

# **How to link civil engineering and ecology?**

## **: Consideration, Combination, Grafting**

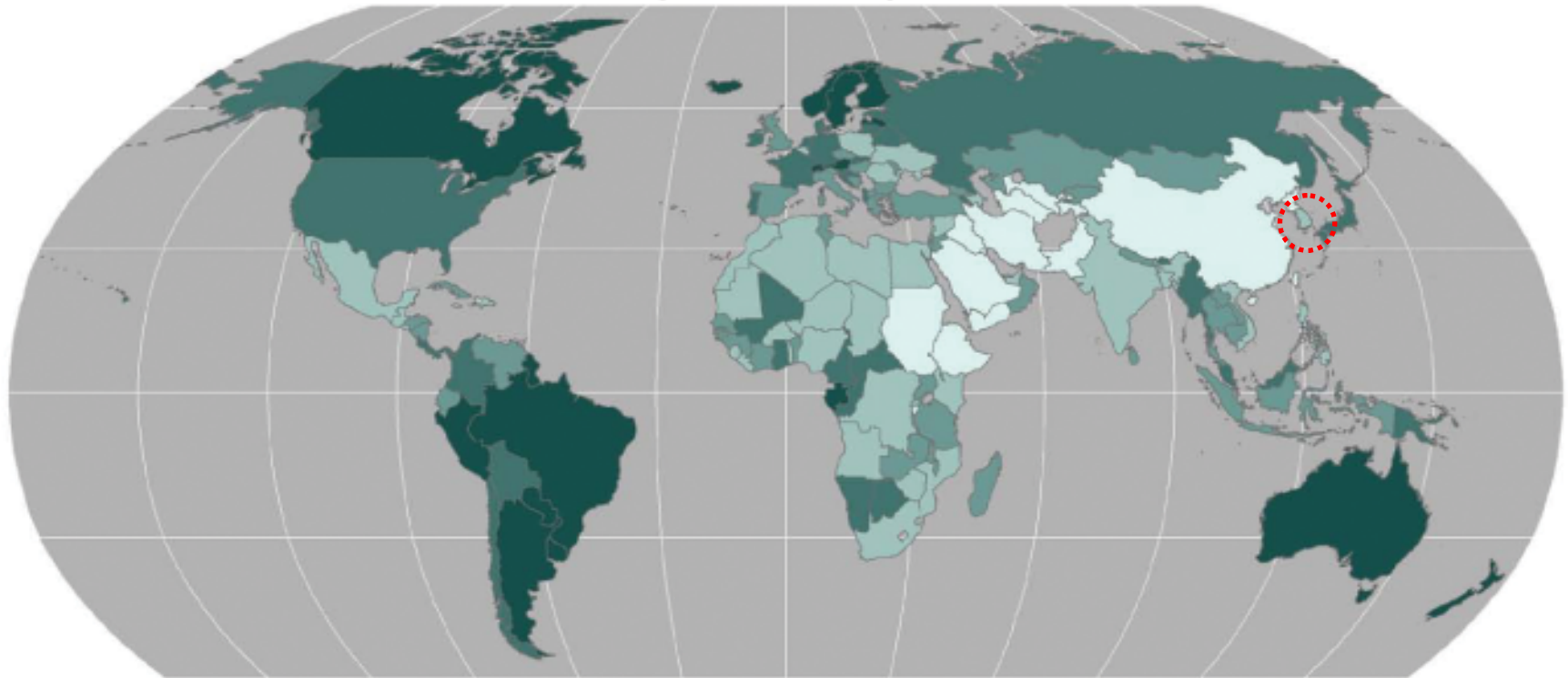
서울대학교 건설환경공학부  
남경필



# 한국의 환경지속성

## Environmental Sustainability Index (ESI) 2005

Country ESI Scores by Quintile



Robinson Projection





# 환경친화적 건설

## 국제적 배경

- 1) 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발 (ESSD; UNDP, 92 리우 환경회의)
- 2) 환경친화적 건설시스템 도입 (SOC사업과 신도시 개발 등에 적용)
  - 영국: 건설산업재인식운동 (Rethinking Construction)
  - 미국: 건설선진화정책
  - 일본: 건설산업환경행동비전

## 우리나라

- 1) 제4차 국토종합개발계획 (2000-2020)
  - 자연 속의 녹색국토/친환경적 국토관리 강화 /선진생활공간 확립 등
- 2) 건설환경기본계획 (2001년)
- 3) “인간, 환경, 건설을 하나로” (2003년 건설의 날)

