술트리

3.2. 해양생태계 복원 중장기계획

3.3. 중점추진분야별 연구개발로드맵

3.4. 서식지별 복원사업 계획

3.1. 해양생태계 복원 기술트리 – Overview



3.1. 해양생태계 복원 기술트리 - 기술수준 및 격차 분석

기술별 수준 및 격차 분석

해양생태계 복원기술트리			기술수준	기술격차
목적기능	기본기능	2차기본기능	(%)	(년)
진단	기준설정	환경기준	58.4	8.3
		생태계평가기준	59.0	9.1
	관측 및 예측	생태계안정성	57.8	9.2
		오염도	65.2	5.9
		위해도	66.9	6.6
	의사결정	정책판정	56.4	8.0
설계	시나리오	복원가지 평가	44.5	9.8
	실시설계	시공설계	54.6	8.9
		모니터링설계	61.5	7.2
	설계검증	감리	57.3	8.2
개선 (미시공)	서식지	자연과정유지	56.3	9.0
		오염저감	60.6	8.2
	생물종	실외복원	55.6	8.9
		실내복원	59.7	8.8
조성 (시공)	설치	자연해안조성	53.3	9.7
		오염저감	62.5	8.0
	보수	경관	56.1	9.4
		오염저감	58.7	8.1
관리	관리평가	효과성	47.3	10.9
		안전성	56.3	10.0
	지속가능성	서비스기능	55.6	8.9
평균			57.3	8.6

해양생태계 복원기술트리			중요성	시급성	파급 효과
목적기능	기본기능	2차기본기능			
진단	기준설정	환경기준	4.5	4.4	3.8
		생태계평가기준	4.3	4.2	3.7
	관측 및 예측	생태계안정성	4.3	4.1	3.6
		오염도	4.1	4.2	3.9
		위해도	4.1	4.1	3.9
	의사결정	정책판정	4.2	4.3	3.7
설계	시나리오	복원가지 평가	4.2	4.0	3.9
	실시설계	시공설계	3.8	3.6	3.9
		모니터링설계	3.8	3.5	3.9
	설계검증	감리	3.8	3.6	3.9
개선 (미시공)	서식지	자연과정유지	3.8	3.6	3.4
		오염저감	4.2	4.0	3.8
	생물종	실외복원	3.8	3.7	3.2
		실내복원	3.5	3.6	3.6
조성 (시공)	설치	자연해안조성	3.8	3.8	3.5
		오염저감	3.9	3.9	3.3
	보수	경관	3.4	3.2	3.1
		오염저감	3.5	3.5	3.4
관리	관리평가	효과성	4.1	3.9	3.8
		안전성	3.5	3.5	3.8
	지속가능성	서비스기능	3.7	3.4	3.9
평균			3.9	3.8	3.7

3.2. 해양생태계 복원 - 중장기계획

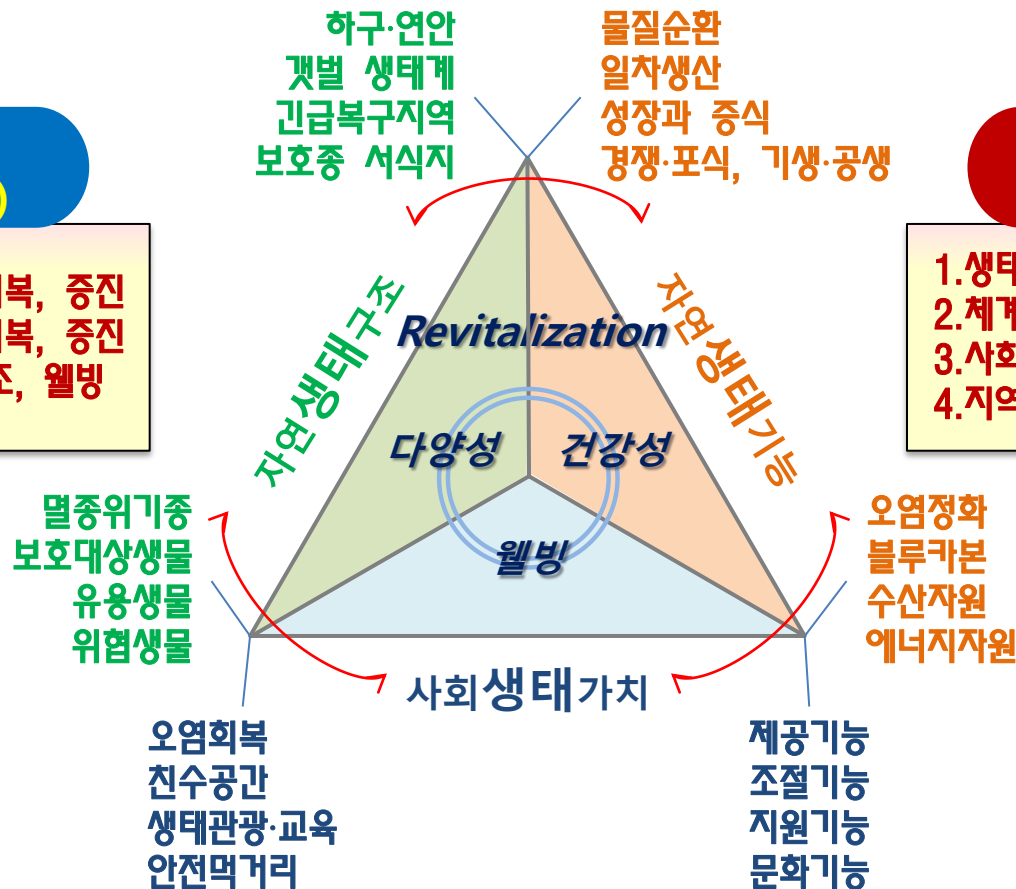
해양생태복원의 비전 & 목표

비전 (Vision)

