



THIS REPORT
HAS BEEN
PRODUCED IN
COLLABORATION
WITH:

ZSL
Zoological
Society
of London



2024 지구 생명 보고서

위기에 처한 시스템

2024 지구 생명 보고서

위기에 처한 시스템

목차

요약	7
서문	14
제 1장 생물다양성 감소의 측정	21
생물다양성은 무엇이며, 왜 중요한가?	21
생물다양성을 어떻게 측정하는가?	22
• 자연을 이해하는 방법: 다양한 기간에 걸친 변화를 이해하기 위한 지표 활용	22
• 자연을 이해하는 방법: 개체군에서 생태계 기능까지	24
2024 글로벌 지구생명지수	26
지역적 관점에서 본 생물다양성 변화 요인에 대한 이해	28
사례 연구	34
제 2장 티핑 포인트	36
조기경보신호	38
• 북아메리카: 산불억제, 가뭄, 해충의 침입	38
• 그레이트 배리어 리프(Great Barrier Reef): 남획, 환경오염, 수온상승	40
• 인도: 습지 손실, 가뭄과 홍수	42
전지구적으로 중요한 티핑 포인트	43
경각심을 일깨우는 신호	45
제 3장 글로벌 목표와 이행상황	47
2030년까지 지속가능한 미래로 나아가는 길	48
제 4장 지속가능한 해법	53
자연 보전	53
• 보전 접근 방법의 진화	53
• 보전 방식의 변화	54
식량 시스템	63
• 현 식량 시스템의 문제점	64
• 식량 시스템 변화를 위해 무엇이 필요한가?	67
에너지 시스템	72
• 현 에너지 시스템의 문제점	73
• 에너지 시스템 변화를 위해 무엇이 필요한가?	74
• 보다 빠르고, 환경 친화적이며, 공정한 변화는 어떻게 달성할 수 있는가?	76
녹색 금융	79
• 파이낸싱 그린(Financing Green)	82
• 그리닝 파이낸스(Greening Finance)	83
제 5장 실천하기	87
성과의 추적	87
마지막 박차	87
사진 출처	88
참고 문헌	89

WWF (World Wide Fund for Nature, 세계자연기금)

WWF는 독립적인 자연보전기관으로 전 세계 100여 개국 글로벌 네트워크 및 지역 리더십을 통해 3,800만 명 이상의 서포터즈와 함께 활발히 활동하고 있다. WWF는 지구의 자연 파괴를 막고 사람과 자연이 조화롭게 살아가는 미래를 만들고자 한다. 이를 위해 생물다양성을 보전하고, 재생 가능한 자연자원을 지속가능한 방식으로 이용하도록 방향을 제시하며, 환경오염 및 자원의 낭비를 줄이고자 인식 증진 활동에 힘쓰고 있다.

ZSL Institute of Zoology(런던동물학회 동물학연구소)

1826년에 설립된 ZSL은 영국과 전 세계의 야생동물을 복원하기 위해 노력하고 있는 과학 기반 국제 자연보전 연구 기관이다. 주요 생물종을 보호하고, 생태계를 회복하며, 사람과 야생동물이 함께 살 수 있도록 돕고 있다. 또한, 자연에 대한 지지를 촉구하는 활동에도 힘쓰고 있다. 런던과 헉스네이드에 있는 선구적인 동물원을 운영하여 사람들이 자연을 더 가깝게 느낄 수 있도록 하며, 야생동물 보호에 필요한 전문 지식을 제공한다. 이를 통해 미래의 자연보전 전문가들에게 동물에 대한 무한한 애정을 전하고자 한다.

ZSL은 WWF와 협력하여 생물다양성지수(Living Planet Index)를 관리하고 있다.

인용

WWF (2024) Living Planet Report 2024 – A System in Peril. WWF, Gland, Switzerland.

원문 발간

디자인 및 인포그래픽: Sylvia Weir / Weirdesign

표지 사진: © pilli / Adobe Stock

국문 발간

발행인: 박민혜

발행처: WWF-Korea

발행일: 2024년 10월

번역감수: 권연주, 나민지, 홍지예, 이다빈, 이수진, 전수원

디자인: 베스트셀러바나나

ISBN: 978-2-88085-319-8

Living Planet Report®와 Living Planet Index®는 WWF International의 등록상표입니다.



이 보고서는 Forest Stewardship Council® (FSC®, 산림관리협의회)로부터 인증 받은 종이로 인쇄되었습니다.

감사의 글

편집팀

Rebecca Shaw (WWF-Global Science): Editor-in-chief
Kimberley Marchant (WWF-Global Science): Managing editor
Amanda Kegou (WWF-Global Science): Editorial manager
Alex Batka (WWF-Global Science): Editor
Kate Graves (WWF-Global Science): Production manager
Samantha Cheng (WWF-Global Science): Evidence lead
Mabel Baez Schon, Emily Mills and Nasser Olwero (WWF-Global Science): Editorial support
Barney Jeffries (swim2birds.co.uk): Writer and editor
Weirdesign: Graphic designer

운영위원회

Zach Abraham (WWF International), Mike Barrett (WWF-United Kingdom), Katie Gough (WWF International), Chris Hallam (WWF-Greater Mekong), Else Hendel (WWF-Norway), Aimée Leslie (WWF-Peru), Rebecca Shaw (WWF-Global Science) and Jeff Worden (WWF International)

저자

Maud Abdelli (WWF-Switzerland), Zach Abraham (WWF International), Dominic Andradi-Brown (WWF-United States), Mike Barrett (WWF-United Kingdom), Nathan Bennett (WWF-Global Science), Becky Chaplin-Kramer (WWF-Global Science), Samantha Cheng (WWF-Global Science), Stefanie Deinet (Zoological Society of London), Robin Freeman (Zoological Society of London), Sarah Glaser (WWF-United States), Rachel Golden-Kroner (WWF-United States), Brent Loken (WWF-Global Science), Valentina Marconi (Zoological Society of London), Louise McRae (Zoological Society of London), Ravic Nijbroek (WWF-Netherlands), Jeff Opperman (WWF-Global Science), Pablo Pacheco (WWF-Global Science), Hannah Puleston (Zoological Society of London), Stephanie Roe (WWF-Global Science), Lucia Ruiz (WWF-United States), Kirsten Schuijt (WWF International), Abel Valdivia (WWF-United States), Aaron Vermeulen (WWF International) and Daniel Viana (WWF-United States)

WWF 기여

이 보고서는 WWF 네트워크의 동료들과의 광범위한 협의와 기여의 결과입니다. 수많은 WWF 직원들이 지구생명보고서 발간 과정에 전문 지식과 피드백을 제공했습니다. 이들의 귀중한 기여에 깊은 감사와 존경을 표합니다.

특별 감사

영국 엑서터 대학교 관계자의 귀중한 협력과 통찰에 감사드립니다. University of Exeter: Jesse Abrams, Tim Lenton, Tom Powell and Steve Smith as well as advisers: Rosamunde Almond and Winnie De'Ath.

또한 생물다양성 데이터베이스(Living Planet Database, www.livingplanetindex.org)에 데이터를 제공해 주신 모든 분들과 특히, 지난 2년 동안 데이터 수집을 지원해 주신 분들께 감사사를 전하고 싶습니다. 브라질 데이터: Filipe Serrano (University of São Paulo, Brazil) and Helga Correa Wiederhecker (WWF-Brazil); 희유성 담수어류 데이터: Zeb Hogan (University of Nevada, United States), Samol Chhuoy (Royal University of Agriculture & Royal University of Phnom Penh, Cambodia) and Peng Bun Ngor (Royal University of Agriculture, Cambodia). 마지막으로 2023년 9월 ZSL에서 열린 생물다양성지수(Living Planet Index, LPI) 개발 워크숍에 참석하여 LPI 개발에 기여하는 단기 및 장기 권고안을 제공해 주신 분들께도 감사드립니다.

2024 지구 생명 보고서

위기에 처한 시스템

요약

생물다양성이 감소하고 있으며, 이는 우리 모두에게 막대한 영향을 미친다

지구생명지수(LPI, Living Planet Index)에 따르면, 관찰된 야생동물 개체군의 평균 규모는 지난 50년간(1970년~2020년) 73% 감소했다. 이 수치는 전 세계 5,495종의 양서류, 조류, 어류, 포유류, 파충류를 대표하는 약 35,000개의 개체군을 대상으로 측정되었다. 이 중 담수 개체군이 85%로 가장 급격한 감소세를 보였고, 육상(69%)과 해양 개체군(56%)이 그 뒤를 이었다.

지역별로는 라틴아메리카 및 카리브해 지역이 95%라는 우려스러운 LPI 감소를 기록하여 가장 가파른 감소율을 보였고, 그 뒤를 이어 아프리카(76%)와 아시아 및 태평양 지역(60%)의 감소 추세가 두드러졌다. 그에 비해 유럽 및 중앙아시아(35%)와 북아메리카(39%) 지역은 상대적으로 LPI가 덜 감소했다. 이는 1970년 이전에 이미 생물다양성의 대규모 손실이 명백하게 나타난 지역이기 때문이다. 이후 이 지역의 일부 개체군은 보전 노력과 종 재도입 덕분에 규모가 안정되거나 증가했다. 각 지역에서 가장 많이 보고된 위협 요인은 주로 인간의 식량 시스템으로 발생한 서식지 파괴와 손실이며, 그 다음으로는 과도한 자원 이용, 침입종과 질병을 들 수 있다. 기타 위협 요인으로는 기후변화(라틴아메리카와 카리브해 지역에서 가장 많이 보고됨)와 환경 오염(특히 북아메리카와 아시아 및 태평양 지역에서 많이 보고됨) 등이 있다.

LPI는 시간 경과에 따른 생물종 개체군 규모의 변화를 관찰해 멸종 위험에 대한 조기 경보 역할을 하고, 생태계의 건강 상태에 대한 이해를 돕는다. 한 개체군의 규모가 특정 수준 이하로 떨어지면, 해당 생물종은 생태계 내에서 본래 수행하던 역할(예: 종자 산포, 수분, 방목, 영양순환을 비롯한 생태계를 유지하는 그 외 다양한 과정에서의 역할)을 하지 못할 수 있다. 장기적으로 안정성이 유지되는 개체군은 질병과 기상이변 등의 교란요소에 대한 회복탄력성을 갖추게 된다. 글로벌 LPI를 통해 볼 수 있듯, 개체군이 감소하면 회복탄력성이 감소하고, 생태계가 제 기능을 다할 수 없게 된다. 이는 결과적으로 생태계가 인간에게 주는 다양한 혜택(예: 식량, 깨끗한 물, 안정적인 기후를 위한 탄소 저장에서부터 보다 폭넓게는 문화, 사회, 정신적 복리에 기여하는 혜택 등)을 저해한다.

위험한 티핑 포인트가 다가오고 있다

LPI와 다른 유사 지표들은 모두 생물다양성이 우려스러운 정도로 빠르게 감소하고 있음을 보여준다. 작고 점진적인 변화도 계속 누적되면 더 크고 빠른 변화를 촉발할 수 있다. 이렇게 누적된 영향으로 인해 임계점에 도달하면 변화는 자기 영속성을 갖게 되고, 그 결과 종종 상당한 규모의 갑작스럽고 돌이킬 수 없는 변화를 초래한다. 이를 티핑 포인트(tipping point)라고 한다.

자연의 현재 추세가 지속된다면 치명적인 결과를 초래할 수 있는 다수의 티핑 포인트가 발생할 가능성이 높다. 그중에는 인류와 대부분의 생물종에 심각한 위협이 되고, 지구의 생명유지 체계를 손상시키며, 전 세계의 사회 불안을 야기할 글로벌 티핑 포인트를 포함한다. 조기 경보 신호에 따르면 이미 여러 개의 글로벌 티핑 포인트가 빠르게 다가오고 있다.

- 생물권에서는 **산호초의 대규모 폐사**로 어업과 태풍 피해 방지 기능이 파괴되어 해안에 사는 수억 명의 사람들이 피해를 입을 것이다. **아마존 열대우림의 티핑 포인트**는 대기 중에 막대한 양의 탄소를 방출하고 전 세계의 기상 패턴을 교란할 것이다.
- 해양 순환의 경우, 그린란드 남쪽의 원형 해류인 **아한대환류가 붕괴**하여 유럽과 북아메리카 지역의 기상 패턴을 급격하게 변화시킬 것이다.
- 빙권(눈과 얼음으로 구성된 지구의 영역)에서는 **그린란드와 서남극 빙상이 녹으면서** 해수면이 수 미터 상승하고, **대규모의 영구동토층 해빙**으로 막대한 양의 이산화탄소와 메탄이 방출될 것이다.



어떤 영향이 누적되어 임계점에 도달하면 변화는 자기 영속성을 갖게 되어 돌이킬 수 없는 갑작스러운 변화를 초래한다. 이를 티핑 포인트(tipping point)라고 한다.



문제의 규모에 따른 변화가 필요하다

사람과 자연이 번영하는 살아있는 지구를 유지하려면, 문제의 크기에 걸맞은 수준의 조치를 취해야 한다. 우리는 더 많고, 보다 효과적인 보전 노력을 기울이는 동시에 생물다양성 손실의 주 요인을 체계적으로 해결해야 한다. 이를 위해서 반드시 식량, 에너지, 금융 시스템을 개혁해야 한다.

보전 방식의 변화

LPI가 시사하는 야생동물 개체군의 전체적인 감소 추이는 우려할 수준이지만, 보전 노력을 통해 안정적으로 규모가 유지되거나 증가한 개체군도 있다. 하지만 개별적인 성공과 생물다양성 감소의 둔화만으로는 충분하지 않다. 마찬가지로 인간의 권리, 필요와 가치를 고려하지 않는 보전 노력은 장기적으로 성공할 수 없다.

전통적인 보전 노력의 초석이 된 보호 지역은 현재 육지의 16%, 바다의 8%를 차지하고 있다. 하지만 보호 지역은 고르게 분포되지 않았고, 효과적으로 관리되지 못하는 지역도 많다. 쿤밍-몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크(Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework, GBF)의 실천 목표 3은 2030년까지 육지와 담수, 해양의 30%를 보호하는 것을 골자로 하며, 실천 목표 2는 2030년까지 훼손된 지역의 30%를 복원하고자 한다. 이는 효과적인 보전 노력을 전례 없는 수준으로 확대할 수 있는 절호의 기회다.

각국은 보호지역 시스템을 확장, 개선, 연결하고, 적절한 재원을 지원하는 한편, 이 과정에서 영향을 받는 사람들의 권리와 필요를 존중해야 한다. 하지만 공식적인 보호 제도가 항상 최선의 해법은 아니기 때문에 GBF 목표는 '기타 효과적인 지역 기반 보전 조치(Other effective area-based conservation measures, OECM)'도 허용하고 있다. 토착민과 지역 공동체의 권리를 지원하는 것은 광범위한 생물다양성 보전의 가장 효과적인 방법 중 하나가 될 수 있다. 전통적으로 토착민이 전 세계 토지 면적의 4분의 1을 소유, 관리, 사용 및/또는 점유하고 있으며, 이 지역에는 공식 보호지역의 약 35%와 나머지 온전한 육상 면적의 약 35%가 포함되어 있다.

구체적인 사회 문제를 해결하기 위해 자연을 활용하는 방법인 이른바 '자연기반 해법'은 기후, 생물다양성 및 지속가능발전의 글로벌 목표를 달성해 나가는 데 상당히 유용하다. 기후변화 완화를 위한 자연기반 해법은 연간 온실가스 배출량을 10~19% 줄일 수 있는 동시에 생태계를 증진하고 사람들의 생계도 향상할 수 있다.

글로벌 티핑 포인트를 제대로 이해하기는 어려울 수 있다. 그러나 우리는 이미 국지적이고 지역적인 차원에서 심각한 생태적, 사회적, 경제적 결과를 초래할 티핑 포인트가 가까이 다가오고 있음을 체감하고 있다.

- 북아메리카 서부지역은 소나무좀이 들끓고, 산불 또한 더욱 빈번하고 격렬해지고 있으며, 기후변화가 이 두 가지 현상을 모두 악화시키고 있다. 그 결과 소나무 숲이 티핑 포인트로 내몰리고 있으며, 티핑 포인트에 도달하게 되면 소나무 숲은 관목숲과 초원으로 대체될 것이다.
- 그레이트 배리어 리프(Great Barrier Reef)는 해수 온도의 상승과 생태계 훼손으로 1998년, 2002년, 2016년, 2017년, 2020년, 2022년, 2024년에 대규모 산호 백화 현상이 발생했다. 그레이트 배리어 리프는 이후 지금까지 놀라운 회복탄력성을 보여주고 있지만, 기온 상승을 1.5°C로 제한하더라도 그레이트 배리어 리프를 포함한 전 세계 산호초의 70~90%가 소멸할 가능성이 크다.
- 아마존에서는 산림 파괴와 기후변화로 강우량이 줄어들고 있고 아마존의 환경적 조건이 열대우림에 부적합해지면 티핑 포인트에 다다를 수 있다. 이 티핑 포인트는 인간과 생물다양성, 그리고 전 세계 기후에 파괴적인 영향을 미칠 수 있다. 아마존 열대우림의 20~25%만 파괴되더라도 티핑 포인트에 도달할 수 있다. 현재까지 약 14~17%가 이미 파괴되었다고 추정된다.

지금까지 사례들을 보면 상황은 위태롭기만 하다. 하지만 아직은 티핑 포인트를 막을 수 있다. 생태계의 회복탄력성을 높이고 기후변화와 기타 스트레스 요인의 영향을 줄이는 조치를 취할 기회가 지금 우리에게 주어져 있다.



우리는 글로벌 목표에 미치지 못하고 있다

전 세계 국가들은 번영과 지속가능한 미래를 위해 다양한 글로벌 목표를 수립했다. (생물다양성협약(Convention on Biological Diversity, CBD)에 의거하여) 생물다양성 손실을 멈추고 회복으로 전환하며, (파리협정(Paris Agreement)에 의거하여) 지구 기온 상승폭을 1.5°C로 제한하고, (지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)에 의거하여) 빈곤을 종식시키며 인간의 복리(well-being)를 증진한다는 내용 등의 목표다. 글로벌 목표 수립에도 불구하고, 국가 공약과 실질적 행동은 2030년 목표 달성과 이를 방해하는 티핑 포인트를 피하기에는 턱없이 부족한 실정이다. 현재 상황은 다음과 같다.

- 2030년 SDG 세부 목표의 절반 이상을 달성하지 못하고, 그 중 30%는 진척이 없거나 2015년 기준선 대비 악화될 것이다.
- 현재 국가별 기후 공약 수준으로는 현 세기말까지 지구 평균 기온이 거의 3°C 상승하게 되어 결국 여러 가지 제약적인 티핑 포인트를 촉발하게 될 것이다.
- 각국의 생물다양성 전략과 실행 계획은 불충분하며, 재정 및 제도적 지원이 부족하다.

기후, 생물다양성, 지속가능발전 목표 달성에 있어 개별적인 접근방식을 택하는 경우 목표간 상충될 위험이 높아진다 (예: 식량 생산, 생물다양성 보전, 재생에너지 확대 중에서 어떤 목표를 위해 토지를 이용할 지에 대한 갈등). 그러나 잘 조율된 포용적인 방식으로 접근하면 많은 경우 갈등을 피할 수 있고 상충 관계를 최소화하며 관리할 수 있다. 목표를 위해 공조된 노력을 쏟으면 자연을 보전하고 복원하며, 기후변화를 완화하고 이에 적응하며, 인간의 복리를 향상시킬 수 있는 많은 잠재적 기회를 얻을 수 있다.

식량 시스템의 변화

글로벌 식량 시스템은 본질적으로 비논리적이다. 이 시스템은 생물다양성을 파괴하고 전 세계 수자원을 고갈시키며 기후를 변화시키고 있으나, 막상 인간이 필요로 하는 영양소는 제공하지 못한다. 기록적인 식량 생산량에도 불구하고 매일 밤 약 7억 3,500만 명 굶주린 상태로 잠자리에 든다. 세계 인구의 3분의 1에 달하는 인구가 영양가 있는 음식을 정기적으로 충분히 섭취하지 못하고 있는 반면, 비만율은 증가하고 있다. 식량 생산은 생물다양성 감소의 주 요인 중 하나다. 식량 생산에 쓰이는 토지는 모든 주거 가능 면적의 40%를 차지하며, 서식지 손실을 야기하는 주된 원인이다. 또한 물 사용량의 70%, 온실가스 배출량의 25% 이상이 식량 생산으로 인해 발생한다. 현재의 식량 시스템 내에서 건강 악화와 환경 훼손으로 발생하는 숨겨진 비용은 연간 미화 10~15조 달러에 달하며, 2020년 글로벌 GDP의 12%와 맞먹는다. 모순되게도, 다른 아닌 식량 시스템이 현재와 미래 인류에게 식량을 공급할 능력을 저해하고 있는 것이다.

식량 시스템이 환경 파괴의 가장 큰 요인임에도 불구하고 정작 주요 국제 환경 정책은 식량 시스템을 충분히 다루고 있지 않다. 우리는 아래와 같은 목표로 공조된 조치를 취해야 한다.

1. 자연이 번성할 수 있게 하면서도 동시에 모든 이에게 충분한 식량을 제공하도록 '네이처 포지티브(nature-positive)' 방식의 식량 생산을 확대한다. 이는 작물 생산량, 축산 생산성, 야생 어업 어획량, 양식업 생산량을 지속가능한 방법으로 최적화함으로써 달성할 수 있다.
2. 티핑 포인트를 초래하지 않는 방식으로 생산된, 영양가 있고 건강한 식단을 전 세계 모든 사람들이 누릴 수 있게 한다. 영양결핍과 식량안보 문제를 해결하면서, 대부분 선진국의 경우 식물성 식품을 늘리고 동물성 식품을 줄이는 등의 식단에 변화를 주어야 한다.
3. 식량 손실 및 폐기량을 줄인다. 총 식량 생산량 중 약 30~40%는 아예 섭취되지 않는 것으로 추정된다. 이는 전 세계 칼로리 총량의 약 4분의 1, 농지 및 물 사용량의 5분의 1, 전 세계 온실가스 배출량의 4.4%에 해당한다.
4. 지속가능하고 회복탄력성 있는 네이처 포지티브 식량 시스템을 위해 금융 지원을 강화하고 바람직한 거버넌스를 마련한다. 환경을 해치는 농수산업을 지원해오던 보조금을 재할당 하는 방법을 사용할 수 있다. 네이처 포지티브 생산 지원, 식량 손실량 및 폐기량 감축, 소비 개선, 모두에게 저렴한 식량 가격 유지 등에 자금이 쓰이도록 하는 것이다.



**식량 시스템이
현재와 미래
인류에게 식량을
공급할 능력을
저해하고 있다.**



에너지 시스템의 변화

우리가 에너지를 생산하고 소비하는 방식은 기후변화의 주요 원인으로, 인류와 생태계에 점점 더 심각한 영향을 미치고 있다. 2030년까지 온실가스 배출량을 절반으로 줄이고 기온 상승을 1.5°C로 제한하기 위해서는 화석연료에서 재생에너지로 신속히 전환해야 한다. 이제는 사람과 자연을 중심으로 한 빠르고 공정하며 친환경적인 에너지 전환을 이루어야 한다.

더 빠른 변화: 지난 10년 동안 전 세계 재생에너지 발전용량은 거의 두 배로 증가했고, 풍력, 태양, 배터리 비용은 최대 85%까지 감소했다. 에너지 관련 추세가 이렇게 바람직한 방향으로 흘러가고는 있지만 그 속도와 규모는 여전히 필요한 수준에 미치지 못하고 있다. 향후 5년 간 재생에너지를 3배, 에너지 효율을 2배로 확대하고, 소형차의 20~40%를 전기자동차로 대체하고, 전 세계의 에너지 공급망을 현대화해야 한다. 이를 위해서는 2022년 미화 1조 5,000억 달러 수준이었던 연간 투자액을 2030년까지 최소 미화 4조 5,000억 달러로 3배 확대해야 한다.

보다 환경 친화적인 변화: 에너지 전환은 자연 보호 및 복원과 일관되게 이루어져야 한다. 신중한 계획과 환경 보호 장치가 없다면 수력발전 개발은 강의 파편화를 심화시킬 것이고, 바이오에너지 개발은 상당한 토지 이용 변화를 초래할 수 있으며, 송전선과 핵심광물의 채굴은 환경 변화에 민감한 육상, 담수, 해양 생태계에 영향을 미칠 수 있다. 환경 보호 장치를 약화시키지 않으면서도 적절한 재생에너지를 적절한 장소에서 선택하고, 부정적인 영향을 방지하고, 에너지 개발을 최적화하기 위해서는 신중한 계획이 필요하다.

보다 공정한 변화: 7억 7천만 명 이상이 아직도 전기를 사용할 수 없고, 약 30억 명은 여전히 등유, 석탄, 목재를 비롯한 다른 바이오매스를 태워 요리를 한다. 현대적인 재생에너지 솔루션에 접근이 어려운 경우, 빈곤, 산림파괴, 실내 공기 오염이 크게 늘어난다. 그 중 실내 공기 오염은 조기사망의 주 요인이기도 하며, 특히 여성과 어린이들이 상대적으로 더 심각하게 영향을 받는다. 정의로운 에너지 전환을 위해서는 반드시 사람들이 현대적이고 안전한 에너지원에 접근할 수 있어야 하며, 혜택과 부담을 공평하게 나누어야 한다.



지구의 미래는 향후 5년 동안 일어나는 일에 달렸다 해도 과언이 아니다.

실천하기

WWF의 지구생명보고서를 발간할 때마다 더 악화된 자연 상태와 더 불안정해진 기후가 확인된다. 이제는 악화되는 상황을 멈추어야 한다.

지구의 미래는 향후 5년 동안 일어나는 일에 달렸다 해도 과언이 아니다. 자연 파괴와 기후변화가 함께 가져오는 부정적 결과로 인해 되돌릴 수 없는 티핑 포인트로 향하는 악화일로로 접어들기 전에, 세계를 지속가능한 방향으로 전환할 수 있는 시간은 5년밖에 남지 않았다. 실패의 위험은 실제로 존재하며, 그 결과는 상상조차 할 수 없다.

우리는 국제사회로서 앞으로 나아갈 길에 대해 합의했다. 글로벌 목표는 우리가 가고자 하는 방향과 걸어야 하는 길을 제시해 준다. 정부, 기업, 조직, 개인 할 것 없이 우리 모두는 말이 아닌 행동으로 이 길을 걸어야 하고, 행동하지 않는 자들에게 책임을 물을 준비가 돼있어야 한다.

모두 힘을 합쳐 우리는 성공해야만 한다. 우리에게 살아있는 지구는 오직 하나뿐이고, 올바른 결정을 내릴 기회도 단 한 번뿐이다.

금융 시스템의 변화

살기 좋고 번성하는 지구를 만들기 위해서 금융은 환경을 해치는 활동이 아닌 생물다양성, 기후, 지속가능발전에 대한 글로벌 목표 달성에 도움을 주는 비즈니스 모델과 활동을 추구해야 한다.

전 세계 GDP의 절반 이상(55%)인 미화 약 58조 달러가 자연과 자연의 서비스에 크고 작게 의존하고 있다. 그러나 현재의 경제 시스템은 자연의 가치를 사실상 무시하고 있어, 지속 불가능한 방식으로 자연 자원을 착취하고, 환경을 훼손하며, 기후변화를 야기하고 있다. 자본은 여전히 자연위기와 기후위기를 가속화하는 활동에 쏟아지고 있다. 이는 민간 금융, 세제 혜택, 보조금의 형태로 기후변화와 생물다양성 손실, 생태계 훼손을 악화시키며 그 규모는 미화 연 7조 달러에 달하는 것으로 추산된다. 반면 자연기반 해법에 투입되는 긍정적 재원의 흐름은 미화 2천억 달러에 불과하다. 부정적 재원의 흐름을 7.7%만 긍정적인 방향으로 바꾸어도 자연기반 해법의 실행을 위한 자금 부족분을 메울 수 있고, 이를 통해 땅과 물을 보호하고, 보전하며 지속가능하게 관리해 자연과 기후, 인간의 복리에 이익을 줄 수 있을 것이다. 2021년과 2022년에 에너지 부문에 투입된 글로벌 기후자본 규모는 미화 1.3조 달러에 육박했으나 2030년까지 기후변화 완화 및 적응에 필요한 금액은 연 미화 9조 달러에 이른다.

마찬가지로, 지속가능한 식량시스템으로 전환하기 위한 공공 및 민간부문의 자금 역시 연 미화 3,900~4,550억 달러로 크게 증액해야 한다. 하지만 이 금액도 매년 각국 정부가 환경에 해로운 농업에 지급하는 보조금 금액보다는 적다.

이러한 자금 격차를 메우려면 전 세계, 국가 그리고 지역 차원에서 자본이 지구를 해치는 방향이 아닌 치유하는 방향으로 흐르게 하는 대대적인 변화가 필요하다. 이 변화는 두 가지 상호 강화하는 방식으로 달성할 수 있다. 첫째, ‘파이낸싱 그린(financing green)’, 즉 보전과 기후영향 해결을 위해 필요한 규모의 재원을 동원하는 것이다. 이를 위해서는 보전 중심의 펀드, 채권, 대출, 보험상품부터 네이처 포지티브 사업과 기업에 대한 장기 투자까지, 공공 및 민간부문이 모두 참여하는 새로운 친환경 금융 해법이 필요하다. 둘째, ‘그리닝 파이낸스(greening finance)’는 자연의 가치를 고려하고 자연, 기후 관련 위험을 체계적으로 해결하는 등의 방법으로 생물다양성, 기후 및 지속가능발전 목표 달성을 위해 금융 시스템을 조정한다.



전 세계 GDP의 55%, 즉 절반 이상이 자연과 자연의 서비스에 크고 작게 의존하고 있다.

위기에 처한 시스템



커스틴 슈이트
(Kirsten Schuijt)
WWF 국제본부 사무총장

2024년 지구생명보고서는 전 세계 야생동물 개체군의 평균 규모가 불과 50년 만에 73% 감소했다는 충격적인 사실을 밝혔다. 이 수치는 자연의 상태에 관심을 갖고 있는 모든 이에게 경고 신호로 다가온다. 동시에 기후변화와 생물다양성 손실이라는 이중위기에 따른 끊임없는 압박과 살아있는 지구를 지탱하는 자연 조절 시스템이 붕괴할 위험에 놓여 있다는 지표이기도 하다.

이번에 관측된 야생동물 개체군의 감소는 생태계 기능 및 회복탄력성의 잠재적 손실을 예고하는 조기 경고 신호이다. 개체군의 감소는 해당 종뿐 아니라 생태계에 의존하는 인간에게도 큰 영향을 미친다. 우리가 먹고 마시는 식량과 물에서부터 우리가 숨 쉬는 공기의 질, 우리가 필요로 하는 약에 이르기까지 자연은 우리의 생명을 유지하는 기반이기 때문이다.

자연이 보내는 경고 신호는 티핑 포인트가 다가왔음을 알려준다. 생태계가 끊임없이 파괴되고 황폐화된다면 티핑 포인트는 지금보다 더 당겨질 수 있다. 이번 보고서는 아마존과 같이 세계적으로 중요한 생태계의 기능을 마비시킬 수 있는 지역 및 글로벌 티핑 포인트를 다루고 있다. 이러한 티핑 포인트가 지역 공동체뿐 아니라 전 세계의 기후 및 식량 공급에 치명적으로 작용하여 세계 각국의 사회와 경제에 영향을 미칠 것이라는 점은 분명하다.

생물다양성 손실과 역대급 이상 기온이 이어지고 여러 티핑 포인트가 눈 앞에 닥친 현실이 절망적일 수 있다. 그러나 아직 돌이킬 수 없는 지점에 도달한 것은 아니며, 이러한 추세를 바꿀 힘과 기회는 아직 우리 손 안에 있다.

본 보고서는 지난 10년간 세계 재생에너지 발전용량 2배 확대, 보전 노력의 성과 등 그간 인류가 일궈낸 진전에 대해서도 언급하고 있다. 이 외에도 각국 정부는 파리협정(Paris Agreement), 글로벌 생물다양성 프레임워크(Global Biodiversity Framework), UN 지속가능발전목표(UN Sustainable Development Goals)와 같은 글로벌 합의를 성공적으로 이끌어내며, 보다 안전하고 공정하며 건강하고 번영하는 미래로 가는 길을 제시했다.

이 같은 주요 성과에도 불구하고, 2030년 목표와 세부목표 달성을 위해 필요한 조치는 현행 수준과 큰 격차를 보이고 있다. 이제 지구의 미래는 향후 5년에 달려 있다. 지금부터 2030년까지 우리가 내리는 결정에 따라 위험한 티핑 포인트를 피할 수 있을지, 그리고 자연을 거스르지 않고 조화를 이루며 살 수 있을지 여부를 판가름할 것이다.

목표 달성 과정에서 우리는 자연뿐 아니라 자연에 대한 깊은 존중과 지식을 바탕으로 살아가는 토착민과 지역 공동체로부터 배울 점이 있다. 토착민은 전 세계 토지 면적의 4분의 1을 예부터 소유, 관리하거나 사용해 왔으며, 이들의 참여 또는 주도 하에 이루어진 복원 활동은 긍정적인 결과로 이어지고 있다. 자연기반 해법은 생물다양성과 기후, 인간 복리를 동시에 증진시키는 접근법으로 글로벌 목표 달성을 가속화할 큰 잠재력을 가지고 있다.

이러한 노력은 에너지, 식량 및 금융 시스템의 혁신을 통해 생물다양성 손실과 기후변화의 원인을 해결해야만 결실을 맺을 수 있다. 예를 들어, 식량 시스템은 서식지 파괴의 주요 원인이며, 물 사용량의 70%, 온실가스 배출량의 25% 이상을 차지한다. 그러나 여전히 세계 인구의 3분의 1은 영양가 있는 음식을 정기적으로 충분히 섭취하지 못하고 있으며, 농민 다수가 생계 유지에 어려움을 겪고 있다. '네이처 포지티브(nature-positive)' 생산을 확대하고 낭비되는 식량 폐기물을 감축하면 티핑 포인트를 촉발시키지 않고도 모든 이가 건강하고 영양가 있는 식단을 누릴 수 있게 될 것이다.

사회 전반과 부문별로 수 많은 기회가 있다. 기존에 화석연료, 삼림 파괴 및 지속가능하지 않은 식량 생산에 사용되었던 자원을 문제를 해결하기 위한 방향으로 투입한다면 효과를 낼 수 있다. 곧 제16차 생물다양성협약 당사국총회(COP16)와 제29차 기후변화협약 당사국총회(COP29) 등 생물다양성 및 기후 관련 국제 정상회의가 잇따라 열린다. 여기에서 각국이 더욱 과감한 국가 기후 및 생물다양성 계획을 수립하고 공공 및 민간 자금을 확보하여 가장 필요한 이들에게 지원한다면 현재 인류 앞에 놓인 자연의 위기에 대응할 수 있는 기회를 만들 수 있을 것이다.

우리는 무엇을, 그리고 어떻게 해야 하는지 이미 알고 있다. 하지만 2030년까지 글로벌 목표를 달성하기 위해서는 정부, 기업, 그리고 사회 전체의 대담한 리더십과 막대한 공동의 노력이 필요하다. 티핑 포인트는 막을 수 있고, 자연은 회복될 수 있으며, 기온 역시 안정될 수 있다. 하지만 이를 위해서는 지금 당장 행동하고, 변화를 추구하고, 책임감을 가져야 한다. 우리 모두가 함께 대응한다면 현재와 미래 세대를 위한 살아 있는 지구를 만들어갈 수 있을 것이다.

우리는 과학의 목소리에 귀를 기울이고 붕괴를 막기 위해 행동해야 하는 기로에 서 있다.



마리아 수자나 무하마드 곤잘레즈(María Susana Muhamad González)
 콜롬비아 환경지속가능발전부 장관 제16차 생물다양성협약 당사국총회(콜롬비아 칼리) 의장

이번 지구생명보고서의 결과에 따르면 야생동물의 개체수가 감소하고, 멸종 위험이 증가하며, 생태계의 건강 및 온전성이 악화되는 심각한 상황이 계속되고 있다. 과감한 조치 없이는 모든 형태의 자연과 생물다양성의 손실 추세가 이어질 것이다.

콜롬비아는 전 세계 생물다양성의 약 10%를 보유한, 세계에서 두 번째로 큰 생물다양성 부국이다. 그러나 콜롬비아 생물다양성의 보고로 알려진 아마존은 본 보고서에서 언급된 생물종의 감소로 인해 열대우림에 부적합해지는 티핑 포인트에 직면해 있다. 이 같은 상황은 지역 사회와 야생동물에게 치명적인 영향을 끼칠뿐 아니라, 전 세계 기후에도 막대한 파급효과를 가져올 것이다.

전 세계적으로 인류가 돌이킬 수 없는 지점에 가까워지면서 지구의 생명유지체계는 회복할 수 없는 타격을 입고 있다. 우리는 산림 파괴와 자연 생태계의 변화, 집약적 토지이용, 기후변화의 영향을 목격하고 있다. 게다가 대규모 산호 백화 현상, 열대우림 손실, 극지방 만년설 붕괴, 그리고 지구 생명의 기초인 물순환의 심각한 변화를 겪고 있다.

세계 각국은 생물다양성과 기후변화, 오염 위기에 대응하기 위해 노력해 왔다. 특히 최근 몇 년간 국제협력을 바탕으로 UN 지속가능발전목표와 2030년을 위한 기타 목표 달성을 위해 상당한 노력을 기울여 왔다. 이 같은 전 세계적인 장기 협력체계는 목표 달성에 걸림돌이 되는 사회적, 경제적 요인을 파악하고 결과를 달성하는 데 중요한 역할을 한다.

물론 위기 극복을 위해 효과적인 조치를 취하는 게 쉬운 일은 아니다. 그럼에도 지하 경제 및 초국적 범죄에 공동 대응하고, 지속가능하지 않은 생산 방식을 조장하는 무역 공급망을 혁신하며, 환경보호자들의 생명을 보호하고, 거버넌스를 증진하며 지역사회의 역량을 강화하고, 오염과 산림 파괴를 촉진하고 생태계 온전성을 해치며 인권을 훼손하는 경제 모델의 발전을 변화하기 위해 국제사회의 협력이 필요하다.

이러한 산적한 글로벌 과제를 해결하려면 강화된 공동 대응이 필요하다. 초국적 노력을 확대하고 새로운 관점과 비전을 가져야 한다. 또한 금융 시스템의 구조적 개혁을 통해 위기에 대응할 수 있는 국가 차원의 금융 메커니즘을 마련해야 한다. 생물다양성을 복원하고 생명을 지탱하는 경제로 전환하기 위해서는 식량 시스템의 변화가 동반되어야 한다. 아울러 에너지 전환과 탈탄소화는 생태계 및 지역사회에 부정적인 영향을 미치지 않는 선에서 추진되어야 한다. 국제 사회는 지구의 모든 생명을 지키고 우리가 훼손한 것을 체계적으로 복원하는 공정한 전환을 향해 나아가야 한다.

우리는 자연을 주요 조력자로 삼아 자연에서 해법을 찾아야 한다. 기술적 해법에 눈이 멀어 지구가 파멸에 이르도록 방치해서는 안된다. 인류가 직면한 여러 글로벌 문제는 불가분의 관계에 있기 때문에 포괄적인 해결책 마련이 시급하다. 기후변화가 현 추세대로 지속되고 경제 시스템이 이를 반전시키는 데 실질적으로 기여하지 않는다면 전환, 복원 및 환경 프로세스에 대한 투자는 아무 소용이 없다.

경제를 탈탄소화 하기 위한 노력과 동일한 수준의 노력을 생물다양성 보전에 쏟아야 한다. 우리는 온실가스 배출량 감축 목표와 에너지 전환 과정이 자연 보전 및 복원 목표와 조화를 이루도록 해야 하는 과제를 안고 있다. 새로운 경제전환 모델이 오히려 채굴주의와 자연 파괴의 시대를 열어서는 안된다. 우리는 더 나은 해결책을 마련할 수 있다. 예를 들어 민족 공동체와 소규모 자작농, 토착민이 보유한 전통지식을 소중히 여기고 배우며 이들을 참여시키는 새로운 공과 공의 협력체계(Commons-Public Partnership)를 구축할 수 있다. 인간과 자연의 순환을 중심에 두는 경제 시스템, 즉 생명을 파괴하지 않고 재생산하는 경제 시스템을 공동으로 개발하고 촉구해야 한다. 또한 '네이처 포지티브(nature positive)'하고 공평한 경제 시스템 및 규제로 반드시 전환해야 한다.

