

## 자연/자연기반 특징(NNbF) – 자연기반해법(NbS)과 비교분석 및 국내적용성 평가

# Natural, Nature-based Features (NNbF) – A Comparative Analysis with Nature-based Solutions (NbS) and Assessment of Its Applicability to Korea

우효섭<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>세종대학교 건설환경공학부 산학교수

Hyoseop Woo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Sejong University, Seoul 05006, Korea

Received 4 April 2023, revised 24 April 2023, accepted 24 April 2023, published online 30 June 2023

**ABSTRACT:** NNbF is a newly emerging approach to reduce flood risk in coastal and fluvial areas using natural features or engineered nature-based features with the expectation of co-benefits of provisional, regulating, and socio-cultural services provided by the ecosystem. NNbF is not quite different from existing, related terms based on nature, such as NbS, Eco-DRR, NI, GI, EwN, and BwN, for all these terms include expectation of benefits for human societies by directly utilizing or mimicking nature's ecological functions. If we focus on the comprehensiveness of each term's subject and object, we can say that NbS > NNbF > (Eco-DRR, NI/GI). Among the 18 measures introduced in the NNbF International Guideline in the river and floodplain management category, it was found that measures of wash lands and floodplain restoration, including levee setback/removal and side-channel restoration, seemed to be the most applicable to rivers in Korea. These selected measures could be more effective when river managers purchase riparian lands along river courses by relevant laws for river water-quality protection.

**KEYWORDS:** Eco-DRR, EwN, Flood risk management, Floodplain restoration, Green infra, NbS, NNbF, Wash land,

**요약:** NNbF는 자연(경관) 자체나 자연(과정)을 모방한 경관특징을 이용하여 해안이나 하천에서 홍수위험 저감 편익을 기대하고, 동시에 생태계가 주는 공급, 조절 사회문화 서비스를 공동편익으로 기대하는 방법론이다. NNbF는 우리말로 간단히 '자연·자연기반 특징'이라 쓸 수 있을 것이다. NNbF 이전에 대두된 NbS를 포함하여 Eco-DRR, NI, GI, EwN, BwN 등 유사 개념들은 자연을 직접 이용하거나, 자연과정을 모방하여 인간사회에 편익을 기대한다는 점에서 사실상 서로 크게 다르지 않다. 다만 행위 주체와 목표의 포괄성 면에서, NbS > NNbF > (Eco-DRR, NI/GI)로 정리할 수 있다. NNbF 국제가이드라인에서 하도와 홍수터 관리 범주에서 제시된 총 18개 항목 중 국내하천 여건을 고려하면 천변저류지와 홍수터 복원(제방 후퇴/철거, 셋강복원 등) 등의 적용성이 높아 보인다. 이 결과는 2022년 별도로 수행된 저자의 다른 연구성과와 일치한다. 특히 현재 시행중인 하천수질 보호를 위한 수변토지 매수정책과 병행하면 그 적용성은 더 높아질 수 있을 것이다.

**핵심어:** Eco-DRR, EwN, 홍수위험관리, 홍수터복원, 그린인프라, NbS, NNbF, 천변저류지

\*Corresponding author: hswoo0603@gmail.com, ORCID 0000-0003-3708-8053

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

2000년대 말 NbS에 이어서 2020년대 초 NNbF라는 말이 물관련 재해위험관리 분야에 등장하였다. NNbF는 자연상태의 특징 (features)이나 인위성이 가미된 자연에 기반한 특징적 요소를 이용하여 해안이나 하천에서 홍수위험을 관리하는 방법론이다. 이 개념은 2010년대부터 미국육군 공병단 (USACE)의 연구개발센터 (ERDC), 미국의 해양대기청 (NOAA), 네덜란드 인프라및물관리부 (Rijkswaterstaat), 영국의 환경청 (EA) 등과 같은 물관련 전문기관과 그 밖에 세계은행 (WB) 등이 5년간 공동작업을 통해 2021년에 가이드의 형태로 개발된 것이다 (Bridges et al. 2021). 이 개념을 더 쉽게 표현하면 ‘자연물 자체나 자연을 모방한 것’을 이용한 홍수위험관리 대책을 말한다. 여기서 자연물은 자연상태의 섬, 해안, 압초, 홍수터, 습지 등과 같은 경관적 특징물이다.

한편, NbS (Nature-based Solutions), 또는 우리말로 자연기반해법은 자연생태계의 구조와 기능을 통한 ‘자연적 과정’을 보전/복원하여 직접 이용하거나 모방하여 우리가 당면한 사회환경적 문제를 해결하려는 방법론이다 (IUCN 2016, Woo and Han 2020). 이 개념은 2000년대 말 세계자연보전연맹 (IUCN)과 세계은행이 공동으로 개발한 것으로서, 특히 기후변화 및 온실가스 배출 저감 등과 같은 사회환경문제 해소를 위해 대두되었다.

