

NIE Issue Report

기후위기 대응을 위한 자연기반해법(NbS)의 **국제논의 동향과 시사점**

장인영 국제협력부 전임연구원
박은진 경영기획실 실장
강성룡 국제협력부 부장

목 차

- I. 자연기반해법(NbS) 개념의 시작과 발전
- II. 기후위기 대응을 위한 NbS의 중요성
- III. 기후완화 NbS 접근에 대한 논란과 인식 제고
- IV. 국내 시사점

요약

▶ 자연기반해법(NbS)은 생태기능과 생태계서비스를 이용하여 사회문제를 해결하는 방법으로, 최근 기후문제 해결 등과 관련하여 관심이 크게 증대되고 있음

- 파리기후변화협약은 감축 외에도 적응 등 6개 분야를 포괄하도록 하고 있어 NbS의 역할 중요도 증대

※ 국가 결정기여(NDCs) 제출국 중 78%가 NbS 포함

▶ 기후문제 해결을 위한 주요 방법으로 제안되고 있는 NbS로는 산림 복원·수목 식재 등이 제안되고 있으나, 식재 대상지, 수종 등 관련 지침 등의 부재로 문제 발생

- IPCC, 세계 경제포럼 등에서 기후변화 완화를 위한 산림의 복원과 확산을 강조하고 있으나, NbS에 대한 낙관적 기대·적용 지침 부재 등으로 생물다양성 및 다른 생태계서비스와의 상충 문제 발생
이에, 최근 연구는 기후변화 완화와 생물다양성 보호를 모두 제공하고 상호 연계시키는 NbS의 폭넓은 활용을 강조하고 있음

기후위기 대응을 위한 자연기반해법 적용은

- 1) 생물다양성의 증진
- 2) 적응 효과 평가 수행
- 3) 국내 고유종 활용
- 4) 도시녹지개선 등의 원칙을 가지고 진행되어야 함

I 자연기반해법(NbS) 개념의 시작과 발전

➤ 국제적으로, 생태기능과 서비스를 이용하여 사회문제를 해결하는 “NbS (Nature-based Solution, 자연기반해법)”에 대한 관심이 최근 크게 증대

※ **NbS 정의:** 「생태계를 보호, 지속가능하게 관리, 복원하여 기후변화, 식량, 물, 재해위험, 건강, 생물 다양성 등 사회 문제를 효과적, 적응적으로 해결하고 동시에 인류복지와 생물다양성 혜택을 얻는 것」 (Cohen-Shacham, 2016, IUCN)

- NbS 개념은 새롭게 등장한 것이 아니라 ‘생태공학’, ‘생태복원’, ‘생태기반적응’ 등 기존의 유사한 접근들을 모두 포괄하는 우산 개념
- NbS는 크게 복원, 특정문제, 기반시설, 관리, 보호 등의 유형으로 구분되며, 각각은 세부적인 유형으로 다시 구분 가능
 - 의도한 결과를 나타내거나(예, 생태기반적응, 생태기반 재난리스크저감, 기후적응서비스), 관여하는 행동 또는 대상을 나타내는(예, 생태복원, 녹색기반시설) 등 유형을 다양하게 구분

NbS의 개념도와 기존 유사접근들의 유형

| 복원(Restoration)

- Ecological Restoration(ER); 생태복원
- Ecological Engineering(EE); 생태공학
- Forest Landscape Restoration(FLR); 산림경관복원

| 특정문제(Issue-specific)

- Ecosystem-based Adaptation(EbA); 생태기반적응
- Ecosystem-based Mitigation(EbM); 생태기반완화
- Climate Adaptation Services(CAS); 기후적응서비스
- Ecosystem-based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR); 생태기반 재난리스크 저감

| 기반시설(Infrastructure)

- Natural Infrastructure(NI); 자연 기반시설
- Green Infrastructure(GI); 녹색 기반시설

| 관리(Management)

- Ecosystem-based Management(EbMgt); 생태기반관리

| 보호(Protection)

- Area-based Conservation(AbC); 지역기반 보전



출처 : Cohen-Shacham et al. 2016, 2019

- IUCN은 NbS를 '생태계 기능에 기반하고 이의 직접 이용'이라는 점에서 '자연유래'나 '자연영감'과 구분하나 유럽위원회(EC)는 자연영감도 NbS에 포함

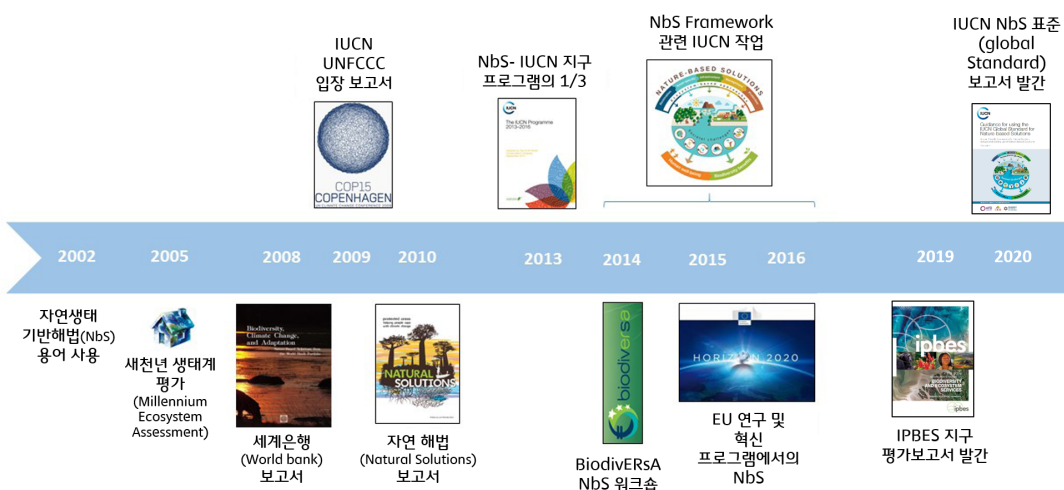
자연기반(Nature-based)	자연유래(Nature-derived)	자연영감(Nature-inspired)
사회와 환경에 혜택을 주기 위해 자연의 서비스 기반인 생태계 기능을 이용	풍력, 조력, 태양에너지가 자연 유래의 예로 저탄소 에너지 수요에 도움이 되는 해결책. 에너지원이 자연계에서 오지만 직접적으로 생태계 기능에 기반하지는 않음.	생물학적 과정에서 모델을 얻은 재료, 구조, 시스템의 혁신디자인과 생산. 자연에서 발견되는 전략의 모방이나 자연으로부터 배운 방법의 응용으로서 생태계 기능에 기반하지는 않음.

