



THIS REPORT
HAS BEEN
PRODUCED IN
COLLABORATION
WITH:

ZSL
FOR LIFE
EVERYWHERE

지구생명 보고서 2022

BUILDING A NATURE-POSITIVE SOCIETY

WWF(World Wide Fund for Nature, 세계자연기금)

WWF는 독립적인 자연보전기관으로, 세계 100여 개국 글로벌 네트워크 및 지역 리더십을 통해 3,500만 명 이상의 서포터즈와 함께 활발히 활동하고 있습니다. WWF는 지구의 자연 파괴를 막고 사람과 자연이 조화롭게 살아가는 미래를 만들고자 합니다. 이를 위해 생물다양성을 보전하고, 재생 가능한 자연자원을 지속가능한 방식으로 이용하도록 방향을 제시하며, 환경오염 및 자원의 낭비를 줄이고자 인식 증진 활동에 힘쓰고 있습니다.

ZSL Institute of Zoology(런던동물학회 동물학연구소)

런던동물학회(Zoological Society of London, ZSL)는 세계적인 과학 기반 자연보전기관으로, 인간과 야생동물이 공존하면서 더 나은 삶을 살아가도록 하고 전 세계 모든 생명체의 경이로움과 다양성을 보존하기 위한 활동을 이어 나가고 있습니다. ZSL에서는 멸종 위기에 처해 있거나 그러할 위험이 있는 동물을 구하고 살고 있는 지구를 만들기 위해 수많은 자연보전 활동가들이 다양한 협력 활동을 벌이고 있습니다. 또한 ZSL은 WWF와 공동사업으로 지구생명지수(Living Planet Index)를 개발, 운영하고 있습니다.

인용

WWF (2022) Living Planet Report 2022 – Building a nature-positive society.
Almond, R.E.A., Grooten, M., Juffe Bignoli, D. & Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland.

원문 발간

디자인 작업: peer&dedigitalesupermarkt

표지 사진: © Paul Robinson

Mountain gorilla (Gorilla beringei beringei) in the Virunga National Park, Democratic Republic of Congo.

국문 발간

발행인: 홍윤희

발행처: WWF-Korea(세계자연기금 한국본부)

발행일: 2022년 10월

번역감수: 홍지예, 권연주, 나민지, 박민혜

디자인: 베스트셀러바나나

ISBN 978-2-88085-316-7

Living Planet Report®와

Living Planet Index®는

WWF International의 등록상표입니다.



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

목차

요약	4
서문	6
우리가 마주한 현실	10
한눈에 보기	12
제1장: 이중으로 벌어지는 전 지구적 비상상황	14
제2장: 변화의 속도와 규모	30
제3장: ‘네이처 포지티브’ 사회의 설계	58
우리가 가야 할 길	100
참고 문헌	104

편집팀

Rosamunde Almond (WWF–NL): 편집장

Monique Grooten (WWF–NL): 공동편집장

Diego Juffe Bignoli (Biodiversity Decisions): 제작편집자

Tanya Petersen: 선임편집자

Barney Jeffries and Evan Jeffries (swim2birds.co.uk): 감수

Katie Gough and Eleanor O’Leary (WWF International): 기획 및 커뮤니케이션

조언 및 검토

Zach Abraham (WWF International), Mike Barrett (WWF–UK), Winnie De’Ath (WWF International), Elaine Geyer–Allély (WWF International), Felicity Glennie Holmes (WWF International), Katie Gough (WWF International), Lin Li (WWF International), Rebecca Shaw (WWF International), Matt Walpole (WWF International), Mark Wright (WWF–UK), Lucy Young (WWF–UK) and Natasha Zwaal (WWF–NL)

저자

Rob Alkemade (Wageningen University & Research), Francisco Alpízar (Wageningen University & Research), Mike Barrett (WWF–UK), Charlotte Benham (Zoological Society of London), Radhika Bhargava (National University of Singapore), Juan Felipe Blanco Liberos (Universidad de Antioquia), Monika Böhm (Indianapolis Zoo), David Boyd (UN Special Rapporteur on human rights and the environment: University of British Columbia), Guido Broekhoven (WWF International), Neil Burgess (UNEP–WCMC), Mercedes Bustamante (University of Brasilia), Rebecca Chaplin–Kramer (Natural Capital Project, Stanford University; Institute on the Environment, University of Minnesota; SpringInnovate.org), Mona Chaya (FAO), Martin Cheek (Royal Botanic Gardens, Kew), Alonso Córdova Arrieta (WWF–Peru), Charlotte Couch (Herbier National de Guinée and Royal Botanic Gardens, Kew), Iain Darbyshire (Royal Botanic Gardens, Kew), Gregorio Diaz Mirabal (Coordinator of Indigenous Organizations of the Amazon River Basin – COICA), Amanda Diep (Global Footprint Network), Paulo Durval Branco (International Institute for Sustainability, Brazil), Gavin Edwards (WWF International), Scott Edwards (WWF International), Ismahane Elouafi (FAO), Neus Estela (Fauna & Flora International), Frank Ewert (University of Bonn, Germany), Bruna Fatiche Pavani (International Institute for Sustainability, Brazil), Robin Freeman (Zoological Society of London), Daniel Friess (National University of Singapore), Alessandro Galli (Global Footprint Network), Jonas Geldmann (University of Copenhagen), Elaine Geyer–Allély (WWF International), Mike Harfoot (Vizzuality and UNEP–WCMC), Thomas Hertel (Purdue University, USA), Samantha Hill (UNEP–WCMC), Craig Hilton Taylor (IUCN), Jodi Hilty (Yellowstone to Yukon Conservation Initiative), Pippa Howard (Fauna & Flora International), Melanie–Jayne Howes (Royal Botanic Gardens, Kew; King’s College London), Nicky Jenner (Fauna & Flora International), Lucas Joppa (Microsoft), Nicholas K Dulvy (Simon Fraser University), Kiunga Kareko (WWF–Kenya), Shadrach Kenwillain (Fauna & Flora International), Maheen Khan (University of Maastricht), Gideon Kibusia (WWF–Kenya), Eliud Kipchoge (Eliud Kipchoge Foundation), Jackson Kiplagat (WWF–Kenya), Isabel Laridon (Royal Botanic Gardens, Kew), Deborah Lawrence (University of Virginia), David Leclère (International Institute for Applied Systems Analysis), Sophie Ledger (Zoological Society of London), Preetmoninder Lidder (FAO), David Lin (Global Footprint Network), Lin Li (WWF International), Ralael Loyola (International Institute for Sustainability, Brazil), Sekou Magassouba (Herbier National de Guinée), Valentina Marconi (Zoological Society of London), Louise McRae (Zoological Society of London), Bradley J. Moggridge (University of Canberra), Denise Molmou (Herbier National de Guinée), Mary Molokwu– Odozi (Fauna & Flora International), Joel Muinde (WWF–Kenya), Jeanne Nel (Wageningen University & Research), Tim Newbold (University College London), Eimear Nic Lughadha (Royal Botanic Gardens, Kew), Carlos Nobre (University of São Paulo’s Institute for Advanced Studies), Michael Obersteiner (Oxford University), Nathan Pacoureaux (Simon Fraser University), Camille Parmesan (Theoretical and Experimental Ecology (SETE), CNRS, France; Department of Geology, University of Texas at Austin, USA; School of Biological and Marine Sciences, University of Plymouth, UK), Marielos Peña–Claros (Wageningen University), Germán Poveda (Universidad Nacional de Colombia), Hannah Puleston (Zoological Society of London), Andy Purvis (Natural History Museum), Andrea Reid (Nisga’a Nation; University of British Columbia), Stephanie Roe (WWF International), Zack Romo Paredes Holguer (Coordinator of Indigenous Organizations of the Amazon River Basin – COICA), Aatke Schipper (Radboud University), Kate Scott–Gatty (Zoological Society of London), Tokpa Seny Doré (Herbier National de Guinée), Bernardo Baeta Neves Strassburg (International Institute for Sustainability, Brazil), Gary Tabor (Centre for Large Landscape Conservation), Morakot Tanticharoen (University of Technology Thonburi, Thailand), Angelique Todd (Fauna & Flora International), Emma Torres (UN Sustainable Development Solutions Network), Koighae Toupou (Fauna & Flora International), Detlef van Vuuren (University of Utrecht), Mathis Wackernagel (Global Footprint Network), Matt Walpole (WWF International), Sir Robert Watson (Tyndal Centre for Climate Change Research), Amayaa Wijesinghe (UNEP–WCMC)

감사의 말씀

이번 지구생명보고서의 제작을 위한 아이디어를 포함한 다양한 도움과 영감을 주신 모든 분께 감사드립니다.

Jonathan Bailie (On The EDGE Conservation), Karina Berg (WWF–Brazil), Carina Borgström– Hansson (WWF–Sweden),

Angela Brennan (University of British Columbia, Vancouver), Tom Brooks (IUCN), Stuart Chapman (WWF–Nepal),

Thandiwe Chikomo (WWF–NL), Trin Custodio (WWF–Philippines), Smriti Dahal (WWF–Myanmar), Victoria Elias (WWF–Russia), Kenneth Er (National Parks Board, Singapore), Wendy Foden (South African National Parks – SANParks),

Jessika Garcia (Coordinator of Indigenous Organizations of the Amazon River Basin – COICA), Bernardo Hachet

(WWF–Ecuador), Kurt Holle (WWF–Peru), Chris Johnson (WWF–Australia), Lydia Kibarid (Lentsational), Margaret Kinnaird

(WWF–Kenya), Margaret Kuhlow (WWF International), Matt Larsen– Daw (WWF–UK), Ryan Lee (National Parks Board,

Singapore), Nan Li (Linan) (WWF–China), Eve Lucas (Royal Botanic Gardens Kew), Abel Musumali (Climate Smart

Agriculture Alliance), Tubalemye Mutwale (WWF International), Mariana Napolitano Ferreira (WWF–Brazil), Luis Naranzo

(WWF–Colombia), Deon Nel (WWF–NL), Hein Ngo (FAO), Eleanor O’Leary (WWF International), Sile Obroin (FAO), Sana

Okayasu (Wageningen University & Research), Jeff Opperman (WWF International), Pablo Pacheco (WWF International),

Jon Paul Rodriguez (IUCN SSC and Venezuelan Institute for Scientific Investigations), Kavita Prakash–Marni (Mandai

Nature), Karen Richards (WWF International), Luis Roman (WWF–Peru), Kirsten Schuijt (WWF–NL), Lauren Simmons

(WWF–UK), Jessica Smith (UNEP Finance Initiative), Carolina Soto Navarro (UNEP–WCMC), Jessica Thorn (University of

York), Derek Tiltensor (Dalhousie University), Analis Vergara (WW–US), Piero Visconti (International Institute for Applied

Systems Analysis), Anthony Waldron (University of Cambridge), Gabriela Yamaguchi (WWF–Brazil)

또한 스테파니 다이넷(Stefanie Deinet)을 비롯해 지난 2년간 자료를 공유해 주시고 자료수집에 도움을 주신 모든 분께

감사드립니다. The Threatened Species Index team and network; Paula Hanna Valdujo and Helga Correa Wiederhecker

(WWF–Brazil); Mariana Paschoalini Frias (Instituto Aqualle/ WWF–Brazil consultant); Elildo Alves Ribeiro De Carvalho

Junior (Programa Monitora/CMBio); Luciana Moreira Lobo (KRAV Consultoria Ambiental/ WWF–Brazil consultant); Felipe

Serrano, Marcio Martins, Eletra de Souza, João Paulo Vieira–Alencar, Juan Camilo Díaz–Ricaurte, Ricardo Luria–

Manzano (University of São Paulo).

지구생명 보고서 2022

BUILDING A NATURE-POSITIVE SOCIETY

요약

오늘날 우리는 '인간이 초래한 기후변화'와 '생물다양성 손실'이라는 이중의 비상상황에 직면해 있다. 서로 연결되어 있는 이들 두 상황은 현재와 미래 세대의 앞날을 위협하고 있다. 우리의 미래는 생물다양성과 안정적 기후의 유지에 달려 있는 만큼, 생물다양성 감소와 기후변화의 상호 연관성을 이해하는 것은 매우 중요하다.

이번 지구생명보고서에서는 그러한 상호 연관성의 본질, 인간과 생물다양성에 미치는 영향, 공평하고 지속가능하며 긍정적인 미래로 나아가기 위한 전략을 핵심 주제로 다루고 있다. 이렇듯 복합적이고 서로 연결되어 있는 문제를 다룰 때는 만병통치약 같은 해법이나 오직 하나만의 지식에 기대어서는 안 된다. 따라서 우리는 이번 보고서를 제작하는 과정에서 전 세계의 다양한 목소리와 지식을 활용했다.

토지 이용의 변화는 여전히 자연에 가장 심각한 위험 요인으로 작용하며 전 세계의 육지, 담수, 바다에 서식하는 수많은 동식물의 자연 서식지가 파괴되거나 파편화되고 있다.

그러나 지구온난화를 1.5°C 이내로 제한하지 못하면 몇십 년 후에는 기후변화가 생물다양성 손실의 결정적 요인으로 자리 잡을 가능성이 크다. 이미 기후변화로 인해 생물이 대량 폐사하거나 멸종되는 사례가 발생하고 있다. 지구 온도가 1°C 단위로 상승할 때마다 그러한 손실이 증가하고 인간에게 미치는 영향도 커질 것으로 예상된다. 이 보고서에서는 국지적 기후변화와 생물다양성 변화로 인한 영향에 현명하게 대처하고 있는 현지인들의 사례 세 가지를 소개한다.

생물다양성 지표는 시간에 따른 자연의 변화 추이를 파악하는 데 유용한 도구이다. 지구생명지수(LPI, Living Planet Index)는 50년에 가까운 기간에 걸쳐 자연의 건강 상태를 확인하기 위해 전 세계 포유류, 어류, 파충류, 조류 및 양서류의 풍부도(abundance) 변화를 추적하는 지표로, 조기 경보 시스템과 같은 역할을 한다.

이 보고서에 수록된 종합적 연구 조사 결과에 따르면 1970년부터 2018년까지 관찰된 전 세계 야생동물 개체군의 상대적 풍부도가 평균 69% 감소한 것으로 나타났다. 지역별로는 라틴아메리카 지역의 평균 개체군 풍부도가 가장 크게 감소했으며(94%), 전 세계적으로 담수 생물종의 개체군이 가장 큰 감소세(83%)를 보였다.

새로운 매핑 분석 기법을 활용하면 생물다양성 변화 및 기후변화의 속도와 규모를 종합적으로 파악할 수 있다. 이 지구생명보고서에서는 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC) 제2실무그룹의 2022년 2월 보고서에 수록된 새로운 위험 지도(risk map)를 소개한다. 이 지도는 100만 시간 이상의 컴퓨터 작업을 포함해 수십 년간 기술인 노력의 결실이다. 또한 이 보고서에서는 국제자연보전연맹(IUCN)의 멸종위기종 적색목록(Red List)으로부터 수집된 자료를 이용한 분석 방법을 다룬다. 이는 '농업', '수렵', '벌목', '환경오염', '침입종', '기후변화' 등의 6대 위험 요인을 종합적으로 고려해 육상 척추동물의 멸종위험이 높은 '핫스팟' 지역을 확인하기 위한 작업이다.

지구생명보고서 2020에서는 '회복으로의 전환' 시나리오와 같이 사람과 자연이 함께 번영하는 미래를 만들 수 있는 여러 시나리오와 모델을 제시했다. 이러한 제안을 활용한다면 다양한 기후 및 개발 시나리오별로 생물다양성 문제를 가장 효과적으로 다룰 수 있는 방안들로 구성된 '메뉴'를 만들 수 있다. 현재 연구자들은 '형평성' 및 '공정성'을 포함해 모델에 추가할 수 있는 새로운 고려 요소를 모색하고 있다. 이러한 작업은 지금과 같은 현상 유지(business-as-usual) 추세를 바꾸기 위해 시급히 착수해야 할 새로운 행동이 무엇인지를 더욱 구체적으로 파악하는 데 도움이 될 수 있다.

이론을 실천으로 옮기려면 근본적인 변화가 필수적이다. 생산·소비 방식, 기술 및 경제·금융 시스템 전반에 걸친 변화가 있어야 한다. 정책 입안 활동 및 일상 생활에서 변화가 이루어지려면 목표의 무게중심이 가치와 권리로 이동해야 한다.

2022년 유엔총회(United Nations Human General Assembly)는 이 같은 변화를 가속화하고자 전 세계 모든 지역의 모든 사람이 깨끗하고 건강하고 지속가능한 환경에서 생활할 권리가 있음을 직시하는 결의안을 채택했다. 권력 및 권한을 행사하는 의사결정권자들에게 권리의 존중이 더 이상 선택이 아닌 의무임을 의미하는 것이다. 2022년 결의안은 법적 구속력이 있지는 않다. 그러나 '물에 대한 권리(right to water)'에 관한 2010년 유엔 결의안이 수백만 명에게 안전한 식수를 공급하기 위한 활동을 촉진했듯 해당 결의안도 필요한 행동을 가속화하는 데 기여할 것으로 예상된다.

이번 지구생명보고서는 지구는 생물다양성 감소와 기후위기의 한가운데에 있으며, 지금이 우리가 행동할 수 있는 마지막 기회라고 강조한다. 자연 보전을 넘어 자연이 회복하고 번영으로 가는 미래를 만들기 위해서는 근본적인 변화가 필요하다. 이는 생산과 소비의 방식, 정책과 금융의 변화 등 전체 판도를 바꾸는 근본적인 변화를 말한다. 이 보고서가 모든 사람이 변화의 일부가 되도록 하는 계기가 되기를 바란다.

지구와 인류의 위기를 알리는 적신호



WWF 사무총장
마르코 람베르티니

지금은 적신호가 켜진 상황이다. 메시지는 명확하다. 전 세계 야생 척추동물 개체군의 상태를 종합적으로 진단한 이 보고서의 결론은 암울하다. 글로벌 지구생명지수(Living Planet Index)로 표시되는 생물종 개체 수가 50년이 채 안 되는 기간 동안 3분의 2나 감소했다.

'기후위기'와 '자연위기'라는 복합적 요인이 이러한 심각한 결과를 초래했다. 이 결과는 생물다양성이 인간을 포함한 지구상 모든 생명체가 의존하는 자연계의 건강 및 생산성과 안정성 유지에 핵심적인 역할을 한다는 사실을 깨닫기 시작한 시점에 마침내 드러났다. 코로나19 팬데믹을 계기로 우리는 인간이 취약한 존재라는 사실을 새삼 확인하였다. 코로나19는 우리가 아무런 대가 없이 계속해서 자연을 무책임하게 지배하고 당연한 것으로 여기면서, 자연자원을 지속 불가능한 방식으로 남용하며 불평등하게 분배해도 된다는 몰지각한 가정에 대한 도전인 것이다.

이제 우리는 우리의 행동에 대가를 치러야 한다는 것을 안다. 이미 대가를 치르고 있다. 기상 이변으로 인한 인명 피해와 경제적 손실, 가뭄과 홍수로 인한 빈곤 및 식량 불안의 심화, 사회적 불안과 난민이 증가하고 인수공통감염병이 발생하여 전 세계를 위협하고 있는 것이다. 이제 자연의 손실을 더 이상 윤리적·생태적 이슈로만 치부할 수 없다. 인류의 경제, 사회적 안정, 개인의 복지와 건강, 정의 실현에 자연이 필수적이라는 인식이 확산되고 있다. 가장 취약한 계층은 이미 자연 파괴의 영향을 크게 받고 있다. 우리는 아이들과 미래 세대에게 끔찍한 유산을 남기고 있는 것이다. 기후 대응과 마찬가지로 자연을 위해서도 범지구적 차원의 계획을 수립해야 한다.

자연을 위한 글로벌 목표: '네이처 포지티브' 비전

우리는 지금 무슨 일이 벌어지고 있는지 잘 알고 있다. 현 상황의 위험성과 해법에 대해서도 잘 알고 있다. 우리의 생존이 걸린 존재론적 문제를 해결하기 위한 전 세계를 하나로 결집시킬 수 있는 계획이 절실하다. 국제적 합의는 물론 지역적 실행 계획을 수립해야 한다. 기후 문제를 위해 2016년 파리협정에서 2050년까지 온실가스 배출량 '넷제로' 목표를 정한 것처럼 자연에 대해서도 측정 가능하고 기한이 명확한 글로벌 목표를 분명하게 설정해야 한다. 그렇다면 생물다양성에 있어서 '온실가스 배출량 넷제로'와 같은 목표란 무엇인가?

자연 손실이 넷제로 상태에 도달하는 것만으로는 부족하다. 단순히 자연의 손실을 멈추게 하는 데 그치지 않고 자연을 '순증가(net-positive)' 상태로 회복시키기 위한 '네이처 포지티브(nature-positive)' 목표를 설정해야 한다. 이유는 두 가지이다. 첫째, 과감한 목표가 필요할 정도로 자연이 파괴되었고 앞으로도 더 많이 더 빠른 속도로 사라질 것이기 때문이다. 둘째, 자연은 기회가 주어진다면 빠르게 회복될 수 있다는 것을 보여 주었기 때문이다. 우리는 산림, 습지, 호랑이, 다랑어, 꿀벌, 지렁이 등 자연과 야생동물이 돌아온 사례를 여러 지역에서 발견할 수 있다.

우리는 2030년까지 '네이처 포지티브'에 도달해야 한다. 간단히 말해 2020년대 말까지 자연이 지금보다 더 풍부해지도록 해야 한다는 의미이다(101쪽의 인포그래픽 참조). 자연림, 바다와 하천에 서식하는 어종, 농장을 날아다니는 수분 매개 곤충 모두가 더 많아지고 전 세계의 생물다양성이 더 풍부해져야 한다는 것이다. 네이처 포지티브 목표가 실현된 미래에는 기후·식량·물 안보를 포함한 인간의 복지와 경제적 안녕이 크게 향상될 것이다. 2050년까지 온실가스 배출량이 넷제로에 도달해야 한다는 목표와 2030년까지 생물다양성이 순증가 상태에 도달한다는 목표는 상호보완적이다. 이 두 목표는 인류의 안전한 미래를 향해 나아가고, 지속가능한 개발 모델로 전환하며, 2030 지속가능발전목표(SDGs)의 이행을 촉진하는 방향으로 이끌어주는 나침반과 같은 역할을 한다.

우리에게 주어진 절호의 기회

WWF와 그 밖의 여러 국제기구, 그리고 '자연을 위한 세계 지도자들의 선언(Leaders' Pledge for Nature)'에 동참한 93개국 정상과 유럽연합(EU) 집행위원장, 비즈니스 포 네이처(Business For Nature), 자연 관련 재무정보 공개 협의체(Taskforce on Nature-Related Financial Disclosure), 생물다양성을 위한 금융 서약(Finance for Biodiversity) 동맹 등을 비롯한 수많은 국가 지도자와 비즈니스 리더들에게 있어서 '네이처 포지티브(nature-positive)'라는 글로벌 목표에 합의하는 것은 매우 중요하고 시급한 과제이다.

우리의 선택에 달린 지구와 인류의 미래

중국을 의장국으로 하는 제15차 유엔 생물다양성협약 당사국총회(COP15)가 2022년 12월 캐나다 몬트리올에서 개최될 예정이다. 오랫동안 고대했던 이번 회의는 세계 지도자들이 네이처 포지티브 비전을 채택할 수 있는 절호의 기회이다. 이번 회의는 목표에 합의하고 세부 목표의 과감함과 측정가능성을 적정 수준으로 설정할 수 있는 중요한 자리가 될 것이다. 또한 정부, 지역사회, 기업, 금융기관 및 소비자들이 글로벌 공동 목표 달성에 기여할 수 있도록 결집하고 활동을 조율함으로써 '범사회적 접근법(whole-of-society approach)'을 촉진할 수 있는 출발선이 될 것이다. 아울러 기후행동 관련 적용을 시작한 것과 같은 높은 수준의 책임성(accountability)을 생물다양성과 관련해서도 요구할 수 있는 계기가 될 것이다.

'2050년까지 온실가스 배출량 넷제로 도달'이라는 글로벌 목표가 에너지 부문의 기존 관행을 깨뜨리고 재생에너지로 전환하도록 유도한 것과 마찬가지로, '2030년까지 네이처 포지티브 도달'이라는 목표는 농업, 어업, 임업, 기반시설, 자원 채굴산업 등 자연 손실을 유발하는 주요 부문에서 기존 관행을 무너뜨리고 혁신을 촉진하며, 지속가능한 생산 및 소비 행태로 나아가기 위한 발걸음을 가속화할 것이다.

우리 사회는 역사상 가장 중요한 갈림길에 서 있다. 우리에게 '인간과 자연은 하나'라는 중요한 존재론적 관계를 위한 총체적 변화가 필요하다. 우리는 자연이 인간에게 의존하는 것보다 인간이 자연에 더 많이 의존하고 있다는 사실을 이제서야 깨닫고 있다. 제15차 유엔 생물다양성협약 당사국총회(COP15)는 전 세계가 자연을 위해 함께 논의하는 자리가 될 것이다.

코로나19라는 전례 없는 팬데믹은 그동안 수많은 생명을 앗아갔고, 사회의 많은 부분을 바꾸어 놓았다. 코로나19의 원인은 여전히 규명하고 있지만, 야생동물과 인간의 접촉이 늘어나면서 대규모 감염병이 찾아진 것은 명백히 증명되는 사실이다. 야생 서식지 감소는 대부분 개발만을 중시한 채 자연 파괴를 일삼은 인간 때문이다. 그 대가로 우리는 코로나19라는 고통스러운 현실을 겪고 있는 것이다.

이제는 인류의 생존을 위해서라도 자연을 바라보는 우리의 시각과 태도가 바뀌어야 한다. 2022년 지구생명보고서의 결과에 따르면 지난 반세기 동안 전 세계 야생동물 개체군의 규모가 평균 69% 감소했다. 자연 생태계가 위협에 처해 있고, 그 위협은 곧 인간이 얻는 자연의 혜택이 사라진다는 것을 의미한다. 자연이 회복하지 못하면 우리의 삶 또한 지속가능하지 않게 된다.

WWF 한국본부에서는 '한국의 생태발자국 보고서 2016'을 통해 우리나라 생태 자산의 건전성을 점검하고 앞으로 나아갈 방향을 제시한 바 있다. 지속가능한 사회를 위해 재생 가능한 자연자원 내에서 경제성장이 이루어지도록 하는 전환과 '하나뿐인 지구의 생활 방식(One planet living)'을 제안했다. 그러나 한국이 사용하는 자원의 수요는 꾸준히 증가하고 있으며, 자원의 해외 의존도 또한 매우 심각하다.

지속가능한 사회는 인류 전체의 삶의 질 향상을 위해 반드시 달성해야 할 공동의 목표이다. 인류는 그동안 자연의 가치를 무시한 채 경제적 이득만을 고려해 왔다. 그러나 자연은 경제와 상충되는 것이 아니라 오히려 상관관계에 있다. 자연이 건강해야만 경제도 번영할 수 있다는 것이다. 자연이 얼마나 건강한지를 보여 주는 지표가 바로 생물다양성이다. 생물다양성 감소 추세를 막고 회복의 길로 방향을 틀기 위해서는 우리가 지금까지 살아왔던 방식을 근본적으로 바꾸어야 한다. 자연자원을 남용하는 생산 방식과 무분별한 소비 습관을 바꾸는 경제 시스템 전반의 변화가 필요하다.

그 기회가 우리 눈앞에 있다. 올해 12월 캐나다에서 열리는 제15차 유엔 생물다양성협약 당사국총회(COP15)에서 전 세계 정부 관계자들이 모여 앞으로의 10년의 자연보전 이정표인 '글로벌 생물다양성 프레임워크'를 만드는 협의를 진행한다. 이 결단이 현재와 미래 세대가 살아갈 지구의 모습을 결정할 것이다. 우리가 살아갈 지구의 모습은 이번 보고서에서 강조하는 '네이처 포지티브 사회(nature-positive society)'가 되어야 한다. 자연이 회복하고 번영할 때, 우리도 지속가능한 삶을 살아갈 수 있기 때문이다.



WWF-Korea 사무총장
홍윤희

우리가 마주한 현실

작성자: Mike Barrett (WWF-UK),
Elaine Geyer-Allély (WWF International) and
Matt Walpole (WWF International)

이 보고서에서는 지구생명지수(LPI)를 통해 구축한 역대 최대 규모의 데이터세트를 소개하며, 다양한 목소리와 시각을 반영해 자연의 건강 상태를 종합 분석한 내용을 제시한다. 연구 조사 결과는 암울하다. 자연의 건강 회복을 위한 조치가 시급한 상황에서 생물다양성 감소 추세를 반전시키기는커녕, 감소 추세를 막지도 못하고 있다. 정치권과 민간 부문의 노력이 광범위하게 이루어지고 있긴 하지만 척추동물 개체군 규모의 감소세는 계속되고 있다. 5,230종의 생물종을 대표하는 약 3만2,000개의 개체군을 관찰하여 수집한 자료에 따르면, 인간 사회와 자연이 맺고 있는 관계의 근본적 변화를 위한 광범위한 행동을 실행하고자 출범한 유엔 '생물다양성 10년(Decade on Biodiversity)' 이니셔티브가 목표에 훨씬 못 미치는 결과를 보이고 있는 것으로 나타났다.

지구의 기후와 자연에 비상상황이 발생한 데 따른 여파는 극한 기상 현상의 잦은 발생으로 인한 난민과 사상자 발생, 식량 불안의 심화, 토양 고갈, 담수 접근성 부족, 인수공통감염병의 확산세 증가 등 이미 세계 도처에서 감지되고 있다. 이는 우리 모두에게 영향을 주는 문제이지만, 특히 극빈층과 소외계층이 더욱 큰 타격을 입는다.

이번 연구에서는 라틴아메리카, 특히 아마존 지역의 데이터를 많이 포함하고 있다. 해당 지역에서 진행된 연구 결과도 소개하고 있으며, 산림파괴가 가속화되고 있는 상황에서 이번 연구 결과는 특별한 의미를 지닌다. 이미 전체 산림 면적의 17%가 사라졌으며, 17%가 추가로 황폐화되고 있다.¹⁶³ 최근의 연구에 따르면 세계 최대 규모의 열대 우림 지역이 더 이상 제 기능을 하지 못하게 되는 임계점에 빠르게 다르고 있다.¹⁷⁶ 이 연구는 토지 수탈(land grabbing)과 서식지 전환이 사람과 야생동물에 미치는 직접적인 영향에서부터 강수량 및 토양의 변화, 그리고 극심한 기후변화에 맞서기 위한 전 세계의 노력에 미치는 치명적인 영향에 이르기까지 우리가 직면한 여러 문제를 여실히 보여 준다.

우리는 서로 맞물려 있는 세 가지 도전 과제에 직면해 있다. 첫째, 지구 온도의 상승폭이 1.5°C라는 '위험 수위'를 넘어서지 않도록 기후변화 완화 조치를 시급히 확대하고, 이미 진행 중인 기후변화에 사람들이 적응할 수 있도록 지원해야 한다. 둘째, 자연과 자연이 제공하는 환경적 혜택을 회복시켜야 한다. 여기에는 깨끗한 공기, 담수, 식량, 연료, 섬유 등과 같은 유형적 서비스뿐만 아니라 자연이 인간의 삶과 복지에 다양한 방식으로 기여하는 무형적 서비스도 포함된다. 셋째, 포용적이고 '범사회적'인 접근 방식을 통해 모두가 행동에 나설 수 있는 여건을 조성하고, 지속가능한 길로 나아가는 데 도움이 되는 가치와 지식 체계의 다원성을 인식하도록 해야 한다. 또, 우리의 행동을 통해 발생하는 비용과 편익이 사회적으로 공정하며 형평성 있게 공유되도록 해야 한다.

이번 지구생명보고서는 이 세 가지 과제를 해결할 수 있는 방향으로 나아가기 위한 첫걸음이라고 할 수 있다. 다양한 가치와 목소리를 고려하고, 개인의 일상적 선택에서 전 지구적 차원의 변화(특히 식량, 금융 및 거버넌스 시스템의 변화)에 이르기까지 여전히 변화의 가능성이 있다는 사실을 보여 준다.

2022년 7월 유엔총회가 건강한 환경을 향유할 권리를 공언한 기념비적 사건은 기후붕괴, 생물다양성 손실, 환경오염 및 감염병의 세계적 대유행이 인권 위기에 해당한다고 천명했다. 아울러 유엔 지속가능발전목표(SDGs)에 명시된 바와 같이, 우리가 공정하고 환경 친화적이며 사람과 자연이 함께 번영하는 미래로 나아가려면 인도주의와 환경에 관련된 도전 과제에 대한 종합적 해법을 찾아야 한다. 또한 우리는 개별 위기 간의 상호 연관성을 파악해 위기를 극복할 가능성을 높일 수 있다.

유엔은 새로운 '글로벌 생물다양성 프레임워크(Global Framework for Biodiversity)'에 합의하기 위해 올해 12월 캐나다 몬트리올에서 생물다양성협약 제15차 당사국 회의를 개최할 예정이다. 이는 우리에게 주어진 마지막 기회이다. 2020년대의 막바지에 이르면 그간의 계획에 충실했는지 판단할 수 있게 될 것이다. 사람과 자연을 위한 투쟁의 승패가 결정 날 것이다. 현재 상황은 좋지 않다. 구시대적 사고방식과 완고한 입장이 맞서며 관련 논의가 난항을 겪고 있는 가운데, '네이처 포지티브' 미래를 달성하기 위한 과감한 행동의 조짐은 보이지 않는다.

우리는 공정하고 포용적이며 모두가 목표 달성에 기여할 수 있는 계획이 필요하다. 또한 토지, 담수 및 바다에 대한 원주민과 지역공동체의 권리를 보장하는 권리 기반 접근법이 필요하다. 외부인들로 인해 발생하는 경우가 많은 생물다양성 손실과 생태계 파괴의 유발 요인(세계 식량 시스템 같은)을 다루어야만 자연을 보호하고 회복시킬 수 있다. 특히, 그 어느 때보다도 규모가 크고 지속가능한 결과물을 시급하게 마련해야 한다. 지금이 아니면 기회는 없다.

한눈에 보기

이 보고서는 행동의 출발점과 생각할 거리를 제공하며, 근본적 변화를 위한 촉진제 역할을 한다. 이 보고서가 독자들에게 변화에 동참하고자 하는 동기를 부여할 수 있기를 기대한다.

이중으로 벌어지는 전 지구적 비상상황

CHAPTER 1

- 우리는 기후위기와 생물다양성 위기를 겪고 있다. 두 위기는 별개의 사안이 아니라 동전의 양면과 같다.
- 토지 이용 변화는 여전히 생물다양성 손실의 가장 중요한 요인으로 작용하고 있다.
- 기후변화는 이미 자연에 연쇄적인 영향을 미치고 있다.
- 지구온난화를 1.5°C 이내로 제한하지 못하면 몇십 년 후에는 기후변화가 생물다양성 손실의 결정적 요인으로 자리 잡을 가능성이 크다.
- 세 개의 짙막한 사진 에세이는 지역공동체가 현지 지식을 활용해 국지적 기후변화와 생물다양성 변화에 어떻게 적응해 나가고 있는지를 소개한다.

변화의 속도와 규모

CHAPTER 2

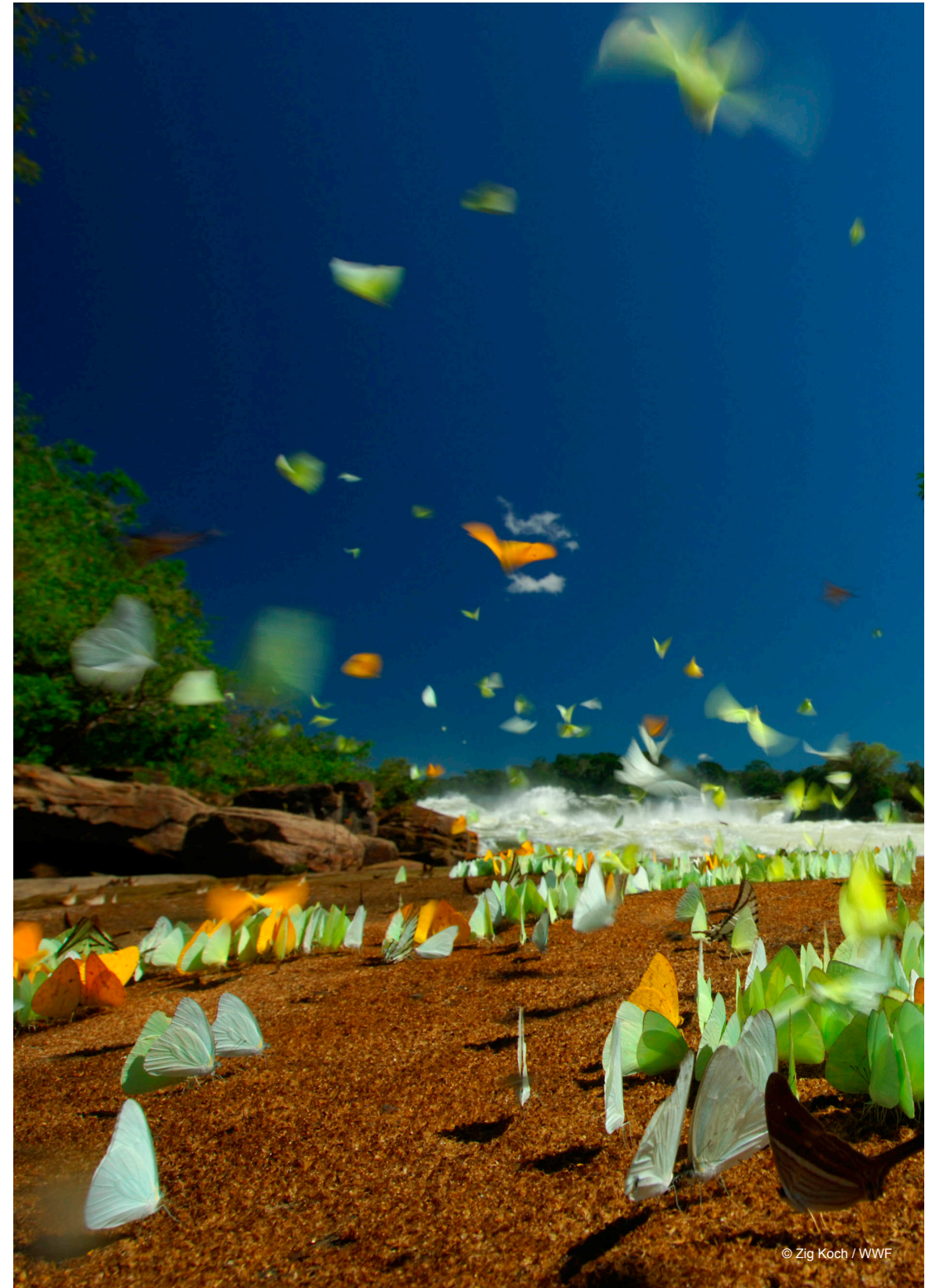
- 다양한 지표를 활용하면 생물다양성 변화의 속도와 규모 및 영향을 파악할 수 있다.
- 지구생명지수(LPI)는 전 세계 포유류, 어류, 파충류, 조류 및 양서류의 풍부도 변화를 추적하는 지표로, 조기 경보 시스템과 같은 역할을 한다.
- 2022년 글로벌 LPI에 따르면 1970년부터 2018년까지 관찰된 야생동물 개체군의 규모가 평균 69% 감소한 것으로 나타났다.
- 라틴아메리카 지역의 평균 개체군 풍부도가 가장 크게 감소했다(94%).
- 담수 생물종 개체군도 급격한 감소세(83%)를 보이고 있다.
- 새로운 매핑 분석 기법을 활용하면 생물다양성 변화 및 기후변화의 속도와 규모를 종합적으로 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 자연이 인간의 삶에 가장 크게 기여하는 영역을 확인할 수 있다.
- 이 보고서는 전 세계 85명의 저자들이 다양한 지식을 활용해 작성했다.

