

생태계 기반 적응 사례 조사를 통한 기후변화 대응 정책에서의 활용 전략 연구

박진한* · 홍제우*[†] · 성선용**

*한국환경연구원 국가기후위기적응센터 부연구위원, **한국전통문화대학교 기술과학대학 전통조경학과 조교수

Strategy for Climate Change Actions based on Case Study of Ecosystem-based Adaptation

Park, Jin-Han* · Hong, Je-Woo*[†] · Sung, Sunyong**

*Research Fellow, Korea Adaptation Center for Climate Change, Korea Environment Institute, Sejong, Korea

**Assistant Professor, Department of Traditional Landscape Architecture, College of Science and Technology, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo, Korea

ABSTRACT

Ecosystem-based adaptation (EbA) reduces risk or creates a buffer from the impact of climate change and has positive social and economic benefits on local communities. In this study, EbA was defined through case study, and a list of policies and technologies that can be applied for climate change adaptation policies in Korea was created. Previous studies EbA defined as ‘Using the ecosystem to reduce the impact of climate change, to establish, protect and manage mutually complementary relationships for social and economic sustainability and sustainable ecosystems of local communities’. Based on case study, we proposed EbA measures that can be applied to forest and grassland ecosystems, freshwater and wetland ecosystems, marine and coastal ecosystems, and urban ecosystems and are applicable to local communities and related organizations. The significance of this study is that the concept of EbA can be applied to South Korea and can classify technologies and policies for ecological restoration by ecosystem. In addition, this study provided a framework that can be used to establish site-specific EbAs depending on size.

Key words: Nature Based Solution (NBS), Ecosystem Restoration, Green Infrastructure, Ecosystem Services, Environmental Policy

1. 서론

기후변화로 인해 자연재해가 빈번하게 발생하고, 그에 따라 인명 및 재산피해가 급증하는 등 기후변화에 따른 영향이 증가하고 있다(Ministry of Environment, 2020). 이러한 기후변화에 따른 피해 예방을 위해 주로 사방댐 공사, 하수관로 공사 및 빗물저류조 등 건축물 및 시설물 중심의 대책이 마련되고 있다. 하지만 지속가능한 사회를 위해서는 생태계 스스로 회복할 수 있는 시스템이 필요하다.

이에 따라 최근 에코리질리언스(Eco-Resilience) 등 생태계 기반 회복 탄력성에 관한 내용이 논의되고 있으며

(Korhonen and Seager, 2008), 기후변화 적응을 위한 회복 탄력성을 높이고, 자연 스스로 순환하고 유지할 수 있는 생태계 기반의 적응이 필요하다는 개념이 대두되고 있다(UNEP, 2019).

CBD (Convention on Biological Diversity)(2009)는 생태계적 접근을 “토지, 물 그리고 생명 자원을 통합적으로 관리하는 전략으로서 환경 보전과 지속가능 개발을 동시에 실현할 수 있는 전략”으로 언급하고 있으며, IUCN (International Union for Conservation of Nature) (Colls et al., 2009)은 기후변화에 적응할 수 있는 전략 중 하나로 생물다양성 및 생태계서비스 활용을 제시하고 있다. 특히 생태계는 인간들에게 미치는 영향과 인간이 생태계에 미

[†]Corresponding author : jwhong@kei.re.kr (232, Gareum-ro, Sejong-si, 30147, Korea. Tel. +82-44-415-7567)

ORCID 박진한 0000-0002-4186-0467
홍제우 0000-0001-8769-0312

성선용 0000-0002-7862-2788

치는 피드백을 고려할 때, 생태계 기반 적응전략을 적용하는 것이 도시의 복원력을 높이고, 기후변화 취약성을 줄일 수 있다는 연구결과들이 발표되고 있다(UNEP, 2019).

기후변화의 영향을 줄이고, 다양한 원인으로 훼손된 생태계의 회복과 기능 유지를 위해서는 생태계에 기반을 둔 생태계 기반 적응(Ecosystem-based Adaptation; EbA)의 기후변화 적응정책과 기술이 필요하다. 도시 생태계의 경우 옥상 녹화, 투수성 포장, 빗발 조성, 생태연못 조성 등 이미 다양한 생태계 기반 적응 기술을 활용하고 있으며(Elmqvist et al., 2013; Sieber et al., 2018), 산림 생태계에 널리 활용되고 있는 산림 복원, 사면녹화 등의 기술도 생태계 기반 적응 기술의 하나로 볼 수 있다(Kohler et al., 2014).