# 우리나라 건설환경 문제점

## 1) 건설로 인한 자연환경교란 현황

- 농경지 및 산지 전용: 264 km<sup>2</sup>/연
- 녹지축 단절: 8만5천70 km<sup>2</sup>/연
- 골재 채취: 1억5천9백만톤/연
- 건설폐기물 발생: 1천7백40만톤/연
- 이산화탄소 발생: 전체의 35~50% (미국) - 자재생산 및 시공과정 15%  
건축물 유지관리 35%

## 2) 건설사업과 환경성의 부조화

- SOC사업 시 환경단체와의 갈등 (자연생태보존)
- 주택건설현장에서 인근 주민과의 갈등 (소음, 진동, 비산먼지)
- 건설폐기물 처리 (매립, 재활용 등)

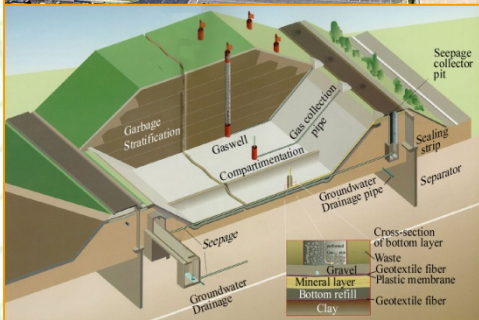
## 3) 외부로부터의 감시 및 규제

- 각종 환경단체, 주민, 환경부 등

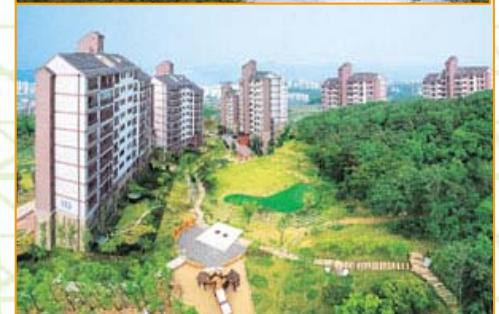


# 건설분야에서의 환경

## 환경기초시설



## 쾌적환경조성기술





# 환경에서 생태로..

환경훼손(파괴), 인간 중심



환경보호, 생태계 고려



# 생태공학: 미국, 유럽

- ◆ 생태공학(ecological engineering)이라는 명칭은 1960년대 생태학자인 오덤(Odum, 1962)에 의하여 처음 사용됨
- ◆ 이후 미국, 유럽 등에서는 AEES, IEES 가 설립되어 활동 중
- ◆ “The design of the human society with its natural environment for the benefit of both. The skills used to design low-impact systems for waste treatment, habitat restoration”(인간사회와 자연환경의 공존을 위한 설계 - 구체적으로 수처리, 서식처 복원 등을 위한 저영향 시스템의 설계 기술) - IEES



# 생태공학: 일본

◆ 일본에서는 “응용생태공학”이라 하여 생태학적 식견을 토목공학 등의 분야에 응용하기 위한 공학적 방법에 초점을 맞추고 있음

◆ 즉, 자연환경에 토목 공사 등 대규모 영향이 가해질 때 그 반응에 대하여「가설을 설정하고 그 가설을 검증하는」과정의 반복을 기본으로 조사·연구를 진행하고 최종적으로 공학적으로 이용 가능한 생태학적 식견을 얻는 것을 목적으로 함

응용생태공학: 생태학적 식견을 토목, 건축 공학 등의 분야에 응용하기 위한 공학적 방법론. 구체적으로 **개발에 따른 자연환경 훼손의 완화(mitigation) 기술로서 개발에 의한 자연환경 훼손 등의 회피(avoid), 감소(reduce), 대체(replace), 복원(restore) 등을 포함함** (일본 응용생태공학회)