➤ 2000년대 이후 생물다양성 손실과 기후위기 해결을 위한 정책 이행수단으로서 IUCN (세계자연보전연맹)과 EC(유럽위원회)가 개념, 적용원칙, 기준 등을 구체화

- 세계은행보고서(2008)에서 공식적으로 개념이 소개된 후 IUCN이 기후완화와 적응을 위한 생물다양성 보전의 중요성을 구체화(IUCN, 2009와 2014)하면서 발전
 - 한편, EC는 NbS의 혁신성과 경제적 효율성을 부각하고, 도시지역에 집중하는 Horizon2020 연구프로그램 (EC, 2015)에 NbS 개념을 채택
 - 새천년평가(MA), 지속가능발전목표(SDGs)와 같이 자연생태계와 사회경제시스템을 통합·연계하는 접근이며, 궁극적으로 인류복지와 생물다양성 혜택을 동시 추구
- NbS는 IPCC, IPBES 등의 주요 보고서에서 부각되었고, 2019 유엔 기후행동정상회의에서 9개 핵심 행동트랙 중 하나로 포함되어 중요성 증대
 - 개념적 수준에 머무르지 않고 구체적 행동전략과 이행수단으로서 NbS의 정량적 목표설정과 모니터링을 강조하는 단계로 발전 중

NbS 관련 주요 논의의 발전

출처 : Cohen-Shacham et al. 2016 수정



국제기구·협약 등의 NbS 소개 또는 반영 내용

국제 기구 및 협약	NbS 소개 및 반영 내용
세계은행 (World Bank)	- NbS의 첫 공식 보고서 발간(2008). 생물다양성 보전 투자에 따른 기후변화 완화와 적응의 혜택을 세부적으로 다룸("Biodiversity, Climate Change and Adaptation: Nature-Based Solutions from the World Bank Portfolio")
세계자연보전 연맹 (IUCN)	- 유엔 기후변화협약 제15차 당사국총회에서 기후변화 완화와 적응, 물·식량·에너지 공급 안전, 빈곤퇴치와 경제성장 방안으로 NbS를 제시하는 position paper 발표(2009) - The Nature Conservancy, UNDP, Wildlife Conservation Society, the World Bank, WWF와 함께 "자연의 해법(Natural Solutions): 기후변화 대응을 돕는 보호 지역" 보고서 발간(2010) - NbS를 2013-2016프로그램의 주요 기동으로 삼고 REDD+(Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation)와 생태기반적응(EbA) 개념을 정립 - NbS를 위한 기금 마련 운용(Nature+ Accelerator Fund)
유엔기후변화 협약 (UNFCCC)	- 2019년 25차 총회에서 NbS 관련 Side event* 개최 * 도시에서의 기후변화에 대한 NbS, SDG15 달성을 위한 NbS, 연안 생태계의 NbS 등 - WWF, Center for International Forest Research(CIFOR)의 제안('20.07.) 으로 UNFCCC의 재정상설위원회(Standing Committee on Finance)의 2021년 Forum 주제를 'Finance for Nature-based Solutions'로 선정하고 NbS의 정의 및 활용 방안에 대해 논의하기로 결정
유엔개발계획 (UNDP)	- 'Pathway for Increasing Nature-based Solutions in NDCs(2019)'를 발간하고 지속가능개발목표(Sustainable Development Goals)를 달성하기 위한 저비용 장기 해결방안으로 NbS를 소개
기후변화에 관한 정부간 패널 (IPCC)	- IPCC 제 5차 평가 보고서(Assessment Report)에서 생태기반적응(EbA)*를 자연 보호와 빈곤 완화, 온실가스 제거를 한꺼번에 해결할 수 있는 방안으로 소개(Noble et al. 2014) * 인간의 기후변화 적응에 기여하는 적응 전략의 일부로서 생물다양성과 생태계서비스를 이용하는 방법으로 자연기반해법을 기후변화 적응 측면에서 재정의(redefinition) 한 개념
2030 EU 생물다양성 전략	- 기후행동에 배정된 EU예산의 25%를 생물다양성과 NbS에 사용할 예정 - EU의 지속가능 재정 분류체계(EU sustainable finance taxonomy)는 녹색회복(green recovery)과 NbS에 투자가 유도되도록 도울 것 - 위원회는 NbS 관련 기준과 모니터링을 통합할 예정
유럽위원회 (EU Commission)	- NbS 개념을 채택하여 도시 녹지기반에 더 초점을 가지고 진행(EC, 2015) - 2017년 HORIZON 2020*에서 12. Climate action, environment, resource efficiency and raw materials 분야의 22개 프로젝트를 선정하였는데, 그 중 7개 프로젝트가 NbS관련(순환경제(10개), 원자재(4개), 문화유산(1개)) * 유럽의 국제적 경쟁력 강화를 목표로하는 Innovation Union을 구현하는 금융상품
생물다양성협약 (CBD)	- Post-2020 지구생물다양성계획(Global Biodiversity Framework)의 목표 7에 2030년까지 기후변화 완화, 적응, 재해 리스크 감소에 NbS와 생태계 기반 접근법의 기여를 증대

➤ 최근 IUCN(2020)은 NbS 설계에 적용하는 8개 기준(criteria)과 28개 지표(indicator)를 NbS의 ‘국제적 표준’으로 제시

- 이 표준에 따르면, NbS 설계 원칙으로 자연보전 규정의 준수, 지역의 자연과 문화적 맥락 반영, 경관규모에 적용, 투명하고 폭넓은 참여 촉진 등을 강조
 - 그 외에도 기술공학적 접근과 통합가능, 단기적 이익과 미래 혜택 사이의 상충(trade-offs)에 대한 인식, 전체 정책수단의 일부분으로서 설계, 생물다양성과 문화다양성 및 생태계의 진화 능력 유지 등을 원칙으로 제시
- 당면한 사회문제, 설계 규모, 생물다양성 순이익, 경제적 실행가능성, 거버넌스, 상충되는 문제의 균형, 적응적 관리, 주류화와 지속가능성을 기준으로 제시
 - 제시한 기준들의 적용과 관리를 위해 주기적 점검과 모니터링, 정량적 평가를 강조

IUCN 제시한 NbS 국제표준(2020)



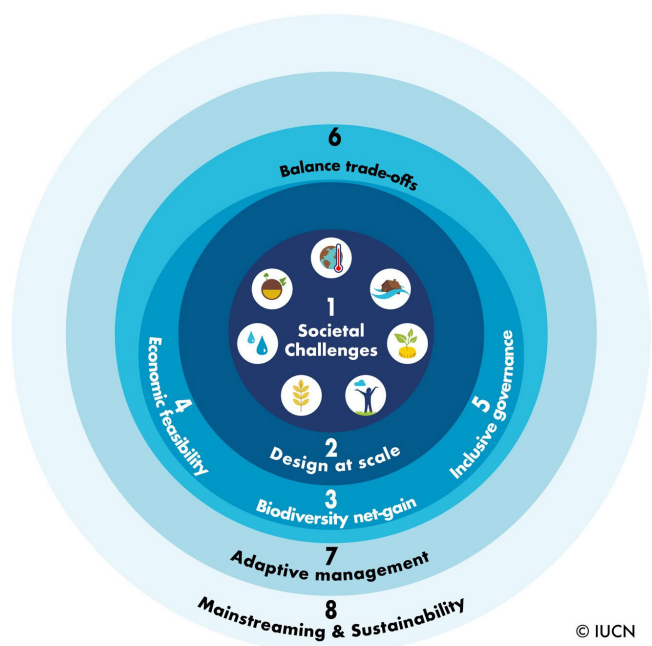
IUCN Global Standard for Nature-based Solutions

A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS
First edition



NbS의 국제적 표준으로 IUCN이 제시한 8가지 기준(criteria)

- NbS로 해결하려는 사회문제:** 문제에 대한 명확한 인식과 우선순위, NbS로 얻는 혜택 평가
- NbS 디자인의 규모:** 경제·사회·생태계 사이의 상호작용과 복잡성 인식
- 생물다양성 순이익:** 생태계 온전성, 생태계 기능과 연결성의 적극적 향상 도모
- 경제적 실행가능성:** NbS의 직간접적 편익과 비용을 분석하고 법제도나 보조금 지원
- 투명하고 자율적 거버넌스:** 이해관계자 참여
- 상충문제의 균형:** 목표달성과 다른 혜택 간의 상충 균형 여부, 균형의 한계에 대한 점검
- 증거기반의 적응적 관리:** 주기적 평가와 모니터링에 기초하여 관리
- 주류화와 지속가능성:** NbS 설계·이행·교훈의 공유, 주류화를 위한 정책과 규정의 발전



