



# NbS/NNbF 와 홍수위험관리

2023. 11. 29

세종대학교 우효섭

# 강의 순서

1. NbS와 유사개념들
2. 그럼 NNbF란?
3. NbS/NNbF와 홍수위험관리
4. 맺는 말



# 1 NbS와 유사개념들

✓정의, 의의 및 유형

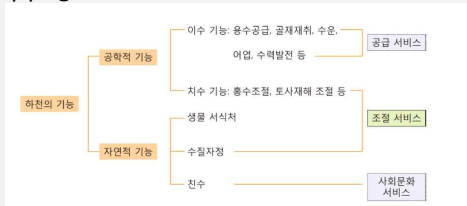
✓유사개념들 (EE, GI, eco-DRR, LID, CtNRT)

## Nature-based Solutions

- 생태계 보호, 관리, 복원을 통해 **사회환경적 도전이슈**에 효과적, 적응적, 동시적으로 대처하여 **인간복지와 종다양성 혜택** 모두를 꾀하는 활동 (IUCN) → 생태계의 기능과 서비스 활용
- 기후변화적응 방안으로 IUCN/WB 를 중심으로 대두된 개념(2008)
  - ❖ **사회환경적 도전이슈**: 홍수안전, 기후변화, 물안보, 인간건강, 재해위험, 사회경제 개발 등
  - ❖ **'Solutions'** 은 기술을 포함한 비기술적 해법을 망라함

## 생태계의 기능과 서비스

- ✓ **기능(function):** 생태계의 **자연적 과정**과 구성요소들이 직, 간접적으로 인간이 필요로 하는 재화와 서비스를 제공하는 능력
  - “생태계 구조와 기능”에서 **기능**: 한 생태계에서 먹이망으로 표현되는 **구조와 대비하여 물질과 에너지의 흐름**
  - **(자연적) 과정**: 물질과 에너지의 자연적 흐름을 통한 생물적, 무생물적 구성요소 간 복잡한 상호작용
- ❖ 생태계 기능: 공급, 조절, 정보, 서식처 기능 등
- ❖ 생태계 서비스: 공급, 조절, 사회문화적 서비스 등



(우효섭 등 2018, 그림 1.5)

공학적 측면에서 본 하천(생태계)의 기능

## Nbs 의의

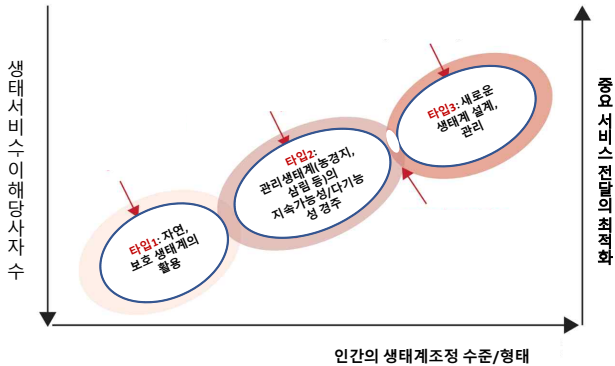


- 기존 유사개념(복원, 보전, EE, GI 등)의 통합적 성격 (오버라칭-임브레러 개념)

## NbS 원칙

- NbS는 자연보전의 원칙을 포괄함
- **NbS는 단독으로, 또는 기술적 해법 등 다른 것과 연계하여 실행될 수 있음(예: 그레이인프라와 연계된 그린인프라)**
- **NbS는 지역-특화된 자연적, 문화적 범주에서 결정됨 (예: 맹그로브 수림대)**
- NbS는 생물적/문화적 다양성과 진화하는 생태계 능력을 유지하게 함
- **NbS는 경관규모로 적용함 (예: 블루-그린 인프라)**
- NbS는 개발로 인한 당장의 경제적 편익과 생태계 서비스라는 미래 대안 간에 트레이드어프를 인지하여야 함 (예: 갯벌 간척)

## NbS의 유형과 특성



출처: Eggermont et al. 2015. Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe.