또한, 지속가능한 개발을 위하여 장기적 관점에서도 생태계 기반 적응 정책 및 기술이 필요하다. 생태계 기반 적응은 기후변화에 대한 지역 공동체의 적응력을 배양하고 취약성을 감소시킬 수 있는 접근 방식으로 여겨지고 있으며(Munang et al., 2013), 생태계 스스로의 복원, 회복, 유지 등의 능력은 생태계의 회복탄력성을 높이기 위해서도 필요하다(Colls et al., 2009). 아울러 생태계 기반 적응은 환경적인 혜택뿐만 아니라, 취약 계층인 여성, 청소년 그리고 토착민에게 사회적인 혜택을 제공하기 때문에 이러한 측면의 영향을 고려하여도 생태계 기반 적응에 대한 논의는 필요하다.

하지만 국제적으로 활발하게 논의되고 있는 것에 비해 국내에서는 이에 대한 연구가 부족한 실정이다. 또한 앞서 언급하였듯이 이미 널리 활용되고 있는 기술임에도 불구하고 생태계 기반 적응의 관점에서의 논의는 부족하다. 따라서 본 연구의 목적은 국내·외 연구 및 사례를 조사하여 생태계 기반 적응에 대하여 정의하고, 다양한 사례를 조사하여 국내 기후변화 적응정책에 적용될 수 있는 대책을 도출하는 것이다. 도출된 자연기반 적응대책을 향후 기후변화 적응대책에 도입하기 위한 방향도 함께 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 내용적 범위는 다양한 기후변화 적응기술 및 정책 중 생태계 기반 적응(EbA)으로 설정하였다. 생태계 기반 적응과 유사한 개념으로 생태계 기반 관리(Ecosystem based Management), 생태계 기반 접근

(Ecosystem based Approach) 등이 있으며, IUCN French Committee (2019)에 따르면 상위 개념으로 자연 기반 해결책(Nature-based Solution) 등이 있다.

하지만 본 연구의 목적은 생태계를 활용한 다양한 개념 중에서도 생태계 기반 적응에 대한 정의 및 사례를 조사하고, 국내에 적용 가능한 생태계 기반 적응기술 등을 조사하는 것이므로 ‘생태계 기반 적응’과 ‘Ecosystem-based Adaptation’을 본 연구의 내용적 범위로 설정하였다.

그에 따른 본 연구의 연구 방법은 다음과 같다. 우선 생태계 기반 적응에 대해 가장 활발하게 연구 중인 IUCN과 UNEP의 보고서를 우선적으로 검토하였다(Colls et al., 2009; UNEP, 2019). IUCN과 UNEP의 보고서 검토 내용은 EbA에 대한 정의와 글로벌 사례 및 국가단위의 사례 위주로 검토하였다. 추가적으로 ‘Ecosystem-based Adaptation’, ‘생태계 기반 적응’의 키워드로 국내·외 논문 및 보고서를 검색하였으며, 추가적으로 유사 개념 및 정의 분석을 위해 ‘Ecosystem based Approach’, ‘생태계 기반 관리’ 등의 키워드도 문헌 수집에 활용하였다. 총 14편의 논문 및 보고서를 심층분석하여 각 연구에서 정의하고 있는 생태계 기반 적응에 대해서 정리 후 본 연구에서의 생태계 기반 적응에 대해 정의하였으며, 다양한 사례 조사 및 분석 후 생태계 별로 적용 가능한 생태계 기반 적응기술을 분류하였다. 마지막으로 생태계 기반 적응기술의 적용 가능성 검토 및 국가와 지자체 기후변화 적응대책에의 적용을 위한 방향을 제안하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 생태계 기반 적응의 정의

국제적으로 생태계 기반 적응에 대해 가장 활발하게 논의하고 있는 곳이 IUCN과 UNEP이다. IUCN (Colls et al., 2009)에 의하면 사람들이 기후변화의 부정적 영향에 적응할 수 있도록 생물다양성 및 생태계서비스의 사용 전략을 생태계 기반 적응으로 활용하고 있으며, 특히 기후변화에 적응하도록 돕는 건강한 생태계의 역할에 대한 인식이 점차 높아지고 있다. 또한 생태계 기반 적응은 기후변화 취약성을 줄이고 기후 및 비기후 위험에 대한 회복탄력성을 높이는 데 기여하며 사회와 환경에 여러 가지 혜택을 제공하고 있다.