이에 콜롬비아는 자연과 화해할 것을 전 세계에 제안하고자 한다. 콜롬비아의 역사는 보전과 인권, 평화가 떼려야 뗄 수 없는 관계에 있음을 보여주고 있다. 환경 파괴와 생물다양성 손실이 사회적 불평등을 야기하기 때문에 자연과 사회적 갈등 간의 상호작용이 점차 강화되고 있다. 갈등과 불안정은 자연 파괴를 초래하며, 이러한 상호작용은 자연과 안보의 연결고리를 형성한다. 평화와 안보, 사회 복지를 촉진하여 생물다양성 손실과 기후변화를 막으려면 자연을 중심에 두어야 한다. 모든 사회와 문화, 국가에서 지구위험 한계선을 넘지 않고 살아가는 방법을 이해하고 배운다면 자연과의 무너진 관계를 회복할 수 있을 것이다.

콜롬비아는 제16차 UN 생물다양성협약 당사국총회에 가능한 한 사회 전 분야의 참여를 독려하고 있다. 생물다양성 위기의 현주소를 논의하고 모든 시사점을 고려하여 의사결정을 내릴 수 있도록 여러분을 콜롬비아 칼리에 초대한다. 자연과 화해하고, 지구와의 관계를 회복하며, 우리가 원하는 미래를 만드는 데 동참하길 바란다.

‘네이처 포지티브 사회’를 실현할 마지막 기회



박민혜
WWF-Korea 사무총장

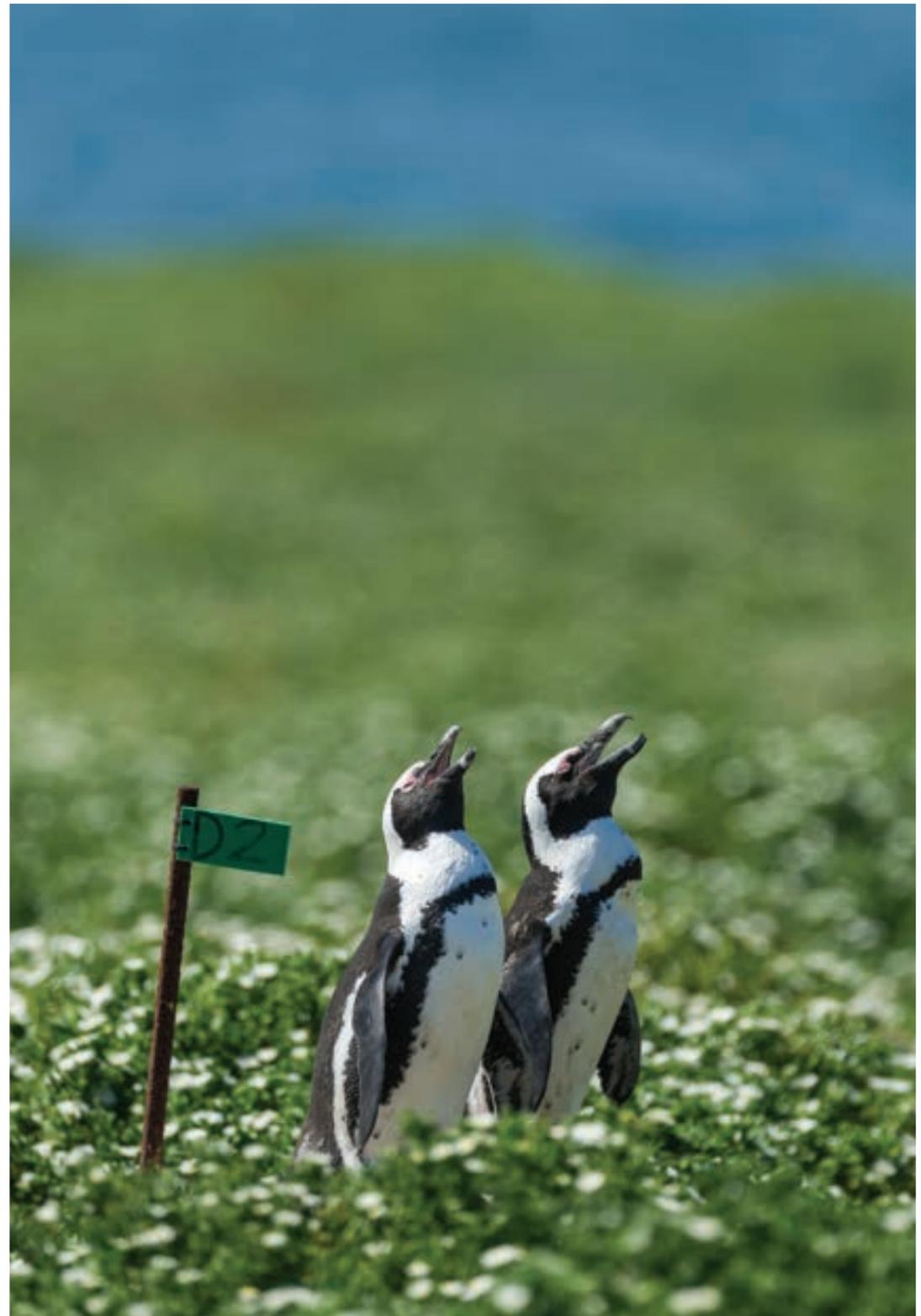
우리는 지금 자연과 생물다양성이 급속도로 악화되는 위기에 직면해 있다. 2024년 지구생명 보고서에 따르면 지난 50년 동안 전 세계 야생동물 개체군의 규모가 평균 73% 감소했다. 이 수치는 단순히 충격을 주는 숫자를 넘어 자연의 위기가 인류를 포함한 지구상 모든 생명체를 위협한다는 경고 신호를 의미한다.

지구는 이제 돌이킬 수 없는 변화를 몰고 올 ‘티핑 포인트’를 눈앞에 두고 있다. 전 세계적으로 육상, 해양, 담수 등 다양한 생태계에서 이미 그 징후가 나타나고 있다. 티핑 포인트를 넘어서는 순간 자연이 주는 수많은 혜택, 즉 물, 공기, 식량, 에너지 등 인류와 대부분의 생물종이 살아갈 수 있게 지탱하는 기반을 잃게 될 것이다.

이러한 티핑 포인트를 피하고 사람과 자연이 조화롭게 살아갈 수 있는 ‘네이처 포지티브 사회’로 나아가기 위해서는 자연 손실의 다양한 요인들을 다루는 통합적 해결책이 필요하다. 이번 지구생명보고서는 해결 방안으로 생태계의 회복탄력성을 높이는 보전 활동의 강화, 지속가능한 식량 및 에너지 시스템으로의 전환, 이를 가속화하는 금융 시스템의 혁신을 제시하고 있다. 이는 사회 전반에 걸친 근본적인 변화로 국제 사회가 공동의 목표 아래 신속하게 이행해야 이룰 수 있다.

앞으로의 5년은 우리의 미래를 결정짓는 중요한 시간이 될 것이다. WWF가 제안하는 해결 방안을 실현하는 동시에 더욱 과감하고 강력한 글로벌 목표를 수립해야 한다. 오는 11월 부산에서 열리는 유엔 플라스틱 협약 제5차 정부간협상위원회(INC-5)는 이러한 가능성을 실현할 중대한 기회가 될 것이다. 해양 생태계를 위협하고 생물다양성을 악화시키는 플라스틱 오염을 막는 일은 국제 사회가 반드시 해결해야 할 시급한 과제다. 이번 회의는 국제 사회가 2030 지속가능 목표를 달성하기 위한 절호의 기회이자 자연 보전의 방향성을 제시할 전환점이 될 것이다.

전 세계가 지속가능한 환경에서 살아갈 권리를 지키기 위해, 지금이야말로 행동에 나설 때다. 우리 앞에 놓인 선택이 지구의 모든 생명의 미래를 바꿀 수 있다.



제1장

생물다양성 감소의 측정

생물다양성은 무엇이며, 왜 중요한가?

생물다양성은 살아있는 지구의 심장박동이다. 지구 생명체의 놀라운 다양성은 우리가 알고 있는 우주에서 가장 위대한 경이로움이다. 더불어 우리가 먹는 음식부터 생존을 위해 필요한 연료, 의약품, 깨끗한 공기와 물, 그리고 안정적인 기후에 이르기까지 직간접적으로 인간의 생명을 유지해 준다. 우리의 경제, 사회, 문명 - 생물다양성이 이 모든 것을 뒷받침하고 있다.

생물다양성은 “육상, 해양 및 기타 수생 생태계와 이들이 구성하는 생태학적 복합체를 포함한 살아있는 유기체들의 변동성 (variability)”을 의미한다.¹ 박스 1.1이 설명하고 있듯 이 변동성은 종간의, 그리고 생태계간의 차이를 포함한다. 모든 형태의 생물다양성은 우리 삶의 질에 직간접적으로 영향을 미치며,² 종종 ‘인간에 대한 자연의 기여(Nature’s Contributions to People, NCP)’라고도 불린다.

박스 1.1 생물다양성 분류



■ **유전적 다양성:** 유전자, 대립유전자, 유전적 형질의 차이를 포함한 하나의 개체군, 종, 또는 생태계 내에서의 유전적 정보의 변이. 변화에 대응하여 진화하는 데 필수적임.



■ **종 다양성:** 특정 지역 내 여러 종의 다양성과 풍부도를 의미하며, 생물 종의 수(생물종의 풍부도)뿐만 아니라 상대적 풍부도(종 균등도)까지 포함함. 종 다양성이 높다는 것은 다양한 생태적 기능과 혜택을 제공할 수 있는 건강하고 회복탄력성을 가진 생태계를 의미하며, 종 다양성 손실은 생태계의 기능을 방해하고 전반적인 생태계 안정성을 저하시킴.



■ **개체군 다양성:** 다양한 지리적 지역이나 서식지에 걸쳐 나타나는 한 가지 종 안에서의 개체 변이 및 분포를 의미하며, 동일 종의 개체군에서 볼 수 있는 형질, 행동, 유전적 구성의 차이도 포함됨. 개체군 다양성은 변화에 대한 종의 적응력을 반영하고, 시간 경과에 따른 종의 지속 능력에 영향을 미침.



■ **생태계 다양성:** 숲, 초원, 습지, 산호초, 강, 호수 등 여러 유형의 육상, 해양, 수생 생태계와 같은, 특정 지역 내 생태계의 다양성을 의미함. 생태계 다양성은 경관의 구조적, 기능적 복잡성을 반영하며, 광범위한 생물종과 생태학적 과정을 지원하여 전반적인 생태계 회복탄력성과 생산성을 향상시킴.



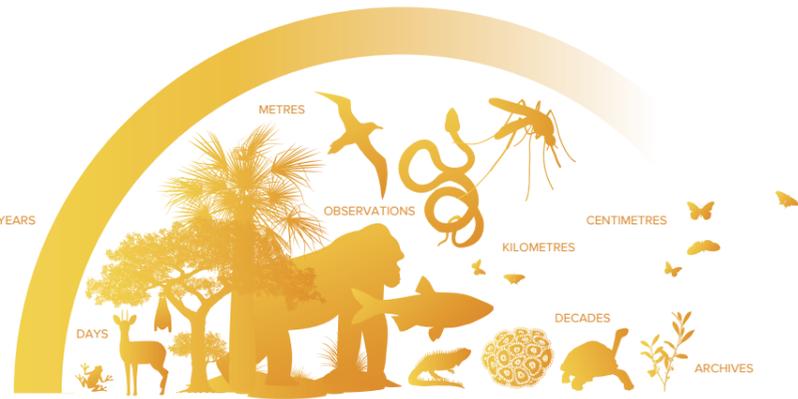
■ **생태계 기능적 다양성:** 영양순환, 1차 생산 및 분해, 그리고 이 같은 과정들에 있어 생물종이 제공하는 생태학적 역할, 기능 및 기여 등, 생태학적 과정의 다양성을 의미함. 기능적 다양성이 높을 경우 생태계 회복탄력성 또한 높아짐.



건강하고 다양한 종의 개체군을 유지하는 것은 생태계의 장기적 건강과 회복탄력성을 확보하고 인간에 대한 자연의 기여(NCP)를 유지하는데 필수적이다.

‘자연’은 생물다양성에 비해 보다 포괄적인 용어로서, 두 용어는 흔히 같은 의미로 사용되곤 하지만, 전 세계 여러 민족과 문화에 따라 다양한 의미를 가지고 있다. 사람들은 자연이 본인의 삶의 질에 어떻게 기여하고 있는지 이해하는 방식에 따라 다르게 자연을 인식하고, 경험하며, 자연과 상호작용한다. 세계의 문화가 다양한 것처럼 자연과 관련된 가치의 범위도 다양하다.

식량, 물, 에너지, 목재, 섬유 등에 대한 전 세계적인 수요가 증가하면서 더 많은 자연이 관리 및 채취되고 있다. 이처럼 자연에 대한 착취가 가속화되면서 우리 모두가 의존하는 생명의 기반이 약화되고 있다. 현재의 정책 및 관행은 단기적 경제 성장에 집중된 편협한 시장 가치를 쫓아 자연이 주는 다양한 가치를 종종 간과하고 있다. 인간에 대한 자연의 기여와 연관된 비시장적(non-market) 가치들, 예를 들면 기후 조절, 물 공급, 건강한 토양 제공뿐 아니라 자연이 주는 기쁨과 경이로움 등의 가치는 간과되고 훼손되고 있다. 우리 자신을 위해, 우리는 자연의 다양한 가치를 적극적으로 받아들이고, 이를 지역, 국가 및 글로벌 차원에서 공공 정책, 민간 부문 투자, 개별 행동에 반영되도록 해야 한다.⁴



생물다양성을 어떻게 측정하는가?

우리의 중요한 자연 시스템에 대한 위협을 효과적으로 해소하려면 자연이 어떻게, 왜 변화하는지를 측정하는 것이 중요하다. 생물다양성 지표는 자연의 여러 측면을 측정하고 자연의 상태와 시간 경과에 따른 변화를 평가하기 위해 개발되었다. 자연의 모든 측면을 포괄하는 단 하나의 측정 지표라는 것은 존재하지 않지만, 이 지표들을 조합하여 활용할 경우 전 세계적으로나 지역적으로 자연이 어떻게 변화하고 있는지 파악할 수 있다. 또한 보전 노력을 어디에 어떻게 집중해야 할지 파악하고, 각 시나리오에 따라 자연이 어떻게 변화할지 추측하는 데 도움이 될 수 있다. 이는 미래 위험을 파악하고 최선의 해결책을 평가하여, 부정적 영향은 최소화하면서 자연이 주는 혜택을 유지하는 데 도움이 될 것이다. 자연의 상태를 전 세계적으로 추적하는 모든 지표들은, 해당 관찰자가 자연과학자이든 사회과학자이든 상관없이, 감소하는 추세를 보이고 있다.³ 이런 손실은 사회에 영향을 미치고 있으며, 그 중 다수의 손실이 국지적, 지역적 티핑 포인트(tipping point)의 형태로 나타나기 시작하고 있다 (제2장 참고).

자연을 이해하는 방법: 다양한 기간에 걸친 변화를 이해하기 위한 지표 활용

풍부도 및 멸종 위험을 측정하는 지표 등 일부 지표는 단기 추세를 반영하며, 가까운 시기의 변화를 예측하는데 사용될 수 있다. 그 외 지표들은 과거 및 미래 변화에 대한 장기적 관점을 제공하는데, 생물다양성의 온전성(또는 온전한 상태) 및 멸종률 등을 예로 들 수 있다.^{5,6} 두 가지 종류 모두 중요하며, 여러 지표들을 종합하여 자연의 건강과 회복탄력성에 대한 중요한 정보를 알 수 있다.

동물 개체군의 규모와 변화 방식을 추적하는 지구생명지수(LPI)로 1970년부터 현재까지 자연의 최근 변화를 관찰할 수 있다 (그림 1.1a). LPI는 멸종 위험 증가와 생태계 기능 및 회복탄력성의 잠재적 손실에 대한 조기 경고 지표이다. 우리는 LPI를 통해 부정적 추세를 반전시키고, 종 개체군을 회복하며, 생태계 기능과 회복 탄력성을 유지하기 위해 제때에 조치를 취할 수 있는 기회를 얻을 수 있다.

생물종 그룹의 멸종 위험 추세를 나타내는 적색 목록지수(Red List Index, RLI)도 변화하는 자연 상태에 대한 정보를 제공한다. 국제자연보전연맹(IUCN)의 멸종위기종 적색목록(Red List of Threatened Species)은 과거, 현재, 미래 추세 추정치에 기반하여 모든 개체군에서 특정 종의 멸종 가능성을 평가한다.⁷ 이 지표는 하나의 군에 속하는 특정 종의 멸종 위험이 높아지고 있는지 또는 낮아지고 있는지 보여준다. 그 값이 낮을수록 해당 군에서 생물종이 멸종될 위험이 더 높아진다. 적색목록지수(그림 1.1b)에 따르면 모든 관찰 대상 생물종 그룹의 멸종 위험이 증가하고 있다. 즉, 상당한 조치 없이는 이 모든 종이 사라질 가능성이 매우 높다는 것이다. 멸종 위기에 처한 종은 생태계 내에서 통상적인 역할을 수행하지 못할 수도 있으며 이는 생태계 전반의 기능과 회복탄력성을 감소시킬 수도 있다.

생물다양성 온전 지수(Biodiversity Intactness Index)는 특정 지역의 육상 공동체 내에서 본래의 생물다양성이 얼마나 남아있는지를 측정하는 장기적 지표이다. 1800년 이후 그래프의 변화는 농업의 확장 및 강화가 전 세계 육상 생물다양성에 미친 영향을 보여주고 있으며, 온전성의 감소 추세는 모든 지역에서 나타나고 있으나 특히 아시아는 지난 세기 동안 가장 급격하고 큰 규모의 감소를 보여왔다(그림 1.1c). 또 다른 장기적(수 세기적) 관점에서, 생물종 풍부도 및 개체군 규모가 지속적으로 감소하여 남은 결과는 멸종 건수와 멸종률에 드러나 있다. 1500년대까지 거슬러 올라가는 데이터를 기반으로, 과학자들은 멸종률(종이 영원히 사라지는 속도)이 인간의 활동이 없는 경우에 비해 적어도 수십에서 수백 배 더 높은 것으로 추정하고 있다(그림 1.1d).

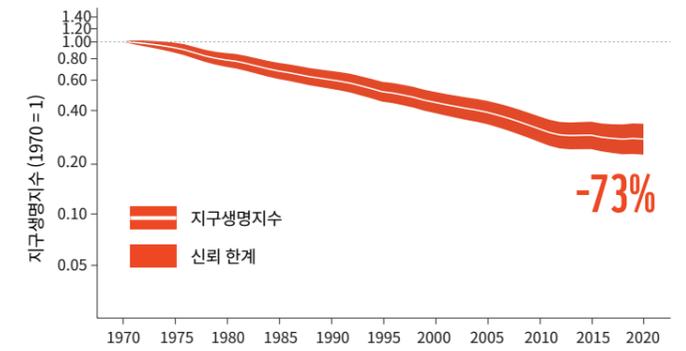


그림 1.1(a) 글로벌 지구생명지수

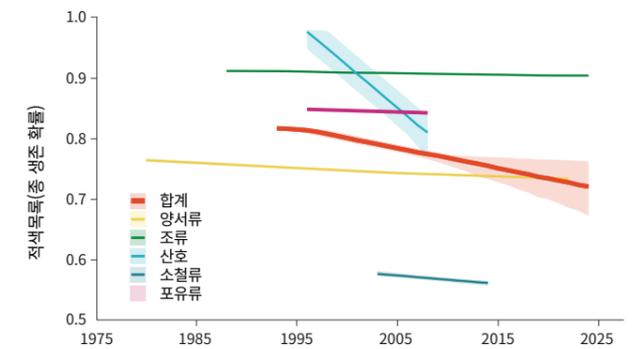


그림 1.1(b) 적색목록지수

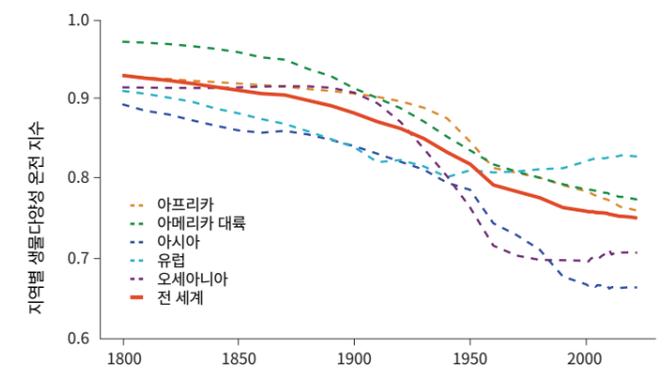


그림 1.1(c) 생물다양성 온전 지수

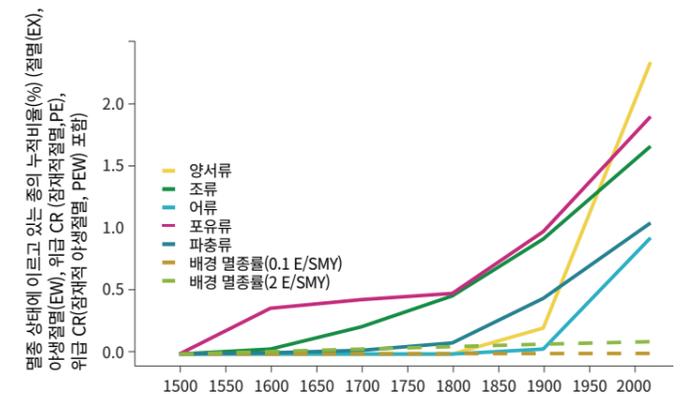


그림 1.1(d) 멸종률

그림 1.1 그림 속 지표는 여러 기간에 대한 생물다양성의 변화를 보여준다. 각 지표는 다양한 의미를 보여주지만, 모두 생물다양성 감소라는 보다 큰 내러티브의 일부를 구성하고 있다. 지구생명지수는 (a) 동물 개체군을 추적하여 생물다양성의 최근 변화를 해석한다.⁸ 적색목록지수는 (b) 생물종 그룹의 멸종 위험을 나타내며 최근 추세와 향후 위협을 보여준다.⁷ 생물다양성 온전 지수는 (c) 장기적 추세를 강조하며, 1800년대 대비 육상 생물다양성이 어느 정도 온전하게 유지되고 있는지를 보여준다.⁹ 멸종된 종의 수는 (d) 1500년대부터 장기적 추세를 보여주면서 멸종된 것으로 알려진 종의 누적 수치를 추적하는 지표이다.¹

자연을 이해하는 방법: 개체군에서 생태계 기능까지

생물종 개체군은 생태계가 제 기능을 다할 수 있도록 돕고, 개체군 간의 그리고 환경과의 상호작용을 통해 인간에게 필수적인 혜택을 제공하고 있다(박스 1.2). 건강하고 다양성 있는 개체군을 유지하는 것은 생태계의 장기적 건강과 회복탄력성을 보장하고 인간에 대한 자연의 기여를 이어가는데 필수적이다.

박스 1.2 생태계 기능, 생태계 서비스, 인간에 대한 자연의 기여

생태계 기능은 생태계 내에서 일어나는 과정들을 일컫는다. 이 과정들은 생태계의 안정성, 생산성, 회복탄력성에 필수적이다. 생태계 기능으로는 영양순환, 1차 생산 및 분해, 수질 정화, 수분, 기후 조절 등이 있다. 생태계 서비스는 식량, 깨끗한 물, 안정적인 기후와 같이 인간이 생태계로부터 얻는 효익이다. 생태계 서비스는 생태계 기능의 결과물이지만, 생태계 자체에 미치는 중요성보다는 인간에게 주는 가치에 기반해 서비스로 평가된다. 생태계 서비스에서 확장된 개념인 인간에 대한 자연의 기여(NCP)는 생물다양성 과학기구(IPBES)³에서 만들어졌다. NCP는 사람과 자연간의 상호작용, 특히 광범위한 문화적, 사회적, 정신적 연결성을 전방위에 걸쳐 인식하고 그 중요성을 환기하기 위한 방법으로 제시되었다.

생태계 기능은 생태계 내에서 일어나는 과정들을 일컫는다. 이 과정들은 생태계의 안정성, 생산성, 회복탄력성에 필수적이다. 생태계 기능으로는 영양순환, 1차 생산 및 분해, 수질 정화, 수분, 기후 조절 등이 있다. 생태계 서비스는 식량, 깨끗한 물, 안정적인 기후와 같이 인간이 생태계로부터 얻는 효익이다. 생태계 서비스는 생태계 기능의 결과물이지만, 생태계 자체에 미치는 중요성보다는 인간에게 주는 가치에 기반해 서비스로 평가된다. 생태계 서비스에서 확장된 개념인 인간에 대한 자연의 기여(NCP)는 생물다양성 과학기구(IPBES)³에서 만들어졌다. NCP는 사람과 자연간의 상호작용, 특히 광범위한 문화적, 사회적, 정신적 연결성을 전방위에 걸쳐 인식하고 그 중요성을 환기하기 위한 방법으로 제시되었다.

그림 1.2

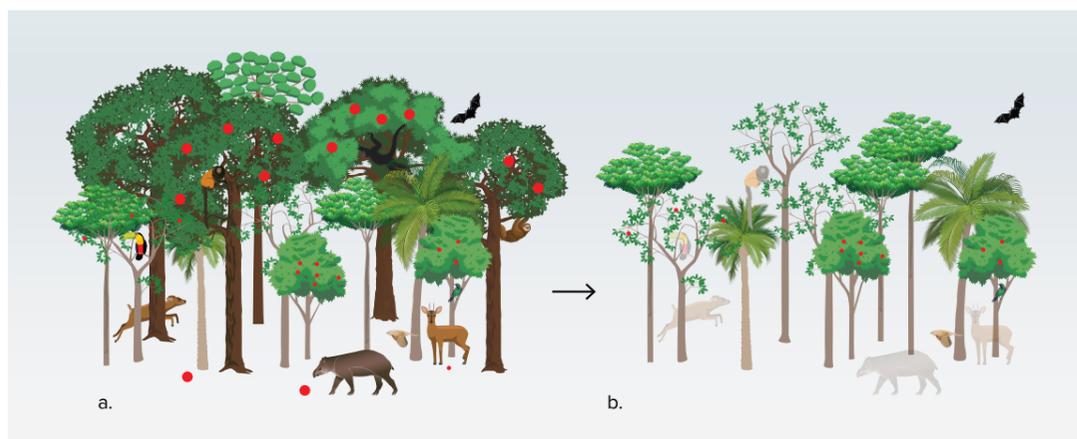


그림 1.2 열대우림에서 과일을 먹는 큰 동물들의 개체군 규모가 수렴으로 인해 줄어들면 산림의 탄소저장량이 감소하여 기후변화가 악화된다. (a) 큰 과일을 먹는 (빨간색 점으로 표시) 브라질 맥(Brazilian tapir), 초록부리 투칸(green-billed toucan), 검은얼굴 사자타마린(black-faced lion tamarin), 회색마자마사슴(grey brocket deer)과 같은 큰 동물들의 개체군 규모가 수렴으로 감소하면 이 동물들이 섭취하는 큰 과일과 종자가 더 이상 숲 전체에 걸쳐 산포되지 못한다. 나무의 탄소저장량이 클수록 과일과 종자의 크기도 크기 때문에 이 경우 시간이 갈수록 탄소밀도가 높은 하드우드 수종(진갈색 나무줄기로 표시)이 감소하게 된다. (b) 그 결과 과일과 종자가 작고 탄소저장량이 적은 소프트우드 수종(연갈색 나무줄기로 표시)이 숲을 지배하게 된다. 출처: Bello 외 (2015)¹⁰

마찬가지로 초식성 물고기인 패럿피시(parrotfish)는 메소아메리칸 산호초 지역에서 산호에 해를 입히는 조류를 먹이로 삼아 조류의 증식을 억제하는 데 중추적인 역할을 한다^{12,13} (그림 1.3). 패럿피시가 남획되어 개체수가 줄어들면 조류가 과도하게 증식하여 산호가 차지해야 할 공간, 빛, 영양분을 빼앗는다. 과도해진 조류로 인해 생존이 어려워진 산호는 건강과 다양성 측면에서 악영향을 입을 뿐 아니라, 산호초를 서식지로 하여 먹이를 얻는 다른 많은 생물종 또한 위협받게 된다. 패럿피시의 감소는 산호의 생산성을 해치고, 산호에 의존하는 생물종들의 개체군 규모와 수를 감소시킬 뿐 아니라 산호가 기후변화, 환경오염, 질병과 같은 기타 스트레스 요인을 이겨낼 능력을 저해한다. 그 결과 산호는 생태계 황폐화와 잠재적 붕괴에 한층 더 취약해진다.

그림 1.3



a.



b.

그림 1.3 스타라이트 패럿피시(stoplight parrotfish)는 (a) 산호 표면의 미생물과 조류를 먹이로 삼아 산호가 증식하는 데 필요한 공간과 빛, 영양분을 얻게 해준다. 이를 통해 다수의 산호, 어류, 무척추동물 개체군을 지탱하는 건강한 산호초가 형성된다. (b) 패럿피시가 남획되어 개체수가 감소하면 조류 증식으로 인해 산호초가 쇠퇴하고 죽음에 이르게 되며, 산호에 의존하는 어류와 무척추동물 개체군 또한 감소한다.

2024 글로벌 지구생명지수

지구생명지수(LPI)는 시간이 흐르면서 야생 척추동물종 개체군의 상대적 풍부도가 어떻게 변화하는지 추적하는 지표다.¹⁴ '상대적 풍부도'란 야생동물 개체군들이 절대적 규모와 상관없이 시간의 경과에 따라 변화하는 속도를 의미한다. 각 '개체군'은 다수의 개체를 포함할 수도 있고 아주 소수의 개체를 포함할 수도 있다. LPI는 상대적 풍부도의 변화를 측정함으로써 총 개체수의 증감이 아닌 평균적 추이를 추적한다.¹⁵

생물다양성 손실을 막기 위한 지난 30년간의 정책적 개입에도 불구하고, 지난 보고서에서 나타난 LPI 감소 추세는 지속되고 있다. 2024 글로벌 LPI에 따르면 1970년에서 2020년까지 73%(범위: -67%에서 -78%)의 감소가 진행되었고 연평균 감소율은 2.6%에 달한다. (그림 1.4) 이는 LPI에 포함된 관찰된 야생동물 개체군의 규모가 50년간 평균적으로 4분의 3 가까이 줄어들었음을 의미한다. 5,495개의 생물종을 대표하는 약 35,000개의 개체군 추이가 LPI에 포함되어 있다. 이 데이터는 세계 각지의 모니터링 현장에서 수집되며, 시간이 흐르면서 증가 또는 감소하거나 안정적으로 유지되는 개체군을 포함한다. LPI가 다루는 모든 개체군이 감소하고 있는 것은 아니다. 다수의 개체군이 증가하거나 안정적으로 유지되는 추세이며, 주로 생물종의 유형과 서식 지역에 따라 다른 양상을 보인다.¹⁶

시간의 경과에 따른 동물 개체군 규모의 변화를 관찰하는 LPI를 통해 우리는 생태계의 건강상태를 이해할 수 있다. 개체군의 풍부도나 특정 지역에 서식하는 종 별 개체수의 변화 추이를 살펴보면 생태계가 얼마나 제 기능을 다하고 있는지 알 수 있다.¹⁷ 장기적으로 안정성이 유지되는 개체군은 질병과 기상이변 등의 교란요소에 대한 회복탄력성을 갖추게 된다. 글로벌 LPI를 통해 볼 수 있듯, 개체군의 감소는 이러한 회복탄력성을 저해하고 생태계의 안정을 위협한다.^{18,19}

글로벌 LPI는 각각 육상, 강과 호수, 해양 생태계에서 일어나는 변화를 측정하는 세 가지 지표의 평균값이다(그림 1.4). 아래의 결과값을 통해 육상, 담수, 해양을 아울러 평균적으로 모든 생태계에서 자연이 쇠퇴하고 있음을 알 수 있다. 육상 생태계는 69% 감소(범위: -55%에서 -79%), 연평균 2.3% 감소했고, 담수 생태계는 85% 감소(범위: -77%에서 -90%), 연평균 3.8% 감소했으며, 해양 생태계는 56% 감소(범위: -43%에서 -66%), 연평균 1.6% 감소했다.



이는 관찰된 야생동물 개체군의 규모가 50년간 평균 약 4분의 3 감소했음을 의미한다.

글로벌 지구생명지수

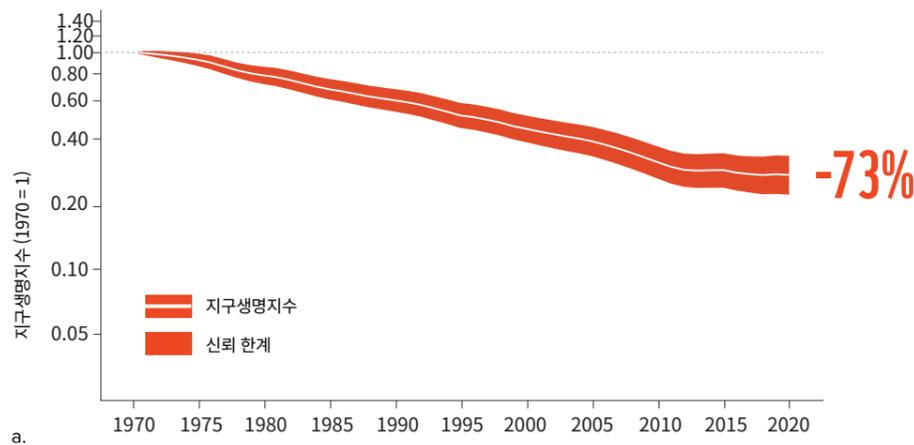


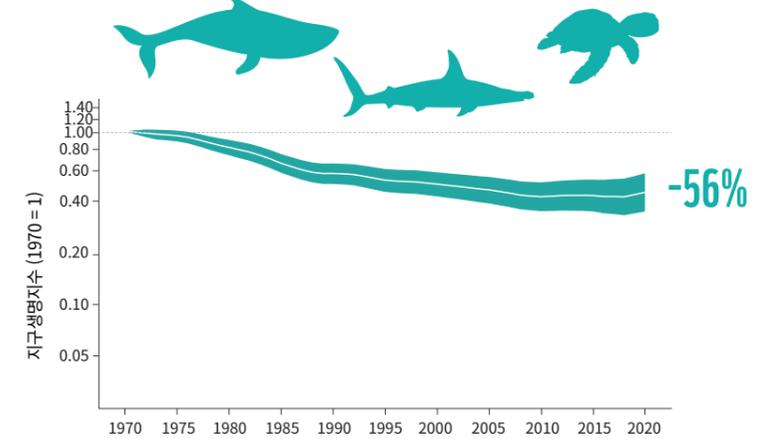
그림 1.4 (a) 5,495개 척추동물종으로 구성된 34,836개의 관찰된 개체군을 대상으로 산출한 1970년부터 2020년까지의 글로벌 LPI. 흰색선은 지수의 값을 나타내고 음영 영역은 지수 값의 통계적 불확실성을 보여준다.

50년간 위 세 개의 생태계 가운데 해양 생태계의 지수가 가장 적게 감소했다. 해양 지수에 포함된 생물종 중에서는 어종의 비율이 지배적인데, 이중 다수의 어종이 어업 압력의 강도 제어를 위해 별도로 관리되고 있다. 이렇게 관리되는 수산 자원 중 일부가 최근 몇년 간 회복 추세를 보였고 그 밖에 안정적으로 유지된 어종들도 있었기 때문에 전체적으로 해양 지수가 상대적으로 적은 폭으로 감소했다.^{20,21}

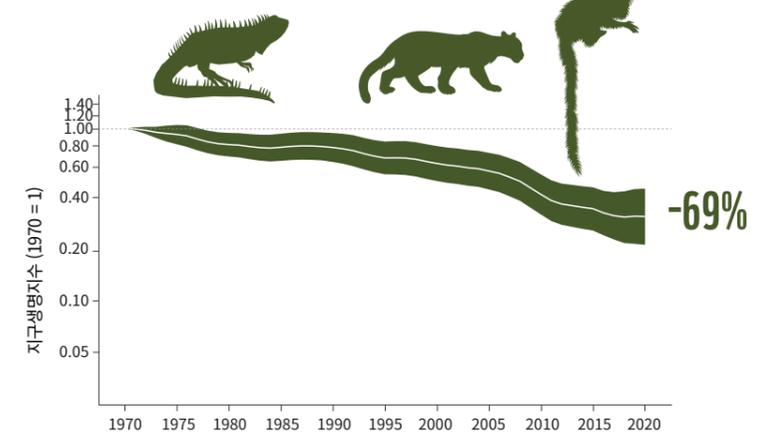
그러나 그 외 상어와 가오리 등의 해양 어류는 계속해서 위험 수준으로 감소하고 있다.^{22,23} 육상 지수는 숲, 사막, 초원과 같은 서식지에 사는 종들을 포함하며, 글로벌 지수와 비슷한 수준의 추이(69% 감소)를 보인다.