‘네이처 포지티브’ 사회의 설계

CHAPTER 3

- 우리는 지구의 건강이 나빠지고 있다는 사실을 알고 있다. 그리고 그 이유도 알고 있다.
- 또한 기후변화와 생물다양성 손실에 대처하기 위한 지식과 도구가 존재한다는 사실도 알고 있다.
- 2022년 7월 유엔총회가 건강한 환경을 향유할 권리를 인정한 기념비적 사건은 기후붕괴, 생물다양성 손실, 환경오염 및 감염병의 세계적 대유행이 인권 위기에 해당한다는 우리의 인식을 더욱 공고하게 만들었다.
- 이론을 실천으로 옮기려면 근본적인 변화가 필수적이다.
- 생산·소비 방식, 기술의 사용 및 경제·금융 시스템 전반에 걸친 변화가 있어야 한다.
- 이 보고서에서는 『지구생명보고서 2020』에서 다룬 ‘회복으로의 전환(Bending the Curve)’ 시나리오와 같이 인간과 자연이 함께 번영하는 미래를 만들기 위한 여러 시나리오와 모델을 소개한다.
- 연구자들은 ‘형평성’ 및 ‘공정성’을 포함해 모델에 추가할 수 있는 새로운 고려 요소를 탐색하고 있다.
- 국제무역과 그러한 활동이 자연에 미치는 영향 간의 상호 연관성을 규명하려는 작업은 생물다양성 손실에서 회복으로 전환하기 위한 광범위한 활동에서 핵심적인 일부를 차지하고 있다.
- 이렇듯 복잡적이고 서로 연결되어 있는 문제에서는 만병통치약 같은 해법이란 없다. 예를 들어 설명하고자 이 보고서에서는 아마존, 캐나다, 잠비아, 케냐, 인도네시아, 호주 등지를 비롯한 세계 각지에서 수집한 사례들을 소개한다.

브라질 주루에나 국립공원의 주루에나 강, 아우구스토 폭포 근처에 있는 나비(Rhopalocera spp.)



© Zig Koch / WWF

An underwater photograph of a dense kelp forest. The kelp stalks are tall and thin, with long, blade-like leaves that are yellowish-green. The water is clear and blue, with sunlight filtering through from above, creating a bright, ethereal atmosphere. The kelp appears to be swaying gently in the current.

제1장

이중으로 벌어지는 전 지구적 비상상황

우리는 기후위기와 생물다양성 위기를 동시에 겪고 있다. 지구 자원을 지속 불가능한 방식으로 이용함으로써 발생한 이 위기는 동전의 양면과 같다. 두 가지 긴급상황을 계속해서 별도로 다룬다면 어느 하나도 효과적으로 대처할 수 없게 된다.

자이언트 켈프(giant kelp)는 식물 중에서 성장 속도가 가장 빠르며 하루에 50cm 정도 자랄 수 있다. 이 거대한 해조류는 해저로부터 50m 수면까지 도달할 수 있으며, 광기주머니를 이용해 수면을 향해 엽상체를 띄워 올린다(미국 캘리포니아주 채널제도 국립공원).

© Gisle Sverdrup / Silverback / Netflix

동전의 양면과 같은 기후위기와 생물다양성 위기

오늘날 우리는 ‘인간이 유발한 기후변화’와 ‘생물다양성 손실’이라는 이중의 비상상황에 직면해 있다. 서로 연결되어 있는 이들 두 상황은 현재와 미래 세대의 복지를 위협하고 있다.

작성자: Sir Robert Watson
(Tyndall Centre for Climate
Change Research)

생물다양성이란 육지, 담수, 바다 및 대기 중에 존재하는 모든 단위의 생명체(유전자, 개체군, 생물종, 생태계 등)가 지닌 다양성과 이들 생명체 간의 상호작용을 의미한다. 숲, 초원, 습지, 맹그로브 늪, 바다 등을 포함한 육상, 담수 및 해양 생태계는 식량, 사료, 의약품, 에너지, 섬유 등과 같이 복지에 필수적인 재화를 제공한다. 이들 생태계는 기후, 자연재해, 극한 기상 현상, 대기 질, 담수의 양과 질, 수분 작용, 씨앗의 확산, 병충해, 토양, 해양 산성화, 서식지 형성 및 유지 등을 조절하는 역할을 한다. 또한 물리적·정신적 경험과 지식 및 영감을 제공하며, 지역공동체의 정체성과 살고 있는 지역에 대한 애착심을 만든다. 우리가 삶을 살아가는 데 필요한 모든 것은 자연에서 나온다.

육상, 담수 및 해양 생태계의 황폐화를 직접적으로 유발하는 주된 요인으로는 토지·해양 이용 변화, 과도한 동식물의 이용, 기후변화, 환경오염, 외래 침입종 등을 들 수 있다. 생물다양성 손실과 생태계 황폐화 및 생태계 서비스 저하를 초래하는 이들 요인은 특히 지난 50년간 급속한 경제성장에 따른 에너지, 식량 및 기타 자원에 대한 수요 증가, 인구 증가, 국제무역, 사용 기술의 변화 등에 따른 것이다.

우리는 식량, 섬유, 에너지, 의약품 생산과 같이 시장가치가 있는 재화를 이용해 왔다. 이는 시장가치는 없지만 훨씬 큰 경제·사회적 가치를 지닌 혜택을 담보로 얻은 것이다.

전 세계 약 100만 종의 동식물이 멸종 위기에 처해 있다. 조류, 포유류, 양서류, 파충류 및 어류의 경우, 전체의 1~2.5%는 이미 멸종했다. 개체군의 풍부도와 유전적 다양성이 감소하고 있다. 아울러 생물종들은 현지 기후에 맞게 형성된 서식지를 잃고 있다.

지구의 기온은 산업화 이전 시기보다 이미 1.2°C 상승한 상태이다. 현재까지는 기후변화가 생물다양성 손실의 주된 요인이 아니었지만, 지구온난화를 2°C(가급적 1.5°C) 이내로 제한하지 못하면 몇십 년 후에는 기후변화가 생물다양성 손실과 생태계 서비스 저하의 결정적 요인으로 자리 잡을 가능성이 크다. 난류성 산호의 절반가량이 다양한 원인으로 사라졌다. 지구 기온이 1.5°C 상승하면 난류성 산호의 70~90%, 그리고 2°C 상승하면 99% 이상이 사라지게 된다. 그럼에도 모든 국가는 생물다양성 보전 및 회복에 실패하고 있다. 2020년까지 달성하고자 한 아이치 생물다양성 목표(Aichi Biodiversity Target) 20개 중 어느 하나도 충족되지 않았으며, 어떤 경우에는 2020년의 상황이 2010년보다 심각하다. 마찬가지로 우리는 2°C 이내라는 파리협정 목표도 달성하지 못하고 있다. 현재 상태로는 2~3°C 또는 그 이상 상승하는 경로로 이어지게 된다. 1.5°C 경로로 나아가려면 2030년까지 전 세계 온실가스 배출량이 현 수준의 약 50%로 감소하고 2050년까지는 ‘넷제로(Net-zero)’ 상태에 도달해야 한다. 그러나 유감스럽게도 2040년이 되기 전에 상승폭이 1.5°C를 초과할 가능성이 있다.

기후변화와 생물다양성 손실은 환경 이슈일 뿐만 아니라 경제, 개발, 안보, 사회 및 윤리적 이슈이기도 하기 때문에 17개의 유엔 지속가능발전목표(SDGs)와 연계하여 다루어져야 한다. 환경 황폐화의 발생 책임은 대부분 산업국가들에 있음에도, 그 피해는 고스란히 빈곤국과 빈곤계층의 몫이 된다. 우리가 생물다양성을 보전 및 회복시키고 인간이 유발한 기후변화를 제한하지 못하면 특히 식량 및 물 안보, 모두를 위한 건강 보장, 빈곤 경감, 더욱 공평한 세상의 실현 등을 비롯한 그 어떤 SDGs 목표도 달성할 수 없다.

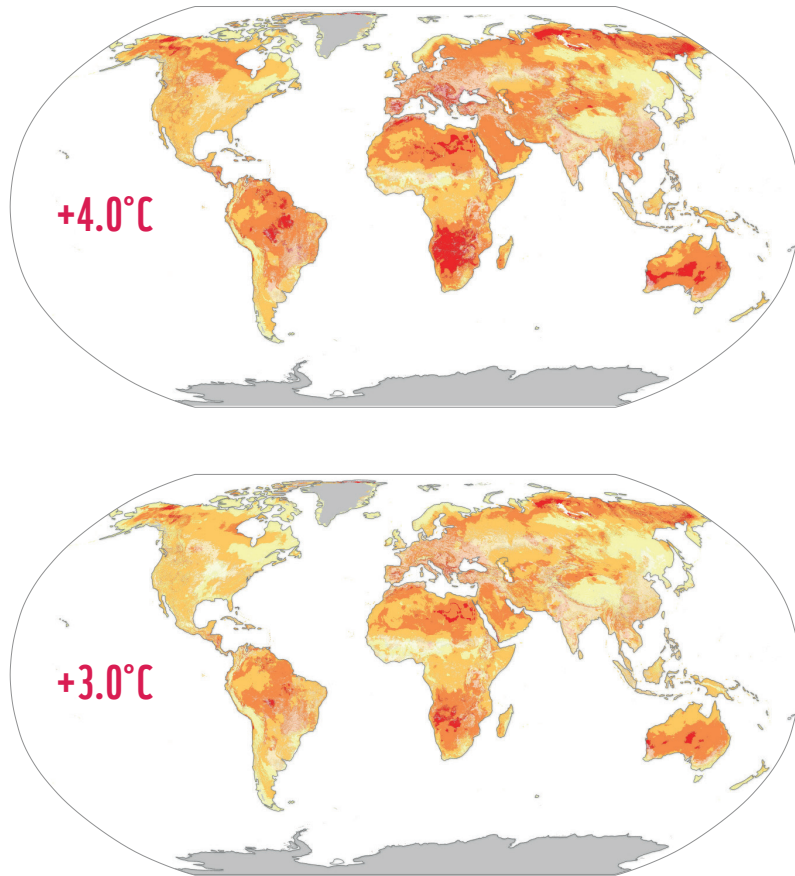
현재와 같은 긴급상황에서 모두가 담당해야 할 역할이 있다. 대부분의 사람들은 근본적 변화가 필요하다는 사실을 인정하고 있다. 이와 같은 인식은 이제 행동으로 전환되어야 한다.

기후변화가 사람과 자연에 미치는 연쇄적 영향

인간이 유발한 기후변화로 인해 자연이 변화하면서 생물의 대량 폐사와 멸종 사례가 발생하고 있다. 지구 온도가 1°C씩 상승할 때마다 그러한 손실과 인간에게 미치는 영향은 커질 것으로 예상된다.

작성자: Camille Parmesan (Theoretical and Experimental Ecology (SETE), CNRS, France; Department of Geology, University of Texas at Austin, USA; School of Biological and Marine Sciences, University of Plymouth, UK)

최근 '기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)'는 기후변화가 야생 생물종 및 이들이 서식하는 생태계에 미치는 영향을 종합적으로 분석한 보고서를 발표했다(IPCC 제 6차 평가보고서).^{11,170} 기후변화의 영향은 폭염과 가뭄의 증가로 산림 고사 현상 및 조류, 박쥐, 어류 등의 대량 폐사가 발생하는 경우를 포함한다. 2014년 호주에서는 폭염으로 4만5,000여 마리의 날여우박쥐(flying fox)가 단 하루 만에 폐사했다. 기후변화는 1,000종이 넘는 동식물종의 개체군 전체가 사라진 것에도 연관이 있다.

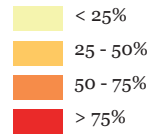


생물종의 멸종 사례도 보고되고 있다. 황금두꺼비는 코스타리카 운무림 지역에 흔했던 안개가 끼지 않는 날이 증가하면서 1989년에 멸종했다. 호주와 파푸아뉴기니 사이에 있는 작은 섬에 서식하던 작은 설치류 동물인 브람블케이 멜로미스(Bramble Cay melomys)는 해수면이 상승하고 강한 폭풍으로 서식지가 침수되어 먹이로 삼는 식물이 죽고 보금자리가 파괴되면서 2016년 멸종됐다. 지구 온도가 1°C씩 상승할 때마다 이러한 손실과 인간에게 미치는 영향은 커질 것으로 예상된다(그림 1).

그림 1: 산업화 이전 시기 대비 육상 및 담수 생물다양성 손실 추정

지구온난화 심화에 따른 생물다양성 손실. 특정 지역에 적합한 기후가 사라짐에 따라 생물종 가운데 사라질 것으로 예상되는 생물종의 비율이 높을수록 기후의 온전성(integrity), 기능 및 기후변화에 대한 회복탄력성에 미치는 위험도 커진다. 주황색 음영은 특정 지역 내 지구온난화 수준이 생물종이 살기 부적합한 기후가 될 것으로 예상되어, 해당 지역의 생물종이 국제자연보전연맹(IUCN)에 따른 '위기(Endangered)' 범주로 분류되고 멸종 위협을 받는 비율이 높아지는 것을 의미한다. 출처: Parmesan 외 (2022)¹¹의 Figure 2.6 및 Warren 외 (2018)¹⁷⁸

범례

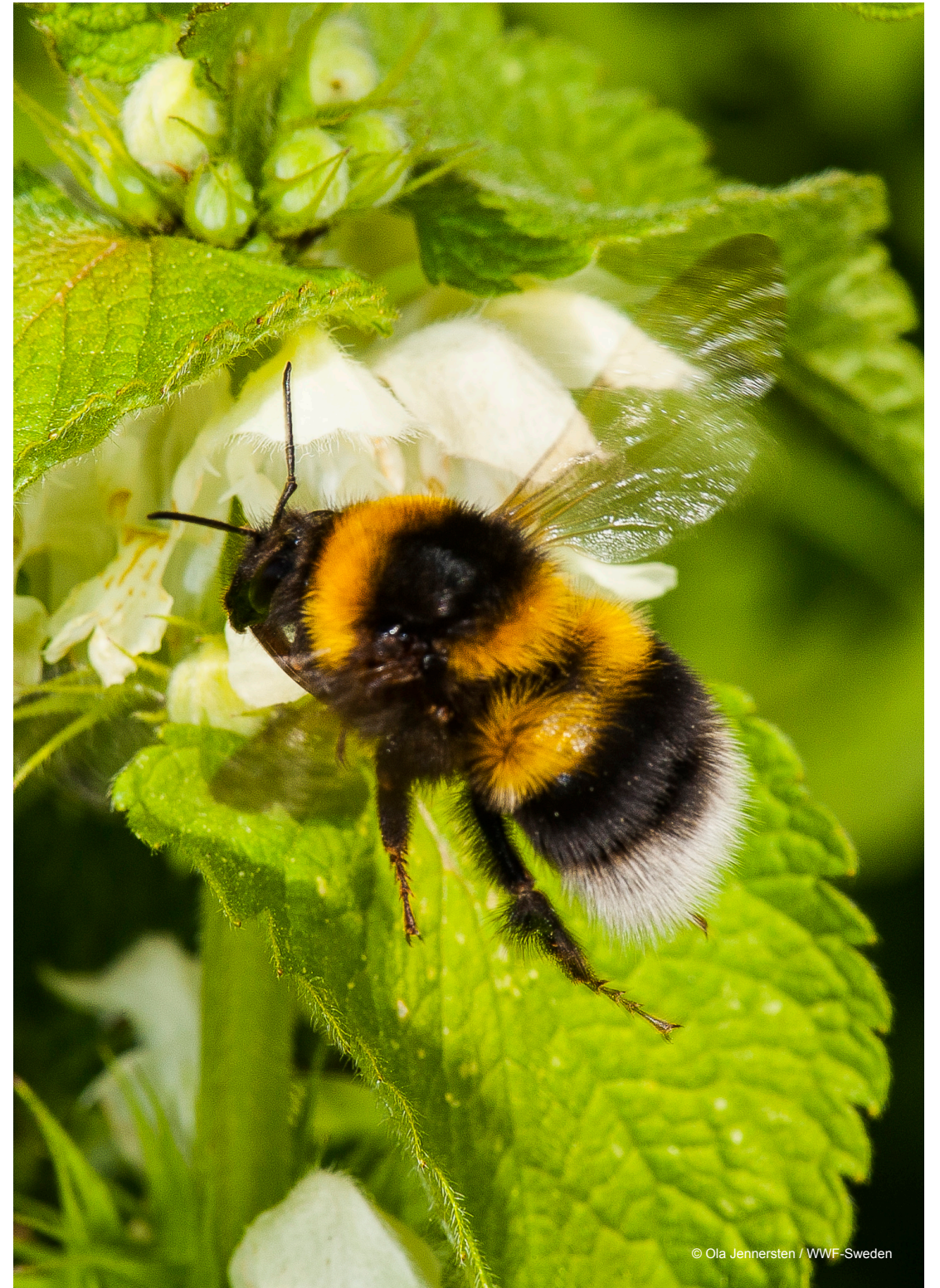


모든 생물종이 기후변화로 피해를 입는 것은 아니다. 북부 지역의 산림을 공격하는 딱정벌레와 나방은 겨울 기온이 높을수록 생존력이 강해지고, 길어진 성장 기간으로 매해 번식 횟수가 늘어나면서 북아메리카와 유럽의 북부 온대 및 아한대 지역에 서식하는 나무들을 대량으로 고사시킨다. 야생동물과 인간 모두에게 질병을 일으키는 곤충류와 연충류 중 상당수가 새로운 지역으로 이동했으며, 이로 인해 북극권과 히말라야 고산지대에서는 새로운 질병이 발생하고 있다.

지구온난화로 인해 생태계의 기능도 변화하면서 생태적 과정 자체가 지구 온도를 추가적으로 상승시키고 있는데, 이러한 현상을 지구온난화의 '양성 피드백(positive climate feedback)'이라고 한다. 산불 증가, 가뭄과 곤충 떼로 인한 수목 고사, 이탄지 파괴, 툰드라 영구동토층의 해빙 등이 발생하면 죽은 식물이 분해되거나 불에 타면서 이산화탄소가 다량으로 배출된다. 이에 따라 과거에는 탄소 흡수원이었던 시스템이 탄소 발생원으로 바뀌고 있다.

이러한 생태적 과정이 임계점에 도달하면 돌이킬 수 없는 상태가 되어 지구온난화는 매우 빠른 속도로 계속된다. 이것은 위험한 기후변화에 대해 국제적으로 합의된 임계점(최소 10년 또는 그 이상의 기간에 대해 정의된 지구온난화 임계점)을 넘어섬으로써 발생할 수 있는 최대 위험 중 하나로, 인간 사회뿐만 아니라 전 세계 대부분의 야생동물에 재앙이 될 것이다.

광대수염(Lamium album) 꽃에 찾아든 여왕호박벌(Bombus hortorum). 호박벌은 야생 식물과 농작물 모두에 중요한 수분 매개 곤충이다. 호박벌 종들은 기후변화로 이득을 얻을 것으로 예상되지만, 북아메리카와 유럽 전역에 서식하는 호박벌 66종을 대상으로 한 연구 결과에 따르면 대부분의 지역에서 호박벌의 개체 수가 줄어든 것으로 나타났다. 이는 기후변화의 긍정적인 영향을 능가하는 살충제와 제조제의 사용에 따른 피해인 것으로 추정된다.



© Ola Jennersten / WWF-Sweden

숲: 기후, 물, 식량을 잇는 생명의 연결 고리

숲은 기후 안정화에 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 산림파괴로 숲의 핵심적 기능뿐만 아니라 폭염 피해의 완충 역할, 농지로의 담수 공급 등 숲이 제공하는 그 밖의 생태계 서비스도 사라질 위험에 처해 있다.

작성자: Stephanie Roe (WWF International) and Deborah Lawrence (University of Virginia)

숲은 다른 어떤 육상 생태계보다도 많은 양의 탄소, 수분 및 에너지를 대기와 교환하면서 지구의 기후 조절에 매우 중요한 역할을 한다.¹ 또한 숲은 강수 패턴과 폭염의 정도에 영향을 미치며, 농업 시스템과 지역사회의 회복탄력성(resilience) 향상에 도움이 된다.²

숲은 지구상에서 이용 가능한 석유, 가스 및 석탄을 다 합친 것보다 많은 양의 탄소를 저장한다.^{3,4} 2001년부터 2019년까지 숲은 연간 7.6기가톤의 탄소를 대기로부터 흡수했는데,⁵ 이는 인간이 유발한 전체 탄소 배출량의 약 18%에 해당한다.⁶

탄소 흡수뿐만 아니라 숲의 물리적 구조도 전 세계 혹은 국지적 기후에 영향을 미친다. 숲은 어두운 색을 띠기 때문에 태양이 발산하는 에너지를 흡수한다. 이 에너지는 '증발산(evapotranspiration)'이라는 과정을 통해 다량의 수분을 토양으로부터 대기로 전달하는 데 사용되며, 이에 따라 지구 전체와 각 지역의 표면 온도를 낮추는 역할을 한다. 숲의 지붕에 해당하는 임관층(canopy)은 거친 구조로 이루어져 있다. 이 때문에 더운 공기가 상승해 대기로 유입되는 과정을 촉진하여 열기가 빠져나가게 하고 필요한 수분을 재분배하는 역할을 한다. 이러한 생물물리학적 과정은 하루의 최고기온 상승폭을 3~4°C 이내로 제한하고, 극심한 폭염 및 가뭄의 정도와 지속 기간을 감소시키며, 강수량의 계절성(seasonality)이 정상적으로 유지되게 함으로써 기후뿐만 아니라 기상 안정화에도 기여한다.⁷ 이렇듯 숲이 발휘하는 효과를 모두 결합하면 지구 온도를 약 0.5°C 떨어뜨릴 수 있다.⁷

그러나 대략 포르투갈 면적에 해당하는 1,000만 헥타르 정도의 숲이 매년 사라지고 있다.⁸ 산림파괴, 특히 열대 지역에서 발생하는 산림파괴는 탄소 배출을 유발하고 현지 기후를 더 덥고 건조하게 만들면서 가뭄과 화재 발생을 증가시킨다. 또한 산림파괴가 대규모로 발생하면 강수량이 감소하고 지구의 강수 패턴이 변화할 수 있다. 예컨대 중앙아프리카 또는 남아메리카 지역의 열대림에서 산림의 개간이 진행되면 해당 지역의 낮 기온이 7~8°C 상승하고 강수량이 약 15% 감소할 수 있다.^{2,7}

빗물에 의존하는 농업은 전 세계 경작지의 80%를 차지하며, 이는 전체 식량 생산량의 60%에 맞먹는다.⁹ 따라서 산림파괴로 인해 수십억 인구의 식량안보와 수백만 명의 생계가 위협한 상황에 빠질 수 있다. 기후변화의 영향으로 가뭄의 빈도와 정도가 더 심해져 농업 및 노동 생산성이 저하되면 이러한 위험성이 심화된다.^{10,11} 따라서 산림파괴를 중단하고 훼손된 산림을 회복시키며 산림을 지속가능한 방식으로 관리한다는 전 지구적 목표인 지속가능발전목표(SDG)는 생물다양성 보호, 지구온난화 억제, 기후변화 적응, 식량 시스템에 필수적인 담수 공급 등에 있어서 중요한 역할을 한다.

자기의 농장에서 일을 하고 있는 낸시 로노(케냐 보메트 현 마라강 상류)



© Jonathan Caramanus / Green Renaissance / WWF-UK

전 세계 서식지를 이어 주는 자연의 연결성 회복

자연의 파괴 및 황폐화에 따른 서식지 파편화로 생태적 연결성이 심각하게 저하될 위험이 있다. '연결성 보전(connectivity conservation)'은 생물종의 이동 및 자연의 흐름을 회복시키기 위해 급부상하고 있는 해법 중 하나이다.

작성자: Gary Tabor
(Center for Large Landscape
Conservation) and Jodi Hilty
(Yellowstone to Yukon
Conservation Initiative)

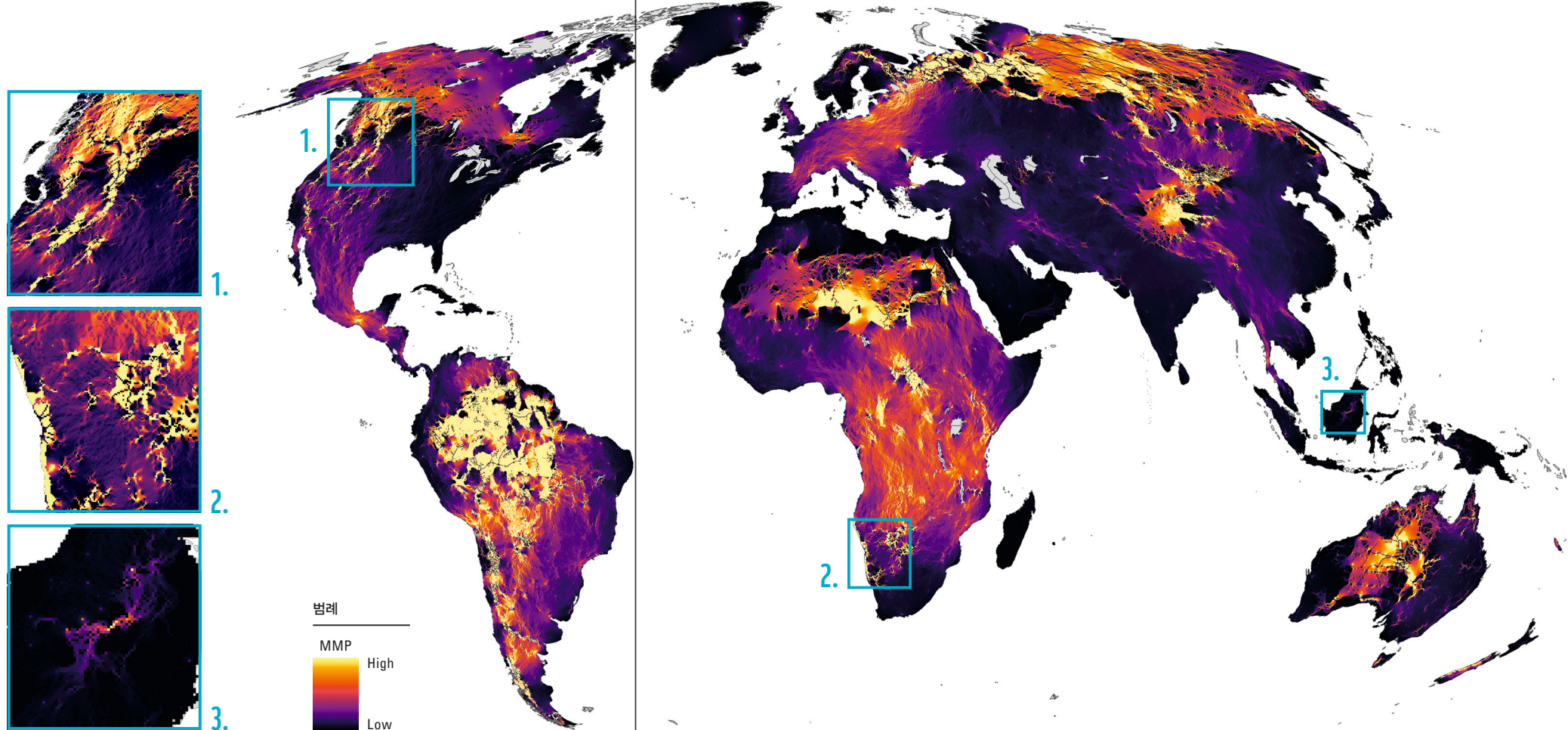
'생태적 연결성'이란 생물종의 이동 및 모든 지구 생명체를 지탱하는 자연의 흐름이 방해받지 않고 이루어지는 것을 말한다.¹² 육지, 공중, 담수 및 바다에서 발생하는 서식지 파편화는 생태계의 연결성을 파괴하며, 생물다양성 및 생물권(biosphere)을 지탱하는 생태적 과정의 보전 노력을 전 지구적 차원에서 위협하는 요인이다.^{13,14} 서식지 파괴 및 황폐화에 따른 파편화로 인해 자연은 다음과 같은 세 가지 영향을 받는다. 첫째, 전체 서식지 면적이 줄어들고 서식지의 질이 저하된다. 둘째, 다른 서식지로부터 고립되는 서식지가 증가한다. 셋째, 예컨대 자연 서식지가 급속도로 용도가 전환되는 경우가 잦아지면서 가장자리 효과(edge effect)가 심화된다.¹⁴

그림 2: 전 세계 육상 보호지역(PA) 간 포유류 이동 확률(MMP)

MMP란 PA 간 포유류 이동 흐름의 예측치를 말하며, 중대형 포유류가 환경에 대한 인간의 압력에 반응해 이동하는 양상을 보여 준다. MMP가 높으면 집중적인 이동을 나타낸다. 일반적으로 이러한 이동은 인류 생태발자국(human footprint) 수준이 높은 지역 간을 연결하는 통로 또는 대규모 PA 네트워크에 위치한 비손상 대규모(예: 아마존 분지) 내에서 이루어진다. 주황색과 자주색으로 표시된 부분은 포유류의 이동 흐름이 여러 경로로 분산되어 있는 지역을 나타낸다. 검은색으로 표시된 지역은 연결성이 전혀 없는 것은 아니지만 전 세계 평균에 비해 포유류의 이동 정도가 낮은 지역을 나타낸다.

박스 1: 북아메리카 서부 산악 지대를 통과하는 통로(예: 엘로스톤-유콘 통로).
박스 2: 사하라 이남 아프리카에 위치한 카방고-잠베이 통합보전지구(Kavango-Zambezi Transfrontier Area) 및 나미비아 연안 사막 지대를 가로지르는 통로 및 분산 흐름.
박스 3: 인도네시아와 말레이시아의 우림 지대를 통과하는 흐름.

출처: Brennan 외 (2022)¹⁷



이러한 영향은 생태계의 기능 장애를 유발하면서 상황을 악화시킨다. 먹이그물의 붕괴나 담수 흐름, 수분 활동 등의 생태적 과정을 막고, 생물종의 이주, 분산, 번식, 먹이 사냥, 생애 마감 등의 필수적인 이동 능력을 제한하여 멸종을 초래할 수 있다.¹⁵ 마지막으로, 서식지 파편화는 기후변화의 광범위하고 해로운 영향을 악화시킨다. 현재 전체 육상 보호지역의 10%만이 서로 연결되어 있다.¹⁶ 전 세계적으로 각 보호지역을 연결하는 주요 지점의 3분의 2 정도가 보호받지 못하고 있다.¹⁷

'연결성 보전'이란 생태 통로(ecological corridor), 연결 거점(linkage area) 및 야생동물 이동 통로를 통해 육지와 바다 전역에서 구현되는 생태적 연결성을 보호하고 회복하는 활동을 일컫는다. 전 세계적으로 서식지 파편화에 대처하고 기

후 회복탄력성을 향상시킬 수 있는 효과적인 방법으로 급부상하고 있다.¹⁸ 도서생물지리학 및 생물종 메타개체군 연구에서 발견된 과학적 증거에 따르면 서로 연결되어 있는 서식지는 생물종 보존 및 생태적 기능에 더 큰 효과를 발휘하는 것으로 나타났다.¹⁹ 국제적으로 합의된 IUCN 가이드라인은 원주민과 지역민들의 필요와 권리를 인정하는 가운데 정책 수립에서 현장 활동에 이르기까지 연결성 목표를 달성하기 위해 생태 통로의 개발을 추진하는 방안을 제시하고 있다.²⁰ 연결성 향상을 위한 방법을 개발할 때는 상호교차성(intersectionality)을 인식하는 것이 중요하다. 이 같은 인식을 통해 자연이 주는 혜택과 상호작용하는 사회·경제적 목표를 앞당길 수 있고, 앞당겨야 한다.²¹

맹그로브 숲이 지닌 놀라운 힘 - 연안 지역 공동체를 위한 핵심적인 자연 기반 해법

맹그로브 숲의 보전 및 회복을 위한 노력을 계속하는 것은 생물다양성, 기후 및 인간의 복지 모두를 향상시킬 수 있는 해법이다.

작성자: Daniel Friess and Radhika Bhargava (National University of Singapore) and Juan Felipe Blanco Liberos (Universidad de Antioquia)

맹그로브 숲이란 해변에서 발달하는 독특한 종류의 숲을 말한다. 생물다양성의 중요한 보고 중 하나인 맹그로브 숲은 식량과 연료 등을 공급하고 경제적으로 중요한 어장의 기반이 되며 생태관광, 교육 및 정서적 가치와 같은 문화적 혜택을 제공함으로써 연안 지역 공동체의 생계를 유지시켜 준다.^{22,23}

맹그로브 숲은 기후변화 문제의 해결을 위한 핵심적인 자연 기반 해법 중 하나이기도 하다. '블루 카본(blue carbon)'을 다른 생태계보다 훨씬 높은 밀도로 습지에 격리 및 저장함으로써 기후변화 완화에 기여하는 것이다.²⁴ 탄소 밀도가 매우 높은 맹그로브 숲 가운데 일부는 콜롬비아의 태평양 연안 지역에 발달되어 있는데, 높이가 50m를 넘는다.²⁵ 맹그로브 숲은 기후변화 적응에도 도움이 된다. 서로 뒤얽힌 채 지상에서 자라는 뿌리들이 방파제 역할을 하고²⁶ 퇴적물을 가두어 둠으로써 지표면을 높여 해수면 상승에 대처할 수 있도록 하기 때문이다.²⁷

이렇듯 중요한 역할을 하는 맹그로브 숲은 양식업, 농업, 연안 개발 등으로 인해 연간 0.13%의 비율로 파괴되고 있다.²⁸ 또한 많은 맹그로브 숲이 과도한 동식물의 이용, 환경오염, 폭풍 및 연안 침식과 같은 자연적 스트레스 요인으로 인해 황폐화되고 있다. 맹그로브 숲의 소실은 생물다양성 유지를 위한 서식지 소실과 연안 지역 공동체를 위한 생태계 서비스의 손실을 의미하며, 일부 지역에서는 연안 지역 공동체가 살아가는 땅 자체가 사라짐을 의미할 수 있다. 예컨대 방글라데시의 순다르반스(Sundarbans) 맹그로브 숲은 1985년부터 현재까지 137km²에 이르는 면적이 침식되어²⁹ 해당 지역에 사는 1,000만 인구 중 상당수가 의존하는 토지와 생태계 서비스가 감소되었다.

다행스럽게도 맹그로브 숲의 파괴는 1980년대부터 현저하게 줄어들기 시작했으며,³⁰ 2070년까지 전 세계 맹그로브 숲의 면적이 안정적으로 유지되거나 심지어 증가할 수도 있다는 시나리오도 있다.³¹ 맹그로브 숲의 회복을 위해서는 광범위한 노력이 필요하겠지만, 이러한 노력이 성공을 거둔다면 사람들의 생계를 개선하고 기후변화를 완화할 수 있는 소중한 생태계 서비스를 되찾을 수 있다.

그러나 미얀마를 비롯해 맹그로브 숲이 사라지고 있는 '핫스팟' 지역들이 여전히 존재하며,²⁸ 몇몇 국가는 추가적인 맹그로브 숲 개간으로 이어질 수 있는 식량안보 정책을 개발하고 있다. 야심 찬 회복 목표는 환영할 만하지만 실제 현장에서 달성하기 어려운 것으로 밝혀지는 경우가 많다. 전 세계의 기후, 생물다양성 및 인간의 생계를 향상시키는 맹그로브 숲의 역할이 지속되려면 더 많은 보전과 회복을 위한 노력이 필요하다.

이사벨라섬의 로스투넬레스 지역에 있는 맹그로브(에라도르 갈라파고스 제도)



© Antonio Busiello / WWF-US

공정한 기후행동을 위한 목소리

기후변화의 영향은 지역을 불문하고 누구나 체감하지만, 모두가 똑같은 영향을 받는 것은 아니다. 기후변화에 매우 취약한 지역공동체 중 일부는 개발도상국(Global South) 국가에 살고 있다. 이들 지역공동체 가운데 일부는 자원이 한정되어 있음에도 불구하고 풍부한 현지 지식을 활용해 인간과 자연 모두에 혜택을 줄 수 있는 창의적 해법을 적용하면서 기후위기에 대처하고 있다. 그러한 현지의 목소리를 널리 알리기 위해 '공정한 기후행동을 위한 목소리(Voices for Just Climate Action, VCA)'라는 국제적 연맹체가 결성되었다. VCA의 파트너 단체로는 아프리카 여성(Akina Mama wa Afrika), 아비나재단(Fundación Avina), 국제 빈민가 거주민 연합(Slum Dwellers International), 사우스사우스노스(SouthSouthNorth), 히보스(Hivos), 세계자연기금 네덜란드 본부(WWF-Netherlands) 등이 있다. 네덜란드 외교부는 2021~2025년 기간에 걸친 5,500만 유로의 국고보조금을 통해 VCA를 기술적, 재정적으로 지원하고 있다.

케냐의 자연적 물물교환 시스템

아프리카의 여러 지역에서는 가뭄이 심해지면서 식량안보와 수많은 지역공동체의 생계가 위협받고 있다. 케냐 암보셀리 지역에 사는 마사이족 공동체는 가축을 팔아 얻은 수입으로 생계를 유지한다. 그런데 가뭄으로 가축의 건강 상태가 나빠지면서 식료품을 살 돈을 벌기가 어려워졌다. 마사이족 여성들은 남편들이 방목지를 찾아 먼 여정에 나서면 집에 남아 가축을 보살피는 일을 한다.

이들 여성은 생활이 갈수록 어려워지자 현지 지식을 활용해 해법을 찾고 있다. 암보셀리 지역의 에스테티 마을에 사는 마사이족 여성들은 국경 건너 탄자니아에 사는 농부들과 물물교환을 하는 시스템을 고안했다. 마사이 족이 사는 지역에 풍부하게 있는 '마가디'(Magadi, 염분을 함유하고 있는 무기질 흙의 일종)와 농부들이 수확한 콩, 감자, 옥수수, 식용유, 설탕 등을 교환하는 방식이었다. 이렇듯 서로에게 도움이 되는 거래가 가능한 이유는 케냐와 탄자니아 국경을 사이에 둔 두 지역의 기후가 현저하게 다르기 때문이다. 탄자니아 쪽 접경지대는 킬리만자로산 기슭에 자리 잡고 있어서 가뭄이 케냐만큼 심하지 않다. 한편 미네랄 소금보다 건강에 좋은 대체재인 마가디는 탄자니아에서 쉽게 구하기 어렵다.

카메라를 들고 있는 마사이족 여성. 비영리 단체인 Lensational.org는 소외된 여성들이 사진과 영상, 디지털 스토리텔링을 통해 자신의 이야기를 공유할 수 있도록 하는 교육 프로그램을 22개 지역에서 운영하고 있다.