UNEP (2019)에서는 CBD의 내용을 인용하여 생태계 기반 적응을 정의하고 있다. 생태계 기반 적응이란 사람들이 기후변화의 부정적 영향에 적응할 수 있도록 하는

전체 전략 중 일부로서, 생태계 기반 적응을 생물다양성과 생태계서비스의 사용법으로 정의하였다. 또한 생태계 기반 적응은 사람들이 기후변화에 적응하도록 돕는 데 초점을 맞추고 있고 적응을 촉진하기 위해 자연을 사용하는 점에서 전통적인 생물다양성 보전이나 지속가능한 개발과는 차이가 있다.

한편, Munang et al.(2013)은 생태계서비스의 지속가능한 유지를 통해, 기후변화 리스크로부터 인간의 커뮤니티를 보호하는 자연의 완충 능력을 활용하는 것을 생태계 기반 적응으로 정의하고 있으며, Brink et al.(2016)은 CBD (2009)의 내용을 인용하여 생태계 기반 적응의 범위는 사람들이 기후변화 영향에 적응할 수 있는 서비스를 제공하기 위해 생태계의 지속가능한 관리, 보전 및 복원의 범위로 설정할 수 있으며, 기후변화의 부정적 영향에 직면하여 복원력을 유지 및 증가시키고 생태계와 사람들의 취약성을 줄이는 것을 목표로 한다고 정의하고 있다.

국내에서는 생태계 기반 적응에 관한 연구 및 보고서가 없으며, 유사한 개념으로는 생태계에 기반한 관리방법(Ecosystem Based Management), 생태계기반관리전략, 생태계접근법(Ecosystem Based Approach) 등의 개념이 사용되고 있다.

생태계에 기반한 관리방법은 변화하는 국토 환경의 장기적이고 통합적인 관리, 기후변화 적응과 생물다양성 증

진 등을 위하여 생태계, 생태 기반 환경, 문화, 경관, 사회·경제, 생태계서비스, 생물다양성 등 매체 간 상호 연관성을 고려한 접근 방법으로 정의하고 있다(Cho, 2012).

생태계기반관리전략은 기후변화를 포함한 생태계에 영향을 주는 요소들을 통합적으로 고려하여 생태계의 기능을 유지 및 회복시키고, 지속가능한 이용을 위해 세우는 사회적이고 과학적인 생태계 관리 전략이다(Park et al., 2016). 또한 생태계기반관리전략은 지역적인 것과 지역 주민들의 참여를 기본으로 하고 있으며, 정부기관 간 협력과 지식의 공유, 서식처와 생물종의 보전, 공공교육과 참여, 인간과 생물종 간, 생태계 요소 간 발생하는 상호 작용 등 다양한 분야를 광범위하게 포함하고 있다(Park et al., 2016).

마지막으로 생태계 접근법은 생태계를 보전 대상뿐 아니라 현명한 이용의 대상으로 인식하여 통합적으로 관리하는 전략으로 정의하고 있다(Ministry of Environment, 2015).

지금까지 살펴본 생태계 기반 적응(EbA) 및 유사 개념의 정의를 정리하면 <Table 1>과 같으며, 이를 통해서 본 연구에서 정의한 생태계 기반 적응(EbA)은 ‘생태계를 이용하여 기후변화에 따른 영향을 줄이고, 지역사회와 사회적·경제적 지속가능성과 지속가능한 생태계를 위하여 상호 보완적인 관계를 맺으며, 이를 보호 및 관리하는 것’이다.

Table 1. Definition of EbA and similar concepts

Source	Definition
IUCN (Colls et al., 2009)	<ul style="list-style-type: none"> A strategy for the use of biodiversity and ecosystem services to adapt to the negative impacts of climate change.
UNEP (2019)	<ul style="list-style-type: none"> As part of an overall strategy to adapt to the negative impacts of climate change The use of biodiversity and ecosystem services.
Munang et al.(2013)	<ul style="list-style-type: none"> Leveraging nature's buffering capacity to protect human communities from climate change risks, through the sustainable maintenance of ecosystem services
Brink et al.(2016)	<ul style="list-style-type: none"> Maintaining and increasing resilience and reducing the vulnerability of ecosystems and people in the face of the negative impacts of climate change.
Cho (2012)	<ul style="list-style-type: none"> Ecosystem-based management (Similar concept of EbA) An approach that considers the interrelationships of ecosystems, eco-based environments, culture, landscape, socio-economics, ecosystem services, and biodiversity for the long-term and integrated management of the environment, adaptation to climate change and biodiversity promotion
Park et al.(2016)	<ul style="list-style-type: none"> Ecosystem-based management strategy (Similar concept of EbA) A social and scientific ecosystem management strategy established for sustainable use and to maintain and restore the function of the ecosystem by considering factors affecting the ecosystem, including climate change.
Ministry of Environment (2015)	<ul style="list-style-type: none"> Ecosystem based approach (Similar concept of EbA) A strategy for integrated management by considering the ecosystem not only as a conservation but also as a wise use