© IUCN

II

기후위기 대응을 위한 NbS의 중요성

> 초기는 기후적응과 회복탄력성 증진을 위한 생태기반적응(EbA)에 주목

- 자연생태 기반의 기후적응(EbA) 개념이 생물다양성협약(CBD, 2009)에서 소개된 이후 많은 국가들에서 기후변화의 악영향을 낮추기 위해 EbA를 채택
 - 처음엔 주로 남반구 저개발국가 중심으로 적용되었으나 지금은 전 지구적으로 확산되고 유럽 기후적응전략(2013)에서도 EbA의 이행을 강조
- 유엔기구들은 EbA를 리스크가 낮고 비용도 적게 드는 기후적응이면서 다른 생태계서비스도 제공할 수 있는 방안으로 평가(Seddon et al., 2020)
 - IUCN은 EbA가 새로이 떠오르는 분야로 비용-효과 평가를 위한 현장의 과학적 증거와 데이터 축적의 필요성을 강조(IUCN, 2017)

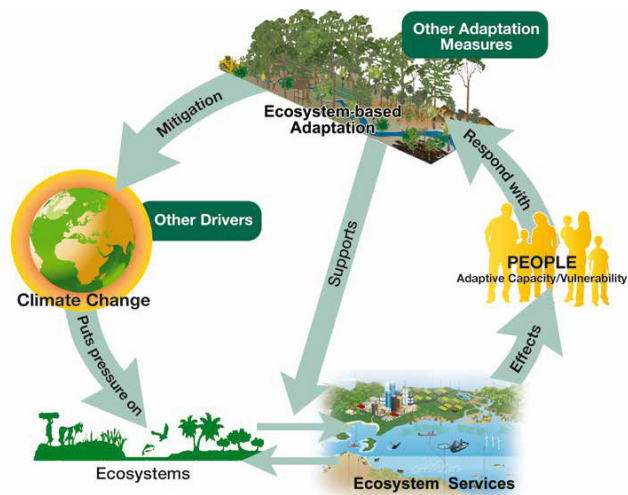
생태기반적응(EbA) 개념 및 사례

| 개념 |

- 「기후변화 악영향에 사람들이 적응하도록 돕는 전반적 적응전략의 일부로서 생물다양성과 생태계서비스의 이용」으로 정의(CBD, 2009).
- 자연습지와 산림 보호로 하류의 홍수조절을 하거나 맹그로브와 염습지 보호로 태풍피해와 연안침식 방지 등이 EbA에 해당

| 사례 |

- (토양침식완화 - 에디오피아) 2,728ha의 훼손된 산림에 재식재하여 토양 침식 및 급격한 홍수를 완화하고, 지하수 충전을 증가시키고, 생산성을 높여서 2006~2036년까지 870,000톤의 대기 중 이산화탄소 제거 효과 기대
- (홍수저감 - 유럽) 강의 복원으로 홍수를 저감하고 농업 생산성의 증대, 탄소 저장, 여가 효과를 얻음. 이로 인한 이익은 € 1400±600에 달할 것으로 추정됨
- (도시열섬 저감) 도시지역의 녹지 공간은 평균 0.94℃의 온도 저감 효과를 보임



출처 : UNEP-UNDP-IUCN, 2010, Seddon et al., 2020

➤ 기후변화협약 파리협정에서 기후적응 완화를 위한 NbS의 중요성 강화

- 파리협정은 당사국들이 온실가스 흡수원과 저장원의 보전·확대, 생물다양성과 생태계의 보전 중요성을 인식하도록 요구
 - 제5조2항은 '산림황폐화와 훼손에 따른 온실가스 발생의 저감, 개발도상국의 산림 탄소저장을 높이고 지속가능 산림관리 정책접근과 인센티브 부여'를 명시

교토의정서와 파리협정 비교

교토의정서	구분	파리협정
온실가스 배출량 감축 (1차: 5.2%, 2차: 18%)	목표	2°C 목표, 1.5°C 목표 달성 노력
주로 온실가스 감축에 초점	범위	온실가스 감축만이 아니라 적응, 재원, 기술이전, 역량배양, 투명성 등을 포괄
주로 선진국	감축 의무국가	모든 당사국
하향식	목표 설정방식	상향식
징벌적 (미달성량의 1.3배를 다음 공약기간에 추가)	목표 불이행시 징벌여부	비징벌적
특별한 언급 없음	목표 설정기준	진전원칙
공약기간에 종료시점이 있어 지속가능한지 의문	지속가능성	종료시점을 규정하지 않아 지속가능한 대응 가능
국가중심	행위자	다양한 행위자의 참여독려

- 교토의정서 체제에서는 감축에 초점을 두었으나 파리협정은 감축 외에도 적응 등 6개 분야를 포괄하도록 하고 있어 적응에서 NbS의 역할 중요도 증대

환경부, 2016

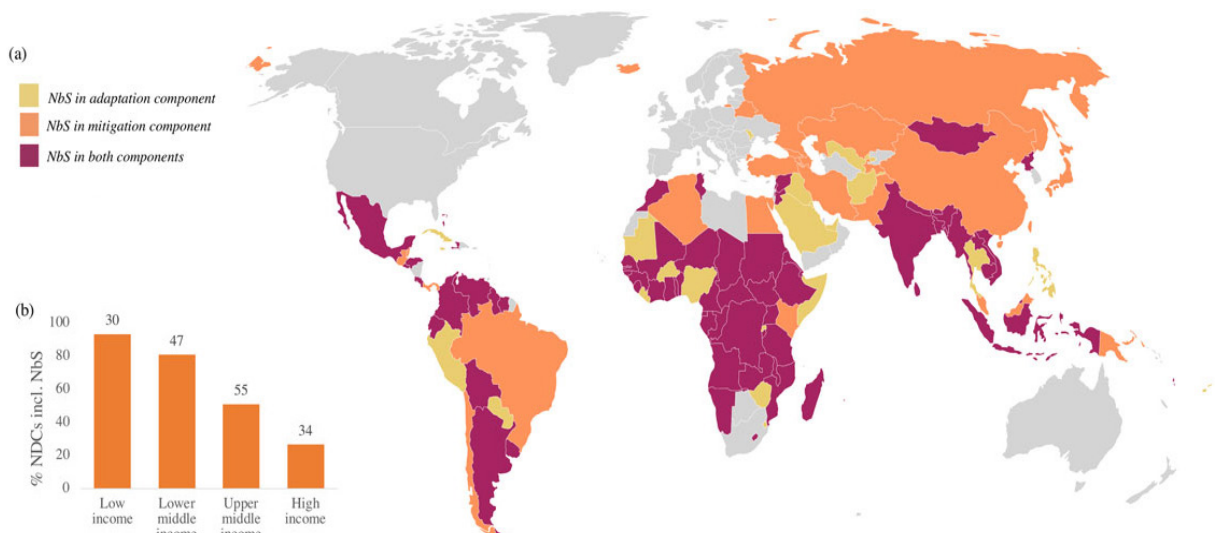
- 파리협정 이행을 위해 각국이 제출한 국가결정기여(NDCs*) 168개 중 131개(78%)가 NbS를 기후완화 또는 적응계획의 중요 이행수단으로 포함(Lewis et al. 2019)

* Nationally Determined Contributions : 당사국이 기후변화 대응을 위해 취할 노력을 자체적으로 결정하여 제출한 목표