여기서 강조할 것은 NNbF이건 NbS이건 그러한 방법론을 적용하여 기대할 수 있는 편익은 일차적 적용목적만이 아니고, 이른바 공동편익이 수반된다는 것이다. 예를 들면, 천변저류지를 조성하여 하천홍수 위험을 줄이려는 경우 일차목적인 홍수조절 편익은 물론, 서식처, 심미, 문화, 기후조절 등 저류지에서 기대되는 다양한 공동편익이 있다는 것이다. 이는 특히 NNbF를 적용하기 위해 관련 이해당사자들을 설득하는 경우 중요하고 고려 요소가 된다.

본 고찰논문에서는 우선 NNbF의 의미와 탄생배경을 검토한다. 다음, NNbF와 NbS의 방법론적, 대상적 차이를 고찰한다. 이를 통해 두 개념은 물론 유사한 타 개념들과 상호 유사성과 차이를 제시한다. 마지막으로, 하천홍수와 해안홍수 중 하천홍수 위험관리를 위한 NNbF의 국내하천 적용성을 검토한다. 이 내용이 본 연구의 가장 핵심적 부분이 될 것이다.

## 2. NNbF의 의미와 탄생

### 2.1 NNbF의 의미

Natural, Nature-based Features는 우리말로 직역하면 “자연적, 자연기반적 (경관)특징”이 되지만, 글로 쓸 때는 NNbF라고 그대로 쓰던지, “자연·자연기반 특징”이라 줄여서 말하는 것이 바람직할 것이다. 특히 ‘경관’을 괄호에 넣은 것은 NNbF 원취지가 경관적 관점에서 특징을 의미한다는 점을 강조하기 위함이다. 여기서 핵심어는 자연, 자연기반, 그리고 (경관)특징이다.

자연 (nature)은 인위적이 아닌 자연 그 자체를 의미하므로, 여기에 특별한 이견이 없을 것이다. 자연적 특징 (natural features)은 경관생태 관점에서 자연적/특징적 요소를 의미하며, 구체적으로 자연상태의 섬, 해안, 홍수터 등을 지칭한다. 반면에 자연에 기반한 특징 (natural-based features)은 홍수위험관리를 위해 자연, 또는 다른 표현으로 생태계의 기능을 모방하여 인간이 조종/제작한 (engineered) 특징적 요소를 의미한다. 여기서 인간이 관여한다는 것은 설계, 기술, 시공한다는 의미이다 (Bridges et al. 2015a). 예를 들면, 해안가의 방풍림/방사림이나 복원된 홍수터/습지 등이 이에 해당할 것이다. 따라서 전자는 지금 통용되는 natural infrastructure (NI), 후자는 (광의의) green infrastructure (GI) 기능 중에서 (Woo and Han 2020) 특히 홍수위험관리 기능이 있는 것들을 특정 지어 일컫는 것이다.

한편 NbS에서는 해법 (solutions)이라 하지만 NNbF에서는 특징 (features)이라 하는 것은 전자는 문제를 해결하는 방법이나 대책을 강조하지만, 후자는 문제에 대처할 수 있는 특징적 경관형태를 강조하기 때문이다.

정리하면, NNbF는 자연상태의 경관적 특징이나 자연에 기반한, 즉 인간이 조종한 경관적 특징을 해안이나 하천의 홍수위험관리에 적극적으로 이용하는 방법이다. 반면에 NbS는 자연에 기반한, 즉 자연생태 기능을 보전/복원하여 직접 이용하거나, 모방 (mimicking/engineering) 하여 현재 우리가 당면한 여러 사회환경 문제를 해결하는 대책이다. 즉, NNbF는 자연경관 그 자체를 홍수위험관리에 직접 이용하는 것이며, NbS는 자연생태계의 생산, 조절, 사회문화 기능 (정보기능)을 이용하거나, 그러한 기능을 인간이 모방하여 사회환경 문제에 적극적으로 대처하는 것이다. 다만 전자의 ‘자연기반’은 순수하게 인간이 조종/제작한 것만 지칭하

**Table 1.** Comparison of the characteristics of NNbF and NbS

	NNbF	NbS
Basic concept	Nature itself + Nature-based (human-manipulated)	Nature-based (protection/restoration + human-manipulated)
How to utilize	Using the landscape features	Using individual measures or methods
Targets	Flood risk management of coasts and rivers	Addressing the socio-environmental issues

나, 후자의 ‘자연기반’은 생태계 보전/복원도 포함한다.

이 두 개념의 차이를 기본개념, 방법론, 적용대상 등으로 나누어 비교하면 다음 Table 1과 같이 정리할 수 있을 것이다.

## 2.2 NNbF의 탄생

NNbF 개념은 2021년에 관련 가이드라인이 개발되면서 소개된 개념이나 용어가 아니다. 사실 2000년대부터 이름은 서로 다르지만, NNbF와 유사한 다양한 개념과 용어들이 등장하였다. 예를 들면 미국 공병단의 ‘자연과 함께하는 기술 (Engineering with Nature, EwN)’ 접근법은 자연적 과정과 기술적 과정을 의도적으로 조율하여 협력을 통해 경제적, 환경적, 사회적 편익을 효율적이고 지속가능하게 실현하는 것이다 (USACE/ERDC URL #1). 조금 더 쉽게 표현하면 자연 시스템과 인간의 기술을 통합하여 각각의 효과 이상을 기대하고, 나아가 적응관리를 도모하는 것이다. 그들은 2010년부터 ‘Engineering with Nature®’라는 일종의 관련 전문가 국제네트워크를 만들어 운영하였다 (USACE/ERDC URL #2). EwN은 NNbF의 실천적 방법론이다.