3.2. 국내·외 생태계 기반 적응 기술 사례 및 특징

IUCN (Colls et al., 2009)에서는 개발도상국과 선진국 모두에서 국가 및 지역 규모에서 육상, 해양, 담수 생태계 등 다양한 규모와 다양한 생태계에 적용 가능한 생태계 기반 적응 사례를 제시하고 있다. 콜롬비아 안데스 산맥에 위치한 Chingaza 국립공원의 산악 생태계에 적용되고 있는 생태계 기반 적응 대책은 고산 생태계 복원을 통한 탄소 포집 증가, 생태계의 구조와 기능을 유지하기 위해 생태계 기반 적응이 고려된 토지 이용 계획 통합 모델 개발, 수문 기상 관측소 설립을 통한 물, 탄소 순환 모델링 및 모니터링 등의 사례를 제시하고 있다.

스웨덴 동부 Roslagen 지역의 소규모 농민들은 불확실한 기후 조건과 가뭄, 해충 및 질병과 같은 교란을 받고 있으며, 기후 변화로 인하여 더욱 악화될 것으로 예측하고 있다. 이에 대응하기 위해서 기후 버퍼링(Climate-buffering)과 회복탄력성 대책(General Resilience Measures)의 전략을 취하고 있으며 각각의 대책은 다양화(Diversification), 수분 보존(Moisture Conservation), 지하수 조절(Groundwater Regulation), 홍수 조절(Flood Control)과 수분작용 보호(Protection of Pollinators), 생물학적 지표(Biological Indicators), 질병 관리(Pest Control), 잡초 관리(Weed Control), 복합농업(Polyculture) 등의 대책을 적용하고 있다.

탄자니아의 Pangani강 유역은 물 부족이 악화될 것에 대비하여 환경 유수 평가(EFA: Environmental Flow Assessment) 실시, 관리 계획을 개선하고 합리적인 수자원 할당 시스템을 구현하기 위한 이해 관계자들 간의 협의 및 법적 검토, 수자원 관리 결정에 지역사회 참여를 위한 포럼 설립, 유역 수준의 통합 수자원 관리 계획 등을 시행하고 있다.

스리랑카 북서부에 위치한 Kudawa 마을은 산호초 서식지(Bar Reef Marine Sanctuary)에 크게 의존하고 있으며, 기후 변화에 대응하기 위하여 IUCN과 함께 지속가능한 생태계 향상 및 다양화(SLED: Sustainable Livelihoods Enhancement and Diversification) 틀을 개발하였다.

폭풍, 관련 해안 유출, 염수 침입 및 침식 등의 기후 변화에 취약한 해안지역 중 인도네시아, 스리랑카, 인도, 태국 및 말레이시아는 해안 생태계의 재건, 환경적으로 지속가능한 생계 구축, 환경 보전 노력을 지원하는 마을 규정 개발, 환경 교육 캠페인 등의 Green Coast 프로그램을 도입하였다. 영국 북해 연안의 해안지역은 해안선이 더 내륙에 위치한 새로운 방어선으로 후퇴할 수 있도록 의도적으로 방파제를 뚫는 대책(관리된 재배치), 갯벌 및 염습지와 같은 조간대 서식지가 개발될 공간을 형성하는 대책 등을 적용하였다.

UNEP (2019)은 효과적인 생태계 기반 적응을 위해서는 취약성에 영향을 주는 여러 생태계의 복잡한 상호작용

을 고려해야 한다고 하며, 이를 위해 토지 이용별로 제공하는 생태계서비스와 기후변화에 따른 영향을 저감하기 위해 생태계 기반 적응 대책을 제시하고 있다.

산림 생태계는 강 하류의 농촌, 도시 그리고 수력발전전에 물 공급을 조절하며 물순환 과정에서 매우 중요한 역할을 담당하기 때문에, 경사면 및 수문학적 영역에서 관련된 지역민에게 미치는 영향을 감소시키는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위해 강둑을 따라 강변을 재조립하거나 산림의 복원 및 재조립, 하천 유역 복원 등에 대한 대책이 제시되고 있다(Kohler et al., 2014).