- 이 중 77개국은 NDCs에 NbS를 기후적응과 완화요소 양쪽에 모두 포함
- 기후변화에 따른 사회·경제적 영향을 심각하게 받는 빈곤국들은, 효율적 적응계획으로서 비용 대비 효과가 큰 적응수단인 NbS를 NDCs에 대부분 채택

기후변화협약에 제출된 국가결정기여(NDCs)에 NbS 포함 현황

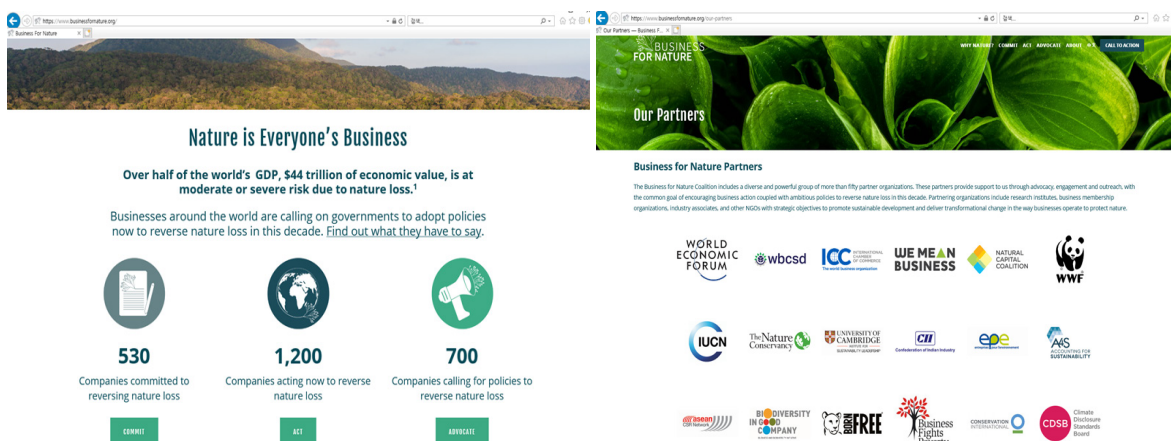
출처 : Seddon et al. 2020



▶ 전 지구적 기후위기 인식과 함께 산림복원과 식재사업 중심의 NbS 확대

- 기후변화 영향의 심각성에 대한 인식이 확대되면서 기후위기 대응을 위한 자연생태계의 기능과 NbS의 중요성에 대한 인식이 크게 증가
 - 세계경제포럼(2020년)은 영향의 심각성과 발생가능성을 고려할 때 세계경제에 가장 큰 리스크로 기후변화 완화와 적응 실패, 극단의 기상과 자연재해, 생물다양성 손실과 환경피해의 3가지를 제시(WEF Global Risks Reports 2015-2021)
 - 또한, 모든 비즈니스가 직·간접적으로 자연에 의존하고 그 경제가치 발생은 최소 44조 달러(전세계 GDP의 절반 이상)로 추산하였으며(WEF, 2020), '자연을 위한 비즈니스' 연대를 만들어 자연의 손실방지와 복원에 기업의 동참을 촉구

'자연을 위한 비즈니스(Business for Nature)' 홈페이지(www.businessfornature.org)



- 한편, IPCC는 기후변화 완화를 위해 온실가스의 배출을 억제하는 것과 함께 온실가스 흡수원인 산림의 복원과 확대를 강조
 - 또한, 세계 산림면적을 2030년까지 매년 24백만 ha 증가시킬 경우(한반도 면적 약 22백만 ha와 유사), 1.5℃ 이하로 지구온난화를 낮추는 데 필요한 대기탄소*의 약 1/4을 저장할 수 있을 것으로 추정(IPCC, 2018)
 - * 21세기 말까지 대기 중에서 7300억 톤(산업혁명 이후 미국, 영국, 독일, 중국이 배출량의 이산화탄소 제거
- 기후변화 완화, 즉 탄소중립을 위한 산림복원과 나무심기 사업이 열대와 아열대지역 중심으로 활발히 추진되기 시작(표의 사례 참조)
 - 2030년까지 350백만 ha 복원을 목표로 2011년 시작한 본첼린지가 대표적인 사례
 - 2020년 세계경제포럼이 「1조 그루 플랫폼(Trillion Tree Platform)」을 제안하였으며, EU는 EU생물다양성전략 2030 로드맵에 2030년까지 30억 그루의 나무 식재를 포함하는 등 점차 기후완화 NbS에 집중

국제기구 협약 등의 NbS 소개 또는 반영 내용

사업 명칭	추진(재원) 단체	타겟과 방법
전지구적 규모 사업		
본첼린지 (Bonn Challenge)	IUCN, 독일정부 2011	2030년까지 350백만ha(350만km ²) 산림복원을 목표로 설정. 세계적으로 약 2000백만ha를 나무식재 가능 면적으로 산정했으나, 여기에 사바나와 초지를 포함하며, 산림복원 서약의 43%는 상업적 식재로 논란
뉴욕산림선언 (New York Declaration on Forests)	2014 유엔정상회의에서 자발적 서약. 정부, 기업, NGOs, 지역사회 참여	2020년까지 산림벌채를 반으로 줄이고 150백만ha(150만km ²) 복원 목표 설정. 목표는 아직 미달성
1조 그루 (Trillion Trees)	BirdLife International, Wildlife Conservation Society, World Wide Fund for Nature	산림벌채를 끝내고 산림보호와 복원을 개선. 'right tree, right place' 슬로건
1조 그루 캠페인 (Trillion Tree Campaign)	Plant for the Planet (유엔지원을 받는 NGO)	1조그루의 나무심기 목표. 2020년5월까지 138억 그루 식재. 어린이에 의해 캠페인이 시작됨. 1조 그루 나무가 지금까지 인위적으로 증가된 대기 이산화탄소 발생량의 25-33%를 상쇄한다는 가정 하에 추진. 'Trees can be planted almost anywhere' 슬로건
1조 그루 플랫폼 (Trillion Tree Platform)	세계경제포럼 (다보스포럼)	2030년까지 1조 그루 나무를 보전, 복원, 육성. 플랫폼은 Trillion Trees 커뮤니티와 UNEP, FAO가 이끄는 'UN Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030'을 지원
WeForest	기업에 탄소상쇄를 제공하는 NGO	2021년까지 250천ha의 산림경관을 변경하고 25백만그루 나무로 25천ha 복원 목표. 다른 유형의 생태계에 산림경관복원 최우수 사례를 적용
본첼린지 또는 뉴욕산림선언과 관계된 각 대륙 사업		
아프리카 산림경관 복원사업(AFR100)	독일과 세계은행이 아프리카 정부에 14억달러 지원	2030년까지 1억ha(1백만km ²) 산림경관복원. 대부분 상업적 식재이고 사바나에서 실시
이니셔티브 20x20	지금까지 영향을 끼치는 투자자나 기업으로부터 24억 달러 펀딩	2020년까지 라틴아메리카와 캐리비언에서 훼손된 토지 20백만 ha(20만km ²)의 산림경관복원 달성. 다음 목표는 2030년까지 30백만ha(30만km ²) 복원. 목재식재를 포함
ECCA30	유럽, 코카시아, 중앙아시아 정부와 투자자	2030년까지 유럽, 코카시아, 중앙아시아에서 30백만ha 산림경관 복원
Agadir commitment	지중해 정부와 투자자	2030년까지 알제리, 프랑스, 이란, 이스라엘, 레바논, 모로코, 포르투갈 등에서 8백만ha 산림경관복원. CBD사무국, FAO, IUCN, WRI, 세계은행, Global Mechanism 등이 지원
EU생물다양성 전략2030	EU	2030년까지 도시와 농촌지역에 30억 그루 식재
국가 수준 사업		
Grain for Green Program	중국(1999-2018)	토양침식과 토지황폐화를 저감하기 위해 중국 전역 29백만ha 면적에 나무 식재
UK Nature for Climate Fund	영국정부로부터 6억4천만 파운드 재원	2025년까지 30천ha에 수목 식재와 잉글랜드의 이탄지 35천ha 복원
Green Legacy Programmes	이디오피아 정부	4년에 걸쳐 200억 그루 묘목 식재를 목표로 설정. 2019년에 40억 그루 묘목 식재했는데 하루에 3억5천만 그루 식재한 경우 있음. 농촌지역과 도시에 식재
One Billion Trees Programme	뉴질랜드 정부	2028년까지 10억그루 나무 식재 목표. 지금까지 1억4천9백만 그루 식재
National Greening Program	필리핀 정부	2011-2016년 사이 훼손된 산림 1500천ha 복원목표 설정하여 달성. 2028년까지 훼손된 산림 나머지 7100천ha 복원으로 연장됨. 임업산물을 제공하고 빈곤 퇴치, 탄소 저장량 증대를 목적으로 추진