## NbS는 새로운 개념인가?

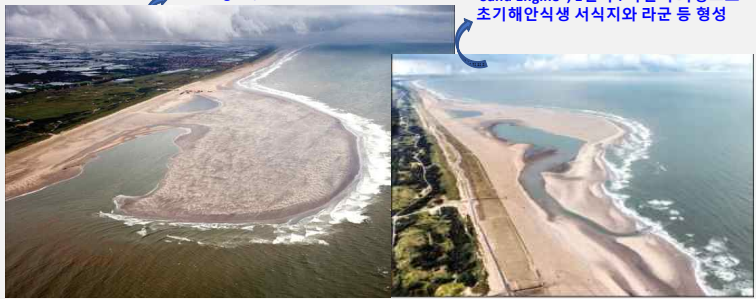
- 그렇다면, 자연인프라, 그린인프라, 블루-그린 인프라, eco-DRR, 저영향개발(LID) 등은 무엇인가?
- 또 BwN (Building with nature)은 무엇인가 ?
- 위와 같은 개념들을 도입, 적용하는 지역에서는 **혼란스러움!**  
**→새로운 것이 아님!**
- ❖ **관련자료:** 물관리를 위한 자연기반해법과 유사개념들의 유형분류 및 체계  
(우효섭과 한승완, 응용생태공학회 논문집, 2020)

## 유사 개념 1: BwN (Building with Nature)

- ▶ 자연의 역동성을 활용하고, 자연적 과정의 기회를 마련하여 궁극적으로 그레이인프라를 대체하는 접근방식
- ▶ 2008년 네덜란드에서 시작된 개념. 주로 해안지역의 폭풍서지 방어 등 DRR 수단으로 고려

▶ 'Sand Engine', 2011년에 2천만m<sup>3</sup> 모래 공급

▶ 'Sand Engine', 1년 후: 자연적 과정으로 초기해안식생 서식지와 라군 등 형성



## EE (Ecological Engineering)

- ▶ 인간사회와 자연생태계 모두에게 이익이 되도록 인간사회와 자연환경을 통합하는, 지속가능한 생태계를 **설계**하는 것(Mitsch and Jorgensen)
- 1960년대 초 미국에서 시작, **Academic discipline!**

※ **응용생태기술(AEE)**: 조성환경, 특히 사회기반시설(인프라)에 적용하는 생태기술  
(응용생태공학회: 2013년 한국에서 시작)



좌2: 생태기술 사례(좌: 조성습지, 중: 옥상녹화) (출처: 응용생태공학회 뉴스레터), 우: 난징타워

## 유사개념 2: GI (Green Infra)

- ▶ **(협의)** 오염된 도시우수를 처리하기 위해 자연생태계 기능을 모방한 자연적/기술적 시스템으로서 지역 수준에서 우수유출을 관리하는 것 (**USEPA**) → 1987년에 미국에서 처음 도입 (→ 호우관리)
- ▶ **(광의)** 삼림, 트인공간, 하천/호소 등 **자연자원(녹색공간)의 계획된, 관리된 네트워크**(도시나 유역 차원에서 홍수조절, 대기질 관리, 생태계 관리 등) (**Blue-Green Infra, EU**) → **DRR 차원의 GI 포함** → 1999년에 미국에서, 2009년에 EU에서 각각 공식 도입

# 협의 GI: 한국사례



Retention ponds (Yanggu)



Vegetated swale (Cheonan, Korea)



Infiltration planter (Jeonju, Korea)



Infiltration by rainwater down spout in Incheon(Incheon)



Permeable pavement (Gwangju, Korea)



Green roof (Asan, Korea)

❖ All are from Dr. Kim, Lee Hyeong (Kongju Univ., Korea)

# 광의: BGI 모식도 (EU)



(Source: <https://biodiversity.europa.eu/topics/green-infrastructure>)