습지 생태계는 이탄 지대, 강가, 호수, 연못, 범람원, 맹그로브 숲과 해안가 습지를 모두 포함하며, 홍수와 연안 보호, 물 정화와 공급, 기후 조절(탄소 격리와 저장), 음식과 원자재 공급, 문화적 서비스와 같은 생태계서비스를 제공한다. 기후 변화의 영향을 저감하기 위해 습지에 적용할 수 있는 대표적인 생태계 기반 대책은 습지 복원, 습지 보호, 기후 탄력적 농업 등이 있다(Haines-Young and Potschin, 2010; Russi et al., 2013).

도시의 생태계는 일반적으로 도시의 녹색 기반 시설(공원과 정원 등)과 도시를 둘러싼 자연 지역을 모두 포함한다. 도시 생태계는 유출과 유수의 조절, 공기 정화, 소음 감소, 도시 냉각, 정신건강 등 사람의 건강에 중요한 서비스들을 제공하며, 다양한 기후 변화의 영향에 대응하기 위하여 도시 재조립, 도시 녹지 공간 조성, 홍수 위험 관리 구역 지정 등의 대책을 적용할 수 있다(Elmqvist et al., 2013).

해안 생태계는 모래언덕, 해초, 산호초, 맹그로브를 포함하며 사람들에게 생태계가 제공하는 상품과 서비스가 매우 중요하다. 또한 해안 생태계는 홍수, 침식, 폭풍으로 인한 피해 감소에도 도움을 준다. 해수면 상승, 해안 침식과 홍수 등에 대응하기 위해 해안 생태계에 적용할 수 있는 대표적인 생태계 기반 대책은 맹그로브 숲 복원 및 재활, 해안 사구 및 해변의 안정화, 산호초의 복원 등이 있다.

한편, 중국은 생태계 기반 적응 대책을 적극적으로 활용하는 나라 중의 하나로 생태계 기반 적응과 관련하여 다양한 대책을 실시하고 있으며, 완화와 적응을 동시에 수행할 수 있는 생태계의 잠재력을 주장하고 있다(Reid et al, 2018; Ministry of Ecology and Environment, China). 중국의 생태계 기반 적응 대책은 주로 농업과 연계하여 대책이 이루어지고 있으며, 유기농 쌀, 자연적 해충 퇴치법 등의 대책을 적극 활용하고 있다. 특히 이 과정에서 지역사회와 과학자들의 협업 관계를 매우 중요시 한다.

국내에서는 직접적으로 생태계 기반 적응 사례에 관한 연구는 거의 없으며, 국외사례와 비교하여 일부 유사한 대책을 조사하였다. 도시에 적용 가능한 생태계 기반 적응 기술 혹은 대책으로는 옥상 녹화 및 투수성 포장, 텃밭 조

성, 생태연못 조성 등이 있다. 서울시의 경우 기후변화 및 재해에 강한 도시 만들기(Making Cities Resilient) 캠페인에 참여하고 있으며, ‘삼천만 그루 나무 심기’ 프로젝트를 통해 소규모 숲과 정원을 조성하는 대책을 시행하고 있다.

다양한 국내·외 문헌을 분석한 결과 생태계 기반 적응은 다음과 같은 여섯 가지의 특징을 지니는 것으로 나타났다.

첫째, 생태계는 기후변화에 적용할 수 있는 탄력성을 높여 주고 있다. 둘째, 생태계는 사람들에게 경제적·사회적·문화적으로 다양한 혜택을 제공한다. 셋째, 비용 측면에서는 저렴하지만, 장기간의 계획 및 관리가 필요하므로 장기적으로 접근할 필요성이 있다. 넷째, 사람들이 단순히 생태계를 이용하는 것이 아니라 보호·보전·복원 등의 관리를 통해 상호 긍정적인 피드백 작용을 유도한다. 다섯째, 지역사회를 기반으로 접근하

고 있으며, 지역사회의 참여를 높일 수 있도록 한다. 마지막으로 위 내용에 대해 지역사회 및 관련 기관 등을 대상으로 지속적인 홍보, 교육, 인식 제고 등을 적극적으로 실시하고 있다.