또한 국토의 30%가 해수면 아래이고, 육지의 60%가 홍수위험에 처해있는 네덜란드에서는 이른바 Building with Nature (BwN) 라 하여 인간의 기계적 힘이 아닌 자연의 힘을 이용하여 원하는 경관적 특징을 도모하는 것으로서 (Woo 2021), 넓은 의미에서 EwN에 해당한다 할 수 있다. 이는 NbS의 실천적 해법이라 할 수 있다.

NNbF에 영향을 직접 준 노력은 2015년에 같은 미국 공병단 연구개발센터에서 발간된 ‘해안 레질리언스를 위한 NNbF의 이용’이라는 보고서이다 (Bridges et al. 2015b). 이 보고서에는 습지, 해변과 사주, 생물기원의 산호초, 섬과 같은 자연특징물을 이용하여 해안폭풍으로 인한 해일과 파랑으로부터 해안피해를 줄이는 일종의 생태계-기반 접근법이 소개되었다. 그들은 이처럼 자연의 물리적, 화학적, 생물적 과정을 통해 형성된 특징적 요소를 ‘Natural features’라 하였다. 반면에 해안

위험저감과 같은 특정한 서비스를 위해 자연특징물을 모방하여 인간에 의해 설계, 건설된 것들을 ‘Nature-based features’라 하였다.

위와 같은 배경하에 미국 공병단은 ‘EwN Initiative’의 일환으로서 2016년부터 네덜란드의 인프라및물관리부, 영국의 환경청, 미국의 해양대기청 등과 같은 전문기관과 그 밖에 세계은행 등과 같이 5년간 공동작업을 시작하였다. 이 작업에는 180명의 전문가와 77개의 관련 기관들이 참여하였다. 그 성과로 기존 해안 레질리언스 대책으로서 NNbF를 확충하고 하천홍수 위험저감 대책까지 포함한 기술가이드라인을 2021년에 개발하였다 (Bridges et al. 2021). 따라서 이 가이드라인은 기본적으로 그전에 개발된 미국 공병단의 해안 홍수 위험관리 NNbF를 네덜란드, 영국 등의 관련 기관과 공동으로 확충하고 여기에 하천 홍수위험관리를 추가한 것이다.

## 3. NNbF와 유사개념의 비교분석

전술한 2장 1절에서 간단히 설명하였지만, NNbF를 확실히 이해하기 위해서는 기존의 NbS와 비교분석이 중요하다. 이를 위해 전술한 EwN, BwN 그리고 NbS의 하위개념인 그린인프라 (green infra) (Woo and Han 2020) 등도 추가한다. 여기에 학술적 분야이기 때문에 NNbF와 조금 성격이 다르지만 생태공학 (Ecological Engineering) 등도 같이 비교하는 것이 바람직할 것이다.

위와 같은 제 유사 개념들과 NNbF와의 상호관계를 도식적으로 표시하면 Fig. 1과 같다. 이 그림은 단순히 NNbF를 중심에 놓고 관련 개념들을 제시한 것으로서, 서로 간의 위계는 나타나지 않는다. 여기서 가장 기본적인 개념은 여전히 NbS이다. 이 그림에서 적색타원으로 표시한 것들은 전술한 비교대상 개념들이다.

위와 같은 제 개념은 주체와 객체의 범위를 고려하여 다음과 같은 Table 2와 같이 제시할 수 있다. 이 표에서 보면 NbS는 개념의 주체 (무엇을 가지고 하는지)와 객

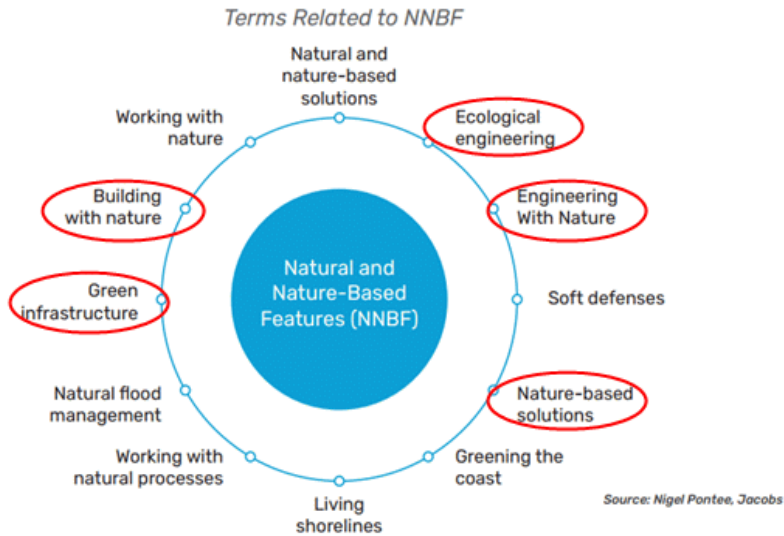


Fig. 1. NNBF and related terms (Bridges et al. 2021, p.5).