가장 뚜렷한 감소는 담수 지수에서 나타났다(85% 감소), 이는 담수 서식지와 생물종에 가해지는 압력이 증가하고 있음을 보여준다. 특히 담수 어류는 서식지의 전환으로 인해 필수적인 회유경로가 차단되는 위협을 자주 직면한다. 예를 들어 회유성 담수 어류의 최신 LPI는 1970년에서 2020년까지 81% 감소했다.¹⁶

해양



육상



담수

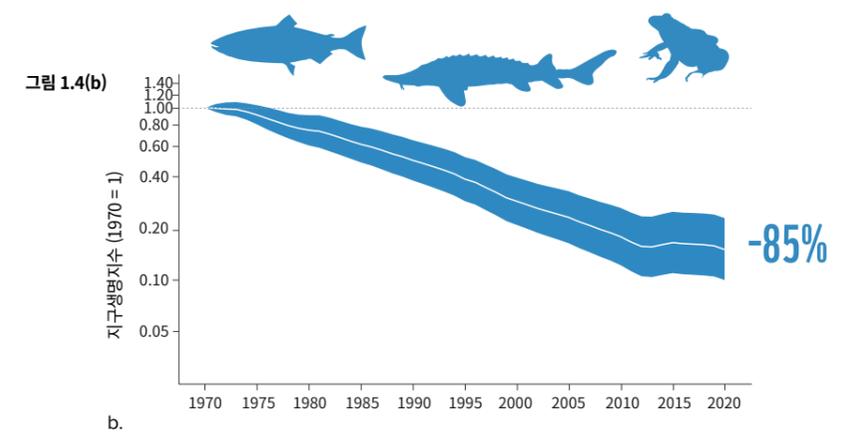
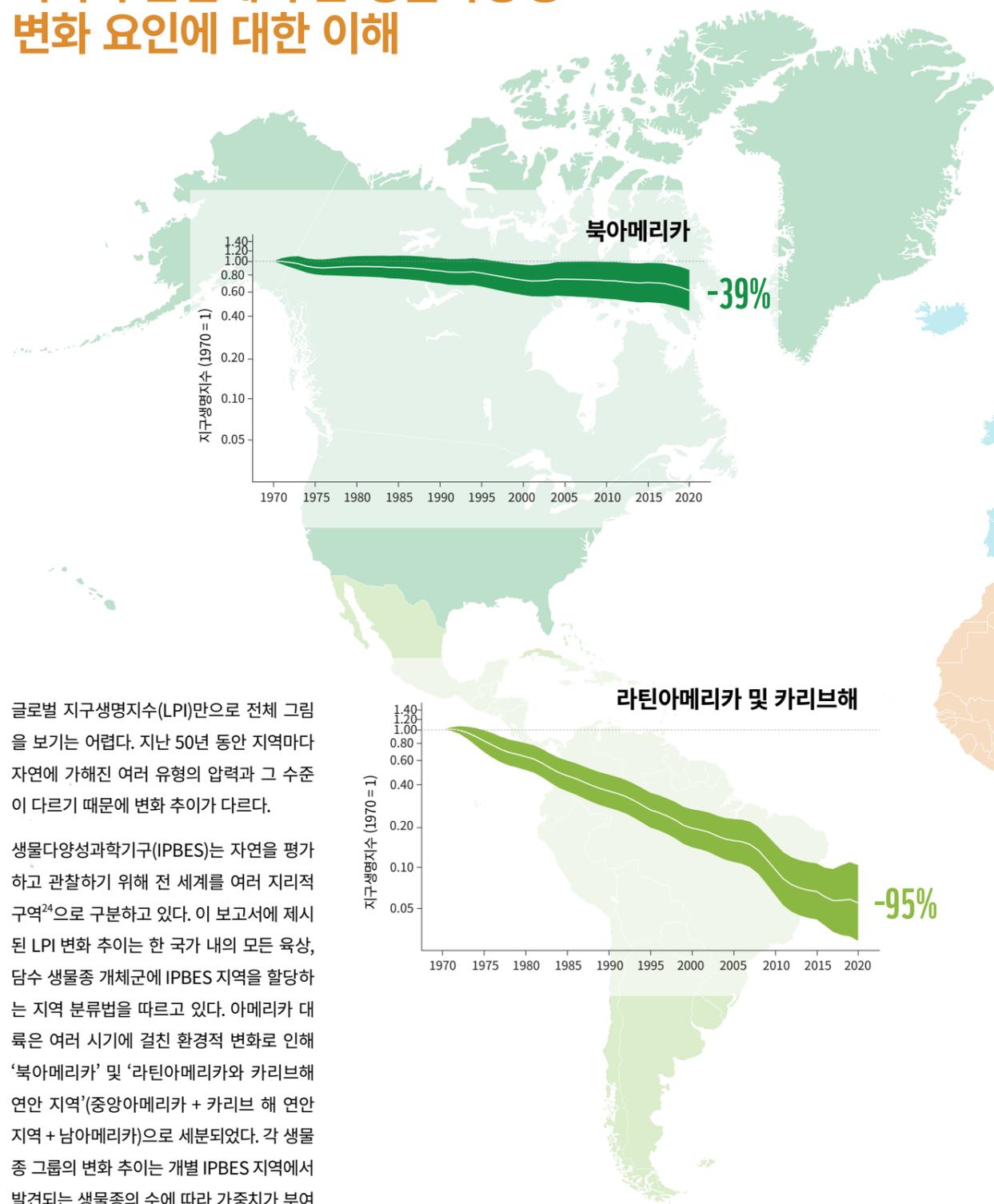


그림 1.4 (b) 1,816개의 해양 생물종을 대표하는 16,909개 개체군, 2,519개의 육상 생물종을 대표하는 11,318개 개체군, 1,472개 담수 생물종을 대표하는 6,609개 개체군을 대상으로 산출된 1970년부터 2020년까지의 생태계 유형별 LPI

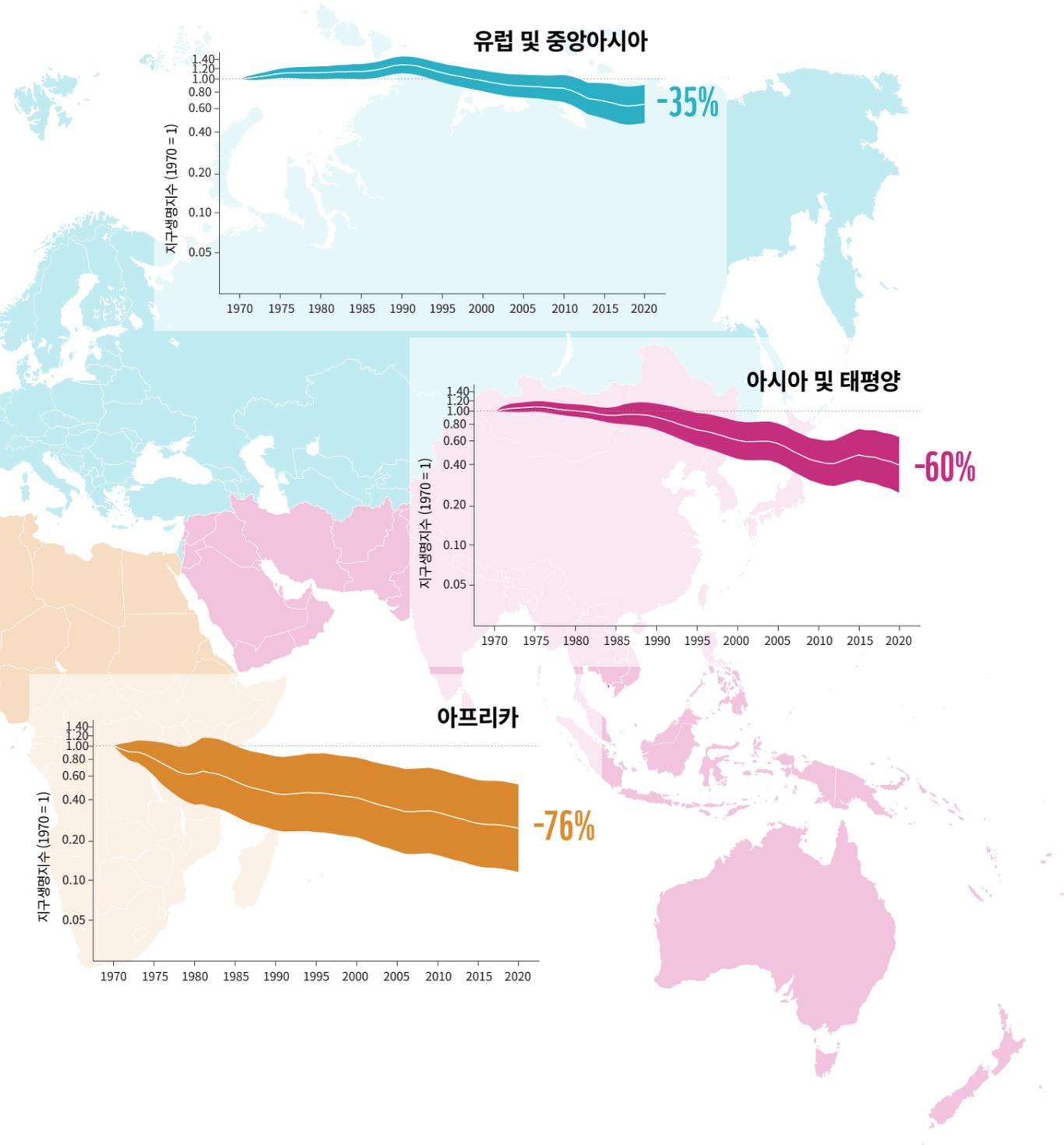
LPI 차트의 Y축에는 로그 스케일(logarithmic scale)을 사용하여 지수의 변화를 더욱 정확하게 나타내고자 했다.¹⁶

지역적 관점에서 본 생물다양성 변화 요인에 대한 이해



글로벌 지구생명지수(LPI)만으로 전체 그림을 보기는 어렵다. 지난 50년 동안 지역마다 자연에 가해진 여러 유형의 압력과 그 수준이 다르기 때문에 변화 추이가 다르다.

생물다양성과학기구(IPBES)는 자연을 평가하고 관찰하기 위해 전 세계를 여러 지리적 구역²⁴으로 구분하고 있다. 이 보고서에 제시된 LPI 변화 추이는 한 국가 내의 모든 육상, 담수 생물종 개체군에 IPBES 지역을 할당하는 지역 분류법을 따르고 있다. 아메리카 대륙은 여러 시기에 걸친 환경적 변화로 인해 '북아메리카' 및 '라틴아메리카와 카리브해 연안 지역'(중앙아메리카 + 카리브 해 연안 지역 + 남아메리카)으로 세분되었다. 각 생물종 그룹의 변화 추이는 개별 IPBES 지역에서 발견되는 생물종의 수에 따라 가중치가 부여된다(그림 1.5).



지구생명지수
신뢰 한계

그림 1.5 1970년부터 2020년까지 육상 및 담수 개체군을 합한 IPBES 지역별 지구생명지수(LPI). 북아메리카의 935개 척추동물종 2,449개 개체군, 라틴아메리카 및 카리브해의 1,362개 생물종 3,936개 개체군, 유럽 및 중앙아시아의 619개 생물종 4,615개 개체군, 아시아 및 태평양의 768개 생물종 4,622개 개체군, 그리고 아프리카의 552개 생물종을 대표하는 2,304개 관찰대상 개체군을 기준으로 하고 있다. 흰색 선은 지수 값을 나타내고, 음영 부분은 해당 값에 대한 통계적 불확실성을 의미한다.⁸

IPBES 지역별 지수는 지역에 따라 생물다양성 추이가 어떻게 다른 지 보여주며, 이를 기반으로 개체군 변화를 야기하는 여러 요인을 파악할 수 있다(그림 1.5). LPI는 5,000개 이상의 개체군에 대한 현재 위험 요인 정보를 제공하고 있다. 또한 이 내용은 IPBES 지역별 다양한 생물종 그룹에 대한 각각의 위험 요인이 얼마나 자주 기록되었는지를 요약하여 보여준다(박스 1.3, 그림 1.6). IPBES 전 지역에서 척추동물 개체군에 대해 가장 많이 보고된 위험요인은 서식지 훼손 및 손실이며, 과도한 자원이용, 침입종, 질병 등이 뒤따르고 있다.¹⁶ 라틴아메리카 및 카리브해 지역의 개체군에서는 기후변화가 더 자주 언급되며, 북아메리카, 아시아 및 태평양 지역에서는 오염이 가장 많이 보고되고 있다.¹⁶

가장 급격한 생물다양성의 감소는 라틴아메리카 및 카리브해, 아프리카, 아시아 및 태평양 지역에서 나타났다(그림 1.5). 하지만 한 지역의 자연에 가해지는 압력은 무역 및 자원 추출을 통해 다른 지역에 압력으로 작용할 수 있다. 예를 들면, 유럽과 중앙아시아는 모든 IPBES 지역 중에서 가장 높은 소비 생태발자국(한 국가가 소비하는 천연자원 및 서비스를 나타내는 척도)을 보이고 있으며, 생태용량(해당 자원을 생산하는데 활용가능한 토지)과 가장 큰 규모의 차이를 보이고 있다. 따라서 이 지역은 자연자원이 풍부한 지역에서 수입하는 자원에 의존하고 있다.²⁵

박스 1.3 주요 변화 요인



■ **서식지 손실/훼손:** 한 생물종이 거주하는 환경의 변화를 의미하며, 주요 서식지가 완전히 없어지거나 파편화 또는 질적으로 나빠지는 경우를 의미한다. 일반적인 용도 변화의 원인으로서는 지속가능하지 않은 농업, 벌목, 운송, 주거용 또는 상업적 개발, 에너지 생산, 광업 등이 있다. 담수 서식지의 경우, 강과 하천의 파편화, 취수 등이 보편적인 위험요인으로 작용한다. 해양 서식지는 바다뿐 아니라 육지 활동에서도 영향을 받을 수 있다. 육지 활동으로는 해안 개발 사업 등이 있고, 바다에서의 활동으로는 해저 서식지를 손상시킬 수 있는 저인망 어업이나 준설작업 등이 있다.



■ **과도한 자원이용:** 과도한 자원이용의 유형에는 직접 또는 간접적인 남획이 있다. 직접 남획은 생존 또는 거래 목적의 지속가능하지 않은 사냥, 밀렵, 채취 등이 있고, 간접 남획은 어업의 혼획과 같이 의도하지 않게 목표가 아닌 생물종이 희생될 때 발생한다.



■ **기후변화:** 기온이 변화하면서, 일부 생물종은 적합한 기후를 찾아가기 위해 서식지 반경을 조정하면서 적응하기 마련이다. 기후변화가 생물종에 미치는 영향은 주로 간접적 영향이다. 기온 변화는 생물종의 이주 및 번식과 같은 계절적 활동을 유발하는 다양한 신호를 교란하여, 최적의 활동 시기를 놓치게 만들 수 있다. 예를 들면, 특정 서식지 내에서 번식 시기와 먹이가 풍부한 시기가 달라지게 되는 경우이다.



■ **환경 오염:** 오염은 환경을 생존에 적합하지 않게 만들어 생물종에 직접적인 영향을 줄 수 있다. 예를 들면, 기름 유출 사고가 이런 경우에 해당한다. 또한 환경 오염은 생물종의 먹이나 번식 능력에 영향을 미치는 등 간접적으로 작용하여 시간이 경과하면서 개체군은 감소하게 된다.



■ **침입 종/유전자:** 침입종은 토착종과 공간 및 먹이를 놓고 경쟁할 가능성이 있으며, 토착종의 포식자가 될 수도 있다.



■ **질병:** 서식지를 확장하거나 새로운 지역으로 유입된 생물종은 그 지역에서 이전에 존재하지 않았던 질병을 옮겨올 수 있다. 인간도 한 지역에서 다른 지역으로 새로운 질병을 전파할 수 있다. 기후변화 및 서식지 훼손과 같은 다른 위험 요인으로 인해 특정 생물종의 질병 취약성이 증가할 수 있다.

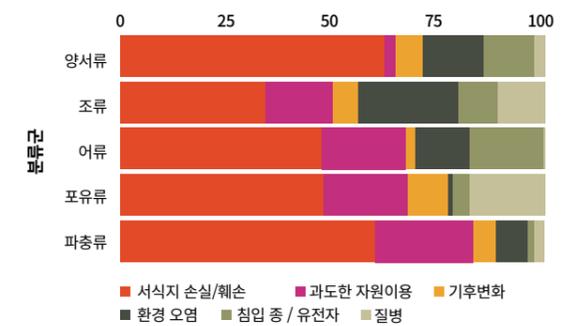


**생물종의 변화 추이는
지난 50년 동안 자연에
가해진 압력의 유형이나
정도가 다르기 때문에
지역별로 다르다.**

■ **북아메리카 지역**은 1970년에서 2020년 사이에 39% 감소를 보였으며(범위: -14%에서 -57%), 이는 연간 1% 감소한 것이다(그림 1.5). 북아메리카에서는 1970년 이전에 이미 생물다양성에 대한 대규모 영향이 뚜렷하게 나타났으며, 그런 면에서 다른 지역에 비해 부정적 추이가 적다는 사실이 부분적으로 설명된다. 많은 개체군에서 안정적인 추세를 보이지만, 이는 초기 기준선(baseline) 자체가 낮기 때문이다.²⁶ 보전이 성공한 사례도 일부 있다. 큰뿔야생양(bighorn sheep)²⁷ 같은 특정 포유류를 비롯한 개별 생물종과 맹금류(육식조)와 같은 생물종 그룹에서 상당 수는 과거에 비해 회복세를 보였다.²⁸ 아메리카대륙은 특히 생물다양성과 (다른 지역에서는 관찰되지 않는) 고유종이 풍부한, 생물다양성 부국(megadiverse) 17개국 중 7개국을 포함하고 있다.²⁹ 북아메리카, 라틴아메리카, 카리브해 지역의 각각 다른 추세는 지수 설정 연도인 1970년 당시 환경적 조건 차이를 반영하는 것이다.

■ **라틴아메리카 및 카리브해**는 1970년 이후 다른 지역 대비 가장 급격한 감소세를 보이고 있다. 1970년에서 2020년 사이에 지수는 95% 감소했으며(범위: -90%에서 -97%), 이는 연 5.7% 감소에 해당한다(그림 1.5). 이렇게 가파르게 감소한 데에는 초원, 숲, 습지 전환, 생물종 남획, 기후변화, 외래종 유입을 원인으로 꼽을 수 있다.²⁶ 이 지역에서 기후변화는 LPI 개체군에 대한 위험요인으로 자주 언급되고 있다.¹⁶ 예를 들면, 기후변화로 인해 남아메리카의 일부 양서류종에 치명적인 특정 곰팡이가 미치는 영향이 심화되었고,³⁰ 비교적 생태계 교란이 적은 서식지인 일부 아마존 숲의 조류가 감소하는 원인이 기후변화일 수 있다는 주장이 제기되었다.³¹ 생물종 개체군이 감소함에 따라 이 지역내 매우 중요한 수계인 아마존 유역이 티핑 포인트에 도달할 위험에 직면하고 있다(제2장 참고).

그림 1.6 북아메리카 지역의 변화에 대한 주요 요인 구성비



라틴아메리카 및 카리브해 지역의 변화에 대한 주요 요인 구성비

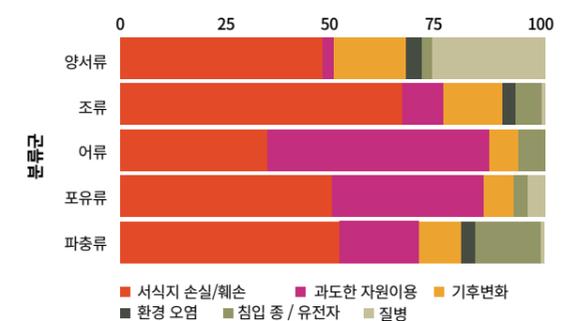


그림 1.6 척추동물 개체군(양서류, 조류, 어류, 포유류 및 파충류) 규모를 감소시키는 주요 요인(서식지 손실/훼손, 과도한 자원이용, 침입종/유전자, 환경오염, 질병, 기후변화)의 IPBES 지역별 구성비.⁸

■ **유럽 및 중앙 아시아** 또한 1970년에 이미 생물다양성이 상대적으로 낮은 상태였고 특히 서유럽의 상황이 열악했다. 따라서 이 지역은 지표에서 상대적으로 느린 감소율 35%(범위: -10%에서 -53%)을 보이고 있으며, 연감소율은 0.9%이다(그림 1.5). 한편 유럽에서는 생물종 재도입과 법적 보호, 기타 보전 활동의 결과로 유럽 들소(European bison), 달마시안 사다새(Dalmatian pelican)와 같은 여러 생물종의 회복이 관찰됐다.¹⁴ 그러나 유럽의 담수어류, 파충류, 양서류의 LPI 평균 추이는 전반적으로 감소하고 있으며, 이 생물종 그룹은 더 심각한 멸종 위협에 처해있다.

■ **아프리카**는 고유한 특색을 가진 지역으로, 상당수의 대형 포유류가 서식하고 있고³⁴ 생물다양성이 놀라울 만큼 풍부하다. 아프리카의 LPI는 76%(범위: -49%에서 -89%), 연 2.8% 감소했다(그림 1.5). 아프리카의 생물다양성은 여러 아프리카 비도시 인구뿐 아니라 아프리카 전역과 전 세계에 필수적인 자원을 제공하고 있다.³⁴ 타 지역에 비해 아프리카에서는 과도한 자원 이용이 LPI 개체군의 위협요소로 더 흔하게 보고되고 있으며,¹⁶ 인간이 이용하는 개체군의 경우 다른 지역에 비해 LPI가 더 크게 감소하는 추세를 보이고 있다.^{35,36} 이는 중요한 자원들을 시급히 보호해야 한다는 점을 강조하고 있다.

■ **아시아 및 태평양**은 크고 작은 섬들을 비롯한 여러 육지와 서식지로 구성되어 있으며 다수의 고유종과 독특한 생태계를 보유하고 있다.³⁷ 이 지역의 LPI는 60% 감소했으며(범위: -76%에서 -36%), 연 감소율은 1.8%이다(그림 1.5). 아시아 태평양 지역 개체군들은 침입종과 질병의 위협을 자주 겪는 것으로 보고된다. 침입종은 많은 도서지역 고유종을 위협하고 있다. 예를 들어, 태평양에 위치한 괌(Guam)에서는 의도치 않게 유입된 갈색나무뱀(brown tree snake)이 많은 조류종을 국지적, 전 세계적 멸종 위협에 처하게 했다.³⁸ 괌의 고유종인 괌동박새(bridled white-eye)와 괌개개비(Guam reed-warbler)는 이미 전 세계적으로 멸종한 상태다. 괌과 북마리아나 제도 토착종인 마리아나칼새(Mariana swiftlet)는 개체군 규모가 작은 데다 침입종인 갈색나무뱀 때문에 멸종 위협에 처해 있다.^{39,40}

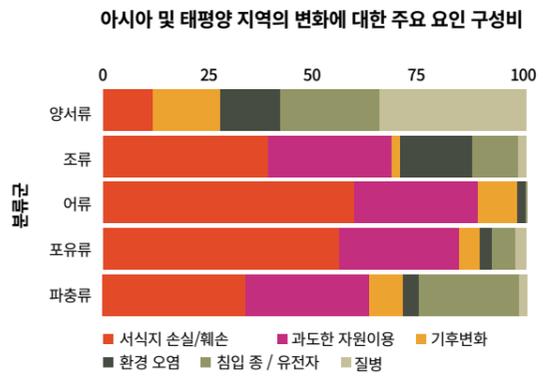
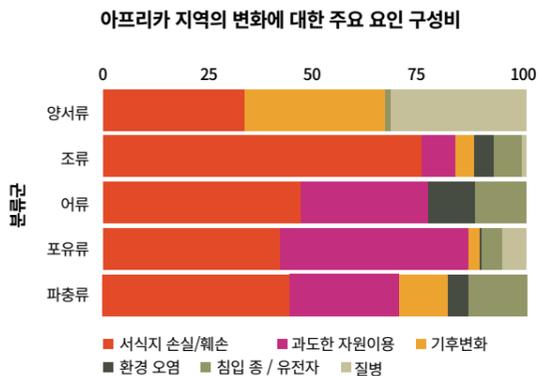
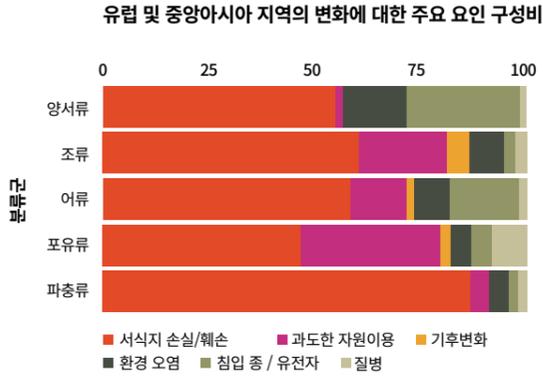


그림 1.6 (계속) 척추동물 개체군(양서류, 조류, 어류, 포유류 및 파충류) 규모를 감소시키는 주요 요인(서식지 손실/훼손, 과도한 자원이용, 침입종/유전자, 환경오염, 질병, 기후변화)의 IPBES 지역별 구성비.⁸



독수리는 동물의 사체를 제거하고 영양소를 재활용하며 일부 질병의 전파를 억제함으로써 필수적인 생태계 서비스를 제공한다. 아프리카의 독수리 개체군 규모는 세 세대에 걸쳐 감소해왔다.

사례 연구

아래의 사례들을 활용하여 LPI 데이터와 최근 연구자료에서 나타나는 개체군 추이(증가와 감소) 및 지역별 주요 요인을 설명하고자 한다.



매부리바다거북 (Hawksbill turtle)

호주 퀸즐랜드 북동부 지역, 그레이트 배리어 리프 북부 밀먼 섬(Milman Island)

57% 감소

등지를 트는 암컷의 수가 28년간

그레이트 배리어 리프 내에서 가장 높은 수준의 해양 보호 조치가 취해지고 있지만, 밀먼 섬에 서식하는 심각한 멸종위기에 처한 매부리바다거북의 중요 산란 개체군이 1990년에서 2018년 사이에 심각하게 감소했다. 과학자들은 호주 북동부에서 개체군을 이루어 서식하는 매부리바다거북이 빠르면 2036년에는 국지적으로 멸종될 수 있다고 보고 있다. 매부리바다거북은 서식지 손실, 기후변화, 합법 및 불법 어획, 혼획에 취약하다.^{41,42}

등근귀코끼리 (African forest elephant)

가봉 민케베 국립공원 (Minkébé National Park)

78-81% 감소

2004년에서 2014년 사이

심각한 멸종위기에 처한 민케베 국립공원의 등근귀코끼리 개체수가 급격히 감소한 데에는 가봉과 카메룬의 상아 거래를 위한 밀렵이 원인으로 꼽히고 있다. 중앙 아프리카의 등근귀코끼리 중 거의 절반이 가봉에 서식하고 있는 것으로 추정되기 때문에, 과학자들은 이 정도 규모의 개체군 감소가 등근귀코끼리의 생존에 상당한 타격을 줄 것으로 보고 있다.⁴³



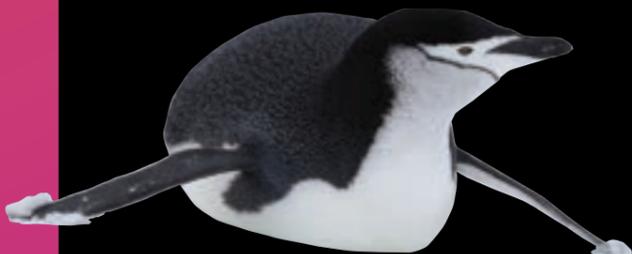
턱끈펭귄 (Chinstrap penguin)

남극 전역에 걸쳐 94개의 군체 존재

61% 감소

1980년에서 2019년까지 평균

턱끈펭귄 군체의 감소는 기후변화와 남극해 크릴 어업의 증가로 인한 해빙 변화 및 크릴 부족 현상과 관련이 있는 것으로 추정된다. 기온 상승으로 해빙 덮개가 얇아지면서, 펭귄의 주된 먹잇감인 크릴(새우처럼 생긴 갑각류)이 줄어들게 된다. 이에 따라 펭귄은 먹이를 찾는데 더 많은 시간을 보내게 되고, 그 결과 번식 실패의 위험이 커진다.⁴⁴⁻⁴⁶



왕연어 (Chinook salmon)

미국 캘리포니아주 새크라멘토강 (Sacramento River)

88% 감소

1970년

새크라멘토 겨울철 회유 왕연어의 개체수는 해에 따라 변동을 보이며 1970년에서 2022년 사이에 88% 감소했다. 위협에 처한 개체군인 새크라멘토 왕연어는 회유 경로가 댐으로 막혀 본래의 산란 서식지에 접근할 수 없게 되었다. 왕연어는 산란과 치어의 생존을 위해 차가운 물이 필요하지만, 수위가 낮아지고 수온이 높아지면서 이전에 비해 활동 구간이 좁아지고 있다. 왕연어에게 기후변화는 중대한 위협이며, 왕연어의 생존을 위해서는 상류의 댐에서 차가운 물이 방출되어야 한다.⁵⁰⁻⁵²



유럽들소 (European bison)

유럽 10개국

6,800마리 증가

1950년에서 2020년 사이

1927년에 야생에서 멸종된 이후 유럽들소가 돌아온 것은 대규모 번식, 재도입 및 이전 덕분이다. 대부분(91-100%)의 유럽들소는 보호구역에 서식하고 있으며 유럽 전역에서 보호되고 있다.⁵⁴

‘보토(Boto)’라고도 불리는 아마존강돌고래(Amazon river dolphin)와 투쿠시(Tucuxi)

브라질 마미라우아 보호구역 (Mamirauá Reserve)

65% 감소

22년간

마미라우아 보호구역에 서식하는 아마존강돌고래(‘보토’라고도 불림)의 개체군 규모는 1994년부터 2016년 사이에 65% 감소했고, 그보다 몸집이 작은 투쿠시의 개체군 규모는 75% 줄었다. 두 종류의 돌고래 모두 고기잡이 그물에 쉽게 걸리고 낚시 미끼 용으로 포획된다. 최근 연구에 따르면 이러한 개체군 감소추세는 지속되고 있고 기후변화가 점점 더 큰 위협으로 작용하고 있다. 2023년에는 극심한 더위와 가뭄으로 인해 두 곳의 호수에서만 330마리가 넘는 강돌고래가 폐사했다.⁴⁷⁻⁴⁹



산악고릴라 (Mountain gorilla)

콩고민주공화국, 우간다, 르완다의 비룽가 산지(Virunga Massif)

3% 증가

2010년에서 2016년 사이

보호구역의 체계적인 관리, 공원 인근 지역사회와의 광범위한 협력, 정착한 고릴라 집단에 대한 면밀한 모니터링, 수의학적 조치 등의 보존 활동이 비룽가 산지의 산악고릴라 개체수 증가를 이끈 것으로 보인다. 이러한 전반적 개체수 증가를 통해 영장류 보전 노력의 가능성을 엿볼 수 있지만, 산악고릴라는 전 세계에서 급격한 감소를 겪지 않는 유일한 대형 유인원으로, 고릴라 및 다른 대형 유인원에 대한 보전 노력을 시급히 강화할 필요가 있음을 시사한다.⁵³

제2장



티핑 포인트

제1장에서 다룬 지구생명지수(Living Planet Index)와 여러 지표들은 한 목소리로 ‘모든 형태의 자연과 생물다양성이 악화되고 있음’을 가리킨다. 변화가 점진적이거나 작다고 해도, 그 영향이 누적되면 크고 중대한 변화로 이어질 수 있다. 영향이 누적되어 임계점에 도달하면 변화는 자기 영속성을 갖게 되어 돌이킬 수 없는 갑작스러운 변화를 초래한다. 이를 티핑 포인트(tipping point)라고 한다⁵⁴ (그림 2.1).

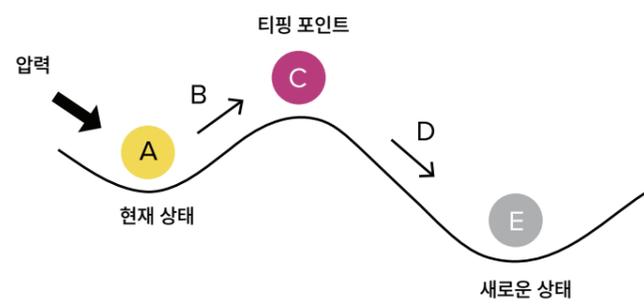


그림 2.1 작은 규모의 변화가 지속적으로 발생하더라도 시스템이 그 압박(또는 변화요인의 영향)을 흡수할 수만 있다면 현재 상태(A, 노란색 원)는 유지된다. 하지만 압박(B)은 점진적으로 또는 충격의 형태로 해당 시스템을 한계점이나 티핑 포인트까지 몰아붙이게 된다(C, 핑크색 원). 티핑 포인트에 도달하면, 변화는 가속화되고(D) 새로운 상태(E, 회색 원)에 도달한다.⁵⁵

자연의 티핑 포인트는 서식지 파괴, 토지이용 변화, 과도한 수확, 기후변화와 같은 개별적 또는 복합적 압력이 시스템을 임계점 이상으로 몰아붙일 때 발생한다. 현재의 추세가 지속되도록 방치하면 치명적인 결과를 초래할 수 있는 다수의 티핑 포인트가 발생할 가능성이 높다. 이는 인류와 대부분의 생물종에 심각한 위협이 되고, 지구의 생명유지 체계를 손상시키며, 전 세계의 사회 불안 야기할 글로벌 티핑 포인트를 포함한다.⁵⁴ 모니터링과 과학적 근거를 통해 파악한 조기 경보신호는 6개 글로벌 티핑 포인트가 임박했음을 시사한다(그림 2.2).

- 생물권에서는 산호초의 대량 폐사로 어업이 붕괴되고, 전 세계 수억 명이 거주하는 해안이 보호받지 못하게 될 것이다.⁵⁶ 아마존 열대우림이 티핑 포인트에 도달하여 대량의 탄소가 대기 중으로 방출되고, 전지구적으로 기상 패턴이 교란될 것이다.
- 해양순환과 관련하여 그린란드 남쪽의 순환 해류인 아한대환류(subpolar gyre)가 붕괴되어 유럽과 북미의 기상 패턴이 변화할 것이다. 아한대환류는 대서양의 주요 해류인 대서양 자오면 순환(Atlantic meridional overturning circulation, AMOC)과 연결되어 있는데, 대서양 자오면 순환이 멈추면 유럽의 기온이 급강하하고, 열대지방이 건조해지며, 해수면이 상승할 것이다.
- 빙권(눈과 얼음으로 구성된 지구의 영역)에서는 그린란드와 서남극 빙상의 해빙으로 해수면이 수 미터 상승하고, 영구동토층의 대규모 해빙으로 막대한 양의 이산화탄소와 메탄이 방출될 것이다.

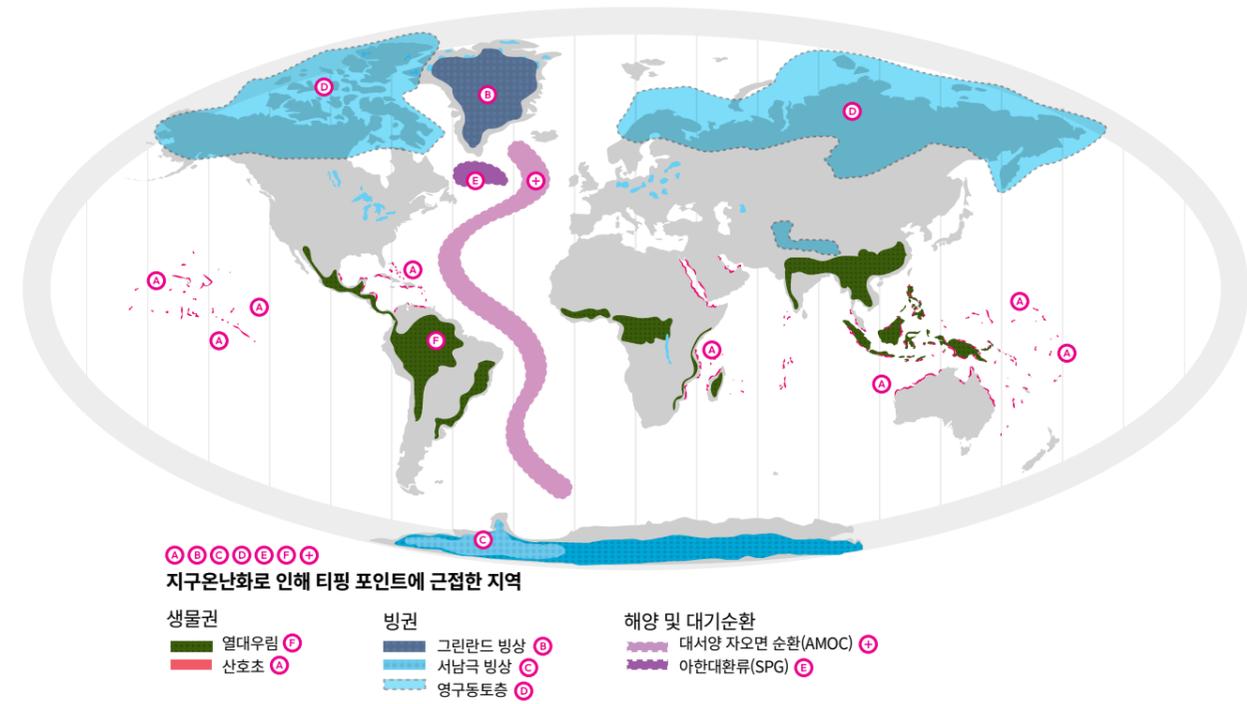


그림 2.2 생물권, 빙권(얼음), 해양순환, 대기순환 등 네 가지 유형의 기후 시스템에 대해 과거에 일어난 변화의 자료 및 관측 기록, 컴퓨터 모델을 활용하여 25개 이상의 기후 티핑 포인트를 파악했다. 티핑 포인트에 가장 근접한 6개 시스템을 발생 가능성에 따라 나타낸 그림에 연대순으로 A부터 F로 표시했다. 대서양 자오면 순환(Atlantic meridional overturning circulation, AMOC) (+)의 안정성은 북대서양 아한대환류(E)의 안정성과 연계되어 있다. 그림은 참고자료 Lenton et al. 2023을 편집한 것임.⁵⁷

티핑 포인트는 전지구적 수준에서뿐만 아니라 지역적 수준에서도 발생한다. 우리는 티핑 포인트에 대한 뉴스를 주기적으로 접한다. 북미 왕연어 어획 중단,⁵⁸ 유럽 지중해 지역의 대규모 산불,⁵⁹ 그레이트 배리어 리프의 산호 백화,⁶⁰⁻⁶² 가속화되는 아마존 열대우림 파괴는 지역적 수준에서 발생하는 티핑 포인트로서, 생계수단과 인명의 손실, 안보와 복지의 악화 등 심각한 생태적, 사회적, 경제적 결과를 가져온다. 이 모든 현상은 인류가 생태계 내의 복잡한 상호관계, 생물권과 대기권이 이루는 아슬아슬한 균형을 무시한 결과다.

조기경보신호

티핑 포인트를 막는 것이 불가능한 것은 아니다. 적절한 모니터링을 통해, 생태, 기후, 사회적 측면에서 티핑 포인트의 조기 경보 신호를 감지할 수 있다.⁵⁴ 생물종 개체군을 모니터링하는 것은 자연에서 발생하는 교란을 감지하는 한 방법이다. 제1장에서 논의한 대로, 인간 활동으로 인해 동식물 개체군이 감소하고 사라지면 생태계는 더 이상 제대로 기능할 수 없으며, 회복탄력성을 잃게 된다. 파괴된 생태계는 산불, 침입종, 과잉채취, 환경오염, 기후변화 등 자연적 교란이나 인간으로 인한 또 다른 교란 요소에 더욱 취약해진다.

생태계 파괴가 기후변화와 함께 일어나면 국지적, 지역적 티핑 포인트에 도달할 가능성이 높아진다.⁵⁴ 기후로 인한 기온과 수온의 변화, 계절적 변동과 생물종 구성의 변화가 폭풍, 가뭄, 홍수 등 점점 빈도가 늘고 있는 기상이변과 결합되면, 약화된 생태계는 새로운 상태로 바뀌게 된다. 숲은 초원으로, 초원은 사막으로, 산호초는 해조류 암초가 될 수 있다. 이러한 전환 과정에서 생물종 개체군의 변화는 해당 생태계의 회복탄력성이 낮아지고 있다는 조기 경보신호의 역할을 하며, 이는 생태계가 가속화되는 기후변화에 더욱 취약해진다는 의미다. 우리는 다음 사례에서 이러한 역학 관계가 육상, 해양, 담수 생태계를 티핑 포인트로 이끌고 있는 것을 확인할 수 있다.

북아메리카: 산불억제, 가뭄, 해충의 침입



북아메리카 서부지역에서는 한 세기 동안 산불이 억제되면서 산림 하층이 무성하고 뾰뾰하게 자랄 수 있었다. 하지만 20세기 후반, 기후변화로 인해 수 년간 가뭄이 지속되었을 때, 많은 소나무 성목과 하층 식생이 고사했다.⁶³ 가뭄에 살아남은 소나무마저도 이미 약해져, 왕성한 식욕의 소나무좀 개체군의 급증에 더욱 취약해졌다. 기후가 더 따뜻해지면서 소나무좀 개체군은 북쪽으로, 그리고 더 높은 고도로 서식지를 확장했다. 그 이동 경로에서 나무 38억 그루가 죽고, 새로운 유형의 화재가 발생할 수 있는 환경이 조성되었다(그림 2.3).⁶⁴ 이후 발생한 화재폭풍은 숲을 전소시켰고, 생태계는 회복 불가능한 상태가 되어 보수력과 탄소 포집 등의 생태계 기능을 상실했다.⁶⁵ 기록이 남아 있는 과거 900년 중 그 어느 때보다도, 오늘날 산불은 발생 빈도와 강도도 높고, 발생 면적도 더 넓다⁶⁶(그림 2.3). 이러한 악순환의 고리와 같은 역학관계로 인해 결국 북아메리카 서부 지역의 소나무 숲은 관목숲과 초원으로 대체되고 말 것이다.⁶⁷ 그렇게 되면 목재, 기후 안정화를 위한 탄소저장, 깨끗한 공기, 물의 정수 기능과 여가 및 휴식 등 사람이 숲에서 얻을 수 있는 혜택을 잃게 될 것이다.

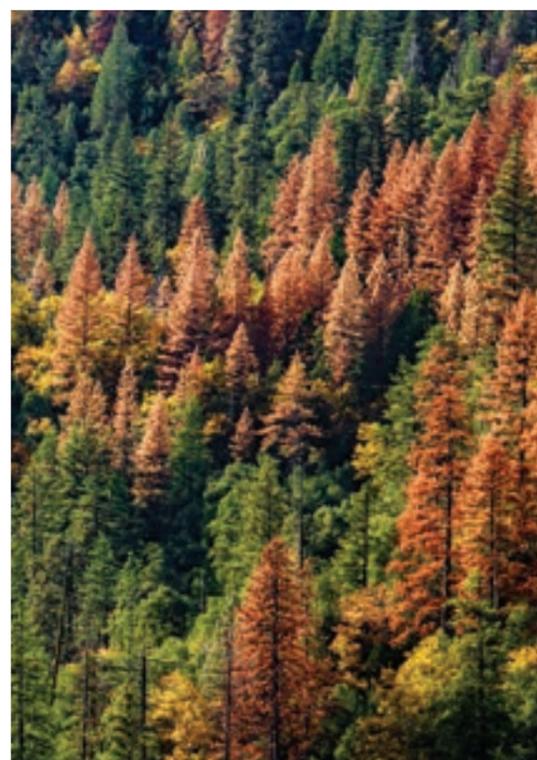
산불철(fire season)이 장기화되고 그 수준도 극심한 경우가 많아지고 있으며, 최근에는 열대지역에서 북극권에 이르기까지 거의 모든 지역에서 재앙적인 화재가 발생하고 있다. 생태계 파괴와 기후변화가 야기한 강우량, 폭염, 가뭄, 해충확산, 침입종의 변화가 결합하면서 생태계를 새로운 상태로 변화시키고, 이로 인해 전례 없는 강도와 규모의 대형산불(megafire)이 최근 세계적으로 더욱 일상화되고 있다.



a.



b.



c.



d.