3.3. 생태계 기반 적응기술 종합

선행연구를 검토한 결과 현재 다양한 국내·외 생태계 기반 적응 대책이 적용되고 있으며, 국내에 적용 가능한 부문별 구체적인 예시를 생태계 종류 및 분야별로 종합하였다. 우선 우리나라에 적용 가능한 생태계의 종류는 산림 및 초지 생태계, 담수 및 습지 생태계, 해양 및 해안 생태계, 도시 생태계 등으로 구분할 수 있다. 또한 지역사회 및 관련 기관 등의 분야에도 적용 가능한 생태계 기반 적응 대책이 다수 포함되어 있다. 이에 따라 부문별 생태계 기반 적응 대책의 예시는 <Table 2>와 같다.

Table 2. Examples of Ecosystem-based Adaptation technologies by ecosystem

Category	Examples of EbA technologies and policies
Forest and grassland ecosystem	<ul style="list-style-type: none"> • Forest restoration through reforestation and slope greening • Increased carbon capture through restoration of alpine ecosystem • Community-based carbon capture technology development • Redesign of waterways to prevent forest disasters such as landslides • Climate resilient grazing and livestock management • Reconstruction and restoration of pastures • Improvement of agricultural ecosystem and agricultural system
Freshwater and wetland ecosystem	<ul style="list-style-type: none"> • Improvement of surrounding environment such as reforestation and restoration of riverside • Basin restoration • Wetland protection and restoration • Integrated water resource management plan at the basin level
Marine and coastal ecosystems	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilization of coastal dunes and beaches • Creating an artificial reef that acts as a breakwater • Induce and manage the retreat of the shoreline through relocation of the breakwater • Creation of space for intertidal habitat development such as tidal flats and salt marshes
Urban ecosystem	<ul style="list-style-type: none"> • Creation of urban green spaces such as creating urban forests, planting trees, and creating street trees • Introduction of ecological elements of urban space such as rooftop greening and permeable pavement, gardening, and ecological ponds • Multi-layered mixed planting application • Local-wide green area network construction • Flood risk management zone designation • Spill reduction facility, rainwater harvesting technology development
Local community and organizations, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Education for various organizations such as public officials and technical personnel, user groups, women's groups, community organizations and social networks • Added to the curriculum related to ecosystem-based adaptation • Raising awareness through environmental education campaigns, etc. • Establishment of private-public-citizen partnership • Induce local community participation by preparing adaptation measures that consider the local economy • Assessment of climate change vulnerability to raise awareness of climate change impacts and adaptation strategies • Development of regulations to support environmental conservation efforts • Implementation of climate adaptation strategies prioritized by local communities and local governments

3.4. 생태계 기반 적응기술의 국내 적용방향 도출

생태계 기반 적응의 기후변화 적응대책에의 도입 가능성을 살펴보기 위하여 국내 기후변화 관련 정책을 살펴본다. 우리나라는 「저탄소 녹색성장 기본법」 제48조 제4항 및 동법 시행령 제38조에 근거하여 매 5년마다 국가 기후변화 적응대책을 수립하고 있으며, 현재 『제3차 국가 기후변화 적응대책(‘21~’25)』을 수립 및 이행중에 있다. 생태계 기반 적응과 관련하여 제2차 국가 기후변화 적응대책에는 생태계접근법의 개념을 적용한 대책이 포함되어 있으며, 제3차 국가 기후변화 적응대책에서는 생태계 기반 적응 및 자연 기반 해결책에 대한 내용이 포함되어 있는 것으로 나타났다. 제2차 및 제3차 국가 기후변화 적응대책 모두 생태계 기반 적응과 관련된 세부 대책이 있으며, 제3차 국가 기후변화 적응대책에서는 제2차 국가 기후변화 적응대책과 비교하여 대책의 양도 증가하였고, 내용도 훨씬 구체적으로 서술되었으나 여전히 구체성은 떨어지고 있다. 그럼에도 불구하고 앞서 정리한 생태계 기반 기후변화 적응 대책은 생태계 부문에 적용할 수 있으며, 통합 수자원 관리 계획의 경우 물관리 부문에, 도시 생태계와 관련된 대책은 국토·연안 부문에, 산림 및 초지,

해양 및 해안 생태계 대책은 농·수산 부문에 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 지역사회 및 관련 기관 등을 대상으로 적용 가능한 대책은 기후변화 적응 주류화 부문에 적용하여 확대할 수 있을 것으로 기대된다(Table 3).