Table 2. Comparative analysis of NNBF and related concepts

Categories	Subjects	Objects	Note
NbS	- Conserved/restored nature - Mimicked nature	- Socio-environmental issues	- Introduced in 2008 - Conceptual, comprehensive model
NNbF	- Natural landscape feature - Mimicked nature/feature	- Flood risk management (coastal and fluvial areas)	- Introduced in 2016 (fluvial systems included only on 2021) - The project-level analysis and design for flood risk management
EwN	- Natural functions + man-made functions	- Comprehensive area of water management	- Introduced in 2010 - Fundamentals of USACE's coastal/ fluvial management
BwN	- Natural works of designed landscape features	- Restoration of coastal and fluvial areas	- Introduced in early 2010 in the Netherlands
Eco-DRR	- Natural/man-made ecosystem	- Natural disaster risk reduction	- Emerged in 2005 after the Indian Ocean tsunami
NI	- Nature itself	- Ecological services as infra; reservoir and flood defense	- Introduced in 1980s
GI	- Mimicked nature	- Flood risk reduction (virtually the same with Eco-DRR)	- Introduced in the mid-1980s - Originally for stormwater management (USEPA)
EE	- Man-designed Ecosystem	- Socio-environmental issues	- Introduced in the USA, early 1960s as an academic discipline

체 (대상이 무엇인지) 양면에서 모두 NNbF를 포함한다. 즉,

$$NbS > NNbF$$

한편, EwN는 기술적 기능과 자연적 기능을 의도적으로 공간적으로 배치하여 상호보완 효과를 기대하는 방법론을 총체적으로 의미하는 것이다. 이 개념은 사실

상 그동안 공학적 기능에만 의존해온 해안/하천 관리 관행에서 벗어나 자연적 기능도 병행 이용하자는 취지이다.

또한, BwN는 인간의 노력 대신 자연의 힘을 이용하여 자연적 특징을 복원하여 그 기능을 기대하는 것이다.

생태적 재해위험감소 (Ecological Disaster Risk Reduction, Eco-DRR)는 재해위험관리 측면에서 Fig. 1 이나 Table 2에 제시된 그린인프라라고도 불린다. 여기서 재해는 홍수위험은 물론 토사재해, 폭풍재해 등을

포함한다. Eco-DRR은 지속가능하고 레질리언스 한 개발을 위하여 재해위험을 줄이는 방안으로 생태계를 지속할 수 있게 관리, 보전, 복원하는 것이다 (Estrella and Saalismaa 2013). 이 용어를 홍수위험에 초점을 맞추면 개념 자체는 NNbF에 근접하지만, 원론적인 접근방법에 머물러 있고 구체적인 기술가이드는 아직 개발되지 않고 있다. 이 개념은 우리나라에서 과거 방풍림, 방사림, 방수림 등으로 전통적으로 쓰여왔다 (Ji and Woo 2023).

NI (Natural Infra)는 1980년대 미국에서 강조된 개념으로서, 자연생태계의 조절기능을 통해 인간사회에 주는 서비스 편익을 꽤 하는 접근법이다. 그 대표적인 것이 삼림이 주는 ‘자연댐’ 기능으로서 가뭄시 물공급과 홍수시 홍수조절 기능 등을 말한다. GI (Green Infra)도 미국에서 1980년대 중반에 처음 나온 개념으로서, 우수처리를 위해 자연생태계 기능을 이용한다는 개념 (USEPA #3)과 도시역에서 수목과 물로 이루어진 터진 공간과 패치 등의 전략적 경관 설계 및 관리 개념 (Benedict et al. 2006)이 혼돈되었다. 전자는 협의의 개념으로 미국 등지에서 보편적으로 통용되고 있으며, 후자는 광의의 개념으로서 유럽의 블루-그린 인프라 개념과 기본적으로 같다 (Woo and Han 2020).

생태공학은 인간과 자연 모두의 이익을 위해 둘을 통합하는 지속가능한 설계라 정의 (Mitsch 2012)되는 하나의 학술분야이므로 지금까지 제시된 다양한 실무적 접근방법과 직접 비교하기 어렵다. 다만 이는 생태계를 설계, 즉 “engineered/mimicked” 하여 인간사회에 이익을 준다는 점에서 위에 언급한 모든 개념의 학술적 기반이 된다.

위 검토를 종합하면 지금까지 거론된 유사개념을 행위 주체와 목표 (대상)의 포괄성을 고려하면 EwN, BwN, EE를 제외하고 다음과 같이 위계로 정리할 수 있을 것이다.

$$NbS > NNbF > (Eco-DRR, NI/GI)$$

여기서 NI와 GI를 합하면 사실상 NNbF와 그 개념이 같다고 할 수 있다.