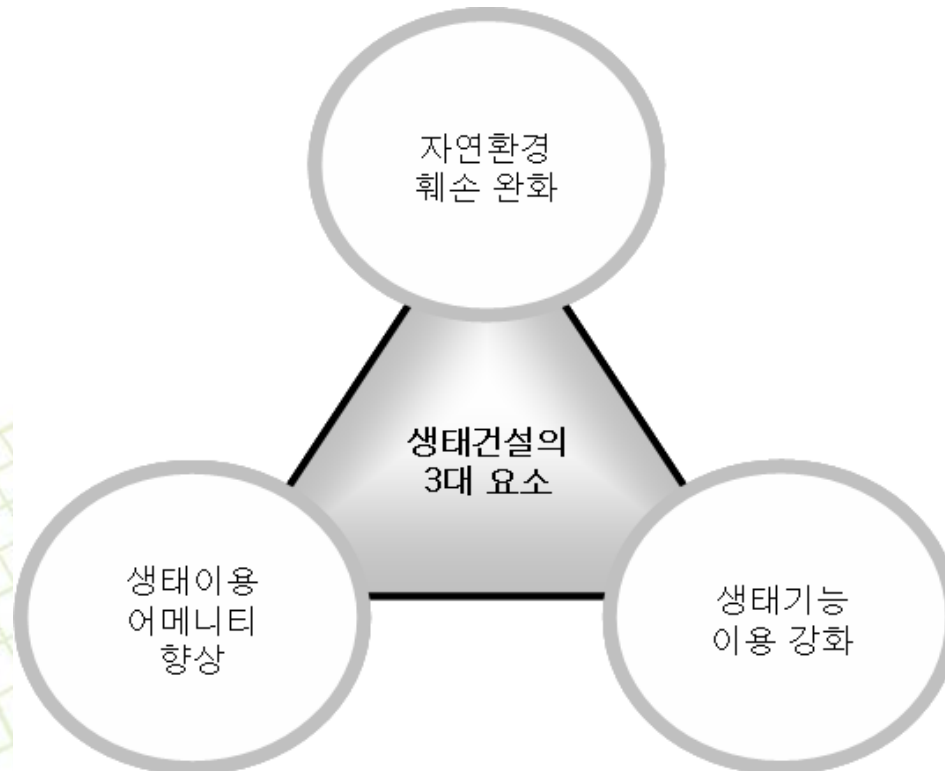


# 생태공학: 한국

- ◆ "건설사업의 계획, 설계, 시공, 유지관리 등 전 단계에서 자연환경 훼손, 오염을 회피, 완화, 복원, 창조 등의 방법을 동원하여,
- ◆ 생태계의 건전성 유지함과 동시에
- ◆ 인간에게는 그로 인한 **어메니티**를 향상시키는데 있어
- ◆ 가장 **최적 대안**을 마련하여 제공하는 기술"

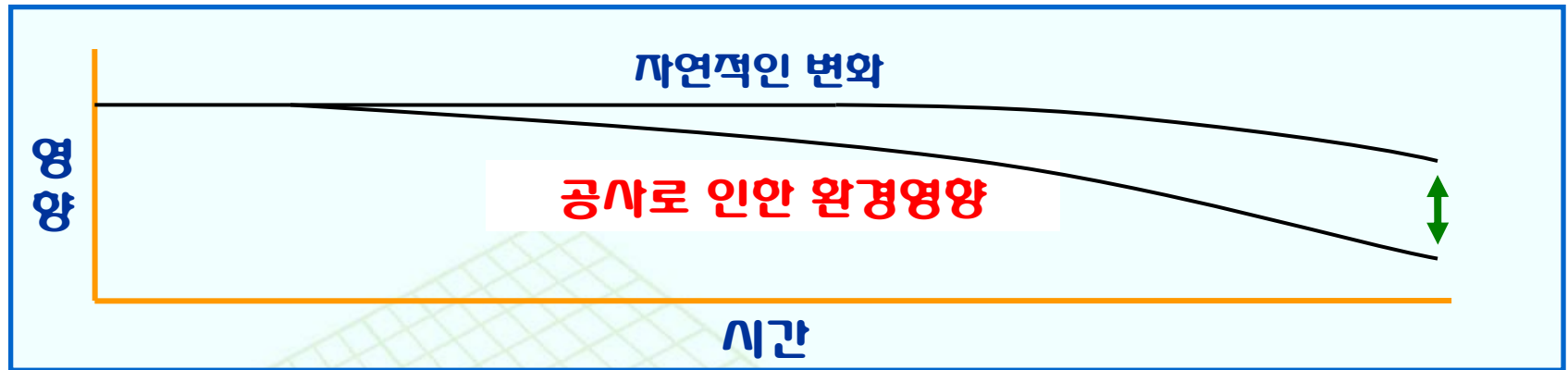
과거처럼 토목공사를 할 때 생태적 문제가 발생하면 그 때 비로소 생태 전문가의 의견을 구하고 문제점을 해결하고자 하는 것이 아니라, 생태전문가와 토목기술자가 협동하여 그 경계 영역에 새로운 기술의 전개를 도모해 가는 것이 필요함

# 생태건설의 구성





# 건설행위로 인한 환경영향과 대처 방안



## 대처방안

- 회피(avoidance): 사업계획 보류·취소
- 완화(mitigation): 환경영향 최소화를 위한 방안 강구
- 보상(compensation): 훼손되는 생태계 복원·창조

“생태공학기술”