1. 생태계 구조의 회복, 증진
2. 생태계 기능의 회복, 증진
3. 사회생태가치 창조, 웰빙

목표 (Goal)

1. 생태복원기술 개발
2. 체계적인 관리기술 확보
3. 사회인식 고취
4. 지역경제 활성화



대분야
중분야
요소기술

분야		복원여부 사전 진단										트리	요소기술
단계		1단계			2단계				3단계				
기관		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
기간별 주요 목표		· 일반 해양환경기준 설정 · 생물다양성 분석기술 · 해양 바이오옴 설계			· 해역별 해양환경기준 설정 · 바이오옴 이용 생태계 구조/기능 분석 · 해수순환과 생태계 예측 모델링 기술 · 생태계 지표 개발 · 고유종, 보호대상해양생물 관리기술 · 서식지 분류와 보호지역 선정과 관리				· 용도별 해양환경기준 설정 · 장기생태계 변동 분석 및 예측 · 실시간 생태 정보 획득기술 · 자연력 이용 생태계 기능개선 · 생태계 보존/훼손 복원기술 · 해양생물/생태 정보서비스				
핵심기술	기준 설정	· 물리/지형 기반 해역구분 · 해수/퇴적물 기준 · 생태계 기준			· 생태계 기반 해역구분 · 해역별 해양환경기준 설정 · 해양보호구역 지정기준 · 군집안정성 평가				· 용도별 해양환경기준 설정				
	관측 및 예측	· 해양생태계 구조 분석 · 해양/갯벌 생산 및 분해기능 · 야생동식물/해양포유류 조사 · 오염물질 분석/노출평가 기술			· 생태계 구조 변화 예측 모델 · 보호대상종 선정기술 · 퇴적물 거동 및 침식/퇴적 · 해양환경 요인과 생물량 변동 측정 자동화				· 실시간 생물정보 획득 기술 · 해양생태계 변화 예측 모델 · 해양생물다양성 보존 관리 및 생물지리변동 예측				
	의사결정	· 생태계 건강성 판정기법			· 생태계 별 생태지표 확립 · 생태등급도 구축				· 해양생태계 건강성판정 종합 시스템구축				
연구개발전략		· MT/BT/IT 융합기술개발 · 국제협력 · 기관간 연구협력 및 DB 공유 · 감시/감지기술 개발			· MT/BT/IT 융합기술개발 · 국제협력 · 기관간 연구협력 및 DB 공유 · 서식지변동 3D 재현기술 개발				· 지역특화 생태계 모델 · 생물모니터링 실시간 네트워크 운영 · 생물/물리/공학 융합기술				
추정 예산		· 51억원/년			· 87억원/년				· 115억원/년				
관련법규/계획		· 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률, 습지보전법, 해양환경관리법, 수산자원관리법, 연안관리법, 하천법 · 해양생태계보전관리기본계획, 해양환경관리종합계획, 환경관리해역 관리기본계획, 2020 해양과학기술 로드맵											

3.4. 서식지별 복원사업 계획 – 하구 생태계

하구생태계 복원사업

단계		1단계			2단계				3단계		
기간		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
기간별 주요 목표		<ul style="list-style-type: none"> • 우선 복원대상 하구 선정 • 대규모 인공하구 순환 개선 • 소규모 인공하구 복원 • 자연하구 복원 			<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 인공하구 순환 개선 • 소규모 인공하구 복원 • 자연하구 복원 				<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 인공하구 순환 개선 • 소규모 인공하구 복원 • 자연하구 복원 		
사업내용	대규모 인공하구 순환개선	<ul style="list-style-type: none"> • 우선 복원대상 하구 선정 • 하구둑 기능 재평가 • 대조하구 설정 및 모니터링 • 하구수문 운영 개선방안 도출 			<ul style="list-style-type: none"> • 하구 서식지 복원계획 수립 • 대조하구 모니터링 • 하구순환 개선사업 시행 • 하구서식지 복원사업 시행 • 복원 평가방법 개발/사후 모니터링 				<ul style="list-style-type: none"> • 사후모니터링 및 복원 평가 • 복원생태계 생태/사회경제 기능 평가 • 대조하구 모니터링 • 비용/편의 평가 		
	소규모 인공하구 복원	<ul style="list-style-type: none"> • 우선 복원대상 하구 선정 • 인공구조물 기능 재평가 • 하구생태계 훼손 실태조사 • 대조하구 설정 및 모니터링 			<ul style="list-style-type: none"> • 하구생태계 복원계획 수립 • 대조하구 설정 및 모니터링 • 인공구조물 제거 및 하구서식지 복원사업 • 복원 평가방법 개발/사후 모니터링 				<ul style="list-style-type: none"> • 사후모니터링 및 복원평가 • 복원생태계 생태/사회경제 기능 평가 • 대조하구 모니터링 • 비용/편의 평가 		
	자연하구 복원	<ul style="list-style-type: none"> • 우선 복원대상 하구 선정 • 생태계 훼손 실태조사 • 대조하구 설정 및 모니터링 			<ul style="list-style-type: none"> • 하구생태계 복원계획 수립 • 대조하구 설정 및 모니터링 • 하구서식지 복원사업 시행 • 복원 평가방법 개발/사후 모니터링 				<ul style="list-style-type: none"> • 사후모니터링 및 복원평가 • 복원생태계 생태/사회경제 기능 평가 • 대조하구 모니터링 • 비용/편의 평가 		
주정 예산		• 100억원/3년			• 550억원/4년				• 150억원/3년		