생태계 기반 적응을 기후변화 적응대책에 적용하기 위해서는 생태계 기반 적응대책 특징을 고려하여야 한다. 생태계 기반 적응대책은 다양한 사회 영역의 시스템 및 프로세스들이 자연과 사회 모두에 포함되어야 하며, 이들 사이의 관계를 분석할 수 있어야 할 것이다. 대표적인 예로는 생태계서비스 캐스케이드 모델(Haines-Young and Potschin, 2010)을 생태계 기반 적응에 적용하는 것이 적합할 것으로 판단된다(Table 4). 캐스케이드 모델은 전체 5단계로 구분할 수 있으며, 1단계는 생태계의 구조 혹은 물리적 구조의 생태계의 파악이다. 2단계는 과학적 근거 기반의 EbA의 생태적 기능 등에 대한 인식이며, 3단계는 기후변화 적응대책으로써의 역할 파악, 4단계는 대책의 가치평가, 마지막 5단계는 모니터링 및 관리 등으로 구분할 수 있다. 이를 통해서 직접적인 기후변화의 영향을 줄이고 완충의 역할을 함과 동시에, 생태계서비스 수요를 충족하여 이를 활용한 지속적인 생계유지 및 소득창출이 가능할 것이다.

Table 3. Climate Change Adaptation Policies based on EbA

National Plan	Category and Policies
The 2nd National Climate Change Adaptation Plan	<ul style="list-style-type: none"> • 5. (Implementation Basis) Establishing basis for the implementation of domestic and foreign adaptation policies <ul style="list-style-type: none"> - 5-2. Promoting local adaptation activities • (Detailed polices) <ul style="list-style-type: none"> - Develop a cooperative model for adaptation to climate change based on local ecosystems and pilot projects
The 3rd National Climate Change Adaptation Plan	<ul style="list-style-type: none"> • 2. Maintain ecosystem health <ul style="list-style-type: none"> ② Maintain ecosystem health by ecosystem conservation and restoration (Detailed measures) <ul style="list-style-type: none"> Establish and manage ecological network on the Korean Peninsula - Based on ‘Ecosystem-Based Adaptation (EbA)’, selecting ecosystem unit and establishing integrated management plan(Adaptation target and methods) • 3. Enhancing the adaptability of the entire country <ul style="list-style-type: none"> ② Expanding and strengthening the basis for regionally oriented climate resilience management (Detailed measures) <ul style="list-style-type: none"> Corresponding climate crisis using nature-based solutions (NBS) - Establishing marine/coastal protection policies and discover measures to support residents by set marine protection area and management plan considering regional characteristics.

Source: Ministry of Environment (2015), Ministry of Environment (2020)

Table 4. Application of Cascade models on EbA

Steps	Cascade model applied in ecosystem services	Examples of EbA
Step 1	Ecosystem Structure : Ecosystem Hardware	Watershed, Forest, Garden, Roof garden
⇩		
Step 2	Ecological Function and Process : Scientific basis of EbA	How wetland provide flood protection
⇩		
Step 3	Advantages on Climate Change Adaptation	Reducing climate related mortality and morbidity rate
⇩		
Step 4	Value Assessment	Increasing avoidable cost and quality of life
⇩		
Step 5	Ecosystem Management	Establishing new green area law or forest monitoring policies based on local community

즉, 생태계 기반 적응은 지역사회에 기반을 두어 적용되기 때문에 광역 및 기초지자체 기후변화 적응대책 세부 시행계획에 반영 및 적용될 수 있도록 하여야 한다. 또한 생태계 기반 적응 대책 개발 및 선정 단계에서도 지역사회와 함께 그 지역의 문화와 전통을 존중하고 반영할 수 있는 방법으로 진행해야 한다. 아울러 생태계 기반 적응 대책 적용 후 모니터링 단계에서는 최근 논의되고 있는 리빙랩(Living lab)과 시민과학(Citizen science)의 개념을 도입하여 지역사회와 함께 과학적인 모니터링을 할 수 있도록 해야 할 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 생태계 기반 적응의 국내의 사례 분석을 통해 용어를 정의하였으며, 생태계 기반의 적응개념을 도입하기 위해 국내에 적용할 수 있는 대책을 정리하였다. 국내·외 사례 조사를 통해 본 연구에서는 생태계 기반 적응을 ‘생태계를 이용하여 기후변화에 따른 영향을 줄이고, 지역사회의 사회적·경제적 지속가능성과 지속가능한 생태계를 위하여 상호 보완적인 관계를 맺으며, 이를 보호 및 관리하는 것’으로 정의하였다. 또한 사례를 분석하여 산림 및 초지 생태계, 담수 및 습지 생태계, 해양 및 해안 생태계, 도시 생태계에 각각 적용할 수 있는 생태복원을 위한 생태계 기반 적응 대책을 제안하였으며, 지역사회 및 관련 기관에 적용할 수 있는 대책을 분석하였다.