# 분야별 생태건설(기술) 사례

- **하천/수자원:** 하천의 보전/복원, 인공부도, 인공습지, 수변완충대, 식생정화, 어도, 자연형 하천공법, 댐사면 녹화 등
- **도로:** 자연환경 훼손을 최소화하는 도로선형 계획, 동물이동통로, 생태교량, 생태방음벽, 사면녹화 등
- **구조:** 다공성시멘트
- **지반:** 생태적 사면안정화, 생태지반강화제
- **단지/도시:** 녹색네트워킹/청색네트워킹 단지/도시 계획, 옥상녹화, 벽면녹화 등
- **환경:** 생물을 이용한 물/토양/폐기물 정화 등



# 분야별 생태건설(기술) 사례

일본의 생태공학적 기술적용사례 (안홍규, 2003)

대책 구분	하천	도로	도시·단지계획	계
생물서식처의 복원·재생	141	29	22	192
서식처의 창출	22	4	49	75
서식처 가치의 향상	19	1	6	26
서식처의 연결	44	17	4	65
이식·증식	6	-	12	18
기타	7	35	16	58
계	239	86	109	434

# 적용 사례: Consideration



수변 식생이 자랄 수 없는 생태하천



야생동물이 다닐 수 없는 생태통로



# 적용 사례: Combination



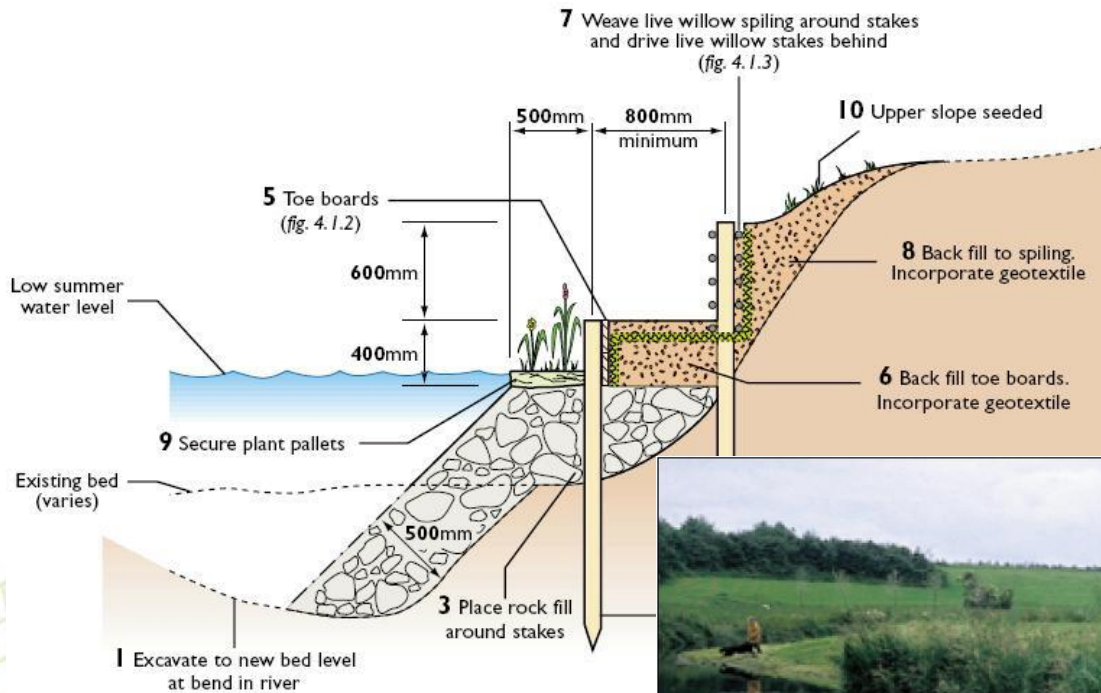
양재천 복원사업 전후



옥상녹화  
(네덜란드)

# 적용 사례: Combination

## 버드나무 호안 공법 (영국 Darlington Skerne River)



Willow spiling 2 years after construction



# 적용 사례: Combination



하도 내 습지 조성 (일본)



다공질 블록 활용 사례(일본)