© Claire Melito/Lensational

제2장

변화의 속도와 규모

인간의 복지, 건강 및 경제적 미래는 생물다양성과 자연 시스템에 크게 의존하고 있다. 그럼에도 많은 지표가 생물다양성이 감소하고 있음을 보여 주고 있다. 이러한 상황을 개선하려면 자연의 변화 양상과 변화의 이유를 파악해야 한다. 새로운 매핑 분석 기법을 활용하면 생물다양성 변화 및 기후변화의 속도와 규모를 종합적으로 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 자연이 인간의 삶에 가장 크게 기여하는 영역을 확인할 수 있다.

스라소니(Lynx lynx), 슬로바키아 벨카 파트라 국립공원



© Tomas Hulik

조기 경보 시스템 역할을 하는 지구생명지수

우리는 전 세계의 생물종 개체군이 어떤 상태에 있는지 그 어느 때보다도 자세히 파악할 수 있게 되었다. 2022 글로벌 지구생명지수(LPI)에 따르면 1970년부터 2018년까지 관찰된 야생동물 개체군의 상대적 풍부도가 평균 69% 감소한 것으로 나타났다.

작성자 : Valentina Marconi, Louise McRae, Sophie Ledger, Kate Scott-Gatty, Hannah Puleston, Charlotte Benham, and Robin Freeman (Zoological Society of London)

LPI는 시간이 흐르면서 야생동물의 상대적 풍부도가 어떻게 변화하는지 추적하는 지표이다.^{42~44} LPI 자료는 전 세계에 서식하고 있는 육상, 담수 및 해양 척추동물 개체군 수만 개가 평균적으로 보이는 변화 추이를 계산하는 방식으로 구축된다. 지난 30년간 생물다양성 손실을 막기 위한 정책적 개입이 있었음에도 불구하고 이전 보고서에 제시된 결과와 유사한 감소 추세가 이어지고 있다.

2022년 글로벌 LPI에 따르면 1970년부터 2018년까지 관찰된 개체군의 규모가 평균 69% 감소한 것으로 나타났다(범위: -63%에서 -75%). LPI는 증가 및 감소 추세를 보이는 항목 모두를 포함하고 있다.

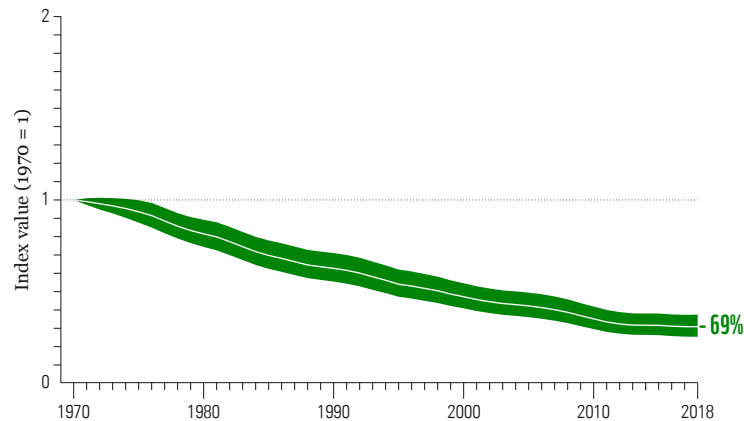
LPI는 통계적 정확성을 위해 특정 생물종이나 개체군을 제외하고 재계산하는 '스트레스 테스트' 과정을 거친다. 이는 생물종이나 개체군의 극단적 감소 또는 증가 값으로 인한 영향을 받지 않도록 하기 위함이다. LPI는 지속적으로 업데이트된다. 『지구생명보고서 2020』의 발간 이후 838종의 생물종과 1만 1,011개의 개체군이 데이터세트에 신규로 추가되었다. 이를 통해 LPI에서 다루는 어종의 수가 현저하게 증가했으며(29%, 481종 추가), 브라질과 같이 이전에는 잘 알려지지 않은 지역들을 더 자세히 다룰 수 있게 되었다(이에 대해서는 '영어 이외의 언어로 된 자료 확보' 섹션에서 자세히 다루고 있음).

그림 3: 글로벌 지구생명지수 (1970~2018)

전 세계에서 관찰된 5,230종의 생물종을 대표하는 3만 1,821개 개체군의 상대적 규모가 평균 69% 감소했다. 흰색 선은 지수 값, 음영 영역은 변화 추이의 통계적 확실성(95%, 범위 63% ~ 75%)을 나타낸다.
출처: WWF/ZSL (2022)⁸⁴

범례

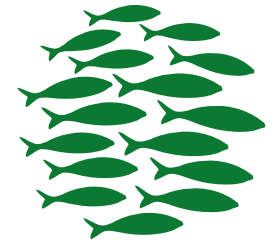
- 글로벌지구생명지수
- 신뢰 한계



생물종 개체군의 풍부도 변화 추이가 중요한 이유

LPI는 전 세계 포유류, 조류, 어류, 파충류 및 양서류의 풍부도 변화를 추적하는 지표이다. 2022년 LPI는 2020년 대비 1만 1,000개가 늘어난 약 3만 2,000개의 생물종 개체군을 포함하는데, 이는 2020년판 보고서 발간 이후 최대 규모이다.

개체군의 상대적 풍부도 변화 추이는 생태계 변화의 일면을 파악할 수 있는 중요한 자료이다. 풍부도의 증감 추세를 보여 주는 지표는 전반적인 생태계의 건강 상태를 확인할 수 있는 조기 경보와 같은 역할을 한다. 또한 개체군의 변화 추이는 반응성을 지니고 있다. 자연보전 조치나 정책이 성공을 거두면 생물종 풍부도의 변화 추이는 이를 신속하게 반영한 결과를 보인다.



풍부도

영어 이외의 언어로 된 자료 확보

전 세계적으로 과학 분야의 의사소통을 위해 다양한 언어가 사용되고 있다.⁴⁶ 그러나 LPI와 같은 세계적인 생물다양성 데이터베이스 경우, 생물다양성이 매우 풍부하지만 영어를 널리 사용하지 않는 국가들의 자료가 상대적으로 적은 편이다.⁴⁷ 이는 영어로 된 자료의 접근성이 훨씬 높기 때문이기도 하지만, LPI 팀의 실무 언어가 영어라는 이유도 있다.

이번 지구생명보고서의 발간을 위해 세계자연기금 브라질 본부(WWF-Brazil)와 상파울루 대학교의 협력 담당자들은 포르투갈어로 작성된 학술지와 환경 영향 보고서들을 검토했다. 이들의 노고 덕분에 우리는 브라질에 서식하는 1,002종의 생물종(그중 575종은 데이터베이스 신규 입력 자료)을 대표하는 3,269개 개체군에 관한 자료를 LPI 데이터베이스에 포함시킬 수 있었다. 영어 이외의 언어로 작성된 자연보전 관련 학술 논문의 수는 지난 몇십 년 사이에 영어 논문과 비슷한 정도로 증가했다.⁴⁸ 앞으로 우리는 협업 네트워크를 확대해 더 많은 언어로 된 자료를 LPI 데이터에 포함시킬 계획이다. 이를 통해 생물다양성 데이터세트의 대표성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 전 세계의 중요한 과학적 연구와 관찰 연구의 결과를 LPI에 반영시킬 수 있다.



전 세계 지역마다 각기 다른 양상을 보이는 생물다양성 변화

글로벌 지구생명지수(LPI)만으로 전체 그림을 보기는 어렵다. 지역마다 개체군 규모의 변화 추이가 다르기 때문이다. 생물다양성의 감소는 열대 지역에서 가장 두드러지게 나타나고 있다.

생물다양성과학기구(Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES)는 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity)에 따라 수립된 목표의 진척 상황을 모니터링하는 데 사용하기 위해 전 세계를 여러 지리적 구역으로 구분하고 있다.^{39,45}

작성자 : Valentina Marconi, Louise McRae and Robin Freeman (Zoological Society of London)

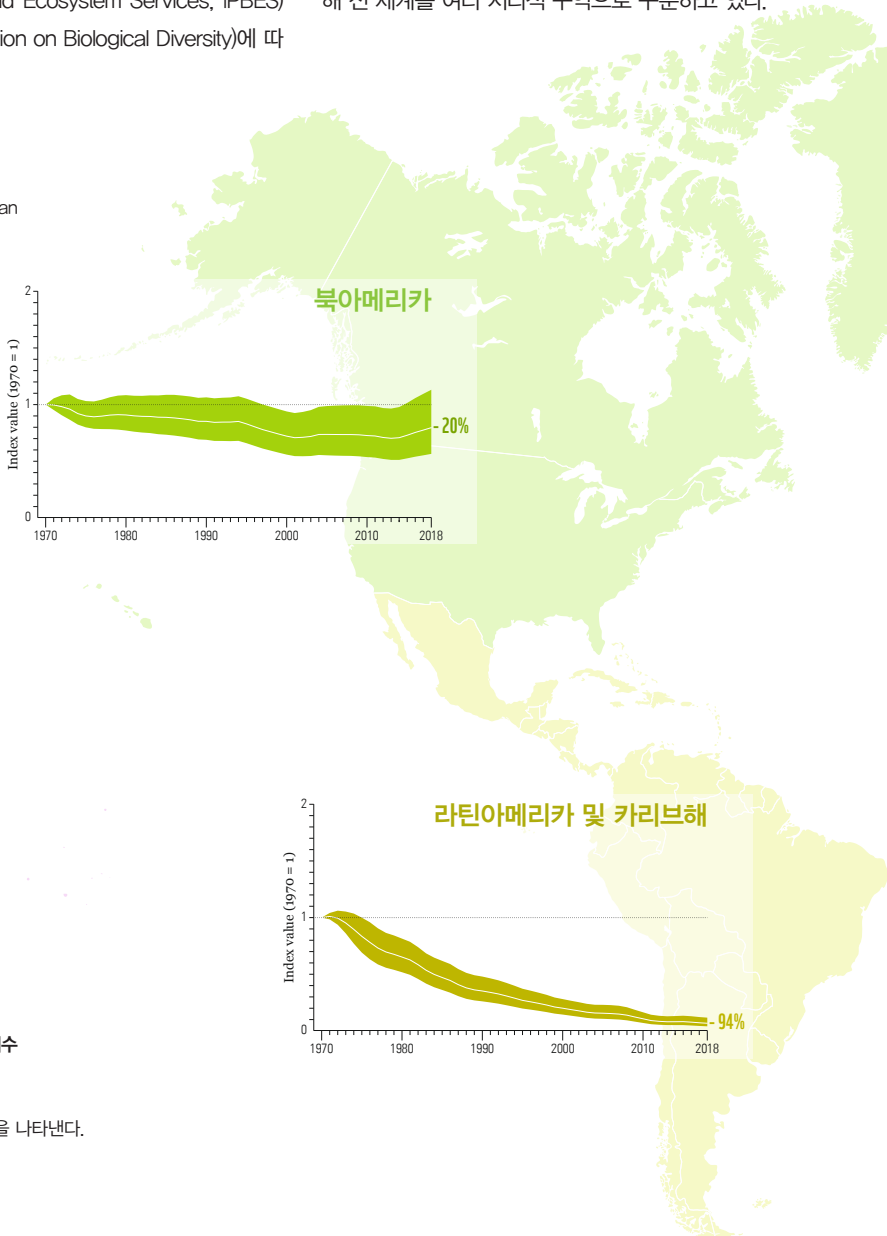
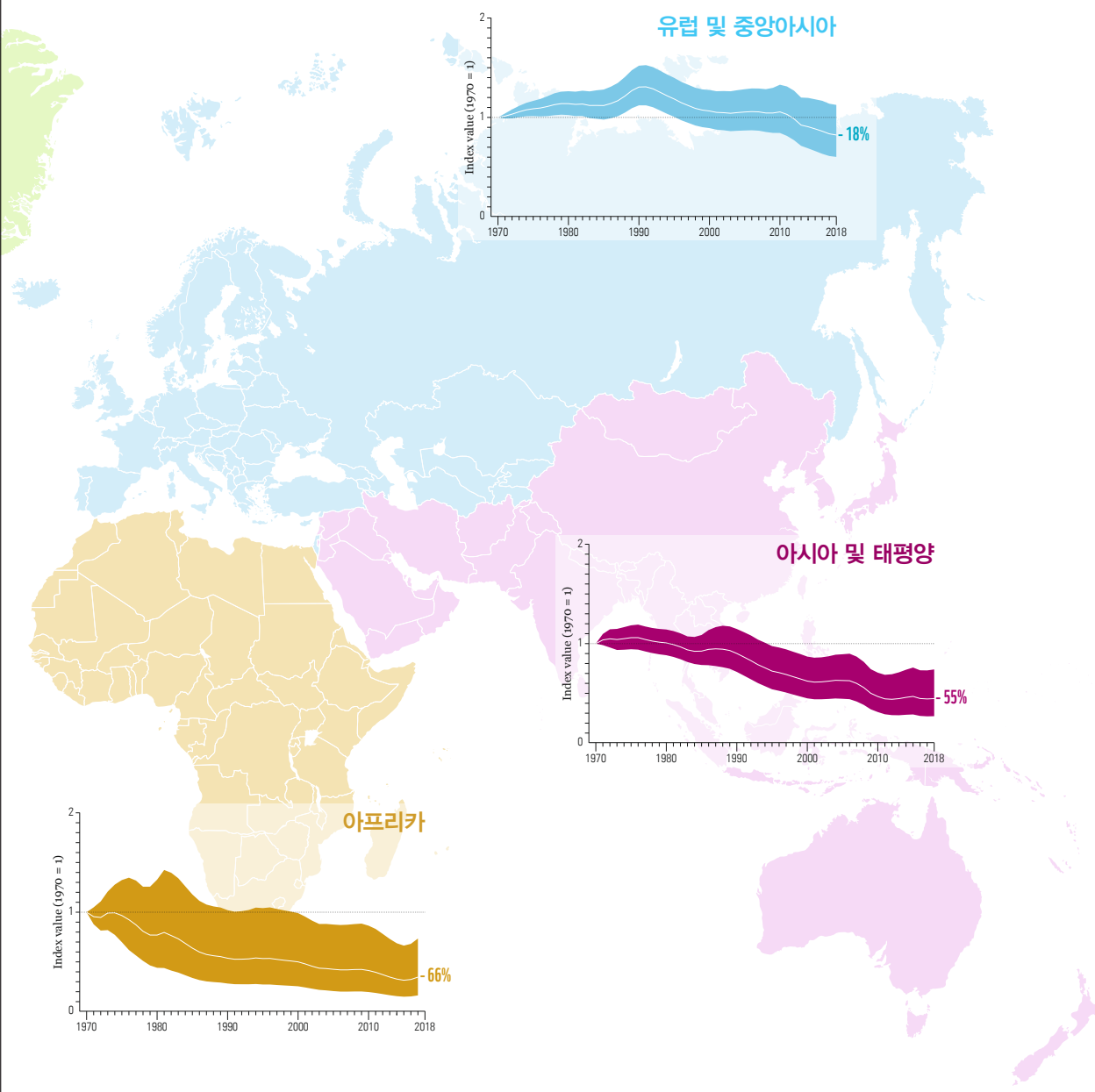


그림 4: IPBES 지역별 지구생명지수 (1970~2018)
흰색 선은 지수 값, 음영 영역은 변화 추이의 통계적 확실성(95%)을 나타낸다.
출처: WWF/ZSL (2022)¹⁶⁴

이 보고서에 제시된 LPI 변화 추이는 한 국가 내의 모든 육상·담수 생물종 개체군에 IPBES 지역을 할당하는 IPBES 지역 분류법을 따르고 있다. 아메리카 대륙은 '북아메리카' 및 '라틴아메리카와 카리브해 연안 지역(중앙아메리카 + 카리브해 연안 지역 + 남아메리카)'으로 세분된다. 각 생물종 집단의

변화 추이는 개별 IPBES 지역에서 발견되는 생물종의 수에 따라 가중치가 부여된다. 지역별 변화 추이 및 그 밖에 LPI의 여타 구분법에 대한 자세한 사항은 『지구생명보고서 2022: 지구생명지수에 관한 상세 정보(2022 Living Planet Report: Deep Dive into the Living Planet Index)』에 수록되어 있다.



담수의 지구생명지수

지구생명지수(LPI)에 포함된 담수 생물종 개체군은 규모가 평균 83% 감소해 가장 심각한 상태인 것으로 나타났다. 다량의 자료가 새롭게 추가된 이번 연구 조사에서는 이전 보고서에 제시된 추세를 거듭 확인하는 결과가 도출되었다.

작성자 : Valentina Marconi
(Zoological Society of London),
Monika Böhm (Indianapolis Zoo),
Louise McRae and
Robin Freeman (Zoological Society of
London)

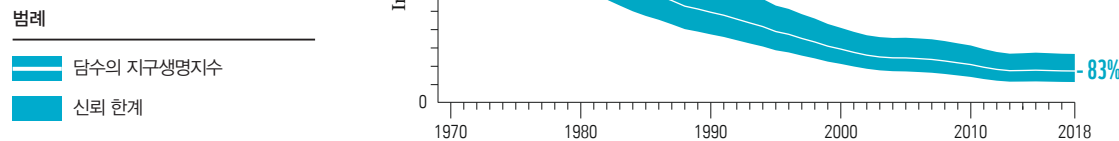
담수 환경은 전체 포유류 동물종의 3분의 1이 서식하고 있을 정도로 생물다양성이 풍부하다. 또한 담수는 인간의 생존과 복지에 필수적인 자원으로⁴⁹ 가정, 에너지 생산, 식량안보, 산업 등의 분야에서 사용된다.⁵⁰ 담수가 전체 지표면에서 차지하는 면적은 1%에 불과하지만, 세계 인구의 50% 이상이 담수가 있는 지점으로부터 반경 3km 안에 살고 있다.⁵¹

많은 사람들이 담수 지역 가까이 거주하면서 수질오염, 취수 또는 물의 흐름 변경, 생물종 남획, 침입종 유입 등의 요인으로 생물다양성 핫스팟을 포함한 여러 지역의 담수 생물종과 서식지를 위협할 수 있다.¹⁸² 담수 환경은 연결성이 높기 때문에 이 같은 위협 요인은 한 장소에서 다른 장소로 쉽게 옮겨갈 수 있다.^{52,53}

담수 LPI는 포유류, 조류, 양서류, 파충류 및 어류 1,398종을 대표하는 6,617개 개체군을 관찰하여 담수 서식지의 상태를 측정하는 지표이다. 이들 개체군의 규모는 1970년부터 평균 83%(범위:-74%에서 -89%) 감소했다. 이번 연구에서는 454종의 담수 생물종과 2,876종의 개체군에 관한 자료를 데이터세트에 새롭게 추가해 그 어느 때보다도 많은 표본을 사용했다. 그 결과 글로벌 LPI와 마찬가지로 담수 생물종의 개체군 규모의 감소 추세가 이전에 발간된 지구생명보고서에 제시된 결과와 유사하다는 것을 알 수 있었다.

그림 5: 담수의 지구생명지수 (1970~2018)

전 세계 1,398종의 생물종을 대표하는 6,617개 담수 개체군의 규모가 평균 83% 감소했다. 흰색 선은 지수 값, 음영 영역은 변화 추이의 통계적 확실성(95%, 범위:74%에서 89%)을 나타낸다.
출처: WWF/ZSL (2022)¹⁸⁴



회유성 어종의 지구생명지수

많은 어종이 먹이를 구하거나 산란하기 위해 이동한다. 그러나 어류의 이동에 필수적인 담수 생태계의 연결성은 감소하고 있다.

1,000km가 넘는 하천 중 37%만이 전체 구간을 자유롭게 흐른다.⁵⁴ 일부 어종은 '고속도로' 같은 경로를 따라 먼 거리를 이동하는 과정에서⁵⁵ 댐이나 저수지가 중간에 가로막고 있는 경우에 생존을 위협받을 수 있다.

회유성 담수 어종(담수 서식지에 계속 살거나 일정 기간 머무는 어종)의 지구생명지수(LPI)는 1970년부터 2016년까지 평균 76% 감소했다. 이는 서식지 소실 및 변경, 특히 이동 경로를 막고 있는 장애물이 원인인 것으로 여겨진다. 이러한 종류의 위험 요인은 담수 어종을 위협하는 전체 요인 중 절반 정도를 차지하고 있다.

담수 서식지들을 다시 연결하기 위한 주요 해법으로는 어류가 장애물을 통과해 이동할 수 있는 통로를 정비하고 댐을 제거하는 방안을 들 수 있다. 예컨대 미국 메인주에서는 페놉스콧강에 건설된 2개의 댐을 제거하고 나머지 댐들을 정비하자 청어의 수가 5년 만에 몇백 마리에서 200만 마리에 가깝게 증가하면서 사람들이 낚시를 즐기게 되었고 페놉스콧강을 다시 찾게 되었다.⁵⁵

작성자 : Louise McRae
(Zoological Society of London)

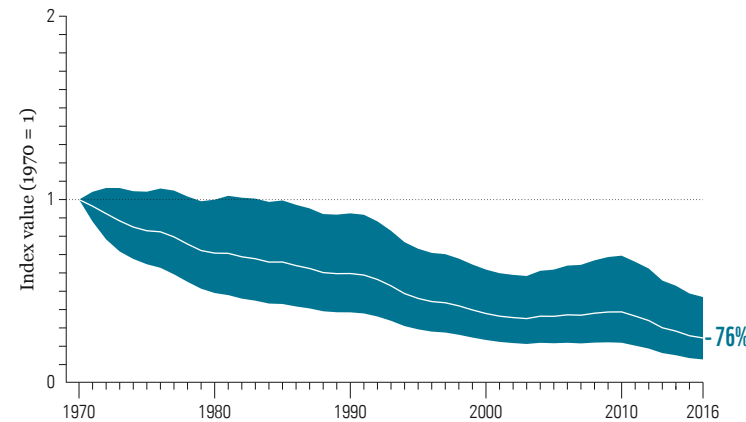
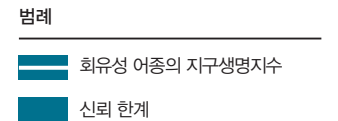


그림 6: 회유성 어종의 지구생명지수 (1970~2016)

247종의 회유성 어종을 대표하는 1,406개 개체군을 관찰한 결과, 이들 개체군의 상대적 규모가 평균 76% 감소한 것으로 나타났다. 흰색 선은 지수 값, 음영 영역은 변화 추이의 통계적 확실성(95%, 범위: 88%~53%)을 나타낸다.
출처: Deinet 외 (2020)⁹⁵



번성에서 멸종으로: 생물종의 멸종 위험과 회복 방안

국제자연보전연맹(IUCN)의 멸종위기종 적색목록(Red List of Threatened Species)은 생물종의 상대적 멸종 위험을 평가한다. 한편 새롭게 개발된 녹색상태(Green Status) 평가 기준은 생물종 개체군의 회복 정도를 평가하고 생물종 보전 활동의 성공도를 측정할 수 있는 도구를 제공한다.

작성자 : Craig Hilton Taylor
(International Union for Conservation of Nature)

생물종의 생활사(life-history) 특성, 개체군 크기, 분포 규모/구조 및 시간에 따른 이들 요소의 변화 추이에 관한 정보를 사용해 14만여 종의 생물종을 평가하여 절멸(Extinct), 야생절멸(Extinct in the Wild), 위급(Critically Endangered), 위기(Endangered), 취약(Vulnerable), 준위협(Near Threatened), 관심대상(Least Concern), 정보부족(Data Deficient) 등 8개 범주로 분류한다.⁵⁷

적색목록지수(Red List Index, RLI)는 적색목록 범주의 실질적 변동 결과를 바탕으로 한다. 최소 2회 평가를 거친 생물종이 5개의 분류 집단으로 나누어지고, 시간에 따라 상대적 생존 확률이 어떻게 변화하는지를 보여 준다. RLI에 따르면 원시 식물류인 소철(cycad)이 가장 큰 위협을 받고 있고 산호는 급속하게 감소하고 있는 것으로 나타났다. 1회 평가만 거친 집단에 대한 기준선 RLI 값도 존재한다. 파충류의 최초 RLI는 포유류와 유사하며, 잠자리의 RLI 값은 조류와 유사하다.



멸종 위험

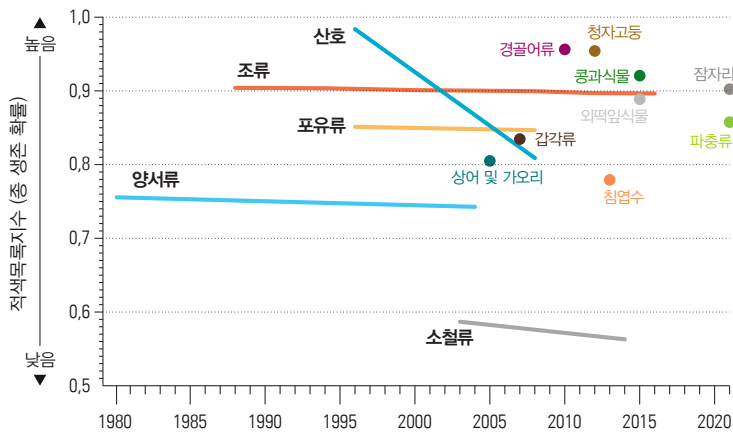


그림 7: 적색목록지수(RLI)

적색목록지수(RLI)는 시간에 따른 생존 확률(멸종 위험을 역산(逆算)한 것)의 변화 추이를 나타낸다.⁶¹ RLI 값이 1.0이면 집단 내 모든 종이 '관심대상(Least Concern)' 범주에 속한다. 다시 말해 RLI 값이 1.0에 가까울수록 '절멸(Extinct)' 가능성이 낮다는 의미이다.⁶¹ RLI 값이 0이면 모든 생물종이 절멸했음을 나타낸다. 시간이 흘러도 RLI 값이 일정한 상수로 나타나면 해당 집단의 전반적인 멸종 위험이 변화하지 않았음을 의미한다. 생물다양성 손실률이 감소하면 RLI는 상향 추이를 보인다. 반면 RLI가 감소하면 해당 생물종이 빠르게 멸종 상태에 이르고 있음을 의미한다. 출처: IUCN (2021)⁵⁷

IUCN 적색목록은 생물종의 멸종 위험을 평가하지만 생물종 회복을 위한 로드맵을 제시하지는 못한다. 이에 따라 '생물종 녹색목록(Green Status of Species)⁶⁸'이라고 알려진 생물종 회복 및 보전 영향 분류 기준이 새롭게 개발되었다. 이 평가 기준은 생물종 개체군의 회복 정도를 평가하고 개체군 보전 노력의 성공도를 측정할 수 있는 도구를 제공한다.

적색목록 평가와 비교했을 때 '생물종 녹색목록' 평가는 생물종의 보전 상태를 더 포괄적으로 파악할 수 있다. 녹색목록 평가는 특정 생물종의 경우 멸종 위험도는 낮지만 과거의 개체군 수준에 비해 여전히 감소하고 있음을 보여 줄 수 있다. (예: 멧황새⁶⁹). 또한 생물종 회복을 위한 목표 기반 행동의 가치를 평가함으로써 생물종 보전 활동의 과거, 현재 및 미래 영향을 제시할 수 있다(예: 다윈 개구리⁶⁰).

다윈 개구리(Rhinoderma darwini)는 생물종 녹색목록(Green Status of Species)이 '위태롭게 고갈됨(Critically Depleted)'에 해당하지만 회복될 가능성이 매우 높다.



© Jaime Bosch

미평가
NE

불확실
ID

완전히 회복됨
FR

약간 고갈됨
SD

서서히 고갈됨
MD

대체로 고갈됨
LD

위태롭게 고갈됨
CD

야생절멸
EW

절멸
EX

멸종위협이 높은 '핫스팟' 지역을 파악하기 위한 IUCN 적색목록 활용

국제자연보전연맹(IUCN)의 멸종위기종 적색목록(Red List)으로 수집한 자료를 이용한 새로운 분석 방법이 있다. 이 방법을 통해 '농업', '수렵', '벌목', '환경오염', '침입종' 및 '기후변화' 등 육상 척추동물에 위협하는 6대 위험 요인을 종합적으로 파악할 수 있다.

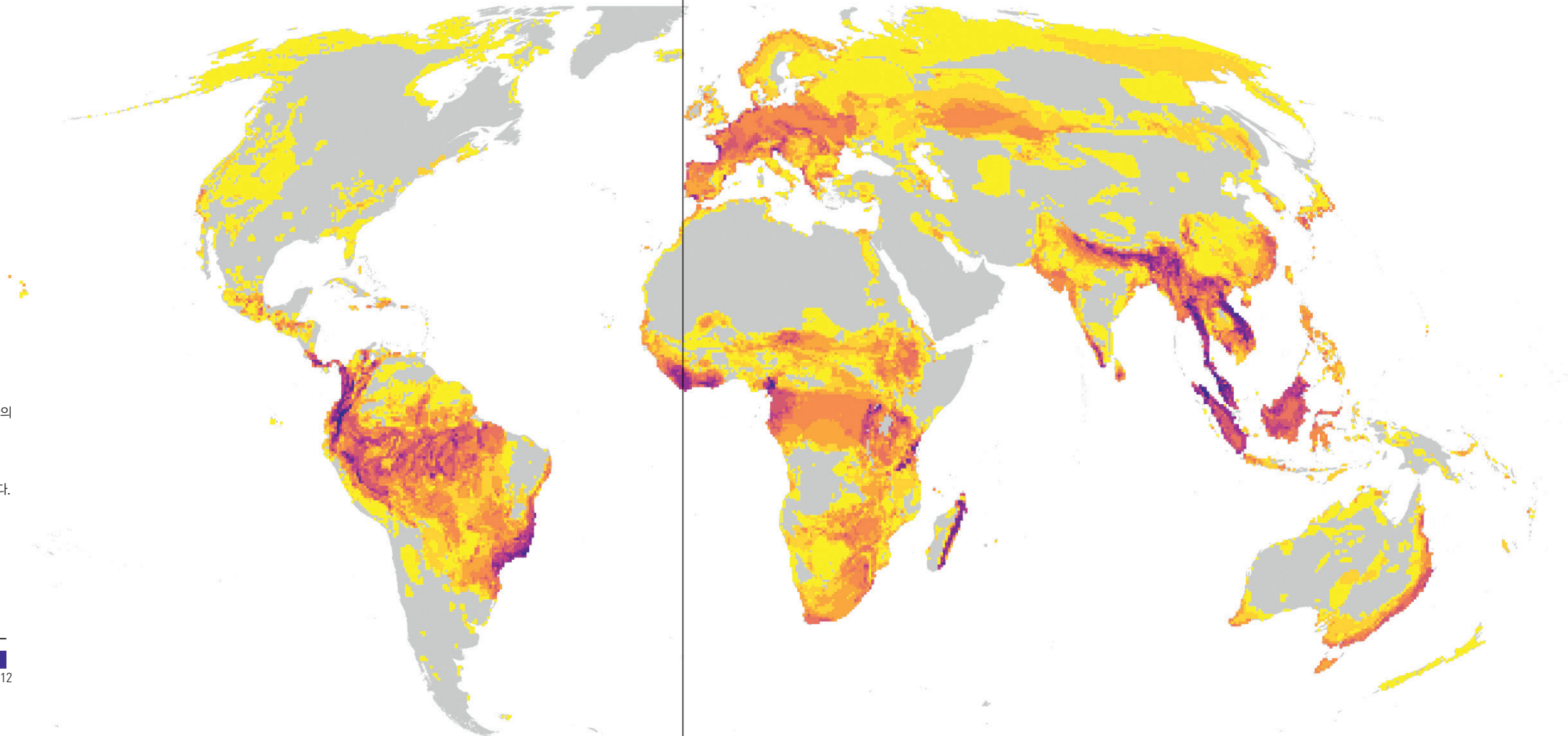
작성자 : Mike Harfoot (Vizzuality and UNEP-WCMC), Neil Burgess (UNEP-WCMC) and Jonas Geldmann (University of Copenhagen)

우리는 모든 육상 양서류, 조류 및 포유류(총 2만 3,271종)의 공간적 분포와 위협 요인에 관한 전문 정보를 IUCN 적색목록으로부터 수집하여 이들 생물종 집단이 농업, 수렵/뎃사냥, 벌목, 환경오염, 침입종 및 기후변화로 인해 위협받고 있는 지역들이 표시된 세계 지도를 작성했다.⁶²

그림 8: 전 세계의 멸종위협이 높은 '핫스팟' 지역

분류 집단 또는 위험 요인별로 하나의 픽셀이 몇 번이나 핫스팟 지역에 해당하게 되는지를 기준으로 전체 생물종 및 위험 요인에 걸친 각 픽셀의 상대적 중요도를 측정한다. '핫스팟' 지역이란 주요 위험 요인 및 분류 집단별로 위협에 처해 있는 생물종의 수가 상위 10% 이내에 해당하는 지역을 말한다.
출처: Harfoot 외 (2022)⁶²

범례



지도에 따르면 양서류를 위협하는 가장 지배적인 위험 요인은 농업이며, 수렵/뎃사냥은 조류와 포유류를 위협할 가능성이 매우 높다. 지리적으로 보았을 때 동남아시아는 생물종이 매우 높은 수준의 위협에 직면할 가능성이 높은 지역이다. 한편 극지방, 호주 동부 연안 및 남아프리카 지역은 기후변화의 영향이 발생할 확률이 매우 높고, 특히 조류에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

6대 위험 요인이 영향을 미칠 가능성을 지도화하는 작업에서 보전 우선순위가 높은 지역(생물종의 풍부도 등을 통해 결정되는)에 관한 정보를 포함시키면 위협의 심각도와 보전 우선순위를 기준으로 새로운 '핫스팟' 지역을 확인할 수 있

다(그림 8). 이러한 과정으로 도출된 결과에 따르면 농업, 수렵/뎃사냥 및 벌목으로 인한 위협은 열대 지역에서 주로 발생하는 반면, 유럽 지역은 환경오염 핫스팟이 현저하게 많은 것으로 나타났다.

히말라야산맥, 동남아시아, 호주 동부 연안, 마다가스카르의 건조림, 동아프리카의 앨버틴 단층 지대(Albertine Rift) 및 동아크산맥(Eastern Arc Mountains), 서아프리카 기니의 산림, 대서양 산림 지역, 아마존 분지, 남아메리카 및 중앙아메리카 지역의 파나마와 코스타리카로 이어지는 북부 안데스산맥 등은 위험 요인 범주와 분류 집단을 막론하고 '위험 완화 우선순위 지역'으로 간주되었다.

사라져 가는 바다 상어와 가오리

전 세계 바다 상어와 가오리의 개체 수가 지난 50년간 71% 감소했다.
이는 1970년부터 어획으로 인한 영향이 18배 증가한 것이 주요 원인이다.

작성자 : Nathan Pacoureau and
Nicholas K Dulvy
(Simon Fraser University)

상어와 가오리는 바다의 건강에 매우 중요한 생물이지만, 약효가 있다고 알려진 특정 부위(예: 쥐가오리의 아가미 판)를 사람들이 이용하고 샹스핀과 같은 요리 재료로 사용되면서 상업적 가치가 높아지고 있다.^{63,64}

전 세계 31종의 바다 상어와 가오리 중 18종의 개체 수가 지난 50년간 71% 감소했다.⁶⁵ 이러한 감소세는 이들 생물종 대부분의 멸종 위험이 커졌음을 의미한다. 1980년 기준으로 바다 상어와 가오리 31종 가운데 9종이 멸종 위험을 받고 있는 것으로 나타났다. 2020년 기준으로는 전체의 4분의 3에 해당하는 종(77%, 24종)이 멸종 위험에 놓였다. 장완흉상어(oceanic whitetip shark)의 경우 개체 수가 전 세계적으로 3대에 걸쳐 95% 감소하면서 국제자연보존연맹(IUCN)의 멸종위기종 적색목록(Red List) 중 '취약(Vulnerable)' 범주에서 '위급(Critically Endangered)' 범주로 재분류되었다.⁶⁶

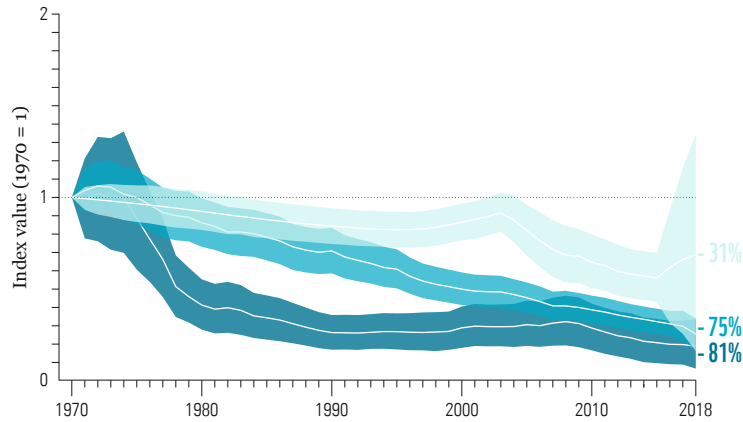


그림 9a: 어종의 몸통 크기별로 세분화된 지구생명지수(1970~2018)

'몸통 크기'는 최대 총 길이를 '소형(<250)', '중형(250~500cm)', '대형(>500cm)' 등 3개 범주로 각각 나눈 값이다. 상어와 가오리의 남획은 개체군 고갈이라는 전형적인 패턴을 따른다. 대형 어종은 살이 많고 지느러미가 넓어 일반적으로 상업적 가치가 더 높기 때문에 소형 어종보다 먼저 포획된다. 그러나 대형 어종은 수명이 길고 번식을 늦게 한다. 따라서 무분별한 어획의 영향으로 인해 감소된 개체 수를 회복하기 어렵다. 몸집이 상대적으로 작은 상어와 가오리는 수명이 비교적 짧고 대형 상어 등에 비해 어획으로 인한 폐사율이 낮다. 출처: Pacoureau 외 (2021)⁶⁵

홍상귀상어(Sphyrna lewini) 떼의 모습(태평양 코스타리카 코코스 섬).