그림 2.3 북아메리카 소나무 숲의 티핑 포인트. (a) 한 세기 동안 이어진 산불 억제 정책으로 북아메리카 서부지역 소나무숲의 하층 식생이 울창해졌고, 이는 산불 발생시 연료 역할을 하게 됐다. (b) 2000년-2020년 소나무좀 감염 확산 범위 내 유역별 소나무 피해 면적 비율. (c) 소나무좀 감염과 기후변화에 기인한 가뭄으로 고사한 소나무(갈색-오렌지색 나무) 항공사진. (d) 북아메리카 소나무숲의 산불 항공사진. 산불 억제 정책으로 누적된 산림 연료, 기후변화로 인한 소나무좀 확산, 가뭄 등이 복합적으로 작용하여 화재 면적이 늘어나고, 더 뜨겁게 완전히 타버린다.^{68, 69}



그레이트 배리어 리프: 남획, 환경오염, 수온상승

바다에서는 기후변화로 인해 해양 열파가 발생하고, 이로 인해 해수면 온도가 상승하며 대규모 산호초 백화현상이 발생한다(그림 2.4). 열 스트레스를 받은 산호 폴립이 산호 체내에서 광합성을 통해 영양분을 제공하는 공생 조류를 방출하기 때문이다. 호주의 그레이트 배리어 리프에서는 1998년, 2002년, 2016년, 2017년, 2020년, 2022년에 대규모 백화현상이 관찰되었다. 2022년 여름 끝 무렵에는 산호초 91%에서 백화현상이 발생했다. 2024년 추가적으로 발생한 대규모 백화현상은 그레이트 배리어 리프 역사상 가장 큰 규모였다. 특히 과거에는 거의 영향이 없었던 남부 지역까지 백화현상이 확산되었다.



그림 2.4 산호초는 남획, 오염 등 인간 활동에 의해 발생하는 변화요인에 대한 회복탄력성을 유지할 수만 있다면 현재 상태(A)를 유지한다. 변화요인이 지속되거나 증가하는 경우(B), 산호초의 회복탄력성은 감소하고 향후 발생하는 변화에도 더욱 취약해진다. 기후변화로 인한 해수면 온도 상승처럼 지속적인 영향이나 충격이 있는 경우, 산호초는 티핑 포인트에 도달하게 되고(C), 대규모 백화현상이 발생한다(D). 그리고 산호초는 새로운 상태, 되돌릴 수 없는 상태에 도달하게 된다(E).

산호초를 형성하는 일부 산호는 백화현상에서 회복할 수 있지만, 회복하지 못하는 산호도 있다. 이때 산호 생물종 구성이 달라지며, 산호와 산호에 의존하는 해양 생물의 다양성도 감소한다.⁷⁰ 백화현상이 반복될수록 산호의 회복은 더욱 어려워진다.⁷¹ 육지에서 유입된 오염물질과 생물종 남획 등, 여러 영향으로 회복탄력성과 회복력은 더욱 약화된다. 그레이트 배리어 리프는 과거 백화현상에서 회복하는 놀라운 회복탄력성을 보였다. 하지만 이런 현상이 더 자주, 심각한 수준으로 발생하면서 회복 능력은 점점 저하될 것이다.

전 세계 다른 지역의 산호초에도 동일한 현상이 발생하고 있다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 지구 기온이 1.5°C도만 상승해도 산호초의 70-90%가 소멸할 것으로 예상했다. 하지만 최근 분석에 따른 전망은 훨씬 더 심각하다.⁷²⁻⁷⁴ 지구에서 생물다양성이 가장 풍부한 생태계의 일부가 사라질 경우, 심각한 사회, 경제적 결과를 초래할 것이다. 약 3억 3천만 명의 사람들이 폭풍해일 발생 시 보호를 위해, 식량 및 생계 등 여러 혜택을 위해 산호초에 직접적으로 의존하고 있다.⁵⁶ 이외에도 10억 명의 사람들이 산호초의 글로벌 순 경제가치에 직간접적으로 의존하고 있다. 이 가치는 연 수백억 달러에 달하며 관광, 상업적 어업, 해안 개발 등의 산업을 지탱하고 있다.⁷⁵

“데이 제로(Day Zero)”라고 불리는 2019년 6월19일, 첸나이 1,120만 주민은 식수 없는 하루를 보냈다.



전지구적으로 중요한 티핑 포인트

티핑 포인트는 발생지를 넘어 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 아마존 열대우림에 대한 우려가 바로 이 지점 때문이다(그림 2.6).

아마존 열대우림은 지구상의 육상 생물다양성의 10%를 차지하며, 알려진 모든 어종의 10% 이상을 보유하고 있을 뿐 아니라⁷⁹ 탄소 2,500-3,000억 톤(전 세계가 15-20년간 배출하는 온실가스에 상응⁸⁰)을 저장하고 있다. 나아가 리우데자네이루, 상파울루, 부에노스아이레스가 위치한 아마존 남부 판타나우(Pantanal)와 라플라타 유역(La Plata Basin)의 강우량에도 중요한 역할을 한다.⁸¹ 또한 아마존은 4,700만 명이 넘는 사람들이 살아가는 터전으로 그중 220만 명의 선주민과 토착민들은 자연과 밀접하게 얽혀 있는 문화를 갖고 있으며, 자원의 지속가능한 이용에 의존하여 살아가고 있다.

열대우림이 온전히 유지된다면, 증산작용(식물이 표면에서 수증기를 내보내는 현상)이 숲을 유지시키는 충분한 비를 만들고 가뭄으로부터 숲이 회복할 수 있게 한다.⁸² 하지만 산림 파괴, 황폐화, 교란때문에 숲의 회복탄력성은 약화되고 미래의 기후변화에 한층 더 취약해진다(그림 2.7). 대량 폐사(단일 종의 많은 개체가 갑자기 사망하는 사건) 또한 숲의 회복탄력성을 한층 더 약화시키는데, 토지이용과 기후변화로 인해 아마존의 많은 지역에서 대량 폐사가 발생할 것으로 예상된다.^{83,84}

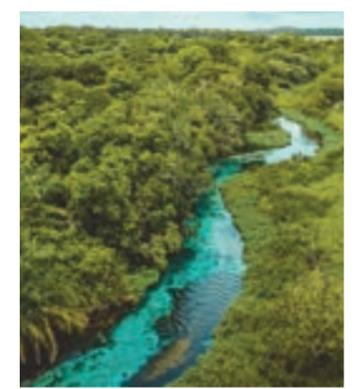
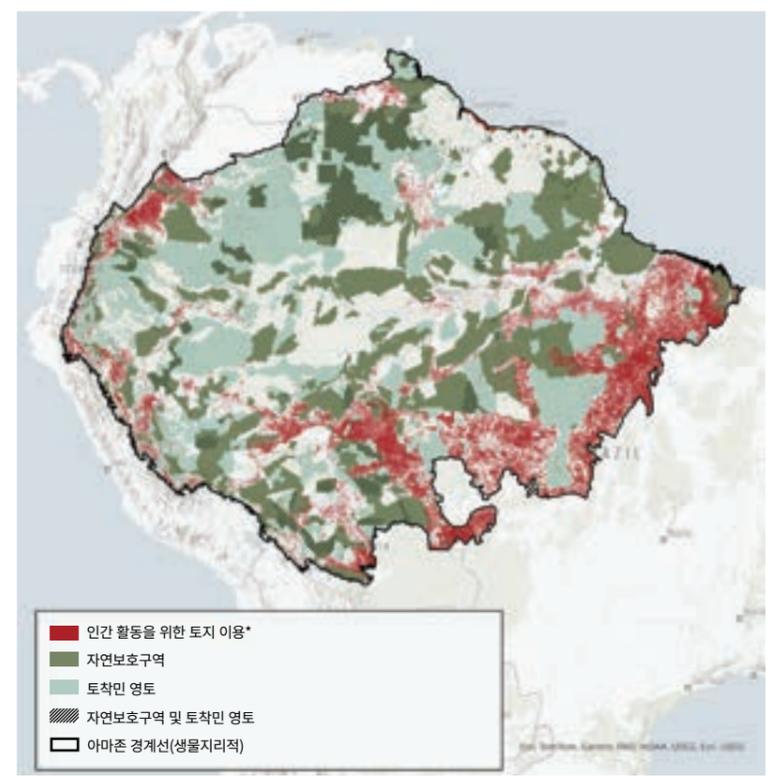


그림 2.6 아마존 열대우림의 생물지리적 경계 내에서 현재 인간 활동을 위해 점유되고 있는 토지의 분포(빨간색). 이 지역은 8개 국가와 1개의 영토에 걸쳐 있다.⁸⁵ 생물군계의 22%가 보호구역 내에만 위치해 있고 (진한 초록색), 25%는 토착민 영토에 만 있으며 (연한 초록색) 6%는 보호구역과 토착민 영토 모두에 분포해 있다(빛금). 기존의 생물군계 숲지대의 14%는 2018년까지 모두 파괴되었다.⁸⁶ 출처: RAISG (2022)⁸⁷, (2022)⁸⁸, (2022)⁸⁹

* 인간 활동을 위한 토지 이용에는 방목, 농업, 조림, 기름야자 관련, 모자이크식 이용, 도시 기반시설, 광물 채취가 포함된다. (2022 Land Cover and Land Use data from MapBiomas Amazonia Collection 5 기준)

기후변화와 산림파괴로 강우량이 감소하면서 대부분의 아마존 생물군계의 환경적 조건이 열대우림에 부적합해지면, 티핑 포인트에 이르러 돌이킬 수 없는 변화가 시작될 수 있다. 그 결과는 파괴적일 것이다. 생물다양성과 문화적 가치가 복원 불가능한 수준으로 손실되고, 아마존과 전 세계의 기상 패턴이 변화하며 농업 생산성과 전 세계 식량 공급도 영향을 받을 것이다. 또한, 이 정도의 거대한 변화는 탄소 흡수원이었던 아마존이 산불과 식물 고사를 겪으며 탄소 배출원으로 전환됨에 따라 전 세계적으로 기후변화를 가속화할 것이다. 이로 인해 최대 750억 톤의 탄소가 대기로 배출되어 1.5°C 목표는 달성 불가능해진다.⁹⁰

인도: 습지 손실, 가뭄과 홍수

인도 동부 벵골만(Bay of Bengal)의 첸나이는 도시의 급격한 확장으로 습지의 85%가 감소했다(그림 2.5a). 그 결과 습지 생태계가 제공하던 물 저장, 지하수 함양, 홍수 조절과 같은 필수적인 기능이 급격하게 줄어들었고 첸나이는 기후변화로 악화된 가뭄과 홍수 모두에 취약해졌다(그림 2.5b).⁷⁶ 2019년 이 지역에 심각한 가뭄이 발생하면서 주요 저수지는 말라붙고 지하수의 양도 급감했다. 물을 저장하고 물 공급원을 재충전하던 습지가 사라진 결과, 인구 1,120만 도시 첸나이는 기후변화의 영향에 한층 취약해졌고, 기본적인 식수와 요리, 목욕에 사용할 물을 트럭으로 실어와 공급해야 했다.⁷⁷ 습지를 잃은 주민들은 아이러니하게도 2015년과 2023년 극단적인 폭우 때는 홍수피해를 입었다.⁷⁶ 2015년의 강우량이 과도하기는 했지만 전례 없는 수준은 아니었다. 다만 이전에는 생물종이 풍부한 습지와 자연 배수 시스템이 있어 최악의 가뭄과 홍수는 방지할 수 있었는데, 이 방패막이 사라지자 피해가 커진 것이다. 이를 계기로 첸나이 주민들에게 습지가 얼마나 중요한지 인식한 인도 정부는 현재 해당 습지를 복원시키고 습지의 기능을 회복할 수 있도록 노력하고 있다.

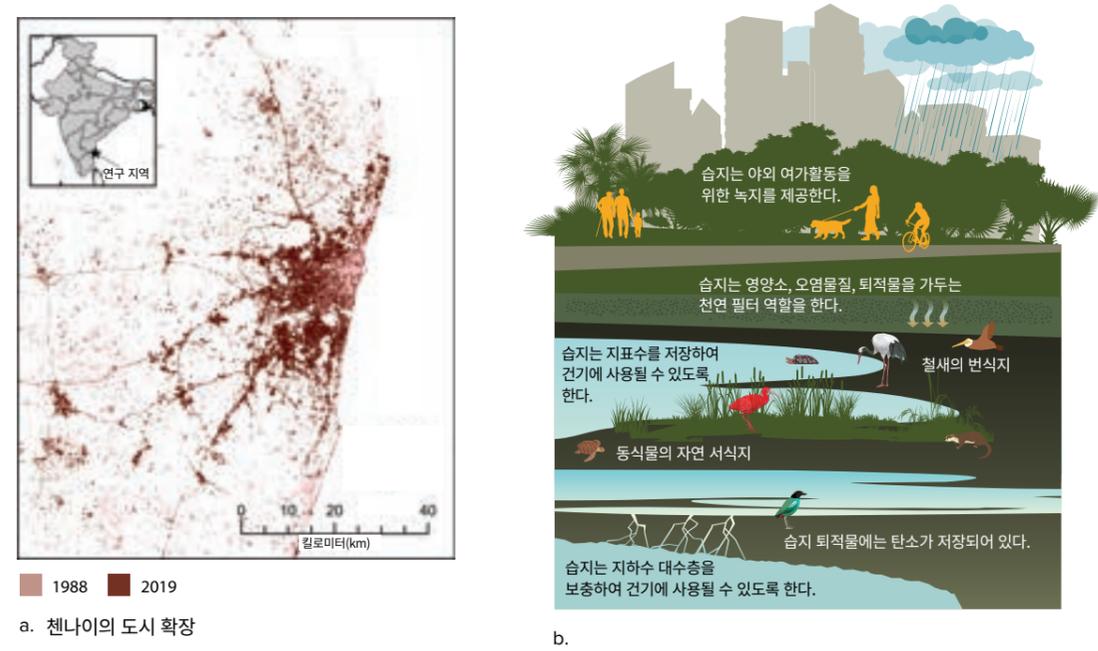
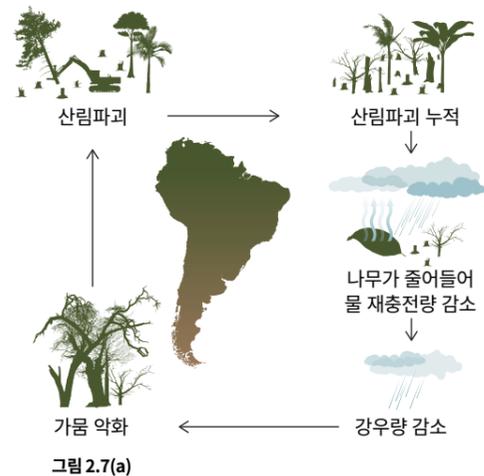


그림 2.5 (a) 1988년(연한 빨간색)과 2019년(진한 빨간색)사이 첸나이의 도시 확장과 습지 생태계 파괴는 광범위한 홍수와 물 부족을 초래했다. (b) 습지와 그 곳에 서식하는 동식물 개체군들은 우기 동안 지표수를 저장하고 건기에는 물을 공급하며 수질을 개선하고 홍수를 조절하는 중요한 역할을 한다. 출처: TNC 2021⁷⁸



아마존은 티핑 포인트에 다다른 것일까? 이 문제에 대해서는 여전히 활발히 연구가 진행되고 있다. 일부 연구는 아마존 열대우림의 20-25%만 파괴되어도 티핑 포인트에 가까워질 것이라 지적하고 있다. 아마존 생물군계의 기존의 숲 면적 중 약 14-17%가 파괴되었으며, 아마존에 걸쳐 있는 9개국 사이에서 산림파괴율은 상당히 다양하게 나타난다.^{85,86,90} 아마존 생물군계의 59%를 차지하고 있는 브라질 아마존에서는 같은 기간동안 19%의 산림이 파괴되었다.^{85,86} 산림파괴와 가뭄은 도미노 효과를 일으킨다(그림 2.7). 나무가 줄어들면 잎의 증산작용이 약화되어 강우량이 감소하고, 이에 따라 숲의 다른 곳에서 사용할 수 있는 물이 부족해지며 더 많은 나무들이 죽게 된다. 이로 인해 나무가 내보내는 수증기의 양은 한층 더 감소하는 악순환이 이어진다. 2050년까지 아마존 열대우림의 최대 47%가 지구 온난화, 극심한 가뭄, 산림파괴와 화재 등의 교란요소를 동시다발적으로 겪게 될 것이다.⁹²



그림 2.7 (a) 아마존의 도미노 효과: 건강하고 온전한 우림이 있는 상황에서는 비구름이 바다 위에서 형성된 후 서쪽으로 이동해 우림 위에서 비를 뿌리고 우림의 나무들이 내보내는 수증기로 수분을 재충전하게 된다. 이 과정은 구름이 남쪽으로 이동해 더 많은 비를 뿌리기까지 반복된다. (b) 나무가 적어지면 우림의 수증기 배출량이 줄어들고 구름이 재충전할 수 있는 수분도 감소해 서쪽과 남쪽 지역의 강우량도 줄어든다. 이에 따라 서쪽과 남쪽의 숲이 황폐화되고 생태계 변화가 가속화된다.⁹¹



경각심을 일깨우는 신호

지금도 계속해서 감소하고 있는 생물다양성에서부터 조금씩 상승하는 지구 온도에 이르기까지, 서서히 일어나는 변화는 익숙해지기 쉬워 필요한 조치를 미루게 된다. 국지적, 지역적 또는 전 지구적 티핑 포인트는 처음에는 점진적으로 진행될 수 있지만, 어느 시점부터는 급격해지며 되돌릴 수 없는 상태가 된다. 생태계의 상태가 한 순간에 바뀌지는 않지만, 생태계에 가해지는 압력이 일정 수준을 넘어서면, 피할 수 없는 급격한 변화가 발생한다. 이 사실을 인지했다면 경각심을 가지고 행동에 나서야 한다.

우리는 전 세계 생물다양성 및 기후 목표를 달성할 수 없게 만드는 티핑 포인트를 막기위한 행동을 더 이상 미룰 수 없다. 아마존의 경우 산림파괴가 현재의 속도로 지속된다면 10년 내로 티핑 포인트에 이르게 된다. 현재로서는 산림파괴와 황폐화를 막기 위한 정책이나 자금이 마련되어 있지 않다. 행동을 결정하고 실행하며, 그에 따른 변화를 보기까지는 시간이 걸릴 것이다. 행동하기에 최적의 시기는 바로 지금이다.

지금까지 사례들을 보면 상황은 위태롭기만 하다. 하지만 아직은 티핑 포인트를 막을 수 있다. 생태계의 회복탄력성을 높이고 기후변화와 기타 스트레스 요인의 영향을 줄이는 조치를 취할 기회가 지금 우리에게 주어져 있다. 이 기회를 잡으려면 각 지역에서 그리고 전 세계적으로 여러 가지 변화요인을 동시에 다루는 통합적인 해결책이 필요하다. 글로벌 생물다양성 프레임워크(Global Biodiversity Framework)와 파리협정(Paris Climate Agreement), 지속가능한 발전목표(Sustainable Development Goals)와 같은 기본적인 틀은 마련되어 있으며, 이제 남은 것은 우리의 행동이다. 다음 장에서 바로 이 주제를 다루려 한다.

제3장




 글로벌 목표 수립은 현재 추세를 반전시키며, 전 세계가 티핑 포인트에서 멀어지고 지속가능한 미래로 나아갈 수 있는 기회를 제공한다.

글로벌 목표와 이행상황

전 세계 국가들은 번영과 지속가능한 미래를 위해 다양한 글로벌 목표를 수립했다. (생물다양성협약(Convention on Biological Diversity, CBD)에 의거하여) 생물다양성 손실을 멈추고 회복으로 전환하며, (UN 기후변화협약(UNFCCC)에 의거하여) 지구 기온 상승폭을 1.5°C로 제한하고, (지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)에 의거하여) 빈곤을 종식시키며 인간의 복리(well-being)를 증진한다는 내용 등의 목표다. 글로벌 목표 수립에도 불구하고, 국가 공약과 실질적 행동은 앞 장에서 언급한 위험한 티핑 포인트를 피하기에는 턱없이 부족한 실정이다.



그림 3.1 생물다양성협약(CBD)에서 채택된 쿤밍-몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크(Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework, GBF)의 목표와 실천 목표.⁹³ GBF는 2030년까지 달성해야 할 4가지 목표와 23개의 세부 실천 목표를 제시하고 있다. 지구의 육지, 해양 및 연안, 내륙수역의 30%를 보전하고, 황폐화된 육지와 해양의 최소 30%를 복원하며, 환경오염과 침입종을 50% 줄이고, 생산 시스템을 지속가능하게 만들고 이 시스템의 혜택을 공유하며, 유해한 정부 보조금은 연간 미화 5,000억 달러 감축하고, 음식물 쓰레기는 절반으로 줄인다는 내용을 담고 있다.

생물다양성, 기후, 지속가능한 발전을 위한 글로벌 목표는 자연이 안정된 기후와 인간의 복리를 지탱한다는 인식을 바탕으로 하고 있다. 쿤밍-몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크(GBF)는 2030년까지 육지와 해양의 30%를 보전하고, 황폐화된 지역의 30%를 복원하는 작업을 완료하거나 시작하며, 인간을 포함한 생물종의 멸종을 방지한다는 목표를 설정했다(그림 3.1).⁹³ 파리협정(Paris Climate Agreement)의 이행 경과를 평가하는 전 지구적 이행점검(global stocktake)은 GBF를 명확하게 인식하고, 자연의 보전 및 보호, 복원의 중요성을 강조하고 있다. 더불어 산림파괴를 멈추고 복원하며, 생태계 관리를 통해 대기 탄소를 흡수하고, 사람들이 기후변화에 적응하도록 지원하는 것도 포함한다.⁹⁴ 지속가능발전목표(SDGs) 전문에는 “사회 및 경제 발전은 지구 자연자원의 지속가능한 관리에 달려있다”고 명시되어 있다. 17개 목표 중 2개는 해양과 육상의 생태계 및 생물다양성을 보전하고 복원하며, 지속가능하게 이용하는 데 특히 중점을 두고 있다.

2023년 SDG 이행보고서와 파리협정의 전 지구적 이행점검에서는 과감한 행동 없이는 2030년까지 각 협정의 목표 중 단 하나도 달성하지 못할 것이라고 경고했다. 현행 조치만으로는 2050년까지 지속가능하고 공평한 사회를 이룰 수 없을 것임이 명백하다(박스 3.1).^{94,95} 2030년까지의 SDG 세부 목표 중 절반 이상이 달성되지 못하고, 그중 30%는 진척이 없거나 2015년 기준 선 대비 악화될 것이다. 2015 파리협정 서명국 중 74%는 2030년까지 온실가스 배출을 감축 또는 제한하겠다는 공약을 강화했으나, 현재 수준의 노력으로는 현 세기말까지 지구 평균 기온이 거의 3°C 상승하게 되어 결국 여러 가지 재앙적인 티핑 포인트를 촉발하게 될 것이다.

박스 3.1 글로벌 목표 달성을 위한 불평등 해소

전 세계의 소비, 온실가스 배출, 자원 훼손에 대한 대부분의 책임은 몇몇 국가들에게 있다. 동시에 빈곤은 세계적으로 증가하고 있으며, 많은 사람들이 기본 욕구를 충족하지 못하고 있다.⁹⁸ 부유한 국가의 자원 및 에너지 사용에 대한 부담을 상대적으로 더 가난한 국가의 빈곤층이 짊어지고 있으며, 이는 지속가능하지 않은 개발, 환경파괴, 기후변화 영향의 형태로 나타난다.^{99,100} 또한, 과잉 소비 문제를 해결하지 않는다면, 지구가 생산할 수 있는 자원보다 더 많은 양을 계속 사용할 것이며,¹⁰¹ 보전과 기후, 지속가능성 목표를 달성하지 못하고, 빈곤과 불평등의 문제를 해결할 수 없을 것이다. 글로벌 목표 달성을 위해서는 국가의 경제적 상황에 따라 각기 다른 경제성장 접근방식이 필요하다. 경제적 부와 GDP를 발전의 척도로 삼는 것을 넘어, 자원을 적절한 만큼만 사용하도록 촉진하고, 번영은 나누며, 자연을 재생하고 기후를 안정시키는 방식으로 살아가는 '복지경제(well-being economy)'로 나아가야 한다.

2022년 12월, 생물다양성협약(CBD)의 196개 당사국은 생태계의 보호 및 복원, 지속가능한 이용 및 관리를 위한 실행계획인 쿤밍-몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크(GBF)에 서명을 하며 큰 주목을 받았다. 하지만 파리협정과 SDGs와 마찬가지로 실질적 진전은 거의 없었다. 최근 분석에 따르면 여러 고위급 공약이 있었지만 실행율은 낮고 각국이 약속한 재정적 지원도 충분하지 않았다(제5장 참고). GBF 이행을 위해 각국이 마련해야 하는 대부분의 국가 생물다양성 전략과 실행 계획은 불완전하다. 또한, 진행 상황을 측정할 적절한 방법과 데이터가 부족하며, 체계적인 제도 지원도 충분하지 않은 상황이다.¹⁰²

2030년까지 지속가능한 미래로 나아가는 길

지역, 국가, 글로벌 차원의 파편화된 거버넌스 시스템은 복잡한 사회 및 생태적 시스템(social and ecological systems)을 관리할 수 있도록 설계되어 있지 않다(박스 3.2).^{103,104} 거의 모든 국가에서 과거부터 전해져 온 법률 및 규정, 제도 등은 복잡하게 얽혀 있어 현재 필요한 협력적 대응에 있어 상당한 걸림돌이 되고 있다.¹⁰³ 글로벌 목표를 달성하기 위해서는 국가 법률을 강화함과 동시에 글로벌 목표에 부합시키고(align), 사람과 자연, 기후를 위해 더 나은 결과를 가져올 수 있는 조율된 정책과 조치를 마련해야 한다. 더불어 시민사회의 포용 확대, 민간부문의 참여 및 책임 강화와 범죄나 부패 같은 만연한 문제를 해결하는 노력이 함께 이루어져야 한다. 환경에 악영향을 미치는 보조금과 발전을 가로막는 유해한 인센티브 또한 시급히 해결해야 한다.

생물다양성, 기후, 지속가능발전의 목표를 달성하기 위해선 시너지 효과를 활용하고, 협력을 촉진하며, 잠재적인 상충관계를 파악하고 완화하는 긴밀한 조정이 필요하다(박스 3.3). 하나의 목표만을 달성하기 위해 만들어진 정책은 그 외 다른 목표에서 이룬 성취를 상쇄할 수 있으며, 그 결과 이익을 보는 '승자'와 손해를 보는 '패자'가 나오게 된다.^{106,107} 잠재적 상충관계와 기회를 고려하지 않고 여러 목표를 동시에 추진하는 것은 실패로 끝날 가능성이 높고, 글로벌 목표를 달성하는 데 필요한 사회, 정치, 재정적 지원을 약화시킬 수도 있다.^{54,108}



박스 3.2 국가 차원의 포용과 형평성

글로벌 목표를 달성하기 위한 각국의 국가 내 전략과 이행 과정은 포용적이어야 하며, 사회, 경제, 정치적 불균형을 줄이는 공평한 결과를 가져와야 한다. 전략 수립에 있어 정부가 협의 과정을 거치고 기관 간 협력과 대중의 참여를 장려할 경우, 더 많은 사람들의 지지를 얻고 성공 가능성 또한 높아진다.¹⁰⁷ 건강, 부, 생계, 문화 등 인간의 복지(well-being)에 미칠 영향을 종합적으로 평가함으로써, 긍정적이고 지속적인 효과를 주는 조치 방안을 마련하고, 불평등 심화나 인권 침해를 방지할 수 있다. 마지막으로, 토착민과 지역공동체가 사용하고 있는 토지 및 수자원에 대한 소유권을 신속하게 공식 인정함으로써¹¹¹ 토착민들이 원하는 미래를 스스로 추구할 수 있도록 보장해야 한다. 국가의 법률, 규정, 이행 과정이 다수의 지식체계와 관행을 공식적으로 인정하고 통합하며, 공정성, 권리 및 형평성을 뒷받침한다면, 공동의 결과 달성에 필요한 공통된 이해가 높아질 것이다.^{4,112}

박스 3.3 상충관계와 시너지 효과

기후, 생물다양성, 발전 목표를 개별적으로 접근할 경우 목표들이 상충될 위험이 높아진다. 예를 들면 다음과 같다.



- **토지이용의 갈등:** 기후변화 완화를 위한 조림활동과 바이오연료 생산은 생물다양성 보전목표에 위협요인이 될 수 있다. 해당 활동이 자연 서식지를 침범하거나 식량 작물 경작지를 감소시켜 식량안보를 위협할 수 있다.
- **에너지와 보전:** 기후 목표 달성을 위한 재생에너지 확대는 생물다양성과 생태계에 부정적 영향을 미칠 수 있다. 생태학적으로 민감한 지역의 담수 생태계를 파편화시키는 수력발전 댐 설치, 주요 광물의 채굴, 신규 전력라인 설치 등을 예로 들 수 있다.
- **형평성과 정의:** 탄소세는 배출량을 줄이는 한 방법이 될 수 있지만, 잘못 설계될 경우 저소득층에 과도한 부담을 줄 수 있다. 생물다양성 보전을 위해 조성된 보호구역이 토지 권리가 존중되지 않는 지역에서는 토지 수탈을 초래할 수 있고, 인근 지역공동체가 농지, 어장, 수자원 등 자연자원에 접근하는 것을 막을 수 있다.

신중한 계획수립과 조율을 통해 많은 갈등을 피하고, 상충관계를 최소화할 수 있다. 동시에, 목표를 위해 공조된 노력을 쏟으면 많은 잠재적 기회와 시너지를 창출할 수 있다. 예를 들면 다음과 같다.

- **보전과 기후행동:** 생물다양성과 생태계를 보호하는 것은 숲이나 습지 같은 탄소 흡수원을 보전하여 기후변화를 완화할 수 있다. 마찬가지로, 산림파괴를 줄이고 재조림을 촉진하는 등의 기후변화를 완화하기 위한 노력도 생물다양성 보전과 생태계의 회복탄력성에 기여할 수 있다.
- **청정 에너지 접근성:** 태양광 등 다양한 재생에너지는 현재 현대적인 에너지원에 접근하지 못하고 있는 지역 사회에 저렴하면서 안정적이고 지속가능한 에너지를 제공할 수 있다. 이와 같이 기후 목표 달성은 물론 사회경제적 발전까지 뒷받침할 수 있다. 에너지 효율화 조치는 에너지 빈곤층에게 혜택을 줄 수 있다.
- **기후 회복탄력성과 빈곤 감소:** 기후변화의 영향에 대응하기 위한 적응 조치는 특히 취약층의 빈곤 완화에 도움을 줄 수 있다. 지속가능한 농업 관행, 깨끗한 물에 대한 접근성, 그리고 인프라 개발을 통한 기후 회복탄력성 강화는 빈곤 감소도 동시에 촉진할 수 있다.

지역 및 글로벌 티핑 포인트에 근접해가는 현 상황에서 그 어느때 보다 시급한 것은, 생물다양성과 기후, 인간 복리의 긴밀한 연결성을 인식하고 상호 조율을 통해 목표를 달성해가는 것이다. 제4장에서는 글로벌 목표 달성에 도움이 될 수 있는 주요 해결책을 논의한다. 보다 나은 보전, 식량 생산과 소비의 전환, 청정 재생 에너지 시스템으로의 전환, 기후, 생물다양성, 지속가능발전 목표를 지원하도록 금융의 흐름을 전환하는 것 등을 다룰 것이다. 이런 해결책을 여러 차원에서 통합하고 조율한다면, 2030 글로벌 목표를 달성하고, 위험한 티핑 포인트를 피해 지속가능한 미래로 나아갈 수 있는 막대한 잠재력을 경험할 것이다.



기후변화로 인한 온난화와 여러 복합적 요인으로 인해 2022년 대게와 킹크랩의 개체군이 감소했다. 그에 따라, 당시 알래스카에서는 조기에 조업이 종료되었다.

제4장

지속가능한 해법

생물종 개체군과 생태계 기능, 인간에 대한 자연의 기여(NCP)를 유지하고 개선하며 기후의 안정성과 모두를 위한 번영을 이루기 위해서는, 해결할 문제의 크기에 걸맞은 수준의 보전 조치를 취해야 한다. 2030년까지 생물다양성 손실을 멈추고 회복으로 전환하려면, 전통적인 보전 방식을 더 큰 규모로 달성하는 것뿐 아니라, 식량 생산, 소비와 폐기, 에너지 사용량 및 유형과 같은 생물다양성 손실 요인과 이러한 시스템의 변화를 지원할 재정 문제를 체계적으로 해결해야 한다. 포용적이고 정의롭고 공평하며 인권에 기반을 둔 해법만이 지속적으로 변화를 이끌어 낼 수 있다.

자연 보전

생물다양성 감소를 보여주는 LPI와 더불어 관련 지표들은 불편한 진실을 보여준다. 생물종 및 생태계 보전을 위한 노력이 생물다양성 감소를 초래하는 끊임없는 압력의 속도를 따라가지 못했다는 것이다. 생물다양성 감소를 멈추고 되돌리려면 사회와 경제가 근본적으로 변화해 생물다양성에 가해지는 압력을 해소할 수 있어야 한다. 또한 자연을 돌보는 것은 더 이상 선택의 문제가 아니며 모두의 복리를 위해 필수적이라는 시각의 변화가 필요하다.

보전 접근 방법의 진화

역사적으로 보전 노력은 위기에 처한 생물종과 서식지를 보호하는 데 집중되었고 많은 성공을 거두기도 했다. LPI가 시사하는 생물종 개체군의 전체적 감소는 우려할 수준이지만, 보전 노력을 통해 규모가 안정화 또는 증가한 개체군도 LPI 데이터에서 다수 확인할 수 있다. 또한 보호나 보전구역 지정으로 포유류, 조류, 양서류의 멸종률이 20-29%³ 가량 둔화했으며 최근 한 분석에 따르면 보전 조치는 생물다양성 순증가 효과가 있었다.¹¹³ 하지만 개별적인 성공과 생물다양성 감소의 둔화만으로는 충분하지 않다.

보전 활동에 있어 전통적인 접근법에는 한계가 있으며 자칫 역효과를 가져올 수 있다. 좁은 시각으로 생물종에만 집중하다보면 세계의 각 문화권이 얼마나 다양한 방식으로 자연을 이해하고, 가치를 두며, 의존하고, 돌보고 있는지 간과하게 된다. 또한 다양한 생태계 기능과 인간이 얻는 생태계 효익을 모두 고려할 수도 없다. 최악의 경우 인간으로부터 자연을 보호하려는 시도가 인권을 침해하고 분쟁을 초래하기도 한다. 예를 들어, 보호지역 지정으로 인해 토착민과 지역사회가 본래 살던 땅에서 쫓겨나 자연자원에 접근할 수 없게 된 사례가 많이 있다.¹¹⁴

인간의 권리, 필요와 가치관을 고려하지 않는 보전 노력은 장기적으로 성공할 수 없다. 인권을 존중하고, 다양한 가치와 문화적 관점을 포용하며, 혜택을 공평하게 공유하는 ‘사람중심’의 ‘지역주도적’ 보전 노력이 점점 더 중요해지고 있다. 영국의 생태학자 조지나 메이스(Georgina Mace)는 이러한 관점의 변화를 “있는 그대로 보전하는 자연(nature for itself, 자연을 원 상태 그대로 보호하자는 기조)”에서 “인간활동에도 불구하고 보전하는 자연(nature despite people, 환경오염과 과도한 자원 이용을 줄이자는 기조)”으로, 나아가 “인간을 위해 보전하는 자연(nature for people, 자연이 제공하는 생태계 서비스를 유지하자는 기조)”과 “인간과 더불어 보전하는 자연(nature and people, 사회생태 시스템을 관리하자는 기조)”에 이르는 일련의 진화라고 설명한다.

다음 섹션에서는 생물다양성의 손실을 막고 회복시키기 위해 필요한 규모로 효과적인 보전을 지원할 수 있는 접근법과 인간이 얻는 혜택을 유지하기 위한 방법을 소개한다.



포용적이고 정의롭고
공평하며 인권에 기반을 둔
해법만이 지속적으로
변화를 이끌어 낼
수 있다.

보전 방식의 변화

더 효과적이고, 더 많은 보호지역 지정

전 세계적으로 약 30만 개에 달하는 보호지역이 지정되어 있으며 이는 육지의 16%, 바다의 8%를 차지한다(그림 4.1).¹¹⁶ 보호지역의 유형으로는 엄정자연보전지, 국립공원, 야생생물보호지역, 자연자원의 지속가능한 이용을 위한 보호지역 등이 있다.¹¹⁷ 최근 몇 년간 보호지역이 크게 확대되었음에도 불구하고, 보호지역은 여전히 지구의 생태적 다양성을 온전히 대표하지 못하고 있다. 담수 생태계의 비중이 불충분한 점을 예로 들 수 있다.¹¹⁸ 보호지역의 분포는 여전히 균등하지 않으며 인간에 대한 자연의 기여(NCP)를 모두 담지 못하고 있다.

보호지역을 지정한다고 해서 반드시 자연이 보호되리라 장담할 수는 없다. 아직도 많은 보호지역이 지속적인 위협에 노출되어 있으며 효과적인 관리를 보장할 역량을 갖추지 못하고 있다.¹¹⁹ 일부 보호지역은 제한적인 보호만 받고 있는 실정이다. 나아가 기존의 육지 및 해양 보호지역이 법적 보호를 상실하는 속도도 21세기 들어 점차 빨라지고 있다. 전 세계적으로 현존하는 보호지역의 8%에 상응하는 2억 4,700만 헥타르가 법적 보호를 상실했다.¹²⁰

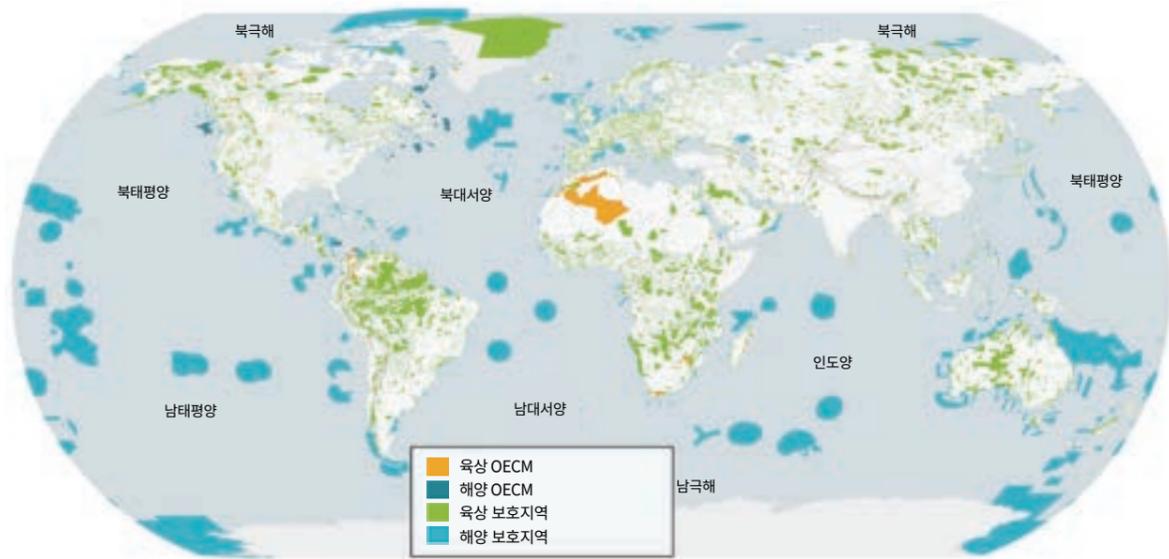


그림 4.1 보호 및 보전지역은 토지와 내수면을 비롯한 육상 생태계 2,730만 km²와 해양 생태계 3,600만 km²를 차지하고 있다. 또한 보고된 기타 효과적인 지역기반 보전수단(OECM)은 육상 생태계 219만 km²와 해양 생태계 422,294.82km²로 이루어져 있다. 출처: UNEP-WCMC, IUCN (2024)¹¹⁶

글로벌 목표를 달성하려면 향후 5년간 효과적인 보호지역의 비율을 대폭 확대해야 한다. ‘30x30 목표’라고도 불리는 글로벌 생물다양성 프레임워크(GBF)의 세 번째 실천 목표는 2030년까지 육지와 담수, 바다의 30%를 보호하는 것을 골자로 한다. 이 목표는 “생태학적으로 대표성이 있고 잘 연결되며, 공평하게 관리되는 보호지역 시스템 및 기타 효과적인 지역기반 보전수단(OECM)을 토대로, 적용 가능한 경우 토착 및 전통 영토를 인정”한다.⁹³ 두 번째 실천 목표는 2030년까지 훼손된 지역의 30%를 복원하는 것으로 다른 용도로 전환된 지역을 자연 상태로 복원하고 훼손된 자연 지역의 생태적 온전성 회복 및 개선을 통해 보호지역 간 네트워크와 연결성을 강화하고자 한다. 30x30 목표는 효과적인 보전 노력을 전례없는 수준으로 확대할 수 있는 절호의 기회이며, 과거의 실수를 반복하지 않고 토착민과 지역 공동체의 권리를 존중하는 방식으로 이루어져야 한다(박스 4.1).