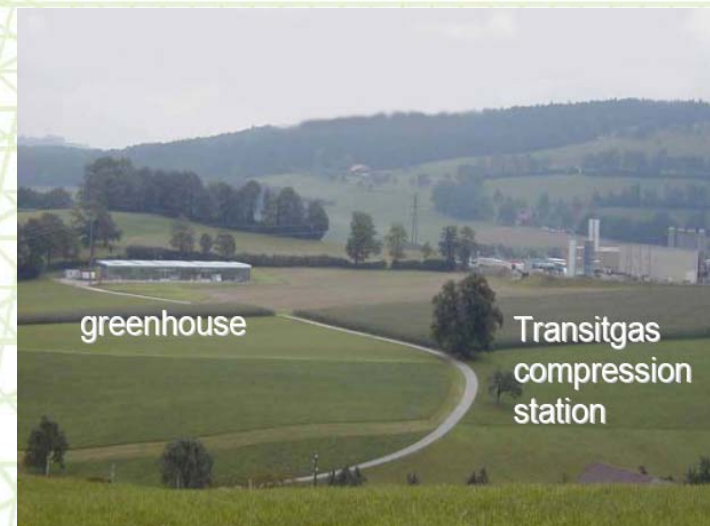
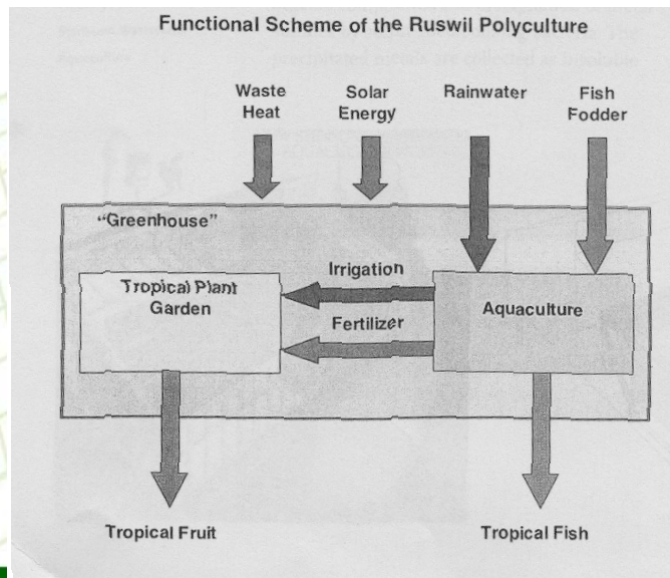
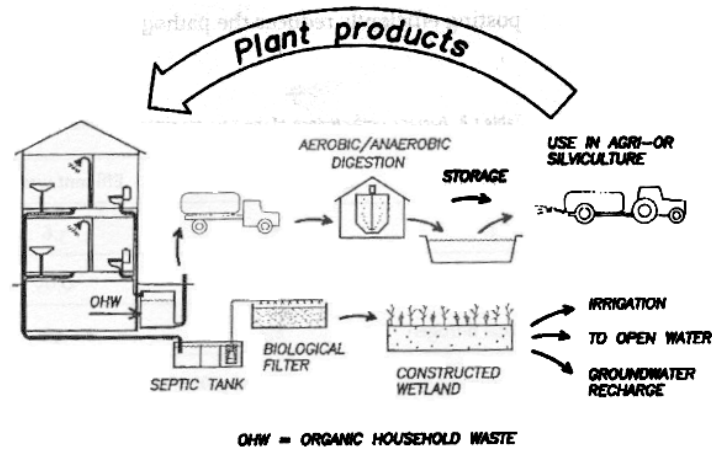


백두대간 생태통로(한국)



# 적용 사례: Grafting

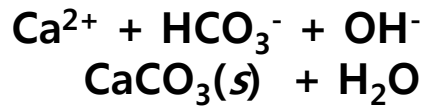
## 완전 재순환시스템 (Ecosan system)





# 적용 사례: Grafting

## Calcite cement formation

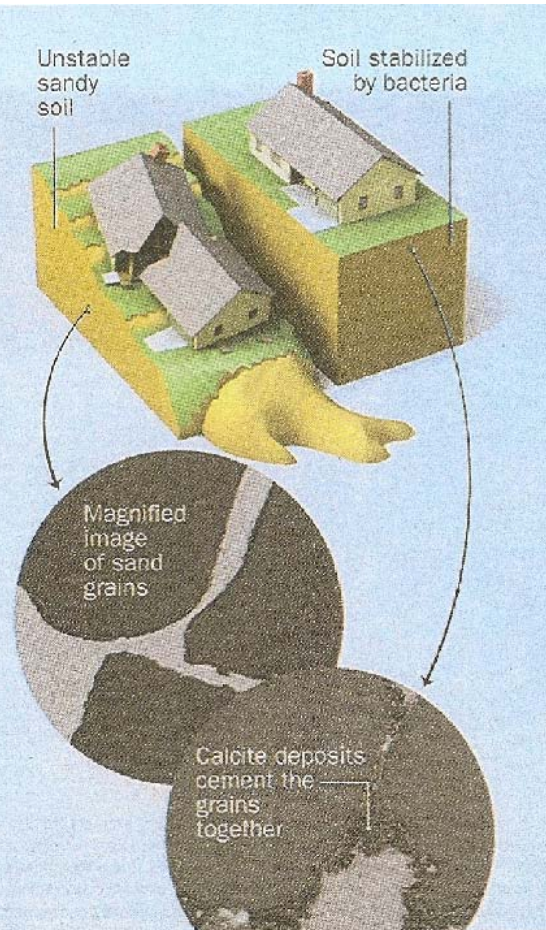


- occurs at high pH  
(achieved by  $\text{NH}_3$  produced  
from urea hydrolysis)