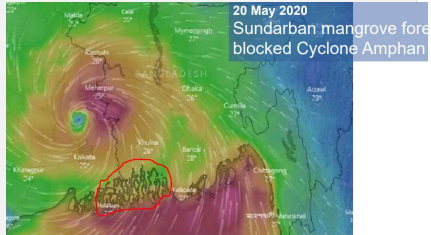
# 유사개념 3: Eco-DRR

## ✓ 재해위험저감 대책으로서 GI

### 사례1: 폭풍우 내습피해를 저감하는 해안수림대



**Mangrove coastal forest**

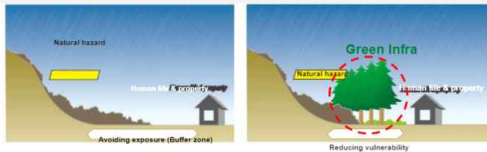


20 May 2020  
Sundarban mangrove forest blocked Cyclone Amphan

an's location on 20 May 2020 at 11pm (Bangladesh time) ([Windy.com](http://Windy.com))

(Source: The mangrove coast of Card Sound, Florida, surrounding South Biscayne Bay, photographed by Fransico Blanco; <https://www.greenbiz.com/article/why-protecting-blue-carbon-storage-crucial-fighting-climate-change>)

## 사례2: 방풍림, 방수림, 방사림 → 溫故而知新



(Adopted from MOE, Japan, 2016)



담양 관방제림(370년 전 시작)  
(강연자 촬영)

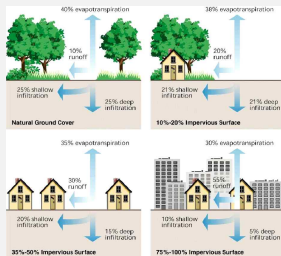


함양 상림(1,100년 전 시작)  
(KBS)



## 유사개념 4: LID(저영향개발)

- ▶ 토지개발사업에서 호우유출수 관리를 위해 가능한 **발생원 가까이에서 자연적으로 처리하여** 개발 전 수문순환 상태를 최대한 유지하도록 하는 것
  - 1990년에 미국에서 토지개발사업에 처음 시작
- ▶ 원칙: 1) 자연경관의 최대한 보전과 재현,
  - 2) 호우유출수를 발생원에서 자연재료를 이용하여 처리
- ❖ GI ≡ > LID (구체적인 방법론에서는 비슷하지만, GI 가 전체적으로 상위 개념임)



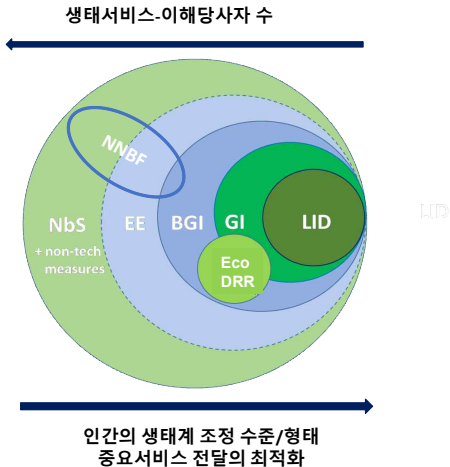
## 유사개념 5: CtNRT(자연형 하천기술)

- 하천을 정비, 복원하는데 있어 1) 살아있는 나무나 풀, 돌, 통나무 등 자연재료를 이용하여, 2) 자연지형에 최대한 가깝게 하천을 설계하는 기술 (**재료의 자연형, 형태의 자연형**)  
→ 18세기부터 독일어권에서 시작
- 인간사회와 자연환경을 통합하려는 노력, 생태계 과정을 모방하려 했다는 점에서 **EE** 이면서 광의의 **GI** 성격임



도시하천 복원 전(1996) 및 복원 후(1998) - 과천시 양재천

# 제 기술(해법) 간 관계





# 2

그럼 NNbF 란?