4. 연구개발의 타당성분석

4.1. 정책적 타당성

4.2. 기술적 타당성

4.3. 경제적 타당성

4.4. 타당성 분석결과

4.1. 정책적 타당성

정책적 타당성 분석

국가 전략적
중요성

- 국제협약/국제기구 등 국제사회 동향

사업의 일관성
및 추진의지

- 법률 및 상위계획과 부합성

목적	사업추진 체계적 추진여부 파악
대상	법률 및 법정계획
방법	국가추진전략 vs. 본사업
결과	계획/법률과의 부합성 5점 척도

- 사업의 추진 의지 및 선호도

목적	사업추진선호도/참여의향 파악
대상	관련기관/잠재참여기업/민간단체
방법	관련자와 면담/서면 자료 분석
결과	우호/중립/거부/무관심 4개 군집화

사업추진상
위험요인 및
대응방안

- 자원조달 가능성

목적	재원에 따른 사업 지연 정도 파악
대상	국고/지방재원/민자 투입시점·규모
방법	위험식별 후 위험요인 분석
결과	Gap & 시나리오 결과 제시

- 환경성

- 사업특수 평가항목
(법제간 중복상충, 시민사업지역 선정 등)

4.2. 기술적 타당성

기술적 타당성 분석

기술개발계획의 적절성 분석

- 과제구성의 적절성 파악
- 연차별 추진계획 및 방법의 적절성
- 단계별 추진계획의 체계성
- 상위 계획과의 부합성

- 핵심과제 및 세부과제의 적절성
- 기술개발 로드맵의 우수성

기술수준 및 기술개발 성공가능성 분석

- 해양생태계 복원기술 관련 인프라 현황
- 선진국 대비 기술수준 종합
- 기존 사업과의 차별성

- 보유기술 수준 및 기술격차
- 기술개발 역량 및 잠재력

기존사업과의 중복성/연계성 분석

- 기 추진중인 사업의 과제명/내용/ 목적에 따른 유사성 도출
- 도출된 유사과제의 세부내용 분석을 통한 중복성/연계성 분석

- 본 사업과 유사사업 및 과제 분석
- 기존 R&D 사업의 한계/중복성 도출
- 기존 R&D 사업과의 차별성/연계성 (전후방연계효과) 분석

4.3. 경제적 타당성 – 설문조사

Part A. 해양생태계 복원에 관한 여론 조사

※ 조사원은 다음의 내용을 주지시켜 주십시오.

박근혜 정부의 출범으로 5년만에 해양수산부가 부활했습니다. 세계 각국은 자원 및 공간 부족의 문제를 해결하기 위해 바다를 현명하게 이용하기 위한 대책을 마련하고, 더 많은 해양영토를 차지하기 위해 경쟁하고 있습니다.

그러나 국제사회는 담장의 이익보다는 5년, 10년뿐만 아니라 자식세대가 이익을 얻을 수 있도록 현명한 이용에 신경을 쓰고 있습니다. 선진국의 예를 보면 일인당 국민소득 2만 달러가 넘는 시점부터 해양생태계를 체계적으로 관리하고 복원하는데 많은 투자를 하고 있습니다. 특히 훼손된 생태계의 복원은 인공해안으로 바꾸고, 방조제를 떼서 바다와 강을 다시 연결하는 것으로 발전하고 있습니다. 이를 통해 해양생물자원을 보전하고, 휴양관광 기능을 활성화할 뿐만 아니라 지역발전까지 도모하고 있습니다. 또한 연안생태계 서식지 복원사업이 도로건설 사업에 비해 동일한 비용 투자로 최고 4배 이상의 일자리 창출효과가 있다는 연구결과도 나와 있습니다.

※ 귀하께서는 다음 주장에 동의하십니까? 동의하시는 정도를 V로 체크해 주십시오.

주장	전혀 동의하지 않는다	동의하지 않는다	보통이다	동의한다	전적으로 동의한다
A1. 이명박 정부 시절 해양수산 행정이 확대를 받았다					
A2. 5년 만에 부활한 해양수산부가 해양을 이용한 국가경쟁력 강화에 기여할 것이다					
A3. 박근혜 정부가 이명박 정부보다 해양생태계 보전, 복원, 관리를 잘 할 것이다					
A4. 우리나라에 서식하는 해양생물이나 해양생태계에 대해 잘 알고 있다					
A5. 우리나라에 서식하는 해양생물, 해양생태계에 대한 정보와 자료가 부족하다					
A6. 해양생태계의 보전, 복원, 관리에 대한 정부의 투자와 관심이 더욱 높아져야 한다					
A7. 해양생태계를 잘 보전하면 바닷가 주민뿐만 아니라 일반 시민도 혜택을 받을 것이다					
A8. 해양생태계를 보전, 복원, 관리하는 것이 일자리 창출과 지역경제 활성화에 기여할 수 있을 것이다					
A9. 제한적으로 방문이 가능하고, 어업이나 모래채취와 같은 이용개발이 엄격히 제한되는 절대 보호구역(육상의 그란벨트와 같은 개념)을 지정해야 해양생태계를 잘 보전할 수 있을 것이다(우리나라는 해양에 절대 보호구역이 지정되어 있지 않음)					

A10. [보기카드 A-1] 제시. 우리나라 바다 연안생태계는 크게 갯벌, 하구, 산호군락지, 해조림, 해안사구로 나뉘어 있다. 만일 귀하께서 한정된 예산을 가지고 생태계 일부를 복원하고자 한다면 어떤 서식지를 먼저 복원하시겠습니까? (복원 우선순위를 1위~5위를 V로 체크해 주십시오(우열을 가리기 어려우면 같은 순위를 매기셔도 됩니다))

다섯 가지 해양생태계 부문	1위	2위	3위	4위	5위
갯벌(서남해안)					
하구(전국연안)					
산호군락지(제주도)					
해조림(남해안)					
해안사구(서해안)					