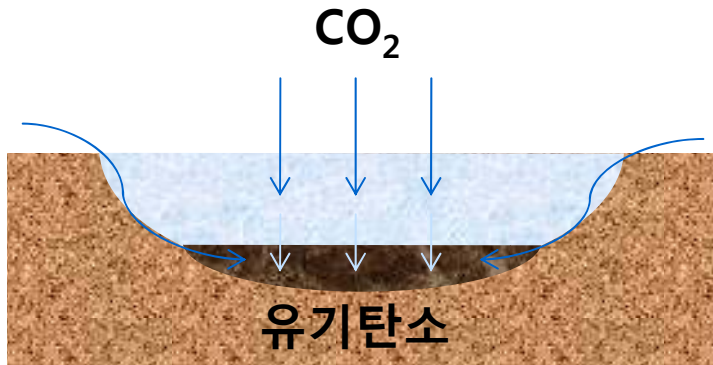
### Mighty Microbe

*Bacillus pasteurii* is one of the more useful bacteria you'll ever meet. Researchers have discovered a way to use it to turn sandy soil, treacherous during earthquakes, into stable ground. Mix urea, soil and calcium, inject a little bit o' bug and voilà! The **cementer bug** feeds on urea and deposits calcite, which cements the soil together and turns shifting sand into sandstone.

Available In any meadow  
[sll.ucdavis.edu](http://sll.ucdavis.edu)