**Natural, Nature-based Features**

- 자연적이거나 자연기반의 경관적 특징을 이용하여 홍수위험을 저감하는 접근법
  - 해안/사주/습지/산호초/섬이나, 홍수터/습지 복원 등을 이용한 해안/하천에서 홍수위험저감
    - ✓ **Natural feature**: 자연(경관) 특징 그 자체의 기능 이용(기존 유사용어: natural infra)
    - ✓ **Nature-based feature**: 자연에 기반한, 즉 자연(기능)을 모방하여 인간이 조성한 경관 특징
    - ✓ 따라서 이 용어는 기존의 **natural infra + green infra** 성격임(다만 소규모 특징이 아닌 대규모 특징을 강조함)
    - ※ **홍수위험관리(Flood risk management)**: (해안과) 하천에서 홍수와 침식 등이 생명과 재산에 끼칠 수 있는 피해를 줄이기 위한 조치



## ❖ NNBF 가이드라인

- ✓ 미공병단의 연구개발센터(ERDC), 미해양대기청, 네덜란드의 인프라및물관리부, EA(영국 환경청), 월드뱅크 등이 5년간 작업을 통해, 2021년에 공동으로 개발한, NNBF를 이용한 홍수위험관리 가이드라인

## ❖ Solution과 Feature

- ✓ Solution (**해법**): 문제를 해결하는 구체적인 방법(인간에 의해 적극적, 소극적으로 조종/manipulation 된 대책)
- ✓ Feature (**경관특징**): 문제를 해결할 수 있는 특징적 경관요소

**✓ 유사성**

- 자연(생태계)의 조절기능을 이용한다는 점

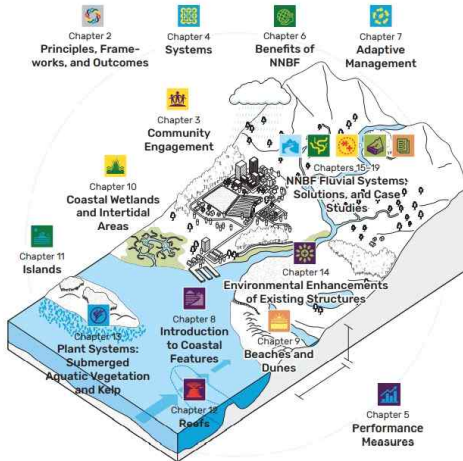
**✓ 차별성**

- NbS: 주로 인간의 조종/manipulation으로 얻어지는 자연적 조절기능을 이용한 크고 작은 대책
- NNBF: 자연 자체나 인간의 조종을 통해 얻어지는 특징적 경관요소(feature) (자연적 조절기능을 기대함)
- 따라서 NNBF는 사실상 경관규모의 **Natural Infra + Green Infra** 개념을 특히 **홍수위험저감에 적극 적용하는 것이라 할 수 있음**

- ✓ 자연 상태와 경관은 항상 **홍수 탄력성(resilience)에 기여함**
- ✓ 홍수위험관리 대책이나 시스템의 기능과 성공여부는 **규모(scale)에 달려있음**
- ✓ 지속가능한 FRM은 전통적/grey, 자연적/natural, 자연기반적/nature-based **요소의 조합이어야 함**
- ✓ NNBF의 유연성과 적응성은 홍수탄력성을 달성하는데 중요함
- ✓ NNBF를 유인하고 확대하기 위해서는 **정책개발이 중요함**
- ✓ 조정, 협력, 동반의 자세는 NNBF의 성공적인 적용을 뒷바침함



Figure 1.2. Contents and Concepts of NNBF Guidelines Linked to a Watershed Approach



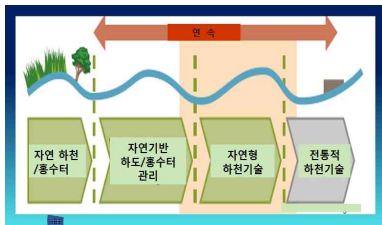


# 3

## NbS/NNbF와 홍수위험관리

## 28 하천홍수관리와 Nbs

- ✓ 그레이 인프라: 댐, 제방, 수제, 보 (전통적인 물 인프라)
- ✓ 그린-그레이 인프라: 식생 + 콘크리트/돌
- ✓ (블루)그린 인프라: 하천에서 생태계 조절기능의 보전, 복원 및 모방
- ✓ Nbs: 자연하천의 보전, 복원을 통한 생태계의 물조절기능 이용