또한 성공적인 생태계 기반 적응의 도입을 위해서는 지역사회 기반의 대책과 연계하거나 또는 지역사회의 참여

를 유도할 필요가 있을 것이다. 대책 발굴 및 수립, 의사결정, 생태복원, 모니터링 등 전 단계에서 지역사회와 함께 이행할 필요가 있다.

한편, 다양한 이해당사자들의 참여가 필요하므로 생태계 기반 적응의 정량적 효과에 대한 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이며, 지속가능한 관점에서 다양한 효과를 기대할 수 있으므로, 기후변화 적응 대책으로서 그 효과에 대한 정량적인 연구가 필요할 것이다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 국제적으로 논의되고 있던 생태계 기반 적응에 대한 개념을 우리나라에 적용할 수 있도록 하였으며, 적용 가능한 대책을 생태계 별로 구분하고 이를 적용하기 위한 잠재적인 절차를 제공하였다는데 그 의미가 있다.

사사

본 논문은 한국환경연구원의 2020년도 기초과제(BA2020-08)와 환경부의 수탁과제로 수행된 「지자체 기후위기 적응대책 수립·이행 지원(2022-001-02)」의 연구결과를 기초로 작성되었습니다.

References

Brink E, Aalders T, Adam D, Feller R, Henselek Y, Hoffmann A, Ibe K, Matthey-Doret A, Meyer M, Negrut NL, Rau AL, Riewerts B, von Schuckmann L, Tomros S, von Wehrden H, Abson DJ and Wamsler C. 2016. Cascades of green: A review of

- ecosystem-based adaptation in urban areas, *Global Environmental Change* 36, 111-123.
- CBD (Convention on Biological Diversity), 2009. *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*, Montreal.
- Cho DG. 2012. *Research on the ecosystem-based management plans of national environment*, Ministry of Environment (in Korean with English Abstract)
- Colls, A., Ash, N., and Ikkala, N., 2009. *Ecosystem-based Adaptation: a natural response to climate change* (Vol. 21), Gland: IUCN
- Elmqvist T., Fragkias M., Goodness J., Guneralp B., Marcotullio PJ., McDonald R. I., Parnell S., Schewenius M., Sendstad M., Seto KC., and Wilkinson C. 2013. *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities: a global assessment*, Springer Nature.
- Haines-Young R. and Potschin M. 2010. *The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being*. *Ecosystem Ecology, Ecological Reviews*, Cambridge University Press.
- IUCN French Committee, 2019. *Nature-based Solutions for climate change adaptation and disaster risk reduction*, Paris, France.
- Kohler T., Wehrli A and Jurek M. 2014. *Mountains and climate change: a global concern*. *Sustainable Mountain Development Series*. Bern: Centre for Development and Environment (CDE), Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and Geographica Bernensia.
- Korhonen J. and Seager TP. 2008. *Beyond eco-efficiency: a resilience perspective*. Ministry of Ecology and Environment, China “<http://english.mee.gov.cn/>”
- Ministry of Environment, 2015. *The 2nd National Climate Change Adaptation Plan (2016~2020)*. (in Korean)
- Ministry of Environment, 2020. *Korean Climate Change Assessment Report 2020: Climate Change Impact and Adaptation*
- Munang R., Thiaw I., Alverson K., Mumba M., Liu J. and Rivington M. 2013. *Climate change and Ecosystem-based Adaptation: A new pragmatic approach to buffering climate change impacts*, *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(1), 67-71.
- Park YH, Kim JW and Jung HC. 2016. *Climate Change and Ecosystem-Based Management Strategies of Invasive Alien Species*, *Journal of Environmental Policy and Administration* 24(4), 149-176. (in Korean with English Abstract)
- Reid H, Song Y, Zhang Y and Li G. 2018. *Reducing climate risk and poverty: why China needs ecosystem-based adaptation*. *IIED Briefing Paper-International Institute for Environment and Development*, (17469).
- Russi D, ten Brink P, Farmer A, Badura T, Coates D, Forster J, Kumar R and Davidson N. 2013. *The economics of ecosystems and biodiversity for water and wetlands*. London and Brussels: IEEP; Gland: Ramsar Secretariat.
- Sieber IM, Biesbroek R and de Block D. 2018. *Mechanism-based explanations of impasses in the governance of ecosystem-based adaptation*, *Regional environmental change* 18(8), 2379-2390.
- UNEP, 2019. *Ecosystem-based Adaptation: Briefing Note Series*, Nairobi