박스 4.1 남아프리카공화국의 보호지역 확대

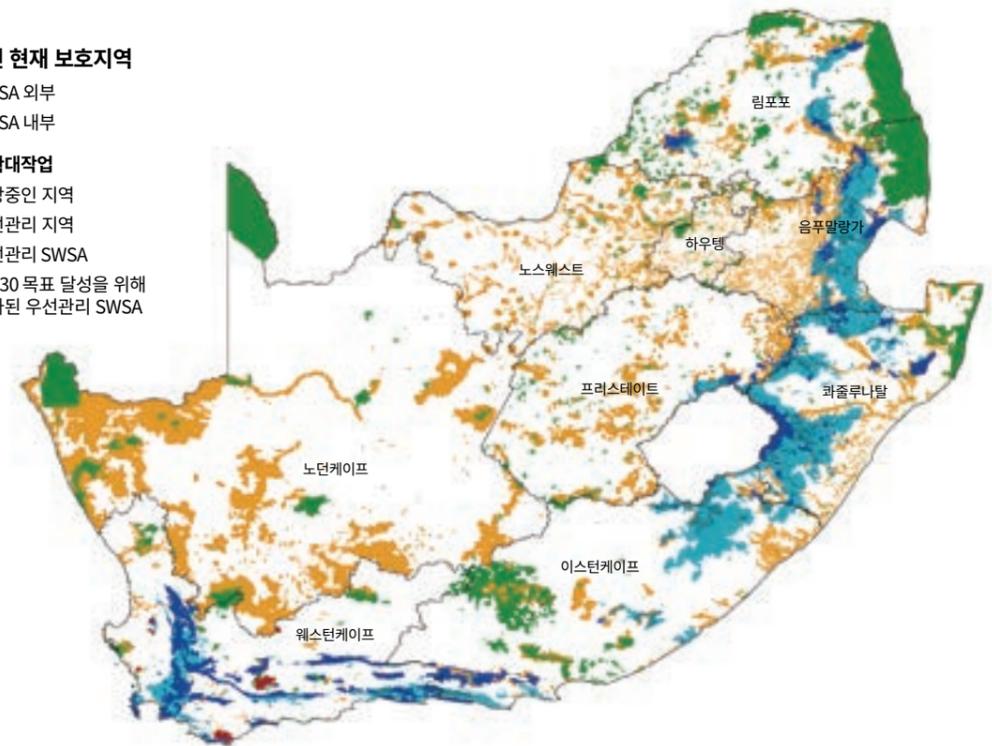
남아프리카공화국은 기존의 보호지역이 자국의 생태계를 온전히 대표하지 못하고 있고 생태적 지속가능성을 이루거나 기후변화에 대한 회복탄력성을 강화해주지 못한다는 문제의식을 가지고, 정부 주도 하에 체계적인 보전 원칙을 적용해 보호지역 확대 전략을 수립했다.¹²¹ 가장 최근 발표된 계획¹²²에서는 인간의 생계와 복리를 위해 필요한 온전히 보전된 생태계 지역을 포함한다. 남아프리카공화국은 보호지역의 확대가 국민들에게 중요한 생태계 서비스를 제공하여 자국의 발전목표 달성이 용이해지도록 신중하게 계획했다. 예를 들어, 물 안보에 중요한 지역을 전략적 수원지역(strategic water source areas, SWSAs)으로 지정해 우선 관리한다. 전략적 수원지역은 전체 표면적의 불과 10%를 차지하는 반면 지표수의 50% 이상을 공급하며 국가 경제의 3분의 2 이상을 지탱한다. 30x30 목표에 따른 남아프리카공화국의 SWSA 사례와 같이 기타 효과적인 보전수단의 활용을 강화해 인간에게 다양한 혜택이 돌아가도록 할 필요가 있다.

2023년 현재 보호지역

- SWSA 외부
- SWSA 내부

계획된 확대작업

- 협상중인 지역
- 우선관리 지역
- 우선관리 SWSA
- 30x30 목표 달성을 위해 추가된 우선관리 SWSA



박스 속 그림 4.1 남아프리카공화국은 30x30 목표에 기반해 남아프리카 국립 보호지역 확대전략(NPAES)을 수립해, 전략적 수원지역(SWSAs)과 같이 인간에게 여러 혜택을 제공하는 지역이 보호지역 시스템에 포함되도록 확대했다.¹²²⁻¹²⁴

더 다양한 보전 방식: 기타 효과적인 지역기반 보전수단(OECM)

공식적인 제도 하의 보호 조치가 생태계와 생물다양성 보전에 최선의 해법이 아닌 지역도 있다. 그래서 글로벌 생물다양성 프레임워크(GBF)는 기타 효과적인 지역기반 보전수단(OECM)도 언급하고 있다. OECM 프레임워크는 반드시 생물다양성 보전을 최우선 목표로 삼지 않더라도 장기적인 보전 혜택을 가져다주는 민간, 공동체, 국가 소유 토지에서의 활동을 반영할 수 있다는 장점이 있다.¹²⁵ 예를 들면 농업 시스템이나 관리 중인 산림의 유휴구역, 보전되고 있는 집수지역, 지역 차원에서 관리 중인 해양지역과 자연 성지가 이 경우에 해당한다. OECM은 생태계 및 생물종 개체군을 보전하고 생태계 기능과 서비스를 유지해 줄 뿐 아니라 그 외 생산적인 이용도 가능해¹²⁶ 효과적이고 포용적인 보전이 가능하다. 현재 10개국 856곳의 OECM이 확인되어 보고되고 있다(그림 4.1).¹¹⁶ OECM은 지역 공동체의 생계와 문화적 관습을 지탱하고 생물다양성 보전에도 더 큰 기여를 할 수 있는 잠재력이 있다.¹²⁷ OECM의 전체 효과와 소요 비용은 강력한 정책과 규제에 달려있으며 향후 구체화할 필요가 있다. 동시에 글로벌 보전 목표 달성 과정에서 OECM이 맡을 역할을 꾸준히 최적화하기 위해서는 지속적인 평가가 필요하다는 점을 강조해야 한다.



OECM의 네 가지 기준

지리적 구분

보호지역과 중복되지 않음



a.

공정한 거버넌스 및 관리

정부기관, 토착민, 민간 부문의 개인이나 조직



b.

생물다양성의 장기적 보전

보호지역과 유사함



c.

생태계 서비스 보전 및 지역의 가치 존중

생물다양성을 지역 가치의 일부로 관리



d.

포용성 확대: 토착민 및 지역 공동체의 영토

생물다양성이 온전하게 유지된 장소의 대부분은 수십 년 동안 이를 지속가능하게 관리해 온 토착민 및 지역 공동체의 영토에 속해 있다. 이들이 소외될 경우, 보호지역은 사회적으로 해를 끼칠 뿐 아니라 생물다양성 목표의 장기적 달성 가능성을 저해할 수 있다.¹²⁹ 반면, 공평하고 포용적이며 토착민과 지역 공동체의 권리 및 역할을 증진시키고, 이들에게 환경을 관리할 수 있는 권한을 부여하는 보전 접근법은 효과적이고 장기적인 생물다양성 보전으로 이어지는 경우가 많다.¹³⁰

토착민과 지역 공동체의 영토와 권리를 공식적으로 인정하고 지원하는 것은 광범위하게 생물다양성을 보전하는 가장 효과적인 방법 중 하나가 될 수 있다. 최근 분석에 따르면, 전통적으로 토착민이 전 세계 토지 면적의 4분의 1을 소유, 관리, 사용 및/또는 점유하고 있으며, 이 지역에는 공식 보호지역의 약 35%와 나머지 온전한 육상 면적의 약 35%가 포함되어 있다(그림 4.3).¹³¹ 토착민과 지역 공동체는 오랜 기간 동안 생물종과 생태계를 지속가능하게 관리해 온 경우가 많다.¹³² 최근 연구에서는 토착민과 지역 공동체가 자연자원의 관리, 보전 노력을 이끌거나 이에 참여할 때 긍정적인 생태학적 및 사회적 결과를 낼 수 있다는 결과를 확인했다.¹³²⁻¹³⁵

토착적 가치와 철학은 보통 자연과 문화의 개념을 구분하지 않는 특성을 보인다. 이 특성은 야생 및 가축화된 생물종의 지속가능한 관리에 기여하고, 이러한 관리 시스템은 육지 경관이나 해양 경관에도 종종 적용된다. 이 개념에 더해 인간과 인간 외 생물 사이의 깊은 연대감이 존재한다고 믿으며, 서로 구분하지 않는다. 그 결과, 페루, 에콰도르, 볼리비아와 같은 국가에서는 산과 강에 법적 권리를 부여하기도 한다.¹³⁶

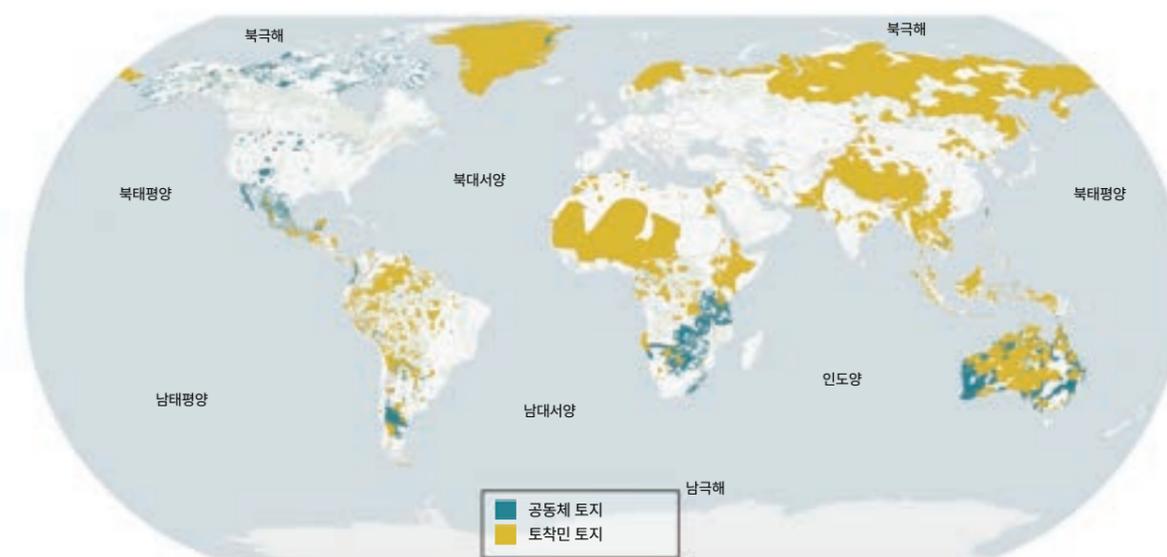


그림 4.3 정부 인정 및 미인정 토착민 영토와 전통 공동체 토지. 출처: WWF 외 (2021)¹³⁷ 재구성.

인간에 대한 자연의 기여

보호지역 및 OECM 확대와 보전에 대한 인권 기반 접근법(human-rights based approach to conservation)의 체계적인 적용은 생물다양성 회복과 위협한 티핑 포인트를 피하기 위해 시급하게 실천해야 하는 최우선 과제이다. 가장 중요한 지역을 파악하고 해당 노력에 대한 지원을 동원하는 과제도 마찬가지로 중요하다. 그런 점에서 인간에 대한 자연의 기여에 집중하는 것은 효과적인 접근법 중 하나이다.

자연은 인간에게 물질적 충족, 생계 유지, 농작물 수분, 물의 관리 및 정화, 탄소 저장, 홍수나 연안 폭풍과 같은 위험으로부터 보호, 문화적으로 가치 있는 기회와 경험 등을 제공한다. 위성 데이터, 생물물리학적 모델, 사회경제문화적 정보를 통해 우리는 자연이 어디서, 어떻게 인간을 이와 같이 지원하는지 추정할 수 있다. 인간에 대한 자연의 기여 중 14가지를 분석한 자료에 따르면, 자연이 제공하는 혜택의 90%는 육지의 30%와 근해의 24%에서 발생한다(그림 4.4).¹³⁸ 해당 지역을 보전하면 세계 인구 87%가 직접적으로 혜택을 누릴 수 있게 되며, 이 중요한 지역은 토착민 및 공동체 토지의 96%, 탄소 저장을 통한 기후조절에 있어 가장 중요한 지역의 80%, 그리고 육상 포유류, 조류, 파충류, 양서류 60%의 서식지와도 겹친다.

즉, 글로벌 목표를 달성하기 위해 이 지역들은 올바른 환경 관리(stewardship)를 강화하고, 생물다양성 손실에 대한 위협을 시급히 해결해야 한다. 하지만 모든 인류가 자연의 혜택을 얻고, 육상 생물다양성을 보전하며, 생태계의 탄소저장을 유지하기 위해서는 육지 표면의 절반 가까이를 적절히 관리해야 한다.¹³⁹ 이를 위해 우리는 인간에 대한 자연의 기여를 유지하기 위한 도구로서 보호지역을 넘어, 토착민 및 지역사회의 토지소유권 강화, 생태계 서비스에 대한 보상, 지속가능 관리 등과 같은 다른 기회들을 파악해야 한다. 전지구적 분석은 초기 평가와 맥락 설정에 도움을 줄 수 있지만, 지속가능발전 및 보전을 위한 전략이 효과적이기 위해서는 각 지역과 공동체의 관점 및 현실에 기초하고 있어야 한다. 자연의 다양한 가치를 이해하고 보전을 한 현지의 의사결정 과정에 해당 가치를 반영해야 하지만, 상당수는 여전히 지도화되지 않았거나 글로벌 매핑에 요구되는 일반화가 어렵다.¹⁴⁰

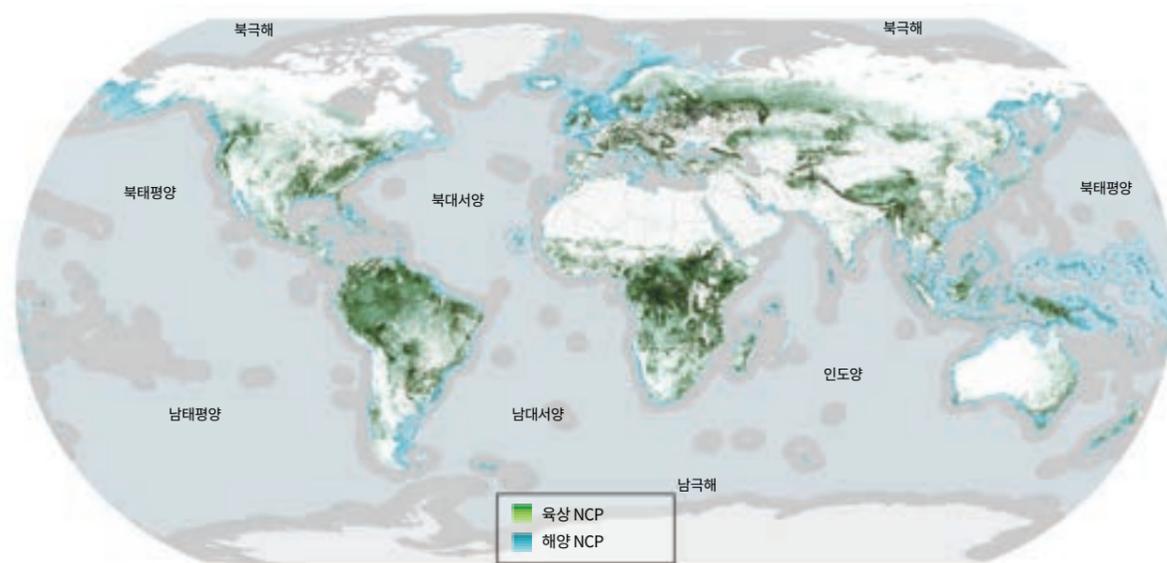


그림 4.4 현지 NCP 12가지, 글로벌 NCP 2가지(이 중 12가지는 육상 영역, 3가지는 해상 영역의 기여이며, 해안 위험 감소는 공동 영역임). 더 짙은 색은 더 높은 수준의 혜택을 더 많은 인간이 누린다는 것을 나타낸다. 육지의 30%와 근해의 24%는 인간에게 이와 같은 14가지 혜택 중 90%를 제공한다. 출처: Chaplin-Kramer 외 (2023)¹³⁸

인간에 대한 자연의 기여 분석은 보전의 미래에 무엇이 중요할지를 강조한다. 핵심 자연 지역의 3분의 1은 농업, 재생에너지, 석유 및 가스, 광업, 도시 확산 등 개발에도 매우 적합하다.¹³⁹ 계획 시스템에 자연의 가치를 모두 반영하여 다기능적 경관을 설계할 때 혜택과 상충요소를 투명하게 관리함으로써 자연을 보전하면서 인간의 필요를 충족하는 것이 매우 중요하다(박스 4.2).



박스 4.2 에너지 전환을 위한 토지 공유

인간에 대한 자연의 기여에 핵심적인 지역 중 약 20%는 풍력 및 태양광 발전 잠재력도 크다. 우리는 에너지 전환을 반드시 확대해야 하지만, 공동의 목표를 공평하게 충족하는 방법을 찾아야 한다. 좋은 예시로는 들꽃 및 수분매개자의 먹이원을 태양광 패널 근처에 조성하거나, 태양광 또는 풍력 발전기를 농작물이나 가축 사이사이에 배치하여 그들과 냉각효과를 제공해 생산성을 높이는 방법이 있다. 이러한 혁신이 우리에게 필요한 다기능성을 광범위하게 제공할 수 있도록 혁신의 방법을 시험하고 발전시켜야 한다.



사회적 도전과제 해결을 위한 자연의 사용: 자연기반 해법

자연을 보전하면 인간에 대한 자연의 기여가 유지되고 강화되어 사회적 혜택이 커지지만, 기후 완화 및 적응, 재해 위험 감소, 식량안보, 물 안보, 인류 건강 등 구체적인 사회적 문제를 해결하기 위해 자연과 협력하는 방법에 대한 관심도 증가하고 있다.¹⁴¹ '자연기반 해법'으로 알려진 이 접근법은 생물다양성, 기후 및 인간 복리를 위한 혜택을 동시에 제공한다는 목적이 있다(그림 4.5).¹⁴² 자연기반 해법은 재조림, 범람원 재연결, 혼농임업, 습지 및 맹그로브 복원, 재생 농업 등 다양하며, 탄소 포집, 생계 개선, 식량 생산량, 침식 방지, 물의 질과 양, 공기질, 홍수 및 가뭄 완화, 해안 보호 등을 실현하기 위해 사용할 수 있고 동시에 생물다양성 증진에도 도움을 준다.

자연기반 해법은 기후, 생물다양성 및 지속가능발전의 글로벌 목표를 달성해 나가는 데 상당히 유용하다. 기후 완화를 위한 자연기반 해법은 온실가스 배출량을 연 6~11 Gt CO₂eq(현재 인류가 발생시키는 연간 온실가스 배출량의 10~19%)을 감축할 잠재력이 있다(그림 4.6, 산정법 출처: Roe 외 (2021)¹⁴³, Nabuurs 외 (2022)¹⁴⁴). 또한, 생태계의 보전, 지속가능 관리 및 복원은 인간뿐 아니라 다른 생물종이 기후변화의 영향에 적응할 수 있도록 돕는다.¹⁴⁵



그림 4.5 자연기반 해법은 생태계의 보호, 복원 및 지속가능한 관리를 통해 구체적인 문제를 해결함으로써 인간의 복리, 생물다양성 및 지속가능발전에 기여한다.

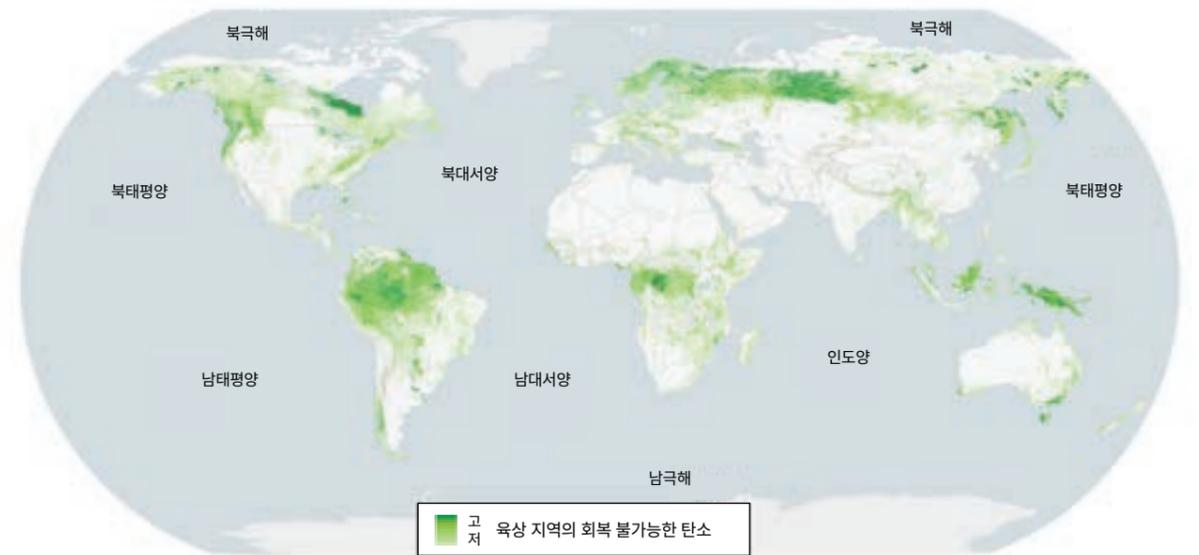


그림 4.6 회복 불가능한 탄소의 분포. 이러한 고탄소 생태계가 전환될 경우, 복원을 하더라도 이 생태계에 저장된 탄소는 2050년까지 회복이 불가능하다. 그러므로 이 지역의 생태계 보호는 기후 완화를 위한 자연기반 해법의 최우선이 되어야 한다. 그림의 색은 기후 완화를 위해 자연기반 해법을 우선적으로 적용할 육상 지역을 나타내고 있다. 색이 짙을 수록 탄소 밀도가 더 높은 지역을 나타내고, 최대 농도는 헥타르 당 895 톤이다. 출처: Noon 외 (2021)¹⁴⁶

티핑 포인트의 관리

티핑 포인트 관리는 티핑 포인트를 초래하는 중요 전환점이나 갑작스러운 변화를 파악하고 이를 해결하기 위해 적절한 조치를 취하는 행동을 포함한다(제2장 참조). 이 행동은 변화(예: 기후변화, 토지 이용 변화, 오염 및 채취)를 초래하는 요인의 감소, 복원 및 보존 노력을 통한 생태계의 회복탄력성 강화, 적응 관리 전략 등 생태계의 기능을 유지시키기 위한 조치를 포함할 수 있다.¹⁴⁷ 국지적, 지역적 티핑 포인트를 파악하는 방법에는 LPI 등과 같은 생태 지표를 모니터링하고, 변화 요인과 생태계 반응 사이의 관계를 이해하기 위한 모델링 연구를 수행하는 방법 등이 있다.^{148,149} 티핑 포인트 관리는 산호초에서 과도한 조류 성장을 방지하기 위한 어류 개체군의 관리, 기후변화에 직면한 상황에서의 담수 생태계의 관리, 서식지 전환 제한을 통한 지중해 생태계의 사막화 방지 등 몇 가지 사례에 사용되어 왔다. 그러나 그 필요성이 증가하고 관련 역량이 향상됨에 따라 보다 일반화될 것이다.¹⁵⁰⁻¹⁵² 이는 우리가 기후변화의 위협을 받는 주요 생태계를 관리하고, 이번 세기 후반에 대기 온난화가 안정화될 때까지 티핑 포인트를 방지할 수 있도록 도움을 준다.¹⁵³

지속가능한 미래를 위한 모든 부문에 걸친 원인 해결

앞서 언급한 모든 접근법을 통해 자연을 보다 효과적으로 보전하고 관리할 수 있다. 그러나 자연 파괴의 근본 원인을 해결하지 않으면 어떤 접근법도 성공적일 수 없다. 근본 원인은 소비 및 생산 방식, 인구 역학 및 추세, 무역, 기술 혁신, 미비하거나 실패한 현지 및 글로벌 거버넌스 등이 있다(박스 4.3).³ 이하에서는 글로벌 목표를 달성하기 위해 필요한 가장 중요한 시스템 전환 세 가지를 살펴볼 것이다.



박스 4.3 지역 수준에서의 공평한 전환

글로벌 목표 달성을 위한 조치는 지역에 맞춰져야 한다. 토지, 산림, 어업, 물, 농업 및 기타 자연자원의 관리에 대한 다양한 가치와 관점을 포용함으로써 공평하고 오래가는 현지 해법을 동시에 개발할 수 있다.¹⁴ 토착 및 현지 지식의 가치를 인정하면서 육상 및 해양 환경을 더 효과적으로 보전할 수 있다.¹³²

보전 조치가 최대 잠재력을 발휘하기 위해서는 보전 조치와 연관된 사람들이 혜택을 누릴 수 있어야 한다. 지역 공동체, 소농, 소규모 어부와 같은 자연자원 사용자가 각자의 필요에 맞는 맞춤형 시장과 금융 서비스에 접근하고, 기술을 도입하거나 효과적인 비즈니스 모델 개발에도 지원받을 수 있도록 보장하는 노력을 예로 들 수 있다.¹⁵⁴ 시장 기반 접근법이 적용되지 않는 경우, 혜택 공유 메커니즘¹⁵⁵과 자연 관리에 대한 보상¹⁵⁶은 인간과 자연 모두에게 지속적인 긍정적 결과를 가져올 수 있다.



식량 생산은 육지 서식지 파괴와 생물다양성 손실, 온실가스 배출을 초래하는 가장 큰 요인이다.

식량 시스템

글로벌 식량 시스템은 본질적으로 비논리적이다. 이 시스템은 생물다양성을 파괴하고 전 세계 수자원을 고갈시키며 기후를 변화시키고 있으나, 막상 인간이 필요로 하는 영양소는 제공하지 못한다. 기록적인 식량 생산량에도 불구하고 매일 밤 약 7억 3,500만 명이 굶주린 상태로 잠자리에 든다.¹⁵⁷ 세계 인구의 3분의 1에 달하는 인구가 영양가 있는 음식을 정기적으로 충분히 섭취하지 못하고 있는 반면, 비만율은 증가하고 있다.¹⁵⁸ 식량 생산은 생물다양성 감소의 주 요인 중 하나로 서식지 손실을 야기하는 주된 원인이며 물 사용량의 70%, 온실가스 배출량의 25% 이상을 차지한다.^{159,160} 현재의 식량 시스템 내에서 건강 약화와 환경 파괴로 발생하는 숨겨진 비용은 연간 미화 10~15조 달러에 달하며, 2020년 글로벌 GDP의 12%와 맞먹는다.^{161,162} 모순되게도, 다른 어떤 식량 시스템이 현재와 미래 인류에게 식량을 공급할 능력을 저해하고 있는 것이다. 말이 되지 않는 일이다.



현 식량 시스템의 문제점

식량 시스템은 우리가 사는 지구의 모습을 바꾸어 놓았다. 현재 생명체가 살 수 있는 땅의 40%(약 42억 헥타르)가 인간을 위한 식량 생산에 사용되고 있다.¹⁶³ 그 40% 중 71%(30억 헥타르)는 가축 방목에 사용되며 약 12억 헥타르가 농작물 재배에 사용된다. 이 42억 헥타르 외에도 추가로 4억 6천만 헥타르는 축산(예: 적색육, 유제품, 가금류)을 위한 사료 생산에 사용되어 결과적으로 모든 농경지의 82%가 가축을 먹이는 데 사용되고 있다(그림 4.7).¹⁶³ 생산물의 다양성도 지난 100년간 감소했다. 농작물 품종의 90% 이상이 농장에서 없어졌고, 많은 가축의 품종이 절반 넘게 사라졌다. 그 결과, 전 세계에서 주요 10개 농작물(보리, 카사바, 옥수수, 아자기름, 유채, 쌀, 수수, 콩, 사탕수수, 밀)이 모든 수확된 식량 칼로리의 약 83%를 차지하고 있다.¹⁶⁴ 대부분의 어업이 얇은 연안 구역에 집중되어 있기는 하지만 상업적 어업이 바다의 절반 이상(>55%)에서 진행되고 있어¹⁶⁵ 서식지 파괴와 멸종위기종이 처한 위험을 가중시키고 있다.¹⁶⁶ 또한 300만 헥타르 이상의 맹그로브 지대와 기타 연안서식지가 양식업, 특히 새우와 틸라피아 양식을 위해 전환되었고 이 추세는 계속되고 있다.¹⁶⁷

현재의 글로벌 식량 시스템

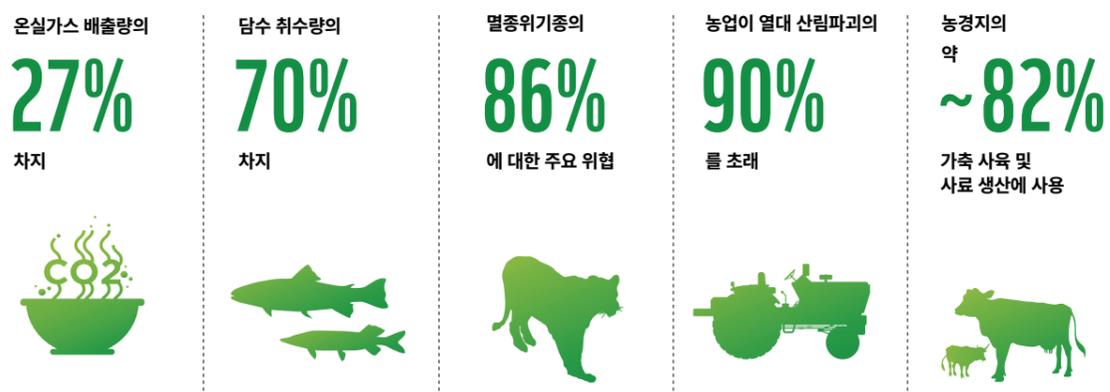


그림 4.7 식량 생산은 전 세계 환경 변화의 가장 큰 원인이며 급격한 환경 파괴의 주된 요인이기도 하다. ^{159,163,168,169}

산림 파괴와 서식지 전환

식량 생산은 육지 서식지 파괴의 주된 요인으로,^{159,169} 생물다양성 손실과 온실가스 배출을 초래한다. 산림 파괴의 약 90%는 주로 생물다양성이 풍부한 열대와 아열대 지역¹⁶⁹에서 숲을 농지로 전환한 결과다.¹⁶⁸ 라틴 아메리카와 아프리카, 아시아와 태평양 지역의 지역별 LPI에 나타난 척추동물 개체군 규모가 급격히 감소했다는 점이 이를 반증한다.

산림 파괴와 서식지 전환은 장기적으로 식량 생산을 저해할 수 있다. 예를 들어, 아마존의 산림은 주로 소 목축¹⁷⁰때문에 지속적으로 파괴되면서 숲이 매우 건조해질 수 있고, 제 2장에서 다루었던 티핑 포인트를 넘을 위험에 처한다.^{92,171} 이어지는 폭염과 물 부족 현상은 농업 생산에 큰 타격을 입힌다.^{172,173} 인근의 세라도 생물군계(Cerrado biome)에서는 숲과 사바나의 전환이 증가하면서 이 지역의 기후와 물 순환에도 영향을 미치고 있다.¹⁷⁴ 브라질이 전 세계 최대 농산물 순수출국인 점을 고려할 때,¹⁷⁵ 아마존과 세라도 지역의 생산성 감소는 전 세계 식량 공급망을 교란할 것이다.

담수 고갈과 서식지 변화

전 세계적으로 농업은 총 담수 취수량의 70%를 차지한다.¹⁷⁶ 많은 지역에서 지속불가능한 취수로 지하수가 고갈되었고¹⁷⁷ 지표수와 강의 유량 또한 감소했다. 전 세계 호수 절반 이상이 수위가 낮아진 것¹⁷⁸은 예로 들 수 있다. 담수의 고갈과 더불어, 식량 생산은 농업 기반시설(예: 관개용 댐, 범람원 확보용 제방)에 의한 하계의 광범위한 변화, 농업과 양식업을 위한 습지의 전환과 환경오염을 초래했다. 이와 같은 농업의 영향 때문에 담수 생물다양성이 감소하고 있으며, 담수 척추동물 개체군의 LPI가 가파르게 감소하고 있는 모습에서 이를 확인할 수 있다(제 1장 참고). 식량 생산을 위한 담수의 지속불가능한 사용은, 특히 기후변화로 강우 유형이 교란되고 가뭄이 심해지면서 식량 생산 자체에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 미국 서부에서는 콜로라도강 강물의 80%로 미국의 농지 15%에 물을 공급하고 있으며, 소 먹이 작물 경작에 콜로라도강 유역 전체 물 소비량의 55%가 사용된다.¹⁷⁹ 이 정도 수준의 취수와 가뭄이 지속된다면, 콜로라도 강의 유량은 이번 세기 중반까지 30%, 세기 말까지는 55%가 감소할 수 있다.¹⁸⁰

어업

해양 어획 및 담수 어업에서 얻는 수산물의 양은 매년 9천만 톤에 이른다. 수산물은 전 세계에 매우 중요한 영양 공급원이다. 30억 명이 이른바 블루푸드(blue food, 수생 동식물 또는 조류로 만든 음식¹⁸¹)에서 필수 영양소와 최소 20%의 동물성 단백질질을 얻고 있다. 5억 명이 영양소 섭취를 위해 해양 생태계에 “크게 의존”하고 있으며¹⁸² 1억 6천만 명이 담수 어업에 의존해 식생활을 하고 있다.¹⁸³

그러나 어업은 이제 한계에 내몰리고 있다. 전 세계 해양 어류자원의 37.7%가 ‘남획’으로 분류된다.¹⁸¹ 과도한 자원이용은 어류 개체군을 직접적으로 위협하는 동시에 전체 해양 생태계의 회복탄력성을 약화시켜 해당 지역의 티핑 포인트를 넘을 위험을 가중시킨다. 패럿피시(parrotfish)의 남획으로 카리브해 산호초의 회복탄력성과 어업 생산이 감소했던 제 1장의 사례는 한 가지 예시에 불과하다. 기후변화 또한 일부 지역의 어류 자원을 티핑 포인트로 몰아가고 있다.¹⁸⁴ 발트해 서부에서는 지속불가능한 어획과 환경 변화로 대구의 개체수가 붕괴하다시피 감소했다. 대구는 기후변화로 상승한 수온에 적응하지 못한 어종인 만큼 개체수 반등이 거의 불가능하다.¹⁸⁵ 담수 어업 또한 위협을 받고 있다. 담수 어획량의 주된 부분을 차지하는 회유성 어류 개체군 규모가 서식지 변화, 남획, 환경오염과 기후변화로 인해¹⁸³ 1970년 이후로 평균 81% 감소했다.¹⁸⁶

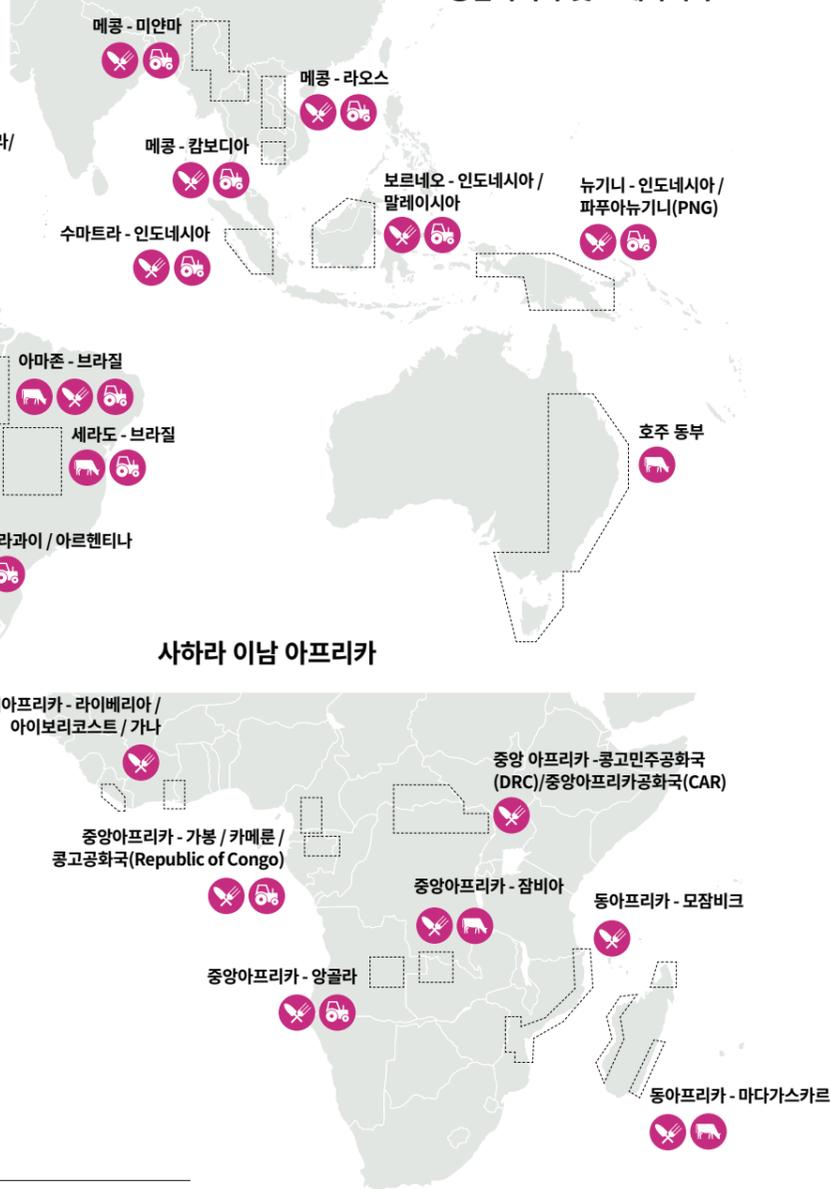
생물종의 멸종

글로벌 식량 시스템은 생물다양성 손실의 주 요인이다.¹⁵⁹ 멸종위기 상태인 육상 조류와 포유류 종의 80% 이상이 농업에 의한 서식지 손실 때문에 위험에 처해 있다(그림 4.8).¹⁸⁷ 한편 해양생태계에서는 남획이 생물다양성 감소의 큰 원인이다.³⁶ 야생동물의 감소는 식량 시스템 자체를 위협한다. 예를 들어, 특정 수분매개자가 거의 멸종상태에 이르면 농업 생산의 5~8%가 위태로워지며, 그 가치는 연간 미화 2,350~5,770억 달러에 달한다.¹⁸⁸ 농작물의 다양성도 감소하고 있다. 인류의 영양소 섭취량의 86%가 불과 17가지 농작물에 편중되어 있다.¹⁸⁹ 식량 작물의 다양성이 감소하면 농업의 회복탄력성이 낮아지고, 해충과 기상이변에 더욱 취약해진다.¹

라틴아메리카



동남아시아 및 오세아니아



사하라 이남 아프리카

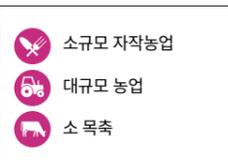
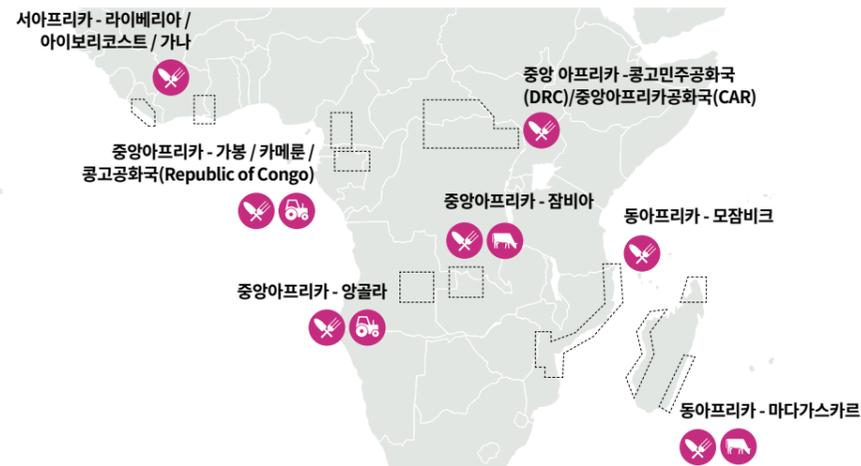


그림 4.8 식량 생산은 생태계 전환의 주된 요인이다. 상업적 농업, 목축업, 소규모 자작농업이 각각 미치는 상대적 영향은 지역마다 다르나, 모두 생태계 전환을 야기한다는 점에서는 같다. 멸종위기 상태인 육상 조류와 포유류 종의 80% 이상이 농업으로 인한 서식지 손실 때문에 위험에 처해 있다.¹⁸⁹

식량 시스템 변화를 위해 무엇이 필요한가?