블루그린 인프라

Nbs (=NNBF)

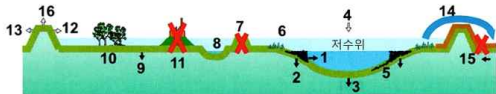
출처: NERC / HR Wallingford 자료에 기초함

- ✓ 원칙: 형태의 자연형, 재료의 자연형
- ✓ 예: 살아있는 갯벌들다발 호안



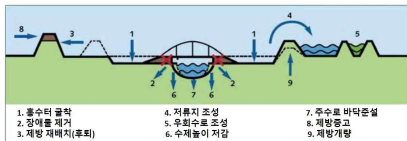
Source: <https://www.freitag-weidenart.com/alt/?sub=spreitlage>

- ✓ 하천에 공간을! (2007년대부터 시작된 네덜란드 개념)
- ✓ 홍수터와 하도 복원 ⇒ 통수능 확보 + 생태계 조절기능 복원
- ✓ 4대강사업에 일부 채택(사업의 정치성을 떠나 다시 볼 가치가 있음!!!)



- |            |             |
|------------|-------------|
| 1. 주수로 좁힘  | 9. 홍수터 낮춤   |
| 2. 수제 낮춤   | 10. 식생복원    |
| 3. 준설      | 11. 성토지 제거  |
| 4. 유사 포설   | 12. 제방 보강   |
| 5. 영구층     | 13. 제방 돌림   |
| 6. 자연강택    | 14. 저류      |
| 7. 여름제방 철거 | 15. 측면유입 단절 |
| 8. 셋강 복원   | 16. 제방 높임   |

그림 6.13 네덜란드의 하천공간확대정책(Room-for-the River) 모식도(Silva et al. 2001)



(van Herk et al. 2014)

- |               |            |             |
|---------------|------------|-------------|
| 1. 홍수터 굴착     | 4. 저류지 조성  | 7. 주수로 바닥준설 |
| 2. 장애물 제거     | 5. 우회수로 조성 | 8. 제방增高     |
| 3. 제방 재배치(후퇴) | 6. 수제높이 저감 | 9. 제방개량     |

# 31 사례 1: 제방후퇴

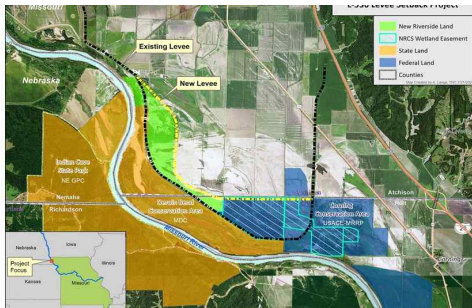
## ✓ 네덜란드 사례

- The Lower Rhine 강에 있는 Bakenhof 지역 하천제방 약 1.4 km를 뒤로 약 200m 가량을 후퇴시켜 홍수터를 복원, 확대
- 복원된 홍수터에는 하천의 횡방향 생물 연결성을 위해 셋강도 조성
- 인근 주민들의 위락장소로 호평