III 기후완화 NbS 접근에 대한 논란과 인식 제고

- ◆ 자연에 의한 기후변화 완화는 낙관적이고 과도한 기대이며, 잘못된 방식의 NbS(경제림 식재 등)는 오히려 생물다양성, 식량안보에 악영향을 준다는 점에 대해 국제기구들 인식
- ◆ 지구온난화를 막기 위해 탄소 배출을 상쇄하는 나무심기사업이 활발히 진행 중이나 나무심기사업이 잘못 계획·실행되면서 오히려 이산화탄소 배출을 증가시키고 장기적으로 생물다양성, 경관, 지역 주민에게 악영향을 끼칠 수 있다는 우려 증가
- ◆ 생물다양성 보전과 기후완화가 상충되지 않도록 자연생태계 보호 우선 필요

> 기후완화의 열쇠로서 NbS에 대한 과도한 기대

- 온실가스를 빠르게 흡수·제거하는 해결책으로 NbS에 대한 낙관적 기대로 **탈탄소사회 전환의 시급성에 대한 인식 약화**
 - 자연의 기후완화 가능성에 대한 잘못된 의사소통으로 기후변화 문제가 나무심기로 해결 가능한 것으로 오해하는 결과를 초래
 - NbS가 2030년까지 2℃ 이하로 지구온난화를 낮추는 데 필요한 이산화탄소 제거량의 30%를 해결할 수 있다는 연구들*에 근거하나,
 - * Griscom BW et al.(2017), Erb K-H et al.(2017), Le Quéré C et al.(2018) 등
 - 최근 연구**는, NbS의 탄소중립 효과가 과장된 수치이며, 온실가스 배출이 낮고 산림피복율이 높은 열대지역의 국가 수준에서 유효하다고 지적
 - ** Griscom B. et al.(2017), Seddon et al.(2021)
- 기후완화 NbS에 재원이 집중되고 있으나 식재 대상지, 수종, 방법 등에 대한 올바른 지침이 없이 잘못된 방식의 조림*과 나무심기로 문제 발생
 - 열대와 아열대 지역 국가들에서 집중되고 있는 바이오에너지 탄소저장(BECCS**)과 대규모의 상업적 단일종 또는 외래종 식재는, 이산화탄소 제거 효과는 낮고 오히려 전지구적 생물다양성 손실을 가속화할 것으로 우려
 - IUCN 등 국제기구는 대규모 조림방식의 BECCS를 사회적 갈등과 악영향을 유발하는 잘못된 방식으로 평가하고 각별한 주의를 촉구
 - * afforestation: 기존에 산림지가 아닌 초지, 습지, 사바나 등 자연적 오픈스페이스에 식재
 - ** 식재로 바이오매스에 탄소를 흡수·저장하게 하고 이를 수확하여 바이오에너지를 생산

- 또한, 지나치게 나무식재를 강조하여 **남아있는 자연생태계의 보호와 연결이 시급히 필요하다**는 것을 **간과**하게 만드는 경우 발생
 - 실제 미국의 트럼프 행정부는, 세계경제포럼의 '1조 그루 나무심기(Trillion Trees Initiative)'에 서명하고 기존의 보호지역 산림을 벌채하도록 허가
 - 천연의 오래된 산림은 생물다양성의 hot-spot일 뿐 아니라 탄소를 장기간 저장·격리하고 기후변화 영향을 저감시키는 등 생태계서비스 제공
 - 하지만, 세계적으로 천연의 자연생태계는 매우 작은 면적만 남아있어 이의 보호와 관리, 생태계의 연결을 통한 회복탄력성 증진 시급

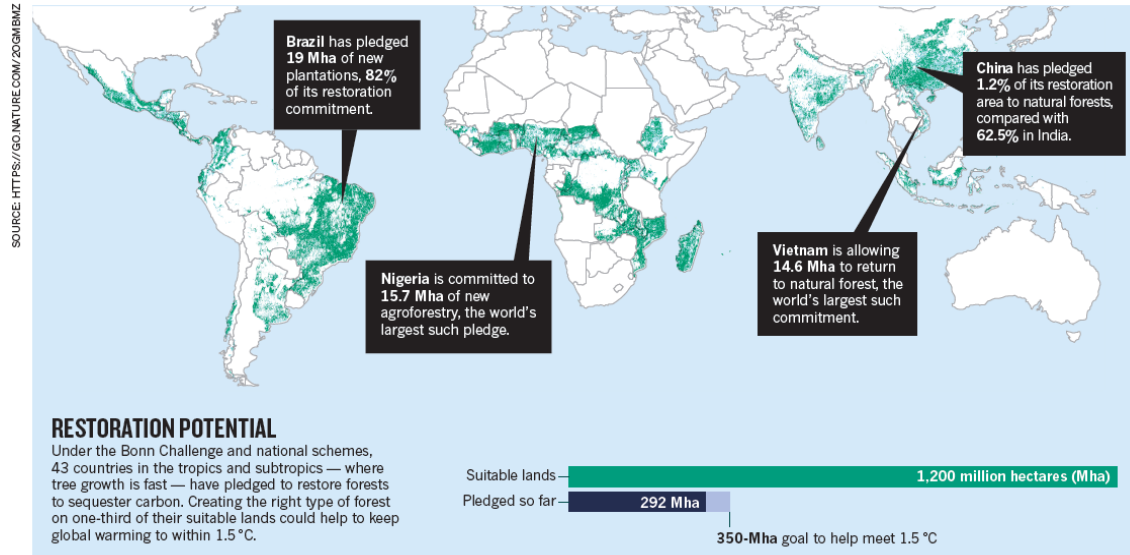
➤ 생물다양성 및 다른 생태계서비스와의 상충(trade-off) 발생

- 건강한 산림이 가지는 복잡한 기능의 그물망은 다양한 생물종이 만들어내는 것으로 단일 수목 식재와 비교되지 않는 다양한 생태계서비스를 제공
- 기후완화를 위한 나무심기에 집중하여 자연산림이나 초지 등에 잘못된 수종과 방식으로 시행된 식재는 생물다양성 손실과 생태계서비스 훼손 유발
 - 목재생산을 위해 행해지는 단일 수령의 낮은 다양성, 관리요구가 큰 식재는 토양교란과 농업화학물질 오염을 유발하고, 건조지역의 경우 물부족 심화
 - 육상생태계의 훼손(벌목, 기반시설 설치 등)은 탄소저장량을 크게 낮추고 산불과 같은 기후 관련 위험에 취약성을 높이는 결과 초래
- 또한, 자연 초지나 습지 등 토양탄소가 풍부한 곳에 식재는 오히려 탄소를 배출시키고 서식처를 훼손하는 악영향 유발
 - 수십 년에 걸쳐 토양탄소가 깊이 형성된 토양(이탄지, 영급이 높은 산림지역)에의 식재는 토양을 교란시켜 오히려 탄소를 방출
 - 자주 일어나는 초지 산불은 토양탄소의 유실 없이 쉽게 다시 회복되지만, 초지였던 곳에 산림을 식재할 경우 산불 규모가 커져 토양탄소 유실