© naturepl.com / Jeff Rotman / WWF

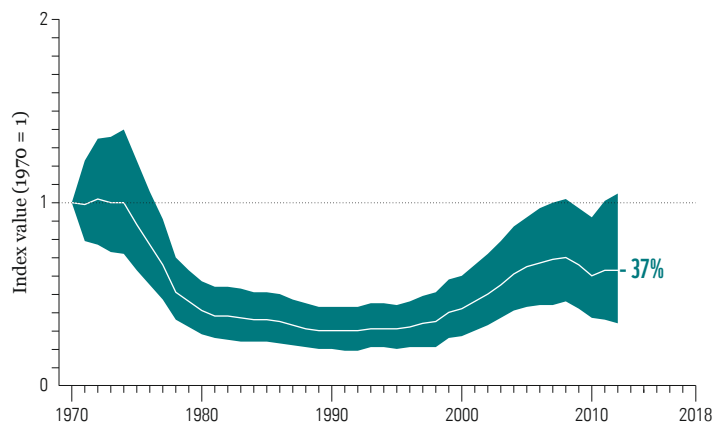
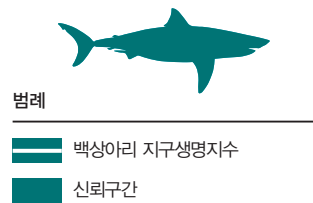
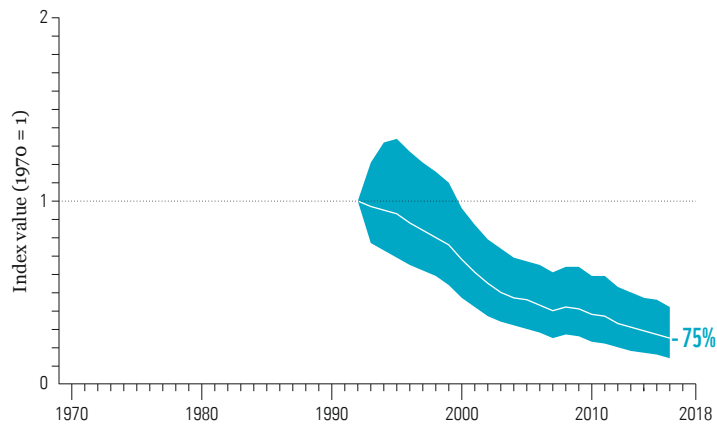
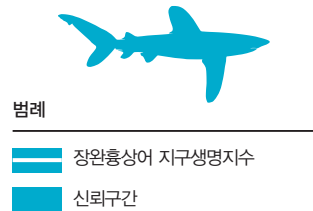
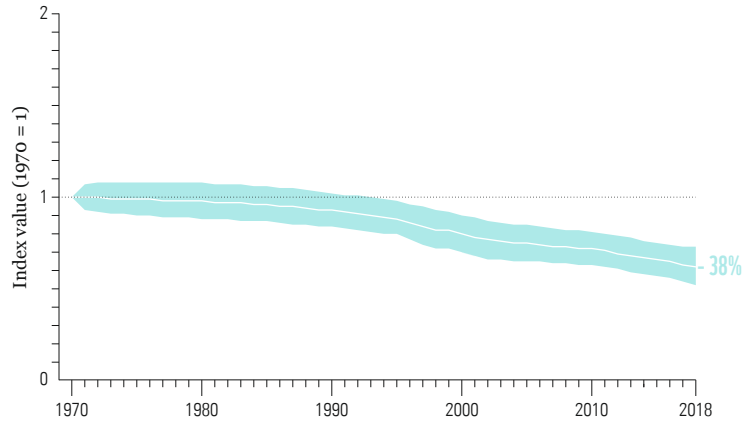
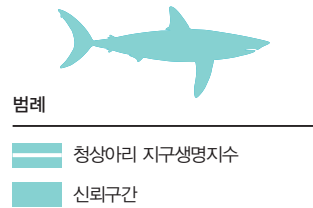


그림 9b: 바다 상어 3종의 지구생명지수(1970~2018)

과거에는 광범위한 지역에 풍부하게 분포해 있던 상어 종들이 급감하면서 지금은 국제자연보전연맹(IUCN)의 멸종위기종 적색목록(Red List)에서 가장 높은 멸종 위험 범주 2개로 분류되고 있다. 상업적 가치가 높은 청상아리(shortfin mako shark)는 '위기(Endangered)' 범주로, 대표적인 바다 상어인

장완흉상어(oceanic whitetip shark)는 '위급(Critically Endangered)' 범주로 간주되고 있다. 백상아리(white shark)의 수는 지난 50년간 전 세계적으로 평균 70% 감소한 것으로 추정되지만, 1990년대 중반부터 백상아리 선상 보유가 금지된 미국 동·서부 연안을 비롯한 일부 지역에서 회복세를 보이고 있다. 출처: Parcoureau 외 (2021)⁶⁵

해양 먹이그물이 복잡하고 규모가 크기 때문에 바다 상어와 가오리 수 감소가 생태계에 미치는 영향은 불확실하다.^{67~69} 그러나 포식 어종의 고갈에 따른 심각한 영향은 명백해지고 있다. 예컨대 상어나 다랑어와 같은 최상위 대형 포식 어종이 감소하면 해양 먹이그물의 심각한 기능적 변화를 일으킬 수 있다.^{69,70}

상어는 여러 지역공동체와 지역 경제에도 매우 중요하다.⁷¹ 보고된 바와 같은 상어 개체 수의 극심한 감소는 많은 저소득 국가의 식량안보와 경제적 수입을 위협한다.⁷² 이들 국가에서는 다양한 종류의 상어와 가오리를 잡는 생계형 어업이 수백 년 동안 이어져 왔다.⁷³ 어업 종사자들을 위한 대안적 생계 수단과 수입원이 개발되면 지속가능한 개발로의 전환이 훨씬 용이해질 것이다. 어획 한도를 설정해 포식 어종들의 감소 추세를 막고 개체군의 규모를 지속가능한 수준으로 회복시키면 생물종뿐 아니라 해양 생태계에 기대어 사는 사람들의 미래도 보장될 것이다.

열록매가오리(Aelobatus narinari)가 해저 근처에서 헤엄치고 있다 (갈라파고스 제도 다윈 섬 인근).



지구는 얼마나 온전한 상태인가?

생물다양성 온전 지수(Biodiversity Intactness Index)는 특정 지역의 생물다양성이 어느 정도로 유지되고 있는지를 추정하는 지수로, 자연의 과거, 현재 및 미래 변화를 파악하는 데 도움이 된다.

작성자 : Andy Purvis
(Natural History Museum) and
Samantha Hill (UNEP-WCMC)

생물 군집은 자연 그대로의 상태로 있지 않고 인간의 압력을 받게 되는 경우에 국지적 멸종은 아니더라도 근본적인 변화를 겪을 수 있다.

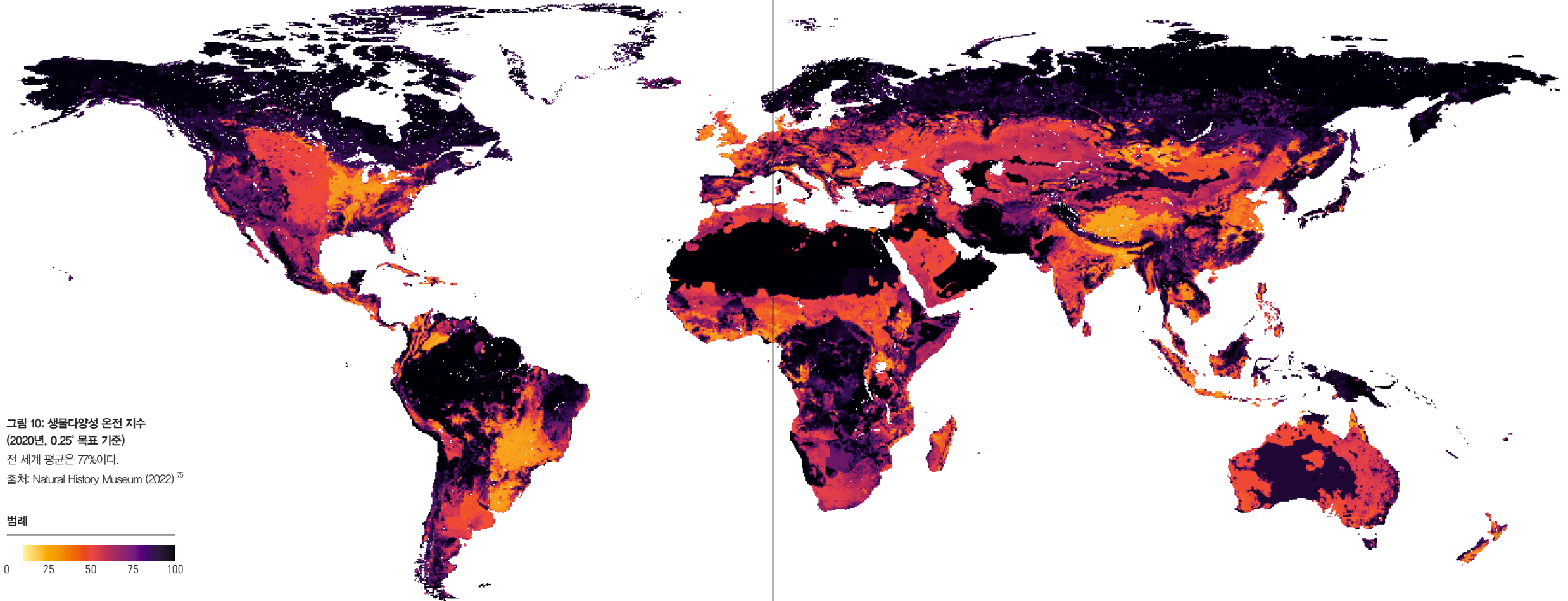
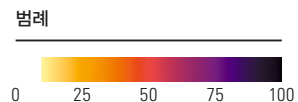


그림 10: 생물다양성 온전 지수
(2020년, 0.25° 목표 기준)
전 세계 평균은 77%이다.
출처: Natural History Museum (2022) ⁷⁵



생물다양성 온전 지수(BII)는 0~100% 범위로 이루어져 있다. BII가 100%이면 인간 생태발자국(human footprint)이 거의 없거나 전무하기 때문에 인간에 의해 방해 받지 않고 있는 자연환경을 나타낸다.^{74,75} BII가 90% 이상이면 생태계가 회복탄력성을 유지하고 제 기능을 수행할 수 있을 정도로 생물다양성이 충분한 지역을 의미한다. BII가 90% 미만이면 생물다양성 손실로 인해 생태계 기능의 효과성과 신뢰성이 상대적으로 낮은 지역을 뜻한다. BII가 30% 이하이면 생물다양성이 고갈되어 생태계가 붕괴 위험에 있는 지역을 나타낸다.

BII 모델은 '현장 차원(site-level)' 및 '경관지역 차원(landscape-scale)'의 영향을 측정하고 인간이 토지 면적의 30%를 최초로 점유한 시기를 의미하는 '경관지역 역사(landscape history)'를 추정하는 지표들을 포함한다. 이들 지표는 계획된 자연보전 활동이 생물다양성 손실 추세를 멈추게 할 만큼 충분한지 여부를 검증하는 데 사용할 수 있다.⁷⁶



구성

자연과 인간

‘인간에 대한 자연의 기여(Nature’s Contributions to People)’의 매핑 및 모델링 연구는 생태계가 인간에게 주는 혜택이 생태계 변화로 인해 변화하는 과정을 예측하는 작업을 담고 있다.

작성자 : Rebecca Chaplin-Kramer
(Institute on the Environment,
University of Minnesota; SPRING,
springinnovate.org; Natural Capital Project,
Stanford University)

‘인간에 대한 자연의 기여(NCP)’란 자연이 인간의 삶의 질 향상에 기여하는 요소를 말한다. NCP는 생태계가 주는 혜택의 ‘공급’과 인간에게 필요한 ‘수요’를 모델링하는 방식을 통해 평가할 수 있다. 우선 NCP의 공급 측은 생태적 과정과 생태계의 기능에 기반을 두고 있다. 예컨대 꿀벌을 비롯해 수분 매개 야생 곤충은 인근 농작물의 수분 작용에 기여한다. 하천 주변이나 산비탈에서 자라는 식물은 오염물질을 포집하여 우리가 사용하는 물을 정화해 주는 역할을 한다. 맹그로브 숲과 산호초를 포함한 연안 서식지는 폭풍, 침식, 홍수 등으로부터 인간을 보호해 준다. NCP의 수요 측은 인간의 위치, 활동, 필요 및 선호도를 바탕으로 하며, 자연에 대한 인간의 의존도를 반영하고 있다. 한편 자연의 혜택이 풍부하지 않아서 NCP의 대체재에 접근하기 어려운 취약계층에 특별한 주의를 기울여야 한다.

자연이 인간의 삶의 질 향상에 크게 기여하는 영역을 확인하기 위해서는 자연에 의존하는 인구가 혜택을 받는 지역을 지도화 해야 한다.³² 매핑 방식은 자연 혜택의 제공 방식에 따라 다르다. 예를 들어 수분 작용에 의존하는 작물이 위치한 장소와 서식지를 오가는 꿀벌의 이동 패턴에 따라 다를 수 있다. 또한 식수 확보, 여가 활동, 어획이나 기타 활동을 위해 사람들이 이용하는 하천으로 물이 유입되는 경로, 인명과 재산 피해를 발생시킬 수 있는 해안가 파도의 파괴력을 완화하는 물리적 특성 등에 따라 다를 수도 있다.

전 지구적 범위로 분석 작업을 수행한 결과, 특히 탄소, 담수 공급 및 어업 생산과 관련하여 생물다양성과 NCP 간에 상충관계(trade-off relationship)가 있는 것으로 나타났다.^{77,78} 이는 자연과 인간이 누리는 혜택을 관리하기 위해 복합적인 보전 전략이 필요함을 시사한다. 지역별 분석에 따르면 기존 보호지역의 구조가 반드시 NCP 극대화를 위해 설계된 것은 아니다. 따라서 보전 노력이 기존 보호지역 구조로 인해 제약을 받을 경우 자연과 인간 모두에 도움이 되는 시너지 효과가 다소 제한적일 수 있는 것으로 나타났다.⁷⁹

숲에서 야생 블루벨 꽃(hyacinthoides non-scripta)을 관찰하고 있는 소녀(영국, 잉글랜드, 허트포드셔 주)



© naturepl.com / Andy Sands / WWF

살아 있는 지구를 돌보기 위한 필수 요소인 토착 리더십

자연보전에 있어서 토착 리더십(indigenous leadership)이 지닌 중요성에 대한 인식이 확산되고 있다. 우리는 원주민들의 전문 지식을 활용해 인간과 지역 간의 내재적 상호 연결성을 존중하는 방식의 보전 활동이라는 접근 방식을 (재)도입할 수 있다.

작성자 : Andrea Reid (Nisga'a Nation and the Centre for Indigenous Fisheries, University of British Columbia)

전 세계적으로 볼 때 주류 사회의 지도자들은 인간의 활동으로 인한 기후변화와 서식지 손실을 억제하는 데 실패해 온 반면, 원주민들의 토지와 수역은 수천 년 동안 성공적으로 관리되어 왔다.⁸⁰ 예를 들어 캐나다, 브라질 및 호주의 경우, 원주민 영토 내 포유류의 생물다양성은 공식 보호구역의 생물다양성과 비슷하거나 이를 초과하는 수준이다.⁸¹ 자연을 보호하기 위해 인간과 자연을 분리하는 식민주의적 사고방식이나 인간의 영향을 받지 않은 '원시' 또는 '야생' 상태라는 개념에 집착하는 방식과 달리, 자연보전에 대한 토착적 접근 방식은 인간과 공간의 호혜적 관계를 문화적 관습과 자연 관리 활동의 중심에 둔다. 이러한 방식은 언어, 이야기, 의식, 관습, 법규범 등을 통해 세대 간에 전승되는 과학적·생태적 지식을 포함한 토착 지식 체계에 기반을 두고 있다(그림 1).

전 지구적인 생물다양성 손실은 원주민과 이들의 생활 방식에 심각한 영향을 미친다. 예컨대 어류 개체 수의 감소는 단순한 식량 감소 차원을 넘어서는 문제이다. 어획은 수로의 상태를 모니터링하고 지식과 언어를 전파할 수 있도록 하며, 원주민들이 법규범적 전통을 구현할 수 있게 한다.

캐나다 브리티시컬럼비아 주 전역의 원주민 원로들은 언어를 잡기 어려워졌다고 알려 왔는데, 이 보고서에 제시된 변화 추이에 필적하는 감소세였다(생애 주기 동안 83% 감소).⁸² 원로들은 원주민의 고유 언어를 되살리는 운동을 지지하였으며, 토착 리더십이 더욱 지속가능하고 공정한 미래의 문을 열 수 있는 열쇠라고 생각하고 있었다.

'원주민'을 의미하는 영어 'Indigenous Peoples'에서 복수형 명사 'Peoples'는 세계 70개국에 살고 있는 총 3억 7,000여만 명의 원주민 인구가 여러 집단으로 구성되어 있음을 반영하고 있다. 또한 'Indigenous Peoples'에서 대문자가 사용된 것은 '캐나다인(Canadian)'이나 '유럽인(European)'과 같이 다른 국가나 문화권 사람들을 표기하는 방식과 같은 맥락이다.

원주민: "고유한 문화, 그리고 인간 및 환경과 관계를 맺는 고유한 방식을 계승하고 이를 실천하며 생활하는 사람을 말한다. 원주민들의 사회, 문화, 경제, 정치적 특성은 이들이 살고 있는 주류 사회의 특성들과 구분된다." 출처: UN (2022)⁸⁴

공정한 미래를 구성하는 요소 중 하나는 토착 지식과 비토착적 지식을 포함한 각각의 지식 체계가 고유한 가치를 지니고 있음을 인정하는 것이다. 여기에는 '에투압트뭉크(Etuaptmuk, 두 눈으로 보기)'라는 개념이 포함된다. 한쪽 눈으로는 토착 지식과 사고방식을 통해 세상을 보는 법을 배우고 다른 한쪽 눈으로는 주류 지식과 사고방식을 통해 세상을 보는 법을 배운다. 궁극적으로 양쪽 눈을 세상을 바라봄으로써 모든 사람이 혜택을 누릴 수 있도록 한다는 것이다.⁸³ '에투압트뭉크'는 사람과 땅이 본질적으로 연결되어 있다는 사고방식을 의미할 뿐 아니라 적절하게 실천하고 존중한다면 토착 지식이 또 다른 지식의 기반이 될 수 있다는 증거가 된다.

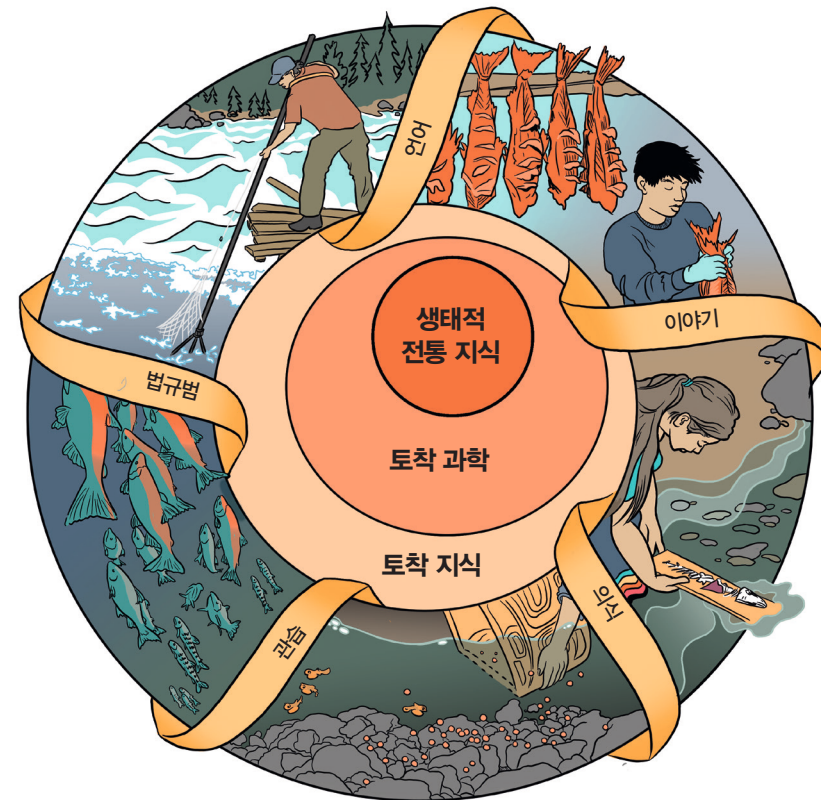


그림 11: 생태적 전통 지식, 토착 과학 및 토착적 지식 체계 간의 상호 연관성

그림에서는 이들 세 요소 간의 상호 연관성을 태평양 연어의 생애 주기에 빚대어 상징적으로 표현하고 있다. 언어는 이미지의 중심부 있는 수정된 단계부터 생애를 시작한다. 중심부에 표시된 지식과 철학은 언어, 이야기, 의식, 관습, 법규범 등을 통해 오랜 세월 동안 대대로 전승된다. '연어(Salmon)'와 '연어의 사람들(Salmon People)'은 단순한 공존이 아닌 상호 의존적인 삶을 살아간다. 일러스트 : Nicole Marie Burton

토착식물의 문화적 경제적 중요성

기니를 포함한 몇몇 국가에서는 식물 보전에 기여하고 사람들의 생계를 향상시키기 위한 사업의 일환으로 숲에 과일이나 견과류가 자라는 나무를 심는 활동을 벌이고 있다.

작성자 : Denise Molmou, Sekou Magassouba, Tokpa Seny Doré (Herbier National de Guinée),
Charlotte Couch (Herbier National de Guinée and Royal Botanic Gardens, Kew),
Isabel Larridon (Royal Botanic Gardens, Kew),
Melanie-Jayne Howes (Royal Botanic Gardens, Kew and King's College London),
Iain Darbyshire, Eimear Nic Lughadha and Martin Cheek (Royal Botanic Gardens, Kew)

지역공동체에게 '주요 열대식물 서식구역(Tropical Important Plant Area, TIPA)'과 같이 생물다양성이 풍부한 자연 서식지를 보호할 수 있도록 동기를 부여하는 것은 식물 보전을 위해 매우 중요하다.⁸⁵ 생계 향상에 '유용한' 토착식물종을 번식시키고 재배하는 지역공동체를 지원하는 활동은 식물 보전 목표를 달성하기 위한 방법 중 하나이다.

기니공화국에서는 숲에서 자라는 몇몇 수목종의 과일과 씨앗을 전통적으로 야생 상태에서 수확해 왔다. 그러나 1990년대에 이르러 전국 산림의 96%가 개간되었으며,⁸⁶ 현재까지도 산림이 파괴되고 있다.⁸⁷ 툴라(Beilschmiedia mannii), 가르시니아 콜라(Garcinia kola), 진저브레드 플럼(Neocarya macrophylla) 등의 식용 견과류는 오랫동안 인기가 있고,^{88,89} 건강에 도움이 되는 영양소 공급원으로 인지도가 높아지면서^{90~92} 수요가 공급을 초과하고 있다.

그러한 유용한 수목종들은 기니에 위치한 세 곳의 TIPA 완충지대에서 '위급(Critically Endangered)' 범주에 속한 수목종을 번식시키기 위한 사업⁹³의 식재 목록에 포함되어 있다.⁹⁴ 이러한 접근 방식은 인간개발지수(Human Development Index)가 최하위권인 국가에서 식물 보전을 장려하고 수입 증대 기회를 제공하며, 지역공동체에 필요한 영양소를 공급하는 역할을 한다.

야생 진저브레드 플럼 나무(Neocarya macrophylla)의 서식지. 씨앗은 기니에서 식용 견과류로 거래된다. 붉은꼬리원숭이들이 열매를 먹지만, 씨앗이 들어 있는 속껍질까지 먹지는 않는다. 현재 나무는 목탄 생산을 위해 벌목되고 있으며 평지의 나무는 외래침입종인 캐슈넛 재배를 위해 벌목되고 있다.



© Martin Cheek

잠비아의 수자원 보호와 보존 및 회복탄력성 강화를 위한 활동

잠비아에서는 기온이 상승하고 강수 패턴이 변화하면서 가뭄과 홍수의 발생 빈도가 높아지고 있다. 이로 인해 특히 생태계 보전과 지역공동체의 생계 및 건강 유지에 필수적인 담수 시스템이 제 기능을 하지 못하고 있다. 잠비아의 루사카 주와 남부 주에서는 계속되는 가뭄, 벌목 및 집수지 지역의 오염으로 인한 물 부족 현상이 현실화되었다. 물 불안은 환경과 사회 모두에 영향을 미치며, 기후변화는 상황을 더욱 악화시킨다. 특히 가족들에게 꼭 필요한 물을 공급하는 일을 도맡다시피 하는 여성들이 심각한 영향을 받게 된다.

잠비아 현지 단체인 '기후 스마트 농업 연맹(Climate Smart Agriculture Alliance, CSAA)'은 미래에도 수자원을 사용할 수 있도록 보호하기 위해 남부 주의 차칸 카타 구에 위치한 집수지 지역에 토착 작물을 심는 활동을 지역공동체 구성원들과 함께 수행하고 있다. 이러한 활동은 기후위기 해법에 대한 현지인들의 선택권을 강화시키며, 위기에 가장 취약한 사람들이 지속가능한 방식으로 수자원을 관리할 수 있도록 한다. 지역공동체의 구성원들은 집수지 지역 관리 및 보전을 통해 기후위기의 영향에 대한 회복탄력성을 강화할 수 있다.

물을 길어 나르기 위해 양동이를 머리에 인 채 루앙와 강으로 향하고 있는 잠비아 여성들



© James Suter / Black Bean Productions / WWF-US

호주의 땅과 물에 대한 토착 지식 현황

원주민들은 수많은 세대에 걸쳐 지표수와 지하수를 관리해 왔다. 호주에서는 그 역사가 6만 5,000여 년 전까지 거슬러 올라간다. 원주민들은 물에 대해 강한 유대 의식을 가지고 있다. 이 관계는 문화적 정체성, 언어, 젠더, 법규범 등이 바탕을 이루며, 무엇보다 건조한 대륙에서 생존할 수 있는 토대가 되었다.

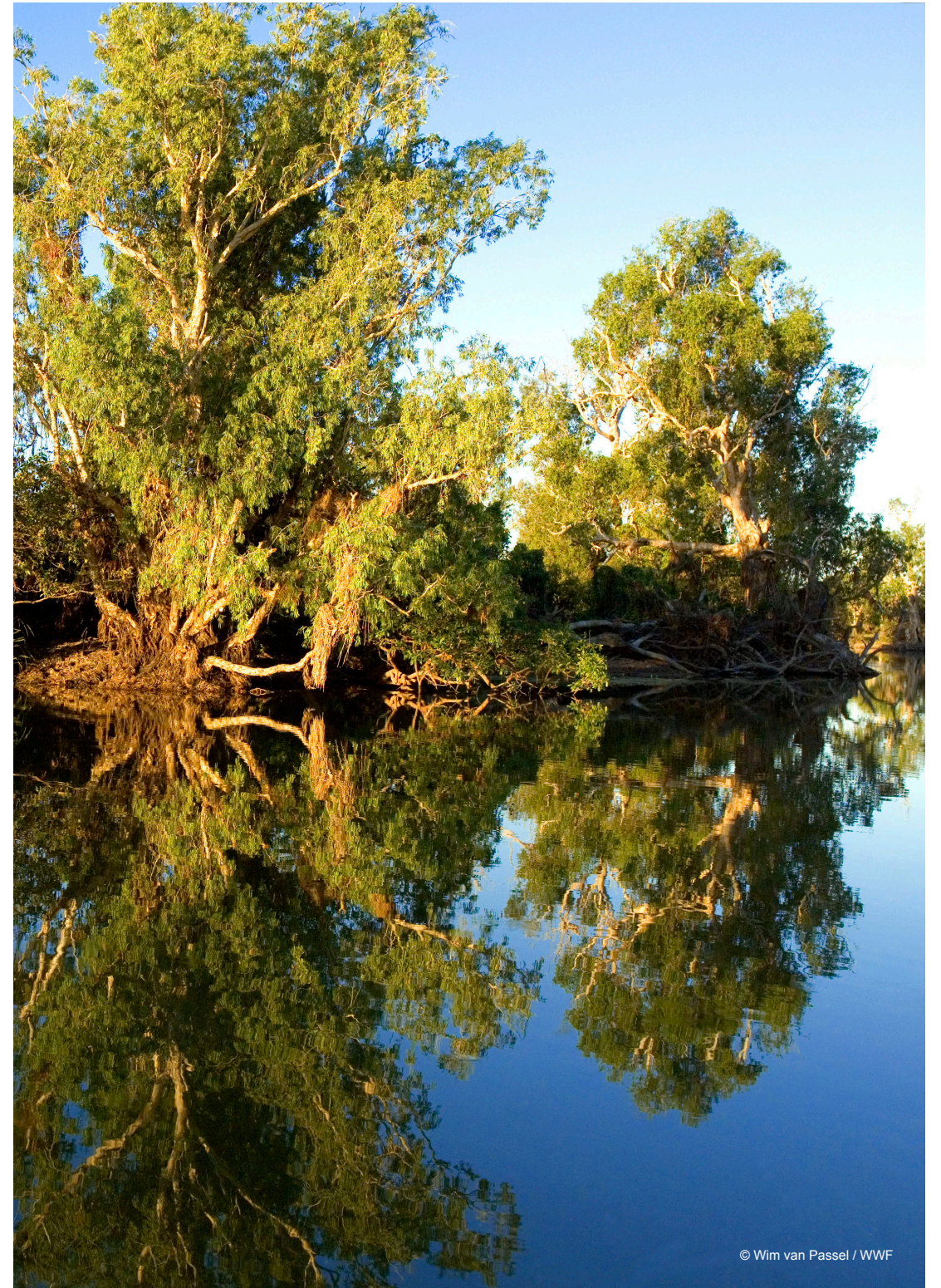
작성자 : Bradley J. Moggridge
(University of Canberra)

원주민들이 간직하고 있는 지식과 이야기들은 수많은 세대에 걸쳐 살고 있는 그들의 토지를 관찰하고 파악하며 물을 이해하고 보호하는 과정을 통해 얻은 것이다.

토착적 연구 방법론은 원주민 연구자와 커뮤니티에 문화적으로 적합한 방법과 편안한 공간을 만드는 방식으로 토착지식 연구의 토대를 마련할 수 있다.⁹⁵ 호주 남동부 지역에서는 '국가 문화흐름 연구 프로젝트(National Cultural Flows Research Project, NCFRP)'를 통해 역량 구축, 자유의사에 따른 사전 인지 동의(Free, Prior and Informed Consent) 및 토착 과학을 지원하는 활동이 진행되고 있다. NCFRP는 물에 대한 원주민들의 문화적 가치를 평가하기 위한 도구와 생태적·사회경제적 성과 및 건강·복지 관련 성과를 거두기 위한 방법론을 개발했으며, 문화흐름(cultural flow)의 구현을 위해 정책적, 법적, 제도적 변화를 유도하는 권고 사항을 제시해 왔다. 그러나 호주에서 NCFRP의 방법론을 채택한 지역들은 아직까지 제한적이다.

호주에서 물에 관한 토착적 연구방법론의 개발은 여전히 미진한 상태이다. 정부가 소극적 태도를 보이고 있고, 수자원 행동가 중 원주민 출신의 수가 제한적이며, 비 원주민 연구자들이 해당 분야의 주류를 이루고 있는 것이 주된 원인이다. 토착 지식에 기반한 연구와 관점은 서양 과학을 보완하고 유용한 정보를 제공할 수 있다. 그러나 이 두 분야의 접점을 찾는 일은 비교문화 연구의 난제 중 하나이다.^{97,98} 국가와 지역 차원의 물에 대한 토착적인 패러다임 도입은 물의 사회적 가치관과 수자원 관리 방식에 영향을 미칠 수 있다. 토착적 요소들이 수자원 관리 계획에 반영된다면 호주인들은 다양한 방식의 '물의 흐름'이 보호되고 유지되는 데에 따른 혜택을 얻을 수 있을 것이다. 또한 여러 형태로 존재하는 물도 더욱 소중한 대우를 받게 될 것이다.

호주 옐로워터 강을 따라 자라는 유칼립투스 나무
(호주 노던 주 카카두 국립공원)



© Wim van Passel / WWF

제3장

‘네이처 포지티브 (NATURE-POSITIVE)’ 사회의 설계

지구의 건강이 나빠지고 있다. 우리는 그 이유를 알고 있으며, 기후변화와 생물다양성 손실에 대처하기 위한 지식과 방법이 있다는 사실도 알고 있다. 3장에서는 가치, 권리 및 규범이 의사결정과 정책 입안의 중심에서 우리에게 필요한 근본적 변화를 이끌어 내는 과정을 탐구한다. 아울러 경제, 기술, 소비 및 생산 분야가 담당할 수 있는 역할을 파악하고, 미래를 그려볼 수 있도록 도움을 주는 모델과 시나리오를 소개한다. 아마존과 콩고 분지에서는 이론을 실천으로 옮기기 위한 시범 사업이 첫발을 내딛고 있다.

카모마일 밭에서 일하고 있는 시르자나 타루(네팔)

© Emmanuel Rondeau / WWF-US

깨끗하고 건강하고 지속가능한 환경에서 살아갈 권리

2022년 유엔총회는 전 세계 모든 지역의 모든 사람이 깨끗하고 건강하고 지속가능한 환경에서 생활할 권리가 있음을 인정하는 결의안을 채택했다. 이는 권력 및 권한을 행사하는 이들에게 권리의 존중이 더 이상 선택이 아닌 의무임을 의미한다.

작성자 : David Boyd (UN Special Rapporteur on human rights and the environment, University of British Columbia)

모두가 깨끗한 공기와 안전한 물을 마시고 지속가능한 방식으로 생산된 음식을 먹는 세상을 상상해 보자. 환경오염과 독성물질이 없고 안전한 기후, 풍부한 생물 다양성, 건강한 생태계로 이루어진 세상을 상상해 보자.

이는 불가능한 꿈이 아니다. 모든 사람이 깨끗하고 건강하고 지속가능한 환경에서 생활할 기본권을 정부와 기업이 존중하는 세상은 실현 가능한 목표이다.

2022년 유엔총회는 전 세계 모든 지역의 모든 사람에게 이 같은 권리가 있음을 최종적으로 인정하는 결의안을 채택했다.⁹⁹ 1972년 유엔의 환경 관련 국제회의의 최초 개최를 기념하는 회의였던 2022년 스톡홀름+50 국제회의에서 전 세계의 지도자들이 촉구한 바와 같이 이제는 실천에 나서야 할 시점이다.

깨끗하고 건강하고 지속가능한 환경에서 생활할 권리를 실행한다는 것은 인간이 자연과 조화롭게 살아가지 못하게 하는 복합적 위기인 기후 긴급상황, 생물다양성 붕괴 및 환경오염 확산 문제 해결을 위해 '권리 기반 접근법(rights-based approach)'을 적용한다는 것을 의미한다.^{101~104}

정부, 기업, 개인을 막론하고 권리에는 책임이 따른다. 일차적으로 정부는 누구나 차별 없이 자신의 권리를 누릴 수 있도록 관계 법령과 정책을 마련해야 할 의무가 있다. 자연보전 맥락에서는 화석연료 사용 제한 규정을 시행하고, 위험에 처한 생물종과 서식지를 보호하는 법을 제정하며, 생태계 복원을 재정적으로 지원해야 한다. 또한 채굴산업(extractive industry)을 단계적으로 퇴출시키고 더 효과적으로 규제하며, 기업이 공급망 전체에 걸쳐 인권과 환경을 의무적으로 하도록 해야 한다. 아울러 생태계 파괴 활동을 조장하는 보조금 지원을 중단하고, 순환경제(circular economy)로의 전환을 포함해 지속가능한 생산 및 소비 방식으로 전환해야 한다.

권리 기반 접근법이란 모든 사람의 목소리를 경청하고, 자신의 삶과 건강 및 권리가 특정 조치로 인해 영향을 받을 수 있는 사람들이 의사결정 과정에 참여할 수 있는 것을 말한다. 이 접근법은 가장 취약하고 불이익을 받는 집단에 초점을 맞추며, 책무성(accountability) 보장을 중요시한다.

인권은 사회적 변혁을 촉진시키는 데 매우 강력한 역할을 한다. 노예제 폐지론자, 여성 참정권 운동가, 흑인 민권 운동가, 원주민 공동체 등이 거둔 업적을 통해 역사적으로 입증된 바 있다. 몇몇 선도적인 국가와 최근의 기념비적인 사건에서 알 수 있듯, 깨끗하고 건강하고 지속가능한 환경에서 살아갈 권리는 총체적 변화를 이끄는 촉매 역할을 한다.¹⁰³

건강한 환경에 대한 권리는 80여 개국에서 더 강력한 환경 법규와 정책의 제정, 기존 관계 법령의 시행 효과성 제고, 일반 대중의 참여 확대, 그리고 가장 중요하게는 환경 성과의 개선으로 이어졌다. 전 세계 시민들은 이 권리를 바탕으로 멸종 위기종과 위험에 처한 생태계를 보호하는 데 앞장서고 있다.

1994년 건강한 환경에 대한 권리를 헌법에 추가한 코스타리카는 세계적인 환경 대국으로 자리매김하게 되었다. 전체 국토의 3분의 1이 국립공원인 코스타리카는 전체 전력의 99%를 수력, 태양광, 풍력, 지열 등의 재생에너지를 통해 생산한다. 노천 채굴과 석유·가스 개발은 법으로 금지하고 있으며, 탄소세를 거둬들여 원주민과 농가의 산림 복원 활동을 재정적으로 지원하고 있다. 1994년 당시 산림파괴로 인해 산림 면적이 전체 국토의 25%로 감소했지만, 오늘날에는 재조림 사업을 통해 산림 면적이 50%를 넘는 수준으로 회복되었다.¹⁰⁵

프랑스는 2004년 건강한 환경에 대한 권리를 인정하는 법안을 채택했다. 이에 따라 자원 채굴을 위한 수압파쇄공법(fracking)의 금지, 깨끗한 공기를 마실 권리의 보장, 건강·환경상의 우려로 유럽연합에서 승인하지 않은 살충제의 수출 금지 등을 규정한 법령을 새로 제정했다.

코스타리카와 프랑스는 '자연과 인간을 위한 과감한 연대(High Ambition Coalition for Nature and People)¹⁰⁶의 활동을 이끌었고 '석유·가스 탈피 동맹(Beyond Oil and Gas Alliance)¹⁰⁷의 주요 회원국이며, 건강한 환경에 대한 권리의 보편적 인정을 촉구하는 캠페인에 앞장서고 있다.

최근 몇 달 동안 건강한 환경에 대한 권리는 아르헨티나와 남아프리카 연안에서 해양 포유류에 영향을 미칠 수 있는 석유·가스 시추 활동을 지역공동체가 중단시키기 위해 활용되었다. 또한, 인도네시아 정부와 남아프리카공화국 정부가 대기질을 향상시키고 케냐의 무분별한 석탄화력발전 사업을 중단시키기 위해서도 활용되었다. 아울러 에콰도르에서는 채굴 활동으로부터 숲을 보호하기 위해, 코스타리카에서는 꿀벌을 죽이는 살충제의 사용을 금지시키기 위해 사용되었다. 건강한 환경에 대한 권리에 근거한 환경 소송이 전 세계적으로 제기되고 있으며, 관련 연구에 따르면 승소 가능성이 높은 것으로 나타났다.¹⁰⁸

2022년 유엔 결의안은 법적 구속력이 없다. 그러나 '물에 대한 권리(right to water)'에 관한 2010년 유엔 결의안이 수백만 명에게 안전한 식수를 공급하기 위한 활동을 촉진했듯 해당 결의안도 필요한 행동을 가속화하는 데 기여할 것으로 예상된다.

이제는 건강한 환경에 대한 권리라는 인간의 기본권을 근본적, 총체적 변화의 촉매로 활용해야 한다. 이 권리가 지구상의 모든 사람에게 현실로 이루어지도록 해야 할 시점이다.

아마존강돌고래(Inia geoffrensis)가 아리아우 강의 침수림 근처에서 헤엄치고 있다 (브라질 아마조니아 리우네그로 강 지류).



© naturepl.com / Kevin Schafer / WWF

복합적 위기의 발생 원인

2021년 유엔의 기후 및 생물다양성 관련 기구인 생물다양성과학기구(IPBES)와 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 처음으로 개최한 공동 회의에서 기후위기와 생물다양성 위기의 공통 원인을 포함한 두 위기 간의 상호 연관성을 조명하고 생명체가 살 수 없는 미래가 닥칠 위험을 경고했다.

작성자 : David Leclère (International Institute for Applied Systems Analysis),
Bruna Fatiche Pavani (International Institute for Sustainability, Brazil),
Dettlef van Vuuren (University of Utrecht),
Aafke Schipper (Radboud University),
Michael Obersteiner (Oxford University),
Neil Burgess (UNEP-WCMC),
Rob Alkemade (Wageningen University & Research),
Tim Newbold (University College London),
Mike Harfoot (Vizzuality and UNEP-WCMC)

IPBES³⁹, IPCC^{109~111} 및 IPBES-IPCC 공동 워크숍¹¹²이 최근에 작성한 평가 보고서는 기후변화가 심화되고 있으며 생물다양성 및 '인간에 대한 자연의 기여(NCP)' 요소가 계속 감소하고 있다고 한결같이 지적하고 있다. 지난 50년간 지구 평균기온이 상승하고 극한기상현상의 발생 빈도가 높아졌으며, 멸종 위험에 처한 생물종의 수가 증가했다.

이러한 추세는 화석연료의 연소로 인한 온실가스 배출, 토지 이용 변화에 따른 서식지 전환과 훼손, 환경오염, 지속 불가능한 농작물 생산, 외래종 침입 등 인간이 유발하는 직접적 요인에 원인이 있다. 토지 이용 변화와 같은 직접적 요인은 기후 변화와 생물다양성 훼손을 모두 유발할 수 있는 반면, 그중 어느 하나를 주로 일으키는 요인들도 있다. 예컨대 침입종이 기후에 미치는 영향은 제한적이다.

세계 인구 및 부(富)의 증가, 가치 및 행동과 관련된 사회, 경제, 기술, 제도적 요인 및 거버넌스 요인과 같은 다양한 간접적 요인들이 직접적 요인들을 뒷받침하고 있다. 지난 50년간 세계 인구가 두 배로 늘고 세계 경제와 국제 무역이 각각 네 배 및 열 배 가까이 성장하면서 에너지와 원자재 수요가 현저하게 증가했다. 경제적 인센티브는 일반적으로 경제 활동의 확대에 중점을 두면서 환경 보전이나 복원이 아닌 환경 피해를 불러일으키는 경우가 많다.

수확이 끝난 옥수수 밭과 통제되지 않는 산불로 연무가 퍼지고 있는 숲(항공 사진)



© Day's Edge Productions / WWF-US

지구의 생태용량을 초과하는 인간 생태발자국

인간은 마치 두 개의 지구에 살고 있는 것처럼 많은 양의 생태 자원을 사용한다. 이러한 행태는 지구의 건강을 악화시키고 인류의 미래를 어렵게 만들고 있다.

작성자 : Amanda Diep, Alessandro Galli, David Lin and Mathis Wackernagel (Global Footprint Network)

지구의 생태용량(biomecapacity)이란 지구 생태계의 재생 능력을 말하는 것으로,^{113,183} 지구상의 모든 생명 시스템이 사용하는 기본 통화(currency)와 같은 역할을 한다. 예컨대 생태용량은 인간에게 생물 자원을 제공하고 인간이 생산하는 폐기물을 흡수한다. 생태용량과 이에 대한 인간의 수요('인간 생태발자국')는 모두 측정 가능하다. 생태용량에 대한 인간의 수요는 식량 및 섬유 생산에서 과도하게 배출된 탄소의 흡수에 이르기까지 자연에 대한 모든 경쟁적 수요를 포함한다. 인간 생태발자국에 관한 보고서 자료에 따르면 인류는 지구를 최소 75% 이상 더 쓰고 있으며, 이는 1.75개의 지구에서 살고 있는 것과 같다.^{113,115} 이러한 생태자원의 남용은 지구 건강을 악화시키고 인류의 미래의 전망을 어렵게 만들고 있다.

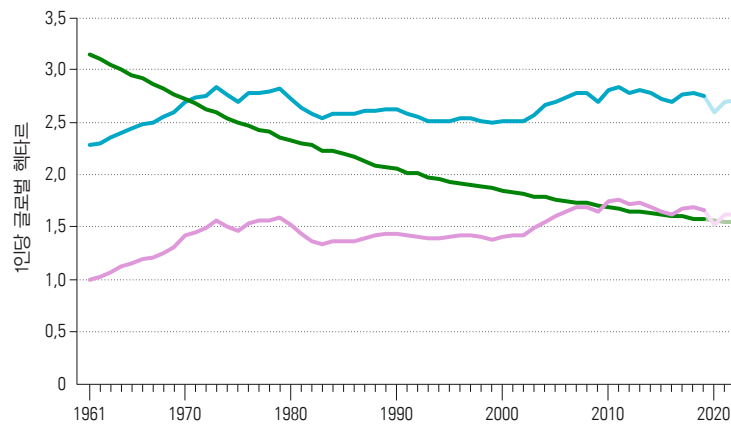
인간의 수요와 자연자원은 지구 전체에 걸쳐 불균일하게 분포하고 있다.^{113,116} 자원이 생산지에서 소비되지 않을 수도 있기 때문에 자원의 소비 규모는 자원의 가용성 정도와 일치하지 않는다. '인당 생태발자국'은 자원과 관련된 각국의 성과, 위험도 및 기회를 통찰적으로 파악할 수 있는 지표이다.^{114,116,117} 생태발자국은 생활양식, 소비 패턴(식품, 상품 및 서비스 소비 규모 포함), 이용되는 자연자원, 상품과 서비스의 제공을 위해 배출되는 이산화탄소의 양 등에 따라 다양한 수준으로 존재한다.

그림 12: 전 세계 생태발자국 및 생태용량(1961~2022, 단위: 1인당 글로벌 헥타르)

파란색 선은 1인당 총 생태발자국, 분홍색 선은 1인당 탄소 발자국(생태발자국의 부분집합)을 나타낸다. 녹색 선은 1인당 생태용량을 나타낸다. 2019~2022년 결과는 나우캐스트(Nowcast) 추정치이며, 여타 데이터 포인트의 출처는 2022년판 「국가 생태발자국 및 생태용량 보고서(National Footprint and Biomecapacity Accounts)」이다.

범례

- 생태발자국
- 생태용량
- 탄소 발자국



생태발자국의 구성 요소

목초지 발자국이란 육류 제품, 유제품, 가죽 및 양모 제품을 생산하는 가축 사육용 방목지에 대한 수요를 말한다.



삼림 발자국이란 땔나무와 펄프 및 목재제품 생산용 산림에 대한 수요를 말한다.



어장 발자국이란 어획된 해산물을 보충하고 양식업을 유지하기 위해 필요한 해양 및 내수면 생태계에 대한 수요를 말한다.



경작지 발자국이란 식량, 섬유, 가축 사료, 유료작물(油料作物) 및 고무 생산용 토지에 대한 수요를 말한다.



개발지대 발자국이란 도로, 주택, 산업용 건축물 등의 기반시설에 필요한 생물학적으로 생산적인 지역(biologically productive area)에 대한 수요를 말한다.



탄소 발자국이란 화석연료의 연소 및 시멘트 생산으로 인한 탄소 배출량을 말하며, 해양에 흡수되지 않는 양을 저장하는 데 필요한 산림 면적으로 변환된다. 산림의 탄소 격리율은 인간의 산림 관리 방식, 산림의 유형과 연령, 산불, 토양 형성 및 손실 정도에 따라 다르다.



토지 용도별 인간 생태발자국

범례

- 목초지 발자국
- 삼림 발자국
- 어장 발자국
- 경작지 발자국
- 개발지대 발자국
- 탄소 발자국

인간의 활동별 생태발자국

범례

- 식량
- 주거
- 개인 교통
- 상품
- 서비스

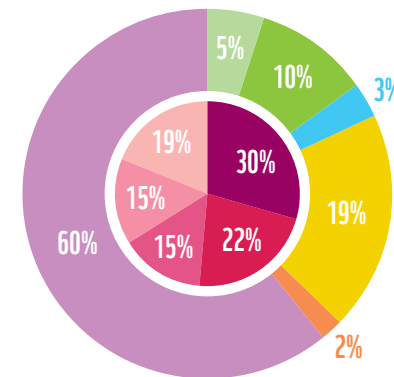


그림 13: 토지 용도 및 인간의 활동별 생태발자국

생태발자국 조사에는 인간의 소비에 따른 생물권(biosphere) 수요 정도를 측정하고 이를 생태계의 재생 능력과 비교한다. 2020년 전 세계 생태발자국은 1인당 평균 2.5 글로벌 헥타르인 반면, 생태용량은 1.6 글로벌 헥타르였다. 생태발자국은 지역 범주별(바깥 원)로 나누거나 다중지역 투입-산출 평가법(Multi-Regional Input-Output Assessments)을 사용해 인간의 활동 분야별(안쪽 원)로 세분할 수 있다.^{185~189}

전 세계의 소비 규모

1인당 생태발자국이란 한 국가의 생태발자국을 총 인구수로 나눈 것을 말한다.

지구가 제공할 수 있는 자연자원 범위 내에서 생활하려면 인간 생태발자국은 1인당 1.6 글로벌 헥타르인 지구의 현 생태용량보다 낮은 수준이어야 한다. 한 국가의 생태발자국이

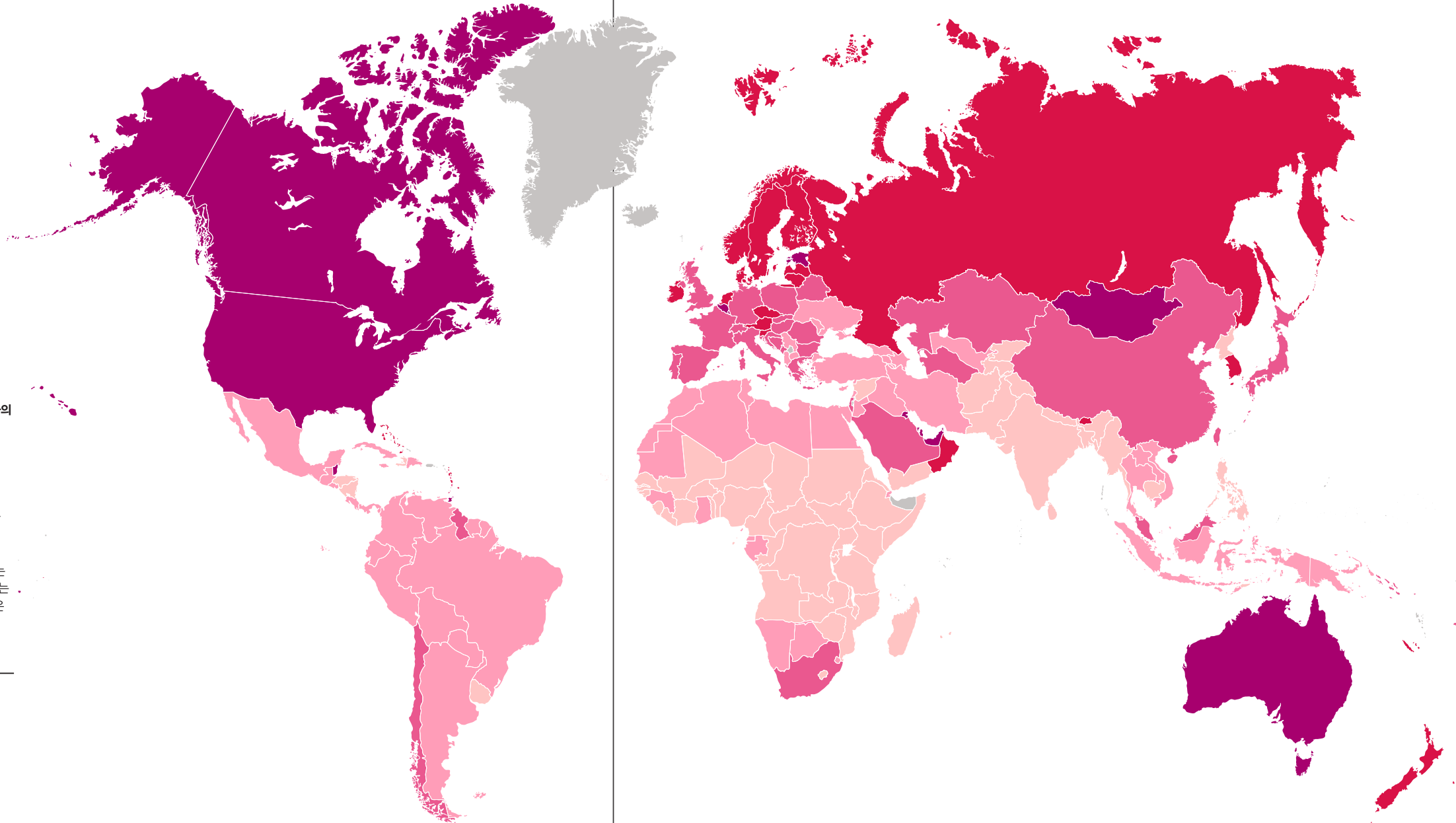
1인당 6.4 글로벌 헥타르인 경우, 식량, 섬유, 도시 생활, 탄소 격리 등을 위해 자연에 필요로 하는 국민 1인당 수요는 지구가 감당할 수 있는 수준의 네 배에 육박한다.

그림 14: 1인당 생태발자국이란 한 국가의 생태발자국을 총 인구수로 나눈 것을 말한다.

지구가 제공할 수 있는 자연자원 범위 내에서 생활하려면 인간 생태발자국은 1인당 1.6 글로벌 헥타르인 지구의 현 생태용량보다 낮은 수준이어야 한다. 한 국가의 생태발자국이 1인당 6.4 글로벌 헥타르인 경우, 식량, 섬유, 도시 생활, 탄소 격리 등을 위해 자연에 필요로 하는 국민 1인당 수요는 지구가 감당할 수 있는 수준의 네 배에 육박한다. 자세한 사항은 data.footprintnetwork.org를 참고한다.

범례

- < 1.7gha/1인
- 1.7~3.4gha/1인
- 3.4~5.1gha/1인
- 5.1~6.7gha/1인
- > 6.7gha/1인
- 자료 부족



신속한 시스템 전환의 필요성

기술, 경제, 사회적 요소 전반에 걸쳐 패러다임, 목표 및 가치를 근본적이고 총체적으로 재편한다면 생물다양성 감소 추세를 회복으로 전환시킬 수 있는 기회가 아직 남아 있다.

작성자 : David Leclère (International Institute for Applied Systems Analysis),
 Bruna Fatiche Pavani (International Institute for Sustainability, Brazil),
 Detlef van Vuuren (University of Utrecht),
 Aafke Schipper (Radboud University),
 Michael Obersteiner (Oxford University),
 Neil Burgess (UNEP-WCMC),
 Rob Alkemade (Wageningen University & Research),
 Tim Newbold (University College London),
 Mike Harfoot (Vizzuality and UNEP-WCMC)

향후 몇십 년에 걸쳐 기후변화와 생물다양성 손실의 요인을 제대로 다루지 않으면, 상황이 더욱 악화되고 '인간에 대한 자연의 기여(NCP)'가 사라질 것으로 예상된다. 그렇게 되면 모두를 위한 삶의 질 향상에 필요한 여러 요소가 악영향을 받게 되며, 지속가능발전목표(SDGs)의 달성이 위태로워질 심각한 위험이 발생한다.

'그림 15'에 제시된 바와 같이 현행 정책하에서 온실가스의 순배출량이 지속적으로 증가하면 2100년에 이르러 지구 온도의 상승폭이 약 +3.2°C(범위: 2.5~3.5°C)에 이를 것으로 예상된다.¹⁰ 또한 기후변화와 같은 새로운 위협이 토지 이용 변화 및 과도한 자원 이용과 같은 그 밖의 간접적 요인의 압력을 가중시키면서 생물다양성 손실과 생태계 기능 저하 추세도 계속될 것으로 추정된다.¹² 생태계가 훼손되면 농산물과 임산물의 공급을 유지하고 대기로부터 탄소를 흡수해 저장할 수 있는 능력도 모두 저하된다. 이렇듯 기후위기와 생물다양성 위기가 서로를 강화하는 작용을 하기 때문에 둘 중 어느 한 문제를 충분히 해결하기 위해서는 나머지 문제도 고려해야 한다.³⁹

지속가능발전 의제를 계속 추진할 수 있으려면 향후 몇십 년간 지속가능성으로의 전환 활동을 적극적으로 수행해야 한다. 심각한 영향을 방지하기 위해 파리협정의 목표에 맞추어 지구온난화를 1.5°C 이내로 제한하기 위해서는 2050년을 전후해 온실가스 배출량이 '넷제로' 상태에 도달해야 한다. 또한 2020년 이후의 글로벌 생물다양성 프레임워크의 목표에 맞추어 2050년까지 전 세계 생물다양성 감소 추세를 회복으로 되돌리고, 자연 생태계 감소 및 모든 생태계의 훼손 추세도 회복으로 전환해야 한다.

이 전환은 모든 간접적 요인을 동시에 다루는 방식, 다시 말해 신속하고 광범위하고 전례 없는 '근본적 변화'를 통해 달성할 수 있다. IPBES는 '근본적 변화'를 '기술, 경제, 사회적 요소 전반에 걸쳐 패러다임, 목표 및 가치를 근본적이고 총체적으로 재편하는 것으로 정의하고 있다.

기후 성과와 생물다양성 성과를 좌우하는 인간의 선택

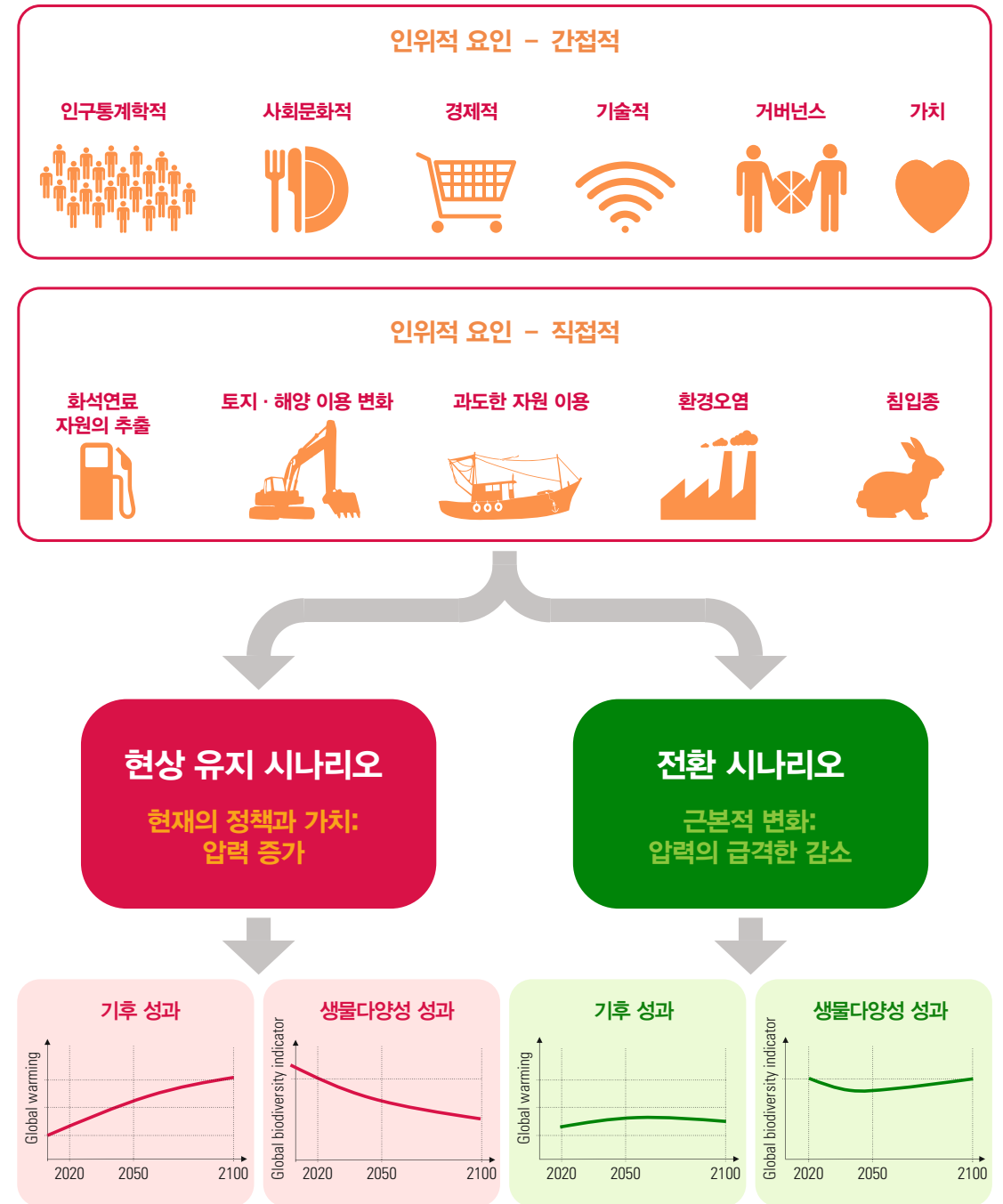


그림 15: 상호 교차적 관계에 있는 지구의 기후, 생물다양성 및 인간

근본적 변화에 필요한 요인들에 대한 의도적 행동

과학과 정책의 접점에서 실현 가능한 미래를 예측하기 위해 시나리오 기반 모델링을 활용하는 사례가 늘고 있다. 이와 같은 연구에서는 근본적 변화를 위한 확실한 요소로 생물다양성 손실 요인들을 다루어야 한다고 강조한다.

작성자 : David Leclère (International Institute for Applied Systems Analysis),
Bruna Fátima Pavani (International Institute for Sustainability, Brazil),
Dietlef van Vuuren (University of Utrecht),
Aafke Schipper (Radboud University),
Michael Obersteiner (Oxford University),
Neil Burgess (UNEP-WCMC),
Rob Alkemade (Wageningen University & Research),
Tim Newbold (University College London),
Mike Harfoot (Vizzuality and UNEP-WCMC)

생물다양성을 위한 과감한 목표의 달성 방안을 탐구하는 연구(그림 16에 제시된 것과 같은)에서는 전통적인 보전 및 회복 노력의 확대가 중요함을 시사하고 있다. 그러나 생물다양성 손실의 직간접적 요인들을 해결하기 위한 적극적인 노력이 뒤따르지 않는다면 회복으로의 전환이 불가능하다.

특히 생산량 및 거래의 지속가능한 성장, 폐기물 감축, 지속가능한 식단 확대와 같이 더욱 지속가능한 생산과 소비 관행은 미래의 토지 사용량을 제한하고 생태계 회복에 도움을 줄 수 있다.

기후변화와 토지 이용 변화가 생물다양성에 복합적으로 미치는 영향은 불확실하지만, 지구온난화를 2°C(가급적 1.5°C) 이내로 제한하지 못하면 생물다양성 감소 추세를 둔화시킬 수 없다.^{39,111} 지구 온도의 상승폭을 제한할 수 있으려면 에너지, 건물, 교통, 산업, 농업, 토지 이용 등을 포함한 모든 부문에서 신속하고 본격적인 탈탄소화가 이루어져야 한다. 책임 있는 소비 원칙에 입각한 수요 측 노력은 2050년까지 순 배출 감소량의 40~70%를 담당할 수 있다.¹¹¹ 기후변화와 생물다양성 감소 문제를 함께 해결하기 위해서는 기존의 가치 체계와 관행을 의도적으로 바꾸고 레버리지 포인트(작은 변화가 커다란 변화를 일으킬 수 있는 지점)에 대한 다자간 거버넌스 개입을 통해 간접적 요인들을 다루어야 한다.

시장에서 과일과 채소를 팔고 있는 여성(말레이시아 클란탄 주 코타바루)

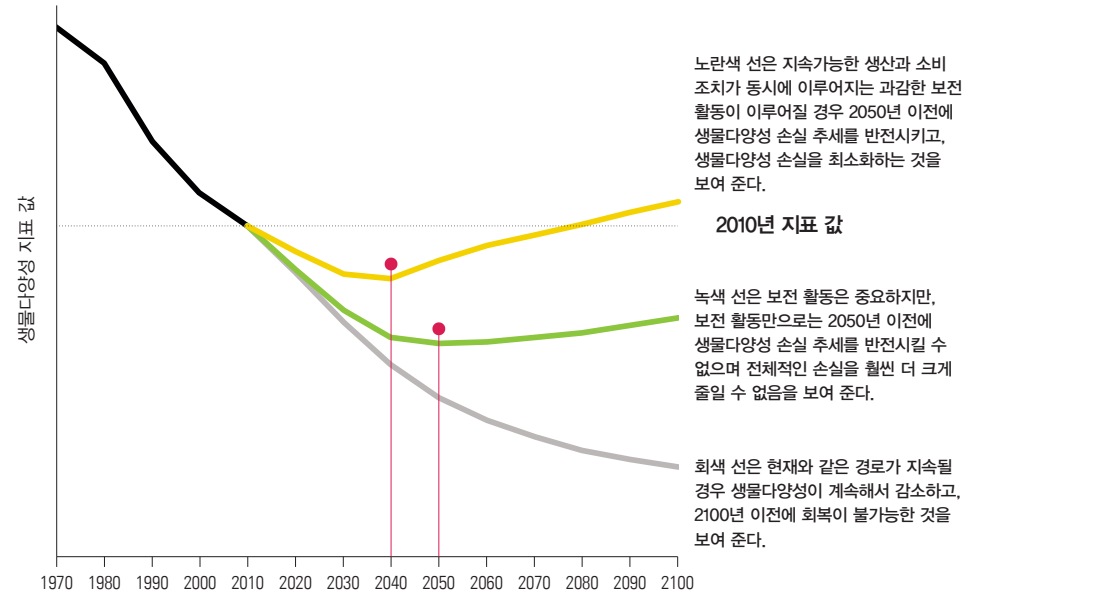


그림16: 생물다양성 손실에서 회복으로의 전환의 의미와 전환 목표 달성 방안. 그림에서는 특정한 생물다양성 모델(GLOBIO)을 기준으로 4가지 토지 이용 모델의 평균값을 구한 생물다양성 지표인 생물종 개체군의 평균 풍부도(Mean Species Abundance, MSA)를 적용하고 있다. 이 지표는 생물다양성 감소 추세 및 손실에서 회복으로의 전환 방안의 추정치에 대하여 개별 시나리오가 지닌 시사점을 설명하기 위해 사용된다. Leclère 외 (2020) 재구성

생물다양성 감소 추세를 반전시키기 위한 미래의 행동 시나리오(토지 이용 변화 모델의 평균값)

- 과거
- 조치 없음
- 보전 노력의 확대
- 통합적 행동 포트폴리오
- 생물다양성 손실에서 회복으로 전환하는 시점



© naturepl.com / Gavin Hellier / WWF

지속가능한 글로벌 공급망을 지향하는 '트레이드 허브'

자연자원의 공급망이 자연과 사람에게 영향을 미치고 있기 때문에 공급망의 지속가능성 문제를 시급하게 다루어야 한다. 야심 차게 출범한 다자간 협력체는 생물다양성 손실에서 회복으로의 대대적인 전환을 위해 국제 무역 시스템과 그 사회적, 환경적 영향 간의 상호 연관성을 규명하는 작업을 하고 있다.

작성자 : Amayaa Wijesinghe and Neil Burgess (UNEP-WCMC)

국제무역이 특히 생산국에서 생물다양성과 인간에게 심각한 악영향을 미친다는 강력한 증거가 있다.¹¹⁸ 무역이 자연과 인간에 미치는 악영향은 전 세계적으로 구매자에게서 판매자에게로, 수출국에서 수입국으로 이동할 수 있다. 세계 경제는 복잡한 거미줄과도 같은 공급망에 기반을 두고 있기 때문이다. 따라서 국제 공급망을 통해 생물다양성의 위험이 수출되는 현상 - 예를 들어 수출을 위한 산림파괴 - 은 생물다양성 감소의 중대한 요인이 되므로 반드시 해결되어야 한다.¹¹⁹

무역·개발·환경 허브(Trade, Development and Environment Hub, TRADE Hub)는 각계 전문가로 구성된 다자간 협력체로 국제 무역 시스템과 그 사회적, 경제적 영향 간의 관계를 파악하고자 한다. 트레이드 허브는 무역 정책과 실무에서 생물다양성 영향 및 의존도 문제를 주류화하는 등을 통해 국제 무역 협정과 국내 입법을 비롯한 모든 차원에서 근본적 변화를 이끌어 내는 데 필요한 정보를 제공하기 위한 활동에 주력하고 있다.¹²⁰

기존과 같이 개별 주체의 자발적인 지속가능성 공약에 의존하는 차원을 넘어 개별 수입국 또는 수입국 연합체가 규율하고 법적 구속력이 있는 실사 프로세스로 나아가려는 움직임이 전 세계적으로 가속화하고 있다.¹²¹ 예컨대 영국은 수입품이 지속가능한 방식으로 생산되었는지 확인하기 위한 의무적 실사 제도를 '환경법(Environment Act)'의 '별지 17(Schedule 17)'을 통해 도입했다. 해당 규정의 시행 세부 사항을 규정하기 위한 하위법이 현재 입안 단계에 있다.

트레이드 허브는 글로벌 공급망으로 인한 생물다양성 손실 정도를 추적할 수 있는 지표 등을 개발하고 있다. 이를 통해 앞서의 논의와 관련이 있는 국가 간 무역에 관한 분석 자료를 지속적으로 제공한다.¹¹⁹ 특히, 인도네시아, 브라질, 중앙아프리카, 중국, 탄자니아 등지에서 활동 중인 파트너 단체들과 생산자 생계 지원을 통해 형성성 있고 지속가능한 업스트림(생산 단계) 관행으로 나아가는 동시에 최종 소비자를 포함한 다운스트림(판매 단계) 요구사항도 함께 고려하기 위한 방안을 모색하고 있다.

팜유를 필기 위해 병에 담고 있는 현지 주민 (콩고민주공화국 오슈웨)



© Karine Aigner / WWF-US

다각화의 중요성

오늘날의 농식품 시스템은 지속 불가능하고 본래의 목적에 적합하지 않은 경우가 많다. 지속가능발전목표(SDGs)를 달성하려면 농식품 시스템이 인류에게 식량을 제공하고, 지구 자연을 지키며, 형평성 있는 생계를 촉진하며 회복탄력성 있는 생태계를 구축할 수 있도록 근본적으로 변화해야 한다.

작성자 : Ismahane Elouafi (Food and Agriculture Organization of the United Nations),*
 Preetmoninder Lidder (Food and Agriculture Organization of the United Nations),*
 Mona Chaya (Food and Agriculture Organization of the United Nations),*
 Thomas Hertel (Purdue University, USA),
 Morakot Tanticharoen (University of Technology Thonburi, Thailand),
 Frank Ewert (Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF) and University of Bonn, Germany)

2021년 전 세계 53개국에 살고 있는 1억 9,300만 명에 이르는 사람들이 위기 수준 또는 그 이상 단계(IPC/CH 3~5단계)의 극심한 식량 안보의 위협을 겪었다. 이는 2020년의 최고치 대비 4,000만 명 정도가 증가한 수치이다.¹²² 30억 명에 이르는 사람들이 건강한 식생활을 할 여유가 없고 수백만 명의 아이들이 발육 부진이나 체력 저하로 고통을 겪고 있는 반면, 전 세계 비만율은 계속 증가하고 있다.¹²³

복합적이고 상충하는 각종 위기가 전 지구적, 지역적으로 발생하고 있다. 우크라이나 전쟁을 비롯한 분쟁, 경기 둔화 및 장기간 지속되고 있는 코로나19의 영향으로 인해 수백만 명이 빈곤과 기아에 시달리고 있다. 소득, 고용 기회, 물자와 서비스에 대한 접근성에 대한 불평등의 심화로, 특히 영세 생산자, 여성, 청소년 및 원주민이 더욱 취약해지면서 식량 공급과 영양 불균형의 위협이 증가하고 있다.

효율적이고 포용적이며 회복탄력성과 지속가능성을 보장할 수 있는 농식품 시스템의 구축이 그 어느 때보다도 중요해졌다. 이 시스템을 통해 저렴하고 영양분이 풍부한 건강한 음식을 모든 사람에게 제공하는 동시에 경제, 환경, 사회적 측면의 지속가능성을 향상시키기 때문이다.

농식품 시스템에서 급진적이고 근본적인 변화가 필요하며, 전체 시스템에 다양한 수준과 구성 요소에 걸친 다각화가 변화의 중심에 있어야 한다.

식량 생산의 다각화, 특히 농작물 재배 및 축산 시스템에서의 다각화는 생산성 제고, 기후변화에 대한 회복탄력성 구축, 병충해 저항력 향상, 경제적 충격 완화, 농작물의 생태적 성과 개선 및 생물다양성 보전을 의미한다.¹²⁴

이 장에서 표명한 의견은 저자의 견해이며 반드시 FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)의 정책을 반영하는 것은 아님

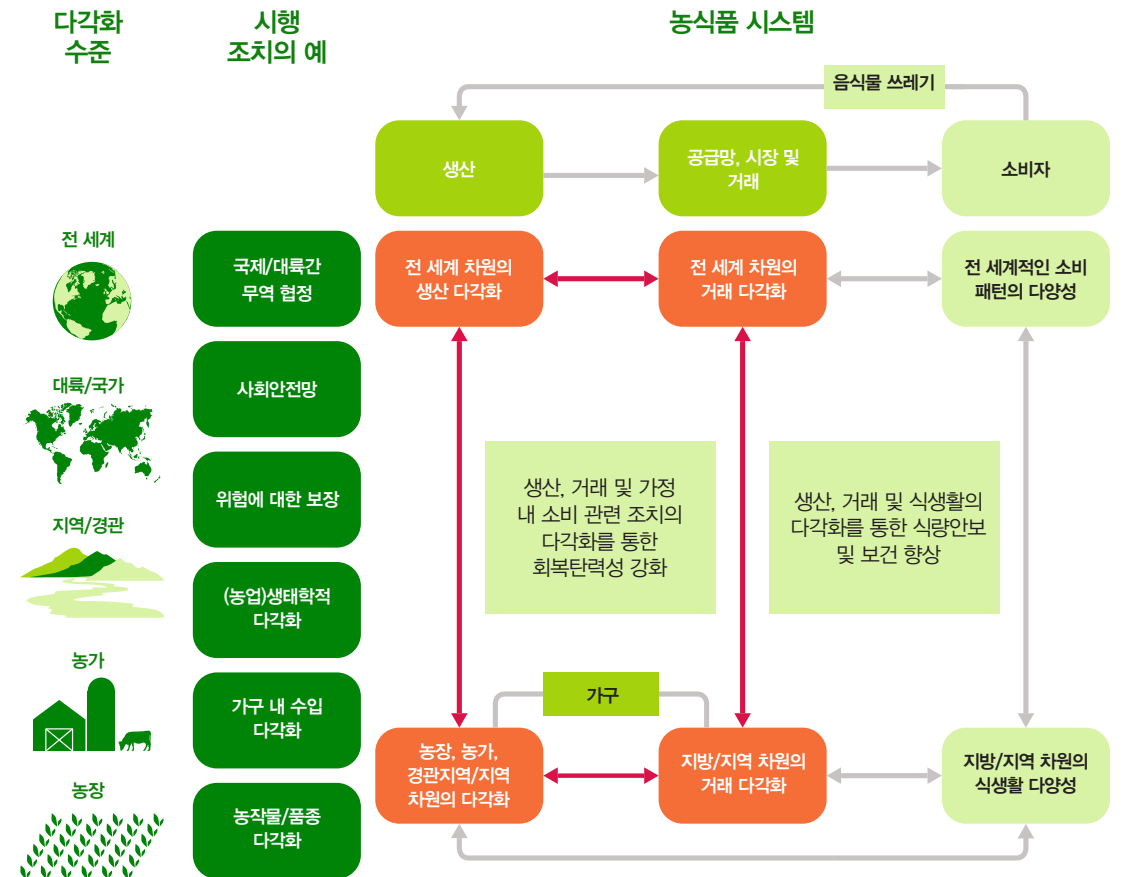
개별 가구 차원에서는 위험 관리, 사회안전망 및 노동시장 다각화를 통한 수입원 다각화가 개인의 복지 향상을 위한 핵심 요소이다.

건실한 시장과 무역을 통한 다각화란 다양한 무역 파트너 및 상품을 통한 수입을 말하며, 식량 공급의 다양성 제고를 위한 핵심 요소이다.¹²⁵

효과적으로 연계된 식량 공급망을 통한 다각화는 충격과 스트레스를 흡수하고 회복으로 나아가기 위해 매우 중요하다. 마지막으로 식단의 다각화는 소비자 차원에서 건강하고 풍부한 영양분을 공급하기 위한 식생활에 필수적이다.

농식품 시스템의 다각화는 다양한 혜택을 제공할 수 있다. 다만, 농식품 시스템을 구성하는 생산 부문의 다각화와 기타 부문의 다각화 사이에 일어나는 상호작용은 매우 복잡하기 때문에 추가적인 연구가 필요하다.

그림 17: 식량 시스템의 회복탄력성 강화를 위한 식량 시스템 다각화. 출처: Hertel 외 (2021)¹²⁴ 재구성



사람과 자연을 중심에 둔 근본적 변화

각 부문을 통합적으로 아우르며 사회적 환경적 원칙이 근본적 변화의 핵심 요소가 되어야 한다.

제작자 : David Leclère (International Institute for Applied Systems Analysis), Bruna Fatiche Pavani (International Institute for Sustainability, Brazil), Dettlef van Vuuren (University of Utrecht), Aafke Schipper (Radboud University), Michael Obersteiner (Oxford University), Neil Burgess (UNEP-WCMC), Rob Alkemade (Wageningen University & Research), Tim Newbold (University College London), Mike Harfoot (Vizzuality and UNEP-WCMC)

근본적 변화를 위해서는 각 부문을 아우르는 통합적 접근법('넥서스 접근법'이라고도 하는)을 도입하고 공동의 이익이 될 수 있는 해법을 추진해야 한다. 생물다양성, 기후 및 다른 SDGs 목표 간의 상충관계를 발생시키는 방법은 지양해야 한다.^{39,109,112} 시너지 효과의 예로 현존하는 산림을 보호하고 생태계를 복원하는 등의 활동을 들 수 있다. 이는 '자연 기반 해법'이라고도 하며, 생물다양성과 기후에 모두 도움이 되는 윈윈 전략으로 추진되는 경우가 많다. 이 해법은 온실가스 배출과 생태계 황폐화의 진행을 중단시킬 수 있는 잠재력으로 주목받고 있다. 하지만 공동의 이익이 되는 적합한 구조를 설계하고 유지할 수 있게 하는 적절한 안전장치가 필요하다. 예를 들어 외래 단일종으로 자연 초원에 조림을 하거나 산림 생태계에 재조림을 한다면 생물다양성에는 이익이 되지 않고 해로운 것이다.

모델 및 시나리오 분석 작업은 공동 이익을 극대화하고 기후와 생물다양성간의 상충 지점을 최소화하는 방법을 모색하며 불가피한 상충 부분을 확인할 수 있다. ('미래에 대한 모델링 연구 현황 1' 섹션 참조). 비록 기술적 어려움이 있지만 ('미래에 대한 모델링 연구 현황 2' 섹션 참조), 모델 및 시나리오 분석 작업은 거버넌스와 정책이 통합적 사고와 넥서스 접근법으로 전환하는 것을 지원할 것이다. 이 콘셉트는 글로벌 공급망과 같이 간접적이고 때로는 물리적인 거리가 먼 상호관계도 다루어야 한다. 또한 담수 이용, 환경오염, 빈곤, 기아 등과 같은 환경·사회적 현안을 포함한 광범위한 지속가능발전 의제도 고려해야 한다. 모델 및 시나리오 분석을 이용한 연구에 따르면 특정한 기후행동이 담수 이용, 환경오염, 생물다양성, 보건 및 기아와 관련된 SDGs 목표 달성을 저해하는 요인으로 작용할 수 있는 반면, 식량 및 에너지 시스템에서의 지속가능한 생산과 소비 실행은 모든 SDGs 목표 달성에 도움이 될 수 있는 것으로 나타났다.^{76,126,127}

넥서스 접근법은 글로벌 차원에서부터 한 국가의 특정 지역에 이르기까지 사용 가능한 공간계획(spatial planning) 도구를 이용하여 생물다양성 보전과 회복에도 적용할 수 있으며 ('미래에 대한 모델링 연구 현황 4' 섹션 참조), 여러 SDGs 목표에서 생물다양성 회복 조치가 우선적으로 고려되도록 하는 데 도움이 될 것이다.¹²⁸

근본적 변화를 위한 자원 동원 능력, 물질적 기본 생활 조건 충족 정도, 환경 파괴에 대한 취약성, 지속적인 환경 파괴에 대한 역사적 책임 정도와 같은 요소들은 국가, 산업 등 개별 부문, 행위 주체 전체에 걸쳐 균일하게 분포하지 않는다. 유엔 기후변화협약(Framework Convention on Climate Change) 및 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity)에 따른 협상 테이블에서는 형평성 있는 노력 공유를 핵심적으로 고려한다. 선진국들은 상대적으로 높은 수준의 발전을 이룩했으며, 기후변화 완화와 기후변화 적응을 위한 재원을 마련할 수 있는 능력을 더 많이 가지고 있다. 또한 미래의 환경 파괴로 인한 영향은 적을 것이지만, 과거로부터 현재까지 누적된 온실가스 배출량의 절반가량에 대한 책임이 있다. 형평성 원칙을 적용한다는 것은 선진국들이 여타 국가보다 온실가스 배출량을 더 빠른 속도로 감소시키고 기후변화 완화 및 기후변화 적응을 위한 국제적 차원의 재정적 지원에 기여해야 함을 의미한다.

지속가능한 사회로의 전환은 사람들의 생활과 생계에 긍정적 영향과 부정적 영향을 모두 줄 수 있는 만큼, 현존하는 불평등과 불공정을 심화시키는 것이 아닌 감소시키는데 기여해야 한다. 이를 위해서는 모든 사람의 가치와 권리 및 이익을 존중해야 하며, 거버넌스는 효율적이고 포괄적인 대표성을 보장할 수 있도록 권리 기반의 접근법을 도입하고 적절한 절차상의 장치를 마련하는 방향으로 전환되어야 한다. 또한 관련 조치의 비용과 편익이 전체 행위 주체에 미치는 분배 측면의 영향을 더욱 체계적으로 평가해야 한다.

앞으로 할 일이 많다. 모델 및 시나리오 작업은 기후변화 완화 노력의 국제적인 분배 측면에서 다양한 형평성 원칙이 가진 의의 연구에 활용되었고,^{129,130} 모두에게 적절한 생활수준을 보장하는 잠재적인 기후 영향과 '인간에 대한 자연의 기여'가 지닌 분포적 측면 연구에 사용되고 있다.¹³² 또한, 심화되는 생태계 파괴의 경제적 영향¹³³ 특정한 보전 목표의 달성을 위한 자금조달의 차이(funding gap) 문제¹³⁴ 및 과감한 생물다양성 보전 방법 설계에 있어서 형평성 문제를 포함시키기 위한 방안을 다루어 왔다('미래 모델링 연구 현황 3' 섹션 참조).

자연림 재생의 지원: 잠비아의 사례

잠비아의 산림은 대규모 산림파괴로 인해 심각한 위협을 받고 있다. 산림파괴는 접근이 쉽고 관리 시스템이 취약하거나 무력한 지역에서 대부분 발생하고 있다. 목재 연료(숯 및 땔나무), 농지 확장, 목재 채취, 산불, 광산 및 기반시설 개발 등이 잠비아의 산림파괴 주된 요인이다.

기후 스마트 농업 연맹(CSAA)은 '자연림 재생 지원(Assisted Natural Forest Regeneration)' 사업에서 잠비아 중부 주의 현지 농가와 협력하여 산림파괴 지역의 자연적인 재생을 관리하고 있다. 자연적 재생이 이루어지려면 산림이 번성하기 위한 시간이 필요하고 외부의 개입이 전혀 없어야 한다. 따라서 현지 농가들은 화재 관리와 재생 대상 지역의 보호를 위한 지속적 모니터링과 같은 분야의 교육을 받는다. 이들은 자연의 수호자로 간주되는 전통적 리더 역할을 하면서 산림 복원 및 보호 활동에 적극적으로 동참하고 있다.

강가에서 불을 피울 준비를 하고 있는 여성(잠비아 루앙와 강)



© James Suter / Black Bean Productions / WWF-US

미래에 대한 모델링 연구 방향 1: 기후행동과 생물다양성 행동의 통합을 위한 경로

작성자 : Aafke Schipper (Radboud University), David Leclère (International Institute for Applied Systems Analysis) and Rob Alkemade (Wageningen University & Research).

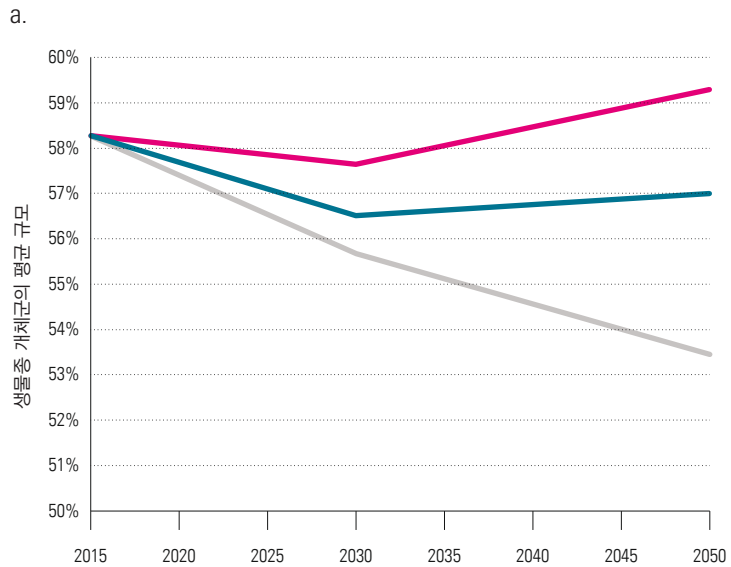
최근의 전 세계 생물다양성 시나리오 연구는 탐색적 연구 대신 자연의 바람직한 미래 구현을 위한 목표 달성 전략 모색에 초점을 맞추는 경향을 보이고 있다.^{76,135} 전략이 효과를 거둘 수 있으려면 생물다양성 변화의 직간접적 요인들을 고려하고 다른 지속가능발전목표(SDGs)와의 시너지 효과와 상충관계를 규명해야 한다.^{136~139} 연구에서는 자연이 회복의 방향으로 나아가게 하는 동시에 기후변화를 막고 더 부유해지고 증가하는 전 세계 인류의 식량 공급을 위한 두 가지 대조적인 전략이 지닌 효과성을 평가하기 위해 IMAGE-GLOBIO 프레임워크를 사용했다.¹⁷⁹

두 가지 전략은 자연이 지닌 상이한 가치와¹⁴⁰ 지역 기반 보전(area-based conservation)에 대한 상이한 접근법 및 농업 생산 시스템별 차이를 반영하고 있기 때문에 '다양한 잠재적 해결 방안(solution space)'에 대한 이해의 폭을 넓히는 데 도움이 된다. 연구 결과에 따르면 두 전략 모두 생물다양성 손실에서 회복으로 전환시킬 수 있지만, 자연 기반 보전에 에너지 및 식량 시스템상의 변화가 수반됨으로써 음식물 쓰레기를 최소화하고 동물성 식품의 소비를 줄이며 기후변화를 제한하는 경우에만 효과가 있는 것으로 나타났다(그림 18).

그림 18: 두 종류의 대조적인 보전 전략별로 보전 조치가 생물다양성의 온전성에 기여하는 정도 및 기준선과의 비교(2050년 기준)
생물다양성의 온전성은 GLOBIO 모델의 생물종 개체군의 평균 규모(MSA) 지표로 표현된다. a) 전 세계 육상 생물종 개체군의 평균 규모, b) 육상 생물종 개체군의 평균 규모 감소 방지에 기여하는 조치(2050년 기준).
출처: Kok 외 (2020)¹⁷⁹ 재구성

범례

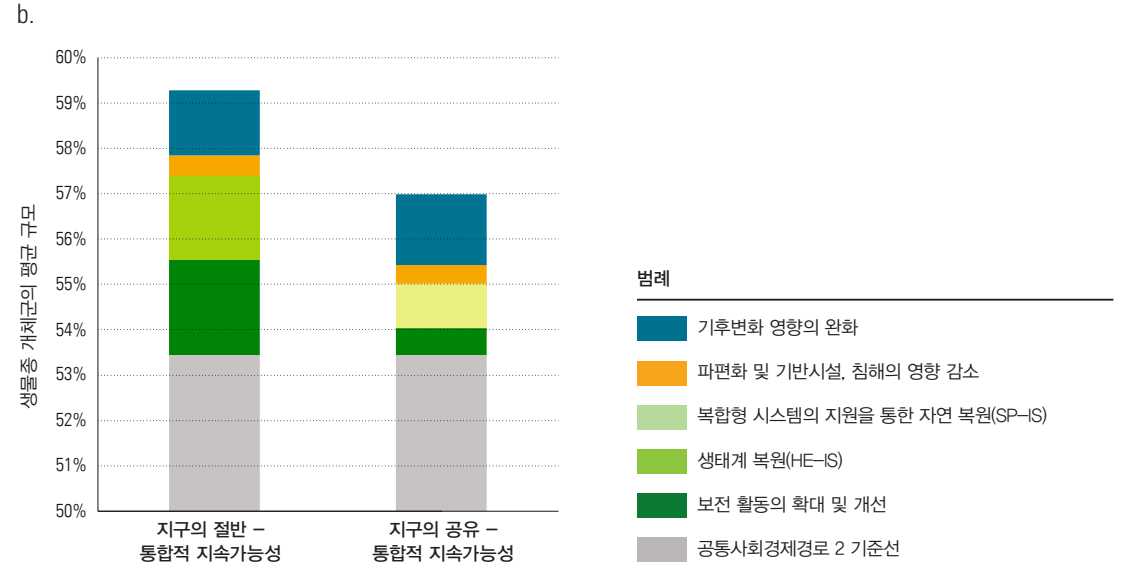
- '지구의 절반' 전략 - 통합적 지속가능성
- '지구의 공유' 전략 - 통합적 지속가능성
- 공통사회경제경로 2 기준선



미래에 대한 모델링 연구 방향 2: 기후 및 토지 이용이 생물다양성에 미치는 영향에 대한 효과적 모델링

작성자 : Tim Newbold (University College London), Bruna Fatiche Pavani (International Institute for Sustainability, Brazil), Aafke Schipper (Radboud University) and David Leclère (International Institute for Applied Systems Analysis)

모델 및 시나리오 분석 연구에서는 생물다양성 및 기후에 대한 과감한 목표로 나아가는 경로를 탐색하고('미래에 대한 모델링 연구 현황 1' 섹션 참조), 기후 및 토지 이용 변화에 따른 영향이 생물다양성에 미치는 영향을 규명하기 위한 작업을 수행한다. 그러나 생물다양성 변화를 유발하는 기후 및 토지 이용 두 요인은 다음과 같은 두 가지 이유¹⁴⁵ 때문에 서로를 강화하는 작용을 한다.^{141~144} 첫째, 토지 이용 변화는 경관 파편화를 일으키기 때문에 생물종이 기후변화에 적응하기 위해 이동하는 것을 더 어렵게 만든다.¹⁴⁴ 둘째, 자연 서식지에서 인간이 사용하는 토지(농지 및 도시 등)로의 토지 이용 변화는 현지 기후를 보통 더 덥고 건조한 기후 조건으로 변화시키기 때문에 지구온난화의 국지적 영향을 심화시킨다.¹⁴⁶ 이와 같은 상호작용은 통합적 접근 방식의 중요성을 시사하지만, 이를 모델에 포함시키는 데는 어려움이 있다. 최근 연구에 따르면 경관 안에 자연적인 서식지의 수를 늘리면 토지 이용 변화가 생물다양성에 미치는 직접적인 영향을 줄일 수 있고, 상대적으로 더 시원하고 습한 현지 기후 조건과 생태통로를 제공함으로써 기후변화의 영향을 완화시킬 가능성이 있는 것으로 나타났지만,^{143,144,147} 모든 지역에서 효과적이지는 미지수이다.¹⁴⁸



다목적 경관의 조성: 아프리카의 사례

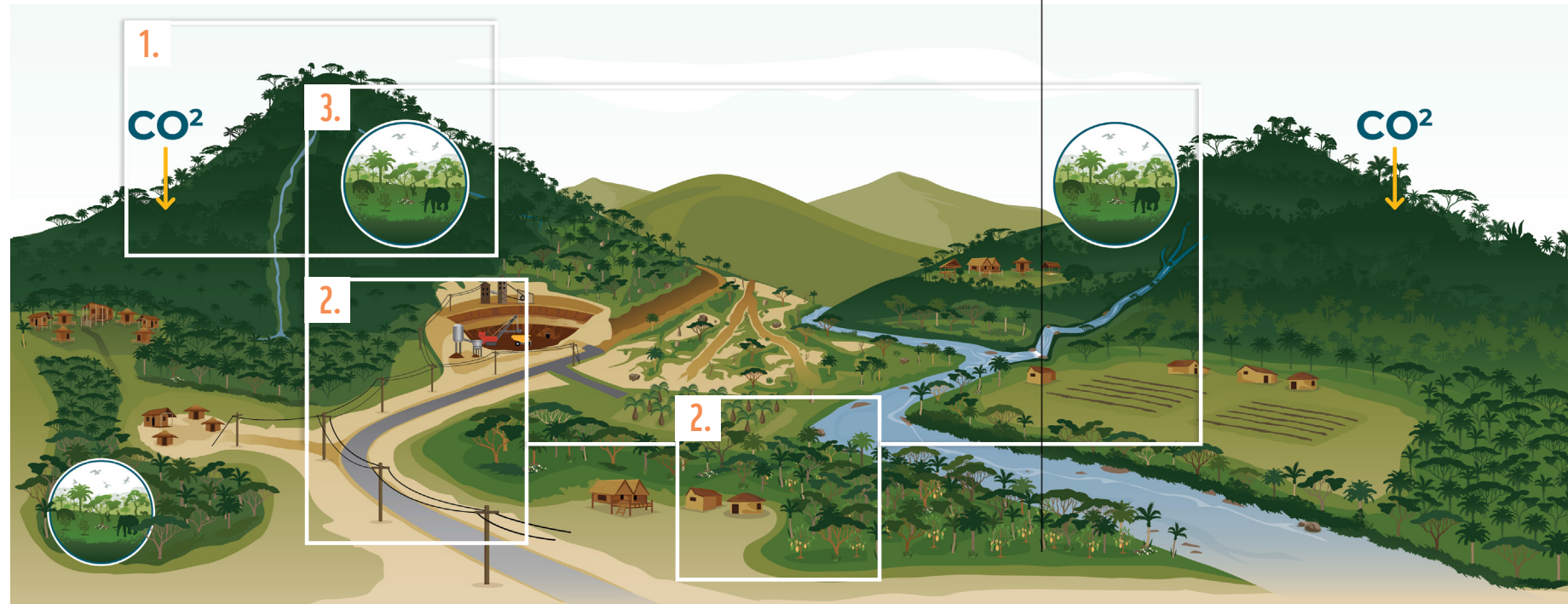
오늘날의 사회가 직면하고 있는 복합적 문제를 다루기 위해서는 근본적 변화를 이끌어 낼 수 있는 행동에 시급하게 착수해야 한다. 폐쇄적이고 파편화된 접근 방식으로는 기후변화, 생물다양성 손실, 물 부족 현상, 식량 불안 및 빈곤 문제에 충분히 대처할 수 없다. 자연을 의사결정 과정의 핵심 요소로 삼고 부문 내 협업과 부문 간 협력을 장려하는 새로운 접근법이 필요하다.

작성자 : Pippa Howard, Nicky Jenner, Koighae Touppou, Neus Estela, Mary Molokwu- Odozi, Shadrach Kerwillain, Angeliqe Todd (Fauna & Flora International)

서아프리카의 여러 국경에 걸쳐 있는 한 산림 경관은 동남쪽의 기니로부터 서쪽으로는 시에라리온, 남쪽으로는 리베리아, 동쪽으로는 코트디부아르까지 펼쳐져 있다. 국제적인 동식물 보호 단체인 동식물 인터내셔널(Fauna & Flora International, FFI)은 이곳에서 파트너 및 이해당사자들과 함께 CALM(Collaboration Across the Landscape to Mitigate the impacts of development, 개발 영향 완화를 위한 경관 지역 간 협력) 프레임워크¹⁴⁹를 적용해 자연을 지속가능한 개발의 중심에 두기 위한 활동을 벌이고 있다.

이곳은 생물다양성이 풍부하고 인구가 급격히 증가하는 지역이다. 대다수의 지역 공동체는 생계 유지를 위해 영세 농업에 종사하고 있으며, 자연이 제공하는 토지와 서비스에 크게 의존하고 있다. 여러 경제 부문이 자연자원 추출에 의존하고 있으며, 대규모로 기획된 채굴 사업과 관련 교통 인프라 건설로 인해 이 지역이 받을 압력은 심화할 것으로 예상된다. 이에 따라 생물다양성과 지역공동체에 심각하고 누적적인 영향을 미칠 가능성이 높다.

그림 19: CALM 프레임워크의 개요: 개인적, 집단적 행동과 협업은 모두 경관 목표 달성에 기여한다.
출처: FFI (2021)¹⁴⁹ 재구성



모든 토지 이용자는 다음을 위해 개인적, 집단적 행동과 협업을 통해 경관 목표의 달성에 기여한다.

1. 생물다양성 및 생태계 서비스 유지를 위해 우선 지역의 개발을 지양하고 해당 지역을 보호한다.
2. 경관에 미치는 인위적, 누적적 영향을 완화하고 관리한다.
3. 훼손된 생태계를 복원하고 향후 발생할 수 있는 영향을 방지 및 최소화한다.

경관 접근법, 단계적 완화 체계, 사회·생태계 시스템 개념 등의 기존 개념과 접근법이 지닌 장점에 기반을 두고 있는 CALM 프레임워크는 토지 이용 및 개발 과정에서 자연을 고려하고 지속가능한 경관지역을 위한 공통의 목표 달성에 필요한 조정과 협력 강화를 촉구하기 위해 마련되었다.

CALM 프레임워크는 동시다발적 개발로 인한 압력이 심화하고 있거나 압력이 예상되는 복합적인 다목적 경관에서 기존의 현상유지형 관리 방식이 지닌 단점을 해결하고자 경관지역의 회복탄력성 유지, 지속가능한 개발 및 사회·생태적 가치의 보전이 이루어지도록 하기 위해 설계되었다.

산림이 점차 줄어들고 하천과 토양으로 유입되는 오염물질이 증가하며 자연자원의 회복량보다 추출량이 많아지는 사업과 활동이 결정되면 생물종과 생태계 및 그에 의존하는 인간에 미치는 누적적 영향은 더욱 심각해지는 경우가 많다. 이러한 영향으로 인해 서서히 고통스럽게 죽어 가는 상황의 '천 번의 칼부림에 의한 죽음(death by a thousand cuts)'이 발생할 것이라는 우려가 커지고 있다.¹⁵⁰ FFI는 CALM 프레임워크를 시범적으로 적용하는 과정에서 개발 압력을 받는 산림 경관에 대한 이해의 폭을 넓히고 대화를 촉진하며 지속가능한 경관 목표 달성을 위한 집단적 행동과 협업 기회를 발굴하기 위해 다양한 행위 주체 및 기관과 소통하고 있다.

근본적인 변화를 위한 경제학적 지식과 도구의 활용

기본적으로 경제학은 자원이 희소한 상황에서 인간이 선택을 하는 방식과 그러한 선택이 사회에 미치는 영향을 연구하는 학문이다. 우리는 금전적 가치뿐만 아니라 다양한 형태의 복지를 중요시하고 자원의 희소성에 충분히 대처할 수 있는 경제로 전환해야 한다.

작성자 : Francisco Alpizar and Jeanne Nel
(Wageningen University & Research)

전통적인 환경 정책 및 관리는 주로 자연 파괴의 직접적 원인에 초점이 맞추어져 있다. 산림파괴가 생물다양성 손실을 직접적으로 유발하며, 농약의 과도한 사용이 토양과 수질을 오염시킨다는 식이다. 전통적인 보전 접근법도 필요하지만 이러한 기존의 보전 방식만으로는 우리의 경제와 사회가 자연을 이용하고 관계를 맺는 파괴적인 방식을 바꾸지 못할 것이라는 합의가 학계와 정책공동체에서 확산되고 있다.^{39,76,112}

자연 파괴의 근본 원인을 감소시키려면 현대 사회의 생활 방식에 대한 대담하고 '근본적인 변화'가 시급하다.¹⁵¹ 원인은 인구통계학적(예: 인구 동태성), 사회문화적(예: 생산·소비 패턴, 지위 추구 행동 등), 재정적·금전적(예: GDP 성장 중시, 투자 또는 이익 창출을 통한 부(富)의 증대 추구 등) 또는 기술적인 것이거나 열악한 제도 및 거버넌스 시스템과 관련된 것일 수 있다.

어떤 경우이든 근본 원인은 개인, 가정, 기업 및 기관이 복합적이고 때로는 경쟁적인 목표의 달성을 위해 희소한 자연자원을 사용하는 방식과 연관되어 있으며, 불가피한 상충되는 상황에서 자연에 부여되는 가치와도 연관성이 있다.

근본적 변화를 촉진하려면 경제 분야에서 다음과 같은 3대 원칙을 고려해야 한다.

그림 20:

전통적인 보전 노력은 주로 생물다양성 손실을 직접 유발하는 사건(예: 서식지 손실 또는 과도한 생물종의 이용) 또는 그러한 사건의 원인이 되는 유형(예: 시간에 따른 토지 이용 변화 추이와 생물종 감소 간의 연관성)에 대한 이해에 초점을 맞추어 왔다. 이러한 접근법은 사건의 예측과 계획 수립 및 대처에 도움이 되지만 일차적으로 사건과 유형을 발생시키는 근본 원인(소위 '간접적 요인')은 간과하고 있다. 근본적 변화를 지향하는 접근법에서는 간접적 요인이라고 할 수 있는 시스템 차원의 구조(예: 경제, 정치, 사회 시스템) 및 인간과 자연 간의 관계를 형성시키는 가치와 규범에 초점을 맞춘다.

출처: Abson 외 (2017)¹⁵¹ 재구성



사람과 자연이 함께 번영하는 미래를 만드는 것은 사회가 어떻게 자연의 가치를 매기고 일상의 의사결정에 반영하느냐에 달려 있다.

다양한 관점과 가치(금전적 가치뿐 아니라)가 일상의 관행과 의사결정을 규정한다. 사회 제도는 이러한 가치를 사회적 관습, 규범 및 규칙으로 구체화해야 한다. 그러나 현행 제도와 정부 정책은 자연의 황폐화에 편중되어 있기 때문에 자연을 파괴하는 관행을 규제하지 못하거나 오히려 조장하고 있다. 화석연료 가격을 떨어뜨리거나 토지 개간 비용을 줄여주는 보조금과 같은 유해한 보조금의 규모는 2020년 미화 4조~6조 달러로 추산되고 있다.³⁸ 또한, 공유 자연자원의 관리 시스템은 취약한 법규(예: 자발적 인센티브 제도)에 의존하고 있으며 책임 소재가 불명확하다. 따라서 인간에게 필수적인 자원을 제공하는 전 세계의 바다, 우림 및 습지와 같은 핵심적인 자연 기반시설을 보호하지 못하는 경우가 많다.

금융 및 경제 시스템에 자연을 더 명시적으로 포함시키면 지속 가능한 관행으로 선택을 전환하는 데 도움이 될 수 있다.

경제적 측면에서는 다음과 같은 세 가지 종류의 글로벌 전환이 필수적이다.

원자재와 투입재의 가격에 환경과 인간에 미치는 영향을 감안한 진정한 사회적 비용을 반영시킴으로써 식품에서 운동화에 이르는 소비재의 수요와 공급의 균형을 자연의 수용 한계에 맞춰 재조정해야 한다.

사회적 비용-편익 분석과 같은 경제학적 도구와 초장기적인 관점(very long-term horizon)의 개선된 활용을 산정 방식의 사용이 기업, 금융기관 및 다자간 기구의 신뢰성 있는 의사결정을 위한 글로벌 표준의 일부로 자리 잡아야 한다. 다자간 은행을 통한 자금조달이 이루어지는 기반시설 사업은 철저한 사회적 비용-편익 분석 과정을 거쳐야 한다.

핵심적인 자연자원(예: 바다, 하천 및 인근 산림, 습지 등)의 공공성에 대한 인식을 개선하여 거버넌스 시스템 및 사전 예방적 보호 장치를 마련할 때 이들 자원을 특별히 고려해야 한다.

일상적인 의사결정의 바탕이 되는 선택 구조를 변화시키는 다양한 규모의 행동에서 중요한 행동 변화 지점을 목표로 신중하게 설계된 개입이 근본적인 변화를 촉발할 수 있다.

변화를 위한 개입과 여건 조성을 구상할 때에는 사회·생태계 전체에 걸친 다양한 장소와 사람들에게 존재하는 경쟁적인 목표 사이의 상충관계와, 정책 실행을 위한 유인책 및 정치적 장애물을 고려해야 한다.¹⁵² 근본적 변화를 이끌어 내려면 규제, 일반 대중의 참여 및 행동, 시장에 기반한 도구를 복합적으로 활용해야 하며 이와 동시에 유해한 보조금 제도와 제한적 조치를 중단해야 한다.^{153,154}

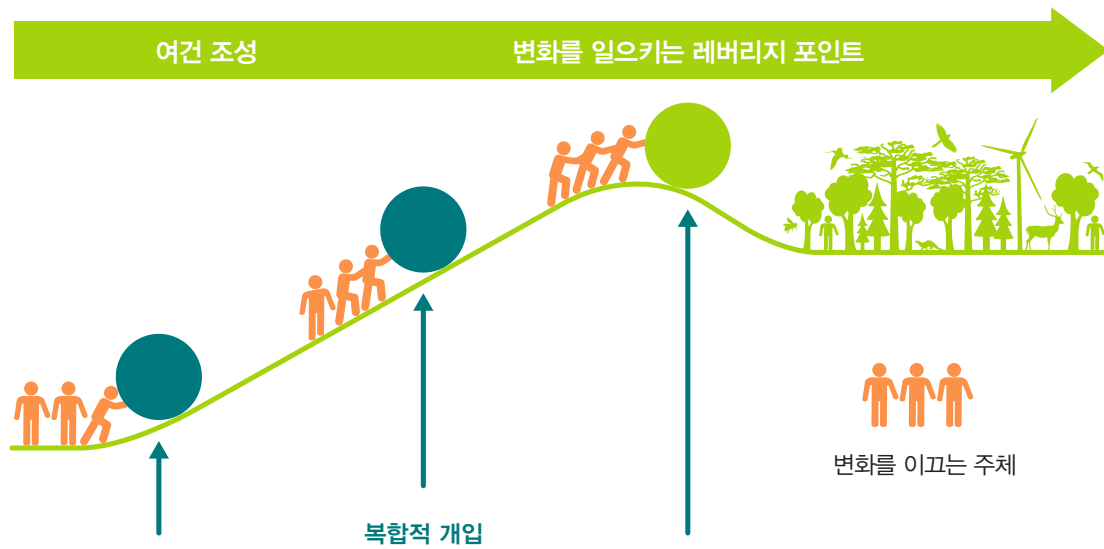


그림 21:
근본적 변화가 촉발되는 과정. 변화를 이끄는 주체와 복합적 개입은 지속가능한 자원 추출, 생산, 소비 및 무역을 위한 근본적 변화를 유발하고 가속화할 수 있는 여건을 조성할 수 있다.
출처: Chan 외 (2020)¹⁵⁰, Lenton 외 (2022)¹⁵⁵

길가에서 발견한 카멜레온을 쓰다듬고 있는 자메 세히 (케냐 크왈레 현 촌보 마을)



© Greg Armfield / WWF-UK

지구를 보호하기 위한 기술의 활용

경제 원리는 단순하지만 과학은 복잡하다. 기술은 지구의 자연자원을 지속가능한 방식으로 탐색, 관찰, 모델링 하는 데 도움이 될 수 있는가?

작성자 : Lucas Joppa (Microsoft)

경제 원리는 단순하다. 현대 사회가 기후, 생태계 및 생물종이 제공하는 자연자원에 기반하고 있다는 것이다.

과학은 그보다 복잡하다. 자연계의 형성 및 유지 과정과 자연계가 해를 입었을 때 불안정해지는 과정을 파악하는 일은 복잡한 작업이며, 물리학, 화학, 생물학 및 생태학 분야의 통찰적 지식을 필요로 한다.

자연계에 대한 우리의 지식은 완벽하지 않다. 우리는 지구에 살고 있는 생물종의 일부만 발견했을 따름이며, 이들 생물종이 지닌 특성과 인간이 전적으로 의존하는 자연의 균형 유지를 위한 상호작용에 대해서는 지극히 초보적인 수준의 이해에 머물러 있다.

그러나 우리는 현재의 경제를 운영하는 대가를 매우 오랫동안 미래의 자연에서 가 불하여 치르고 있다는 사실도 알고 있다.

기후가 빠르게 불안정해지고 있고 생태계가 무너져 가고 있으며 생물종이 멸종되고 있다는 것도 알고 있다. 현재 우리는 인간이 자연에 진 빚을 갚을 것인가 아니면 현대 사회의 근간인 자연을 계속 불안정하게 만들 것인가 하는 긴박한 선택의 갈림길에 서 있다.

논리적인 답은 자명하다. 현상 유지가 대안이 될 수 없다. 우리는 무엇을 해야 하는지 알고 있다. 온실가스의 대기 축적, 산림, 들판, 하천 및 바다의 파괴, 생물종 개체 수 감소 및 멸종이 모두 멈추도록 해야 한다.

그러나 여전히 남은 의문이 있다. 우리가 보전하고자 하는 자연계에 대한 기본적인 이해도를 높이면서 목표 달성을 위한 정책을 어떤 방식으로 입안, 시행하고 정책의 영향을 어떻게 측정할 것인가?

이와 같은 질문에 답하기 위한 기술은 이미 존재한다. 위성 센서, 스마트폰 및 현장 설치 기기를 통해 수집한 전례 없이 많은 양의 자료를 첨단 알고리즘 기법으로 엄청난 규모의 연산 능력과 결합하면 자연계를 분류하고 예측하여 자연계의 관리를 위한 의사결정을 하는 데 활용할 수 있다. 우리는 시각, 청각 및 유전체 센서를 사용해 새로운 생물종을 탐색하고, 전 세계 산림 및 보호지역의 산림파괴 여부를 실시간으로 모니터링할 수 있다. 또한 가장 심각한 위협을 받고 있는 생태계를 모델링 및 예측할 수 있고, 필요시 의사결정 지원 프레임워크를 통해 관리할 수 있다.

우리가 직면한 난관은 기술적 역량이 아니라 인간의 욕망이다. 지구를 보호하기 위해 정보화 시대의 기반시설을 활용하려면 목적이 분명하고 조율된 국제적 합의와 투자가 신속하게 이루어져야 한다. 또한 실험 단계를 넘어 각국 정부와 전 세계의 관련 기구가 대규모로 사용할 수 있는 실질적 결과물을 제공하기 위한 노력이 있어야 한다. 아울러 지속적으로 활용할 수 있는 보고 프레임워크를 개발하여 우리의 지구를 더욱 유연성 있게 관리하도록 노력해야 한다. 광범위한 기술 기반 시설을 통해 전 세계의 생태계 정보를 수집하고, 이를 생태계 관리와 경보 대응 업무를 책임지는 과학자들이 관리하는 중앙 저장소에 입력하는 시스템을 활용하여 '지구생명보고서'를 제작하는 미래도 생각해 볼 수 있다. 나는 그런 현실이 상상이 된다.

이제는 상상만 하는 단계를 넘어 행동에 나서야 할 시점이다. 우리는 지구를 보호하기 위해 기술을 활용해야 한다. 지구 자연자원의 탐색, 모니터링, 모델링 및 관리를 위해 기술을 활용해야 한다. 이는 우리가 그동안 자연에게 진 부채를 청산하고 인류의 미래를 보장하기 위해 할 수 있는 지극히 가치 있는 투자라고 할 수 있다.



그리닝 캡타갓 (Greening Kaptagat), 케냐의 캡타갓 산림 복구 사업

“우리는 선대의 개척자들로부터 세상을 물려받은 세대이며, 우리가 할 수 있는 중요한 기여는 지속가능성을 유지하는 것입니다. 하지만 이는 그리 단순한 작업이 아닙니다. 우리의 고향에 남아 있는 것을 지키기 위해서는 시간과 싸워야 합니다. 마라톤처럼 1분 1초가 소중합니다. 우리 세대의 선수들은 숲을 지키기 위한 마라톤에 참여할 것입니다.” 세계적 마라톤 선수이자 자연보호운동가 엘루이드 킵초게 박사

작성자 : Jackson Kiplagat, Joel Muinde, Kiunga Kareko and Gideon Kibusia (WWF-Kenya), Dr. Eliud Kipchoge (two time Olympic Champion & Kenya's Delegate to COP 26 in Glasgow)

전체 면적 3만 2,941헥타르 중 1만 3,000여 헥타르가 산림 지대인 캡타갓 (Kaptagat) 지역은 케냐에서 '급수탑(water tower)' 역할을 하는 5대 구역 중 하나인 체랑가니-엘게요 힐스(Cherangany-Elgeyo Hills) 생태계의 연장선상에 자리 잡고 있다.¹⁵⁶ 캡타갓은 고지대의 환경을 갖추고 있기 때문에 유명한 세계 마라톤 챔피언인 엘루이드 킵초게(Eliud Kipchoge)를 포함한 많은 육상선수가 훈련을 위해 찾는 곳이다.¹⁵⁷

케냐의 다른 많은 경관과 마찬가지로 캡타갓은 기후변화, 지속 불가능한 농업 관행, 불법 벌채, 과도한 방목, 산림 침해, 산불 및 산사태를 포함한 수많은 위협에 직면해 있다.¹⁵⁸ 이에 따라 세계자연기금 케냐본부(WWF-Kenya)와 엘루이드 킵초게 재단은 케냐 정부의 개발 전략인 '케냐 비전 2030'(Constitution of Kenya, 2010; Government of Kenya, 2016)에 발맞춰 '그리닝 캡타갓: 산림 경관 내 산림농업 조성 및 청정에너지 솔루션 구축(Greening Kaptagat: Establishing Agroforestry and Clean Energy Solutions within a Forest-Based Landscape)' 사업을 시행하고 있다.¹⁶⁰

지역공동체 구성원, 정부기관 및 열정적인 자연보호운동가의 협력에 힘입어 지난 2년간 225헥타르가 넘는 산림이 복구되었다. 종묘는 여성과 청소년 단체, 그리고 지역의 산림 단체가 운영하는 보육기관에서 공급했으며, 이에 따른 소득 증대를 통해 지역공동체의 생계가 향상되었다. '그리닝 캡타갓' 사업의 전반적인 목표는 파괴 및 훼손된 산림의 최소 1,000헥타르를 복구하고 최소 1,000명의 사람들이 토지 생산성 향상에 따른 혜택을 누릴 수 있도록 하는 것이다.

또한 현지 농가에 대한 지속가능한 경작과 축산 교육 훈련을 통해 과도한 방목이나 농지 확보를 위한 산림침해 등의 캡타갓 지역의 땅에 주어지는 압력을 줄일 수 있도록 하고, 수확 후 손실을 방지하기 위해 곡물 창고와 밀폐형 포대를 보급하고 있다. 아울러 이 사업은 기후 정책의 주류화를 촉구하는 국내외 캠페인을 지원하고 있다.

2020년 제4회 연례 캡타갓 식목 행사에 참여한 엘루이드 킵초게 박사. WWF가 케냐 정부 및 지역공동체와 공동으로 추진 중인 '그리닝 캡타갓: 경관복원 프로그램'의 일환으로 킵초게는 엘루이드 킵초게 재단을 통해 캡타갓 지역의 산림 50헥타르를 인수했다.



© WWF-Kenya

미래에 대한 모델링 연구 방향 3: 생물다양성 목표에 더욱 효과적으로 반영되어야 할 형평성 및 공정성 원칙

작성자 : Mike Harfoot
(Vizzuality and UNEP-WCMC),
David Leclère (International Institute for
Applied Systems Analysis)

공정하고 정의로운 전환이 이루어지려면 소외계층의 존재를 인식하고 이들이 의사결정에 참여할 수 있도록 하며, 노력과 혜택의 공정한 배분에 관한 논의를 촉진하는 등의 여러 가지 개입이 필요하다. 기후행동의 국가별 배분과 관련한 형평성 원칙의 영향에 대한 연구는 다양하게 있었지만²⁹ 생물다양성과 관련된 형평성 원칙 문제에 대한 연구는 미진한 실정이다. 이러한 상황은 2020년 이후의 글로벌 생물다양성 프레임워크를 이행하는 데 심각한 장애물로 작용할 수 있다. 전 세계 생태계 자원 총량의 순증가(net gain)와 같은 상징적 목표의 달성을 위한 행동을 국가별로 공정하게 배분한다는 것은 구체적으로 무엇을 의미하는가?

우리는 가용한 토지 이용 변화 추정치를 통해 지구 생태계의 순증가 시나리오를 다룬 바 있다.⁷⁶ 그러나 국가별 노력의 배분은 공정하게 이루어지고 있는가? 우리가 살려본 추정치는 이미 자연 생태계의 상당 부분을 전환하고, 높은 수준의 개발에 도달한 국가에게는 과감한 순증가 목표를 달성하도록 요구하는 반면에, 반대 상황에 있는 국가에게는 관리가 될 만한 순감(managed net loss)을 허용하자는 의견과 일치한다. 이런 아이디어는 역사적 책임과 개발에 대한 권리와 같은 다른 연구에서 형평성 원칙이 어떻게 구현될 수 있는지를 예로 들기 위해 제시된 바 있다.¹⁶¹

공정한 전환 모델 및 시나리오는 다양한 세계관을 반영하는 여타의 광범위한 형평성 원칙들에 부합하는 경로를 모색하는 데도 활용할 수 있다. 또한 추가적인 보전 및 복원 노력으로 인해 야기되는 원주민과 지역공동체에 발생 가능한 위험을 포함해 다양한 규모와 다양한 집단의 노력과 혜택의 배분 문제와 기반 접근법을 통해 얻을 수 있는 잠재적 혜택에 활용할 수 있다.