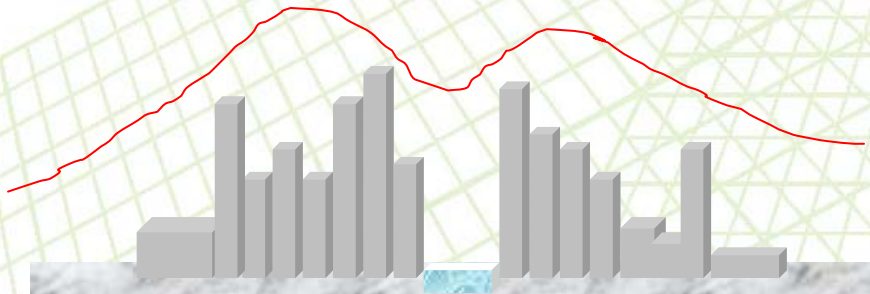
# 적용 사례(예시): Grafting



탄소 저장 공간으로서의 인공호수



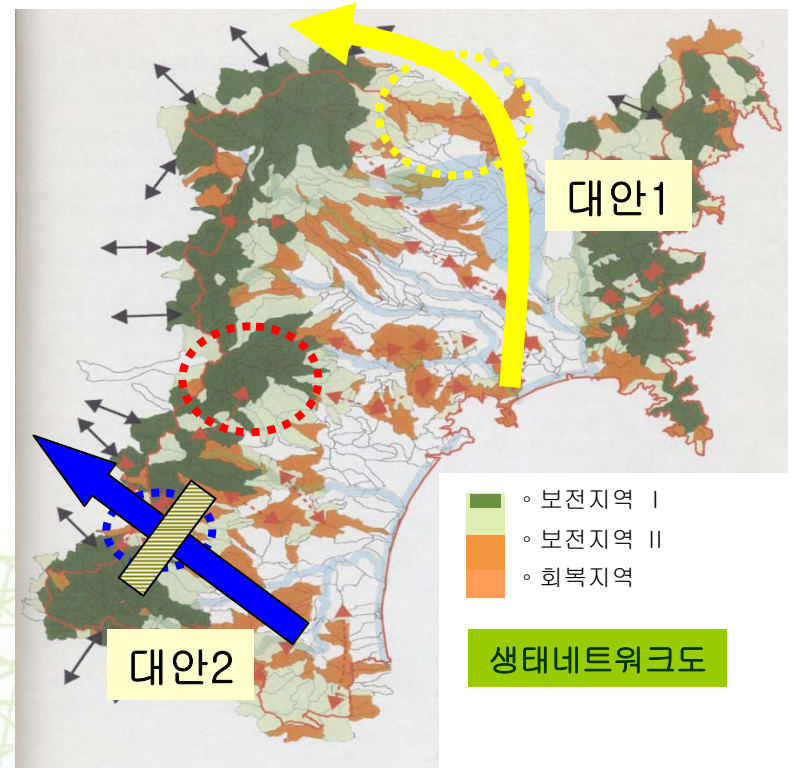
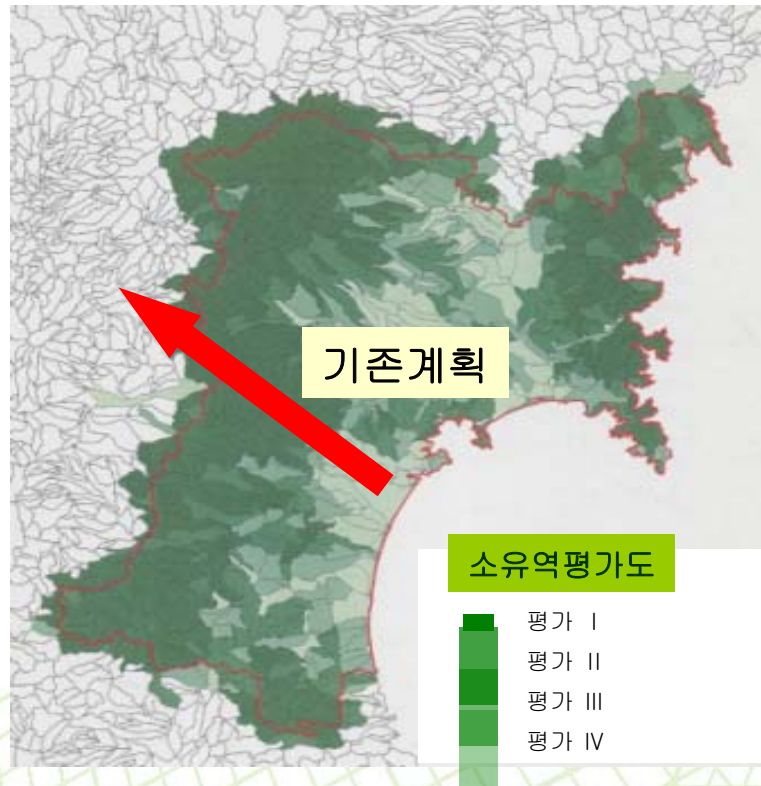
- ◆ 기후 변화 적응
- ◆ 도심 열섬현상 완화
- ◆ 에너지 소비 절약...



도심 열섬 현상 저감



# 적용 사례(예시): Grafting



- 도로건설의 생태영향 파악 위한 생태시뮬레이션
- '보전지역'을 회피, 보호하는 노선 선택 (영향 최소화)
- 생태계 연속성 확보를 위한 생태통로 설치 (복원)

기존안 vs. 대안 1: 생태영향 시뮬레이션기법  
대안 1 vs. 대안 2: 생태가치 평가기술

# 생태가치 평가기술

$$\text{생태가치} = f(\text{생태건전성}) * g(\text{생태어메니티})$$

## 생태건전성 평가기법

- 종 다양성
- 지표종
- 환경질
- 자연공생도
- 대체복원
- 생태훼손
- 환경오염,...