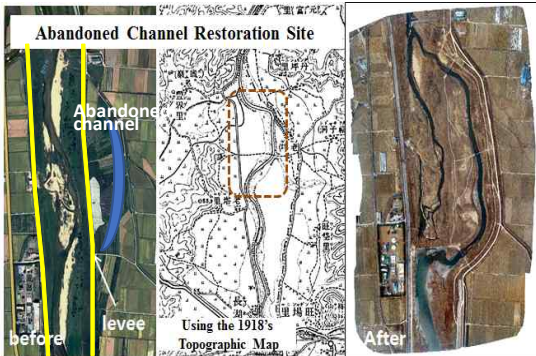
### ✓미국사례: 미주리강

- 2019년 큰 홍수피해를 입어, 100여개 제방이 유실되어 120만 에이커(약 4,860km<sup>2</sup>)의 농지침수, 농장, 철도, 고속도로, 기타 470개소 도로 피해 발생
- 미주리주 북쪽 Atchison County와 Holt County에 있는 제방 L536은 부분, 완전 유실
- 미공병단 오마하지역과 토지소유자들이 협의하여 제방을 하도에서 후퇴하기로 결정
- 홍수소통을 위해 하천에 더 큰 공간을 마련하고, 제방은 현대적 기술로 설계, 시공하는 것이 현재와 다음 세대를 위해 가장 좋은 대안이라고 결정



### ✓ 청미천 풍계지구 사례(우효섭 등, 2018)

- '이코리버21'연구단의 하도복원 시범사업 성격으로 계획, 설계되어 2014~2015년에 시공
- 주요 목표: 1) 하천의 홍수소통기능 확대, 2) 구하도 및 서식처 복원, 3) 지역주민들에게 휴식 및 위락 공간 제공 등
- 복원사업 전 구하도 154,000m<sup>2</sup>는 경지로 이용
- 이 사업을 위해 약 18,000m<sup>2</sup>의 사유지 매입, 1970~80년대 제방은 철거되어 구하도 복원 구역 뒤로 재배치
- 홍수위는 0.06~0.28 m, 설계유속은 최대 0.67 m/s 감소





### ✓ 과거 치수목적의 하천정비사업의 리뷰

- 산간지방 일부제방은 지형특성과 보호시설물의 가치로 보아 그 중요성이 낮음
- 반면에 제방을 철거하여 얻어지는 통수능 증대와 육상서식처 홍수터복원은 의미가 있음
- 이 경우 토지소유자들과 타협을 통해 제방을 철거하고 홍수터를 복원하는 방안 검토 필요
- 미국, 유럽에서 댐철거가 이제 보편적이듯이 앞으로 제방의 경우도 예외는 아닐 것임

제거

하천변 농경지의  
하천변입



## 35 사례 3: 천변저류지

- ✓ 생태학적 의미: 홍수시 하천변 낮은 곳으로 하천수가 자연적으로 월류하여 홍수조절, 수변의 황적 연결성 보장 등 생태기능을 하는 지역(wash land)
- ✓ 하천공학적 의미: 하천변 저지대의 일정구역에 홍수시 하천수를 계획적으로 끌어들여 하천홍수 위험을 저감하고, 평시에는 생물다양성을 위한 서식처 역할을 하는 시설 → 현 유역종합치수계획의 비구조물적 대책 중 하나



출처: 영월인 <http://www.vwmedia.kr/news/articleView.html?idxno=1858>



그림 1. 미국 해리스 카운티 (평상시)



그림 2. 미국 해리스 카운티 (홍수시)

출처: 천변저류지의 조성 및 활용(김형수 등)



4

맺는말

- **NbS:** 사회적 도전과제 해결을 위해 자연과정과 생태계 서비스를 이용하는 개념을 아우르는 '어미' 개념
  - ⇒ **생태적 기능을 사회적 문제해결에 이용하는 개념은 모두 NbS다!**
- 상호위계: NbS > (EE) > BGI > GI > LID
- 하천홍수관리 차원: NbS (NNbF) > BGI > GGI > Grey Infra
- **NbS는 새로운 것이 아니다(생태전문가들 중심으로 개발)!**
  - ⇒ 그럼에도 불구하고 NbS는 교육적이고, 이해를 돕는 유용한 개념이다!
- **NNBF도 새로운 개념이 아니다(기술자들 중심으로 개발)!**
  - ⇒ 다만 자연경관 규모로 홍수위험저감에 초점을 맞춘 것이다.
- NBS건 NNBF 건 지역특성에 맞게 기존 **그레이인프라와 연계하는** 것이 맞다!



감사합니다.