미래에 대한 모델링 연구 방향 4: 지역 및 글로벌 차원의 생물다양성 목표 모델링

복원, 보전 및 전환 활동에 따른 이익과 비용은 경관마다 현저하게 다를 수 있다. 우선시되는 지역의 다중 기준 최적화(multicriteria optimization)를 통해 농업 생산성 제고와 생태계 복원 향상을 위한 노력에서 생물다양성과 '인간에 대한 자연의 기여(NCP)'와 관련한 더 나은 성과를 제공해야 한다. 최근에 출범한 '아마존 2030' 이니셔티브는 민간 및 공공 부문의 의사결정권자와 국제 협력 및 투자 주체들이 아마존 산림 복원을 위한 비용과 편익의 최적화를 위해 공간적 우선순위 설정 지도(spatial prioritization map)를 즉각적으로 개발하여 도입할 것을 권고한 바 있다.¹⁹¹

현재 2050년까지 생물다양성협정 당사국들의 행동 기반 목표를 이끌 거시적 목표를 논의하기 위해 다양한 수준에서 이루어지고 있는 국제적 노력을 평가하기 위한 모델링 작업이 진행되고 있다.¹⁹² 주목할 점은 관련 시나리오들이 현지 차원의 복원을 위한 규제뿐만 아니라 농촌 및 도시 확산, 인구 증가 및 기후변화와 관련된 미래 추정치에 대한 설명도 제공한다는 사실이다.

실현 가능한 목표란 환경적 이득과 사회경제적 이득을 모두 지향하고, 체계적 공간 계획을 통해 생물다양성과 NCP의 손실을 회복으로의 전환을 도모하는 목표를 말한다.

작성자 : Bruna Fatiche Pavani,
Bernardo Baeta Neves Strassburg,
Paulo Durval Branco and Rafael Loyola
(International Institute for Sustainability,
Brazil)

우리가 바라는 아마존의 모습: 지속가능한 개발로의 전환

아마존 과학패널(Science Panel for the Amazon)이 발간한 『아마존 평가보고서 2021(Amazon Assessment Report 2021)』은 아마존에 관한 가장 포괄적이고 설득력 있는 과학적 문헌으로, 아마존 지역의 생존 및 지속가능한 개발을 위한 로드맵을 제시하고 있다.

작성자 : Carlos Nobre (University of São Paulo's Institute for Advanced Studies), Mercedes Bustamante (University of Brasilia), Germán Poveda (Universidad Nacional de Colombia), Marielos Peña-Claros (Wageningen University) and Emma Torres (UN Sustainable Development Solutions Network)

240여 명의 과학자들이 제작에 참여한 『아마존 평가보고서 2021』은 아마존의 현황, 직면하고 있는 위협, 지역 학계의 지식과 토착·현지 지식에 기반한 정책적 해법 등을 고찰하고 있다.

아마존의 현황 및 위협과 관련하여 저자들은 다음과 같은 네 가지 행동을 권고하고 있다. (1) 임계점에 근접하고 있는 지역 내 산림파괴 및 산림 황폐화 행위의 즉각적인 중단, (2) 2030년까지 산림파괴 및 산림 황폐화 제로 목표의 달성, (3) 육상 및 수생 생태계의 복원, (4) 산림과 하천이 건강하게 유지되고 포용성과 공정성이 보장되는 바이오경제의 구현.

상기의 행동은 시급히 착수해야 한다. 아마존 분지의 17%에 해당하는 산림이 이미 파괴되었고,¹⁶² 17%가 추가로 황폐화되고 있기 때문이다.¹⁶³ 이러한 상황은 지구 기후 시스템의 핵심적인 구성 요소로서 1,500억~2,000억 톤의 탄소를 저장하고 있는 아마존^{164,165}과 현지의 생물다양성(관다발 식물종의 18%, 조류의 14%, 포유류의 9%, 양서류의 8% 및 열대어종의 18% 포함)을 위협하는 요인으로 작용하고 있다(아마존 과학패널이 생물지리적 범위 설정을 위해 참고 문헌 166, 167번의 자료를 이용하여 계산한 데이터).

현재 아마존의 27%는 원주민 영토로, 이 지역은 산림파괴 비율이 가장 낮다.¹⁶⁸ 원주민들의 권리를 보호하고 강화하며 지속가능한 개발을 촉진하기 위해 아마존 과학 패널은 아마존은 물론 과 전 세계에 재앙과 같은 결과가 초래되는 것을 방지하는 데 필수적인 과학, 기술, 혁신 및 원주민/지역공동체 주도형 토지 보전 분야에 대한 투자를 고려하고 있다.

아마존 사람들의 권리와 지식 및 복지

- 원주민과 지역공동체의 **기본권**을 인정하고 보호한다.
- **지식 교류**를 위한 대화와 일반 대중의 효과적인 참여 및 의사결정을 보장한다.
- **문화적 다양성**과 성평등을 추구한다.
- **다문화교육**과 역량 구축에 대한 접근성과 지원을 강화한다.
- 아마존 사람들의 **생계 및 복지** 향상을 촉진한다.

보전과 복원

- 보전 및 복원을 위한 혁신적 접근법을 **실행**한다.
- 보호지역 네트워크를 효과적으로 운영 및 **관리**한다.
- 수생 및 육상 생태계를 **보전**하고, 지속가능한 방식으로 이용 및 회복시킨다.
- 회복탄력성과 경관지역의 연결성을 **복원** 및 유지한다.



거버넌스와 금융

- **지식 기반 정책**을 설계 및 실행한다.
- 자원 및 **금융 투자**를 위한 지속가능성에 기반한 글로벌 파트너십을 구축한다.
- 의사결정 과정에 대한 효과적인 **시민사회 참여**를 보장한다.
- 범(汎)아마존 차원의 협력 활동과 **아마존 지역의 다자간 협력 활동**을 수행하고, 불법적인 활동을 억제한다.

건강한 산림과 하천에 기반을 두는 바이오경제

- 과학적 지식과 토착·현지 지식을 **상호 연결**하고 확장한다.
- **생물자원의** 이용을 위한 포용적 모델을 실행한다.
- 기업식 농업의 생산 및 저탄소 개발을 위한 **혁신적 접근법**을 실행한다.

그림 22:

‘살아 있고 지속가능한 아마존을 위한 비전(Vision of Living and Sustainable Amazon)’을 향한 공평하고 공정한 변화를 위한 복합적이고 연결된 관점.

출처: Science Panel for the Amazon (2021)¹⁶⁹

2025년까지 아마존의 80%를 보호하기 위한 긴급 요구

511개 원주민 공동체와 동맹을 대표하는 아마존 원주민 단체들은 산림파괴 임계점 도달과 전 지구적 위기 발생을 방지하기 위한 긴급 조치로 2025년까지 아마존 지역의 80%를 영구적으로 보호한다는 국제적 합의가 도출되어야 한다고 촉구하고 있다.

작성자 : Gregorio Diaz Mirabal and Zack Romo Paredes Holguer (Coordinator of Indigenous Organizations of the Amazon River Basin - COICA), Alonso Córdova Arrieta (WWF-Peru)

아마존은 세계에서 규모가 가장 크고 생물문화적 다양성이 풍부한 열대림 지역으로, 자발적 고립 또는 간헐적 접촉(Voluntary Isolation and Initial Contact, PIAC) 상태로 생활하는 66개 집단을 포함한 500여 개의 원주민(Indigenous Peoples, IP) 집단이 삶의 터전으로 삼고 있다.¹⁷² 아마존 하계(河系)는 전 세계 담수의 약 20%를 차지하며,¹⁷³ 원주민들의 영토는 전체 아마존 분지에서 237만km²에 이르는 면적을 차지하고 있다.¹⁷⁴ 이들 영토는 아마존 지역의 총 지상 탄소 저장량(2,824만 7,000톤) 중 약 3분의 1(32.8%)을 저장하고 있어서 기후변화 완화 및 적응에 크게 기여하고 있다. 2021년 국제자연보전연맹(IUCN)은 원주민 영토를 '지속가능한 보전을 위한 공간'으로 인정하면서 그 역할을 재조명한 바 있다.¹⁷⁵

우리 아마존 원주민에게 있어서 아마존은 위에 제시된 과학적 자료와 통계 수치 이상의 의미를 지닌 곳이다. 아마존은 우리의 과거와 현재와 미래가 하나로 융합되는 공간이다. 아마존은 우리의 힘의 원천이자 조상과 강과 산과 동물과 우리를 이어 주는 연결 고리이다. 아마존은 우리의 보금자리이며, 치유 수단과 식량의 공급원이다. 아마존은 우리의 삶 자체이다.

그러나 정부와 국가 지도자들은 그와 같은 세계관을 이해하지 못하고 환경·사회적 보호 장치를 개발하는 과정에서 원주민들의 통합적 접근 방식을 활용하지 않고 있다. 이에 따라 원주민 영토가 악영향과 위협에 노출되면서 아마존 지역은 위험한 임계점에 근접하고 있다.

학계에서는 산림파괴 및 산림 황폐화의 총 비율이 20~25%에 이르렀을 때를 임계점으로 보고 있다.¹⁷⁷ 자료에 따르면 아마존 지역의 26%가 심각하게 훼손된 상태에 있으며,¹⁷⁶ 여기에는 산림 황폐화, 빈번한 화재, 산림파괴 등이 포함된다. 이는 미래의 시나리오가 아니다. 아마존 지역은 현재 심각한 영향을 주는 지속적인 파괴를 겪고 있으며, 이에 따라 전 지구적 및 국지적 기후 안정성을 심각하게 저해하고 있다.

국제적 보전 목표의 달성 기한은 2030년으로 설정되어 있지만, **8년 후의 아마존은 더 이상 우리가 알고 있던 모습이 아닐 수 있다.** 이러한 시나리오에 직면하고 있는 우리 원주민들은 모두의 어머니와도 같은 아마존 정글을 지킴으로써 아마존이 숨을 거두는 상황이 발생하지 않도록 하기 위해 원주민 영토 동맹 및 국제적

동맹들과 연대하기를 희망하고 있다. 우리는 계속해서 아마존이 제공하는 공기와 물과 치료제와 식량이 필요하다. 우리는 계속해서 아마존이 지닌 영적인 힘이 필요하다. 이러한 혜택은 모두가 동등한 지위로 같은 테이블에 앉아 모두의 지혜와 기술과 지식을 결합하고 존중하고 포용할 수 있는 경우에만 누릴 수 있다.

이러한 맥락에서 아마존 분지 원주민 단체 연대(COICA)는 인류가 직면하고 있는 기후위기와 생물다양성 위기에 대한 긴급 대응 조치로 2025년까지 아마존 지역의 80%를 영구적으로 보호한다는 국제적 합의가 모든 아마존 지역 국가의 정부와 원주민 공동체 및 국제사회의 지지하에 도출되어야 한다고 촉구한다.

보호 목표의 달성을 위해서는 우리의 삶을 보장받을 수 있는 우리 영토에 대한 법적 안정성이 제공되고, 자유의사에 따른 사전 인지 동의(FPIC)에 대한 권리가 인정되어야 하며, 원주민의 전통적 지식 체계가 또 하나의 해법으로서 보호 및 존중되어야 한다. 또한 원주민 인권 운동가들의 활동을 범죄 시하고 이들에 대한 폭력, 조직적 위협 및 살인이 자행되는 상황이 종식되어야 하며, 원주민 공동체에 대한 직접적인 재정적 지원과 더불어 인적 자원과 경제적 자원의 관리를 위하여 영구적인 기술 지원이 제공되어야 한다.

마지막으로, 우리는 정치인들과 학계, 그리고 전 세계에 다음과 같은 질문을 던지고자 한다. 아마존 생물군계(biome)를 살아 있는 무형문화유산으로 선포할 수 있는가? 아마존에 살고 있는 모든 생명체가 더 이상 살해되거나 불에 타거나 오염되지 않도록 할 수 있는가? 아마존 생태계를 멸종으로부터 보호할 수 있는가? 우리는 이것이 모두 가능하다고 믿고 있다. 그러나 이를 실현하기 위해서는 원주민들의 가치가 존중받고 원주민들이 다른 모든 주체와 함께 목표 실현을 과정을 이끌 수 있는 환경이 시급하게 조성되어야 한다.

COICA 소개

아마존 분지 원주민 단체 연대(Coordinator of the Indigenous Organizations of the Amazon Basin, COICA)는 자발적 고립 또는 간헐적 접촉(PIAC) 상태로 생활하는 66개 원주민 공동체를 포함한 511개 원주민 집단을 대표하여 활동하는 조정 기구이다. COICA의 회원은 다음과 같은 9개 아마존 지역 국가에 위치한 단체들로 구성되어 있다.

- AIDSESP(페루): 페루 정글 개발을 위한 범종족연합(Interethnic Association for the Development of the Peruvian Jungle)
- COIAB(브라질): 브라질 아마존 원주민 단체 연대(Coordinator of the Indigenous Organizations of the Brazilian Amazon)
- ORPIA(베네수엘라): 아마존 원주민 지역기구(Regional Organization of the Indigenous Peoples of Amazonas)
- CIDOB(볼리비아): 볼리비아 원주민 연합(Confederation of Indigenous Peoples of Bolivia)
- CONFENIAE(에콰도르): 에콰도르 아마존 원주민 연합(Confederation of Indigenous Nationalities of the Ecuadorian Amazon)
- APA(가이아나): 가이아나 원주민 연합(Amerindian Peoples Association of Guyana)
- OPIAC(콜롬비아): 콜롬비아 아마존 원주민 국가기구(National Organization of the Indigenous Peoples of the Colombian Amazon)
- OIS(수리남): 수리남 원주민 기구(Indigenous Organizations of Suriname)
- FOAG(프랑스령 기아나): 프랑스령 기아나 토착단체 연맹(Federation of Autochthonous Organizations of French Guiana)

출처: <https://coicamazonia.org/somos>

우리가 가야 할 길

작성자 : Gavin Edwards,
Scott Edwards,
Lin Li and Guido Broekhoven
(WWF International)

『지구생명보고서 2022』는 명확한 증거를 제시하고 있다. 우리가 자연에 미치는 부정적인 영향은 자연위기를 심화시키고, 이 위기는 기후변화 적응을 포함한 자연이 주는 혜택을 감소시킨다. 또한 인간에 의한 자연 파괴는 감염병 팬데믹에 대한 대응 능력을 약화시키며 특히 취약계층에 가장 심각한 위협을 준다.

시간은 아직 남아 있다. 그러나 빠른 행동에 나서야 한다. 우리는 기업, 원주민, 지역공동체 등을 비롯한 다양한 이해당사자들이 개발한 여러 종류의 해법을 활용할 수 있다. 이러한 해법은 금융의 영향을 더욱 효과적으로 파악하고 조정할 수 있게 하는 새로운 재무정보 공개 이니셔티브에서 이 보고서에서 자세히 다룬 다목적 경관 접근법과 사례 연구에 이르기까지 광범위하다.

생물다양성 손실을 유발하는 요인들은 복잡적이고 상호 연관되어 있다. 따라서 단일하고 간단한 해법이란 존재하지 않는다는 사실을 필수적으로 인식해야 한다. 아울러 전 세계가 자연을 위한 범지구적 공동 목표를 채택하여 정부, 기업 및 사회 전체를 이끌고 행동을 독려하는 것이 무엇보다 중요하다.

우리가 현재와 미래 세대를 위해 자연 손실의 흐름을 바꾸고 자연을 보호하기 위해서는 2030년까지 생물다양성 감소 추세를 반전시키고 '네이처 포지티브(nature-positive)' 달성이라는 범지구적 목표를 설정해야 한다.⁹³ 지구온난화를 2°C (가급적 1.5°C) 이내로 제한한다는 목표가 우리의 기후 노력을 이끌고 있듯 '네이처 포지티브' 목표도 우리를 안내하는 길잡이 역할을 해야 한다.

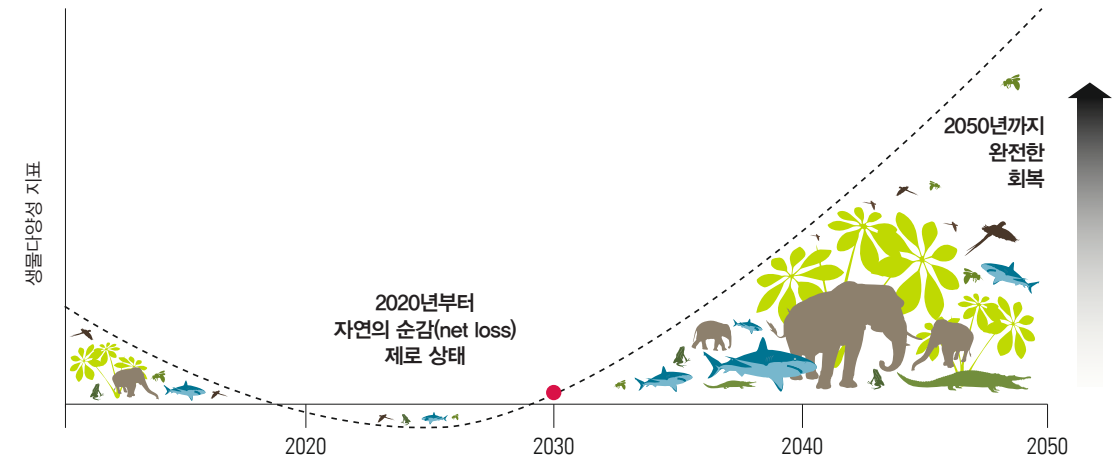
이번 10년 동안 생물종, 개체군 및 생태계의 건강과 풍부도, 생물종의 다양성과 회복 탄력성을 향상시키는 '네이처 포지티브' 세계를 구현하기 위한 행동에 우리 모두 나서야 한다.

또한 국가적 차원에서, 궁극적으로 범지구적 차원에서 추진함으로써 근본적인 인간과 자연의 관계를 시급히 바꾸어야 한다.

다행스럽게도 세계 곳곳에서 변화의 틀이 세워지고 있다. 전 세계 90여 개국 지도자들이 '자연을 위한 세계 지도자들의 선언(Leaders' Pledge for Nature, LPN)'을 통해 2030년까지 생물다양성 감소 추세를 반전시키겠다고 약속했으며, G7 정상들은 네이처 포지티브 상태의 세계를 구현하겠다는 의지를 밝혀왔다.

제15차 유엔 생물다양성협약 당사국총회(COP15)는 세계 지도자들이 네이처 포지티브 세상을 위한 즉각적 행동을 촉구하는 과감한 생물다양성 프레임워크를 채택할 수 있는 중요한 기회이다. 각국 정부는 지역공동체 중심의 권리 기반 접근법(rights-based approach)을 통해 전 세계 육지, 담수 및 해양의 30%를 보호해야 한다. 나머지 70% 지역 대부분에서 발생하는 자연 손실 요인을 해결하고, 국제 사회의 공동 대응 또한 점차 강화해야 한다. 아울러 생물다양성 보전 및 지속가능한 이용에 필요한 자원을 투입한다면 네이처 포지티브의 세상에 도달할 수 있을 것이다. LPN에 서명한 세계 지도자들은 필요 자원의 조달 등 이행 초기 단계에서부터 선도적인 역할을 담당해야 한다.

그림 23: 2030년까지 '네이처 포지티브(nature positive)' 도달. 측정 가능한 범지구적 자연 회복 목표. 출처: Locke 외 (2021)⁹³



환경 문제가 지닌 복합성을 인식함으로써 모두가 윈윈할 전략에 기반을 둔 해법을 찾을 수 있다. 그 바탕이 되는 과학적 원리는 명백하다. 기후변화를 1.5°C 이내로 제한하는 데 성공하려면 생물다양성 감소 추세를 반전시키기 위한 행동에 즉각 착수해야 한다. 한편 기후변화를 그대로 방치한다면, 기후변화는 생물다양성 손실의 결정적 요인으로 작동할 것으로 예상된다. 우리는 '기후변화'와 '생물다양성 손실'이라는 복합적 문제에 대처하고 모든 인류가 혜택을 누릴 수 있는 해법을 모색해야 한다. 이를 통해 지속가능발전목표(SDGs) 달성에 도움이 되도록 경로를 수정하고 더 건강한 자연을 얻을 수 있을 것이다.

『지구생명보고서 2022』는 인류의 생명을 유지하는 시스템이라고 할 수 있는 자연의 건강 상태에 관한 정보를 개괄적으로 제시하고 있다. 내용 중에는 실망스러운 부분도 있지만, 희망을 가져 볼 만한 부분도 있다. 이 보고서가 '네이처 포지티브'와 온실가스 배출량 '넷제로' 상태 및 모두에게 공정한 미래를 구현하기 위한 즉각적인 행동에 나서도록 하는 구호와 외침이 될 것이다.

마다가스카르 서부 연안 지역에 있는
바오바브나무 거리(Allée des Baobabs)



© Justin Jin / WWF France

- 1 Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, **320**(5882), 1444–1449. doi.org/10.1126/science.1155121
- 2 Lawrence, D. & Vandecar, K. (2015). Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. *Nature Climate Change*, **5**(1), 27–36. doi.org/10.1038/nclimate2430
- 3 Heede, R. & Oreskes, N. (2016). Potential emissions of CO₂ and methane from proved reserves of fossil fuels: An alternative analysis. *Global Environmental Change*, **36**, 12–20. doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.10.005
- 4 Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S. & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, **333**(6045), 988–993. doi.org/10.1126/science.1201609
- 5 Harris, N. L., Gibbs, D. A., Baccini, A., Birdsey, R. A., de Bruin, S., Farina, M., Fatoyinbo, L., Hansen, M. C., Herold, M., Houghton, R. A., Potapov, P. V., Suarez, D. R., Roman-Cuesta, R. M., Saatchi, S. S., Slay, C. M., Turubanova, S. A. & Tyukavina, A. (2021). Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. *Nature Climate Change*, **11**(3), 234–240. doi.org/10.1038/s41558-020-00976-6
- 6 Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Le Quéré, C., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Anthony, P., Bates, N. R., Becker, M., Bellouin, N., Bopp, L., Chau, T. T. T., Chevallier, F., ... Zeng, J. (2022). Global carbon budget 2021. *Earth System Science Data*, **14**(4), 1917–2005. doi.org/10.5194/essd-14-1917-2022
- 7 Lawrence, D., Coe, M., Walker, W., Verchot, L. & Vandecar, K. (2022). The unseen effects of deforestation: biophysical effects on climate. *Frontiers in Forests and Global Change*, **5**, 756115. doi.org/10.3389/ffgc.2022.756115
- 8 FAO & UNEP. (2020). *The State of the World's Forests 2020*. doi.org/10.4060/ca8642en
- 9 FAO. (2020). *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*. FAO. doi.org/10.4060/cb1447en
- 10 Bezner Kerr, R., Hasegawa, T., Lasco, R., Bhatt, I., Deryng, D., Farrell, A., Gurney-Smith, H., Ju, H., Lluch-Cota, S., Meza, F., Nelson, G., Neufeldt, H. & Thornton, P. (2022). Food, fibre, and other ecosystem products. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_Chapter05.pdf>
- 11 Parmesan, C., Morecroft, M. D., Trsurat, Y., Adrian, R., Arneith, A., Gao, Q., Gonzalez, P., Harris, R., Price, J., Stevens, N. & Talukdar, G. H. (2022). Terrestrial and freshwater ecosystems and their services. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_Chapter02.pdf>
- 12 CMS. (2020). Improving ways of addressing connectivity in the conservation of migratory species. Resolution 12.26 (REV.COP13), Gandhinagar, India (17-22 February 2020). UNEP/CMS/COP13/ CRP 26.4.4. Convention on Migratory Species. <https://www.cms.int/en/document/improving-ways-addressing-connectivity-conservation-migratory-species-0>
- 13 Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Bascompte, J., Berlow, E. L., Brown, J. H., Fortelius, M., Getz, W. M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P. A., Martinez, N. D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij, G., Williams, J. W., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D. P., Revilla, E. & Smith, A. B. (2012). Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*, **486**(7401), 52–58. doi.org/10.1038/nature11018
- 14 Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Lovejoy, T. E., Sexton, J. O., Austin, M. P., Collins, C. D., Cook, W. M., Damschen, E. I., Ewers, R. M., Foster, B. L., Jenkins, C. N., King, A. J., Laurance, W. F., Levey, D. J., Margules, C. R., Melbourne, B. A., Nicholls, A. O., Orrock, J. L., Song, D.-X. & Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, **1**(2), e1500052. doi.org/10.1126/sciadv.1500052
- 15 Tucker, M. A., Böhning-Gaese, K., Fagan, W. F., Fryxell, J. M., Van Moorter, B., Alberts, S. C., Ali, A. H., Allen, A. M., Attias, N., Avgar, T., Bartlam-Brooks, H., Bayarbaatar, B., Belant, J. L., Bertassoni, A., Beyer, D., Bidner, L., van Beest, F. M., Blake, S., Blaum, N., Bracis, C., Brown, D., de Bruyn, P. J. N. ... Mueller, T. (2018). Moving in the Anthropocene: Global reductions in terrestrial mammalian movements. *Science*, **359**(6374), 466–469. doi.org/10.1126/science.aam9712
- 16 Ward, M., Saura, S., Williams, B., Ramirez-Delgado, J. P., Arafeh-Dalmau, N., Allan, J. R., Venter, O., Dubois, G. & Watson, J. E. M. (2020). Just ten percent of the global terrestrial protected area network is structurally connected via intact land. *Nature Communications*, **11**(1), 4563. doi.org/10.1038/s41467-020-18457-x
- 17 Brennan, A., Naidoo, R., Greenstreet, L., Mehrahi, Z., Ramankutty, N. & Kremen, C. (2022). Functional connectivity of the world's protected areas. *Science*, **376**(6597), 1101–1104. doi.org/10.1126/science.abl8974
- 18 Keeley, A. T. H., Beier, P., Creech, T., Jones, K., Jongman, R. H., Stonecipher, G. & Tabor, G. M. (2019). Thirty years of connectivity conservation planning: an assessment of factors influencing plan implementation. *Environmental Research Letters*, **14**(10), 103001. doi.org/10.1088/1748-9326/ab3234
- 19 Hilty, J., Keeley, A., Merenlender, A. & Lidicker Jr., W. (2019). *Corridor Ecology*, Second Edition. Island Press. <https://www.ubcpublishing.com/corridor-ecology-second-edition>
- 20 Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B. J., Locke, H., Carr, M., Pulsford, I., Pittock, J., White, J. W., Theobald, D. M., Levine, J., Reuling, M., Watson, J. E. M., Ament, R., Groves, C. & Tabor, G. M. (2020). *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors*. IUCN. doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en
- 21 Fraenkel, M., Aguilar, G. & McKinnon, K. (2020). Foreword. In: *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors*. IUCN. doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en
- 22 Mukherjee, N., Sutherland, W. J., Dicks, L., Hugé, J., Koedam, N. & Dahdouh-Guebas, F. (2014). Ecosystem service valuations of mangrove ecosystems to inform decision making and future valuation exercises. *PLOS ONE*, **9**(9), e107706. doi.org/10.1371/journal.pone.0107706
- 23 Sandoval, L., Mancera-Pineda, J., Leal-Flórez, J., Blanco-Libreros, J. & Delgado-Huertás, A. (2022). Mangrove carbon sustains artisanal fish and other estuarine consumers in a major mangrove area of the southern Caribbean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, **681**, 21–35. doi.org/10.3354/meps13910
- 24 Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarsa, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, **4**(5), 293–297. doi.org/10.1038/ngeo1123
- 25 Blanco-Libreros, J. F., López-Rodríguez, S. R., Valencia-Palacios, A. M., Perez-Vega, G. F. & Álvarez-León, R. (2022). Mangroves from rainy to desert climates: baseline data to assess future changes and drivers in Colombia. *Frontiers in Forests and Global Change*, **5**. <doi.org/10.3389/ffgc.2022.772271>
- 26 Sánchez-Núñez, D. A., Bernal, G. & Mancera Pineda, J. E. (2019). The relative role of mangroves on wave erosion mitigation and sediment properties. *Estuaries and Coasts*, **42**(8), 2124–2138. doi.org/10.1007/s12237-019-00628-9
- 27 Krauss, K. W., McKee, K. L., Lovelock, C. E., Cahoon, D. R., Saintilan, N., Reef, R. & Chen, L. (2014). How mangrove forests adjust to rising sea level. *New Phytologist*, **202**(1), 19–34. doi.org/10.1111/nph.12605
- 28 Goldberg, L., Lagomasino, D., Thomas, N. & Fatoyinbo, T. (2020). Global declines in human-driven mangrove loss. *Global Change Biology*, **26**(10), 5844–5855. doi.org/10.1111/gcb.15275
- 29 Bhargava, R., Sarkar, D. & Friess, D. A. (2021). A cloud computing-based approach to mapping mangrove erosion and progradation: Case studies from the Sundarbans and French Guiana. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **248**, 106798. doi.org/10.1016/j.ejss.2020.106798
- 30 Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., Lucas, R., Primavera, J., Rajkaran, A. & Shi, S. (2019). The state of the world's mangrove forests: Past, present, and future. *Annual Review of Environment and Resources*, **44**(1), 89–115. doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033302
- 31 Buelow, C. A., Connolly, R. M., Turschwell, M. P., Adame, M. F., Ahmadi, G. N., Andradi-Brown, D. A., Bunting, P., Canty, S. W. J., Dunic, J. C., Friess, D. A., Lee, S. Y., Lovelock, C. E., McClure, E. C., Pearson, R. M., Sievers, M., Sousa, A. I., Worthington, T. A. & Brown, C. J. (2022). Ambitious global targets for mangrove and seagrass recovery. *Current Biology*, **32**(7), 1641–1649.e3. doi.org/10.1016/j.cub.2022.02.013
- 32 IUCN Cetacean Specialist Group. (2022). Status of the world's cetaceans – IUCN – SSC Cetacean Specialist Group. <https://iucn-csg.org/status-of-the-worlds-cetaceans/>

- 33 Johnson, C., Reisinger, R. R., Friedlaender, A., Palacios, D., Willson, A., Zerbin, A. & Lancaster, M. (2022). *Protecting Blue Corridors – Challenges and Solutions for Migratory Whales Navigating National and International Seas*. WWF International, Switzerland. doi.org/10.5281/ZENODO.6196131.
- 34 Harrison, A.-L., Costa, D. P., Winship, A. J., Benson, S. R., Bograd, S. J., Antolos, M., Carlisle, A. B., Dewar, H., Dutton, P. H., Jorgensen, S. J., Kohin, S., Mate, B. R., Robinson, P. W., Schaefer, K. M., Shaffer, S. A., Shillinger, G. L., Simmons, S. E., Weng, K. C., Gjerde, K. M. & Block, B. A. (2018). The political biogeography of migratory marine predators. *Nature Ecology & Evolution*, **2**(10), 1571–1578. doi.org/10.1038/s41559-018-0646-8
- 35 O’Leary, B. C., Hoppit, G., Townley, A., Allen, H. L., McIntyre, C. J. & Roberts, C. M. (2020). Options for managing human threats to high seas biodiversity. *Ocean & Coastal Management*, **187**, 105110. doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105110
- 36 Wright, G., Gjerde, K. M., Johnson, D. E., Finkelstein, A., Ferreira, M. A., Dunn, D. C., Chaves, M. R. & Grehan, A. (2021). Marine spatial planning in areas beyond national jurisdiction. *Marine Policy*, **132**, 103384. doi.org/10.1016/j.marpol.2018.12.003
- 37 Roberts, C. M., O’Leary, B. C. & Hawkins, J. P. (2020). Climate change mitigation and nature conservation both require higher protected area targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **375**(1794), 20190121. doi.org/10.1098/rstb.2019.0121
- 38 Dasgupta, P. (2021). *The economics of biodiversity: the Dasgupta review: full report* (Updated: 18 February 2021). HM Treasury.
- 39 IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (Version 1). Zenodo. doi.org/10.5281/ZENODO.3831673
- 40 Duelli, P. & Obrist, M. K. (2003). Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **98**(1), 87–98. doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00072-0
- 41 Purvis, A. & Hector, A. (2000). Getting the measure of biodiversity. *Nature*, **405**(6783), 212–219. doi.org/10.1038/35012221
- 42 Collen, B., Loh, J., Whitmee, S., McRae, L., Amin, R. & Baillie, J. E. M. (2009). Monitoring change in vertebrate abundance: the Living Planet Index. *Conservation Biology*, **23**(2), 317–327. doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01117.x
- 43 Loh, J., Green, R. E., Ricketts, T., Lamoreux, J., Jenkins, M., Kapos, V. & Randers, J. (2005). The Living Planet Index: using species population time series to track trends in biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **360**(1454), 289–295. doi.org/10.1098/rstb.2004.1584
- 44 McRae, L., Deinet, S. & Freeman, R. (2017). The diversity-weighted Living Planet Index: Controlling for taxonomic bias in a global biodiversity indicator. *PLOS ONE*, **12**(1), e0169156. doi.org/10.1371/journal.pone.0169156
- 45 IPBES Technical Support Unit On Knowledge And Data. (2021). IPBES regions and sub-regions (1.2) [Data set]. Zenodo. doi.org/10.5281/ZENODO.5719431
- 46 Amano, T., González-Varo, J. P. & Sutherland, W. J. (2016). Languages are still a major barrier to global science. *PLOS Biology*, **14**(12), e2000933. doi.org/10.1371/journal.pbio.2000933
- 47 Amano, T. & Sutherland, W. J. (2013). Four barriers to the global understanding of biodiversity conservation: wealth, language, geographical location and security. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **280**(1756), 20122649. doi.org/10.1098/rspb.2012.2649
- 48 Chowdhury, S., Gonzalez, K., Aytakin, M. Ç. K., Baek, S., Belcik, M., Bertolino, S., Duijns, S., Han, Y., Jantke, K., Katayose, R., Lin, M., Nourani, E., Ramos, D. L., Rouyer, M., Sidemo-Holm, W., Vozykova, S., Zamora-Gutierrez, V. & Amano, T. (2022). Growth of non-English-language literature on biodiversity conservation. *Conservation Biology*. doi.org/10.1111/cobi.13883
- 49 Strayer, D. L. & Dudgeon, D. (2010). Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, **29**(1), 16. doi.org/10.1899/08-171.1
- 50 Bogardi, J. J., Dudgeon, D., Lawford, R., Flinkerbusch, E., Meyn, A., Pahl-Wostl, C., Vielhauer, K. & Vörösmarty, C. (2012). Water security for a planet under pressure: interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **4**(1), 35–43. doi.org/10.1016/j.cosust.2011.12.002
- 51 Kummu, M., de Moel, H., Ward, P. J. & Varis, O. (2011). How close do we live to water? A global analysis of population distance to freshwater bodies. *PLoS ONE*, **6**(6), e20578. doi.org/10.1371/journal.pone.0020578
- 52 Darwall, W., Smith, K., Allen, D., McGregor Reid, G., Clausnitzer, V. & Kalkman, V. (2009). Freshwater biodiversity – a hidden resource under threat. In: *Wildlife in a changing world: an analysis of the 2008 IUCN red list of threatened species* (J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor, S. N. Stuart, IUCN – The World Conservation Union & IUCN Species Survival Commission, Eds.). IUCN; Lynx Edicions.
- 53 Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M. L. J. & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, **81**(02), 163. doi.org/10.1017/S1464793105006950
- 54 Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A. E., MacDonald, G. K., Zarfl, C. & Reidy Liermann, C. (2015). An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. *Environmental Research Letters*, **10**(1), 015001. doi.org/10.1088/1748-9326/10/1/015001
- 55 Brink, K., Gough, P., Royte, J., Schollema, P. P. & Wanningen, H. (2018). *From Sea to Source 2.0: Protection and restoration of fish migration in rivers worldwide*. World Fish Migration Foundation. <https://worldfishmigrationfoundation.com/wp-content/uploads/2021/01/from_sea_to_source_2_o.pdf>
- 56 Deinet, S., Scott-Gatty, K., Rotton, H., Marconi, V., McRae, L., Baumgartner, L. J., Brink, K., Claussen, J. E., Cooke, S. J., Darwall, W., Eriksson, B. K., Garcia de Leaniz, M. L., Thieme, M., Royte, J., Silva, L. G. M., Tickner, D., Waldman, D., Wanningen, H., Weyl, O. L. F. & Berkhuisen, A. (2020). *The Living Planet Index (LPI) for migratory freshwater fish – Technical Report*. World Fish Migration Foundation, The Netherlands. <https://worldfishmigrationfoundation.com/wp-content/uploads/2020/07/LPI_report_2020.pdf>
- 57 IUCN. (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. <https://www.iucnredlist.org/en>
- 58 IUCN. (2021). IUCN Green Status of Species (1st ed.). IUCN, International Union for Conservation of Nature. doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.02.en
- 59 Cano-Alonso, L. S. (2021). *Ciconia nigra* (Green Status assessment). IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/species/22697669/111747857>
- 60 Azat, C. & Valenzuela-Sánchez, A. (2021). *Rhinoderma darwini* (Green Status assessment). IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/species/22697669/111747857>
- 61 Butchart, S. H. M., Akçakaya, H. R., Chanson, J., Baillie, J. E. M., Collen, B., Quader, S., Turner, W. R., Amin, R., Stuart, S. N. & Hilton-Taylor, C. (2007). Improvements to the Red List Index. *PLOS ONE*, **2**(1), e140. doi.org/10.1371/journal.pone.0000140
- 62 Harfoot, M. B. J., Johnston, A., Balmford, A., Burgess, N. D., Butchart, S. H. M., Dias, M. P., Hazin, C., Hilton-Taylor, C., Hoffmann, M., Isaac, N. J. B., Iversen, L. L., Outhwaite, C. L., Visconti, P. & Geldmann, J. (2021). Using the IUCN Red List to map threats to terrestrial vertebrates at global scale. *Nature Ecology & Evolution*, **1**–10. doi.org/10.1038/s41559-021-01542-9
- 63 Clarke, S. C., McAllister, M. K., Milner-Gulland, E. J., Kirkwood, G. P., Michielsens, C. G., Agnew, D. J., Pikitch, E. K., Nakano, H. & Shivji, M. S. (2006). Global estimates of shark catches using trade records from commercial markets. *Ecology Letters*, **9**(10), 1115–1126.
- 64 McClenachan, L., Cooper, A. B. & Dulvy, N. K. (2016). Rethinking trade-driven extinction risk in marine and terrestrial megafauna. *Current Biology*, **26**(12), 1640–1646.
- 65 Pacoureaux, N., Rigby, C. L., Kyne, P. M., Sherley, R. B., Winker, H., Carlson, J. K., Fordham, S. V., Barreto, R., Fernando, D., Francis, M. P., Jabado, R. W., Herman, K. B., Liu, K.-M., Marshall, A. D., Pollom, R. A., Romanov, E. V., Simpfendorfer, C. A., Yin, J. S., Kindsvater, H. K. & Dulvy, N. K. (2021). Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. *Nature*, **589**(7843), 567–571. doi.org/10.1038/s41586-020-03173-9
- 66 Rigby, C. L., Barreto, R., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Francis, M. P., Herman, K. B., Jabado, R. W., Liu, K. M., Marshall, A., Pacoureaux, N., Romanov, E., Sherley, R. B. & Winker, H. (2019). *Carcharhinus longimanus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T39341A2903170. doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T39341A2903170.en.
- 67 Heithaus, M. R., Frid, A., Vaudo, J. J., Worm, B. & Wirsing, A. J. (2010). Unraveling the ecological importance of elasmobranchs. In: *Sharks and Their Relatives II*. CRC Press.
- 68 Kitchell, J. F., Essington, T. E., Boggs, C. H., Schindler, D. E. & Walters, C. J. (2002). The role of sharks and longline fisheries in a pelagic ecosystem of the central Pacific. *Ecosystems*, **5**(2), 202–216.
- 69 Pimiento, C., Leprieux, F., Silvestro, D., Lefcheck, J. S., Albouy, C., Rasher, D. B., Davis, M., Svenning, J.-C. & Griffin, J. N. (2020). Functional diversity of marine megafauna in the Anthropocene. *Science Advances*, **6**(16), eaay7650.
- 70 Polovina, J. J., Frazier, M., Howell, E. A. & Woodworth, P. (2009). Increases in the relative abundance of mid-trophic level fishes concurrent with declines in apex predators in the subtropical North Pacific, 1996–2006. *Fishery Bulletin*, **107**(4), 523–531.

- 71 Dulvy, N. K., Simpfendorfer, C. A., Davidson, L. N., Fordham, S. V., Bräutigam, A., Sant, G. & Welch, D. J. (2017). Challenges and priorities in shark and ray conservation. *Current Biology*, **27**(11), R565–R572.
- 72 Dulvy, N. K., Fowler, S. L., Musick, J. A., Cavanagh, R. D., Kyne, P. M., Harrison, L. R., Carlson, J. K., Davidson, L. N., Fordham, S. V., Francis, M. P., Pollock, C. M., Simpfendorfer, C. A., Burgess, G. H., Carpenter, K. E., Compagno, L. J., Ebert, D. A., Gibson, C., Heupel, M. R., Livingstone, S. R., Sanciangco, J. C., Stevens, J. D., Valenti, S. & White, W. T. (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *ELife*, **3**, e00590. doi.org/10.7554/eLife.00590
- 73 Jabado, R. W., Kyne, P. M., Pollom, R. A., Ebert, D. A., Simpfendorfer, C. A., Ralph, G. M., Al Dhaheri, S. S., Akhilesh, K. V., Ali, K. & Ali, M. H. (2018). Troubled waters: Threats and extinction risk of the sharks, rays and chimaeras of the Arabian Sea and adjacent waters. *Fish and Fisheries*, **19**(6), 1043–1062.
- 74 Hill, S. L. L., Gonzalez, R., Sanchez-Ortiz, K., Caton, E., Espinoza, F., Newbold, T., Tylisanakis, J., Scharlemann, J. P. W., Palma, A. D. & Purvis, A. (2018). Worldwide impacts of past and projected future land-use change on local species richness and the Biodiversity Intactness Index (p. 311787). *bioRxiv*. doi.org/10.1101/311787
- 75 Natural History Museum. (2022). Biodiversity Intactness Index data | Natural History Museum. Biodiversity Indicators | Natural History Museum. <https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/biodiversity-indicators/biodiversity-intactness-index-data>
- 76 Leclère, D., Obersteiner, M., Barrett, M., Butchart, S. H. M., Chaudhary, A., De Palma, A., DeClerck, F. A. J., Di Marco, M., Doelman, J. C., Dürauer, M., Freeman, R., Harfoot, M., Hasegawa, T., Hellweg, S., Hilbers, J. P., Hill, S. L. L., Humpenöder, F., Jennings, N., Krisztin, T., Mace, G. M., Ohashi, H., Popp, A., ... Young, L. (2020). Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy. *Nature*, **585**(7826), 551–556. doi.org/10.1038/s41586-020-2705-y
- 77 Jung, M., Arnell, A., de Lamo, X., García-Rangel, S., Lewis, M., Mark, J., Merow, C., Miles, L., Ondo, I., Pironon, S., Ravilious, C., Rivers, M., Schepaschenko, D., Tallowin, O., van Soesbergen, A., Govaerts, R., Boyle, B. L., Enquist, B. J., Feng, X., Gallagher, R., Maitner, B., Meiri, S., ... Visconti, P. (2021). Areas of global importance for conserving terrestrial biodiversity, carbon and water. *Nature Ecology & Evolution*, **5**(11), 1499–1509. doi.org/10.1038/s41559-021-01528-7
- 78 Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D., Cabral, R. B., Atwood, T. B., Auber, A., Cheung, W., Costello, C., Ferretti, F., Friedlander, A. M., Gaines, S. D., Garilao, C., Goodell, W., Halpern, B. S., Hinson, A., Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., Leprieux, F., McGowan, J., Morgan, L. E., Mouillot, D., Palacios-Abrantes, J., Possingham, H. P., Rechberger, K. D., Worm, B. & Lubchenco, J. (2021). Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature*, **592**(7854), 397–402. doi.org/10.1038/s41586-021-03371-z
- 79 O'Connor, L. M. J., Pollock, L. J., Renaud, J., Verhagen, W., Verburg, P. H., Lavorel, S., Maiorano, L. & Thuiller, W. (2021). Balancing conservation priorities for nature and for people in Europe. *Science*, **372**(6544), 856–860. doi.org/10.1126/science.abc4896
- 80 Goolmeer, T., Skroblin, A. & Wintle, B. A. (2022). Getting our Act together to improve Indigenous leadership and recognition in biodiversity management. *Ecological Management & Restoration*, **23**(S1), 33–42. doi.org/10.1111/emr.12523
- 81 Schuster, R., Germain, R. R., Bennett, J. R., Reo, N. J. & Arcese, P. (2019). Vertebrate biodiversity on indigenous-managed lands in Australia, Brazil, and Canada equals that in protected areas. *Environmental Science & Policy*, **101**, 1–6. doi.org/10.1016/j.envsci.2019.07.002
- 82 Reid, A. J., Young, N., Hinch, S. G. & Cooke, S. J. (2022). Learning from Indigenous knowledge holders on the state and future of wild Pacific salmon. *FACETS*, **7**, 718–740. doi.org/10.1139/facets-2021-0089
- 83 Reid, A. J., Eckert, L. E., Lane, J.-F., Young, N., Hinch, S. G., Darimont, C. T., Cooke, S. J., Ban, N. C. & Marshall, A. (2021). “Two-Eyed Seeing”: An Indigenous framework to transform fisheries research and management. *Fish and Fisheries*, **22**(2), 243–261. doi.org/10.1111/faf.12516
- 84 UN. (2022). Indigenous Peoples at the United Nations. <https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/about-us.html>
- 85 Darbyshire, I., Anderson, S., Asatryan, A., Byfield, A., Cheek, M., Clubbe, C., Ghrabi, Z., Harris, T., Heatubun, C. D., Kalema, J., Magassouba, S., McCarthy, B., Milliken, W., de Montmollin, B., Lughadha, E. N., Onana, J.-M., Saïdou, D., Sárbu, A., Shrestha, K. & Radford, E. A. (2017). Important Plant Areas: Revised selection criteria for a global approach to plant conservation. *Biodiversity and Conservation*, **26**(8), 1767–1800. doi.org/10.1007/s10531-017-1336-6
- 86 Sayer, J. A., Harcourt, C. S. & Collins, N. M. (1992). *The Conservation Atlas of Tropical Forests: Africa*. IUCN and Simon and Schuster, Cambridge, UK.
- 87 Fitzgerald, M., Nackoney, J., Potapov, P. & Turubanova, S. (2021). Agriculture is the primary driver of tree cover loss across the Forestière region of the Republic of Guinea, Africa. *Environmental Research Communications*, **3**(12), 121004. doi.org/10.1088/2515-7620/ac4278
- 88 Burkill, H. N. (1995). *The Useful Plants of West Tropical Africa. Volume 3, families J-L*. Kew: Royal Botanic Gardens.
- 89 Burkill, H. N. (1994). *The Useful Plants of West Tropical Africa. Volume 2, families E-I*. Kew: Royal Botanic Gardens.
- 90 Akintimehin, E. S., Karigidi, K. O., Anthony, E. O. & Adetuyi, F. O. (2021). Proximate composition, minerals, vitamins, phytochemical constituents and anti-nutrient profile of *Beilschmiedia mannii* seeds and *Combretum racemosum* leaves for soup preparation. *Journal of Food Science and Technology*, **59**, 1847–1854. doi.org/10.1007/s13197-021-05198-y
- 91 Essien, E. U., Esenowo, G. J. & Akpanabiatu, M. I. (1995). Lipid composition of lesser known tropical seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, **48**(2), 135–140. doi.org/10.1007/BF01088309
- 92 Lykke, A. M., Gregersen, S. B., Padonou, E. A., Bassolé, I. H. N. & Dalsgaard, T. K. (2021). Potential of unconventional seed oils and fats from west African trees: A review of fatty acid composition and perspectives. *Lipids*, **56**(4), 357–390. doi.org/10.1002/lipd.12305
- 93 Herbar National de Guinée. (2022). Conservation des arbres menacées de Guinée. <http://www.herbieryguinee.org/conservation-des-arbres-menacees.html>
- 94 Couch, C., Cheek, M., Haba, P. M., Molmou, D., Williams, J., Magassouba, S., Doumbouya, S. & Diallo, Y. M. (2019). *Threatened habitats and Important Plant Areas (TIPAs) of Guinea, west Africa*. Royal Botanic Gardens, Kew, London.
- 95 Moggridge, B. J., Thompson, R. M. & Radoll, P. (2022). Indigenous research methodologies in water management: learning from Australia and New Zealand for application on Kamilaroi country. *Wetlands Ecology and Management*. doi.org/10.1007/s11273-022-09866-4
- 96 NCFRP. (2016). National Cultural Flows Research Project. <https://culturalflows.com.au/>
- 97 Whyte, K. P., Brewer, J. P. & Johnson, J. T. (2015). Weaving Indigenous science, protocols and sustainability science. *Sustainability Science*, **11**(1), 25–32. doi.org/10.1007/s11625-015-0296-6
- 98 Wilson, S. (2008). *Research Is Ceremony*. Fernwood Publishing, Nova Scotia. <https://fernwoodpublishing.ca/book/research-is-ceremony-shawn-wilson>
- 99 UN General Assembly. (2022). The Human Right to a Clean, Healthy and Sustainable Environment. A/RES/76/300. <https://news.un.org/en/story/2022/07/1123482>
- 100 UNEP. (2022). Presidents' Final Remarks to Plenary: Key recommendations for accelerating action towards a healthy planet for the prosperity of all. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40110/Key%20Messages%20and%20Recommendations%20-%20Formatted.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 101 UN Special Rapporteur on human rights and the environment. (2022). The right to a clean, healthy and sustainable environment: non-toxic environment (A/HRC/49/53) <https://www.ohchr.org/en/documents/thematic-reports/ahrc4953-right-clean-healthy-and-sustainable-environment-non-toxic>
- 102 UN Special Rapporteur on human rights and the environment. (2021). Human rights obligations relating to the enjoyment of a safe, clean, healthy and sustainable environment (A/76/179).
- 103 UN Special Rapporteur on human rights and the environment. (2020). Good Practices Report: Recognizing and implementing the right to a healthy environment
- 104 UN Special Rapporteur on human rights and the environment. (2019). Issue of human rights obligations relating to the enjoyment of a safe, clean, healthy and sustainable environment (A/HRC/40/55)
- 105 Boyd, D. R. (2015). *The Optimistic Environmentalist: Progressing Towards a Greener Future*. ECW Press.
- 106 HAC. (2022). HAC for Nature and People. <https://www.hacfornatureandpeople.org>
- 107 Beyond Oil & Gas Alliance. (2022). <https://beyondoilandgasalliance.com/>
- 108 de Vilchez, P. & Savaresi, A. (2022). The right to a healthy environment and climate litigation: A mutually supportive relation? <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3829114>
- 109 IPCC. (2022). Climate Change 2022. *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf>
- 110 IPCC. (2022). Climate Change 2022. *Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://report.ipcc.ch/ar6/wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf>

- 111 IPCC. (2021). Climate Change 2021: *The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. (p. 32). Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf>
- 112 Pörtner et al. (2021). IPBES-IPCC co-sponsored workshop: Biodiversity and climate change workshop report. <https://ipbes.net/sites/default/files/2021-06/20210609_workshop_report_embargo_3pm_CEST_10_june_0.pdf>
- 113 Wackernagel, M., Hanscom, L., Jayasinghe, P., Lin, D., Murthy, A., Neill, E. & Raven, P. (2021). The importance of resource security for poverty eradication. *Nature Sustainability*, **4**(8), 731–738. doi.org/10.1038/s41893-021-00708-4
- 114 Wackernagel, M., Lin, D., Evans, M., Hanscom, L. & Raven, P. (2019). Defying the Footprint Oracle: Implications of country resource trends. *Sustainability*, **11**(7), 2164. doi.org/10.3390/su11072164
- 115 York University, Ecological Footprint Initiative & Global Footprint Network. (2022). *National Footprint and Biocapacity Accounts*, 2022 edition. Produced for the Footprint Data Foundation and distributed by Global Footprint Network. <<https://www.footprintnetwork.org/licenses/public-data-package-free/>>
- 116 Galli, A., Wackernagel, M., Iha, K. & Lazarus, E. (2014). Ecological Footprint: Implications for biodiversity. *Biological Conservation*, **173**, 121–132. doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.019
- 117 Wackernagel, M., Hanscom, L. & Lin, D. (2017). Making the Sustainable Development Goals consistent with sustainability. *Frontiers in Energy Research*, **5**. <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fenrg.2017.00018>>
- 118 Vause, J. (2020). *Exploring the relationship between trade and biodiversity through the lens of the Dasgupta Review of the Economics of Biodiversity*. UK Research and Innovation Global Challenges Research Fund (UKRI GCRF) Trade, Development and the Environment Hub. <<https://tradehub.earth/wp-content/uploads/2021/03/Vause-2020-Exploring-Trade-and-Biodiversity.pdf>>
- 119 Molotoks, A. & West, C. (2021). Which forest-risk commodities imported to the UK have the highest overseas impacts? A rapid evidence synthesis. *Emerald Open Research*, **3**, 22. doi.org/10.35241/emeraldopenres.14306.1
- 120 UNEP. (2021). *Biodiversity and international trade policy primer: How does nature fit in the sustainable trade agenda?* UK Research and Innovation Global Challenges Research Fund (UKRI GCRF) Trade, Development and the Environment Hub, UN Environment Programme (UNEP), and the Forum on Trade, Environment & the SDGs (TESS). <https://tradehub.earth/wp-content/uploads/2021/11/Biodiversity-and-International-Trade-Policy-Primer-Documents_05.pdf>
- 121 WWF-UK. (2022). *Designing due diligence*. WWF-UK. <https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-03/WWF-UK_Designing%20Due%20Diligence%20-%20Final%20.pdf>
- 122 FSIN and Global Network Against Food Crises. (2022). *2022 Global Report on Food Crises*. <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9997en>>
- 123 FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. (2022). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable*. Rome, FAO.
- 124 Hertel, T., Elouafi, I., Tanticharoen, M. & Ewert, F. (2021). Diversification for enhanced food systems resilience. *Nature Food*, **2**(11), 832–834. doi.org/10.1038/s43016-021-00403-9
- 125 FAO. (2021). *The State of Food and Agriculture 2021; Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. Rome, FAO. <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4476en>>
- 126 Doelman, J. C., Beier, F. D., Stehfest, E., Bodirsky, B. L., Beusen, A. H. W., Humpenöder, F., Mishra, A., Popp, A., van Vuuren, D. P., de Vos, L., Weindl, I., van Zeist, W.-J. & Kram, T. (2022). Quantifying synergies and trade-offs in the global water-land-food-climate nexus using a multi-model scenario approach. *Environmental Research Letters*, **17**(4), 045004. doi.org/10.1088/1748-9326/ac5766
- 127 Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassalle, L., de Vries, W., Vermeulen, S. J., Herrero, M., Carlson, K. M., Jonell, M., Troell, M., DeClerck, F., Gordon, L. J., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H. C. J., Tilman, D., Rockström, J. & Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, **562**(7728), 519–525. doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0
- 128 Strassburg, B. B. N., Iribarrem, A., Beyer, H. L., Cordeiro, C. L., Crouzeilles, R., Jakovac, C. C., Braga Junqueira, A., Lacerda, E., Latawiec, A. E., Balmford, A., Brooks, T. M., Butchart, S. H. M., Chazdon, R. L., Erb, K.-H., Brancalion, P., Buchanan, G., Cooper, D., Diaz, S., Donald, P. F., Kapos, V., Leclère, D., Miles, L., Obersteiner, M., Plutzer, C., de M. Scaramuzza, C. A., Scarano, F. R. & Visconti, P. (2020). Global priority areas for ecosystem restoration. *Nature*, **586**(7831), 724–729. doi.org/10.1038/s41586-020-2784-9
- 129 Dooley, K., Holz, C., Kartha, S., Klinsky, S., Roberts, J. T., Shue, H., Winkler, H., Athanasiou, T., Caney, S., Cripps, E., Dubash, N. K., Hall, G., Harris, P. G., Lahn, B., Moellendorf, D., Müller, B., Sagar, A. & Singer, P. (2021). Ethical choices behind quantifications of fair contributions under the Paris Agreement. *Nature Climate Change*, **11**(4), 300–305. doi.org/10.1038/s41558-021-01015-8
- 130 Robiou du Pont, Y., Jeffery, M. L., Gütschow, J., Rogelj, J., Christoff, P. & Meinshausen, M. (2017). Equitable mitigation to achieve the Paris Agreement goals. *Nature Climate Change*, **7**(1), 38–43. doi.org/10.1038/nclimate3186
- 131 Kikstra, J. S., Mastrucci, A., Min, J., Riahi, K. & Rao, N. D. (2021). Decent living gaps and energy needs around the world. *Environmental Research Letters*, **16**(9), 095006. doi.org/10.1088/1748-9326/ac1c27
- 132 Chaplin-Kramer, R., Sharp, R. P., Weil, C., Bennett, E. M., Pascual, U., Arkema, K. K., Brauman, K. A., Bryant, B. P., Guerry, A. D., Haddad, N. M., Hamann, M., Hamel, P., Johnson, J. A., Mandel, L., Pereira, H. M., Polasky, S., Ruckelshaus, M., Shaw, M. R., Silver, J. M., Vogl, A. L. & Daily, G. C. (2019). Global modeling of nature's contributions to people. *Science*, **366**(6462), 255–258. doi.org/10.1126/science.aaw3372
- 133 Johnson, J. A., Baldos, U., Liu, J., Nootenboom, C., Polasky, S. & Roxburg, T. (2020). *Global Futures: Modelling the global economic impacts of environmental change to support policy-making*. <https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/global_futures_technical_report.pdf>
- 134 Waldron, A., Adams, V., Allan, J., Arnell, A., Asner, G., Atkinson, S., Baccini, A., Baillie, E., Balmford, A., Beau, J. A., Brander, L., Brondizio, E., Bruner, A., Burgess, N., Burkart, K., Butchart, S., Button, R., Carrasco, R., Cheung, W., Christensen, V., Clements, A., Coll, M., ... Zhang, Y. (2020). Protecting 30% of the planet for nature: costs, benefits and economic implications. Working paper analysing the economic implications of the proposed 30% target for areal protection in the draft post-2020 Global Biodiversity Framework. <https://www.conservation.cam.ac.uk/files/waldron_report_30_by_30_publish.pdf>
- 135 Rosa, M. R., Brancalion, P. H. S., Crouzeilles, R., Tambosi, L. R., Piffer, P. R., Lenti, F. E. B., Hirota, M., Santiami, E. & Metzger, J. P. (2021). Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. *Science Advances*, **7**(4), eabc4547. doi.org/10.1126/sciadv.abc4547
- 136 Díaz, S., Zafra-Calvo, N., Purvis, A., Verburg, P. H., Obura, D., Leadley, P., Chaplin-Kramer, R., De Meester, L., Dulloo, E., Martín-López, B., Shaw, M. R., Visconti, P., Broadgate, W., Bruford, M. W., Burgess, N. D., Cavender-Bares, J., DeClerck, F., Fernández-Palacios, J. M., Garibaldi, L. A., Hill, S. L. L., Isbell, F., Khoury, C. K., Krug, C. B., Liu, J., Maron, M., McGowan, P. J. K., Pereira, H. M., Reyes-García, V., Rocha, J., Rondinini, C., Shannon, L., Shin, Y.-J., Snelgrove, P. V. R., Spehn, E. M., Strassburg, B., Subramanian, S. M., Tewksbury, J. J., Watson, J. E. M. & Zanne, A. E. (2020). Set ambitious goals for biodiversity and sustainability. *Science*, **370**(6515), 411–413. doi.org/10.1126/science.abe1530
- 137 Mace, G. M. (2014). Whose conservation? *Science*, **345**(6204), 1558–1560. doi.org/10.1126/science.1254704
- 138 Rosa, I. M. D., Pereira, H. M., Ferrier, S., Alkemade, R., Acosta, L. A., Akcakaya, H. R., den Belder, E., Fazel, A. M., Fujimori, S., Harfoot, M., Harhash, K. A., Harrison, P. A., Hauck, J., Hendriks, R. J. J., Hernández, G., Jetz, W., Karlsson-Vinkhuyzen, S. I., Kim, H., King, N., Kok, M. T. J., Kolomytsev, G. O., Lazarova, T., Leadley, P., Lundquist, C. J., García Márquez, J., Meyer, C., Navarro, L. M., Nesshöver, C., Ngo, H. T., Ninan, K. N., Palomo, M. G., Pereira, L. M., Peterson, G. D., Pichs, R., Popp, A., Purvis, A., Ravera, F., Rondinini, C., Sathyapalan, J., Schipper, A. M., Seppelt, R., Settele, J., Sitas, N. & van Vuuren, D. (2017). Multiscale scenarios for nature futures. *Nature Ecology & Evolution*, **1**(10), 1416–1419. doi.org/10.1038/s41559-017-0273-9
- 139 Soergel, B., Kriegl, E., Bodirsky, B. L., Bauer, N., Leimbach, M. & Popp, A. (2021). Combining ambitious climate policies with efforts to eradicate poverty. *Nature Communications*, **12**(1), 2342. doi.org/10.1038/s41467-021-22315-9
- 140 Pereira, L. M., Davies, K. K., Belder, E., Ferrier, S., Karlsson-Vinkhuyzen, S., Kim, H., Kuiper, J. J., Okayasu, S., Palomo, M. G., Pereira, H. M., Peterson, G., Sathyapalan, J., Schoolenberg, M., Alkemade, R., Carvalho Ribeiro, S., Greenaway, A., Hauck, J., King, N., Lazarova, T., Ravera, F., Chettri, N., Cheung, W. W. L., Hendriks, R. J. J., Kolomytsev, G., Leadley, P., Metzger, J., Ninan, K. N., Pichs, R., Popp, A., Rondinini, C., Rosa, I., Vuuren, D. & Lundquist, C. J. (2020). Developing multiscale and integrative nature–people scenarios using the Nature Futures Framework. *People and Nature*, **2**(4), 1172–1195. doi.org/10.1002/pan3.10146
- 141 Frishkoff, L. O., Karp, D. S., Flanders, J. R., Zook, J., Hadly, E. A., Daily, G. C. & M'Gonigle, L. K. (2016). Climate change and habitat conversion favour the same species. *Ecology Letters*, **19**(9), 1081–1090. doi.org/10.1111/ele.12645

- 142 Hendershot, J. N., Smith, J. R., Anderson, C. B., Letten, A. D., Frishkoff, L. O., Zook, J. R., Fukami, T. & Daily, G. C. (2020). Intensive farming drives long-term shifts in avian community composition. *Nature*, **579**(7799), 393–396. doi.org/10.1038/s41586-020-2090-6
- 143 Oliver, T. H., Gillings, S., Pearce-Higgins, J. W., Brereton, T., Crick, H. Q. P., Duffield, S. J., Morecroft, M. D. & Roy, D. B. (2017). Large extents of intensive land use limit community reorganization during climate warming. *Global Change Biology*, **23**(6), 2272–2283. doi.org/10.1111/gcb.13587
- 144 Platts, P. J., Mason, S. C., Palmer, G., Hill, J. K., Oliver, T. H., Powney, G. D., Fox, R. & Thomas, C. D. (2019). Habitat availability explains variation in climate-driven range shifts across multiple taxonomic groups. *Scientific Reports*, **9**(1), 15039. doi.org/10.1038/s41598-019-51582-2
- 145 Oliver, T. H. & Morecroft, M. D. (2014). Interactions between climate change and land use change on biodiversity: Attribution problems, risks, and opportunities. *WIREs Climate Change*, **5**(3), 317–335. doi.org/10.1002/wcc.271
- 146 Williams, J. J. & Newbold, T. (2020). Local climatic changes affect biodiversity responses to land use: A review. *Diversity and Distributions*, **26**(1), 76–92. doi.org/10.1111/ddi.12999
- 147 Outhwaite, C. L., McCann, P. & Newbold, T. (2022). Agriculture and climate change are reshaping insect biodiversity worldwide. *Nature*, **605**(7908), 97–102. doi.org/10.1038/s41586-022-04644-x
- 148 Hellegers, M., van Swaay, C. A. M., van Hinsberg, A., Huijbregts, M. A. J. & Schipper, A. M. (2022). Modulating effects of landscape characteristics on responses to warming differ among butterfly species. *Frontiers in Ecology and Evolution*, **10**. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fevo.2022.873366>
- 149 FFI. (2021). *Coordinated and collaborative application of the mitigation hierarchy in complex multi-use landscapes in Africa. A conceptual framework integrating socioecological considerations*. Fauna & Flora International: Cambridge, UK. <https://www.fauna-flora.org/app/uploads/2021/02/FFI_CALM_Framework_2021_ENG-1.pdf>
- 150 Carrington, D. (2019). 'Death by a thousand cuts': vast expanse of rainforest lost in 2018. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2019/apr/25/death-by-a-thousand-cuts-vast-expanse-rainforest-lost-in-2018>
- 151 Díaz, S., Settele, J., Brondizio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneith, A., Balvanera, P., Brauman, K. A., Butchart, S. H. M., Chan, K. M. A., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S. M., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razaque, J., Reyers, B., Chowdhury, R. R., Shin, Y.-J., Visseren-Hamakers, I., Willis, K. J. & Zayas, C. N. (2019). Persistent human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*, **366**(6471), eaax3100. doi.org/10.1126/science.aax3100
- 152 Sterner, T., Barbier, E. B., Bateman, I., van den Bijgaart, I., Crépin, A.-S., Edenhofer, O., Fischer, C., Habla, W., Hassler, J., Johansson-Stenman, O., Lange, A., Polasky, S., Rockström, J., Smith, H. G., Steffen, W., Wagner, G., Wilen, J. E., Alpizar, F., Azar, C., Carless, D., Chávez, C., Coria, J., Engström, G., Jagers, S. C., Köhlin, G., Löfgren, Å., Pleijel, H. & Robinson, A. (2019). Policy design for the Anthropocene. *Nature Sustainability*, **2**(1), 14–21. doi.org/10.1038/s41893-018-0194-x
- 153 Alkemade, F. & de Coninck, H. (2021). Policy mixes for sustainability transitions must embrace system dynamics. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, **41**, 24–26. doi.org/10.1016/j.eist.2021.10.014
- 154 Jagers, S. C., Harring, N., Löfgren, Å., Sjöstedt, M., Alpizar, F., Brülde, B., Langlet, D., Nilsson, A., Almroth, B. C., Dupont, S. & Steffen, W. (2020). On the preconditions for large-scale collective action. *Ambio*, **49**(7), 1282–1296. doi.org/10.1007/s13280-019-01284-w
- 155 Lenton, T. M., Benson, S., Smith, T., Ewer, T., Lanel, V., Petykowski, E., Powell, T. W. R., Abrams, J. F., Blomsma, F. & Sharpe, S. (2022). Operationalising positive tipping points towards global sustainability. *Global Sustainability*, **5**, e1. doi.org/10.1017/sus.2021.30
- 156 Ministry of Environment and Forestry. (2020). *Integrated master plan for restoration and rehabilitation of Elgeyo-Cherangany hills ecosystem*. <https://www.wvkenya.org/knowledge_hub/our_publications_/?233611/Integrated-Master-Plan-for-Rehabilitation-and-Restoration-of-the-Cherangany-Elgeyo-Hills-Ecosystem>
- 157 Pitsiladis, Y. (Ed.). (2007). *East African running: toward a cross-disciplinary perspective*. Routledge.
- 158 Constitution of Kenya. (2010). Constitution of Kenya, Article 69(1)(c). <http://www.kenyalaw.org/lex/actview.xql?actid=Const2010#KE/CON/Const2010/chap_5>
- 159 Government of Kenya. (2016). *Green Economy Strategy and Implementation Plan 2016 – 2030*. Government of Kenya. <http://www.environment.go.ke/wp-content/uploads/2018/08/GESIP_Final23032017.pdf>
- 160 UK PACT, S. H. (2020). UK PACT supports Kenya's low-carbon and inclusive green growth ambition with £3.7m funding. <https://www.ukpact.co.uk/news/uk-pact-supports-kenyas-low-carbon-and-inclusive-green-growth-ambition-with-3.7-million-funding>
- 161 Maron, M., Simmonds, J. S., Watson, J. E. M., Sonter, L. J., Bennun, L., Griffiths, V. F., Quétiér, F., von Hase, A., Edwards, S., Rainey, H., Bull, J. W., Savy, C. E., Victurine, R., Kiesecker, J., Puydarrieux, P., Stevens, T., Cozannet, N. & Jones, J. P. G. (2020). Global no net loss of natural ecosystems. *Nature Ecology & Evolution*, **4**(1), 46–49. doi.org/10.1038/s41559-019-1067-z
- 162 RAISG. (2020). *Amazonia Under Pressure 2020*. Amazon Network of Georeferenced Socio-environmental Information. RAISG. <https://www.amazoniasocioambiental.org/en/publication/amazonia-under-pressure-2020/>
- 163 Bullock, E. L., Woodcock, C. E., Souza Jr., C. & Olofsson, P. (2020). Satellite-based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon. *Global Change Biology*, **26**(5), 2956–2969. doi.org/10.1111/gcb.15029
- 164 Malhi, Y., Saatchi, S., Girardin, C. & Aragão, L. E. O. C. (2009). The production, storage, and flow of carbon in Amazonian forests. In: *Amazonia and Global Change* (pp. 355–372). American Geophysical Union (AGU). doi.org/10.1029/2008GM000733
- 165 Saatchi, S. S., Houghton, R. A., Dos Santos Alvalá, R. C., Soares, J. V. & Yu, Y. (2007). Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global Change Biology*, **13**(4), 816–837. doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01323.x
- 166 Raven, P. H., Gereau, R. E., Phillipson, P. B., Chatelain, C., Jenkins, C. N. & Ulloa Ulloa, C. (2020). The distribution of biodiversity richness in the tropics. *Science Advances*, **6**(37), eabc6228. doi.org/10.1126/sciadv.abc6228
- 167 Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Brooks, T. M., Pilgrim, J. D., Konstant, W. R., da Fonseca, G. A. B. & Kormos, C. (2003). Wilderness and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **100**(18), 10309–10313. doi.org/10.1073/pnas.1732458100
- 168 Josse C, Futada S. M., von Hildebrand M, de los Rios M.M, Oliveira-Miranda M.A, Moraes E.N.S., Tuesta E. (2021). Chapter 16: The state of conservation policies, protected areas, and Indigenous territories, from the past to the present. In: Nobre, C. & Encalada, A. (2021). *Amazon Assessment Report 2021* (1st ed.). UN Sustainable Development. <doi.org/10.55161/KZLB5335>
- 169 Science Panel for the Amazon, Nobre, C. & Encalada, A. (2021). *Amazon Assessment Report 2021* (1st ed.). UN Sustainable Development Solutions Network (SDSN). doi.org/10.55161/RWSX6527
- 170 Cooley, S., Schoeman, D., Bopp, L., Boyd, P., Donner, S., Ghebrehiwet, D. Y., Ito, S.-Y., Kiessling, W., Martinetto, P., Ojea, E., Racault, M.-F., Rost, B., & Skern-Mauritzen, M. (2022). Ocean and Coastal Ecosystems and their Services. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_Chapter03.pdf>
- 171 Soroye, P., Newbold, T. & Kerr, J. (2020). Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents. *Science*, **367**(6478), 685–688. doi.org/10.1126/science.aax8591
- 172 COICA. (2022). *Amazonia for life: protected 80% by 2025. Key results and policy*. <https://amazonia80x2025.earth/declaration>
- 173 Lovejoy, T. E. & Nobre, C. (2019). Amazon tipping point: Last chance for action. *Science Advances*, **5**(12), eaba2949. doi.org/10.1126/sciadv.aba2949
- 174 Walker, W. S., Gorelik, S. R., Baccini, A., Aragon-Osejo, J. L., Josse, C., Meyer, C., Macedo, M. N., Augusto, C., Rios, S., Katan, T., de Souza, A. A., Cuellar, S., Llanos, A., Zager, I., Mirabal, G. D., Solvik, K. K., Farina, M. K., Moutinho, P. & Schwartzman, S. (2020). The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **117**(6), 3015–3025. doi.org/10.1073/pnas.1913321117
- 175 IUCN. (2021). *Proceedings of the Members' Assembly: World Conservation Congress Marseille, France 3–10 September 2021*. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/WCC-7th-005-En.pdf>
- 176 RAISG. (2020). *Amazonia Under Pressure 2020*. Amazon Network of Georeferenced Socio-environmental Information. <https://www.amazoniasocioambiental.org/en/publication/amazonia-under-pressure-2020>
- 177 Lovejoy, T. E. & Nobre, C. (2018). Amazon tipping point. *Science Advances*, **4**(2), eaat2340. <doi.org/10.1126/sciadv.aat2340>

178 Warren, R., J. Price, E. Graham, N. Forstenhaeusler, and J. VanDerWal. (2018). The projected effect on insects, vertebrates, and plants of limiting global warming to 1.5° C rather than 2° C. *Science*, **360(6390)**: 791-795.

179 Kok, M. T. J., Meijer, J. R., van Zeist, W.-J., Hilbers, J. P., Immovilli, M., Janse, J. H., Stehfest, E., Bakkenes, M., Tabeau, A., Schipper, A. M., & Alkemade, R. (2022). Assessing ambitious nature conservation strategies within a 2 degree warmer and food-secure world [Preprint]. <doi.org/10.1101/2020.08.04.236489>

180 Chan, K.M., Boyd, D.R., Gould, R.K., Jetzkowitz, J., Liu, J., Muraca, B., Naidoo, R., Olmsted, P., Satterfield, T., Selomane, O. & Singh, G.G., 2020. Levers and leverage points for pathways to sustainability. *People and Nature*, **2(3)**, 693-717.

181 Abson D.J., Fischer J., Leventon J., Newig J., Schomerus T., Vilsmaier U., Von Wehrden H., Abernethy P., Ives C.D., Jager N.W., Lang D.J. (2017) Leverage points for sustainability transformation. *Ambio*, **46(1)**, 30-39.

182 He, F., Bremerich, V., Zarfl, C., Geldmann, J., Langhans, S. D., David, J. N. W., Darwall, W., Tockner, K., & Jähnig, S. C. (2018). Freshwater megafauna diversity: Patterns, status and threats. *Diversity and Distributions*, **24(10)**, 1395-1404. <doi.org/10.1111/ddi.12780>

183 Lin, D., Hanscom, L., Murthy, A., Galli, A., Evans, M., Neill, E., Mancini, M. S., Martindill, J., Medouar, F.-Z., Huang, S., & Wackernagel, M. (2018). Ecological Footprint Accounting for Countries: Updates and Results of the National Footprint Accounts, 2012-2018. *Resources*, **7(3)**, 58. doi.org/10.3390/resources7030058

184 WWF/ZSL. (2022). The Living Planet Index database. <www.livingplanetindex.org>.

185 Galli, A., Iha, K., Moreno Pires, S., Mancini, M. S., Alves, A., Zokai, G., Lin, D., Murthy, A., & Wackernagel, M. (2020). Assessing the Ecological Footprint and biocapacity of Portuguese cities: Critical results for environmental awareness and local management. *Cities*, **96**, 102442. doi.org/10.1016/j.cities.2019.102442

186 Galli, A., Iha, K., Halle, M., El Bilali, H., Grunewald, N., Eaton, D., Capone, R., Debs, P., & Bottalico, F. (2017). Mediterranean countries' food consumption and sourcing patterns: An Ecological Footprint viewpoint. *Science of the Total Environment*, **578**, 383-391. <doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.191>

187 Galli, A., Weinzettel, J., Cranston, G., & Ercin, E. (2013). A Footprint Family extended MRIO model to support Europe's transition to a One Planet Economy. *Science of the Total Environment*, **461-462**, 813-818. <doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.040>

188 Mancini, M. S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Bastianoni, S., Wackernagel, M., & Marchettini, N. (2016). Ecological Footprint: Refining the carbon Footprint calculation. *Ecological Indicators*, **61**, 390-403. <doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.040>

189 Wackernagel, M., Hanscom, L., Jayasinghe, P., Lin, D., Murthy, A., Neill, E., & Raven, P. (2021). The importance of resource security for poverty eradication. *Nature Sustainability*, **4(8)**, 731-738. <doi.org/10.1038/s41893-021-00708-4>

190 Maani, K., & Cavana, R. Y. (2017). *Systems Thinking, System Dynamics: Managing Change and Complexity* (2nd ed.). Prentice Hall.

191 IIS. (2022). Identificando Áreas Prioritárias para Restauração, Bioma Amazônia. Instituto Internacional para Sustentabilidade. <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2022/02/AMZ-29.pdf>

192 CBD. (2021). First draft of the post-2020 global biodiversity framework. Convention on Biological Diversity. Open ended working group on the post-2020 global biodiversity framework. <https://www.cbd.int/doc/c/abb5/591f/2e46096d3f0330b08ce87a45/wg2020-03-03-en.pdf>

193 Locke, H., Rockström, J., Bakker, P., Bapna, M., Gough, M., Lambertini, M., Morris, J., Zabey, E. & Zurita, P. (2021). A Nature-Positive World: the Global Goal for Nature, Naturepositive.org. <https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/4783129/Nature%20Positive%20The%20Global%20Goal%20for%20Nature%20paper.pdf>

WWF 글로벌 네트워크

가봉	영국
가이아나	오스트리아
과테말라	온두라스
그리스	우간다
나미비아	우크라이나
남아프리카 공화국	이탈리아
네덜란드	인도
네팔	인도네시아
노르웨이	일본
뉴질랜드	잠비아
대한민국	조지아
덴마크	중국
독일	중앙아프리카공화국
라오스	짐바브웨
러시아	칠레
루마니아	카메룬
마다가스카르	캄보디아
말레이시아	캐나다
멕시코	케냐
모로코	콜롬비아
모잠비크	콩고민주공화국
몽골	쿠바
미국	쿠아티아
미얀마	탄자니아
베트남	태국
벨기에	터키
벨리즈	투니지
볼리비아	파나마
부탄	파라과이
불가리아	파키스탄
브라질	파푸아뉴기니
솔로몬제도	페루
수리남	포르투갈
스웨덴	폴란드
스위스	프랑스
스페인	프랑스령기아나
슬로바키아	피지
싱가포르	핀란드
아랍에미리트	필리핀
아르메니아	헝가리
아제르바이잔	호주
에콰도르	홍콩

WWF 제휴기관

- Fundación Vida Silvestre (아르헨티나)
- Pasaules Dabas Fonds (라트비아)
- Nigerian Conservation Foundation (나이지리아)

출판 정보

본 저작물은 2022년 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 저작권 제목 및 저작권자인 상기 출판자를 명시해야 합니다.

원제:

WWF. (2022) Living Planet Report 2022 – Building a nature-positive society. Almond, R.E.A., Grooten, M., Juffe Bignoli, D. & Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland.

텍스트 및 그래픽 공자: © 2022 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.

OUR MISSION IS TO STOP THE DEGRADATION OF THE PLANET'S NATURAL ENVIRONMENT AND TO BUILD A FUTURE IN WHICH PEOPLE LIVE IN HARMONY WITH NATURE.



WWF(세계자연기금)는 지구의 자연환경 파괴를 막고
자연과 인간이 조화롭게 공존하는 미래를 위해 일하는
세계 최대 자연보전기관입니다.

together possible. wwfkorea.or.kr

© 2022

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

® 'WWF'는 WWF의 등록상표입니다.