Part C. 해양생태계 복원에 관한 비용지불 의사 조사

우리나라 바다에는 아름다운 해양생태계가 많습니다. 서남해안 갯벌, 민물과 바닷물이 만나는 하구역, 제주도의 연산호 군락지, 남해안의 해조림과 잘피밭, 그리고 신두리 해안사구와 같은 다양한 서식지에 많은 해양생물이 살면서 해양생태계를 이루고 있습니다. 그러나 지난 50년 동안 연안개발, 매립, 폐수배출, 유류오염 등으로 인해 해양생태계는 많이 훼손되어 왔습니다. [보기카드 C-1 제시]

최근 우리나라 정부에서는 망가진 해양생태계를 복원하는 사업을 시행하고 있습니다. 그러나 아직 복원기술이 초보적인 수준에 머물러 있으며 복원개념을 오해하여 자연훼손을 방조제로 막아 공원을 조성하는 등 아직 부족한 점이 많습니다. [보기카드 C-2 제시]

이에 반해 선진국에서는 파괴되고 훼손된 해양생태계를 완벽하게 복원하고 있습니다. [보기카드 C-3 제시] 연구에 따르면 선진국과 우리나라 해양생태계 복원기술은 약 5년의 격차가 있다고 합니다. 해양생태계를 복원하게 되면 일자리가 늘어나고 경제적인 이익이 발생하게 됩니다. [보기카드 C-4 제시] 또한 버려져 있던 해안가의 생태계를 복원하면 주거환경과 경관이 좋아지게 되어 지역경제가 활성화 됩니다. [보기카드 C-5 제시]

이에 따라 정부는 현재 훼손되어 있는 해양생태계를 복원하는 것을 목표로 향후 10년간 해양생태계 복원기술을 선진국 수준으로 끌어 올리고, 개발된 기술을 바탕으로 해양생태계 복원사업을 시행하고자 합니다.

본 설문은 해양생태계 복원기술 개발을 위해 귀하의 가구가 얼마만큼의 추가적인 소득세를 부담할 수 있는지를 알고자 합니다. 귀하 가구의 소득이 제한되어 있고 그 소득을 여러 용도로 지출해야 함을 고려하여 응답해주시기 바랍니다.

(※ 조사원은 가구당 향후 10년 동안 매월 1회 부담한다는 사실을 반드시 주지시켜 주십시오)

C1. 귀하의 가구는 해양생태계 복원기술을 개발하고 복원사업 시행을 위해 향후 10년간 매월 1회 소득세를 추가적으로 지불할 의사가 있습니까? 만약 이 금액을 지불하지 않는다면 해양생태계 복원기술 개발 및 복원사업 시행이 어렵습니다.

① 있다 → [C2로 가십시오] ② 없다 → [종료]

C2. 귀하의 가구는 해양생태계 복원기술을 개발하고 복원사업 시행을 위해 향후 10년간 매월 1회 소득세를 통해 () 원은 추가적으로 지불할 의사가 있습니까? 만약 이 금액을 지불하지 않는다면 해양생태계 복원기술을 개발하고 복원사업

복원사업을 추진할 경우

구분	현재까지 합계(백만원)		순현재가치 (백만원) (NPV)	편익-비용 비율 (B/C ratio)	내부수익률 (IRR)
	편익	비용			
값	319,960	80,365	239,595	3.98	54.8%

복원기술개발을 추진할 경우

구분	현재까지 합계(백만원)		순현재가치 (백만원) (NPV)	편익-비용 비율 (B/C ratio)	내부수익률 (IRR)
	편익	비용			
값	319,960	119,817	239,595	2.67	30.1%

4.4. 타당성 분석결과

정책적 타당성

1. 국제사회는 경제상황 악화와 에너지 위기를 극복하기 위한 대안으로 UNEP 중심으로 녹색경제 체제 구축을 추진중
2. 해양생태계 복원 연구개발 추진계획은 국제사회 녹색산업 성장에 대응되며, 해양의 잠재력을 극대화 하는데 기여할 수 있음
3. 상위계획과 부합하고 사업추진의지가 형성되어 있음
 - 공공이익을 극대화하는 과정에서 시장을 창출하게 되므로 초기에 정부 지원이 필수적임
 - 자원확보의 한계, 사업 중복성 등의 위험요인은 극복 가능함

• 정책적 타당성 확보됨

기술적 타당성

1. 해양생태계 복원은 ‘기술개발’ 과 ‘복원 사업 시행’ 이라는 두 축으로 수행 되어야 성공가능성을 높일 수 있음
 - 진단-설계-개선-조성-관리의 5대 중점 추진 분야의 기술개발을 수행하면서, 동시에 서식지별 복원사업 추진해야함
2. 국내 복원기술 수준은 선진국 대비 40-70%이며 5년 후에는 60-80%로 향상될 것으로 예측됨
 - 선진국과의 기술격차를 현재 5-11년 에서 5년 후에는 4-7년으로 줄일 수 있을 것으로 예상
3. 종합적인 해양생태계 복원계획을 수립 하고 이를 통해 효과적인 복원사업을 수행할 수 있음

- 기술개발 계획이 적절
- 기술개발 성공가능성 높음
- 기존사업과 연계 가능
- 기술적 타당성 확보됨

경제적 타당성

1. 해양생태계 복원기술개발 및 복원사업 은 경제성이 있음
 - 총 비용의 현재가치: 803억원
 - 총 편익의 현재가치: 3199억원 추정
 - 순 현재가치: 2396억원
 2. 편익-비용 비율은 3.98로 산정되어 1.0 을 초과함
 3. 내부수익률은 54.8%로 사회적 할인율 5.5%를 초과함
- (전국 1,000가구의 설문조사 결과)