본첼린지(Bonn Challenge) 사례

출처 : Lewis et al., 2019

- 2011년 독일 정부와 IUCN이 본첼린지(www.bonnchallenge.org)를 시작해서 2030년까지 350 백만ha(한반도 면적의 16배)의 산림을 복원하는 목표를 설정. 이 계획하에, 브라질, 인도, 중국 등의 열대와 아열대에 위치한 43개국이 훼손지역 약 300백만ha 복원을 약속



- 본첼린지 참여 국가의 절반 이상(24개국)이 세부적인 복원계획을 발표했는데,
 - 이행을 약속한 면적의 약 45%는 단일수종의 대규모 경제림 식재로 10~20년 내에 벌목되어 다시 이산화탄소로 배출될 것으로 예상되며, 브라질, 중국, 인도네시아, 나이지리아, 콩고 등 면적 비중이 큰 국가들이 대부분 이러한 계획을 가지고 진행
 - 이행을 약속한 면적의 21%는 작물과 함께 나무를 식재하는 산림농업 형태로 이 또한 연료, 목재, 과일 등을 공급하는 경제림 식재에 해당
 - 결국 본첼린지로 탄소저장을 위한 재조림을 약속한 면적 중 2/3는 경제림 식재인데 이는 심각한 문제를 야기할 수 있다고 우려
- 만약 43개국이 서명한 면적을 모두 자연산림으로 복원할 경우 420억 톤의 탄소 제거 가능
 - 이것은 지금까지 발표한 계획대로(45%경제림, 21%산림농업) 2100년까지 이행할 때 제거되는 탄소량보다 2.6배 더 많은 양이고,
 - 모든 면적을 경제림으로 식재하는 경우를 가정할 때에 비해서는 무려 42배 더 많은 양
 - 결과적으로, 자연산림 복원의 비율을 최대한 증가시키는 것이 중요하며, 2100년까지 10억톤의 탄소 저장량 당 8.6백만ha(아일랜드 정도의 면적) 자연산림 복원이 필요



➤ 탄소제거 효과 : 자연산림 보호·복원 vs. 동일 면적의 경제림 식재

- Lewis 등(2019)은 『Nature』 학술지에 본첼린지 사례를 분석하여 자연산림 복원이 경제림 식재에 비해 42배 더 많은 탄소를 제거·저장한다고 발표
 - 상업적인 단일종 식재는 자연림에 비해 작은 양의 탄소를 저장할 뿐 아니라 목재의 수확과 이용으로 매우 짧은 기간 동안 탄소를 저장
 - 목재가 건축물이나 가구로 사용될 경우 오랫동안 탄소를 가둘 수 있지만, 수확된 나무들은 대부분 종이, MDF 가구로 소비되고 매립지나 소각로에서 다시 탄소를 방출할 가능성이 크다고 지적
 - 삼림벌채로 탄소가 방출되고 다시 속성수에 의해 빠르게 흡수되지만(~5톤C/ha/yr) 보통 10년에 1회 벌목과 재식재를 반복하면서 벌목폐기물과 부산물(종이, 우드칩)이 발생하고 이의 분해로 탄소는 다시 방출
- 또한, 높은 생물량을 보유하는 열대우림지역에서 자연천이를 촉진하는 산림복원을 최우선하고, 복원된 산림은 보호할 수 있도록 국제기금 조치 필요성을 지적

➤ 기후위기 대응 NbS를 위한 올바른 인식과 원칙 제시의 노력들

- 그간 NbS 개념을 정립해온 IUCN과 전문가들은 잘못된 방식의 탄소중립 NbS 사례와 문제를 지적하고, NbS에 대한 올바른 인식과 가이드라인을 제시
 - 공공과 민간부문의 기후 관련 재원이 NbS에서 크게 증가되고 있어 원칙과 기준을 가지고 올바르게 적용하는 것이 중요하며,
 - 기후변화 완화와 생물다양성 보호를 모두 제공하고 상호 연계시키는 데 있어 NbS 폭넓은 활용을 강조
- 앞에서 소개한 IUCN(2020)의 NbS 국제적 표준(8개 기준과 28개 지표)에서 보듯이, IUCN은 NbS가 제공하는 생물다양성 혜택을 명확히 측정할 수 있도록 설계되어야함을 강조
 - 또한, 최적의 전략을 위한 사례연구가 더 많이 축적되어야 하고,
 - 우선의 좋은 전략은 1) 다양한 고유종의 이용, 2) 생물종이 다양한 서식처의 훼손 방지, 3) 초기 상태의 평가, 4) 정량적 목표 설정, 5) 의도되지 않은 부정적 결과 관리와 진행의 모니터링임을 제안(IUCN, 2020)
- 한편, NbS를 핵심적으로 이끌고 있는 영국의 그룹*이 기후변화협약의 정책결정자들에게 줄 중요 메시지로써, 성공적이고 지속가능한 NbS 가이드라인 4가지를 큰 틀에서 제시(Seddon et al., 2021)

* 옥스퍼드 대학, WWF, 런던동물학회, 버드라이프인터내셔널, 영국생태학회 등 영국에 기반을 두는 20개의 연구·보전단체 컨소시엄

영국 연구 보전단체 컨소시엄의 지속가능한 NbS 가이드라인

www.nbsguidelines.info

가이드라인
1

NbS는 화석연료 문제를 빠르게 해결하는 방안이 아니며, 경제시스템의 탈탄소화를 위한 시급한 행동을 늦춰서는 안됨

- 탄소흡수원으로 기능할 수 있는 토지면적은, 화석연료 사용으로 배출되는 탄소를 흡수하는 데 필요한 면적에 비해 매우 작음. 지구 기온상승이 지속될 경우, 생태계의 탄소균형에 문제가 발생하여 탄소 순저장이 순배출로 바뀔 수 있음.

가이드라인
2

NbS는 육상과 해상의 폭넓은 범위의 자연생태계를 보호하고 복원해야함

- 모든 생태계 유형은 생태계서비스와 NbS의 기회를 가지고 있고, 경관규모에서 관리와 생태계들 사이의 상호작용에 대한 이해와 이용은 장기적으로 그러한 혜택을 최대화할 수 있음.
- 특히, 초지, 사바나, 이탄지, 천연 산림지와 같이 자연적으로 개방된 생태계에 수목을 식재하는 부적절한 행동을 시급히 막아야 함. 또한, NbS는 나무 몇 그루의 식재와 같이 단순한 숫자로서가 아니라 사람들에게 제공하는 다양한 혜택으로 평가되어야 함.

가이드라인
3

NbS는 토착주민과 지역공동체의 참여와 동의를 가지고 이행되어야 하며, 기후변화에 적응할 수 있는 능력을 배양하도록 디자인되어야 함

- 인권(토지/생태, 문화 권리를 포함)을 인식 존중 강화하고, 생계를 지원할 수 있도록 단단한 사회적 안전망을 적용해야 함. 올바른 제도가 기후변화에 전지구적 대응을 위한 결정적 순간에 더 큰 규모의 지속가능하고 회복력있는 NbS를 만들 수 있음.