## 4. NNbF의 국내 하천관리 적용성

### 4.1 NNbF 가이드라인의 구성

앞서 언급한 대로 NNbF는 ‘국제가이드라인’이라는

이름으로 2021년에 공식 개발되었다. 이 가이드라인은 크게 개요 (Overview)와 가이드라인 (Fig. 2)으로 구성되었으며, 가이드라인 본에는 총 19개 장이 수록되었다. Fig. 3은 각 장 내용의 공간적 위치를 유역과 해안에 표시한 것이다.

이 가이드라인에서 제시하는 NNbF의 포괄적인 원칙 중 NNbF의 고유특성에 관련된 것들은 다음과 같다.



Fig. 2. The cover page of NNbF International Guideline.

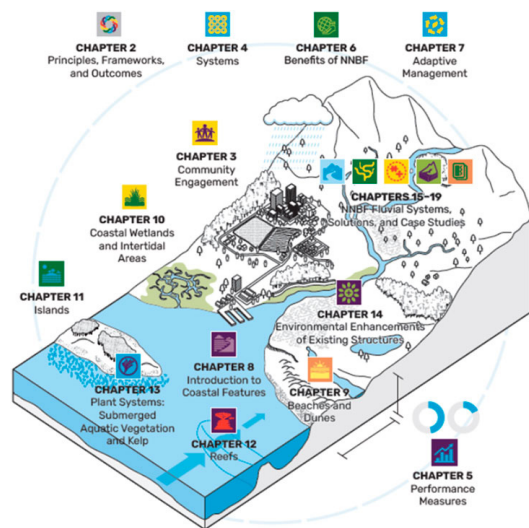


Fig. 3. Chapters in the Guideline allocated to the corresponding spatial location in a watershed (Bridges et al. 2021. Fig. 1.2).

- 자연 상태와 경관은 항상 홍수탄력성 (resilience)에 기여하며,
- 홍수위험관리 대책이나 시스템의 기능과 성공 여부는 그러한 대책이나 시스템의 규모 (scale)에 달려있으며,
- 지속가능한 홍수위험관리는 전통적(공학적) 요소와 자연적/자연기반적 요소들의 조합이 바람직하다.

구체적으로, 이 가이드라인 제1부는 총괄 부로서 모두 7개의 장으로 구성되어 있으며, NNbF를 개괄적, 총괄적으로 소개한다. 제2부는 해안시스템 관련 부로서 모두 7개 장으로 구성되어 있으며, 해안 및 하구 관련 해안과 사주, 습지와 갯벌, 섬, 암초, 식물시스템 등 개별 경관특징을 강조한다. 제3부는 하천시스템 관련 부로서 모두 6개 장으로 구성되어 있으며, 서론, 적용원칙, 적용범주, 각 범주별 구체적 적용방안, 적용사례 등을 강조한다. 제19장 하천에서 NNbF의 적용사례에는 미국 미주리 강의 대규모 제방후퇴를 통한 홍수터 연결성 복원, 네덜란드의 홍수터 내 샛강 복원, 영국의 식생/토지관리/저수지 등을 이용한 홍수유속 저감 등을 소개하고 있다. 마지막 제20장은 제시된 NNbF 방법론의 제도적 추진 등을 제시한다.

4.2 NNbF 하천시스템 적용 범주

NNbF 가이드라인 제17장에서는 도시유출을 포함한 하천시스템에 적용하는 범주를 다음 Fig. 4와 같이 크게 5개 분야로 나누어 소개한다.

1. 하도와 홍수터 관리: 홍수유속 저감, 홍수저류 확대, 홍수류 주거지 우회, 육상/수생 서식처 편익 마련
2. 식생관리: 유속저감, 토양침투 촉진, 증발산 허용, 조도증가 및 유속저감
3. 전원지역 유출관리: 우수포획, 유속저감 및 저류, 침투촉진, 유사포착
4. 도시유출 관리: 녹색역에서 보수 및 저류, 호우의 하수관거 도달 저감
5. 침식관리: 강터보호, 강터침식 저감, 경성강터를 식생강터로 대체

제18장에서는 위 각각의 분야를 구체적으로 소개하고 있다. 먼저 범주1은 하도 및 홍수터 복원이라는 제목

으로 1) 수변완충대 조성, 2) 천변저류지 조성, 3) 홍수터 복원 및 (하도와) 재연결 (제방 월류허용, 후퇴/철거), 4) 우각호나 과거 고하도의 복원, 5) 제방철삭, 6) 홍수터 흐름장애물 철거, 7) 홍수터 내 중단댐 설치를 통한 샛강 조성, 8) 폴더 (제방으로 둘러싸인 토지) 재자연화, 9) 자연형 낙차공, 10) 간헐천 복원, 11) 홍수터 준설, 12) 하천복원 (사형조성, 하상 및 강터 재자연화), 13) 샛강 조성, 14) 하천 바이오필터, 15) 도시 콘크리트 복개하천 복원, 16) 습지 조성 및 복원, 17) 댐/보의 어도 설치, 18) 산불로 인한 하도영향 저감 등을 소개한다. 이중 가이드라인에서 강조하는 대책은 하천복원, 홍수터 및 홍수터습지 복원, 천변저류지(wash land) 조성 등이다.