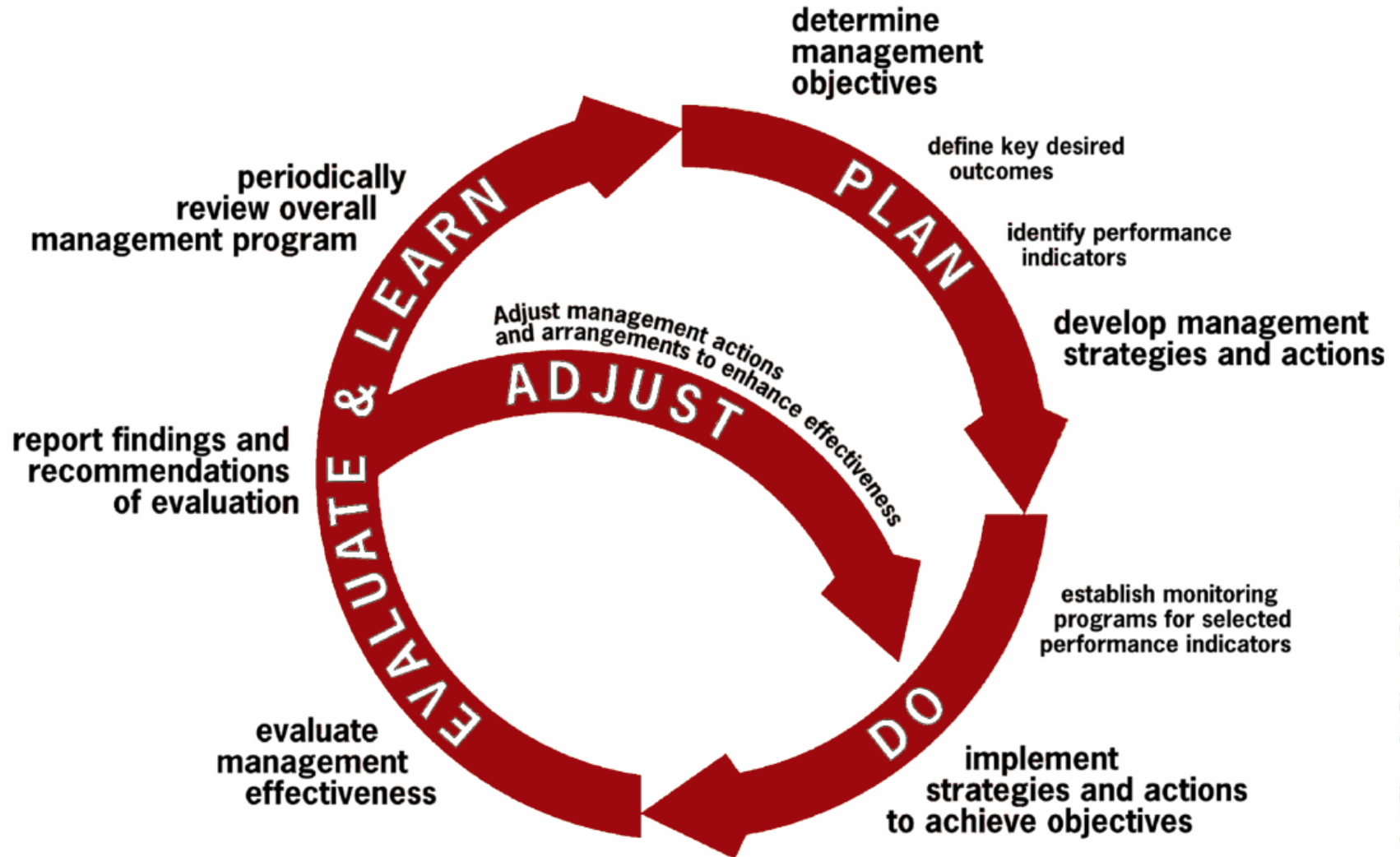
## 생태어메니티 평가기법

- 경관
- 토지이용도
- 지가
- 주민의사, 만족도
- willing to pay
- willing to accept compensation,...

생태-경제 비용편익분석



# Adaptive Management



# 실제 적용 사례: 인공섬(매립형)

## Top 10 man-made islands



The World,



Tokyo Disney Resort



Eden Island, Seychelles



Venetian Island, USA



Balboa Island, USA



Sentosa, Singapore



Pearl Island, Qatar



Zoran Island, Phuket



Sovereign Bay, Spain



Reef Island, Bahraini



# 해양매립으로 인한 환경영향

## 1. 갯벌매립으로 인한 영향

: 연안습지가 감소하면 조석의 패턴을 변화시켜 물리적 변화를 야기함

➡ “생태계 단편화” 촉진으로 갯벌 생태계 구성과 기능에 악영향

## 2. 물리적 변화로 인한 영향

: 물리적 차단에 의한 변화, 해안구조물에 의한 파랑 변화, 조석 변화 등

➡ 수질 변화, 해안 및 주변 저질의 퇴적상 변화, 생물상 변화 등 유발

## 3. 해양수질에 미치는 영향

- 구조물에 의한 해수의 원활한 교환 저해
- 유속감소로 인한 해수의 연직혼합 저해
- 오수 방류 등 인간활동에 의한 오염

<말라버린 새만금 지역 갯벌>



# 저탄소 녹색 인공지능 구성기술

## 저탄소 녹색 인공지능

### Carbon-free 달성

#### 자원 순환

폐기물 재활용

빗물·중수  
재이용

해수 담수화

#### 저탄소형 기반시설

에너지  
절약형 건물

친환경  
발전시설

자연친화적  
하수정화

### 생태친화공간 창조

#### 해양 생태 환경 개선

인공 조간대  
조성

해수교환  
방파제 설치

자연친화적  
호안 조성

#### 친수공간 조성

호수·운하  
조성

연안지역  
친수공간 개발

해양목장  
조성



*What we can do... vs. What we need to do...*