결국 우리가 '무엇'을 먹고 그것을 '어떻게' 생산하는 지가 인류의 운명을 결정할 것이다. 하지만 식량 시스템이 환경 파괴의 가장 큰 요인임에도 불구하고 정작 주요 국제 환경 정책은 이를 충분히 다루고 있지 않다. 2019년 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)와 생물다양성 과학기구(IPBES)가 2030년까지 기후와 생물다양성 목표를 달성하는 데 있어 식량 시스템의 변화가 중추적이라는 점을 강조한 바 있으나,¹ 파리협정과 글로벌 생물다양성 프레임워크는 식량 문제를 대체로 간과하고 있다. 일부 국가가 국내 기후 계획에서 농업을 언급하고는 있지만, 식량 손실과 폐기물 감축, 지속가능한 식단이나 식량 소비와 같은 식량 시스템의 기타 영역들에 대한 목표치를 세운 나라는 극히 드물다.¹⁹⁰

지난 몇 년간 많은 보고서, 로드맵, 이니셔티브가 생물다양성, 기후, 발전 목표 달성을 위한 긍정적인 식량 시스템 개선안을 제시해왔다. '지구 위험 한계선'(planetary boundaries)¹⁹¹ 안에 있는 100억 인구에게 건강한 식단을 제공하는 방법부터, 농업이 온실가스 배출원에서 탄소흡수원으로 거듭날 수 있는 방법에 이르기까지, 다양한 제안을 포함한다.¹⁹² 그러나 여전히 2030년과 그 이후를 대비하여 과학적 근거를 바탕으로 명확한 목표를 제시하는, 식량 시스템 변화를 이끌어 낼 글로벌 차원의 통합적인 의제는 전무하다. 글로벌 의제는 기후, 생물다양성, 지속가능한 발전을 위한 글로벌 목표에 따라 국가 및 지역 차원의 행동에 일관된 방향성을 제시할 수 있을 뿐 아니라, 민간 부문의 노력을 이끌고, 필요한 재정을 동원하는 데 도움이 된다.

WWF는 이 의제의 네 가지 목표를 아래와 같이 제안한다.

1. 자연이 번성할 수 있게 하면서도 동시에 모든 이에게 충분한 식량을 제공하도록 '네이처 포지티브(nature-positive)' 방식의 식량 생산을 확대한다.
2. 티핑 포인트를 초래하지 않는 방식으로 생산된, 영양이 있고 건강한 식단을 전 세계 모든 사람들이 누릴 수 있게 한다.
3. 식량 손실과 폐기량을 줄여, 생산된 식량 중 실제 섭취되는 비중을 늘린다.
4. 지속가능하고 회복 탄력적인 '네이처 포지티브' 식량 시스템을 위한 바람직한 거버넌스를 촉진하고 재정적 지원을 확대한다.

상기 네 가지 목표를 모두 달성해야만 글로벌 목표(예: 온실가스 배출 감축 목표, 그림 4.9 참고)를 실현할 수 있다. 글로벌 목표가 방향성을 제시해 줄 수는 있지만, 전 세계 각 지역 식량 시스템에는 상당한 차이가 있다. 따라서 해법 또한 해당 지역의 환경, 문화, 사회경제적 상황에 부합해야 한다. 여기서 중요한 것은 '사람이 핵심'이라는 점이다. 특히 한 번의 수확 실패로 재정적 파탄에 이를 수도 있는 농업과 어업 종사자들을 그 중심에 두어야 한다.

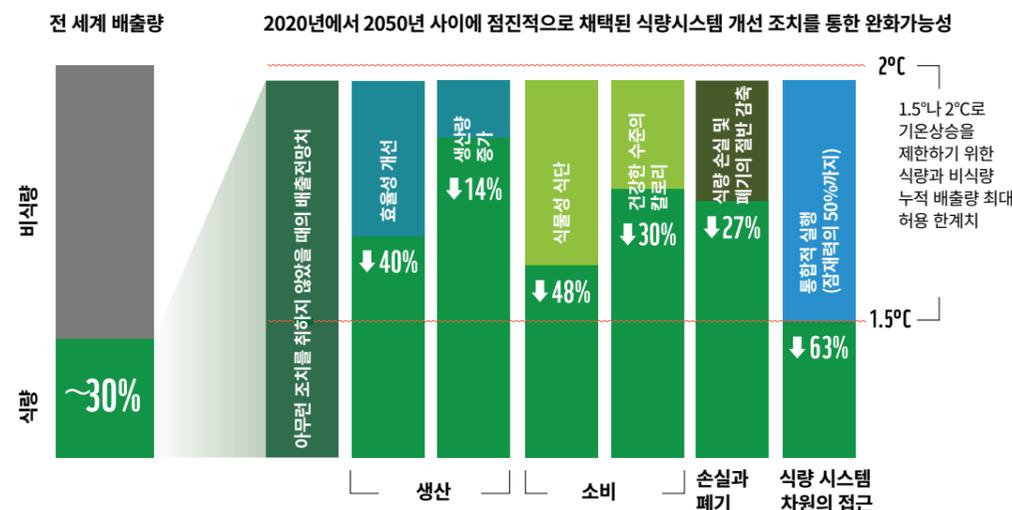


그림 4.9 네이처 포지티브 생산으로 전환하고(생산), 영양이 있고 건강한 식단을 모두에게 제공하며(소비), 식량 손실과 폐기량을 줄였을 때(손실과 폐기) 달성할 수 있는 완화 가능성을, 지구온난화를 2°C나 1.5°C로 제한하기 위한 남은 탄소 예산과 비교했다. 아무런 조치도 취하지 않았을 경우(BAU, Business as usual)에는 남은 탄소예산을 모두 소진하는 반면, 식량 시스템 차원의 접근(세 가지 조치를 동시에 실행)을 충분한 자원과 양질의 거버넌스로 지원한다면 기온 상승을 1.5°C로 제한할 수 있다.¹⁹³ 출처: WWF (2022)¹⁹³ 재구성.



네이처 포지티브 생산

추가적인 확장을 방지하기 위해서는 작물 생산량과 축산 생산성을 지속가능한 방식으로 최적화해야 한다. 많은 지역에는 생산량을 개선할 수 있는 기회가 존재하지만(그림 4.10), 이러한 개선 작업은 담수 자원에 추가적인 압박을 가하거나, 온실가스 배출량을 증가시키거나, 질소 및 인 오염을 악화시키지 않는 방식으로 이루어져야 한다. 일부 지역에서 시행하는 농업 생태학, 재생 농업, 보전 농업, 기후 스마트 농업 등 네이처 포지티브 생산 관행은 농장의 다양성을 강화하고, 생물다양성을 복원하며, 탄소 저장량을 늘리면서, 추가적인 투입재 없이 생산량을 증가시킬 수 있다.¹⁹⁴ 투입재가 필요한 경우에는 거의 아무런 영향 없이 투입재를 흡수하는 자연 시스템의 능력을 더 잘 이해해야 한다. 네이처 포지티브 관행에 관한 연구는 여전히 널리 이루어지지 않고 있지만, 초기 연구 결과는 높은 잠재력을 보여준다. 한 연구는 농부들이 재생 농업 관행으로 전환함으로써 작물생산량과 이익을 늘리고, 15~25% 수준의 투자수익률을 달성할 수 있다고 파악했다(박스 4.4).¹⁹⁵ 여러 다른 연구에서도 비슷한 결과가 나왔다.¹⁹⁶

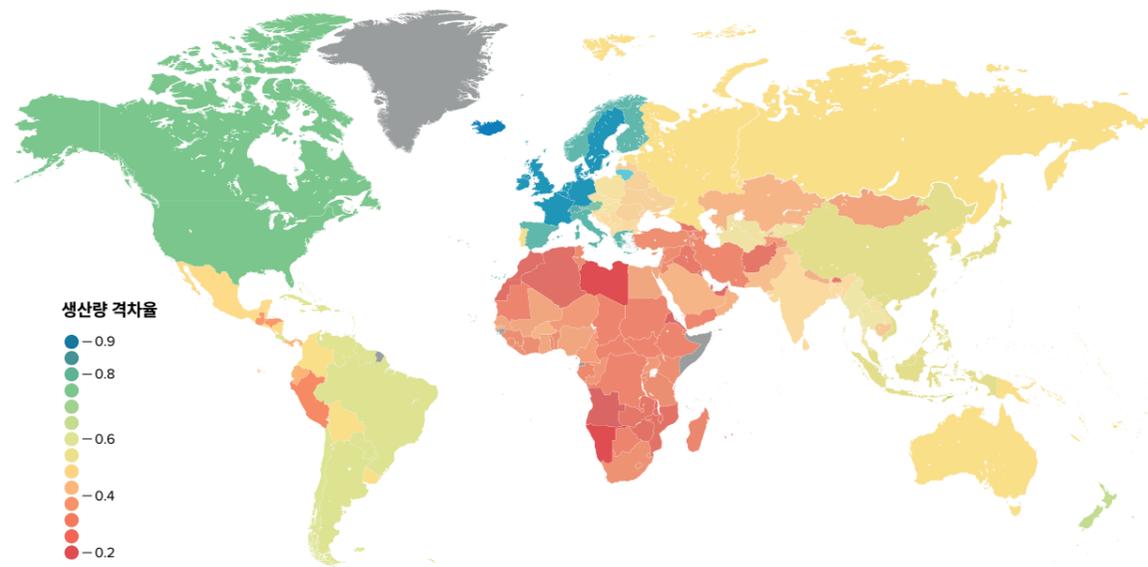


그림 4.10 국가별 생산량 격차율. 생산량 격차란 현재의 작물생산량과 잠재적 작물생산량의 차이를 말한다. 비율이 낮을수록 생산량 격차가 크다는 것을 의미한다. 예를 들어, 비율이 0.2라면 해당 국가의 평균 작물생산량이 그 국가가 생산할 수 있는 양의 20% 수준임을 의미한다. 녹색과 파란색으로 표시된 국가들은 생산량이 높고, 낮은 생산량 격차를 보이고 있다. 빨간색과 주황색으로 표시된 국가들은 높은 생산량 격차를 보인다. 출처: Clark, Hill 및 Tilman 외 (2018)¹⁹⁷ 재구성.

박스 4.4 지속가능한 생산량 증가

네이처 포지티브 식량 생산이 사회경제적으로 긍정적인 영향을 미친다는 점을 잘 보여주는 사례로 남인도의 안드라 프라데시 공동체 관리 자연농업(Andhra Pradesh Community-Managed Natural Farming, APCNF) 이니셔티브가 있다. APCNF는 농부들의 농업생태적 관행을 채택하도록 지원하기 위한 주 차원의 노력으로 농어촌 생계, 영양가 있는 식량에 대한 접근, 생물다양성 손실, 기후변화, 물 부족, 오염 등 여러 도전과제를 해결하기 위한 목적으로 마련한 이니셔티브다. APCNF는 세계 최대의 농업생태적 전환으로 약 63만 명의 농부가 참여하고 있다. 그 영향은 놀랍다. 작물 다양성이 2배, 주요 작물의 생산량이 평균 11%, 농부들의 순이익이 49% 늘어났고, 가구 식단 다양성도 증가했다.¹⁹⁸

어업에서 네이처 포지티브 관행은 장기적으로 생산을 늘릴 잠재력이 있다. 그러나 잠재력을 실현하기 위해서는 기온 상승을 1.5°C로 반드시 제한해야 한다. 수온 상승 및 산성화의 영향이 어업의 건강도 및 생산성을 저해할 수 있기 때문이다.¹⁹⁹ 한 글로벌 분석에 따르면, 모든 종류의 어업을 지속가능하게 관리할 경우 매년 바다에서 1,600만 톤의 수산물을 추가적으로 어획하여 총 어획량이 약 6분의 1 증가할 수 있다.²⁰⁰ 모든 종류의 어업에 대한 적절한 규제 및 관리가 이루어진다면 야생 어업, 어류등양식어업, 쌍각류 조개 바다양식 및 내수면어업의 수산물 어획량은 10년마다 생체중량 기준으로 18~44% 늘어날 수 있다.²⁰¹ 수산양식이 전 세계적으로 성장단계에 있기 때문에 연체동물, 해조류 등 영양단계가 상대적으로 낮은 생물종이 영양안보에 기여할 수 있는 잠재력은 아직 실현되지 않았다.²⁰²



적절한 규제 및 관리가 이루어진다면 야생 어업, 어류등양식어업, 쌍각류 조개 바다양식 및 내수면어업 수산물 어획량은 10년마다 생체중량 기준으로 18~44% 늘어날 수 있다.



티핑 포인트를 촉발하지 않는 영양가 있는 건강 식단

보다 지속가능한 방식으로 식량을 생산하여 이득이 생기더라도 식량 소비 문제가 해결되지 않으면 그 효과는 미미할 뿐이다. 만약 전 세계 모든 인구가 2050년까지 세계 주요 국가의 현재 식량 소비 유형을 따라 소비한다면 식량 관련 온실가스 배출로 인해 1.5°C 기후 목표를 263% 초과할 것이고, 우리에게는 1~7개의 지구가 필요하게 될 것이다(그림 4.11).²⁰³ 또한, 공중보건 측면에서 지속불가능한 식단 문제를 해결해야 하는 강력한 이유도 있다. 특히 지방과 설탕의 과다섭취로 인해 비만이 전 세계적으로 확산되고 있다. 현재 성인 25억 명 이상이 과체중이고, 이 중에서 8억 9천만 명이 비만이다.²⁰⁴

증가하는 세계 인구에게 영양가 있는 건강식품을 제공하는 것은 가능하다. 다만, 현재의 영양 및 소비 수준에 따라 서로 다른 식단 변화가 필요하다.^{206,207} 선진국의 경우, 식물성 식품을 늘리고 동물성 식품을 줄이는 등의 식단 변화가 이루어져야 한다.^{163,191} 동시에, 상당한 영양결핍, 기아 및 식량 불안정 부담에 직면한 국가에서 영양가 있는 식단을 달성하기 위해서는 동물성 식품 등의 소비를 늘려야 할 수 있다.¹⁶³

보다 지속가능한 식단을 섭취하면 식량 생산에 필요한 토지의 양이 감소할 것이다. 특히, 목초지를 자연 복원, 탄소 포집 등 다른 목적으로 사용할 수 있게 된다.¹⁶³ 수산물에서도 선택지에 따라 차이를 만들어 낼 수 있다. 예를 들어, 쌍각류 조개(굴, 홍합, 가리비 등)와 같이 수생태계 먹이사슬 아래에 위치한 양식종 중 더 적은 투입재로 더 빠르게 생산하는 종을 우선시하고, 수명이 길고 느리게 성장하는 종(칠레 농어, 대서양 가자미, 참다랑어, 황새치 등)을 식단에서 배제할 수 있다. 이 같은 선택은 미량 영양소는 더 많이, 체내에 축적되는 독소는 덜 섭취할 수 있다는 추가적인 혜택도 있다.

건강하고 영양가 있는 식단의 달성 여부는 현지의 문화적 전통과 개인의 선택, 가공 식품에 크게 좌우된다. WWF의 '식량 문제라는 거대한 퍼즐을 푸는 법(Solving the Great Food Puzzle)'은 현지의 도전과제에 대해 해법을 찾는 작업에 집중한 보고서다.¹⁹³ 일부 국가에서는 전통 음식을 장려하는 노력이 식단 변화를 가져다줄 중요한 지렛대 역할을 할 것이다. 예를 들어, 인도의 국가 밀렛 캠페인(National Millett Campaign)은 건강에도 좋고 기후변화에 회복탄력성이 높은 고대 잡곡인 밀렛의 소비를 국가 차원에서 늘리기 위해 고안됐다.²⁰⁸ 다른 국가에서는 두류, 영양곡물, 식물성 대체육, 영양 가치가 높은 조류 종(algal species) 등 건강한 대체 단백질을 개발하고 장려하는 것에 집중하고 있다. 마지막으로, 자국 내에서 식량을 직접 생산하기에 자원이 부족한 국가에서는 영양식품의 가공성, 가격 적절성 및 매력을 개선하고 건강식품의 수출입을 지원하기 위해 금융 인센티브가 필요하다.



그림 4.11 그림에 나열된 개별 국가의 현재 소비 유형을 전 세계 모든 국가가 채택할 경우 식량 생산을 지원하기 위해 2050년까지 필요한 지구의 수. 주황색 세로선은 식량 관련 지구위험 한계선으로, 기온 상승을 1.5°C 내로 유지하기 위해 식량 시스템에서 배출할 수 있는 최대 온실가스 배출량을 나타낸다. 출처: WWF (2020)¹⁶³ 재구성(그림), Springmann 외 (2020)²⁰⁵ 재구성(자료).

식량 손실 및 폐기

총 식량 생산량 중 약 30~40%는 아예 섭취되지 않는 것으로 추정되며,²⁰⁹ 이는 전 세계 칼로리 총량의 약 4분의 1에 해당한다. 손실되거나 폐기된 식량을 생산하기 위해 농지의 5분의 1, 작물에 공급되는 물의 5분의 1이 사용되고, 이 과정에서 전 세계 온실가스 배출량의 4.4%가 발생한다.²¹⁰ 어업의 경우, 비목표종의 부수어획(보통 혼획이라고 함)으로 인해 9백만 톤의 해양 생물이 죽어 폐기되고(전체 해양 어획량의 10% 초과) 많은 생물종에 큰 위협이 된다.²¹¹

이러한 수치는 충격적이지만, 동시에 식량 손실 및 폐기 문제를 해결함으로써 얻을 수 있는 막대한 환경적, 경제적, 보건적 기회가 있다는 의미이기도 하다. 열악한 기반시설로 인해 농수산물 손실량이 큰 국가에서는 수확 후 저장 기술, 처리 기법, 포장 등의 공급망 기반시설에 투자함으로써 식량 손실량 및 폐기량을 크게 줄일 수 있다.²¹² 예를 들어, 케냐의 나이바샤호(Lake Naivasha)는 공급망 기반시설과 조직화 수준이 열악하여 수확 후 식량의 50% 가량이 손실됐다. 이에 태양광으로 작동되는 냉장 시설을 갖추고 146명의 농부들이 공동 소유하는 신선 채소 가게를 건설하자 식량 손실률이 10% 아래로 떨어질 수 있었다.²¹²

금융 및 거버넌스

식량 생산 및 수확의 환경 영향을 줄이고, 식단을 개선하고, 식량 손실 및 폐기를 줄이는 데에는 상당한 재원이 필요할 것이다. 식량시스템경제위원회(Food System Economics Commission)는 지금부터 2050년까지 매년 미화 2천억~5천억 달러가 필요할 것으로 추정한다.¹⁶¹ 이 중 미화 2천억 달러는 공급망 기반시설 개발, 소규모 농부에 대한 확장 서비스 지원, 토지 복원, 식량 손실 및 폐기 축소, 식단 변화에 투자된다. 미화 3천억 달러는 소비를 개선하고 극빈층을 위해 식량 가격을 적절한 수준으로 유지하려는 목적으로 금전적 인센티브를 제공하는 데에 사용될 것이다. 현재 식량 시스템은 총 탄소배출량의 3분의 1을 발생시키지만, 여기에 할당되는 세계 기후 재원은 4%, 즉 미화 285억 달러에 불과하다.²¹³ 식량 시스템은 파리협정의 달성을 위해서만 연간 미화 2,120억 달러가 필요하다.²¹⁴

이는 막대한 금액이지만 기존의 재원을 재활용함으로써 충분히 확보할 수 있다. 매년 미화 6,350억 달러 이상이 투입되는 농업 직접보조금은 토질과 수질을 저하시키고, 사람의 건강에 해로운 비료나 농약 등을 과다하게 사용하도록 한다. 대두, 팥, 소고기와 같은 제품에 대한 보조금은 농부들이 산림지역을 개간하도록 유도하고, 이로 인해 매년 산림 손실의 14%가 발생한다.²¹⁵ 어업 보조금은 남획의 주요 원인으로 총 연간 보조금 미화 354억 달러 중 약 222억 달러는 어선단의 어획능력을 증가시키는 데에 사용되고 있다.²¹⁶ 농수산업 보조금은 환경을 해치는 관행이 아니라 네이처 포지티브한 영양가 있는 식량 생산 증대를 위해 사용하고, 공공 식량 조달 프로그램을 통해 건강하고 지속가능한 생산 및 소비를 장려할 수 있다.²¹⁵

이와 동시에 거버넌스를 강화해야 한다. 정부는 농업, 토지 이용, 보건, 금융, 교역 등 다른 정책 분야에 생물다양성, 기후, 영양을 포함해야 한다. 사기업의 역할도 매우 중요하다. 기업의 가치 사슬 전반에 걸쳐 산림 파괴 및 생태계 전환을 막고, 식량 손실 및 폐기 문제를 해소하는 등 지속가능성과 네이처 포지티브 관행을 촉진해야 한다. 마지막으로, 정부는 소규모 농어민이 지속가능하고 회복탄력성 있는 네이처 포지티브 식량 시스템에 참여하고, 이로부터 혜택을 누릴 수 있도록 이들에 대한 개발 및 확장 프로그램, 기반시설 투자 등의 지원을 강화해야 한다.

에너지 시스템

우리가 에너지를 생산하고 소비하는 방식은 기후변화의 주요 원인으로, 인류와 생태계에 점점 더 심각한 영향을 미치고 있다. 2030년까지 온실가스 배출량을 절반으로 감축하고, 기온 상승을 1.5°C 이하로 제한하겠다는 목표를 이루기 위해 화석연료를 재생에너지로 빠르게 전환해야 한다. 재생에너지 기술비용이 급격히 낮아졌고¹⁶⁰ 현재 풍력 및 태양광 에너지가 신설 전력 용량의 80%를 차지하고 있지만,²¹⁷ 전환 속도는 아직 충분히 빠른 수준에 이르지 못했다. 1.5°C 목표를 이루기 위해서는 향후 5년간 재생에너지를 3배, 에너지 효율을 2배로 확대하고, 소형차의 20%에서 40%를 전기자동차로 대체하며 전세계의 에너지 공급망을 현대화해야 한다.^{160,218,219} 이를 위해서는 막대한 투자, 필수 자재, 인프라를 동원해야 한다.

기후 목표를 달성하기 위해 전환을 가속화하면 사람과 자연에게 훨씬 더 나은 미래가 펼쳐지겠지만, 전환의 방식으로 인해 토양, 바다, 강 등에 위험을 초래할 수 있다. 현재의 에너지 시스템에서 했던 실수를 반복해서는 안 된다. 사람과 자연을 중심으로 한 빠르고 공정하며 친환경적인 에너지 전환을 이루어야 한다(그림 4.12).

빠른 전환의 긍정적 영향



아무런 조치를 취하지 않았을 경우



빠른 전환

생태계와 생물다양성



76% 생물다양성 감소 둔화

사회와 인간의 복리



160% 일자리 창출 증가

광물채취



95% 에너지원 확보를 위한 광물채취에 사용되는 토지 감소

대기질



86% 대기오염으로 인한 장애와 조기사망 감소

수질



90% 에너지 생산으로 인한 수질오염 감소

토지 손실 및 황폐화



50% 기후변화로 인한 토지 손실과 황폐화 감소

1.5°C 목표를 이루기 위해서는 향후 5년 간 재생에너지를 3 배, 에너지 효율을 2 배로 확대하고, 소형차의 20~40%를 전기자동차로 대체하며, 전세계의 에너지 공급망을 현대화해야 한다



현 에너지 시스템의 문제점

산업혁명 이후 화석연료에서 얻은 에너지가 경제성장을 뒷받침했지만, 기후, 인류 건강, 자연은 막대한 대가를 치러야 했다.^{160,221} 현재의 에너지 시스템은 기후변화의 주요 원인이며, 오늘날 온실가스 배출량의 70%가 화석연료에서 발생한다.¹⁶⁰ 화석연료로 인한 대기오염은 글로벌 주요 사망 원인 중 하나로, 전 세계 사망자 5명 중 1명이 대기오염으로 사망한다.²²² 또한 화석연료의 생산과 소비는 야생동물과 생태계에도 유해하다.^{223,224}

기후변화를 초래한 에너지 시스템은 역설적으로 그 변화에 취약하여, 에너지 수요가 증가함에 따라 전력발전과 송전에 어려움을 겪게 될 것이다.²²⁵ 기온 상승과 수자원 부족이 화력발전소의 냉각시스템에 부담을 가중시킬 것이며, 재생에너지원은 태양광, 바람, 강수량의 변동성 확대에 직면할 것이다.²²⁵ 수력발전은 특히 홍수와 가뭄의 증가에 노출될 것이며,²²⁶ 기상이변이 더 빈번하고 심각해져 송전선 등의 에너지 인프라에 영향을 미칠 것이다.²²⁷ 2023년, 우리는 이러한 영향을 다수 목도했다. 가뭄으로 전 세계 수력발전이 8.5% 감소한 것도 이러한 영향 때문이다.²²⁸

그림 4.12 기후 목표를 달성하지 못하는 현재의 방식(business-as-usual)을 유지하는 것과 비교했을 때, 재생에너지로의 신속한 전환은 경제적, 사회적, 환경적 지표 전반에서 자연과 사회에 훨씬 유익하다. 출처: WWF, BCG (2023)²²⁰

지붕, 주차장, 저수지와 폐광에 설치된 태양광 발전 설비와 목초지나 기타 농경지에 설치된 풍력 발전기는 일반적으로 생태계와 지역 공동체에 부정적인 영향을 거의 미치지 않는다.

에너지 시스템 변화를 위해 무엇이 필요한가?

에너지 시스템을 근본적으로 변화시켜야만 기온 상승폭을 1.5°C로 제한하고 기후변화가 초래하는 최악의 결과를 피할 수 있다. 현재 기후와 자연이 맞닥뜨린 위기의 범위와 규모를 고려할 때, 국지적, 지역적, 국가적 차원을 넘어 전 지구적으로 화석 연료에서 재생에너지로의 전환을 이뤄내야 한다. 이는 단순히 온실가스 배출을 더 빠르게 줄이는 것뿐 아니라, 생물다양성 손실 추세를 반전시키고 모두에게 공정한 방식으로 글로벌 에너지 시스템을 더욱 폭넓게 변화시켜야 한다.

더 빠른 변화

지난 10년 동안 전 세계 재생에너지 발전용량은 거의 두 배로 증가했고, 풍력, 태양, 배터리 비용은 최대 85%까지 감소했다.¹⁶⁰ 더욱 최근에는 재생에너지의 성장이 예상치를 크게 뛰어넘어 2023년에는 재생에너지 발전용량이 전년 대비 50% 증가했다. 에너지 관련 추세가 이렇게 바람직한 방향으로 흘러가고는 있지만 그 속도와 규모는 여전히 필요한 수준에 미치지 못하고 있다.

기후 목표 달성을 위해 필요한 것

-  **적극적으로 모든 화석 연료의 사용을 단계적으로 감소시킴**
2030년까지 70% 감소
-  **재생에너지 전기만 생산함**
2030년까지 재생에너지 3배 확대
-  **에너지 효율성과 충족성을 통해 수요를 줄여나감**
2030년까지 에너지 효율 두배 증가
-  **가능한 모든 것을 전기화함**
2030년까지 자동차의 20-40%를 전기화하고 2050년까지 대규모 전기화 달성
-  **전기화할 수 없는 에너지원을 대상으로 재생가능한 해법을 제공함**
2050년까지 그린수소 500배 확대



더 빠르게



더 환경친화적으로



더 공정하게

우리가 추구하는 에너지 시스템 전환의 모습

- 공공부문의 직접 투자, 보조금, 세제혜택
- 에너지 효율에 높은 기준 적용
- 화석연료에 대한 보조금 폐지
- 안전 장치의 약화 없이 허가 절차는 가속화
- 도시 및 교통 계획 수립
- 기업의 행동과 투자 동원
- 자연을 고려한 에너지 계획 수립
- 토지와 수자원에 대한 에너지 발자국을 최소화하는 기술의 조합 선택(가장 적절한 재생에너지를....)
- 분쟁이 적은 지역에 신규 프로젝트 배치 (...적소에 배치함)
- 형평성 있는 에너지 접근 보장
- 지역 공동체가 계획의 모든 단계에 참여
- 혜택 공유 메커니즘
- 공정한 에너지 전환

IPCC¹⁶⁰와 UNFCCC의 전 지구적 이행점검(GST, Global Stocktake)²¹⁸에 따르면, 기온상승을 1.5°C로 제한하려면 2030년까지 재생에너지 사용이 세 배 증가하고 에너지 효율성은 두 배 늘어나야 한다. 총 화석연료 공급량은 2030년까지 약 70% 감소해야 하고 전 세계 발전량에서 재생에너지가 차지하는 비중은 2022년의 30%에서 2030년에는 60%로 증가해야 한다. 또한, 연간 에너지 효율 개선율은 2022년의 2%에서 2030년까지 5% 이상으로 높여야 한다(그림 4.13).²¹⁹ 전력 발전 부문은 2040년까지 이산화탄소 배출량 넷제로(net-zero)를 달성해야 하고, 2050년까지 전 세계 차량을 대규모로 전기화하고 거의 전면적으로 탈탄소화해야 한다.¹⁶⁰ 전기화가 어렵고 재생에너지에 의존할 수 없는 항공, 해운, 철강 및 시멘트의 산업용 가공 등의 부문은 에너지 혁신을 빠르게 가속화해야 한다.¹⁶⁰ 이러한 목표를 달성하려면 정책과 투자, 기반시설을 대규모로 동원해야 한다.¹⁶⁰ 예측에 따르면 전력망이 크게 확장되어 현재 약 7,500만 km인 송전선이 2050년까지 2억 km를 넘을 것으로 보인다. 또한 2050년까지 그린 수소 생산량은 500배, 필수 광물(예: 구리, 알루미늄, 리튬, 니켈, 코발트, 망간, 흑연, 희토류) 생산량은 2배에서 15배까지 늘리며, 전기승용차 약 15억 대와 전기 트럭 및 버스 2억 대를 추가하고, 총 배터리 용량을 최대 150TWh 증량해야 한다.²³⁰

보다 환경 친화적인 변화

재생에너지로의 전환은 안전한 기후 유지에 필수적일 뿐 아니라 화석 에너지 시스템에 비해 인간의 건강과 안전 그리고 자연에 훨씬 유익하다. 예를 들어 대기 오염물질과 대기오염으로 인한 사망 및 장애가 90%까지 감소하고, 기반시설 피해와 빈곤의 위험, 식량공급의 비용도 70%까지 낮아진다. 게다가 생물다양성 손실 또한 현 상태에서 아무런 조치도 취하지 않을 때 발생할 기후변화의 영향 대비 75% 줄어든다.^{220,223}

하지만 제대로 계획되지 않은 재생에너지의 개발은 생태계와 지역 공동체에 상당한 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 수력발전을 현재 예측된 수준으로 확대하면 강을 파편화하는 주 요인으로 작용해 담수 생태계가 더욱 감소할 것이다.²³¹ 신중하게 계획하지 않고 바이오 에너지 작물을 늘리면 대대적인 토지 이용 변화, 물 사용 증가, 생물다양성 손실로 이어질 뿐 아니라²³² 송전선과 핵심광물의 채굴은 환경 변화에 민감한 육지와 담수, 해양 생태계에 영향을 미칠 수 있다.²³³

이처럼 육지와 해양, 강 서식지에 미칠 수 있는 잠재적 영향을 고려할 때, 재생에너지로의 전환은 다른 지속가능 발전 및 자연보전 목표와 일치하는 방식으로 이루어져야 한다. 그러나 자연과 인간에 미치는 피해 외에도 공정한 네이처 포지티브 에너지 전환을 추구해야 하는 이유는 더 있다. 에너지 전환의 부정적 영향으로 시위, 규제 지연과 소송을 비롯한 분쟁이 초래될 수 있으며 이 모든 문제가 결국 에너지 전환을 둔화시킨다.²³⁴ 빠른 전환과 신중한 전환은 상충되지 않는다. 빠른 전환을 하려면 신중해야 한다.

보다 공정한 변화

에너지 시스템이 변화하려면 사회적 수용과 변화가 필수적이다. 즉, 변화가 효과적이고 오래 지속되려면 공정하고 정의로우며 형평성이 있어야 한다.²³⁵ 현재 7억 7천만 명 이상이 아직도 전기를 사용할 수 없고, 약 30억 명은 여전히 등유, 석탄, 목재를 비롯한 다른 바이오매스를 태워 요리를 한다.²³⁶ 현대적인 재생에너지 솔루션에 접근이 어려운 경우, 빈곤, 산림파괴, 실내 공기 오염이 크게 늘어난다. 그 중 실내 공기 오염은 조기사망의 주 요인이기도 하며, 특히 여성과 어린이들이 상대적으로 더 심각하게 영향을 받는다.²³⁷ 정의로운 에너지 전환을 위해서는 반드시 현대적이고 안전한 에너지원에 접근할 수 있어야 한다.

에너지 개발 및 광산, 발전소와 같은 설비 운영 시 발생하는 부정적 영향은 소외된 저소득 지역사회에서 집중적으로 발생한다.²³⁸ 진정한 변화를 위해서는 현 에너지 시스템에 내재된 오랜 부당성과 불평등을 해결하고 재발을 피할 수 있어야 한다.²³⁹ 우리가 이어 나갈 미래의 에너지 시스템은 사람에 미치는 변화의 영향을 신중하게 관리하고, 혜택과 부담을 공정하게 나누어야 한다.

그림 4.13 기후 목표를 달성하기 위해 빠르고 환경 친화적이며, 공정한 방식으로 글로벌 에너지 시스템을 변화시키는 방법. 출처: IPCC (2023)¹⁶⁰, UNFCCC GST (2023)²¹⁸, IEA (2023)²¹⁹, ETC (2023)^{203,230}

금융도 필수적이다. 청정에너지에 대한 대규모 자본 투자 없이는 신속한 조치가 불가능할 것이다. 전 세계적으로 온실가스 배출량을 넷제로로 전환하기 위해, 세계는 2030년까지 매년 최소 미화 4조 5,000억 달러를 에너지 효율, 재생에너지, 저탄소 에너지와 관련 기반시설에 투자해야 한다. 2022년에는 전 세계적으로 미화 1조 5,000억 달러가 이 분야에 사용된 것으로 추정된다.²³⁶ 즉, 우리의 노력을 3배 강화해야 한다.

보다 환경 친화적으로 나아가는 방법

에너지 전환은 새로운 기반시설에 대한 상당한 투자를 요구하지만, 이 전환이 자연 보호 및 복원과 일관되게 이루어지도록 하는 방법은 여러 가지가 있다.

에너지 계획에서 자연을 고려해야만 적절한 재생에너지를 선택할 수 있다. 에너지, 자연, 사회의 목표를 최적화하는 계획 과정에서 토지, 바다, 강에 대한 가장 심각한 위험과 영향을 최소화하거나 방지하는 선택지를 파악할 수 있기 때문에, 특정 에너지 공급망을 위한 적절한 재생에너지 믹스를 선택할 수 있다. 예를 들어, 에너지 시스템 모델링을 하면 강에 심각한 악영향을 미치는 수력발전 댐^{244,245}이나, 개간, 물, 생물다양성에 악영향을 미치는 바이오에너지²³²를 배제하는 저탄소, 저비용 선택지를 파악할 수 있다. 국가는 이와 같은 종류의 계획을 이용해 지속가능발전 목표와 궤를 같이하는 에너지 기술 포트폴리오를 파악할 수 있다. 예를 들어, 코스타리카전기연구소(Costa Rican Electricity Institute)는 국가 전력 시스템에 대한 투자를 이끌기 위해 몇 년의 에너지 확대 계획을 마련했다.²⁴⁶ 이 계획은 풍력, 태양광, 지열 발전사업의 확대를 추구하고, 추가적인 수력 발전을 포함하지 않았다.²⁴⁷ 이는 코스타리카가 강과 토착민 공동체에 심각한 영향을 미치는 수력발전 댐 건설을 취소하기로 한 것을 반영한 것이다.



2050년까지 필요한 기반 시설 3분의 2가 아직 구축되지 않은 상황에서, 도시는 도시 및 교통 계획, 건축 자재, 효율 개선을 통해 에너지 관련 배출량을 저감할 수 있는 엄청난 기회를 제시한다.

보다 빠르고, 환경 친화적이며, 공정한 변화는 어떻게 달성할 수 있는가?

앞으로의 에너지 전환 과정에서는 과거의 실수를 반복해서는 안된다. 기존의 에너지 전환 로드맵(예: 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC 2022),¹⁶⁰ 국제에너지기구 2023년 넷제로 로드맵(IEA Net Zero Roadmap 2023),²⁴⁰ 21세기를 위한 재생에너지 정책 네트워크(REN21 2024),²⁴¹ 2023 글로벌 기후 현황 보고서(State of Climate 2023),²⁴² 에너지전환위원회(ETC 2023²⁴³))를 기초로, 빠르고 환경 친화적이면서도 공정한 전환을 이루어 낼 수 있다.

더 신속하게 나아가는 방법

전환을 가속화하기 위해서는 모든 수준에 걸쳐 훨씬 더 강력한 에너지 정책이 필요하다. 재생에너지 비용은 현저히 줄어들었지만, 정부는 신속한 전환에 필요한 인센티브와 금융 지원을 제공해야 한다. 주요 정책에는 (1) (재생에너지 발전, 난방 및 교통의 전기화, 기술 혁신, 전력망, 대중교통 기반시설 등에 대한) 직접적인 공공 투자, 보조금 및 세액공제, (2) 산업, 기술, 건물에 대한 과감한 에너지 효율 기준 및 규정, (3) 재생에너지 시스템을 우선시하는 변화에 대한 금융 지원, (4) 화석연료 보조금 폐지와 오염유발자에 대한 유해배출물 저감 비용 부과, (5) 메탄의 연소 및 배출, 신규 석유 및 가스 자원 탐사 금지, (6) 보호 장치를 약화시키지 않는 신속한 허가 절차 도입(다음 항 참조)이 포함된다.