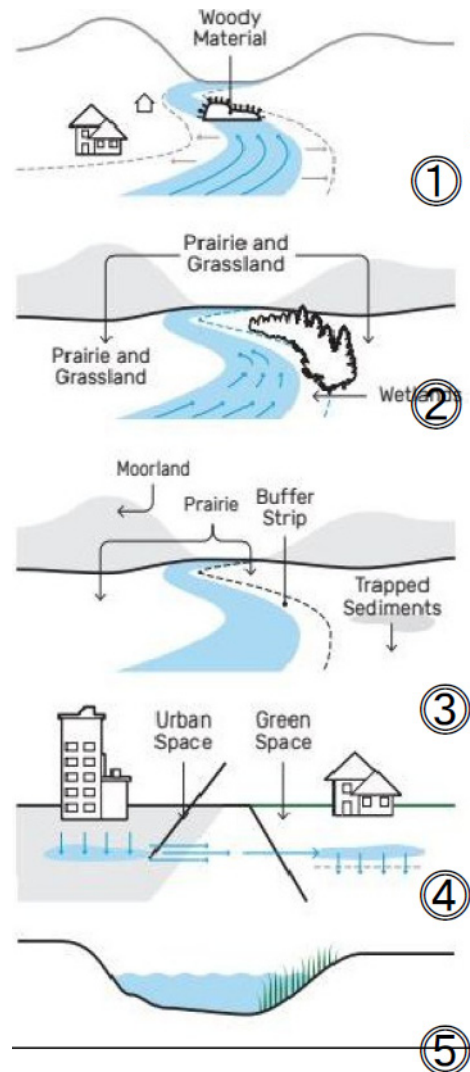


Fig. 4. Application categories of NNbF to fluvial system (Bridges et al. 2021, Fig. 17.14).

다음 범주 2 식생관리에는 1) 홍수터 초원, 2) 유역 수목식재, 3) 홍수터 및 수변 수목 식재, 4) 하도 수목부유물 보전 및 조성 (홍수유속 저감 목적) 등을 소개하고 있다.

범주 3 전원지역 유출관리에는 1) 농경지 지하배수 관리-토양의 저류 및 필터 기능 강화를 위한 강제배수 억제, 2) 홍수시 일시저류를 위한 농지둔덕 관리, 3) 토양침식 억제를 위한 등고선경작, 4) 지류하천 유입부 낙차공, 5) 농업 식생배수로, 6) 구곡 수목담 조성, 7) 완충지 조성, 8) 토지경계를 따라 생울타리 조성, 9) 경사면의 보전적 경작, 10) 농경지 내 유출조절지 조성 등 다수를 소개하고 있다.

범주 4 도시유출관리에서는 1) 조성습지, 2) 빗물정원 및 생유수지 (bioretention) 시스템, 3) 우수지 (detention), 4) 빗물수화, 5) 녹지 필터대 (filter strips), 6) 저류지, 7) 옥상녹화, 8) 완사면 도랑 (swales), 9) 투수성 표면 및 포장, 10) 도시수목공원 등을 소개하고 있다. 여기서 생유수지는 호우가 없을 시에도 습지로 남아 생태 서식처 역할을 하는 것을 말하며, 우수지는 호우시 단순히 우수저류만 하는 것을 말한다 (Woo 2022).

범주 5에는 강터수목관리를 위한 이른바 자연형 (저수) 호안공법 다수를 소개하고 있다.

### 4.3 NNbF의 적용성 검토

위와 같이 NNbF의 하천적용 범주와 각 범주별 구체적인 방법들에 대해 검토하였다. 본 연구에서는 이 사항들과 최근 국내하천의 공간특성을 지리학/지형학적 측면보다는 하천공학 측면에서 홍수완충공간 개념을 고찰한 연구 (Woo 2022)와 비교 분석한다. 이를 통해 NNbF의 국내하천 적용성을 일차적으로 평가한다. 여기서 홍수완충공간이란 하천홍수 위험을 낮출 수 있도

록 홍수충격을 완화하고, 홍수류가 머물 수 있게 하는 자연적인 홍수터, 자연적/인위적인 수변 (완충)구역, 자연적/인위적인 천변저류지 (wash land), 기타 천변 농경지 (특히 논) 등을 의미한다. Woo (2022) 연구의 결론은 국내하천 여건에 적용 가능한 홍수완충공간으로서 제방 후퇴/철거를 통한 홍수터 복원과 천변저류지 조성 등을 강조하고 있다.