가이드라인
4

NbS는 생물다양성, 즉, 유전자 수준에서 생태계 수준까지 생명체의 다양성을 유지, 지원, 향상시켜야 함

- 생물다양성은 생태계의 건강한 기능과 회복력에 필수적 기능을 함. 현재뿐만 아니라 미래에도 필수적인 서비스의 흐름을 안전하게 해주고, 서비스들(예를 들어, 탄소저장과 물 공급) 사이의 상충문제를 줄여 주며 도시와 농촌지역에서 기후변화에 사람들이 적응할 수 있는 능력을 가지도록 해줌.

- 최근에는 국제적 연구그룹(Di Sacco et al. 2021)은 생물다양성을 보전하고 지역에도 이익이 되면서 탄소를 흡수·제거를 최적화할 수 있는 재조림의 10가지 황금원칙(golden rules)을 제시
 - 가장 첫 번째 원칙으로 기존 산림을 우선 보호해야 함을 제시하고 있으며, 다양한 생태계서비스를 장기적으로 얻기 위한 생물다양성 증진과 자연천이 방식의 산림복원을 강조

생물다양성과 탄소흡수를 위한 재조림의 황금법칙

Sacco et al., 2021



IV 국내 시사점

> 국제적 논의는, 생물다양성과 기후변화 문제를 연결하고 통합적으로 대응하기 위한 NbS의 원칙과 적용방법에 집중

- 기후위기에 대응하기 위한 전지구적 노력으로서 기후완화 NbS, 즉 산림복원과 식재를 통해 탄소흡수원을 확대하고 관리하는 것은 필수적이나,
- 최근에 자연산림의 복원·관리가 아닌 산림경영과 나무심기 중심의 탄소흡수원 확충이 가져오는 부작용 우려 증대
- 또한, 기후대응을 위한 NbS에 관심과 재원이 집중되면서 생물다양성·생태계서비스와의 상충문제를 해결하고, 지속가능한 NbS를 위한 올바른 인식, 원칙과 기준에 대한 논의가 활발한 상황
- 이러한 국제적 논의는 국내에서 추진하고 있는 탄소중립 추진계획과 기후완화·적응을 위한 자연생태계 복원·관리의 방향에 중요 시사점을 제공

> 기후위기 대응을 위한 산림복원·관리는 기존 산림 보호와 생물다양성 유지·증진을 최우선 원칙으로 추진 필요

- 국제논의에서 강조하는 것과 같이 기존 산림의 보호와 자연천이를 촉진하는 복원을 통해 생물다양성과 기후변화에 대한 적응력을 확보하는 것이 중요
 - 대기 중 온실가스 수준을 낮추기 위해 자연생태계의 탄소흡수원 기능만을 부각·효율화할 경우, 생물다양성과 다양한(multiple) 생태계서비스*가 훼손되고 궁극적으로 기후변화 위기를 막지 못하는 결과 초래
- * 서식처제공, 토양과정, 지하수 함양, 산사태와 홍수방지 등 지지서비스(supporting services)와 조절서비스(regulating services)는 기후 변화 적응에 중요
- 기존의 우수한 생태계와 오래된 산림이 가지는 생물다양성과 그 혜택을 우선적으로 보호하는 원칙을 정립하고,
- 경관수준에서 생태계의 연결성과 회복탄력성을 높이는 생태복원을 우선하여 기후변화 적응력을 강화하는 것이 중요
- 또한, 기존에도 이미 문제제기가 있어왔던 산림벌채와 숲가꾸기 사업 등 산림사업의 생물다양성 감소 영향과 개발사업 악용 우려에 대한 대책 필요

> 탄소중립을 위한 국내 산림의 탄소흡수량과 저장량 변동에 대한 정량적 평가, 모니터링과 면밀한 검증 필요

- 산림청은 탄소중립 추진을 위해, 국내 산림의 노령화에 따른 탄소흡수량 감소*를 전망하고 대책으로 기준 벌기령**을 탄소흡수량이 최대가 되는 시점으로 완화하는 계획 발표('21.1., 2050 탄소중립 산림 부문 추진전략(안))
- * 현 추세대로 그대로 갈 경우 '18년 4,560만톤에서 '50년 1,400만톤으로 감소 전망
- ** 수종별 수확(벌채)이 가능한 최소한의 나무 연령
- 또한, 30억 그루 나무심기 추진과 테다소나무, 백합나무 등 탄소흡수능력이 우수한 수종 중심의 조림 추진을 계획

- 이러한 전망과 계획은 탄소중립만을 고려한 것으로 전망치와 계획에 대한 세부적 검증과 평가, 생물다양성·생태계서비스와의 상충문제 해소 필요
 - 탄소흡수량 즉, 수목의 성장속도는 중간 수령에서 높고 노령림이 되면서 낮아지지만, 단위면적당 탄소저장량은 수령이 높아지면서 증가
 - 노령림이 저장·격리하고 있는 탄소는, 벌목 후 전부 목재와 에너지로 사용되지 못하고 일부는 잔가지, 목재부산물로 버려져 배출될 것으로 예측
 - 또한, 아직 거의 평가가 이루어지지 않은 토양탄소량도 오래된 산림에서 높을 것으로 추정되나 토양탄소에 미치는 영향과 변동은 평가 누락
 - 기존 산림 보호를 우선하면서 신규 식재에 적절한 위치의 선정과 확보, 자생수종 중심의 식재 등 생물다양성 보호 중심으로 탄소중립 추진 필요
- 산림의 탄소흡수량뿐 아니라 탄소저장량에 대한 평가, 벌목과 수목식재 등의 전 과정에서 탄소량의 변동, 생물다양성과 생태계서비스의 변화 등을 평가하고 점검하는 것이 필요

➤ 국내에 적용할 기후위기 대응 NbS의 가이드라인 제안

- (가이드라인 1) 기존 산림을 보호하고 생물다양성 증진을 최우선 목표로 설정
 - 보호지역과 생태자연도 1등급 지역 등 생태우수지역의 산림벌채를 제한하고 산림경영이 산림을 개발지로 전용하는 수단으로 악용될 가능성을 차단하기 위한 법적 조치 마련하여 생물다양성 보호
 - 기존 산림에 대해서는 단순한 영급구조나 외래수종 식재지만을 최소한으로 선별하고 가지치기와 솎아베기 등의 부분적 숲가꾸기로 생물다양성을 증진
 - 산림을 복원하거나 연결하여 산림면적을 확대하고 연결성을 증진
- (가이드라인 2) 산림 등 자연생태계의 탄소흡수량과 저장량, 생물다양성의 초기상태를 평가하고, 수목식재 등 NbS 적용 시 효과의 정량적 모니터링과 점검
 - NbS가 제공하는 생물다양성 혜택을 명확히 측정할 수 있도록 초기상태를 평가하고 진행과정의 효과를 정량화하고 점검
 - 탄소흡수원 기능뿐 아니라 기후적응과 회복탄력성 증진 기능에도 의도하지 않은 부정적 결과가 발생하지 않도록 관리와 진행의 모니터링
- (가이드라인 3) 생물다양성에 기여할 수 있는 종을 식재하고 자연천이를 촉진
 - 외래수종은 제외하고, 훼손된 생태계의 부분적 복원과 자연천이에 의한 산림조성을 원칙으로 하여 산림의 지속 가능성과 잠재력 최대화
 - 종을 혼합하여 식재하고 가능한 많은 자생종을 이용하며 희귀종과 고유종을 포함하여 식재
- (가이드라인 4) 도시민의 관심과 참여를 촉진하고, 탄소배출을 저감하기 위한 도시녹지 인프라 확대와 개선에 집중
 - 도시지역에서 숲조성, 옥상녹화, 벽면녹화 등의 녹지 인프라를 확대하여 쾌적한 환경을 조성하고 에너지사용과 탄소배출을 저감
 - 탈탄소사회로의 전환과 탄소배출을 억제하는 기후행동의 중요성을 생활환경에서 인식하고 실천하기 위한 녹지 관리와 수목식재를 계획

참고문헌

- Andrade Pérez, A., Herrera Fernandez, B., Cazzolla Gatti, R. (eds.) (2010). Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field. Gland, Switzerland: IUCN. 164pp
- Busch, J., Engelmann, J., Cook-Patton, S. C., Griscom, B. W., Kroeger, T., Possingham, H., Shyamsundar, P. (2019). Potential for low-cost carbon dioxide removal through tropical reforestation. *Nature Climate Change*, 9, 463-466
- Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J., Dudley, N., Jones, M., Kumar, C., Maginnis, S., Maynard, S., Nelson C.R., Renaud, F.G., Welling, R., Walters, G. (2019) Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science and Policy*, 98, pp. 20-29.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.) (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp.
- Di Sacco, A., Hardwick, K.A., Blakesley, D., Brancalion, P.H.S., Breman, E., Cecilio, R., Chomba, S., Dixon, K., Elliott, S., Ruwonga, G., Shaw, K., Smith, P., Smith, R.J., Antonelli, A. (2021) Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Global Change Biology* 2021;00:1-21
- European Commission (2015) *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*.
- Ecosystem-based Adaptation conceptualised in the Driving Forces-Pressures-State-Impacts-Responses (DPSIR) framework.
- Erb, K.H., Kastner, T., Plutzer, C., Bais, A.L.S., Carvalhais, N., Fetzel, T., Gingrich, S., Haberl, H., Lauk, C., Niedertscheider, M., Pongratz, J., Thurner, M., Luyssaert, S. (2017) Unexpectedly large impact of forest management and grazing on global vegetation biomass. *Nature* volume 553, pages73-76
- Griscom, B.W., Adams, J., Ellis, P.W., Houghton, R.A., Lomax, G., Miteva, D.A., Schlesinger, W.H., Shoch, D., Siikamäki, J.V., Smith, P., Woodbury, P., Zganjar, C., Blackman, A., Campari, J., Conant R.T., Delgado, C., Elias, P., Gopalakrishna, T., Hamsik, M.R., Herrero, M., Kiesecker, J., Landis, E., Laestadius, L., Leavitt, S.M., Minnemeyer, S., Polasky, S., Potapov, P., Putz, F.E., Sanderman, J., Silvius, M., Wollenberg, E., Fargione, J. (2017) Natural climate solutions. *PNAS* 114(44) 11645-11650,
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2018) *Global Warming of 1.5°C*.
- IUCN (2009) No time to lose: make full use of nature-based solutions in the post-2012 climate change regime. Position paper on the fifteenth session of the conference of the parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP 15). IUCN, Gland
- IUCN (2014) Nature-based solutions. http://www.iucn.org/about/union/secretariat/offices/europe/european_union/key_issues/nature_based_solutions. Accessed 30 Apr 2016
- IUCN (2017) Ecosystem-based adaptation. Issues Brief November 2017.
- IUCN (2020) *Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS*. First edition. Gland, Switzerland: IUCN
- Lewis, S.L., C.E. Wheeler, E.T.A. Mitchard, A. Koch. (2019) Regenerate natural forests to store carbon. *Nature* 568: 25-28

- Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar, (2014) Adaptation needs and options. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 833–868.
- Quéré C.L., Andrew, R.M., Friedlingstein, P., Sitch S., Hauck J., Pongratz, J., Pickers, P.A., Korsbakken, J.I., Peters, G.P., Canadell, J.G., Arneeth, A., Arora, V.K., Barbero, L., Bastos, A., Bopp, L., Chevallier, F., Chini, L.P., Ciais, P., Doney S.C., Gkritzalis, T., Goll, D.S., Harris, I., Haverd, V., Hoffman, F.M., Hoppema, M., Houghton, R.A., Hurtt, G., Ilyina, T., Jain, A.K., Johannessen, T., Jones, C.D., Kato, E., Keeling, R.F., Goldewijk, K.K., Landschützer, P., Lefèvre, N., Lienert, S., Liu, Z., Lombardozi, D., Metzl, N., Munro, D.R., Nabel, J.E.M.S., Nakaoka, S., Neill, C., Olsen, A., Ono, T., Patra, P., Peregon, A., Peters, W., Peylin, P., Pfeil, B., Pierrot, D., Poulter, B., Rehder, G., Resplandy, L., Robertson, E., Rocher, Rödenbeck, C., Schuster, U., Schwinger, J., Séférian, R., Skjelvan, I., Steinhoff, T., Sutton, T., Tans, P.P., Tian, H., Tilbrook, B., Tubiello, F.N., Laan-Luijckx, I.T., Werf, G.R., Viovy, N., Walker, A.P., Wiltshire, A.J., Wright, R., Zaehle, S., Zheng, B. (2018) Global Carbon Budget 2018. *Earth System Science Data Discussions*. 10, 2141–2194
- Sacco, A.D. Hardwick, K.A. Blakesley, D., Brancalion, P.H.S. Breman, E., Rebola, L.C., Chomba, S., Dixon, K., Elliott, S. Ruyonga, G., Shaw, K., Smith, P., Smith, R.J., Antonelli, A. (2021) Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Global Change Biology* 27(7):1328–1348
- Seddon et al. (2020) Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Phil. Trans. R. Soc. B* 375: 20190120
- Seddon, N., Daniels, E., Davis, R., Chausson, A., Harris, R., Hou-Jones, X., Huq, S., Kapos, V., Mace, M.G., Rizvi, R.A., Reid, H., Roe, D., Turner, B., Wicander, S. (2020) Global recognition of the importance of nature-based solutions to the impacts of climate change. *Global Sustainability* 3, e15, 1–12. <https://doi.org/10.1017/sus.2020.8>
- Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C., House, J., Srivastava, S., Turner, T. (2021) Getting the message right on nature-based solutions to climate change. *Global Change Biology*. 27:1518–1546.
- UNDP (2019) Pathway for Increasing Nature-based Solutions in NDCs: A Seven-Step Approach for Enhancing Nationally Determined Contributions through Nature-based Solutions
- UNEP–UNDP–IUCN (2010) Making the Case for Ecosystem Based Adaptation: Building Resilience to Climate Change
- World Bank (2008) Biodiversity, Climate Change, and Adaptation : Nature-based Solutions from the World Bank Portfolio. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6216> License: CC BY 3.0 IGO
- World Economic Forum (2020) “Nature Risk Rising: Why the Crisis Engulfing Nature Matters for Business and the Economy,” New Nature Economy series.
- 환경부 (2016) 교토의정서 이후 신 기후체제 파리협정 길라잡이
- www.businessfornature.org
- www.nbsguidelines.info

NIE-IR 21-01(통권 9호)

NIE Issue Report

발 간 일	2021. 4.
발 행 인	박용목 원장
편 집	연구정책부
발 행 처	국립생태원 충남 서천군 마서면 금강로 1210
인 쇄 처	온디자인(주) 031-701-0439

1. 이 책의 무단 복제 및 전제는 삼가해주시기 바랍니다.
2. 이 책은 국립생태원 홈페이지(www.nie.re.kr)를 통하여 보실 수 있습니다.
3. 문의 | 국립생태원 경영기획실 연구정책부(전화: 041-950-5365)