신속한 전환을 위해서 도시, 기업, 시민의 합기도 필요하다. 도시는 육지의 3%를 차지하지만, 세계 인구의 절반 이상이 거주하고 에너지 관련 온실가스 배출량의 약 4분의 3을 배출한다.¹⁶⁰ 2050년까지 필요한 기반시설의 3분의 2가 아직 마련되지 않은 상황에서, 도시는 도시 및 교통 계획, 건축 자재, 효율 개선을 통해 에너지 관련 배출량을 줄일 수 있는 큰 기회를 제공한다.¹⁶⁰ 기업의 역할도 매우 중요하다. 기업은 가치 사슬에 걸쳐 배출량을 줄이는 동시에 기술과 기반시설 개발에 투자와 지원을 해야 한다.¹⁶⁰

적절한 재생에너지를 선택한 후에는 이를 최적의 장소에 배치하는 것이 중요하다. 전 지구적 범위로 수행한 매핑 연구에 따르면, 재생에너지 기반시설 확충이 필요한 대부분의 경우 자연과 공동체에 거의 영향을 끼치지 않는 부지에서 이루어질 수 있다.^{248,249} 일반적으로 매우 적은 영향을 끼치는 장소로는 태양광 발전이 가능한 지붕, 주차장, 저수지, 폐광, 그리고 풍력발전기를 설치할 수 있는 목초지나 기타 농경지 등이 있다. 가용 옥상 공간만 사용하더라도 2021년 세계 전력 수요와 맞먹는 수준인 26,800TWh 규모의 전기를 생산할 수 있다.²⁵⁰ 지역 수준에서 계획을 수립할 때는 보전 가치가 있는 지역이 아닌 충돌이 적은 지역에서 개발이 이루어지도록 개발 방향을 설정할 수 있다.²⁴⁸ 그리고 ‘재생에너지구역(renewable energy zones)’을 도입함으로써 이 같은 방향 설정을 공식화할 수 있다. 재생에너지 개발에 적합한 구역으로 사전 지정되는 재생에너지구역은 자원(예: 바람 또는 태양)의 적합성과 인간과 자연 간의 충돌가능성이 적은 지역을 고려하여 지정한다. 아래와 같은 예시가 있다.

- **아프리카 청정에너지 통로.** 지역(regional) 이니셔티브로서 아프리카 동부 및 남부 재생에너지구역의 우선순위를 정하기 위해 자원 적합성과 환경 및 사회적 위험을 기준으로 지역(area)들의 순위를 결정했다. 각국은 이 ‘구역’을 활용하여 지역 전력망과의 상호연결성을 강화하면서 자국 내 전략을 용이하게 계획할 수 있다.²⁵¹
- **유럽연합의 재생에너지 가속화 지역.** EU 회원국은 민감한 환경 자원이 없는 지역을 파악하고, 승인 기간이 단축된 “재생에너지 가속화 지역(renewable acceleration areas)”을 선정해야 한다.²⁵¹
- **미국 남서부 지역의 태양에너지구역.** 미국은 남서부 사막지대 내 태양광 에너지 확대를 위해 지역 계획을 수립했고, 17개 태양에너지구역을 지정했다. 이 구역에서 사업허가에 소요되는 시간은 평균 2년에서 약 10개월로 절반 이상 줄었다. 이 절차를 통해 가장 중요한 서식지를 보호하기 위한 “접근 금지(no go)” 지역도 설정하여, 광범위한 양질의 서식지를 보전하는데 기여했다.²⁵²

많은 국가에서 환경 보호 장치가 에너지 개발 속도를 늦춘다는 비판을 받고 있고, 허가 절차의 개혁을 촉구하는 목소리도 자주 나오고 있다.^{234,243} 인간과 자연을 위한 보호 장치를 약화하지 않으면서도 허가 절차를 간소화하는 방법은 여러가지가 있다. 디지털화, 재생에너지 사업에 대한 우선권 부여, 공공기관 간에 또는 정부 각 부처 간의 공조를 개선하는 것이 한 방법이다(예: 2023년 기후를 위한 계획 위원회(Planning for Climate Commission)²⁵¹ 참조). 위에 기술된 전략 계획은 통합적인 생물다양성 보호를 보다 장려하면서 (미국 남서부 지역의 태양광 확대 구역의 경우와 마찬가지로) 사업허가 취득 소요 시간을 단축시킬 수 있다.

보다 공정하기 위한 방법

보다 신속하고 환경 친화적인 전환에 수반되는 정책, 투자, 좋은 거버넌스 관행은 보다 공정한 전환을 달성하기 위해 형평성과 포용성도 갖춰야 한다. 우리 모두는 저렴하고, 안정적이며 지속가능한 현대 에너지에 접근할 수 있어야 한다. 이를 위해 부유한 국가는 대상이 분명하고 향상된 금융 지원을 개발도상국 재생에너지 시스템에 제공해야 하고, 소외된 지역 공동체에 재생에너지 기술 도입 확대를 위한 재정 지원과 교육이 필요하다. 공동체는 그들의 필요에 맞는 에너지 기술과 보유 에너지원을 관리하고 수익화할 수 있는 능력을 보유해야 한다.²⁵³

공정한 전환 이행을 위해서는 혜택과 부담을 공평하게 공유해야 한다. 공동체가 이 과정의 모든 단계에 참여함으로써 사람들이 자신에게 영향을 미치는 결정에 대해 목소리를 낼 수 있도록 해야 한다. 계획 단계에서 사람들이 우려를 제기할 수 있게 되면, 사람과 자연에 대한 부정적인 영향을 방지하거나 축소할 수 있고, 개발업자의 위험을 덜 수 있으며, 보다 신속한 전환을 도모할 수 있다. 다만, 부정적인 영향을 받는 공동체를 지원하고 사법 접근성을 제공할 필요도 있다. 혜택 공유 메커니즘은 공동체 지원을 구축하기 위한 효과적인 방법이 될 수 있다. 예를 들어, 콜롬비아에서는 2019년 제정법에 따라 태양광 및 풍력 발전사업자는 매출액의 일정 비율을 사업의 ‘영향권’ 안에 속하는 공동체에 지급해야 한다. 또한, 필리핀의 재생에너지법은 사업권 사용료의 80%를 영향을 받은 공동체에 전력 보조금으로 사용하도록 하고 있다.²⁵¹



녹색 금융

경제 활동은 자연, 기후, 인간의 복리에 크나큰 영향을 미친다. 금융은 경제를 견인하며, 경제가 작동하는 방식과 경제 혜택을 받는 대상을 변화시킬 수 있는 매우 강력한 수단이다. 미래 세대가 살기 좋은 번성하는 지구를 만들기 위해서 금융은 환경을 해치는 활동이 아닌 생물다양성, 기후, 지속가능발전에 대한 글로벌 목표 달성에 도움을 주는 비즈니스 모델과 활동을 추구해야 한다(박스 4.5).

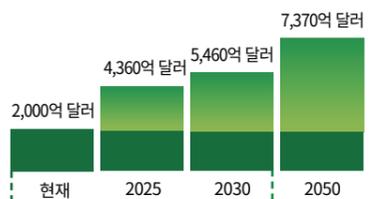
박스 4.5 법과 규제에서 자연과 기후를 주류화하는 것

각국 정부는 자국의 보전, 기후 및 개발의 우선순위를 생물다양성, 기후, 지속가능발전에 대한 글로벌 목표와 맞추어야 한다. 글로벌 목표를 법률, 정책, 계획, 예산 수립 절차에 반영하고, 이를 달성하기 위해 각 부처와 국가 기관이 서로 조율해야 한다. 각국 정부가 2025년까지 기후와 생물다양성에 대한 공약을 이행할 수 있도록 국가 계획을 수정한다면 기후와 자연 관련 의제를 더욱 긴밀하게 통합할 수 있을 것이다.²⁵⁴ 또한 금융, 상업과 교역을 비롯한 기타 부문의 정책과 의사결정에도 자연과 기후 관련 목표를 반영하고²⁵⁵ 이에 필요한 자원을 할당해야 한다.²⁵⁶ 환경을 해치는 보조금은 폐지하거나 대폭 재설계해야 한다.²¹⁵ 빈곤과 불평등을 해소하기 위한 정책, 그리고 기후와 생물다양성 목표, 이 두 가지는 서로를 뒷받침해야 한다.



전 세계적으로 GDP의 절반 이상(55%)인 미화 약 58조 달러가 자연과 자연의 서비스에 크고 작게 의존하고 있다.²⁵⁷ 그러나 현재의 경제 시스템은 자연의 가치를 사실상 무시하고 있어, 지속 불가능한 방식으로 자연자원을 착취하고 환경을 훼손하며 기후 변화를 야기하고 있다. 자본은 여전히 자연위기와 기후위기를 가속화하는 활동에 쏟아지고 있다. 이러한 부정적 자본의 흐름은 민간 금융, 세제 혜택, 보조금의 형태로 기후변화와 생물다양성 손실, 생태계 훼손을 악화시킨다. 그 규모는 미화 연 7조 달러, 즉 글로벌 GDP의 7%에 달하는 것으로 추산된다(그림 4.14).²⁵⁸ 반면 자연기반 해법에 투입되는 긍정적 자본의 흐름 중 미화 2천억 달러에 불과하다(그림 4.14).²⁵⁸ 부정적 자본의 흐름을 7.7%만 긍정적인 방향으로 바꾸어도 자연기반 해법의 실행을 위한 자금 부족분을 메울 수 있고, 이를 통해 땅과 물을 보호하고, 보전하며 지속가능하게 관리해 자연과 기후, 인간의 복리에 이익을 줄 수 있을 것이다(그림 4.15).²⁵⁸ 기온 상승의 1.5°C 제한 목표 달성을 위한 에너지 전환에 필요한 자금 부족은 더욱 심각하다. 에너지 부문에 투입된 글로벌 기후자본 규모는 2021 년과 2022 년에 미화 1.3조 달러에 육박했으나 이는 주로 재생가능한 에너지와 운송에 들어간 자금이 늘었기 때문이다. 그러나 온실가스 배출을 완화하고 기후 변화의 영향에 적응하는 데는 2030년까지 연 미화 9조 달러의 거액이 필요하다.²¹⁴ 또한, 지속가능한 식량 시스템으로 전환하기 위한 공공 및 민간 부문의 자금 역시 연 미화 3,900~4,550억 달러로 크게 증액해야 한다.²⁵⁹ 하지만 이 금액도 매년 각국 정부가 환경에 해로운 농업에 지급하는 보조금 금액보다는 적다.²⁶⁰

\$1.7



2,000억 달러
현재 NbS에 투입되고 있는 자금은 네이처 네거티브 자본의 3%에도 미치지 못한다.

5,420억 달러
2030년에 필요한 연간 NbS 투자액은 현재의 NbS 자본의 3배, 네이처 네거티브 자본의 10% 미만이다.

약 7조 달러

현재의 네이처 네거티브 자원

\$4.9

- 추가 NbS 자원(공공 + 민간)
- 현재의 NbS 자원(공공 + 민간)
- 현재의 네이처 네거티브 자원(공공)
- 현재의 네이처 네거티브 자원(민간)

그림 4.14 자연기반 해법(Nature-based Solutions, NbS)을 위한 현재와 미래의 자원. 현재 매년 미화 7조 달러 규모의 네이처 네거티브 자원(예: 유해한 보조금)이 자연보전 노력을 저해하고 있다. 반면 NbS를 위한 긍정적인 자원은 연 미화 2천억 달러에 불과하다. 네이처 포지티브 자원이 크게 늘어나야만 글로벌 목표를 달성할 수 있다. 출처: UNEP (2023)²⁵⁸



이러한 자금 격차를 메우려면 전 세계, 국가 그리고 지역 차원에서 자본이 지구를 해치는 방향이 아닌 치유하는 방향으로 흐르게 하는 대대적인 변화가 필요하다. 이 변화는 두 가지 상호 강화하는 방식으로 달성할 수 있다. 첫째, ‘파이낸싱 그린(financing green)’, 즉 보전과 기후영향 해결을 위해 필요한 규모의 자원을 동원하는 것, 그리고 둘째, ‘그리닝 파이낸스(greening finance)’, 즉 자연과 기후, 지속가능한 발전의 목표를 달성하기 위하여 금융시스템을 조정하는 것이다.

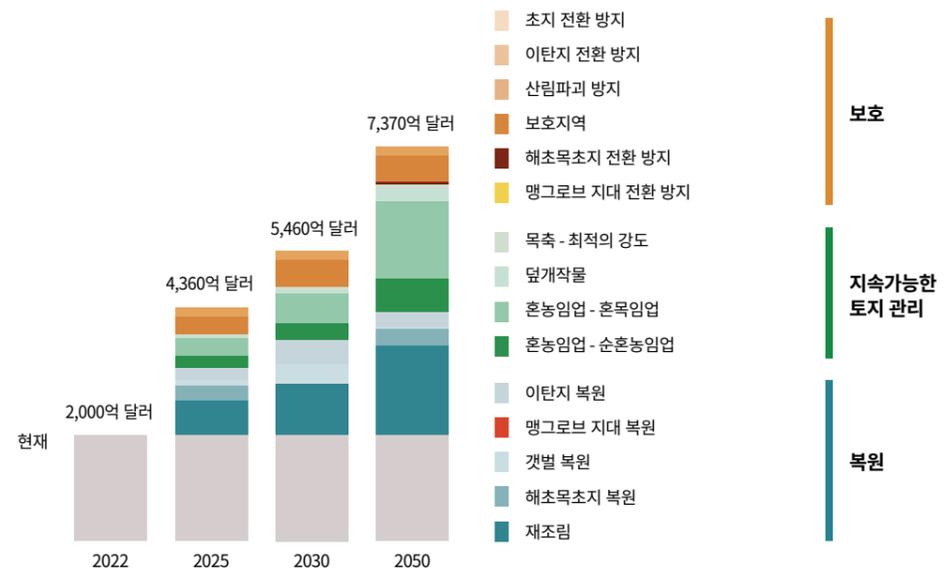


그림 4.15 글로벌 목표 달성을 위한 활동 별 추가 연간 투자액. 향후 2025년에서 2050년까지 글로벌 목표 달성을 위해 자연기반 해법의 일환으로 실행되는 보호, 지속가능한 관리와 복원에 매년 필요한 자본. 출처: UNEP (2023)²⁵⁸

파이낸싱 그린(Financing Green)

위험한 티핑 포인트를 피하고, 글로벌 목표를 달성하며, 공평하고 지속가능한 경제로 전환하기 위해서는 막대한 투자가 필요하다. 하지만 현재 자연과 기후를 위한 정부 재원 및 자선 지원은 턱없이 부족하다. 자본을 시급히 재배치하여 자연을 복원하고 그 혜택을 회복하며, 기후위기에 대응하고 빈곤과 불평등을 줄이는 데 기여하는 기관, 프로젝트, 활동에 투입해야 한다.²⁶¹

그러기 위해서는 다양한 영역에서 활용 및 확대 적용이 가능하고, 공공 및 민간 부문이 모두 참여하는 새로운 친환경 금융 해법이 필요하다. 이와 같은 해법은 리스크 완화와 회복탄력성을 강화하는 보전 중심의 펀드, 채권, 대출, 보험상품부터 네이처 포지티브 사업과 기업에 대한 장기 투자까지 다양하다. 일부 예시는 박스 4.6에 기술되어 있다.

박스 4.6 파이낸싱 그린을 위한 이니셔티브 예시



- 주식형 펀드:** 약 40개 종목으로 구성된 포트폴리오를 가지고 있는 글로벌 자산운용사로 베코의 RobecoSAM 생물다양성 주식형 펀드는 지속가능한 토지 사용, 담수 네트워크, 해양시스템, 추적 가능한 제품 등 4개 분야에서 자연자원과 생태계 서비스의 지속가능한 사용을 지원하는 기술, 제품, 서비스에 투자한다. 구체적인 투자대상에는 재조림, 폐수 처리, 유해폐기물 관리, 수산양식, 지속가능한 어업 등이 있다. 로베코는 생물다양성을 자산관리에 포함하기 위해 비정부 기구를 비롯한 광범위한 파트너들로부터 자문을 구하고 있다.²⁶²
- 수익화 가능한 자연 해법(Bankable Nature Solutions):** 기업과 사업이 재무적 타당성을 갖추었을 때, 대규모 확장이 가능한 상업 투자를 유치하면서도 생태계와 생물다양성을 복원하고, 기후변화에 맞서고, 인간 복리에 기여하는 데에 도움을 줄 수 있다. WWF 에서는 이를 ‘수익화 가능한 자연 해법(Bankable Nature Solutions)’이라고 부른다.²⁶³ 이 사업은 상업적 자금을 조달할 수준이 될 때까지 지원이 필요할 수 있다. 예를 들어, 네덜란드기후개발 기금(Dutch Fund for Climate and Development, DFCD)은 기후변화에 취약한 개발도상국의 생태계와 공동체 회복탄력성 강화에 도움이 되는 대규모 기후 적응 및 완화 사업에 대한 민간투자를 돕고 있다. 1억 6,000만 유로 규모의 초기 투자로 시작한 DFCD는 10억 유로 이상의 혼합금융을 유치했다.²⁶⁴ DFCD는 아마존, 세라도, 카칭가 생물 군계에서 수확한 아시아, 브라질너트, 바바수 등 특산물을 공급받아 가공하는 브라질 기업 Sabará의 Concepta와 같은 사업을 지원한다. 이를 통해, 해당 식물들이 서식하는 자연 생태계를 보전할 경제적 인센티브를 제공한다.²⁶⁴
- 자연부채스왑(Debt-for-Nature Swap):** 자연부채스왑은 중저소득국가의 국가부채를 일부 탕감해주는 대신에 해당 국가가 보전을 위한 금융을 조달하도록 하는 거래다.²⁶⁵ 신규 자본을 조달해 기존의 더 비싼 채무를 환매, 상환하는 채무전환과 양자간 스왑을 포함한다. 예를 들어, 미국의 열대림 및 산호초 보전법(Tropical Forest and Coral Reef Conservation Act)은 열대림과 산호초의 보전을 지원하고 시민사회를 강화하기 위해 적격 국가의 채무를 공식적으로 탕감해준다. 덕분에 15개 국가에서 총 미화 2억 7,300만 달러에 달하는 21건의 자연부채계약이 체결될 수 있었다.²⁶⁶
- 영구성을 위한 프로젝트 파이낸싱(PFP):** PFP는 자연과 인간에 대한 자연의 혜택을 보전하기 위해 필요한 장기적인 자금, 역량, 파트너십, 정책을 확보하기 위해 마련된 접근법이다.²⁶⁷ 콜롬비아에서는 정부, 민간 부문, 시민사회 파트너들이 헤렌시아 콜롬비아(Herencia Colombia)라는 PFP이니셔티브를 개발했다. 이를 통해 3,200만 헥타르의 상징적인 육지 및 해양 경관의 영구 보호를 목적으로 미화 2억 4,500만 달러 상당의 민간 및 공공기관의 재원을 확보했고, 콜롬비아는 2030년까지 육지와 해양의 30%를 보호하는 목표를 달성할 수 있었다.²⁶⁸

물론 극복해야 할 도전과제가 많다. 투자자들은 보통 그린 이니셔티브를 고위험군으로 인식한다. 잠재성 있는 사업 상당수는 규모가 작고, 농어촌 공동체는 금융에 대한 접근성이 부족한 경우가 많다. 위험에 대한 인식을 낮추는 한 가지 방법은 공적자금을 먼저 투입하고 민간자본은 위험이 낮아진 후에 투입하도록 자금조달원을 통합하는 것이다. 통합 경관 관리법은 여러 보전, 지속 가능한 관리 및 복원 조치를 단일한 경관 내에서 통합하여 실행하는 방법이다. 이 접근법은 다양한 공공, 민간 및 시민사회 투자자로부터 자금을 조달해 여러 분야의 사업과 기업으로 구성된 포트폴리오를 통해 대규모로 파이낸싱 그린을 실현할 수 있는 잠재력을 가지고 있다.²⁶⁹ 여기에는 다양한 권리자, 농민, 기타 이해관계자를 위한 맞춤형 금융상품이 포함된다.²⁷⁰



그리닝 파이낸스(Greening finance)

우리의 경제와 금융 시스템은 자연에 뿌리를 두고 있으며, 제대로 기능하는 생태계와 생물다양성, 물과 안정적인 기후 없이는 유지될 수 없다.²⁷¹ 장기적인 번영을 위해서는 모든 금융 의사결정에서 자연이 고려되어야 한다. 자연에 대한 고려 없이는 기후 변화와 생물다양성 손실이 경제와 금융 시스템에 미치는 장단기적 영향을 피할 수 없을 것이다.

금융 시스템은 생태계에 영향을 미치는 동시에 생태계에 의존하고 있다. 이른바 이중 중대성(double materiality)은 재정과 가격 안정성 모두에 영향을 준다. 2023년 6월 유럽중앙은행이 발표한 연구 결과에 따르면 유럽 전체 은행대출의 75%가 적어도 하나의 생태계 서비스(예: 침식 제어, 물 공급, 홍수와 태풍 피해 방지, 탄소 흡수와 저장, 수분)에 크게 의존하여 제품을 생산하거나 서비스를 제공하고 있는 기업에 집행되고 있다.

생물다양성 손실은 여러가지 금융 리스크를 초래한다. 생태계와 생태계가 기능하는 방식이 달라지면 기업은 물리적 리스크에 처하게 된다. 이는 산불, 홍수나 자연 재해처럼 급작스럽게 찾아올 수도 있고, 수분매개자 개체군 규모와 토양 생물다양성의 점진적인 감소가 식량시스템에 미치는 영향처럼 지속적일 수도 있다. 사회와 경제가 저탄소 네이처 포지티브 미래로 나아가는 과정에서 기업 또한 새로운 규제 도입 등으로 인한 전환 리스크에 처한다. 궁극적으로 티핑 포인트에 도달했을 때는 시스템 전체가 붕괴되면서 시스템 차원의 리스크가 발생한다.

금융 기관, 중앙 은행 및 금융 규제기관은 이와 같은 리스크에 더욱 주목하고 있으며 해결을 위한 이니셔티브를 개발하고 있다(박스 4.7). 이런 긍정적인 추세를 전 세계적으로 최대한 빠르게 확산시키고 주류화해야 한다.

박스 4.7 리스크 해결을 위한 금융 관련 이니셔티브 예시

- **지속가능 금융 규제 이니셔티브(Sustainable Financial Regulation Initiative):**

WWF가 개발한 중앙은행 및 금융감독기관의 지속가능금융 평가(SUSREG, Sustainable Financial Regulations and Central Bank Activities) 트래커는 2021년부터 매년 중앙은행과 금융감독기관의 운영 및 활동에 생물다양성 손실과 기후변화 위험이 반영되는 수준이 얼마나 진전되었는지 평가하고 있다. 2023년 SUSREG 트래커에 따르면 여러 중앙은행과 금융감독기관이 금융 규제와 감독을 환경 친화적(greening)으로 변화시키는 데 성과를 내고 있다.²⁷³ 그러나 우려스럽게도 고소득 국가들, 온실가스를 가장 많이 배출하는 국가들, 그리고 생물다양성이 가장 풍부한 국가들의 수준이 크게 뒤쳐져 있다. 금융감독기관과 중앙은행들이 기후문제에 대한 조치를 점차 강화하고 있지만, 여전히 생물다양성 손실과 그 손실이 기업과 지역 공동체, 사람들의 생계에 미치는 영향은 고려하지 못하고 있다.



- **녹색 금융 협의체 (Network for Greening the Financial System, NGFS):** 140개 이상의 중앙은행과 금융감독기관으로 구성된 연합체인 NGFS는 2023년 9월 자연 관련 위험에 대한 개념적 프레임워크를 발표했다. 이 프레임워크는 “환경파괴와 기후변화라는 이중 위기(twin crisis)가 안정성, 지속가능한 번영과 지구상 모든 생명에 중대한 위협을 가한다”는 점과 “중앙은행과 감독기관이 이 문제에 대해 우려하고 관여할 명확한 이유가 있다”는 점을 확인하고 있다. 또한 이 프레임워크는 자연 관련 리스크를 이해하고 반영하기 위한 구조적인 접근 방식을 제시한다.²⁷¹

- **자연 관련 재무정보 공개 협의체 (Taskforce on Nature-related Financial Disclosures, TNFD):** TNFD는 생물다양성 손실 및 자연 훼손과 관련된 리스크를 공시하고 해결하기 위한 일련의 권고안을 기업과 금융 기관에 제시했으며, 다른 이니셔티브, 특히 기후변화 관련 재무정보 공개 협의체(Task Force on Climate-related Financial Disclosures, TCFD)를 기반으로 구축되었다. TNFD의 14가지 공개 권고안은 조직이 다양한 관할권에서 공시 요건을 충족할 수 있도록 자연 관련 지침을 제공한다.²⁷⁴ 정책 입안자, 규제 당국, 자산 소유자, 자산 관리자 및 글로벌 선도 기업은 모두 자연 관련 위험 관리에 더욱 주목하고 있다. 또한 생물다양성 손실을 해결하고 자연 기반 해법을 확대하기 위해 민간 부문의 참여와 재원을 동원해야 할 필요성도 이전보다 명확하게 인지하고 있다.

이와 같은 예시들은 변화가 일어나고 있음을 보여주지만, 기후변화와 생물다양성 손실이 인류 사회에 가하는 근본적인 위기를 해결하고 위험한 티핑 포인트를 피하기 위해 필요한 속도에는 미치지 못하고 있다. 경제를 넷제로 및 네이처 포지티브 미래로 전환하기 위해서는 정책이 필요한 변화를 이끌어야 하지만, 반드시 변해야 하고 변화를 가속화할 수 있는 것은 금융이다.

정책 입안자, 규제 당국, 자산 소유자, 자산 관리자 및 글로벌 선도 기업들은 모두 자연 관련 리스크 관리에 더욱 주목하고 있다. 또한 생물다양성 손실을 해결하고 자연기반 해법을 확대하기 위해 민간 부문의 참여와 자원을 동원해야 할 필요성도 이전보다 명확하게 인지하고 있다.

제5장



자연의 티핑 포인트에 직면한 상황에서, 그 어느때보다 조율된 방식으로 글로벌 목표를 달성하는 일이 시급하다.

실천하기

WWF의 지구생명보고서를 발간할 때마다 더 악화된 자연 상태와 더 불안정해진 기후가 확인된다. 이제는 악화하는 상황을 멈추어야 한다. 글로벌 목표는 기후가 안정되고 자연이 회복되어, 모든 사람이 번영할 수 있는 공정한, 더 나은 미래의 비전을 제시한다. 이 목표는 과감한 포부와 함께 국가, 민간 부문, 시민사회가 강력하게 지지한다는 면에서 혁신적이다. 또한, 현재의 자연 파괴 및 기후 악화 추세를 되돌리고, 글로벌 티핑 포인트에서 멀어지며, 세계를 지속가능한 방향으로 이끌 기회를 제공한다.

이를 위해 정부와 민간 부문은 목표 달성을 위한 신뢰할 수 있는 약속과 계획을 수립해야 한다. 목표를 늦지 않게 온전히 달성하려면 필요한 속도와 규모로 구체적인 조치를 취해야 한다. 더불어 실현을 위한 자본이 필요하다. 또한, 결과의 효과성, 형평성, 지속성을 보장해야 한다. 낭비할 시간이 없다.

성과의 추적

현재 정부, 민간 부문, 시민사회 전반에서의 약속, 조치 및 성과는 충분하지 않고, 일관성이 없으며, 단절되어 있다. 그중 대다수는 신뢰성이 부족하다. 정부는 기후 및 자연 이니셔티브를 위한 새로운 자금을 약속했지만, 이후 분석에 따르면 기존의 약속을 재포장한 것에 불과하다는 것이 드러나는 사례가 있다. 기업들 역시 자랑스럽게 탄소중립을 약속하지만 탄소상쇄의 가치가 모호한 경우도 있다. 생태계와 기후 티핑 포인트를 직면한 상황에서 아무것도 달성하지 못하는 보여주지 않는 약속과 조치는 무용지물일 뿐이며, 오히려 혼란을 야기하고 추진력을 약화시킨다.

우리가 무엇을 하고 있는지 다 함께 이해할 필요가 있다. 무엇이 효과적이고 무엇이 효과적이지 않은 지, 그리고 아직 실천하지 않은 것은 무엇인지를 파악해야 한다. 우리는 모든 부문과 국가에 걸쳐 어떤 조치가 글로벌 목표를 달성하고 있는지, 그리고 공공 및 민간 부문이 성과에 어떻게 기여 또는 방해하고 있는지를 투명하게 평가해야 한다. 비용 절감 시너지를 파악하고 상충관계를 관리하는 일도 개선해야 한다. 우리가 어디쯤 와 있으며, 앞으로 나아가야 할 방향을 신속하게 진단하며 신뢰할 수 있는 방식으로 공개해야 한다. 이를 통해 변화를 촉진하고, 혁신, 협력, 적응 학습을 강화하여 2030년과 그 이후의 목표를 달성할 수 있다.

최근 몇 년 동안 이와 같은 정보를 부분적으로 제공하는 추적기, 격차 보고서, 공시 체계 및 기타 이니셔티브가 급증했다. 이제 우리는 자연과 기후 관련 기구들이 이 모든 정보와 방법을 통합하여 다음 질문들에 대한 답을 제시할 수 있는 방안을 함께 모색할 것을 촉구하는 바이다.

- 정부와 민간 부문의 공동 조치는 글로벌 목표 달성에 필요한 성과를 내고 있고, 위험한 티핑 포인트에 도달할 가능성을 낮춰주고 있는가?
- 해당 조치는 상호보완적으로 성과를 강화하는가, 아니면 일부 목표나 사람들에게 상충되는 영향을 주거나 오히려 역행하는 결과를 초래할 가능성이 있는가?
- 세계는 모두를 위한 지속가능하고 번영하는 미래를 실현시킬 지속가능한 식량, 에너지, 금융 시스템으로 전환하고 있는가?

마지막 박차

지구의 미래는 향후 5년 동안 일어나는 일에 달려도 해도 과언이 아니다. 자연 파괴와 기후변화가 함께 가져오는 부정적 결과로 인해 되돌릴 수 없는 티핑 포인트로 향하는 악화일로로 접어들기 전에, 세계를 지속가능한 방향으로 전환할 수 있는 시간은 5년 밖에 남지 않았다. 실패의 위험은 실제로 존재하며, 그 결과는 상상조차 할 수 없다.

각 정부, 기업, 조직, 개인은 최종 기한에 이르기 전까지 무엇을 할지 결정해야 할 것이다. 그러나 공통적으로 우리 모두가 지금과는 근본적으로 완전히 다른 조치를 취해야 한다는 점이다. 단계적 개선만으로는 충분하지 않다.

모두 힘을 합쳐 우리는 성공해야만 한다. 우리에게 살아있는 지구는 오직 하나뿐이고, 올바른 결정을 내릴 기회도 단 한 번뿐이다.



사진 출처

- Page 2 © NOAA / unsplash.com
- Page 4-5 © Wil.Amaya / Adobe Stock
- Page 6 © Janos / Adobe Stock
- Page 8 © The Ocean Agency / Adobe Stock
- Page 9 © Wideangle Media / WWF Switzerland
- Page 10 © viki2win / Shutterstock
- Page 11 © Jochen Tack / Alamy
- Page 12 © Maxentius Donysius / WWF-Malaysia
- Page 13 © Leonardo / Adobe Stock
- Page 14 © WWF International
- Page 16 © Ministry of the Environment and Sustainable Development of Colombia
- Page 19 © Peter Chadwick / WWF
- Page 20 © naturepl.com / Maxime Aliaga / WWF
- Page 25 Top: © John Anderson / Adobe Stock
Bottom © Nadia Bood / WWF
- Page 31 © kakteen / Shutterstock
- Page 33 © Danielle Brigida / WWF-US
- Page 34 (hawksbill turtle) © Jona Sanchez / Shutterstock,
(forest elephant) zahorec / Shutterstock,
(chinstrap penguin) Farjana.rahman / Shutterstock
- Page 35 (Chinook salmon) © Daniel Thornberg / Alamy,
(river dolphin) © COULANGES / Shutterstock,
(European bison) © Peter Fodor / Shutterstock,
(mountain gorilla) Ondrej Prosimsky / Shutterstock
- Page 36 © Mongkolchon Akesin / Shutterstock
- Page 38 © Henrik Larsson / Shutterstock
- Page 39 a. © National Park Service, b. USDA Forest Service,
c. keldridge / Shutterstock, d. Toa55 / Shutterstock
- Page 40 © tolly65 / Adobe Stock
- Page 41 © Tunatura / Shutterstock
- Page 42 © Xinhua / Alamy
- Page 43 © Paulo Henrique Pigozzi / Shutterstock
- Page 44 © Richard Carey / Adobe Stock
- Page 45 © Milan / Adobe Stock
- Page 46 © Sergey / Adobe Stock
- Page 49 © Linda Harms / Adobe Stock
- Page 50 Top: © reisegraf.ch / Shutterstock
Bottom: © Milos Muller / Shutterstock
- Page 51 © photomatz / Shutterstock
- Page 52 © Sebastian Delgado C / Shutterstock
- Page 55 © Hannes Thirion / iStock
- Page 56 © Kelsey Hartman / WWF-Greater Mekong
- Page 57 © Raquel Mogado / Alamy
- Page 59 © jeson / Adobe Stock
- Page 60 © Long Hung / Adobe Stock
- Page 62 © Gideon Ikigai / Shutterstock
- Page 63 © Kelvin H. Haboski / Shutterstock
- Page 64 © Cavan-Images / Shutterstock
- Page 68 © Artie Medvedev / Shutterstock
- Page 69 © kateafter / Shutterstock
- Page 71 © arbourabroad.com / Shutterstock
- Page 73 © naturepl.com / Paul Williams / WWF
- Page 74 © Tsvetan / Adobe Stock
- Page 76 © THINK b / Adobe Stock
- Page 77 © T.W. van Urk / Shutterstock
- Page 79 © Yoon S. Byun / WWF-US
- Page 81 © Ryan Bartlett / WWF-US
- Page 83 © aprilian / Adobe Stock
- Page 84 © Josef / Adobe Stock
- Page 86 © oleije abigail / Shutterstock
- Page 88 © Elly Miller / Adobe Stock
- Page 89 © namning / Adobe Stock
- Back cover: © divedog / Adobe Stock



참고 문헌

- 1 IPBES. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz et al. (ed). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019:1148.
- 2 WHO, CBD. Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health: A State of Knowledge Review. World Health Organization, 2015:364.
- 3 IPBES. Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Díaz S, Settele J, Brondizio ES et al. (eds.). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019:45.
- 4 IPBES. Summary for Policymakers of the Methodological Assessment of the Diverse Values and Valuation of Nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Pascual U, Balvanera P, Christie M et al. (eds.). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2022:52.
- 5 Mace GM, Barrett M, Burgess ND et al. Aiming higher to bend the curve of biodiversity loss. Nature Sustainability 2018;1:448–51.
- 6 Hill SLL, Harfoot M, Purvis A et al. Reconciling Biodiversity Indicators to Guide Understanding and Action. Conservation Letters 2016;9:405–12.
- 7 IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. 2023.
- 8 WWF, ZSL. The Living Planet Index database. 2024.
- 9 Natural History Museum. The Biodiversity Intactness Index – Country, Region and Global-Level Summaries for the Year 1970 to 2050 under Various Scenarios. Natural History Museum, 2024.
- 10 Bello C, Galetti M, Pizo MA et al. Defaunation affects carbon storage in tropical forests. Science Advances 2015;1:e1501105.
- 11 Osuri A, Ratnam J, Varma V et al. Contrasting effects of defaunation on aboveground carbon storage across the global tropics. Nature Communications 2016;7:11351.
- 12 Knowlton N. Thresholds and Multiple Stable States in Coral Reef Community Dynamics. Am Zool 1992;32:674–82.
- 13 Steneck RS, Arnold SN, Boenish R et al. Managing Recovery Resilience in Coral Reefs Against Climate-Induced Bleaching and Hurricanes: A 15 Year Case Study From Bonaire, Dutch Caribbean. Front Mar Sci 2019;6:265.
- 14 Ledger S, Rutherford C, Benham C et al. Wildlife Comeback in Europe: Opportunities and Challenges for Species Recovery. Final Report to Rewilding Europe by the Zoological Society of London, BirdLife International and the European Bird Census Council, 2022.
- 15 Westveer J, Freeman R, McRae L et al. A Deep Dive into the Living Planet Index: A Technical Report. WWF, 2022.
- 16 Deinet S, Marconi V, Freeman R et al. Living Planet Report 2024 Technical Supplement: Living Planet Index. ZSL, 2024.
- 17 Dirzo R, Young HS, Galetti M et al. Defaunation in the Anthropocene. Science 2014;345:401–6.
- 18 Capdevila P, Noviello N, McRae L et al. Global patterns of resilience decline in vertebrate populations. Ecology Letters 2022;25:240–51.
- 19 Spake R, Barajas-Barbosa MP, Blowes SA et al. Detecting Thresholds of Ecological Change in the Anthropocene. Annual Review of Environment and Resources 2022; 47:797–821.
- 20 Hilborn R, Buratti CC, Díaz Acuña E et al. Recent trends in abundance and fishing pressure of agency-assessed small pelagic fish stocks. Fish and Fisheries 2022;23:1313–1331.
- 21 Hilborn R, Amoroso RO, Anderson CM et al. Effective fisheries management instrumental in improving fish stock status. Proceedings of the National Academy of Sciences 2020;117:2218–2224.
- 22 WWF. Living Planet Report 2022 – Building a Nature-Positive Society. Gland, Switzerland: WWF, 2022.
- 23 Pacoureau N, Rigby C, Kyne P et al. Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. Nature 2021;589:567–71.
- 24 IPBES. IPBES regions and sub-regions: IPBES Technical Support Unit on Knowledge and Data. 2021.
- 25 IPBES. The IPBES Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and Central Asia. Rounsevell M, Fischer M, Torre-Marín Rando A et al. (eds.). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2018:892.
- 26 Ellis EC, Goldewijk KK, Siebert S et al. Anthropogenic Transformation of the Biomes, 1700 to 2000. Global Ecology and Biogeography 2010;19:589–606.
- 27 Donovan VM, Roberts CP, Wonkka CL et al. Range-wide monitoring of population trends for Rocky Mountain bighorn sheep. Biological Conservation 2020;248:108639.
- 28 Rosenberg K, Dokter A, Blancher P. Decline of the North American avifauna. Science 2019;366:120–4.
- 29 IPBES. The IPBES Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for the Americas. Rice J, Seixas CS, Zaccagnini ME et al. (eds.). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2018:656.
- 30 Azat C, Alvarado-Rybak M, Solano-Iguaran JJ et al. Synthesis of Batrachochytrium dendrobatidis infection in South America: amphibian species under risk and areas to focus research and disease mitigation. Ecography 2022;2022:e05977.
- 31 Blake JG, Loiselle BA. Sharp declines in observation and capture rates of Amazon birds in absence of human disturbance. Global Ecology and Conservation 2024;51:e02902.