- 경제적 타당성 확보됨
- 안정적인 예산을 확보하여 조속히 착수되어야 함

5. 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과

5.1. 해양생태계 복원 기술개발 사업의 가치

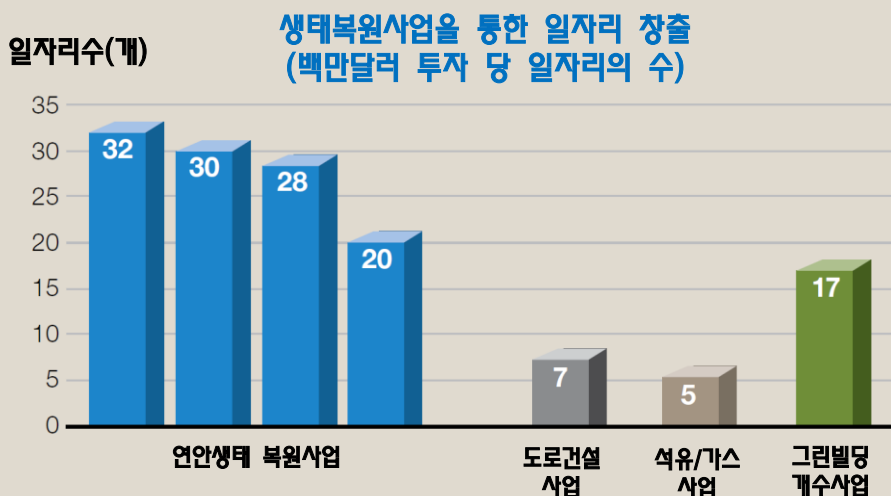
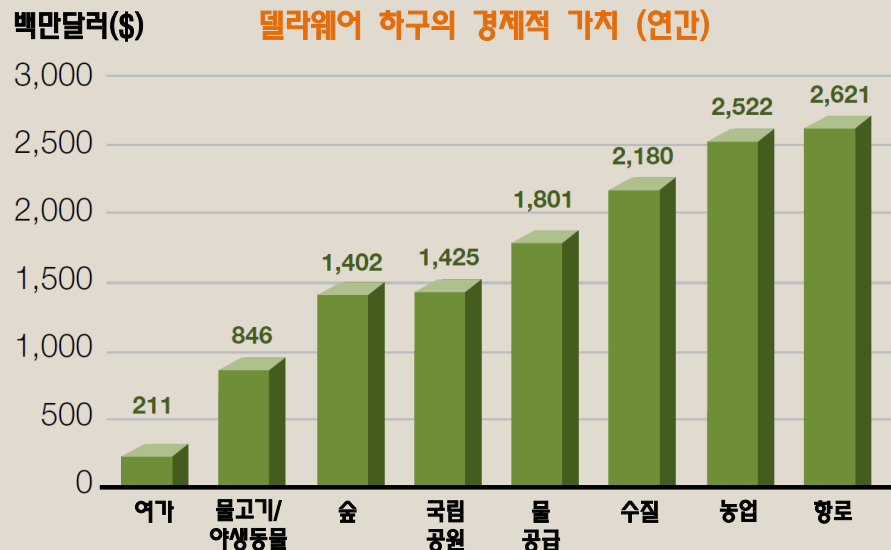
5.2. 파급효과

5.1. 해양생태계 복원 기술개발 사업의 가치

Jobs & Dollars

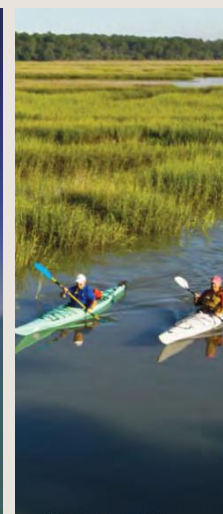
BIG RETURNS from
coastal habitat restoration

연안생태계의 경제적 가치 미국사례



미국 연안지역의 경제 기여도

- 75%의 어업과 80~90%의 낚시 여가활동의 장소
- 전체 미국 고용의 40% 차지
- 6,900만개 이상의 일자리 제공
- 국가 GDP의 절반 정도를 생산
- 매년 2조 달러의 교역이 일어남



"사냥과 낚시는 매년 약 800억 달러 규모의 사업이다. 이것은 곧 연안복원 사업에의 투자는 곧 우리나라 경제에 투자임을 의미한다."

– Dale Hall (Ducks Unlimited 대표)

5.2. 파급효과

콜롬비아강 연어



그레이트호 습지

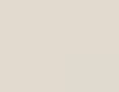


지역별
생태계 훼손 정도

체사피크만 굴



샌프란시스코만
습지



겔버스턴만 해초지

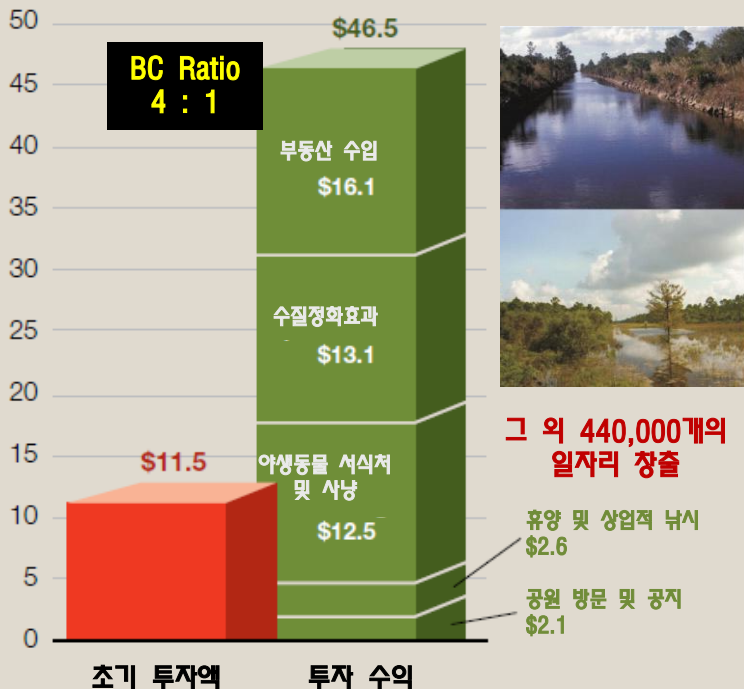


멕시코만 습지



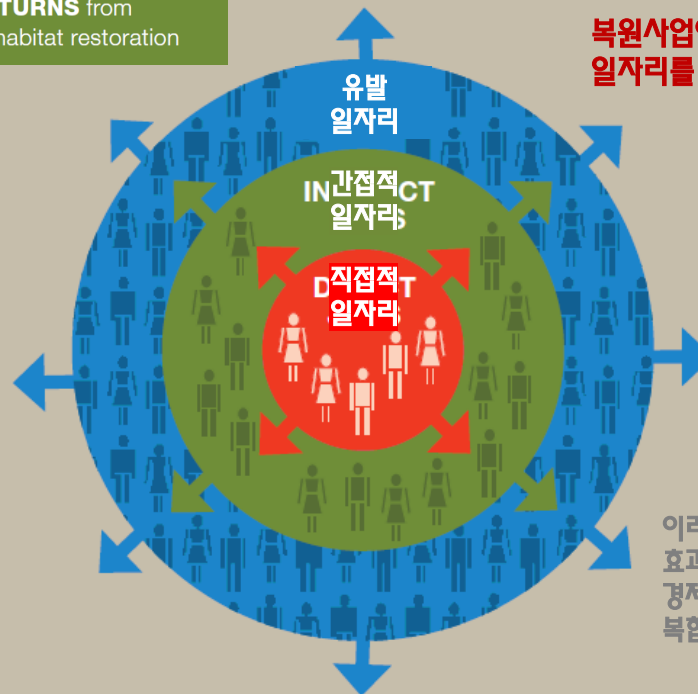
에버글레이즈 국립공원 복원 사례

\$ BILLIONS



Jobs & Dollars

BIG RETURNS from
coastal habitat restoration



복원사업이 어떻게
일 자리를 창출하는가

이러한 일자리 창출
효과는 다른 관련
경제 활동에 더해져
복합적으로 나타남

복원 사업은 연안서식처를 항상 시킬 뿐만 아니라
일자리 창출을 통해 지역경제 활성화에 큰 도움을 가져옴.

직접적 일자리: 훼손된 습지, 조개대, 산호군락, 물고기통로 따위를
복원시키는 기술을 가진 사람을 위한 일자리

간접적 일자리: 목재, 콘크리트, 모목 등 복원사업에 필요한 재료들을
공급하는 업체의 일자리

유발 일자리: 복원사업 참여 인력의 옷이나 음식과 같은 재화 및 서비스를
공급하는 사업장의 일자리

6. 연안 및 하구복원지 선정 방법 및 절차

6.1. 복원지 선정 및 평가기준-국외사례

6.2. 복원지 선정 5대원칙

6.1. 복원지 선정 및 평가기준 – 국외사례

Prioritizing Ecosystem, Species, and Sites for Restoration

복원대상 생태계 우선순위 결정시 생태계 희귀성, 종조성 특성(풍부도, 고유종 여부 등), 훼손 정도 등의 기준을 사용할 수 있지만, 아래 3가지 사항 고려할 것을 제안

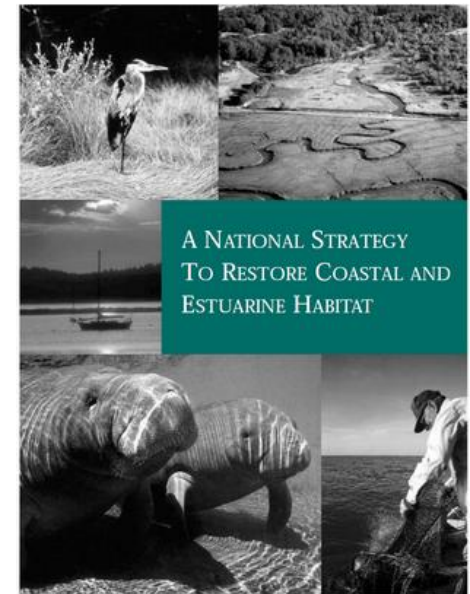
- 인간 활동 때문에 나타나는 생태계 면적 감소 또는 상태 악화의 정도
- 복원대상 생태계를 둘러싸고 있는 더 큰 규모의 생태계에서 일어나는 생태적 과정 (지구탄소순환, 지역적 규모의 교란 또는 수문조건, 영양염류 이동 등)에 복원대상 생태계가 기여하는 정도
- 추가 훼손 위험도(훼손 정도가 생태계의 회복력을 초과해 바람직하지 않은 새로운 상태로 변화할 수 있는 위험성)

6.1. 복원지 선정 및 평가기준 – 국외사례

미국 연안하구생태계 복원 국가전략

미국 연안하구생태계 복원 국가전략에서 5가지 기준 제시하며, 우선복원대상 서식지 유형과 위치를 명시할 것을 권고하였음

- 복원사업의 **시급성**(서식지 희귀성, 생물종이나 서식지에 대한 위협)
- 서식지나 생물종이 제공하는 **생태적 편익**
- 서식지나 생물종을 성공적으로 **복원할 가능성**
- 서식지나 생물종 복원에 대한 **대중적 지지**
- 서식지나 생물종이 제공하는 **사회적 · 경제적 편익**



6.1. 복원지 선정 및 평가기준 – 국외사례

미국 Lower Columbia River Estuary

미국 Lower Columbia River Estuary에서 복원 우선순위를 결정하는데 활용할 수 있는 복원 우선순위 평가체계(Restoration Prioritization Framework)를 제안

- 이 평가체계는 **두 단계 접근법**을 채택
- 첫 번째 단계(Tier I)에서는 GIS를 이용하여 제방 축조, 농업, 수상구조물, 물 흐름 제한구조물 등 **다양한 인위적 요소**의 영향을 평가하며, 이외에도 수문 연결성, 기존 기능에 관한 정보도 분석함
- 두 번째 단계(Tier II)에서는 **복원비용**, 기대되는 **기능적 변화**, **복원장소의 크기**, 복원사업의 **성공확률** 예측값 등에 관한 자료를 바탕으로 구체적인 복원사업 제안서의 우선순위를 평가함

6.1. 복원지 선정 및 평가기준 – 국외사례

미국 Peconic Estuary 서식지 복원

범주 및 지표	점수	내 용
생태적 요소	100	
• 사라진 서식지의 가치	-30	멸종위기종/위협생물종/특별관심 대상생물 종
• 훼손 정도	30	심각/보통/낮음
• 과거의 서식지 유형	8	기록 유무 및 정도에 따라 3단계로 구분
• 복원사업의 규모	10	면적에 따라 4단계로 구분
• 서식지 인접성/토지이용	20	인접 정도에 따라 5단계로 구분
• 복원목표 기능	5	영양염 제거/중 다양성/지하수 보호/야생동물 이동통로
• 서식지다양성	6	다양성 증가에 기여/미기여
• 보호대상 생물 종	16	멸종위기종/위협생물종/특별관심 대상생물 종
• 보호구역 인접성	5	인접/미인접
실현가능성 요소	100	
• 복원대상지 소유권 형태	18	네 가지 유형으로 구분
• 관련 계획과의 연관성	10	연관성 유무의 두 가지 유형으로 구분
• 복원계획 수립 단계	17	진행 정도에 따라 세 가지 유형으로 구분
• 재원마련 정도	10	재원의 일부라도 확보 유무의 두 가지 유형으로 구분
• 복원사업 성공확률	25	세 단계로 구분
• 지역사회/이용자 지지도	5	확실한지지/반대 없음/확실한 반대의 세 가지 유형으로 구분
• 복원 후 유지관리 필요 정도	15	필요 없음/소규모 관리/대규모 관리의 세 단계로 구분
공공 · 경제적 편익 요소	50	
• 공공 접근성 및 인식 제고	10	접근성 제고/인식 제고의 두 가지 항목
• 상업 및 여가 이용 제고	20	이용 정도 및 영향에 따라 다섯 가지 유형으로 구분
• 상업 및 여가 이용 생물종 편익	20	2종 이상에 편익/1종에 편익/간접 편익 세 가지 유형으로 구분

6.1. 복원지 선정 및 평가기준 – 염습지 복원사업 평가지표의 예

미국 Galveston Bay 염습지 복원

범 주	지 표	내 용
경관/복원지역 특성	육지방향 이동에 대한 장애물	염습지 확장을 방해하는 장애물 수
	인공구조물	부두, 가설도로 등 인공구조물 수
수문 특성	심각한 변화	평균수면 이상의 독 비율
	보통 변화	평균수면 이하의 독 비율
야생동식물 서식지	식생 피도	50 m 조사선에서 방형구 조사
	식생 다양성	
	외래종	서식지 외 생물 종
	표서동물	지표종(고둥, 게)의 상대밀도
퇴적층 특성	토양안정도	토양경도계 이용 토양 경도 측정
	2~4cm 식물뿌리	토양 체질 후 상대 뿌리 비율 측정
	25~27cm 식물뿌리	
	공극수 염분	전도도 이용 측정
	공극수 pH	pH 미터 이용 측정

Staszak & Armitage (2013)

- Galveston Bay의 염습지 복원지역에 대한 신속평가방법(Rapid Assessment Method) 사용
- 네 가지 범주, 13개의 평가지표를 선정 후, 지표별로 0~4점의 점수를 부여
- 범주별로 점수를 종합하여 **생태계온전성지수(Index of Ecosystem Integrity)** 계산

6.2. 복원지 선정 및 평가기준 – 5대 원칙(방향) 제안

복원지 선정 및 평가기준 5대 원칙

1. 적응적 관리(adaptive management)의 원칙

- 생태적 조건 및 사회경제적 여건의 변화를 반영하는 능동적 평가

2. 생태계 복원 목적과 목표의 명확성

- 복원지 선정기준은 복원사업의 목적과 목표에 따라 달라져야 함

3. 생태적/사회경제적 기능을 적절히 나타내는 지표의 선정

- 복원 성공에 대한 평가기준이 생태계 과정에 더 의존할 수록 목표달성 가능성 높아짐

4. 평가를 위한 충분한 시간적 범위를 설정

- 단기, 중기, 장기의 세 범주로 구분하여 지표를 선정

5. 생태계 유형별 참조생태계(reference site)의 구조와 기능 정보 확보

- 복원 시 원래 상태에 대한 정보가 필수적임

감사합니다.



부록 1. 생태계 복원으로 연안침식을 막은 사례

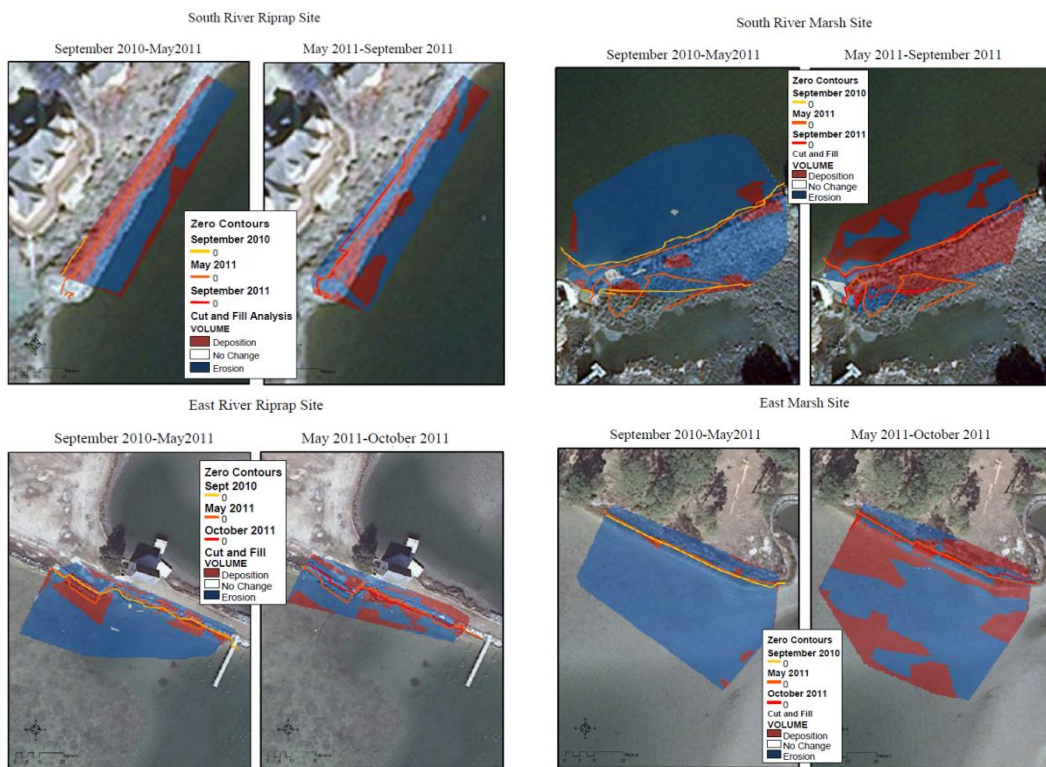
Living Shoreline

Living Shoreline



- **Living Shoreline Project:** 식물, 돌, 모래, 또는 다른 생물체를 이용 해안선 서식처의 장기적인 보호, 복원, 증대
- 식물(mangrove, marsh, 또는 seagrass), 모래, 굴 껍데기, 유기체, 또는 재활용 물질 등을 이용 높은 에너지 환경을 낮은 에너지 환경으로 만들어 줌
- **Living Shoreline의 이점:** 해안선의 침식방지, 생물의 서식환경 제공, 수질 환경 개선 효과, 여가장소 조성, 일자리 제공 등

Riprap과 marsh를 이용한 해안선 복원결과



연안침식 모니터링 연구 측정항목 및 생태기능

Ecosystem Function	Ecosystem Service	Measurement
Sediment trapping, wave attenuation	Shoreline stabilization	Profiles – before & after major storm events
Primary production support of food webs	Fisheries production	Stem counts, plant height, diversity measures
Habitat support of food webs	Fisheries production	Infauna abundance, biomass & diversity
Nutrient & Sediment filtration; Carbon cycling; Bioturbation	Water quality improvement	Epifauna & infauna abundance, biomass & diversity
Sediment composition & organic matter support of food webs	Fisheries production & shoreline stabilization	Sediment cores – OM, Total N, P, OC and grain size

부록 2. 생태계 복원으로 연안침식을 막은 사례

Oyster Reef Restoration

Oyster 복원으로 인해 기대되는 효과

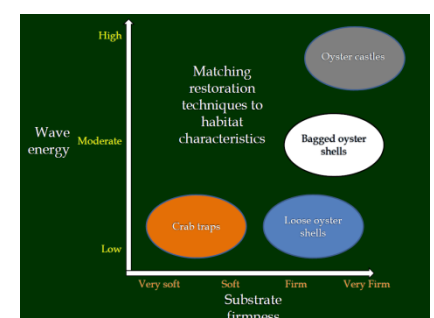
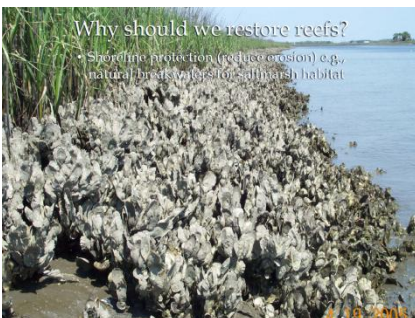
- 서식처 제공(물고기, 갑각류, 바다새, 해양포유류)
- 수질개선의 효과(수생식물의 성장을 도움)
- 연안침식을 막고 해안선 유지
- 어업 및 지역 경제 활성화

Oyster reef의 복원 방법

- Bagged oyster shell: 그물망 안에 굴 껍데기를 넣어서 설치
- Loose oyster shell: 굴 껍질을 연안가에 흩뿌림
- Oyster castles: 구조물을 성처럼 쌓아 올림
- Crab trap: 그물망에 굴이 달라붙어 성장할 수 있도록 설치

Oyster reef의 복원 사업 결과

- 복원 실시 후 4년 만에 눈에 띄게 연안침식 감소
- 복원대상지의 기질의 경도나 파도 에너지의 강약에 따른 적합한 방법이 제시되어 있음
- 복원서식처의 특성에 맞는 방법을 사용하는 것이 중요



부록 3. 생태계 복원으로 친수공간 조성사례

Bolsa Chica Lowlands Restoration

미국 캘리포니아주 Bolsa Chica 습지

- 복원: 방목장, 오리사격장, 유전 등으로 사용되던 연안습지를 습지의 50% 가량이 자연적인 조석의 영향을 받을 수 있도록 해수유통을 유통시켜 습지생태계에 새로운 활력을 불어넣음(reinvigorate)
- 염생식물 군락지 면적 확대되어 염습지로서의 본연의 모습 회복
- 염습지 내 어종 증가: 복원 직후인 2007년 19종에서 2009년 47종으로 증가
- 해조류 서식지 확대
- 조류 서식 증가: 새로 조성된 습지로 인해 조류가 총 166종 관찰되었으며, 멸종위기종인 제비갈매기, 흰물떼새 등이 서식하는 것이 확인 됨.