먼저 범주 1의 하도와 홍수터 관리에서 NNbF 가이드라인이 제시하는 것들을 대상으로 국내 하천여건에 비추어 적용성을 일차적으로 평가하였고, 이를 Table 3으로 제시하였다. 이 표에서 보면 모두 18개 항목 중 5)는 홍수저류지 월류목적 외 적용성은 낮으며, 6) 하도/홍수터 내 흐름지장물은 국내하천의 경우 하천정비로 모두 제거되었다. 항목 7)의 경우 국내에서 홍수터 내 셋강 조성 시 홍수소통에 지장을 줄 수 있는 득을 별도로 두지 않으며, 8)과 10)의 경우 국내에는 없는 지형/하천 특성이다.

한편, 1)의 경우 제방이 없는 환경사 하안에 조성 시 하천수질보호, 수변서식처 조성, 위락공간 제공 등 환경적 효과를 기대할 수 있으나, 하천홍수조절 효과는 기대하기 어렵다. 더욱이 대부분 제방으로 둘러 쌓인 국내하천 여건상 대상지가 사실상 없다 (Jeong et al. 2007).

4)의 경우 우각호나 고하도는 국내에서 60년대 이후 하천정비 및 농경지 정리 등으로 대부분 소멸되었다. 13)의 경우 제외지 홍수터에 셋강을 조성하여도 생태 효과는 기대할 수 있으나, 홍수조절 효과는 대부분은 기대하기 어렵다. 다만 제내지에 있는 구하도를 복원하여 주하도와 연결하는 경우 어느 정도 홍수조절효과를 기대할 수 있다 (Yeo 2008)

마지막으로, 9), 12), 14), 17), 18)은 수질이나 생물

**Table 3.** Assessment of applicability of the items in Category 1 to the rivers in Korea

items	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Applicability	△	○	○	△	△	△	X	X	X*	X	○	X*	△	X*	△	○	X*	X*
note	No flood risk reduction if located land-side	Most Applicable	Most Applicable	No oxbow lake/paleo-channel restoration.	Applicable only to flood retention basin	Mostly removed	Mostly not applicable	None in Korea		None in Korea	Already implemented		Less effective in river channel area		Already implemented	Also having a flood retention function		

Legends: ○ applicability is high or now being implemented, △ medium, X low, X\* not directly related to river flood management.

서식처 등 수환경 관련 이른바 공동이익 (co-benefit)을 우선적으로 기대하는 것으로서, 홍수위험관리와는 직접 관련이 적다. 따라서 홍수위험관리 측면에서 우리 하천여건에 적용하고 있거나 적용성이 큰 항목들은 2), 3), 11), 16) 등 4개로 제한된다. 이 항목들을 다시 정리하면,

- 2) 천변저류지 (wash land) 조성: 이 사업은 이미 국내에 일부 적용되고 있으며 (Woo 2022), 앞으로 확대 가능함
- 3) 홍수터 및 하도 복원: 이 사업은 구하도 복원 등 일부 시행 중이며, 홍수터 자체의 복원, 제방 후퇴 및 철거까지 확대되지 않고 있음
- 11) 홍수터 준설: 이 사업은 정부의 ‘4대강살리기 사업 (2009-2011)’의 일환으로 추진되었음
- 16) 습지 조성 및 복원: 하천홍수관리 차원에서는 2) 천변저류지의 일부로서 접근하는 것이 바람직함

결국 위 항목 중 하천홍수위험 관리 차원에서 국내에서 확대적용 가능한 것들은 2), 3), 11)일 것이다. 이 결과는 항목 11)을 제외하면 사실상 홍수완충공간 관련 제 개념의 정립 연구보고서 (Woo 2022)의 결론과 일치한다. 다만 ‘4대강 수계법’ (MOE 2009)에 의해 수변토지 매수가 가능한 경우 위 네 항목들의 적용성은 더 높아질 수 있을 것이다. 특히 항목 1) 수변완충대 조성도 환경차원에서 그 적용성이 보일 것이다.

다음, 범주 2의 식생관리에서 NNbF 가이드라인이 제시하는 항목 4개 중 1), 3), 4)는 국내 하천여건상 적용성이 낮으며, 항목 2)는 하천관리 차원에서 다루기 어렵다.

다음, 범주 3의 전원지역 유출관리에서 10개의 항목 모두 농경지에서 물/토사/비점오염물질 유출관리 차원에서 접근하는 것들로서, 하천홍수위험 관리 측면에서 우선적으로 고려하기 어렵다.

다음, 범주 4의 도시유출관리에서 10개의 항목 모두 이른바 우수유출관리를 위한 그린인프라 (GI) 실무로서, 홍수시 하천유출을 일부 억제한다는 의미는 있다. 그러나 이는 도시홍수 및 비점오염물 관리와 도시역의 녹색/청색 축의 생태 네트워크를 강조하는 블루-그린 인프라 차원에서 우선 접근하는 것이 보편적이다 (Woo and Han 2020).

마지막으로, 범주 5는 강터보호를 위한 자연형공법에 해당하는 것으로서, 국내에서 하천홍수위험 관리차

원이 아니다.