- 32 Deinet S, Scott-Gatty K, Rotton H et al. The Living Planet Index (LPI) for Migratory Freshwater Fish: Technical report. 2020.
- 33 IUCN. European Species Under Threat: Overview of European Red Lists Results. Gland, Switzerland: IUCN, 2011.
- 34 IPBES. The IPBES Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Africa. Archer E, Dziba L, Mulongoy KJ, Maoela MA, and Walters M (eds.). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2018:492.
- 35 McRae L, Freeman R, Geldmann J et al. A global indicator of utilized wildlife populations: Regional trends and the impact of management. *One Earth* 2022;5:422–33.
- 36 IPBES. Summary for Policymakers of the Thematic Assessment of the Sustainable Use of Wild Species of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Fromentin JM, Emery MR, Donaldson J et al. (eds.). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2022:44.
- 37 IPBES. The IPBES Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Asia and the Pacific. Karki M, Senaratna Sellamuttu S, Okayasu S et al. (eds.). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2018:612.
- 38 Wiles GJ, Bart J, Beck Jr. RE et al. Impacts of the Brown Tree Snake: Patterns of Decline and Species Persistence in Guam's Avifauna. *Conservation Biology* 2003;17:1350–60.
- 39 Gorresen P, Cryan P, Parker M et al. Videographic monitoring at caves to estimate population size of the endangered váyaguak (Mariana swiftlet) on Guam. *Endang Species Res* 2024;53:139–49.
- 40 BirdLife International. *Aerodramus bartschi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023. IUCN Red List 2023.
- 41 Bell IP, Meager JJ, Eguchi T et al. Twenty-eight years of decline: Nesting population demographics and trajectory of the north-east Queensland endangered hawkbill turtle (*Eretmochelys imbricata*). *Biological Conservation* 2020;241:108376.
- 42 Madden Hof CA, Smith C, Miller S et al. Delineating spatial use combined with threat assessment to aid critical recovery of northeast Australia's endangered hawkbill turtle, one of western Pacific's last strongholds. *Front Mar Sci* 2023;10.
- 43 Poulsen JR, Koerner SE, Moore S et al. Poaching empties critical Central African wilderness of forest elephants. *Current Biology* 2017;27:R134–5.
- 44 Talis EJ, Che-Castaldo C, Hart T et al. Penguin index: a Living Planet Index for Pygoscelis species penguins identifies key eras of population change. *Polar Biol* 2023;46:707–18.
- 45 Krüger L. Decreasing Trends of Chinstrap Penguin Breeding Colonies in a Region of Major and Ongoing Rapid Environmental Changes Suggest Population Level Vulnerability. *Diversity* 2023;15:327.
- 46 Salmerón N, Belle S, Cruz FS et al. Contrasting environmental conditions precluded lower availability of Antarctic krill affecting breeding chinstrap penguins in the Antarctic Peninsula. *Sci Rep* 2023;13:5265.
- 47 Silva VMF da, Freitas CEC, Dias RL et al. Both cetaceans in the Brazilian Amazon show sustained, profound population declines over two decades. *PLOS ONE* 2018;13:e0191304.
- 48 Mamirauá Institute for Sustainable Development, Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation. Pink and tucuxi river dolphins are monitored while intervention strategies are outlined. WWF Brazil 2023.
- 49 Gutiérrez M. Workshop reúne especialistas de diversas organizações em Manaus. WWF Brazil 2024.
- 50 Good TP, Waples RS, Adams PB et al. Updated status of federally listed ESUs of West Coast salmon and steelhead. 2005.
- 51 Azat J. Grand Tab California Central Valley Chinook Escapement Database Report. CalFish: A California Cooperative Anadromous Fish and Habitat Data Program 2022.
- 52 NOAA Fisheries. Chinook Salmon (Protected). NOAA Fisheries 2023.
- 53 Granjon AC, Robbins MM, Arinaitwe J et al. Estimating abundance and growth rates in a wild mountain gorilla population. *Animal Conservation* 2020;23:455–465.
- 54 Lenton TM, Armstrong McKay DI, Loriani S et al. The Global Tipping Points Report 2023. Exeter, UK: University of Exeter, 2023.
- 55 Scheffer M, Carpenter S, Foley JA et al. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 2001;413:591–6.
- 56 Resource Watch 2020. Coral Reefs: Status and outlook of coral reefs around the world. World Resources Institute. 2024.
- 57 Lenton TM, Laybourn L, Armstrong McKay DI et al. Global Tipping Points Report 2023: Summary Report. In: Lenton T, Armstrong McKay D, Loriani S, et al. (eds.). The Global Tipping Points Report 2023. Exeter, UK: University of Exeter, 2023.
- 58 Welch DW, Porter AD, Rechisky EL. A synthesis of the coast-wide decline in survival of West Coast Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*, Salmonidae). *Fish and Fisheries* 2020;22:194–211.
- 59 Giannaros TM, Kotroni V, Lagouvardos K. Climatology and trend analysis (1987–2016) of fire weather in the Euro-Mediterranean. *International Journal of Climatology* 2021;41:E491–508.
- 60 Cantin N, James N, Stella J. Aerial Surveys of the 2024 Mass Coral Bleaching Event on the Great Barrier Reef. The Australian Institute of Marine Science, 2024.
- 61 Good AM, Bahr KD. The coral conservation crisis: interacting local and global stressors reduce reef resiliency and create challenges for conservation solutions. *SN Appl Sci* 2021;3:312.
- 62 MacNeil MA, Mellin C, Matthews S et al. Water quality mediates resilience on the Great Barrier Reef. *Nature Ecology & Evolution* 2019;3:620–7.
- 63 Berner LT, Law BE, Meddens AJH et al. Tree mortality from fires, bark beetles, and timber harvest during a hot and dry decade in the western United States (2003–2012). *Environ Res Lett* 2017;12:065005.
- 64 Williams DW, Liebhold AM. Climate change and the outbreak ranges of two North American bark beetles. *Agricultural and Forest Entomology* 2002;4:87–99.
- 65 Scheller RM, Kretschun AM, Loudermilk EL et al. Interactions Among Fuel Management, Species Composition, Bark Beetles, and Climate Change and the Potential Effects on Forests of the Lake Tahoe Basin. *Ecosystems* 2018; 21:643–56.
- 66 Abella S, Covington W, Fulé P et al. Past, Present, and Future Old Growth in Frequent-fire Conifer Forests of the Western United States. *Ecology and Society* 2007;12:66.
- 67 Davis KT, Dobrowski SZ, Higuera PE et al. Wildfires and climate change push low-elevation forests across a critical climate threshold for tree regeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2019;116:6193–8.
- 68 Hicke JA, Xu B, Meddens AJH et al. Characterizing recent bark beetle-caused tree mortality in the western United States from aerial surveys. *Forest Ecology and Management* 2020;475:118402.
- 69 USDA Forest Service. Areas with Tree Mortality from Bark Beetles: Summary for 2000–2020. 2021.
- 70 Hughes TP, Kerry JT, Baird AH et al. Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature* 2018;556:492–6.
- 71 Cheung MWM, Hock K, Skirving W et al. Cumulative bleaching undermines systemic resilience of the Great Barrier Reef. *Current Biology* 2021;31:5385–5392.e4.
- 72 IPCC. Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments. In: Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner H-O, et al. (eds.). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2018, 32.
- 73 Dixon AM, Foster PM, Heron SF et al. Future loss of local-scale thermal refugia in coral reef ecosystems. *PLOS Climate* 2022;1:e0000004.
- 74 Schleussner, C-F et al. Differential climate impacts for policy relevant limits to global warming: the case of 1.5°C and 2°C. *Earth System Dynamics* 2016; 7(2): 327–351.
- 75 UNEP, ICRI, ISU et al. The Coral Reef Economy: The Business Case for Investment in the Protection, Preservation and Enhancement of Coral Reef Health. 2018.
- 76 Mohil D, Sharan A, Ganapathi H. The Key Role of Wetlands to Build Socio-Ecological Resilience against Drought: Case Study from Bhachau, Kachchh, Gujarat. In: Eslamian S, Eslamian F (eds.). *Disaster Risk Reduction for Resilience*. Springer, Cham, 2022.
- 77 Masih N, Slater J. As a major Indian city runs out of water, 9 million people pray for rain. *The Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/world/2019/06/28/major-indian-city-runs-out-of-water-million-people-pray-rain/>. Published June 28, 2019.
- 78 TNC. Greenprint for Chennai – Integrating Natural Infrastructure in City Planning: Preliminary Report. 2021.
- 79 Leroy B, Diaz MS, Giraud E et al. Global biogeographical regions of freshwater fish species. *Journal of Biogeography* 2019;46.
- 80 Saatchi SS, Harris NL, Brown S et al. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2011;108:9899–904.
- 81 Costa M, Borma L, Brando P et al. Chapter 7: Biogeophysical Cycles: Water Recycling, Climate Regulation. In: Nobre C, Encalada A, Anderson E, et al. (eds.). *Amazon Assessment Report*. New York, USA: United Nations Sustainable Development Solutions Network, 2021.
- 82 Staal A, Tuinenburg OA, Bosmans JHC et al. Forest-rainfall cascades buffer against drought across the Amazon. *Nature Clim Change* 2018;8:539–43.
- 83 Cano IM, Shevliakova E, Malyshev S et al. Abrupt loss and uncertain recovery from fires of Amazon forests under low climate mitigation scenarios. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2022;119:e2203200119.
- 84 Parry IM, Ritchie PDL, Cox PM. Evidence of localised Amazon rainforest dieback in CMIP6 models. *Earth System Dynamics* 2022;13:1667–75.
- 85 MapBiomas Amazonia. Cobertura y uso del suelo en la Amazonia 1985-2022. Colección 5.0. 2023.
- 86 Berenguer E, Armenteras D, Lees A et al. Chapter 19: Drivers and ecological impacts of deforestation and forest degradation. *Amazon Assessment 2021*. UN Sustainable Development Solutions Network, 2021.
- 87 Red Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (RAISG). Territórios Indígenas. 2022.
- 88 Red Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (RAISG). Áreas Naturales Protegidas. 2022.
- 89 Red Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (RAISG). Amazonia Biogeográfica. 2022.
- 90 Nobre C, Encalada A, Anderson E et al. Executive Summary: Amazon Assessment Report 2021. In: Science Panel for the Amazon (2021). *Amazon Assessment Report 2021*. New York, NY: United Nations Sustainable Development Solutions Network, 2021.
- 91 Araujo R, Mourão J. The Amazon Domino Effect: How Deforestation Can Trigger Widespread Degradation. *Climate Policy Initiative*, 2023.
- 92 Flores BM, Montoya E, Sakschewski B et al. Critical transitions in the Amazon forest system. *Nature* 2024;626:555–64.
- 93 CBD. Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. 2022.
- 94 UNFCCC. Report of the Conference of the Parties Serving as the Meeting of the Parties to the Paris Agreement on Its Fifth Session, Held in the United Arab Emirates from 30 November to 13 December 2023. United Nations, 2024.
- 95 United Nations Department of Economic and Social Affairs. The Sustainable Development Goals Report 2023: Special Edition. United Nations, 2023.
- 96 Bruckner B, Hubacek K, Shan Y et al. Impacts of poverty alleviation on national and global carbon emissions. *Nat Sustain* 2022;5:311–20.
- 97 Dhakal S, Minx JC, Toth FL et al. Chapter 2 – Emissions Trends and Drivers. In: IPCC (2022) *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Shukla PR, Skea J, Slade A et al. (eds.) Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2022.
- 98 UNDP. Human Development Report 2021/2022 – Uncertain Times, Unsettled Lives: Shaping Our Future in a Transforming World. UNDP, 2022.
- 99 Hickel J. Quantifying national responsibility for climate breakdown: an equality-based attribution approach for carbon dioxide emissions in excess of the planetary boundary. *The Lancet Planetary Health* 2020;4:e399–404.
- 100 Peet R, Robbins P, Watts M eds. *Global Political Ecology*. 1st ed. Routledge, 2011.
- 101 Wiedmann T, Lenzen M, Keyßer LT et al. Scientists' warning on affluence. *Nat Commun* 2020;11:3107.
- 102 Aubert G, Dudley N. Progress on Implementing the Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, Directorate-General for Internal Policies, 2023.
- 103 Biermann F, van Driel M, Vijge MJ et al. Governance Fragmentation. *Architectures of Earth System Governance: Institutional Complexity and Structural Transformation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.
- 104 Weiland L, Unger S, Rochette J et al. Advancing Ocean Governance in Marine Regions Through Stakeholder Dialogue Processes. *Frontiers in Marine Science* 2021;8.
- 105 Young, OR. *Governing Complex Systems: Social Capital for the Anthropocene*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts; London, England, 2017.
- 106 Baldwin-Cantello W, Tickner D, Wright M et al. The Triple Challenge: synergies, trade-offs and integrated responses for climate, biodiversity, and human wellbeing goals. *Climate Policy* 2023;23:782–799.
- 107 United Nations Department of Economic and Social Affairs and UNFCCC. Synergy Solutions for a World in Crisis: Tackling Climate and SDG Action Together: Report on Strengthening the Evidence Base – First Edition 2023. United Nations, 2023.
- 108 Allen C, Malekpour S. Unlocking and accelerating transformations to the SDGs: a review of existing knowledge. *Sustain Sci* 2023;18:1939–60.
- 109 Breslow SJ, Sojka B, Barnea R et al. Conceptualizing and operationalizing human wellbeing for ecosystem assessment and management. *Environmental Science & Policy* 2016;66:250–9.
- 110 Kaplan-Hallam M, Bennett NJ. Adaptive social impact management for conservation and environmental management. *Conservation Biology* 2018;32:304–14.
- 111 Rights and Resources Initiative. Who Owns the World's Land? Global State of Indigenous, Afro-Descendant, and Local Community Land Rights Recognition from 2015–2020. Rights and Resources Initiative, 2023.
- 112 Government of Canada. Canadian Charter of Rights and Freedoms. 1982.
- 113 Langhammer PF, Bull JW, Bicknell JE et al. The positive impact of conservation action. *Science* 2024;384:453–8.
- 114 Armitage D, Mbatha P, Muhl E-K et al. Governance principles for community-centered conservation in the post-2020 global biodiversity framework. *Conservation Science and Practice* 2020;2:e160.
- 115 Mace GM. Whose conservation? *Science* 2014; 345:1558–60.
- 116 UNEP-WCMC and IUCN. Protected Planet Database: The World Database on Protected Areas. Protected Planet Database 2024.
- 117 UNEP-WCMC, IUCN. Protected Planet Report. UNEP-WCMC and IUCN, 2020.
- 118 Leal CG, Lennox GD, Ferraz SFB et al. Integrated terrestrial-freshwater planning doubles conservation of tropical aquatic species. *Science* 2020;370:117–21.
- 119 Gill DA, Mascia MB, Ahmadi GN et al. Capacity shortfalls hinder the performance of marine protected areas globally. *Nature* 2017;543:665–9.
- 120 Golden Kroner RE, Qin S, Cook CN et al. The uncertain future of protected lands and waters. *Science* 2019;364:881–6.
- 121 DEA. National Protected Area Expansion Strategy for South Africa 2008: Priorities for expanding the protected area network for ecological sustainability and climate change adaptation. Pretoria, South Africa: Department of Environmental Affairs, 2008.
- 122 DEA. National Protected Area Expansion Strategy for South Africa 2018. Pretoria, South Africa: Department of Environmental Affairs, 2018.
- 123 Lötter MC, Le Maitre D. Fine-scale delineation of Strategic Water Source Areas for surface water in South Africa using Empirical Bayesian Kriging Regression Prediction: Technical report. Pretoria, South Africa: South African National Biodiversity Institute, 2021.
- 124 South Africa Department of Forestry, Fisheries, and the Environment. South Africa Protected Areas Database (SAPAD_OR_2023_Q4). E-GIS DFFE, 2024.
- 125 Alves-Pinto H, Geldmann J, Jonas H et al. Opportunities and challenges of other effective area-based conservation measures (OECMs) for biodiversity conservation. *Perspectives in ecology and conservation* 2021;19:115–20.
- 126 Jonas HD, MacKinnon K, Dudley N et al. Other Effective Area-Based Conservation Measures: From Aichi Target 11 to the Post-2020 Biodiversity Framework. *PARKS* 2018;24:9–16.
- 127 Gurney GG, Darling ES, Ahmadi GN et al. Biodiversity needs every tool in the box: use OECMs. *Nature* 2021;595:646–9.

- 128 WWF-US. Backing the Stewards of Nature: Supporting Local Approaches to Global Conservation Targets through Other Effective Area-Based Conservation Measures. Washington, DC: WWF-US, 2022.
- 129 Chaplin-Kramer R, Neugarten RA, Gonzalez-Jimenez D et al. Transformation for inclusive conservation: evidence on values, decisions, and impacts in protected areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2023;64:101347.
- 130 FAO, FILAC. Forest Governance by Indigenous and Tribal Peoples. An Opportunity for Climate Action in Latin America and the Caribbean. Santiago: FAO, 2021.
- 131 Garnett ST, Burgess ND, Fa JE et al. A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation. *Nature Sustainability* 2018;1:369.
- 132 Dawson N, Coolsaet B, Sterling E et al. The role of Indigenous peoples and local communities in effective and equitable conservation. *Ecology and Society* 2021;26:19.
- 133 Blackman A, Corral L, Lima ES et al. Titling indigenous communities protects forests in the Peruvian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2017;114:4123–8.
- 134 Oldekop JA, Holmes G, Harris WE et al. A global assessment of the social and conservation outcomes of protected areas. *Conservation Biology* 2016;30:133–41.
- 135 Estrada A, Garber PA, Gouveia S et al. Global importance of Indigenous Peoples, their lands, and knowledge systems for saving the world's primates from extinction. *Science Advances* 2022;8:eabn2927.
- 136 Brondízio ES, Aumeeruddy-Thomas Y, Bates P et al. Locally Based, Regionally Manifested, and Globally Relevant: Indigenous and Local Knowledge, Values, and Practices for Nature. *Annu Rev Environ Resour* 2021;46:481–509.
- 137 WWF, UNEP-WCMC, SGP/CCA-GSI et al. The State of Indigenous Peoples' and Local Communities' Lands and Territories: A Technical Review of the State of Indigenous Peoples' and Local Communities' Lands, Their Contributions to Global Biodiversity Conservation and Ecosystem Services, the Pressures They Face, and Recommendations for Actions. Gland, Switzerland, 2021.
- 138 Chaplin-Kramer R, Neugarten RA, Sharp RP et al. Mapping the planet's critical natural assets. *Nat Ecol Evol* 2023;7:51–61.
- 139 Neugarten RA, Chaplin-Kramer R, Sharp RP et al. Mapping the planet's critical areas for biodiversity and nature's contributions to people. *Nat Commun* 2024;15:261.
- 140 Pascual U, Balvanera P, Anderson CB et al. Diverse values of nature for sustainability. *Nature* 2023;620:813–23.
- 141 Cohen-Shacham E, Andrade A, Dalton J et al. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science & Policy* 2019;98:20–9.
- 142 Seddon N. Harnessing the potential of nature-based solutions for mitigating and adapting to climate change. *Science* 2022;376:1410–6.
- 143 Roe S, Streck C, Beach R et al. Land-based measures to mitigate climate change: Potential and feasibility by country. *Global Change Biology* 2021;27:6025–58.
- 144 Nabuurs G-J, Mrabet A, Abu Hatab M et al. Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU). In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Shukla PR, Skea J, Slade R et al. (eds). Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2022.
- 145 IUCN. Ecosystem-Based Adaptation. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature, 2017.
- 146 Noon ML, Goldstein A, Ledezma JC et al. Mapping the irrecoverable carbon in Earth's ecosystems. *Nature Sustainability* 2021;5:37–46.
- 147 Biggs R, Carpenter SR, Brock WA. Turning back from the brink: Detecting an impending regime shift in time to avert it. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2009;106:826–31.
- 148 Carpenter SR, Brock WA. Rising variance: a leading indicator of ecological transition. *Ecology Letters* 2006;9:311–8.
- 149 Lindegren M, Dakos V, Gröger JP et al. Early Detection of Ecosystem Regime Shifts: A Multiple Method Evaluation for Management Application. *PLOS ONE* 2012;7:e38410.
- 150 McClanahan TR, Graham NAJ, MacNeil MA et al. Critical thresholds and tangible targets for ecosystem-based management of coral reef fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2011;108:17230–3.
- 151 Liu J, Kattel G, Arp HPH et al. Towards threshold-based management of freshwater ecosystems in the context of climate change. *Ecological Modelling* 2015;318:265–74.
- 152 Kéfi S, Rietkerk M, Alados CL et al. Spatial vegetation patterns and imminent desertification in Mediterranean arid ecosystems. *Nature* 2007;449:213–7.
- 153 Anderson CM, Weber CL, Fabricius C et al. Planning for Change: Conservation-Related Impacts of Climate Overshoot. *BioScience* 2020;70:115–8.
- 154 Hajjar R, Newton P, Ihalainen M et al. Levers for alleviating poverty in forests. *Forest Policy and Economics* 2021;132:102589.
- 155 Wong GY, Luttrell C, Loft L et al. Narratives in REDD+ benefit sharing: examining evidence within and beyond the forest sector. *Climate Policy* 2019;19:1038–51.
- 156 Wollenberg E, Tennigkeit T, Dinesh D et al. Compensating Farmers for Ecosystem Services: Lessons and an Agenda for Innovation. *CompensACTION*, 2022.
- 157 FAO. Tracking Progress on Food and Agriculture-Related SDG Indicators 2023. Rome, Italy: FAO, 2023.
- 158 KC KB, Dias GM, Veeramani A et al. When too much isn't enough: Does current food production meet global nutritional needs? Struik PC (ed.). *PLoS ONE* 2018;13:e0205683.
- 159 Benton TG, Bieg C, Harwatt H et al. Food System Impacts on Biodiversity Loss: Three Levers for Food System Transformation in Support of Nature. Chatham House, 2021.
- 160 IPCC. Climate Change 2022 – Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Shukla PR, Skea J, Slade R et al. (eds). Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2023.
- 161 Laderchi CR, Lotze-Campen H, DeClerck F et al. The Economics of the Food System Transformation. Food System Economics Commission (FSEC), 2024.
- 162 FAO. The State of Food and Agriculture 2023. Revealing the True Cost of Food to Transform Agrifood Systems. FAO, 2023.
- 163 WWF. Bending the Curve: The Restorative Power of Plant-Based Diets. Gland, Switzerland: WWF, 2020:60.
- 164 Tilman D, Balzer C, Hill J et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl Acad. Sci.* 2011;108:20260–20264.
- 165 Kroodsma DA, Mayorga J, Hochberg T et al. Tracking the global footprint of fisheries. *Science* 2018;359:904–8.
- 166 Paolo FS, Kroodsma D, Raynor J et al. Satellite mapping reveals extensive industrial activity at sea. *Nature* 2024;625:85–91.
- 167 Boyd CE, Davis RP, McNevin AA. Perspectives on the mangrove conundrum, land use, and benefits of yield intensification in farmed shrimp production: A review. *Journal of the World Aquaculture Society* 2022;53:8–46.
- 168 FAO. The State of the World's Forests 2022. Forest Pathways for Green Recovery and Building Inclusive, Resilient and Sustainable Economies. FAO, 2022.
- 169 Pacheco P, Mo K, Dudley N et al. Deforestation Fronts: Drivers and Responses in a Changing World. Gland, Switzerland: WWF, 2021.
- 170 Skidmore ME, Moffette F, Rausch L et al. Cattle ranchers and deforestation in the Brazilian Amazon: Production, location, and policies. *Global Environmental Change* 2021;68:102280.
- 171 Bochov N, Boders N. The South American monsoon approaches a critical transition in response to deforestation. *Science Advances* 2023;9.
- 172 Leite-Filho AT, Soares-Filho BS, Davis JL et al. Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon. *Nature Communications* 2021;12:2591.
- 173 Flach R, Abrahão G, Bryant B et al. Conserving the Cerrado and Amazon biomes of Brazil protects the soy economy from damaging warming. *World Development* 2021;146:105582.
- 174 Rodrigues AA, Macedo MN, Silvério DV et al. Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. *Global Change Biology* 2022;28:6807–22.
- 175 Valdes C. Brazil's Momentum as a Global Agricultural Supplier Faces Headwinds. *Amber Waves: The Economics of Food, Farming, Natural Resources, and Rural America* 2022.
- 176 Fujs T, Kashiwase H. Strains on freshwater resources: The impact of food production on water consumption. *World Bank Data Blog* 2023.
- 177 Jasechko S, Seybold H, Perrone D et al. Rapid groundwater decline and some cases of recovery in aquifers globally. *Nature* 2024;625:715–21.
- 178 Yao F, Livneh B, Rajagopalan B et al. Satellites reveal widespread decline in global lake water storage. *Science* 2023;380:743–9.
- 179 Richter BD, Bartak D, Caldwell P et al. Water scarcity and fish imperilment driven by beef production. *Nat Sustain* 2020;3:319–28.
- 180 Udall B, Overpeck J. The Twenty-First Century Colorado River Hot Drought and Implications for the Future. *Water Resources Research* 2017;53:2404–2418.
- 181 FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Blue Transformation in action. FAO, 2024.
- 182 Selig ER, Hole DG, Allison EH et al. Mapping global human dependence on marine ecosystems. *Conservation Letters* 2019;12:e12617.
- 183 McIntyre PB, Reidy Liermann CA, Revenga C. Linking freshwater fishery management to global food security and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2016;113:12880–5.
- 184 Cheung WWL, Frölicher TL, Lam VWY et al. Marine high temperature extremes amplify the impacts of climate change on fish and fisheries. *Sci Adv* 2021;7:eabh0895.
- 185 Möllmann C, Cormon X, Funk S et al. Tipping point realized in cod fishery. *Sci Rep* 2021;11:14259.
- 186 Deinet S, Flint R, Puleston H et al. The Living Planet Index (LPI) for Migratory Freshwater Fish: Technical report. 2024.
- 187 Tilman D, Clark M, Williams DR et al. Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature* 2017;546:73–81.
- 188 IPBES. The Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production. Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, Ngo HT (eds). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2016.
- 189 West PC, Gerber JS, Engstrom PM et al. Leverage points for improving global food security and the environment. *Science* 2014;345:6194:325–328.
- 190 WWF Germany. Enhancing NDCs For Food Systems: Recommendations for Decision-Makers. WWF Germany, 2020.
- 191 Willett W. Healthy Diets From Sustainable Food Systems: Food Planet Health. The EAT-Lancet Commission, 2019.
- 192 Conservation International. Exponential Roadmap for Natural Climate Solutions. Washington DC: Conservation International, 2022.
- 193 WWF. Solving the Great Food Puzzle: 20 Levers to Scale National Action. Gland, Switzerland: WWF, 2022.
- 194 Ferri M, Arnés García M. From Nature-Negative to Nature-Positive Production: A Conceptual and Practical Framework for Agriculture Based on Thermodynamics. Budapest: FAO, 2023.
- 195 Petry D, Avanzini S, Vidal A et al. Cultivating Farmer Prosperity: Investing in Regenerative Agriculture. Boston Consulting Group, 2023:26.
- 196 Faure G, Geck M, Paracchini M-L et al. What Agroecology Brings to Food Security and Ecosystem Services: A Review of Scientific Evidence. 2024.
- 197 Clark M, Hill J, Tilman D. The Diet, Health, and Environment Trilemma. *Annual Review of Environment and Resources* 2018;43:109–34.
- 198 GIST Impact. Natural Farming Through a Wide-Angle Lens: True Cost Accounting Study of Community Managed Natural Farming in Andhra Pradesh, India. GIST Impact, Switzerland and India, 2023.
- 199 Cheung WWL, Reygondeau G, and TL Frölicher. Large benefits to marine fisheries of meeting the 1.5°C global warming target. *Science* 2016;354(6319): 1591–1594.
- 200 Costello C, Ovando D, Clavelle T et al. Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2016;113:5125–9.
- 201 Naylor RL, Hardy RW, Buschmann AH et al. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature* 2021;591:551–63.
- 202 Costello C, Cao L, Gelcich S et al. The future of food from the sea. *Nature* 2020;588:95–100.
- 203 Loken B, DeClerck F, Willett W et al. Diets for a Better Future: Rebooting and Reimagining Healthy and Sustainable Food Systems in the G20. EAT, 2019.
- 204 WHO. Obesity and overweight. 2024.
- 205 Springmann M, Spajic L, Clark MA et al. The healthiness and sustainability of national and global food based dietary guidelines: modelling study. *BMJ* 2020;370:m2322.
- 206 Weindl I, Ost M, Wiedmer P et al. Sustainable food protein supply reconciling human and ecosystem health: A Leibniz Position. *Global Food Security* 2020;25:100367.
- 207 Popkin BM, Adair LS, Ng SW. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutrition Reviews* 2012;70:3–21.
- 208 Government of India. Promoting Millets. 2023.
- 209 WWF-UK. Driven to Waste: The Global Impact of Food Loss and Waste on Farms. WWF-UK, 2021.
- 210 Gatto A, Chepeliev M. Global food loss and waste estimates show increasing nutritional and environmental pressures. *Nature Food* 2024;5:136–147.
- 211 Gilman E, Perez Roda A, Huntington T et al. Benchmarking global fisheries discards. *Sci Rep* 2020;10:14017.
- 212 WWF. Solving the Great Food Puzzle: Right Innovation, Right Impact, Right Place. Gland, Switzerland: WWF, 2023.
- 213 Galbiati GM, Yoshida M, Benni N et al. Climate-Related Development Finance to Agrifood Systems: Global and Regional Trends between 2000 and 2021. Rome: FAO, 2023:38.
- 214 Climate Policy Initiative. Global Landscape of Climate Finance 2023. Climate Policy Initiative, 2023:1–53.
- 215 Damania R, Esteban B, Charlotte de F et al. Detox Development: Repurposing Environmentally Harmful Subsidies. Washington DC: World Bank, 2023.
- 216 Sumaila UR, Ebrahim N, Schuhbauer A et al. Updated estimates and analysis of global fisheries subsidies. *Marine Policy* 2019;109:103695.
- 217 Haegel NM, Kurtz SR. Global Progress Toward Renewable Electricity: Tracking the Role of Solar (Version 3). *IEEE J Photovoltaics* 2023;13:768–776.
- 218 UNFCCC GST. Technical Dialogue of the First Global Stocktake Synthesis Report by the Co-Facilitators on the Technical Dialogue. United Arab Emirates: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2023.
- 219 IEA. World Energy Outlook 2023. Paris: IEA, 2023.
- 220 WWF, BCG. Building a Nature-Positive Energy Transformation: Why a Low-Carbon Economy Is Better for People and Nature. Washington, DC: WWF, 2023:36.
- 221 IPCC. Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1st ed. Pörtner H-O, Roberts DC, Tignor M, et al. (eds.). Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2023.
- 222 Vohra K, Vodonos A, Schwartz J et al. Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. *Environmental Research* 2021;195:110754.
- 223 Gibon T, Hertwich EG, Arvesen A et al. Health benefits, ecological threats of low-carbon electricity. *Environ Res Lett* 2017;12:034023.
- 224 Jones NF, Pejchar L, Kiesecker JM. The Energy Footprint: How Oil, Natural Gas, and Wind Energy Affect Land for Biodiversity and the Flow of Ecosystem Services. *BioScience* 2015;65:290–301.
- 225 Yalaw SG, Van Vliet MTH, Gernaat DEHJ et al. Impacts of climate change on energy systems in global and regional scenarios. *Nat Energy* 2020;5:794–802.
- 226 Opperman JJ, Camargo RR, Laporte-Bisquit A et al. Using the WWF Water Risk Filter to Screen Existing and Projected Hydropower Projects for Climate and Biodiversity Risks. *Water* 2022;14:721.
- 227 Ciscar J-C, Dowling P. Integrated assessment of climate impacts and adaptation in the energy sector. *Energy Economics* 2014;46:531–8.
- 228 Wiatros-Motyka M, Fulghum N. Global Electricity Mid-Year Insights 2023. EMBER, 2023.
- 229 IEA. Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2028. Paris: IEA, 2024.
- 230 Energy Transitions Commission. Material and Resource Requirements for the Energy Transition. Energy Transitions Commission, 2023:130.
- 231 Thieme ML, Tickner D, Grill G et al. Navigating trade-offs between dams and river conservation. *Glob Sustain* 2021;4:e17.
- 232 Hanssen SV, Steinmann ZJN, Daioglou V et al. Global implications of crop-based bioenergy with carbon capture and storage for terrestrial vertebrate biodiversity. *GCB Bioenergy* 2022;14:307–21.
- 233 Sonter LJ, Dade MC, Watson JEM et al. Renewable energy production will exacerbate mining threats to biodiversity. *Nat Commun* 2020;11:4174.
- 234 Greene N, Howe C. Down to the Wire: Progressive Permitting Reforms Will Accelerate Renewable Energy and Transmission Buildout and Help Meet U.S. Climate Targets. NRDC, 2023:14.
- 235 Patterson JJ, Thaler T, Hoffmann M et al. Political feasibility

of 1.5°C societal transformations: the role of social justice. Current Opinion in Environmental Sustainability 2018;31:1–9.

236 IEA. World Energy Investment 2022. Paris: IEA, 2022.

237 Gall ET, Carter EM, Matt Earnest C et al. Indoor Air Pollution in Developing Countries: Research and Implementation Needs for Improvements in Global Public Health. Am J Public Health 2013;103:e67–72.

238 Mikati I, Benson AF, Luben TJ et al. Disparities in Distribution of Particulate Matter Emission Sources by Race and Poverty Status. Am J Public Health 2018;108:480–5.

239 Biswas S, Echevarria A, Irshad N et al. Ending the Energy-Poverty Nexus: An Ethical Imperative for Just Transitions. Sci Eng Ethics 2022;28:36.

240 IEA. Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach. Paris: IEA, 2023.

241 REN21. Renewables 2024 Global Status Report Collection, Global Overview. Paris: REN21 Secretariat, 2024.

242 Boehm S, Jeffrey L, Schumer C et al. State of Climate Action 2023. Berlin and Cologne, Germany, San Francisco, CA, and Washington, DC: World Resources Institute, 2023.

243 Energy Transitions Commission. Streamlining Planning and Permitting to Accelerate Wind and Solar Deployment. 2023.

244 Opperman JJ, Carvallo JP, Kelman R et al. Balancing renewable energy and river resources by moving from individual assessments of hydropower projects to energy system planning. Frontiers in Environmental Science 2023;10:2410.

245 Shirley R, Kammen D. Energy planning and development in Malaysian Borneo: Assessing the benefits of distributed technologies versus large scale energy mega-projects. Energy Strategy Reviews 2015;8:15–29.

246 Instituto Costarricense de Electricidad. Informe ejecutivo del plan de expansion de la generacion 2018 – 2034. 2018.

247 Opperman JJ, Baruch-Mordo S, Carvallo JP et al. Sustaining the Last Rivers: The renewable revolution could keep dams off the world's remaining free-flowing rivers. American Scientist 2019;107.

248 CLEANaction. Nature-Safe Energy: Linking Energy and Nature to Tackle the Climate and Biodiversity Crises. WWF, 2023.

249 Baruch-Mordo S, Kiesecker JM, Kennedy CM et al. From Paris to practice: sustainable implementation of renewable energy goals. Environ Res Lett 2019;14:024013.

250 Joshi S, Mittal S, Holloway P et al. High resolution global spatiotemporal assessment of rooftop solar photovoltaics potential for renewable electricity generation. Nat Commun 2021;12:5738.

251 Planning for Climate Commission. Tackling Climate Change through Fast and Fair Permitting for Renewable Energy and Hydrogen: Recommendations from the Planning for Climate Coalition. 2023.

252 US Department of the Interior. Obama Administration Approves Roadmap for Utility-Scale Solar Energy Development on Public Lands. 2019.

253 WWF. WWF Discussion Paper: Just Energy Transformation. Gland, Switzerland: WWF, 2021.

254 Bakhtary H, Ryneerson A, Morales V et al. Breaking Silos: Enhancing Synergies across NDCs and NBSAPs. Gland, Switzerland: World Wildlife Fund for Nature, 2023.

255 Runhaar H, Wilk B, Driessen P et al. Policy Integration. In: Biermann F, Kim RE (eds.). Architectures of Earth System Governance. 1st ed. Cambridge University Press, 2020, 183–206.

256 Biermann F, Hickmann T, Sènit C-A et al. Scientific evidence on the political impact of the Sustainable Development Goals. Nat Sustain 2022;5:795–800.

257 Evison W, Low LP, O'Brien D. Managing Nature Risks: From Understanding to Action. PWC, 2023.

258 UNEP. State of Finance for Nature 2023: The Big Nature Turnaround - Repurposing \$7 Trillion to Combat Nature Loss. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme (UNEP), 2023.

259 Climate Policy Initiative, Chiriack D, Vishnumolakala H et al. Landscape of Climate Finance for Agrifood Systems. Climate Policy Initiative, 2023.

260 FAO, UNDP, UNEP. A Multi-Billion-Dollar Opportunity – Repurposing Agricultural Support to Transform Food Systems. Rome, Italy: FAO, 2021.

261 Woroniecki S, Spiegelenberg FA, Chausson A et al. Contributions of nature-based solutions to reducing people's vulnerabilities to climate change across the rural Global South. Climate and Development 2023;15:590–607.

262 Robeco. Robeco 2022 Stewardship Report. 2022.

263 WWF. Nature's Squared. Bankable Nature Solutions: Blueprints for Bankable Nature Solutions from across the Globe to Adapt to and Mitigate Climate Change and to Help Our Living Planet Thrive. WWF Netherlands, 2020:80.

264 The Dutch Fund for Climate and Development. The Dutch Fund for Climate and Development. 2024.

265 Whiting K. Climate finance: What are debt-for-nature swaps and how can they help countries? World Economic Forum 2024.

266 US Department of the Treasury. United States Signs \$20 Million Debt Swap Agreement with Peru to Support Amazon Conservation. 2023.

267 Cabrera N. H, Plantizer C, Yudelman T et al. Securing Sustainable Financing for Conservation Areas: A Guide to Project Finance for Permanence. Washington, DC: Amazon Sustainable Landscape Program and WWF, 2021.

268 WWF International. Securing Colombia's natural heritage. World Wildlife Fund 2022.

269 Shames S, Scherr SJ. Mobilizing Finance across Sectors and Projects to Achieve Sustainable Landscapes: Emerging Models. EcoAgriculture Partners, 2020.

270 Goldman L, Tsan M, Dogandjieva R et al. Inflection Point: Unlocking Growth in the Era of Farmer Finance. 2016.

271 NGFS. Nature-Related Financial Risks: A Conceptual Framework to Guide Action by Central Banks and Supervisors. 2023.

272 Elderson F. The economy and banks need nature to survive. The ECB Blog 2023.

273 WWF Singapore. SUSREG Tracker Assessment. 2024.

274 TNFD. Taskforce on Nature-Related Financial Disclosures (TNFD) Recommendations. 2023.

275 TNFD. Taskforce on Nature-related Financial Disclosures. 2024.

2024 지구 생명 보고서

위기에 처한 시스템

WWF 글로벌 네트워크

가봉	브라질	카메룬
가이아나	세르비아	캄보디아
과테말라	솔로몬 제도	캐나다
그리스	수리남	케냐
나미비아	스웨덴	콜롬비아
남아프리카 공화국	스위스	콩고공화국
네덜란드	스페인	콩고민주공화국
네팔	슬로바키아	크로아티아
노르웨이	싱가포르	탄자니아
뉴질랜드	아르메니아	태국
덴마크	아제르바이잔	튀르키예
독일	에콰도르	튀니지
라오스	영국	파라과이
루마니아	오스트리아	파키스탄
마다가스카르	온두라스	파푸아뉴기니
말레이시아	우간다	페루
멕시코	우크라이나	폴란드
모잠비크	이탈리아	프랑스
몽골	인도	피지
미국	인도네시아	핀란드
미얀마	일본	필리핀
베트남	잠비아	한국
벨기에	조지아	헝가리
벨리즈	중국	호주
볼리비아	중앙아프리카공화국	홍콩
부탄	짐바브웨	
불가리아	칠레	

WWF 협력 기관

- Associação Natureza Portugal (포르투갈)
- Emirates Nature (아랍에미리트)
- Fundación Vida Silvestre (아르헨티나)
- Pasaules Dabas Fonds (라트비아)

출판 정보

본 저작물은 2024년 10월 스위스 글랑에 본부를 둔 WWF(World Wide Fund for Nature, 전 World Wildlife Fund)가 출판하였습니다.

본 저작물의 일부 또는 전체를 재출판하는 경우, 하기의 규정을 준수하고 저작물 제목 및 저작권자인 상기 출판자를 명시해야 합니다.

원제

WWF (2024) Living Planet Report 2024 – A System in Peril. WWF, Gland, Switzerland.

텍스트 및 그래픽 공저: © 2024 WWF All rights reserved.

교육용 또는 비영리적 목적으로 본 저작물을 재출판하는 경우(단, 사진 제외), 이를 WWF에 서면으로 사전 고지하고 상기 내용에 따라 그 출처를 반드시 기재해야 합니다. WWF의 사전 서면 허가 없이 본 저작물의 재판매 또는 기타 영리적 목적의 재출판을 금지합니다. 본 저작물의 사진을 재출판하는 경우, 그 용도와 관계없이 WWF의 사전 서면 허가를 받아야 합니다. 본 보고서에 표기된 지리적 위치 및 보고서에 제시된 자료는 특정 국가나 영토, 지역의 법적 지위 또는 그 관계 당국의 법적 지위에 대한 WWF의 견해를 표명한 것이 아닙니다.

2024 지구 생명 보고서

위기에 처한 시스템

당신의 이름이 지구를 지키는 힘이 되도록
지구를 지키는 힘, WWF



WWF는 자연환경 파괴를 막고
자연과 인간이 조화롭게 공존하는 미래를 위해
일하는 세계 최대 규모의 자연보전기관입니다

together possible. wwfkorea.or.kr

© 2024

© 1986 판다 도형 WWF-World
Wide Fund for Nature 세계자연기금
(전 World Wildlife Fund)

® 'WWF'는 WWF의 등록상표입니다.

웹사이트에서 보다 자세한 정보를
확인할 수 있습니다.

livingplanet.panda.org.