## 5. 요약 및 결론

본 연구에서 NNbF의 의미를 그와 유사한 NbS와 비교하며 검토하였다. 이를 통해 두 개념은 물론 유사한 타 개념들과 상호 유사성과 위계를 검토하였다. 이어서 NNbF 국제가이드라인에 제시된 다양한 하천홍수대책을 검토하였으며, 마지막으로 각각의 항목에 대해 국내하천에 적용성을 검토하였다. NNbF는 자연 (경관) 자체나 자연을 모방한 경관특징을 해안이나 하천에 적용하여 홍수위험 저감 편익을 기대하고, 동시에 생태계가 주는 공급, 조절, 사회문화 서비스를 공동편익으로 기대하는 것이다. 본 연구에서 얻어진 주요 결론은 다음과 같다.

- NNbF는 사실상 자연인프라와 그린인프라를 합한 개념이라 할 수 있다.
- 유사개념들의 행위주체와 목표의 포괄성 관점에서 보면, NbS > NNbF > (Eco-DRR, NI/GI)로 표현할 수 있다.
- NNbF 국제가이드라인에서 범주 1의 하도와 홍수터 관리에서 제시된 총 18개 항목 중 국내하천 여건을 고려하면 하천홍수관리 차원에서 천변저류지와 홍수터복원 (제방 후퇴/철거, 셋강복원) 등의 적용성이 높아 보인다. 이 결과는 2022년 저자가 별도로 수행한 다른 연구성과와 일치한다. 특히 정책적으로 수변토지매수가 가능한 경우 그 적용성은 더 높아질 것이다.
- 한편, 위 18개 항목 중 하나인 홍수터 준설은 네덜란드의 ‘room-for-the-river’ 개념의 핵심요소로서, 이 대안은 하천 홍수위험이 있으나 다른 대안이 적절하지 않으면 고려할 수 있을 것이다.
- 그 밖에 범주 2 - 4는 유역물관리 차원에서 유역차원의 물-토사-식생-도시를 종합적으로 접근하는 경우 고려할 가치가 있어 보이나, 일반적인 하천홍수위험 저감대책으로 국내적용성은 낮아 보인다.

## 감사의 글

본 연구는 저자가 위탁연구책임자로 있는 ‘자연성 기반기술을 활용한 홍수피해 저감 및 완충 기술개발’



(2022. 4 - 2026. 12)' (#RE202201481)의 연구성과의 일부로서, 이 연구를 지원하는 한국환경기술평가원에 깊은 감사를 표한다.

## References

- Benedict, M. A. and McMahon, E. T. 2006. Green infrastructure: Linking landscapes and communities, Washington, D.C., Island Press.
- Bridges, T., Wagner, P., Burks-Copes, K., and Vietri, J. R. 2015a. Natural & nature-based features [Brochure]. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- Bridges, T. S. et al. 2015b. Use of natural and nature-based features (NNBF) for coastal resilience - final report, The US Army Engineer Research and Development Center (ERDC), Environmental Laboratory, Coastal and Hydraulics Laboratory.
- Bridges, T. S. et al. 2021. International guidelines on natural and nature-based features for flood risk management, Engineer Research and Development Center (U.S.), Special Report (Engineer Research and Development Center (U.S.)), no. ERDC SR-21-6.
- Estrella, M. and Saalismaa, N. 2013. Ecosystem-based DRR: An overview. In, The role of ecosystems in disaster risk reduction.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2016. Nature-based solutions to address global societal challenges. Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. edited.
- Jeong, S. J. et al. 2007. A guideline (tentative) for implementation of riparian buffer strips adapted to the Korean stream, KSCE Annual Conference pp. 3147-3150. (in Korean)
- Ji, U. and Woo, H. 2023. Technographical review of embankments for dams and levees in Joseon Dynasty (1392-1910), Korea. Water projects and technologies in Asia: Historical perspectives. H. Woo et al. edited, IAHR books, Routeledge, Taylor & Francis.
- Ministry of the Environment (MOE). 2009. River-basin management affairs guidance, MOE Directive 853, The Republic of Korea. (in Korean)
- Mitsch, W. J. 2012. What is ecological engineering? Ecological Engineering, 45: 5-12.
- Woo, H. 2021. Sand motors - A case study of Building with Nature. Newsletter of Applied Ecological Engineering Society 3: 2. (in Korean)
- Woo, H. 2022. Establishment of various concepts related to flood buffer spaces. A consulting report on the methodology development for flood damage reduction and buffering using Nature-based Solutions. A national R&D project of the Ministry of Environment. (in Korean)
- Woo, H. and Han, S.-W. 2020. Typological system of Nature-based Solutions and its similar concepts on water management. Ecology and Resilient Infrastructure 7(1): 15-25. (in Korean)
- Yeo, H.-G. 2008. Restoration of an old channel. Rivers and Culture 4(3): 106-116. (in Korean)
- URL #1: <https://ewn.erdcdren.mil/>
- URL #2: [https://ewn.erdcdren.mil/?page\\_id=7](https://ewn.erdcdren.mil/?page_id=7)
- URL #3: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure>