



WWF

세계자연기금

REPORT

INT

2014

THIS REPORT
HAS BEEN
PRODUCED IN
COLLABORATION
WITH:



Water Footprint
NETWORK

ZSL
LIVING CONSERVATION

지구생명 보고서 2014

Living Planet Report 2014

생물종과 공간,
사람과 장소

세계자연기금 (WWF)

세계자연기금(WWF)은 세계적인 비영리 환경보전기관으로, 세계 100여 개국에서 글로벌 네트워크를 구축해 500만 명 이상의 후원자들과 함께 활발히 활동하고 있습니다. WWF는 우리의 푸른 별 지구의 자연환경을 보전하고 인간이 자연과 조화롭게 살아가는 미래를 만들고자 합니다. 이를 위해, 생물다양성을 보전하고 재생 가능한 자연자원의 이용을 지속 가능한 방식으로 유도하며, 환경오염 및 불필요한 소비 절감에 대한 의식을 고취시키는 데 힘쓰고 있습니다. 한국에서도 지난 10년간 환경보전 활동을 해왔으며, 2014년 공식적으로 세계자연기금 한국본부(WWF-Korea)가 설립되었습니다.

런던동물학회 (Zoological Society of London)

1826년에 설립된 런던동물학회(ZSL)는 전 세계 동물과 그 서식처를 보전하는 것을 목표로 과학연구, 자연보전, 교육사업 등의 활동을 펼치고 있는 국제 학술단체입니다. 런던동물학회는 런던동물원(ZSL London Zoo)과 윌스네이드 동물원(ZSL Whipsnade Zoo)을 운영하고 있으며, 동물학연구소(Institute of Zoology)를 세워 과학적 연구를 수행하고, 전 세계를 무대로 자연보전운동을 활발하게 벌이고 있습니다. 또한 런던동물학회는 세계자연기금(WWF)과 공동사업으로 지구생명지수(Living Planet Index®)를 개발, 운영하고 있습니다.

글로벌 생태발자국 네트워크 (Global Footprint Network)

글로벌 생태발자국 네트워크는 자원 사용을 정확히 측정하기 위해 생태발자국(Ecological Footprint) 측정 시스템을 개발함으로써 과학적인 연구를 통해 지속가능성을 측정 가능한 영역으로 변모시키고 있습니다. 전 세계 의사결정권자들에게 정확한 측정자료를 제공함으로써 세계 경제가 지구의 생태학적 범주 내에서 운영되도록 일조하고 있습니다.

물발자국 네트워크 (Water Footprint Network)

물발자국 네트워크(WFN)는 전 세계 담수 사용을 공정하고 합리적인 방식으로 전환시키기 위해 출범한 다자간 네트워크입니다. 2011년 세계 물발자국 평가 표준 발표 후 지식 공유, 해결방안 모색 및 시연, 지역공동체 연계 등을 통해 물발자국 평가의 사용을 확대시키고 있습니다. WFN은 세계에서 가장 포괄적인 물발자국 데이터베이스인 WaterStat 및 물발자국 평가 도구(Water Footprint Assessment Tool)를 운용하고 있습니다.

세계자연기금국제본부 (WWF International)

Avenue du Mont-Blanc
1196 Gland, Switzerland
www.panda.org

동물학 연구소 (Institute of Zoology)

Zoological Society of London
Regent's Park, London NW1 4RY, UK
www.zsl.org/indicators
www.livingplanetindex.org

글로벌 생태발자국 네트워크 (Global Footprint Network)

312 Clay Street, Suite 300
Oakland, California 94607, USA
www.footprintnetwork.org

물발자국 네트워크 (Water Footprint Network)

Drienerlolaan 5
7522 NB Enschede
The Netherlands
www.waterfootprint.org

디자인 : millerdesign.co.uk

표지 사진 : © European Space Agency. Envisat으로 촬영한 레이더 이미지로서 르완다와 우간다의 접경지역을 거쳐 동쪽으로 콩고 공화국에 이르는 비룡가 화산 지대의 사진이다. 동일한 지역을 각각 2003년 3월 27일, 2006년 1월 5일, 2010년 8월 12일에 촬영한 Envisat 레이더 이미지를 합성하여 만들었다.

ISBN 978-2-940443-87-1

Living Planet Report®
and Living Planet Index®
are registered trademarks
of WWF International.



이 보고서는 세계산림책임관리회(FSC™, Forest Stewardship Council™)로부터 인증 받은 종이와 방식으로 인쇄되었습니다.

목차

| | |
|--------|----|
| 서문 | 6 |
| 보고서 소개 | 12 |
| 보고서 요약 | 16 |

| | |
|---------------|----|
| 제1장. 지구의 현황 | 20 |
| 지구생명지수® | 20 |
| 생태발자국 | 36 |
| 물발자국 | 44 |
| 인구와 소비 그리고 발전 | 54 |

| | |
|---------------------|----|
| 제2장. 미래를 위한 그림 그리기 | 64 |
| 멀리서 바라보기: 전 세계적인 상황 | 65 |
| 자세히 들여다보기: 지역적 상황 | 74 |

| | |
|-----------------------|----|
| 제3장. 우리가 관심을 가져야 할 이유 | 86 |
| 생태계 서비스와 그 가치 | 88 |
| 식량과 물 그리고 에너지 | 91 |
| 건강한 지역사회 | 94 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 제4장. 하나뿐인 지구를 위한 해결책 | 100 |
| 칠레 남부: 보전과 생산 그리고 사람 | 102 |
| 마운틴고릴라: 공동체와 자연보전 | 106 |
| 벨리즈: 자연자본의 가치 존중 | 110 |
| 남아프리카공화국: 농장과 습지 | 114 |
| 대보초: 토지, 하천, 바다 | 118 |
| 덴마크: 변화의 바람 | 122 |
| 우리가 사랑하는 도시(We love cities) | 126 |

| | |
|----------------|-----|
| 앞으로 우리가 가야 할 길 | 132 |
|----------------|-----|

| | |
|---------------|-----|
| 부록: 데이터와 해설 | 134 |
| 지구생명지수® FAQ | 136 |
| 생태발자국 FAQ | 148 |
| 물발자국 FAQ | 161 |
| 용어 목록 및 약어 목록 | 164 |

| | |
|------|-----|
| 참고자료 | 168 |
|------|-----|

Editor- In-Chief: Richard McLellan.

Lead Editors: Leena Iyengar, Barney Jeffries, Natasja Oerlemans.

Editorial Team: Monique Grooten, May Guerraoui, Paul Suinters.

External reviewers

Dr Jennie Moore, *Director, Sustainable Development and Environment Stewardship, BCIT School of Construction and the Environment, British Columbia Institute of Technology, British Columbia, Canada.*

Professor Topiltzin Contreras Macbeath, *Head Of The Conservation Biology Research Group, Centro De Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos; and Minister for Sustainable Development, Government of the State of Morelos, Mexico.*

Contributors

Zoological Society of London: Louise McRae, Robin Freeman, Stefanie Deinet.

Global Footprint Network: Jason Ortego, Mathis Wackernagel, Steve Goldfinger, Golnar Zokai, Elias Lazarus, Michael Borucke, Scott Mattoon, Geoff Trotter.

Water Footprint Network: Ashok Chapagain.

WWF: Alison Harley (*Tigers Alive*), Joanne Shaw (*Rhino programme*), Cassandra Brooke (*climate*), Jon Hoekstra, (*land use and ecosystem services*); Rodney Taylor (*forests*); Paul Chatterton (*REDD+*); Jessica Battle (*marine*); Stuart Orr, Oliver Maennicke (*freshwater*); Ricardo Bosshard, Rodrigo Catalán, María Elisa Arroyo, Marygrace Balinos, Jaime Molina, Irina Montenegro, Cristina Torres, Francisco Vidí, Trevor Walter (*Chile case study*); David Greer (*mountain gorilla case study*); Aimee Gonzales, Amy Rosenthal, Valerie Burgener, Gregory Verutes (*Belize case study*); Luis Neves Silva, Sindiswa Nobula (*South Africa case study*); Sean Hoobin, Julie Chaise, Joshua Bishop, Doug Yuille (*Great Barrier Reef case study*); Hanne Jersild (*Denmark case study*); Carina Borgström-Hansson, Jeet Mistry, Annsophie Aronsson, Lina Dabbagh, Laura Tyrer, Mi Hwa Chae, Kiran Rajashekariah, Vanessa Perez-Cirera, Jinlei Feng, Liangchun Deng, (*cities*); Nasser Olwero, Shalynn Pack, Aurelie Shapiro (*GIS maps*).

Additional key contributions received from

Kate Arkema (Stanford University), **Albert Bleeker** (Energy Research Centre of the Netherlands), **Félix Pharand-Deschênes** (Globaña), **Jan Willem Erisman** (Integrated Nitrogen Studies, VU University Amsterdam), **Louise Gallagher** (Luc Hoffmann Institute), **James Galloway** (University of Virginia), **Elaine Geyer-Allely** (WWF International), **David Harmon** (George Wright Society), **Eric Kissel** (WG2 TSU, IPCC), **Allison Leech** (University of Virginia), **Jonathan Loh** (ZSL), **Anna Behm Masozera** (IGCP), **Robert Meisner** (European Space Agency), **Mesfin Mekonnen** (University of Twente, the Netherlands), **Pauline Midgeley** (WG1 TSU, IPCC), **Kate Raworth** (Environment Change Institute, Oxford University), **Johan Rockström** (Stockholm Resilience Centre), **Arco Van Strien** (Statistics Netherlands), **Joshua Tewksbury** (Luc Hoffmann Institute), **Katherine Trebeck** (Oxfam GB).

Special thanks for review and support to

Rosamunde Almond (Cambridge Institute for Sustainability and Environment), **Mike Barrett** (WWF-UK), **Carlotta Bianchi** (WWF International), **Ellen Bogers** (Rabobank), **Gemma Cranston** (Natural Capital Leaders Platform, CISL), **Brent Corcoran** (Mondi Group), **Melanie Dass** (Mondi Group), **Jean-Philippe Denruyter** (WWF International), **Chris Enthoven** (WWF-Netherlands), **Ricardo Fuentes-Nieva** (Oxfam GB), **Peter Gardiner** (Mondi Group), **Johnson Gathia** (United Nations Publications), **Timothy Geer** (WWF International), **Chris Hails** (WWF International), **Kerryn Haselau** (Mondi Group), **Leo Hickman** (WWF-UK), **David Hirsch** (WWF International), **Gretchen Lyons** (WWF International), **Shaun Martin** (WWF-US), **Elisabeth McLellan** (WWF International), **Mie Oehlerschläger** (WWF-Denmark), **Gemma Parkes** (WWF International), **Niki Parker** (WWF International), **Janos Pasztor** (WWF International), **Richard Perkins** (WWF-UK), **Julie Robinson** (The Nature Conservancy), **Anabela Rodrigues** (WWF-Mozambique), **Johannah Sargent** (WWF-UK), **Sophie Schlingemann** (IPCC Secretariat), **Sybil Seitzinger** (International Geosphere-Biosphere Programme, Sweden), **Sturle Hauge Simonsen** (Stockholm Resilience Centre), **Stephan Singer** (WWF International), **PJ Stephenson** (WWF International), **Thomas Ursem** (Rabobank), **Hanna Wetterstrand** (Stockholm Resilience Centre), **Mandy Woods** (WWF-GCEI), **Lucy Young** (WWF-UK), **Natascha Zwaal** (WWF-Netherlands).

지구생명보고서 2014

한국어판 출판 정보

발행일 2015년 11월 11일 **발행처** 세계자연기금 한국본부 (WWF-Korea) **발행인** 윤세웅
자문 최재천(국립생태원), 이명균(GGGI), 윤순진(서울대), 이상돈(이화여대), 이미경(환경재단)

번역 한국외국어대학교 통번역센터 장만규, 김선이, 김수안, 김현진, 문해리, 성수민, 이윤정, 이은선, 이은영, 임현경, 전시은, 유상희, 손윤경, 홍철진
업무책임 성혜승, 김수, 김성진, 차드 바요스키, 안혜진, 박지현, 이승우, 구본우, 김주은

'지구생명보고서 2014: 생물종과 공간, 사람과 장소'의 원문 'Living Planet Report 2014: Species and spaces, people and places'는 Panda.org/lpr 에서 다운받으실 수 있으며, 본 한국어판은 국내의 환경의식을 높이기 위해 참고용으로 제작되었음을 알려드립니다.

지구생명 보고서 2014

Living Planet Report 2014 

생물종과 공간, 사람과 장소
Species and spaces, people and places

서문

우리에게는 지속가능한 방향으로 성장할 수 있는 힘이 있습니다.

'지구생명보고서'는 인류가 지구에 가하는 영향이 점점 증가하고 있다는 것을 과학적으로 측정하여 우리의 경각심을 일깨워주는 보고서입니다. 가장 최근에 발간된 '지구생명보고서 2014: 생물종과 공간, 사람과 장소'는 지구가 한 해 동안 재생가능한 자연자원의 양을 초과하여 자연자원을 소비했다고 강조하고 있습니다. 이는 우리 모두가 주목해야 하는 사실입니다. 그 이유는 첫째, 지구의 자원은 한정되어있기 때문이며, 둘째, 지난 50년간 지구생명지수가 50%이상 하락했기 때문입니다. 지구생명지수는 척추동물(포유류, 조류, 파충류, 양서류, 어류)의 개체 수를 측정한 지수로 생물다양성의 현 상태를 나타내는 지표 중 하나입니다. 자연자원을 지속적으로 과용한 결과로 야기되는 '환경 부족분'은 결국 인류의 식량 · 물 · 에너지 안보에 위기를 가져올 것입니다. 물론 한국도 피할 수 없을 것 입니다.

대한민국은 지난 60년간 전례 없이 폭발적인 성장을 경험하였습니다. 이로 인해 대한민국 국민들의 삶의 질은 크게 증진되었습니다. 한국은 OECD 회원국 중 가장 낮은 실업률과 지속적인 경제 성장을 기록하고 있는 국가입니다. 이러한 국가 성장은 매우 자랑스러운 일이며 우리 모두에게 중요한 사실입니다. 하지만 성장과 더불어 계속해서 증가하고 있는 한국의 자연자원 소비량에 대해서 우리는 책임감을 가져야 합니다. 본 '지구생명보고서 2014'는 전 세계 사람들이 대한민국의 평균 국민과 같이 생활한다고 가정했을 때, 지구가 2.5년 동안 재생할 수 있는 자연자원을 1년안에 모두 소비하고 있다고 분석하였습니다. 저는 비즈니스 리더로서, 반드시 자연자원의 환경 부족분에 대해 논해야 한다고 생각합니다.

저는 대한민국 국민이 사회적 · 경제적으로도 번영하면서 환경의 측면에서도 지속가능한 성장을 이룩하는 세계의 모범이 될 수 있을 것이라 믿습니다. 세계자연기금 한국본부(WWF-Korea)의 대표로서 저는 저희 단체가 다양한 이해관계자들(공공뿐 아니라 기업까지, 지역 사회부터 국제 사회)과 협업할 때, 대한민국 사회가 WWF-Korea의 '하나뿐인 지구'를 고려한 사회 모델로 변모할 수 있도록 도전하고 있습니다. 해당 모델은 경제적 번영뿐 아니라, 지구의 유한성 내에서 우리가 선택할 수 있는 더 나은 자연자원 관리 · 사용 · 공유 대안들을 장려하고 있습니다.

여러분께서 지원해주시는 만큼 지속가능성 분야에서 앞장 설 수 있도록 임하겠습니다. 저희는 지속가능한 발전이 가능하며, 한국이 그 선두에 있다는 것을 세계 무대에서 증명할 것입니다.

세계자연기금 한국본부 대표 **윤세웅**



© WWF / Richard Stonehouse

세계자연기금
한국본부 대표
윤세웅

We Have the Power to Grow Sustainably

The 'Living Planet Report' is a credible and eye-opening reference point by which to measure the increasing impact of our daily lives on our planet Earth. The latest edition of the 'Living Planet Report' tells us that we as a global society, continue to overconsume the natural resources provided by our planet. This is something that we must all pay very close attention to, because the Earth's resources are not infinite and we can see it in the 50% of biodiversity loss over the past 50 years. This environmental deficit will soon present a food, water and energy security crisis for us all, even right here in Korea.

Korea's society has seen unprecedented growth in the past 60 years, which has led to an improvement in the quality of life for many. Korea remains to be one of the countries with the lowest unemployment rates in the OECD countries and it continues to see economic growth – success that we should all be very proud of. With growth, comes an increased demand on natural resources and an increased responsibility to manage resources for the future. The 'Living Planet Report' shows that Korea is consuming the natural resources of 2.5 planets. As a business leader and an advocate for growth, I feel we must address this deficit in natural resources, which is arguably, our most important currency.

I believe that we, as a society have the power to facilitate growth, thrive economically, while demonstrating to the world that sustainable growth is possible. As the CEO of WWF-Korea, I have challenged our team to work with stakeholders at every pocket of society from public to private, local to global, to move Korea towards WWF-Korea's "One Planet" model. This model not only supports economic prosperity, but it outlines better choices for managing, using and sharing natural resources within the planet's limitations. In short, the model ensures food, water and energy security for all.

With your support, we will do this work on behalf of Korea. We will show the world that sustainable growth is possible and Korea is a leader in sustainability, worldwide.

WWF-Korea CEO **Simon Yoon**

세계자연기금 세계본부 사무총장이 전하는 메시지

본 지구생명보고서에는 매우 충격적인 내용이 담겨 있습니다. 가장 눈에 띄는 점은 지구 생명지수(Living Planet Index, LPI)가 1970년 이후 52%나 하락했다는 것입니다. 지구 생명지수(LPI)는 대표적인 포유류, 조류, 파충류, 어류, 양서류 1만여 종을 선별하여 측정 한 것이며, 이와 같은 감소 양상은 불과 두 세대도 채 되지 않는 기간에 척추동물 종의 개체 수가 절반으로 감소했음을 의미합니다. 이 생물종들은 지구 상의 생명을 지탱하는 생태계의 구성원이며 우리가 사는 이 지구에 인류가 어떠한 영향을 미치고 있는지 여실히 보여주는 척도가 됩니다. 우리 자신의 생존이 달려 있는 문제임에도 불구하고 이러한 현실을 간과하고 있는 실정입니다.

우리는 지구가 마치 하나 이상인 양 지구가 주는 선물인 자연을 무분별하게 소진하고 있다는 것을 여러 지표에서 확인할 수 있습니다. 인류는 생태계의 자연적인 회복력을 초과하는 수준의 자연자원을 소모함으로써 스스로 미래를 위협하고 있습니다. 자연 보전과 지속 가능한 발전은 밀접하게 연관된 개념으로서 이를 실현하는 것은 생물다양성과 야생지역에 대한 보존을 넘어 인류의 미래를 지키는 일이며 우리의 안녕과 경제, 식량 안보, 사회 안정 등 인류의 생존 자체와 직결되는 것입니다.

그렇다면 이쯤에서 우리가 어떠한 미래로 향하고 있는지, 그리고 어떠한 미래를 원하는지 한번 생각해 보아야 합니다. 우리는 과연 이렇게 자연자원을 과도하게 사용하여 자연자본을 소진시켜도 되는 걸까요?

자연자본(natural capital)은 지구생명보고서의 핵심 개념입니다. '자연자본'은 자연자원을 경제학적인 용어로 비유함과 동시에, 경제적인 풍요와 인류의 안녕은 건강한 지구가 제공하는 자원에 의존한다는 의미를 담고 있습니다. 너무나 많은 이들이 빈곤 속에 살고 있는 상황에서 자연 보전을 외치는 것이 하나의 사치로 보일 수 있습니다. 그러나 사실은 그 반대입니다. 식량, 깨끗한 물과 공기는 모든 인류에 반드시 필요한 요소입니다. 자연 보전은 특히 최빈곤층에 속한 사람들 대다수에게 일정 수준의 생활을 유지하게 하는 방안이라 할 수 있습니다. 더 나아가 중요한 것은 인류 모두가 한 배를 탔다는 점입니다.

전 세계 인구의 수요와 개발에 대한 권리, 인류의 희망을 이해하지 않고는 자연을 보전할 수 없습니다. 마찬가지로 자연을 보전하지 않고는 발전도 있을 수 없고 모든 이가 필요로 하는 것, 희망하는 바를 보장할 수도 없습니다.

현 사태는 매우 심각합니다. 미래를 낙관하기 힘든 것도 사실입니다. 그러나 문제의 실마리를 찾기 위해 노력한다면 스스로 일으킨 문제에 대한 해결책을 우리 안에서 충분히 발견할 수 있을 것입니다. 문제를 직시하고 자연을 훼손시키는 요인을 이해함으로써 이를 극복하기 위한 지혜를 얻을 수 있습니다. 더 중요한 것은 실행을 위한 결의를 다질 수 있게 된다는 점입니다.



© WWF-Canon / Matthew Lee

인류는 생태계의 자연적인 회복력을 초과하는 수준의 자연자원을 소모함으로써 스스로 미래를 위협하고 있습니다.

몇 가지 변화가 필요합니다. 우선 하나의 공통 목표를 중심으로 단합해야 합니다. 공공과 민간부문, 시민사회가 합심하여 대담하고 조직적인 행동을 전개해야 합니다. 그다음으로는 변화를 위한 리더십이 필요합니다. 누군가가 시작해 주길 바라며 방관하는 태도로는 상황을 호전시킬 수 없습니다. 각국 정상은 범 지구적으로 상황을 고려해야 하고, 기업과 소비자는 곧 봉착할 지구의 한계를 염두에 두고 행동해야 합니다.

상황이 어렵지만 타개책이 없는 것은 아닙니다. 변화를 만들어내는 방법은 본 지구생 명보고서의 부제인 '생물종과 공간, 사람과 장소(Species and spaces, people and places)'에 담겨 있습니다. 우리 모두 한 배를 탄 운명입니다. 모두 함께 했을 때 유일무이한 우리 지구의 미래를 지킬 수 있는 해결책을 찾고 또 실제로 이를 실천할 수 있게 됩니다. 우리가 지금까지 간과한 기회를 잡고 지금까지의 파괴행위가 역사 속으로 사라질 수 있도록 함으로써 우리 모두 자연과 조화를 이루며 살 수 있는 번영의 미래를 만들어야 합니다.

세계자연기금 사무총장
마르코 램베르티니(Marco Lambertini)

**문제를 직시하고 자연을 훼손시키는 요인을
이해함으로써 이를 극복하기 위한
지혜를 얻을 수 있습니다.
더 중요한 것은 실행을 위한 결의를
다질 수 있다는 것입니다.**

지평선 너머 저 멀리 🐼

공원 경비대원이 콩고민주공화국(DRC)의 비룽가 국립공원(Virunga National Park) 내에 위치한 쎬리키(Semliki) 강을 내려다보고 있다. 유엔이 지정한 세계유산인 비룽가 공원은 아프리카에서 가장 오래된 국립공원으로서 담수를 제공하고 토양의 침식을 방지하며 탄소를 저장하는 등의 생태학적 기능을 수행함과 동시에 수천 명의 주민에 생활의 터전을 제공한다. 이토록 다양한 종과 독특한 지리 조건을 동시에 보유하는 장소는 매우 희소하다.

이 보고서에 소개된 사항들이 실제 비룽가 공원에서 가시화되고 있다. 증가하는 에너지 수요를 맞추기 위해 화석연료 업계가 적극적으로 사업을 진행함에 따라 비룽가 공원의 가치는 위협받게 되었다. 하지만 2014년 초 세계자연기금이 주도한 국제 캠페인으로 인해 영국의 소코 인터내셔널(Soco International PLC)이 비룽가 공원에서 석유 탐사 활동을 전면 중단한 바 있다. 지구적 차원에서 괄목할만한 성과라 할 수 있지만 여전히 공원면적의 85%에 걸쳐 석유 시추권이 인정된 상황 이므로 장기적인 미래를 낙관하기 어렵다.

콩고민주공화국은 발전이 절실한 상황이다. 그러나 이 발전이 자연자본을 착취하여 지속불가능한 양상으로 진행될지, 아니면 진정한 의미의 지속가능한 발전으로서 현재와 미래의 세대가 자연이 주는 선물을 누리는 양상으로 진행될지 귀추가 주목된다. 우리는 비룽가의 미래를 고려하여 결정해야 한다. 지구 전체의 미래를 위한 현명한 선택이 필요한 것이다.





보고서 소개

지속가능한 발전이 주요 국제 의제로 떠오른지도 25년이 넘었다. 발전이 환경, 사회, 경제에 미치는 영향에 대해서는 이미 많은 논의가 있었지만 그럼에도 여전히 인류는 환경에 대한 상당한 대가를 지불하며 경제발전을 지속하고 있다. 우리는 사회·경제적인 발전이 근본적으로 생태계에 의존하고 있다는 사실을 간과함으로써 이러한 발전을 위함에 빠뜨리고 있다. 건강한 지구 없이는 지속가능한 사회·경제발전 역시 불가능하기 때문이다.

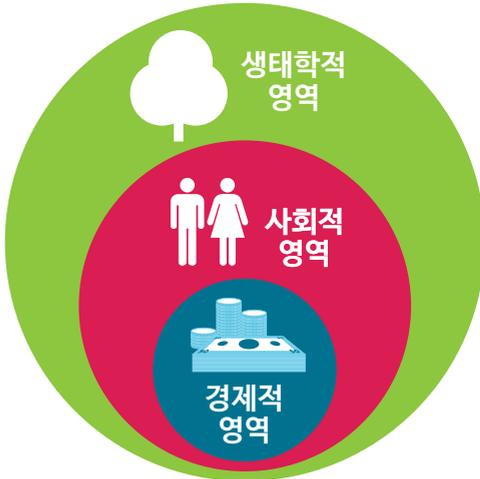


그림 1. 생태계-사회-경제 영역의 관계
생태계는 사회를 지탱하고 사회는 경제를 만든다.

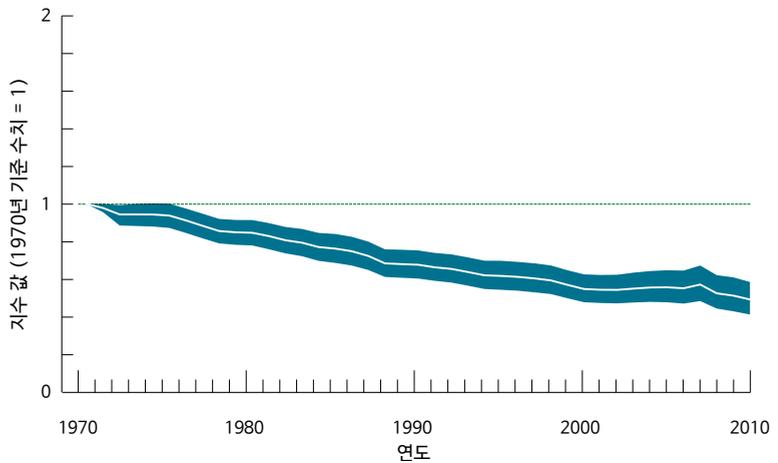
생태계는 사회를 지탱하고 사회는 경제를 만든다. 반대의 경우는 있을 수 없다. 인류가 비록 자연계의 산물이라는 하나 이제는 생태계와 생물물리적 시스템(ecological and biophysical systems)을 좌지우지하는 압도적인 영향력을 갖게 되었다. 그럼으로써 인류는 스스로의 건강, 번영, 안녕뿐만 아니라 미래까지 위협하고 있다. 2014년에 발간된 지구생명보고서®는 인류가 지구에 미치는 영향을 조명하고 이에 따른 사회적인 파급 양상을 탐구하는 보고서이다. 이 보고서는 우리가 내리는 선택이 얼마나 중요한지 강조하며, 우리가 살고 있는 이 지구가 현재와 미래의 인류 모두를 지탱할 수 있도록 하기 위해서 어떠한 조치가 필요한지 제시한다.

제1장에서는 지구의 현황 및 인류가 그에 대해 미치는 영향을 보여주는 세 가지 지표인 지구생명지수(LPI), 생태발자국, 물발자국을 설명하고 있다.

수천 종의 척추동물을 관찰하여 변화 양상을 측정하는 지구생명지수(LPI)가 1970년부터 2010년까지 52% 하락하였다(그림 2). 이는 곧 평균적으로 지구 상에 존재하는 척추동물 종의 수가 40년 전에 비해 절반 수준으로 감소했다는 것을 의미한다. 현재까지의 발표 중 최대 감소폭으로, 지구의 생물다양성을 좀 더 정확히 반영할 수 있도록 새로운 방법론을 적용한 결과이다. (자세한 산출방식은 보고서 [제1장] 및 [부록] 참조)

그림 2. 세계 지구생명지수 (Global LPI)

세계 지구생명지수가 1970년에서 2010년까지 52% 하락했음을 알 수 있다. 이는 평균적으로 척추동물 중의 개체 수가 40년 전에 비해 절반으로 줄었음을 의미한다. 포유류, 조류, 파충류, 양서류, 어류 3,038 종에 걸쳐 10,380 개의 개체군을 관찰한 결과이다. 흰 선은 지수 값을 나타내고 음영 표시된 면적은 본 현상에 대한 95%의 신뢰 구간을 나타낸다(WWF, ZSL, 2014).



범례

- 세계 지구생명지수
- 신뢰 구간

생태발자국(ecological footprint)은 현재 인류가 매년 필요로 하는 자연자원에 대한 요구량이 지구 1.5개 분량에 해당한다는 것을 나타낸다(그림 3). 인류는 식량과 연료, 섬유, 직, 건물을 짓기 위한 땅, 배출된 탄소를 흡수하기 위한 산림 등 재생가능한 자원을 포함하여 여러 자원에 의존하고 있다. 인류는 지난 40년간 지구가 제공할 수 있는 것보다 더 많은 자연자원을 요구해 왔다. 즉 인류는 지구가 재생할 수 있는 생태 수용력(biocapacity)을 초과하여 생물학적 생산성이 있는 토양과 해양 지대 등의 자연자원을 사용해왔다는 것이다. 이로써 인구가 증가함에 따라 추가적으로 필요한 자연자원을 확보하기 어려워졌을 뿐만 아니라 여러 생물종을 위협하기에 이르렀다. 이에 더불어 각 나라의 경제수준에 따라 자원 및 서비스를 소비하는 속도가 달라 불균형이 발생하고 있으며 이는 상황을 더욱 복잡하게 만들고 있다.

물발자국(water footprint)은 현재 인류의 생활방식(특히 식량 생산)에 필요한 엄청난 양의 수자원을 파악하기 위한 지표이다. 인구가 증가하고 소비가 늘어남에 따라 수자원에 대한 요구도 함께 증가하지만 사용 가능한 담수의 양에는 한계가 있다. 오늘날 인류의 3분의 1에 해당하는 약 270억 명의 인구가 연간 1개월 이상 심각한 물 부족 현상이 발생하는 강 유역에 살고 있다.

제2장에서는 자연계의 현황과 이에 영향을 미치는 인류의 활동을 파악하기 위한 각종 정보와 지표를 소개하고 있다. 인류가 안전하게 살아갈 수 있는 지구의 안전 공간인 지구의 한계(planetary boundary) 개념을 설명하고 있다. 지구의 한계는 지구에 일정 수준 이상의 영향이 가해져 이 범주를 초과할 경우 인류의 삶에 치명적인 변화를 초래한다는 개념인데, 9개의 지구의 한계 프레임워크(planetary boundary framework) 중 3개는 이미 그 선을 넘어서는 것으로 보고되고 있다. 생물다양성이 일반적인 수준을 넘어 급격히 감소하고 있고, 대기 중 이산화탄소의 농도가 증가하면서 기후와 생태계에 심각한 변화를 초래하고 있으며, 비료에 사용되는 질소로 인한 오염 역시 상당히 우려스러운 위협으로 등장했

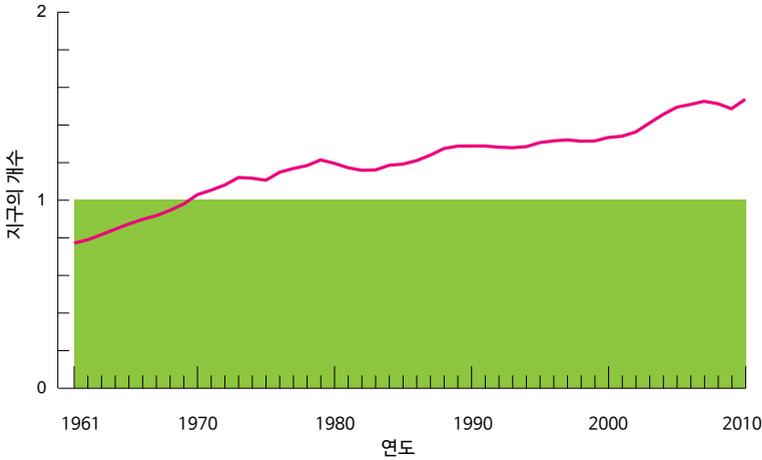


그림 3. 인류의 생태발자국 자연에 대한 인류의 요구 수준이 현재 수준을 유지하는 경우 1.5 개의 지구가 필요하다는 계산이 나온다. 최근 40년간 인류의 요구 수준이 지구의 생태 수용력을 초과해왔다. 생태 수용력의 개념은 자연자원을 재생하기 위해 필요한, 생물학적으로 이용가능한 생산적인 토지와 바다의 규모를 의미한다(Global Footprint Network, 2014).

범례

- 인류의 생태발자국
- 지구의 생태 수용력

다. 이외에도 다양한 맥락과 층위에서 생태계에 대한 이해 및 자원에 대한 수요를 제시해 주는 각종 지표를 살펴봄으로써 이와 같은 자료가 산림 훼손 및 물 위험(water risk) 등의 시안을 해결하기 위한 실질적인 도구와 정책 입안으로 이어질 수 있는 방안을 모색하였다.

과학적인 자료와 연구에 귀를 기울여야 하는 이유는 무엇일까? 제3장에서는 환경의 변화가 인류의 사회·경제적인 발전에 미치는 영향을 살펴보고 이에 대한 대응책을 모색함으로써 이 질문에 대한 해답을 제시하고자 하였다.

생태계가 가져다주는 혜택을 이해할수록 인류가 얼마나 자연계에 의존하는지 깨닫게 된다. 숲은 20억 명의 인류에게 주거지를 비롯하여 생계수단, 물, 연료, 식량을 직접 제공하는 한편 전 세계 기후를 조절하는 역할을 한다. 해양 생태계는 전 세계적으로 6백60만 개의 일자리를 제공하며 특히 개발도상국의 국민들에게 없어서는 안될 단백질의 공급처이다. 자연이 주는 혜택에 가격을 매기는 것은 불가능하지만 생태계가 가져다주는 효용을 경제적 가치로 파악함으로써 자연자본 낭비에 따른 손해가 얼마나 큰지 이해할 수 있다.

지구생명지수(LPI)가 감소하고 생태발자국이 커짐에 따라 지구가 필수적인 자연자원을 제공하고 재생할 수 있는 역량이 줄어들었다. 오늘날 10억 명에 가까운 인류가 기아에 허덕이고, 7억 6천 8백만 명이 안전하고 깨끗한 물을 이용하지 못하고 있으며, 14억 명이 안정적인 전력 공급이 없는 환경에서 살고 있다. 소비가 증가하고 기후변화 및 생태계 파괴가 진행됨에 따라 건강하고 회복력을 갖춘 공동체를 형성하기가 점점 더 힘들어질 것으로 예상된다.

하지만 현 상황이 극복 불가능한 것은 아니다. 마지막 장에서는 지구 곳곳의 긍정적인 사례를 소개하고 있다. 각 현장에서는 지구의 유한한 자연자원에 대한 더 나은 관리 및 사용, 공유를 통해 환경·사회·경제 등 다양한 측면에 걸쳐 광범위한 효용을 만들어내고 있다. 이와 맞물려 세계자연기금(WWF)의 '지구는 하나라는 시각(One Planet Perspective)'은 우리가 앞으로 어떤 노력을 해야 할 것인지 단적으로 제시해 준다(그림 4). 즉 우리 사회의 유지·번영에 중요한 역할을 하는 자연자본이 한정되어 있으므로, 우리는 자연자본을 지혜롭게 사용하는 한편 공정한 방식으로 나누어야 한다는 점을 분명히 보여주는 것이다. 이에 대한 공감대가 형성될 때에야 비로소 진정한 의미에서의 지속가능한 발전을 이야기할 수 있다.

그림 4. 세계자연기금의 '지구는 하나라는 시각(One Planet Perspective)' (WWF, 2012)



보고서 요약

제1장 지구의 현황

생물다양성의 급감

- 1970년에서 2010년 사이 세계 지구생명지수(Global LPI)가 52% 감소한 것으로 나타났다. 생물군계에 걸쳐 종의 상대적 크기를 좀 더 정확히 반영할 수 있는 방법론이 적용됨에 따라 이전 보고서와 비교하여 2014년 보고서에서 지수가 매우 큰 폭으로 감소하였다.
- 담수 종(76%)이 해양 종(39%) 및 육상 종(39%)보다 훨씬 가파른 감소를 보였다.
- 지구생명지수(LPI)의 감소가 가장 두드러졌던 지역은 남아메리카 대륙이었고 근소한 차이로 아시아 태평양 지역이 그 뒤를 잇는 것으로 나타났다.
- 육상보호지역(land-based protected area)의 지구생명지수(LPI) 감소는 18%에 그쳐 전체 육상 생물 종 지구생명지수(Terrestrial LPI) 감소의 절반 수준 이하로 유지되었다.

지속가능한 수준의 자연자원 사용 및 그 사용량의 증가

- 현재 수준의 자연자원 수요량을 충족하기 위해서는 1.5개의 지구가 필요하다. 현 인류가 무분별하게 자연자원을 소진시키면 미래 세대가 필요로 하는 수요량을 제공하기 어렵다.
- 탄소발자국이 전체 생태발자국의 절반 이상을 차지하며 분석 대상 국가 중 약 50%에서 가장 큰 구성 요소로 집계되었다.
- 농업활동이 전 세계 물발자국의 92%를 차지하며, 농업에서 관개용수에 의존하는 비율이 90%를 약간 웃돌고 있다. 수자원에 대한 수요 증가와 함께 기후변화가 물 부족 현상을 더욱 악화시키고 있다.
- 전 세계적으로 인구가 계속 증가하고 있는 가운데 1인당 생태발자국이 현재처럼 높은 수준으로 유지될 경우 지구의 자연자원에 대한 압박은 가중될 것이다.
- 상위 소득국의 1인당 생태발자국은 여전히 하위 소득국의 약 5배 수준을 웃돌고 있다.
- 상위 소득국에서 자연자원을 수입할 때 사실상 생물다양성 손실(biodiversity loss)을 이웃소싱한다고 볼 수 있다. 생물다양성은 상위 소득국에서 10% 증가한 반면 중위 소득국에서는 18% 감소하였고 하위 소득국의 경우 58% 급감하였다.
- 인간개발지수(HDI)가 높은 국가에서 생태발자국이 큰 경향을 보이고 있다. 각국에서 자국의 인간개발지수를 높이면서도 생태발자국을 지속가능한 수준으로 유지하는 것이 관건이다.

제2장 미래를 위한 그림 그리기

새로운 지표와 의식전환을 통한 지구 실태의 재조명

- 지구의 한계(Planetary Boundary) 개념은 지구 상에서 생명 활동이 안정적으로 유지될 수 있도록 규제하기 위한 9개의 범주를 제시한다.
- 9개의 범주 중 어느 하나라도 그 선을 넘어설 경우 갑작스럽고 돌이킬 수 없는 환경 변화를 초래할 수 있다. 이 중 3개의 범주(생물다양성 손실, 기후변화, 질소 순환)는 이미 그 선을 넘어선 것으로 보인다.
- 신속하고 지속적인 국제공조를 통해 기온 상승폭을 2°C 아래로 유지할 수 있을 것으로 보이나 그 가능성 역시 희박해지고 있다.
- 질소는 식량 안보를 위해 반드시 필요한 요소이지만, 질소 오염(nitrogen pollution)은 수중 생태계, 공기의 질, 생물다양성, 기후, 인류 건강에 심각한 악영향을 미치고 있다.
- 지역 단위 및 주제별로 실태를 분석함으로써 지구를 위협하는 현상의 원인과 영향을 파악하고자 하였다. 이를 통해 현실적인 해결책을 모색할 수 있다.

제3장 우리의 관심이 필요한 이유

우리 모두에게 영향을 미치는 환경 변화

- 인류의 안녕을 위해서는 물과 경작 가능한 토지, 어류와 나무 등의 자연자원과 함께 식물의 수분, 영양소 순환, 침식 통제 등 생태계 서비스(ecosystem services)가 반드시 필요하다.
- 자연자원에 의존하는 활동을 생태 시스템 중심으로 기획 및 관리함으로써 다양한 사회·경제적 혜택을 얻을 수 있다.
- 식량과 물, 에너지 안보는 서로 연계되어 있으며 환경 변화와 직결되어 우리 모두에게 영향을 미친다. 그중에서도 최빈곤층이 환경 변화에 가장 취약하다.
- 세계 인구의 절반 이상이 도시에 살고 있으며, 특히 개발도상국에서 도시화가 가장 빠른 속도로 진행되고 있다.

제4장 하나뿐인 지구를 위한 해결책

지구의 한계 범위 안에서 삶을 영위한다는 것

- 지역공동체, 기업, 도시, 정부 혹은 개인 차원에서 자연자원을 보존하고 지구에 미치는 영향을 줄이기 위해 더 나은 선택을 하고 있다. 이러한 사례들을 조사하여 환경 및 사회, 경제적 측면에서 어떤 효과가 있는지 살펴보았다.
- 현 상황에 대한 타개책을 찾기가 쉽지 않지만 분명히 가능한 일이다.



생명력 넘치는 지구 🐼

현재 야생에 생존하는 마운틴 고릴라의 수는 880여 마리에 불과하며 이 중 약 200 마리가 콩고민주공화국 비룽가 국립공원에 서식하고 있다. 극심한 멸종 위기에 처해 있지만 집중적인 보존 노력으로 현재 대형 유인원 종 중에서는 유일하게 개체 수가 증가하고 있다.

비룽가 국립공원에는 마운틴 고릴라를 비롯하여 218종의 포유류, 706종의 조류, 109종의 파충류, 78종의 양서류, 2천 종 이상의 식물이 서식하고 있다. 하지만 석유 시추가 서식지 파괴 및 보호 지정 해제, 세계유산 등재 취소 등의 결과로 이어져 공원 내 야생 동식물의 생존을 위협할 수 있다.

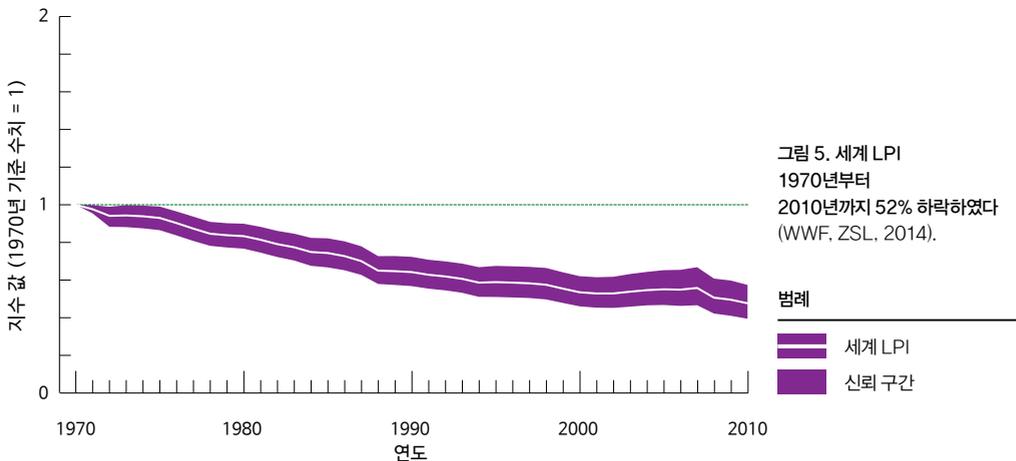
전 세계적으로 서식지 감소 및 파괴, 수렵행위, 기후변화가 지구의 생물다양성에 대한 최대 위협 요인이 되고 있으며 이러한 요인으로 인해 지구생명지수(LPI)가 1970년 이후 52% 하락하기에 이르렀다. 다시 말해 지구 상에 인류와 공존하는 포유류와 조류, 파충류, 양서류, 어류 중의 수가 절반으로 감소했다는 의미이다.

제1장 지구의 현황

지구생명지수

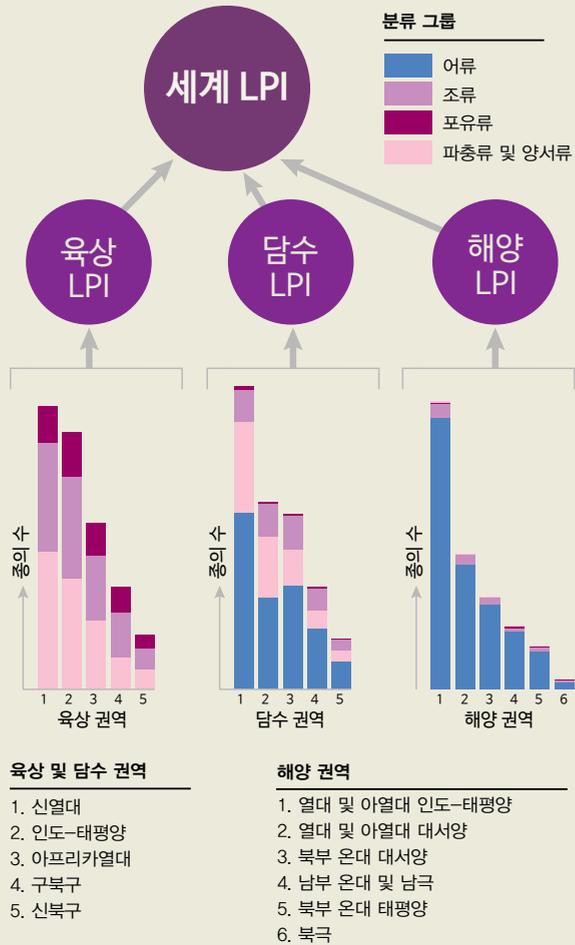
세계 지구생명지수(Global Living Planet Index)에 따르면 척추동물 종의 수는 지난 40년간 지속적으로 감소해왔으며 이러한 추세가 둔화될 징후는 없는 것으로 보인다. 열 번째 지구생명보고서(지구생명보고서 2014)에서는 전 세계 척추동물의 분포도를 보다 정확히 알아보기 위해 조정·향상된 지구생명지수 산출 방법을 적용하였다(자세한 내용은 상세 자료 1과 부록 참조). 생물다양성 가중치를 적용한 지구생명지수(weighted Living Planet Index, LPI-D)에 따르면 개체군 규모(개별 동물 개체 수)가 1970년에서 2010년까지 52% 감소한 것으로 나타났다(그림 5). 이러한 감소폭은 과거 보고에 비해 훨씬 급격한 수준이다. 이는 자료 수집이 용이한 북아메리카와 유럽의 자료를 중심으로 과거 지구생명지수가 도출되었기 때문이다.

지구생명지수(Living Planet Index, 이하 LPI)는 어류, 양서류, 파충류, 조류 및 포유류 등 3,038 종의 척추동물 10,380 개체군(populations)의 추세를 이용해 산출되었다. 과학자들과 일반인들이 장기간에 걸쳐 이들 종별 개체군에 대해 종합적인 조사 및 모니터링을 실시한 결과 특정 개체군의 상태와 변화의 추세를 평가하기 위한 다량의 자료를 얻을 수 있었다.



상세 자료 1: 가중치를 적용한 지구생명지수(LPI-D) 해설

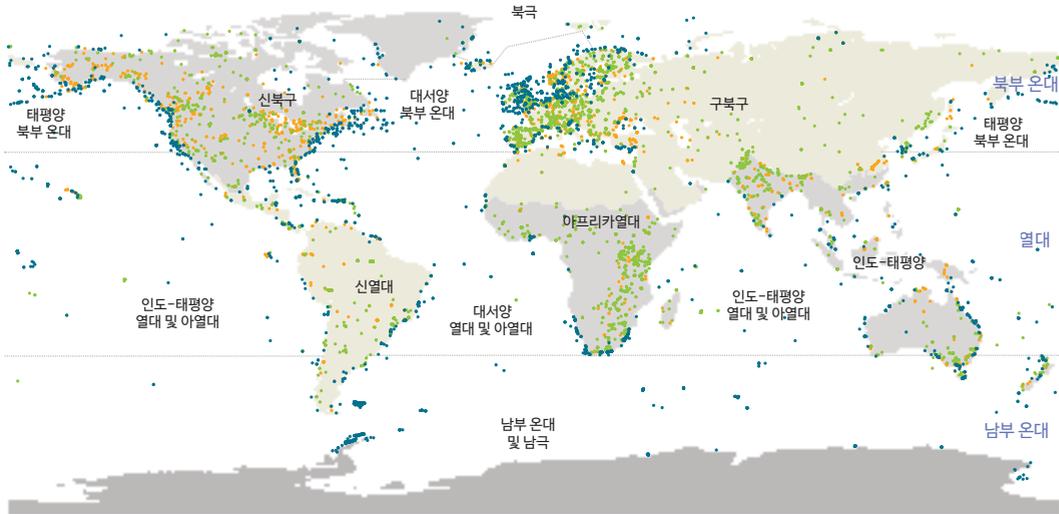
그림 6. LPI-D 산출 도식
 옆 그래프는 Wildfinder (WWF, 2006), IUCN Red List (IUCN, 2013), Freshwater Species of the World (WWF/TNC, 2013), Ocean Biogeographic Information System (OBIS, 2012) 자료에서 추정된 각 권역 별 종의 수를 바탕으로 각 권역 내 분류군(taxonomic group) 별 상대적인 종의 비율을 나타낸다. 각 권역에서 가장 큰(개체 수가 많은) 분류군에 가장 큰 가중치를 적용하였다. 가중치가 적용된 각 권역의 평균적 변화율은 각 육상-담수-해양 LPI를 산출하기 위해 사용되며 각 육상-담수-해양 LPI 내에서 가장 큰(개체 수가 많은) 권역에 가장 큰 가중치를 적용한다. 세계 LPI는 육상, 담수 및 해양 LPI의 평균치이다 (WWF, ZSL, 2014).



LPI-D는 이전 지구생명보고서에서 사용되었던 LPI 산출법의 변형이다. LPI-D는 각 동물 분류군 및 생물지리권역의 종의 수 추정치를 이용해 LPI 자료에 가중치를 적용하여 보정하는 방법이다(해당 보정의 상세한 내용은 부록 참조).

이는 LPI 데이터베이스 내의 각 동물 분류군 및 생물지리권역의 개체 수 추세가 전 세계에 걸쳐는 척추동물 종의 수와 분포를 완벽하게 반영하지 못 한다는 점을 보완하기 위해 도입된 것이다. 가중치가 적용되지 않은 기존 LPI에서는 조류 종의 경우 유럽 및 북아메리카에서의 추세가 과도하게 반영된 반면 파충류, 양서류, 어류의 경우에는 아프리카, 아시아 및 남아메리카에서의 추세가 미미하게 반영되었다.

런던 동물학 협회(Zoological Society of London)는 LPI-D 산출 시 각 분류군 및 권역의 종의 수를 추정하여 LPI 데이터베이스 내 해당 종의 자료를 동일한 비율로 가중치를 부여하였다. 종의 수가 가장 많은 분류군 및 권역에 최대 가중치를, 종의 수가 가장 적은 분류군 및 권역에는 최소 가중치를 적용했다.



LPI 데이터베이스에 기록된 각 개체군의 시계열 자료는 권역(생물지리권역 또는 해양)에 따라 구분되었고 이는 개체군의 주 서식지에 따라 육상, 담수, 해양 시스템으로 세분되었다(그림 7). 이는 다양한 생물종들이 어떻게 서로 다른 지역 및 생물군계(biomes)에서 생명을 유지해 나가고 있는지 알 수 있게 해준다.

그림 8은 조류, 어류, 양서류 및 파충류, 포유류의 개체 수가 증가, 감소 또는 현상 유지 상태를 나타내며 다양한 개체군이 세계 LPI에 포함되어 있음을 보여준다. 감소하고 있는 개체군보다 증가하고 있는 개체군이 더 많지만, 감소한 개체군의 규모가 절대량에서 더 크기 때문에 1970년 이후 전 세계적으로 전반적인 감소 추세를 보이고 있는 것이다.

그림 7. LPI 자료 수집 장소 분포도
 각 점은 육상, 담수 및 해양별 개체군 수집 장소를 나타낸다. 또한 각 계가 속한 생물지리권역도 구분되어 있다. (WWF, ZSL, 2014)

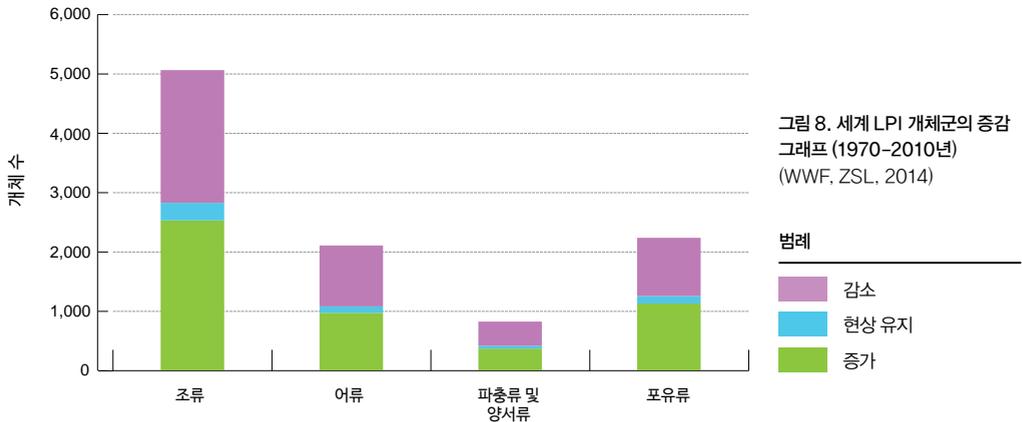
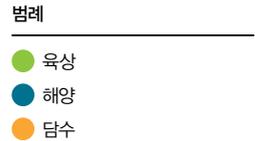


그림 8. 세계 LPI 개체군의 증감 그래프 (1970-2010년)
 (WWF, ZSL, 2014)



해당 개체군이 위치한 생물지리권역이 주로 온대지역인가 혹은 열대지역인가를 기준으로 세계 LPI를 세분할 수 있으며 온대, 열대 지역별 추세 또한 제시할 수 있다.

그 결과 척추동물 개체 수는 온대지역과 열대지역에서 모두 감소하고 있지만 열대지역의 평균 감소율이 더 큰 것으로 드러났다. 온대지역 1,606종 6,569개 개체군의 지구생명지수인 온대 LPI(Temperate LPI)는 1970년 대비 2010년 현재 36% 감소했다(그림 9). 같은 기간 동안 열대지역 1,638종 3,811개 개체군의 지구생명지수인 열대 LPI(Tropical LPI)는 56%나 감소했다(그림 10).

그림 9. 온대 LPI

온대 LPI는 1970년 대비 2010년 현재 36% 감소했다. 이는 1,606종 6,569개 개체군을 기준으로 산출된 것이다(WWF, ZSL, 2014).

범례

- 온대 LPI
- 신뢰 구간

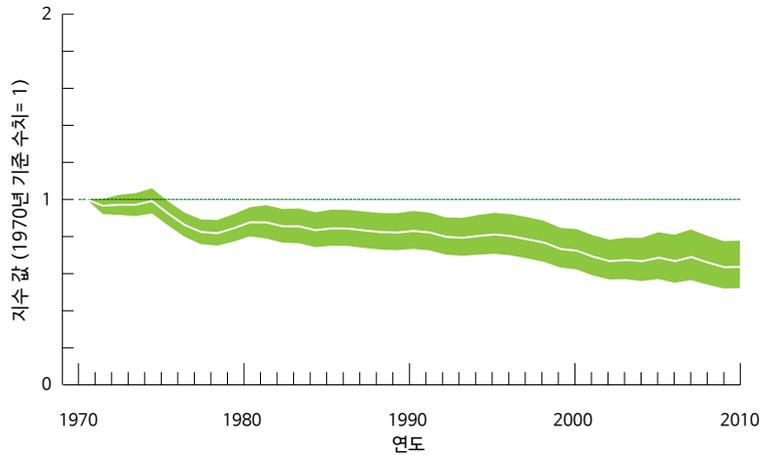
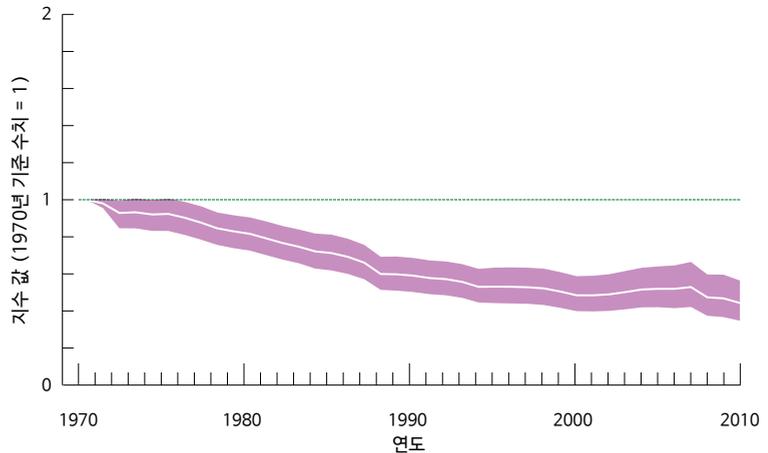


그림 10. 열대 LPI

열대 LPI는 1970년 대비 2010년에 56% 감소한 것으로 나타났다. 이는 1,638종 3,811개 개체군을 기준으로 산출된 것이다(WWF, ZSL, 2014).

범례

- 열대 LPI
- 신뢰 구간



종에 대한 위협요소

LPI에 반영된 개체군에 대한 주요 위협요소들은 각 자료의 원 정보에 따라 기록되었다. 전체 종보다는 해당 개체군과 관련하여 최대 3가지의 주요 위협요소들이 기록되었는데 서식지의 악화(habitat degradation)와 감소, 수렵 및 어획을 통한 남획(식용 및 레저용 남획 또는 부수어획 등 우연한 남획 포함)이 감소의 주요 원인으로 꼽혔다(그림 11).

그다음 주요 위협요소는 기후변화이다. 기후변화는 신열대(La Marca et al., 2005; Ron et al., 2003) 및 오스트레일리아(Osborne et al., 1999; Mahoney, 1999)의 개체 수 감소와 다수의 양서류 멸종 가능성과 연관되어있다는 사실이 보고된 바 있다. 북극의 경우 급격한 온난화가 수많은 북극곰(Ursus maritimus)과 순록의 한 종류인 카리부(Rangifer tarandus)의 개체 수 감소 및 건강 악화의 원인일 가능성이 크다고 보고되었다(Stirling et al., 1999; Vors and Boyce, 2009).

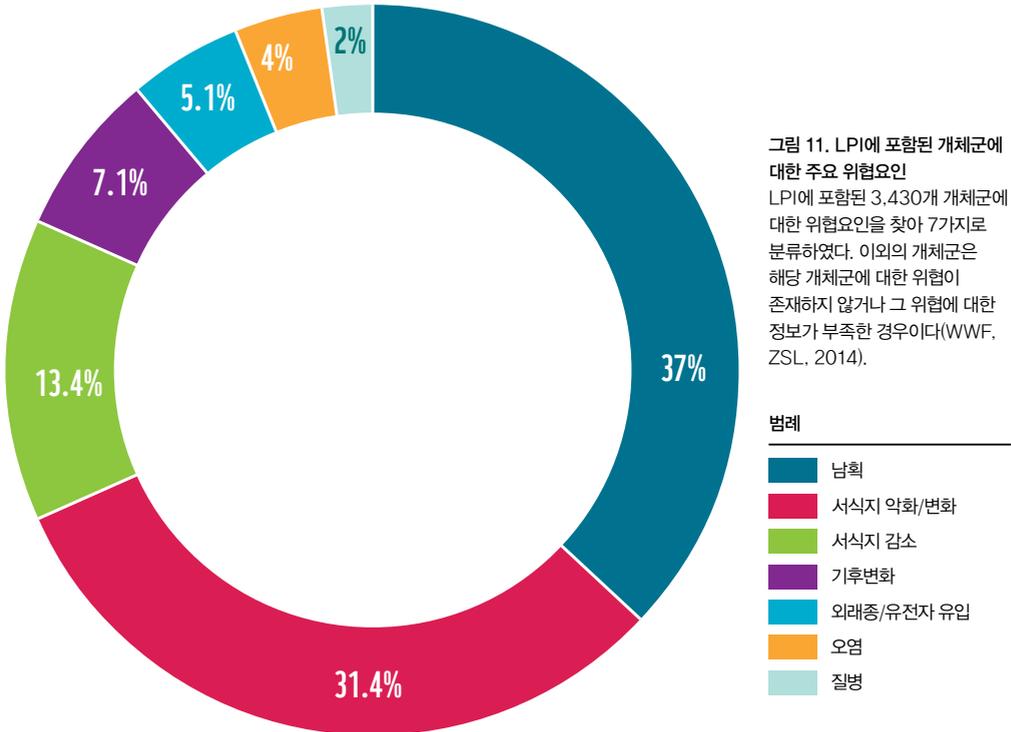


그림 11. LPI에 포함된 개체군에 대한 주요 위협요인
LPI에 포함된 3,430개 개체군에 대한 위협요인을 찾아 7가지로 분류하였다. 이외의 개체군은 해당 개체군에 대한 위협이 존재하지 않거나 그 위협에 대한 정보가 부족한 경우이다(WWF, ZSL, 2014).

육상생명지수

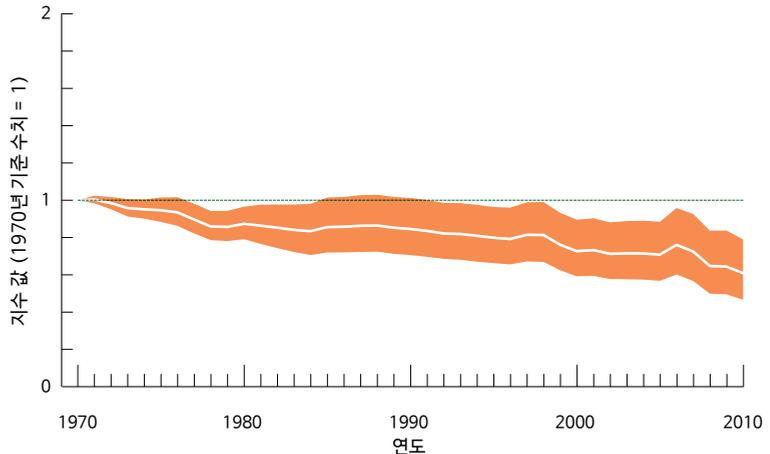
육상생명지수(Terrestrial LPI, 이하 육상 LPI)에는 다양한 곳에 서식하는 포유류와 조류, 파충류, 양서류 1,562종의 개체군에 대한 변화 추이를 담고 있다. 해당 지수에 따르면 1970년 이래 육상 개체군이 감소하고 있는 것으로 나타났으며(그림 12), 이러한 추세가 완화되거나 반전될 징후는 보이지 않고 있다. 2010년에 수집된 가장 최신의 자료에 따르면 육상 종의 경우 39%가 감소한 것으로 나타났다. 토지이용(특히 농업, 도시개발, 에너지 생산을 위한 토지이용)으로 인한 서식지 파괴가 여전히 육상 환경을 위협하는 가장 주요한 요소 중 하나였다.

서식지 파괴 또는 감소와 더불어 수렵이 과도하게 이루어질 경우 야생종은 지대한 타격을 입게 된다. 서부 및 중부 아프리카 일부 산림에 서식하는 아프리카숲코끼리(*Loxodonta africana cyclotis*)를 예로 들면 기존 서식지가 빠르게 잠식되면서 1984년 서식 면적은 역대 최대 서식 면적(1900년 전후)의 6~7% 수준으로 감소되었다. 최근 분석에 따르면 주로 상아를 얻기 위한 밀렵이 증가하여 2002년과 2011년 사이에 아프리카숲코끼리는 서식지 전체에 걸쳐 그 개체군의 규모가 60% 이상 감소한 것으로 나타났다(Maisels et al., 2013).

그림 12. 육상 LPI
1970년부터 2010년까지 육상 LPI는 39% 감소했다. 이는 포유류, 조류, 파충류, 양서류 1,562종 4,182 개체군의 정보를 바탕으로 산출된 수치이다 (WWF, ZSL, 2014).

범례

- 육상
- 신뢰 구간

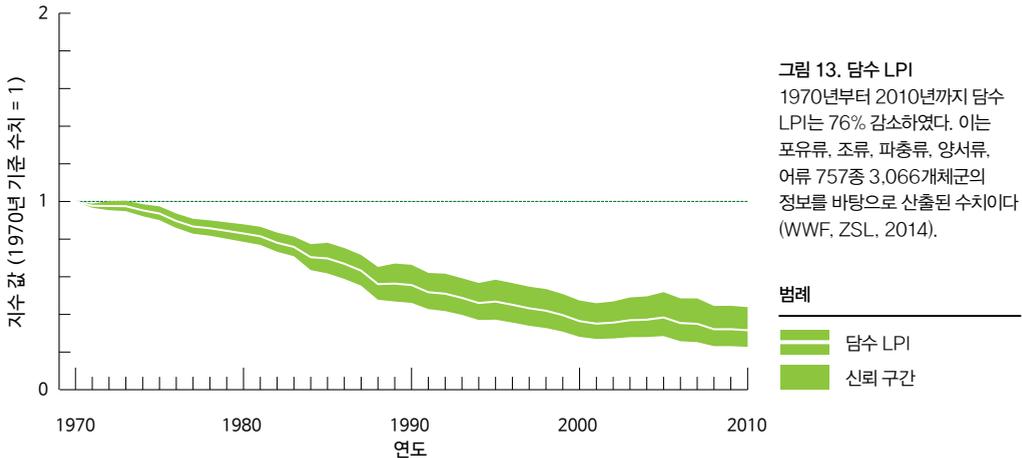


담수생명지수

담수생명지수(Freshwater LPI, 이하 담수 LPI)는 생물군계 기반 지수 중 가장 큰 감소폭을 보인 지수이다. 1970년에서 2010년까지 조사된 자료에 의하면 담수 LPI의 개체군 규모는 평균 76% 감소한 것으로 나타났다(그림 13).

담수 종의 상황이 육상 종보다 훨씬 심각하다는 사실은 다른 연구에서도 입증되었다(Collen et al., 2014; Darwall et al., 2011; Cumberlidge et al., 2009). 담수 보호구역은 효과가 크지 않은 것으로 나타났는데, 아마도 이는 담수 생태계가 복잡하고 상호 연관되어 있기 때문에 기존 육상 보호구역 모델을 적용하는 것이 적절하지 않기 때문인 것으로 추정된다(Abellet al., 2007).

담수 종에 대한 가장 중대한 위협요소로는 서식지 파괴와 서식지간 단절, 환경오염, 침입종 등을 들 수 있다(Collen et al., 2014). 수위(water levels) 또는 담수계의 연결성(freshwater system connectivity)에 대한 직접적인 환경영향은 담수 생물종의 서식지에 큰 영향을 준다. 예를 들어 오스트레일리아 남부의 해안 습지인 쿠크(Coorong) 지역은 세계적으로 환경적인 가치가 있는 지역인데, 관개용수 추출(water extraction for irrigation)로 인하여 1985년 이래 수위가 내려가고 염도가 증가하는 타격을 입었다(Gosbell and Gear, 2005). 그 결과 붉은갯도요(Calidris ferruginea) 등과 같은 물떼새류와 어류를 포함하여 수많은 거주종과 이주종의 개체 수가 감소하였다.



해양생명지수

해양 개체군은 해양 권역에 포함된다. 해양생명지수(Marine LPI, 이하 해양 LPI)는 1970년부터 2010년까지 39% 감소하였다(그림 14). 이는 포유류, 조류, 파충류, 어류 910종 3,132개 개체군의 추이로부터 산출된 수치이다. 이 기간 동안 해양 LPI는 감소세와 안정세를 오가는 추이를 보였다. 1970년부터 1980년대 중반까지 가장 급격한 감소세를 보였으며 이후 어느 정도 안정기에 접어들었다가 최근에 다시 감소하고 있다.

해양 개체군의 추세는 전반적으로 감소세를 보이고 있지만 세계 각 지역별로 다르게 나타난다. 온대 해양(temperate oceans) 개체군 중에서 특히 포유류와 어류 중 일부는 개체수가 증가하기도 했는데 이는 역대 최악의 장기적 감소로부터 개체군들이 회복되고 있는 것으로 해석되기도 한다(Thurstan et al., 2010; Lotze et al., 2011).



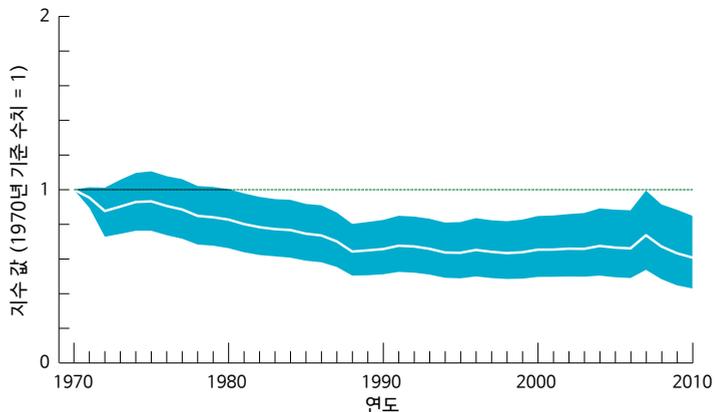
해양 개체군의 가장 큰 감소는 열대 및 남극해(Tropics and the Southern Oceans)에서 관찰되었다. 열대 해양에서는 바다 거북이 감소하고 있는데 특히 인도-태평양 해역에서 심각하며 대서양 전역에서 바닷새가 감소하고 있다. 그 주요 원인으로는 어업 활동의 혼획(bycatch) 등을 들 수 있다. 감소 중인 어류 종에는 여러 상어 종들이 포함되어 있는데, 주로 남획(overfishing)으로 인해 열대 대서양(Baum and Myers, 2004)과 태평양(Clarke et al., 2013b)에서 감소한 것으로 나타났다.

남극해에서는 어류 개체군의 감소가 눈에 띄었다. 이는 합법 어업뿐 아니라 불법 비보고 어업(illegal and unregulated fishing)이 증가했기 때문인 것으로 보인다(CCAMLR, 2014). 알바트로스와 습새와 같은 대형 철새도 해당 지역 내 조업 중에 부수어획(bycatch) 되는 경우가 잦다. 이 때문에 어선 수가 증가함에 따라 이러한 위협이 더욱 커지고 있다. 이는 해당 해역의 상징적 생물인 나그네알바트로스(Diomedea exulans)의 개체군이 감소하는 등 일부 종에게 위협이 되고 있다(BirdLife International, 2012).

그림 14. 해양 LPI
해양 LPI는 1970년부터 2010년까지 39% 감소하였다. 이는 포유류, 조류, 파충류, 어류 910종 3,132개 개체군으로부터 산출된 수치이다(WWF, ZSL, 2014).

범례

- 해양 LPI
- 신뢰 구간



생물지리권역

모든 육상 및 담수 종 개체군은 5개의 주요 생물지리권역(biogeographic realms)으로 나누어보면 세계 각지의 생물다양성 변화 양상을 더욱 쉽게 이해할 수 있다. 모든 생물지리권역의 종별 개체군은 감소 추세를 보이고 있지만 특히 열대 권역, 그중에서도 신열대에서 83%라는 가장 급격한 감소폭을 보였다(그림 15).

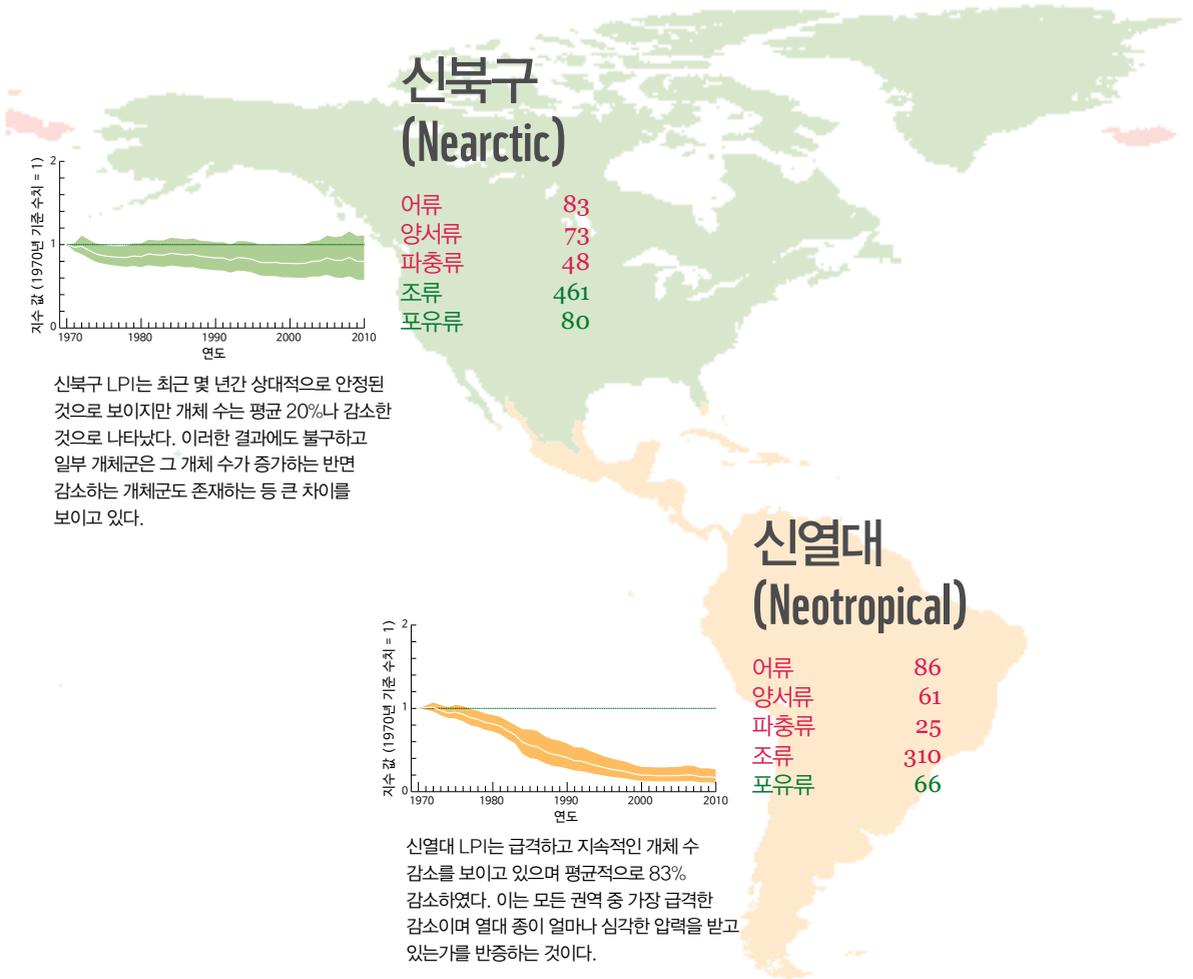
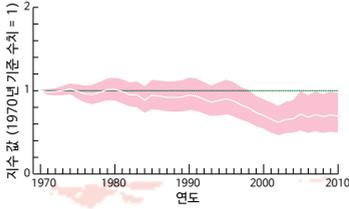


그림 15. 생물지리권역별 LPI
 각 도표는 각 척추 동물군의 종 수를 나타내며 색깔별로 평균 추이를 나타낸다.
 (빨강 - 감소; 주황 - 안정; 녹색 - 증가)
 (WWF, ZSL, 2014)



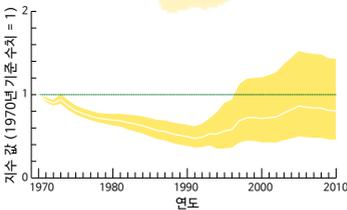
구북구 LPI는 평균 30% 감소했으며 감소기와 안정기가 혼재되어 나타난다. 이 지수는 큰 편차를 보였으며 증가하거나 감소하는 개체군이 혼재한다.

구북구 (Palearctic)

| | |
|-----|-----|
| 어류 | 56 |
| 양서류 | 13 |
| 파충류 | 19 |
| 조류 | 349 |
| 포유류 | 104 |

아프리카열대 (Afrotropical)

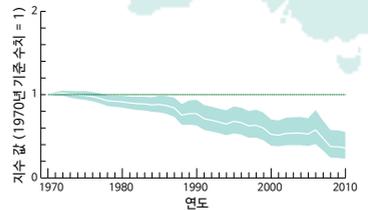
| | |
|-----|-----|
| 어류 | 25 |
| 양서류 | 2 |
| 파충류 | 12 |
| 조류 | 104 |
| 포유류 | 121 |



아프리카열대 LPI에서도 감소와 증가가 반복적으로 나타났으며 최근에는 보다 큰 개체군 수 증감 편차를 보이는 가운데 증가하였다. 이로 인해 1990년 이후 평균 지수 값 신뢰도는 떨어진다. 이처럼 중도에 발생한 추세 변화는 조류 및 어류에서 보이는 다양한 추세를 때문이며 이 중 일부는 증가세를 보이기도 했다. 최근의 증가에도 불구하고 1970년에 비해 여전히 19% 감소를 기록하였다.

인도-태평양 (Indo-Pacific)

| | |
|-----|-----|
| 어류 | 28 |
| 양서류 | 22 |
| 파충류 | 28 |
| 조류 | 250 |
| 포유류 | 95 |



인도-태평양 LPI는 종의 개체군 수가 지속적으로 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이 권역의 감소율(67%)은 신열대에 이어 두 번째로 높은 수치이다.

보호구역과 보호종

보호구역(protected areas)은 특정한 육상이나 해양지역에 대한 관리와 접근성 및 이용도를 개선하여 야생종 및 그 서식지를 보호하고자 지정한 구역이다. 보호구역 제도가 야생종 보전에 긍정적 영향을 미치는가를 알아보기 위해서는 보호구역 내 개체군 추세에 초점을 맞춰 육상 LPI를 살펴보면 된다. 이렇게 산출된 보호구역 내 육상 LPI(그림 16)는 전체 육상 LPI와 차이가 있으며 1990년대까지 다소 안정되다 이후 약간의 감소를 보였다. 1970년을 기준으로 보호구역 내 개체군은 18%의 감소를 보였으며 이는 39%가 감소한 전체 육상 개체군보다 더 나은 결과가 나왔음을 확인했다. 보호구역 내 육상 LPI가 더 나은 결과를 보인 원인으로는 보호구역 지정 외에도 특정 대상에 초점을 맞춘 보호조치와 위협 요소에 영향을 덜 받는 일부 생물종에 대한 자료의 비중이 상대적으로 크다는 데에 있다. 보호구역의 LPI만으로는 이와 같은 긍정적인 현상이 법제화를 통해 보호구역이 성공적으로 통제되었기 때문인지 아니면 보호구역이 위험 지역으로부터 떨어져 있기 때문인지 판단할 수 없다. 다만 이러한 상대적 추세가 바람직한 현상인 것은 분명하다.

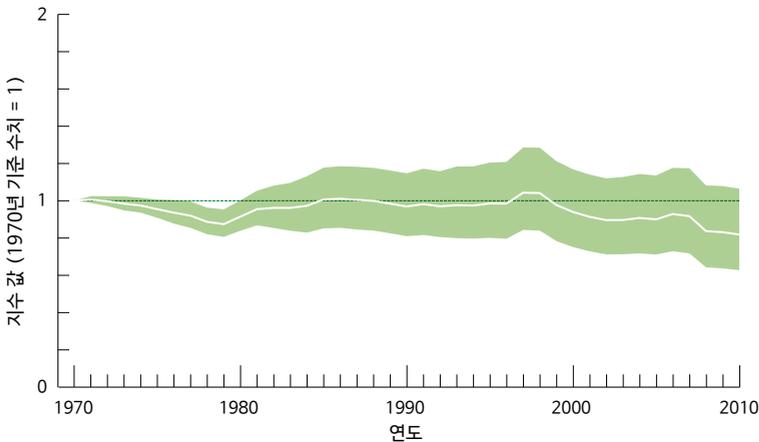


그림 16. 보호구역 내 육상 LPI
보호구역 내 육상 LPI는 1970년을 기준으로 2010년까지 18% 감소했다. 이는 포유류, 조류, 파충류, 양서류 773종 1,956개 개체군 자료에서 산출된 수치이다 (WWF, ZSL, 2014).

범례

- 보호구역 내 육상 LPI
- 신뢰 구간

보호구역은 남획(exploitation)의 가능성이 있는 멸종 위기 종을 위한 피난처가 될 수 있다. 보호구역 외부에 서식하고 있는 호랑이(Panthera tigris)는 밀렵과 서식지 파괴, 인간과의 갈등으로 인해 그 개체군의 감소가 두드러지게 나타나고 있지만(Walston et al., 2010) 이와는 반대로 5곳의 보호구역과 3곳의 야생동물 보호대(wildlife corridors)에 서식 중인 네팔의 호랑이 개체군은 2009년부터 2013년까지 63% 증가한 것으로 나타나고 있다(그림 17). 이러한 개체 수 증가는 네팔 정부의 반 밀렵 정책과 야생 호랑이 보호구역 개선 조치 등을 통해 이루어질 수 있었다.



그림 17. 2008/2009년부터 2013년까지의 네팔 내 호랑이 개체 수 증가
오차 막대는 각 개체 수 추정치의 상·하한선을 보여준다 (Government of Nepal, WWF-Nepal).

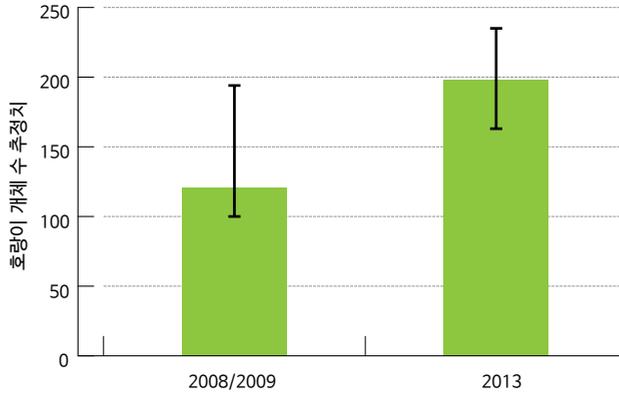


그림 18. 검정코뿔소와 흰코뿔소의 서식 범위(Emslie, 2012a, 2012b) 및 개체군 증감 추세

정확한 서식지의 위치를 공개하는 것은 보안 문제를 야기하기 때문에 해당 국가 전체가 표시되었다. 이 그림에는 새롭게 서식지가 생성되었거나 재도입된 국가도 포함되었다. 모니터링한 개체군의 개략적 위치를 점으로 나타냈으며 증가 혹은 감소에 따라 그 색을 구분하였다. 흰색 지역에 표시된 점들은 코뿔소가 멸종된 것으로 추정되는 국가를 나타낸다.

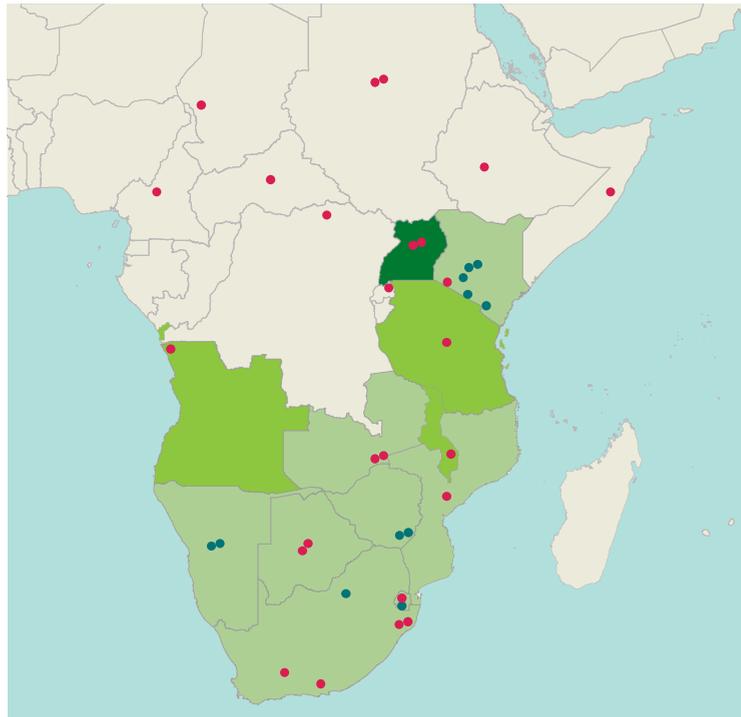
하지만 아프리카 일부 보호구역 내 대형 포유류의 감소 폭은 완화되지 않고 있다(Craigie et al., 2010). 아프리카 내 대부분의 코뿔소(그림 18)가 보호구역 내에서 서식하고 있음에도 국지적으로 멸종했거나 감소하고 있다는 사실도 이를 뒷받침해준다. 이는 엄격한 관리와 법 집행을 통해 보호구역의 실효성을 유지하는 것이 해당 종을 보존하는 데 얼마나 중요한가를 보여준다.

현재 서식지

- 검정 및 흰코뿔소
- 검정코뿔소
- 흰코뿔소

개체군 증감 현황

- 증가
- 감소



아프리카에는 검정코뿔소(Diceros bicornis)와 흰코뿔소(Ceratotherium simum) 두 종이 남부 및 동부 아프리카에 분포되어 있는데 이들 대부분은 남아프리카공화국과 나미비아, 짐바브웨, 케냐 4개국에 집중되어 있다(Emslie, 2012a, 2012b). 남부 및 동부 아프리카에는 5,000마리 이하의 검정코뿔소와 약 20,000마리의 흰코뿔소가 야생에 살고 있는 것으로 추정된다(Emslie, 2012a; 2012b). 한편으로는 기존 서식지였던 지역에 다시 코뿔소를 들여오려는 노력이 있었다. 그 결과 일부 지역에서는 증가 추세가 나타나기도 했다. 그럼에도 불구하고 검정코뿔소의 경우 개체 수가 적고 검정 코뿔소를 위협하는 여러 요소로 인해 멸종 위험이 큰 '위급(Critically Endangered; CR)' 단계로 분류되고 있다(Emslie, 2012a). 흰코뿔소는 '준위협(Near Threatened; NT)' 단계에 속해있기에 적절히 대응하지 않을 경우 머지않아 더 심각한 멸종 위기에 처할 수 있다(Emslie, 2012b).

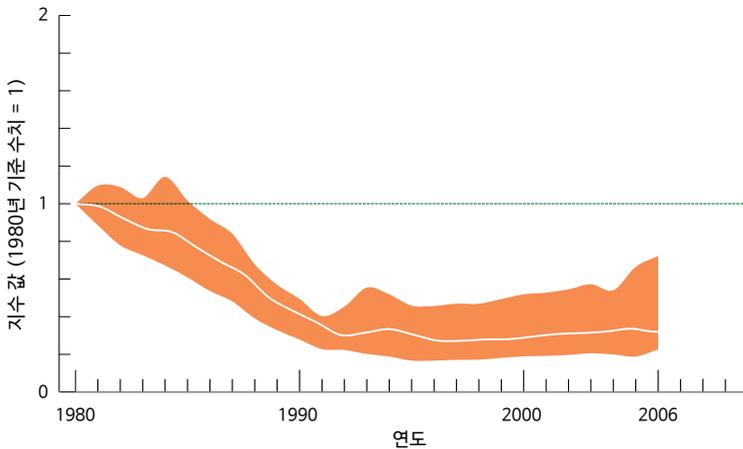


그림 19. 검정코뿔소와 흰코뿔소의 개체 수 추이 지수 (1980-2006년)
본 지수는 자료의 수집 한계로 인해 시간적 구간이 타 LPI에 비해 짧다. 해당 지수는 20개국의 검정코뿔소 28개 개체군과 흰코뿔소 10개 개체군으로부터 산출되었다 (WWF, ZSL, 2014).

범례

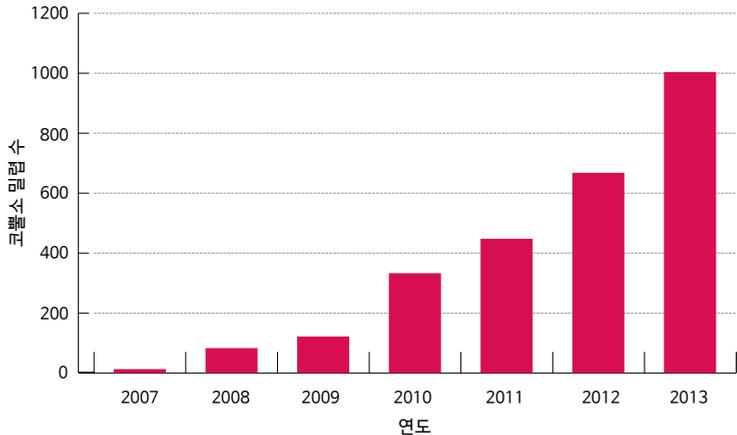
- 코뿔소 LPI
- 신뢰 구간

조사한 개체 수 자료에 따르면 1980년부터 2006년까지 두 종 모두 평균 63% 감소한 것으로 나타났다(그림 19). 1980년대와 1990년대의 감소량이 앞서 언급된 감소량의 대부분을 차지한다. 개체 수 증가를 위해 코뿔소를 재도입(reintroducing)하는 등 많은 노력으로 개선의 기미를 보이기는 했으나 이러한 감소 추세가 완전히 반전되지는 못했다.

현재 검정코뿔소와 흰코뿔소를 위협하는 가장 큰 요인은 뿔에 대한 수요로 발생하는 야생 동물 불법거래(illegal wildlife trade)이다. 코뿔소의 뿔은 고가로 거래되기 때문에 코뿔소는 계속해서 밀렵꾼들의 사냥감이 되고 있다. 코뿔소 뿔의 수요량은 아시아(특히 베트남)에서 늘어나고 있어 이러한 상황이 악화되고 있다(Milliken, 2012). 이밖에 야생 코뿔소 서식 국가의 미약한 거버넌스와 법 집행력, 부정부패의 증가에 맞물려 늘어나는 범죄조직도 상황을 악화시키는 요인이 되고 있다(Milliken, 2012).

아프리카 코뿔소의 80%가 서식하고 있는 남아프리카공화국에서도 코뿔소 밀렵 비율이 나날이 증가하고 있다. 뿔로 인해 밀렵된 코뿔소의 수는 2007년 13마리에서 2013년에는 1,000마리 이상으로 늘어났다(그림 20). 인식 제고와 보호 강화에도 불구하고 2013년에 만 남아프리카공화국 전체 코뿔소 개체 수의 약 5%가 밀렵으로 죽임을 당했으며 남아있는 개체군들에 대한 위협이 더 커지고 있다.

그림 20. 남아프리카공화국에서 밀렵된 코뿔소 수의 증가 추이 (2007-2013년)
(Government of South Africa, WWF, 2014)



보호구역 지정만으로는 야생동물 종이 직면한 위협을 완화시킬 수 없다는 것은 분명한 사실이다. 87개 해양보호구역(marine protected area)에 대한 최근 연구에 따르면 보호구역의 성공은 5개의 주요 요인, 즉 해당 보호구역에서 허용된 어류 포획의 양, 법 집행의 강도, 보호구역 지정 기간, 구역 규모, 고립의 정도에 따라 결정되는 것으로 나타났다(Edgar et al., 2014). 어업이 금지되고, 최소 10년간 보호 제도가 엄격하게 집행되며, 사구나 심해로 둘러싸인 구역이고, 보호구역을 최소 100km² 이상의 규모로 지정했을 때 상당한 이점이 있었다. 비보호 지역과 비교하였을 때 이들 보호구역에서는 어종 수가 2배나 많았고, 대형 어류 생물량은 5배 이상, 상어 생물량은 14배나 더 많았다. 위의 조건 중 한 두 개의 조건만 충족시키는 보호구역의 경우에는 조업 허용지역과 별 차이를 보이지 않았다.

보호구역의 효용을 극대화하기 위해서 제도 설계와 운영의 개선이 필요하겠지만 보호구역이 생물다양성 손실을 줄이는 데 있어 중요한 역할을 하고 있다는 것은 분명한 사실이다.

인간의 소비로 자연생태계에 더욱더 큰 압박이 가해짐에 따라 보다 강력한 보호책이 필요하게 될 것이다. 다음 장에서는 해당 주제에 대해 다루고자 한다.

환경발자국과 개선 노력

사진 속의 인물은 지난 50년간 나이지리아의 니제르 삼각주(Niger Delta)를 오염시킨 수많은 기름 유출 사고 중 한 건에 대한 청소작업을 하고 있다. 유엔에 따르면 이러한 유출을 완전히 복구하기 위해서는 10억 달러(USD)와 30년의 시간이 소요된다고 한다. 이로 인해 토양 및 해수가 오염되었고 인간과 야생동물 모두 고통받았다. 만약 비룡가에서 유사한 유출 사고가 발생한다면 국립공원의 소중한 생물다양성과 지역의 자연자원으로 생계를 이어가는 수많은 사람들에게 재앙이 될 것이다.

석유 사용 및 유출은 국지적 오염을 넘어 지구에 훨씬 큰 영향을 미친다. 화석연료는 근대 경제발전의 원동력이었지만 현대에는 인류의 생태발자국을 증가시켜 지구의 지속가능성을 불투명하게 만든 가장 큰 원인이 되고 있다. 인구가 증가함에 따라 식량, 산림, 거주공간에 대한 수요를 지속적으로 충족시켜야 하는데 이때 추가로 배출되는 이산화탄소를 흡수하기 위해 필요한 토지는 부족한 실정이다. 인구와 소비 규모가 증가하면서 비룡가와 같이 소중한 자연에 대한 압박이 더욱더 커지게 될 것이다.





생태발자국

지난 40여 년 간 인류는 지구의 재생 능력을 넘어선 양의 자연자원을 필요로 해왔다. 우리가 사용하는 생태적 재화와 서비스를 제공하기 위해 필요한 토지면적(기준: 헥타르, ha)을 생태발자국(Ecological Footprint)이라 하는데, 우리의 생태발자국은 생태 수용력(또는 생태용량; biocapacity), 즉 이들 재화와 서비스를 생산할 수 있는 지구 내 총 토지면적을 넘어선 상태이다. 생태 수용력은 생태발자국 수준을 가능하고 비교하는 데 일종의 생태적 잣대 역할을 한다. 생태 수용력과 생태발자국은 모두 글로벌 헥타르(gha)라는 단위로 측정한다.

지구가 1년 동안 재생하여 제공할 수 있는 생태적 재화와 서비스를 지구의 재생용량(regenerative capacity)이라 한다. 세계는 현재 지구가 1.5년 동안 재생(replenish)할 수 있는 생태적 재화와 서비스를 매년 소비하고 있다. 다시 말해 나무가 성장하기 전에 벌목하고, 바닷속에서 재생산될 수 있는 물고기의 양보다 더 많은 양을 어획하고 있으며, 산림과 해양에서 흡수할 수 있는 것보다 더 많은 양의 탄소를 대기 중에 배출한다는 것이다. 이 때문에 오늘날 '과용(overshoot)'이 일어나고 있다. 인간이 필요로 하는 자연자원의 총량은 이제 자연의 재생용량을 넘어서 더 이상 버틸 수 없는 수준에 도달했다. 그 결과 자원 보유량은 줄어들고 폐기물은 자연 흡수되거나 재생되기도 전에 쌓여가고 있다. 대기 중에 증가하고 있는 탄소 농도가 그 예 중 하나이다.

자원과 에너지 사용의 효율성을 제고하거나 생태계 생산량(ecosystem yields)을 증대시키는 등의 기술적 혁신을 통해 초과분을 줄일 수 있겠지만 그에 따른 부작용이 따를 수 있다. 예를 들어 비료와 기계화를 통해 농업의 생태 수용력을 늘리려 한다면 더 많은 화학연료가 들어 결국 탄소발자국이 커지게 된다.

1글로벌 헥타르(gha)란 세계 평균 수준의 생태적 생산성을 갖춘 1헥타르(ha)의 토지를 일컫는다.

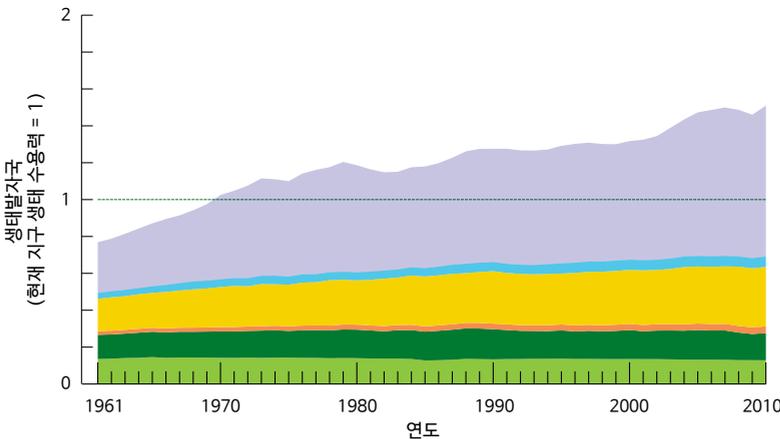


그림 21. 생태발자국 구성 요소 (1961-2010년)
현재 생태발자국을 구성하는 요소 중 탄소가 53%로 가장 큰 부분을 차지하고 있다(Global Footprint Network, 2014).

- 범례
- 탄소
 - 어장
 - 농경지
 - 시가지
 - 산림
 - 목초지

2010년 전 세계
생태발자국 수치는
181억 gha로
인구 1인당 2.6
gha에 해당한다.
반면 지구가
감당할 수 있는
총 생태 수용력은
120억 gha로
1인당 1.7 gha에
불과하다.

2008년에서 2009년까지 전 세계적으로 1인당 생태발자국 수치가 3% 감소했는데, 무엇보다 화석연료 수요가 줄어 탄소발자국 수치가 낮아진 것이 주효했다. 같은 기간 동안 목제품에 대한 수요 역시 소폭이지만 확실한 감소세를 보였다. 그러나 2010년 조사 결과에 따르면 생태발자국 수치가 다시 상승세로 돌아선 상황이다.

탄소는 지난 반세기 이상 인류의 생태발자국 중 가장 큰 부분을 차지했으며(그림 21) 계속 증가세를 보였다. 1961년 탄소는 인류 총 생태발자국 중 36%를 차지했으나, 2010년(입수 가능한 가장 최근 통계 연도)에 이르러서는 그 수치가 53%로 증가했다. 탄소가 증가한 가장 주요한 원인은 석탄, 석유, 천연가스 같은 화석연료의 연소이다.

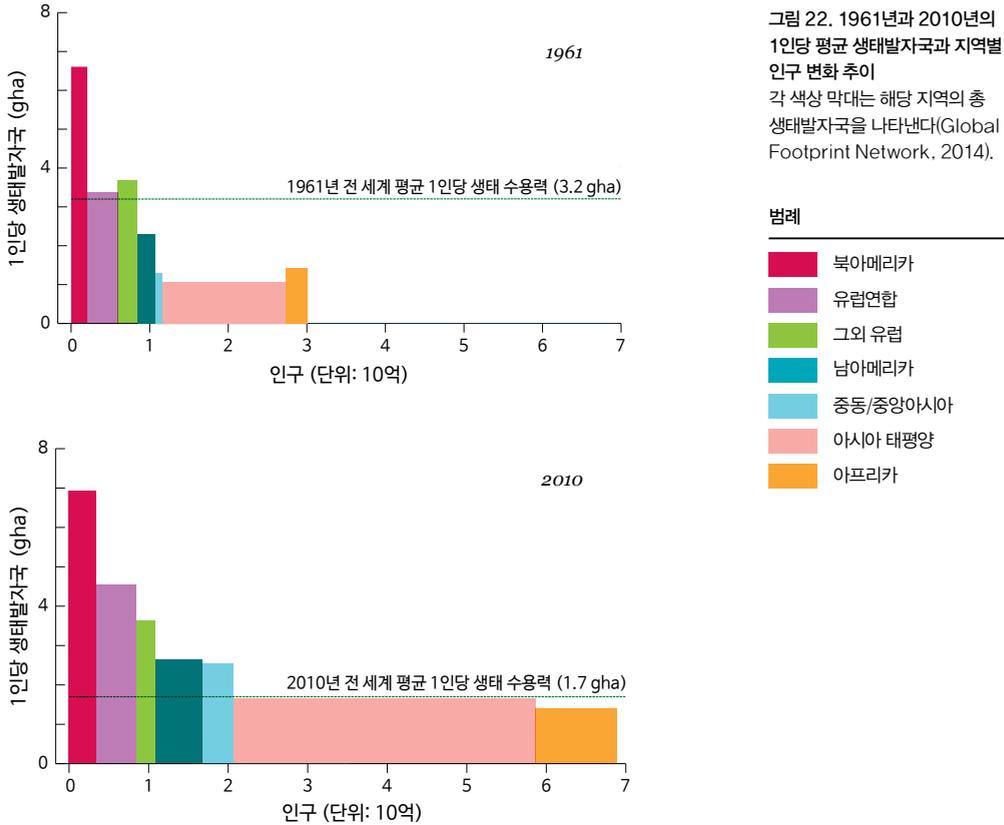
**재생가능한 생태 자원과 이러한 자원이
제공하는 재화 및 서비스로 현재 수요를
충당하기 위해서는 1.5개분 이상의
지구가 필요하다.**



1990년대 이후로 우리는 매년 지구가
제공할 수 있는 1년치 자연자원을 9개월 만에
모두 소진하고 있으며 지구가 1년 동안
감당할 수 있는 양보다 더 많은 재생자원을
소비하고 더 많은 탄소(CO₂)를 배출하고 있다.

지역 및 국가별 생태발자국

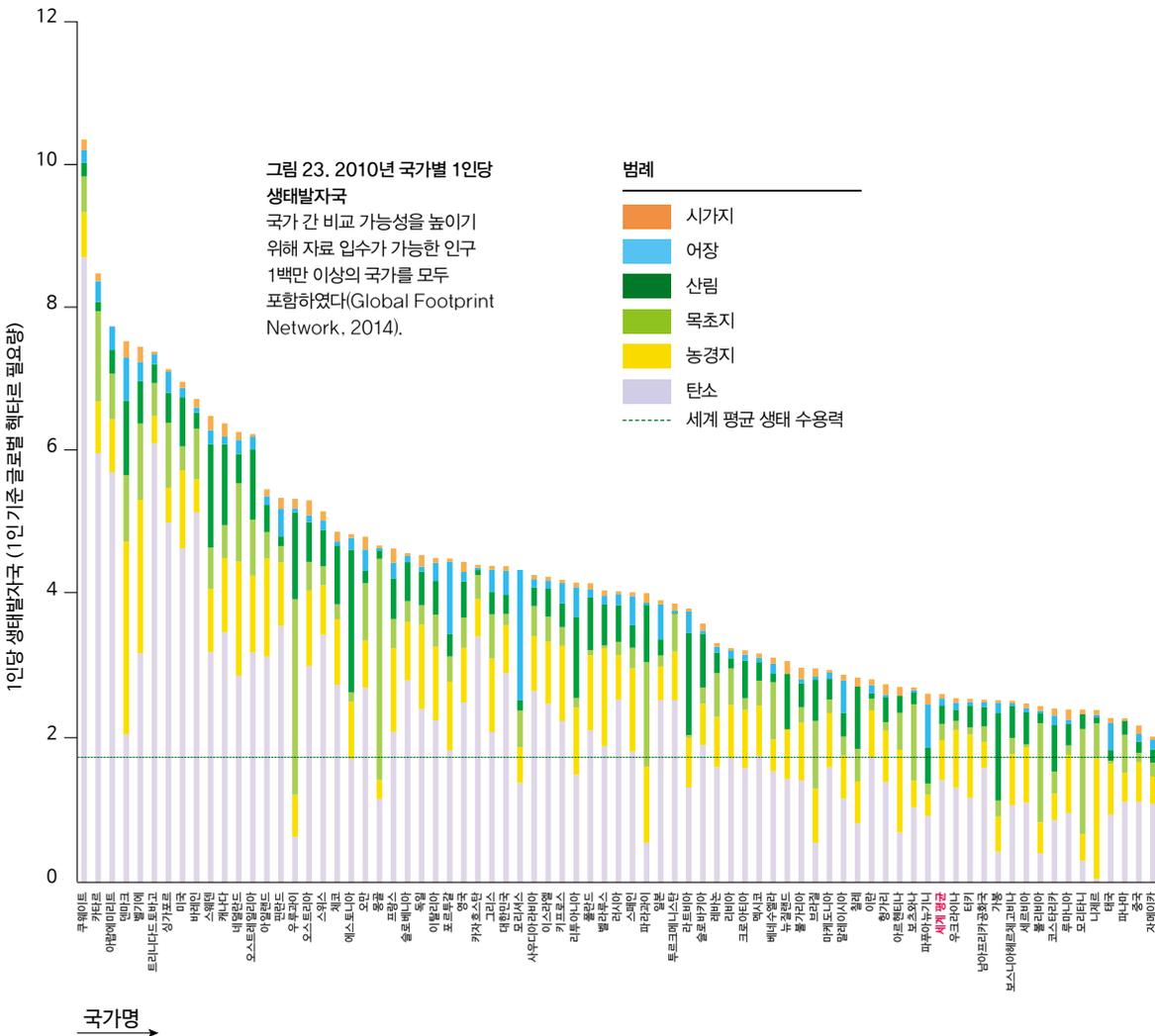
1961년과 2010년 지역별 인류 생태발자국(그림 22)을 보면 지난 반세기 동안 전 세계 재
생자원 공급과 수요가 주로 인구증가 추세에 따라 변화한 것을 알 수 있다.



인구 1인당 소비율보다 인구의 증가율이 더 높은 지역에서는 인구 증가 자체가 총 발자국 지수를 증가시키는 주요인이었다. 아프리카를 가장 대표적인 예로 들 수 있는데, 아프리카의 생태발자국 증가는 거의 전적으로 인구 증가에 따른 것이었다. 이 기간 동안 아프리카 인구는 272% 증가했으나 1인당 발자국 지수는 별다른 변화 없이 그대로였다. 북아메리카, 라틴아메리카, 중동·중앙아시아, 아시아 태평양 지역의 경우에는 인구 및 1인당 소비율 변화 모두가 생태발자국 증가의 원인이지만, 이중 주원인은 인구 증가였다. 유럽연합의 경우 인구 증가와 1인당 소비율 증가 모두가 발자국 지수 상승에 거의 동일한 수준으로 영향으로 미치고 있다. 같은 기간 동안 유럽국가 중 유럽연합 비회원국에서만 인구 감소로 인해 총 발자국 지수가 감소하였다.

한 국가의 1인당 생태발자국의 크기와 구성요소를 보면 그 국가의 일반 국민이 주로 소비하는 재화 및 서비스가 무엇인지, 이를 공급하는 데 자원(화석연료 포함)이 얼마나 효율적으로 사용되는지 알 수 있다. 1인당 생태발자국 지수가 높았던 상위 25개국 대부분의 국민 소득 수준은 높았으며 생태발자국 구성요인 중 탄소가 가장 높은 비중을 차지했다.

어떤 국가는 자국이 지닌 생태 수용력보다 더 큰 생태발자국을 남긴다. 이러한 국가들은 생태 적자의 상태로 국가를 운영하게 된다. 자국의 생태계가 미처 재생되기도 전에 생태 자원을 수확해 사용함으로써 오랜 시간에 걸쳐 축적된 자원을 끌어다 쓰거나, 상품의 수입을 통해 다른 나라의 생태 수용력을 대신 소비하거나, 화석연료 사용으로 발생한 이산화탄소를 대기 중으로 배출시키는 등 지구 공공재(global commons)를 소비하는 방식이 이에 해당한다.

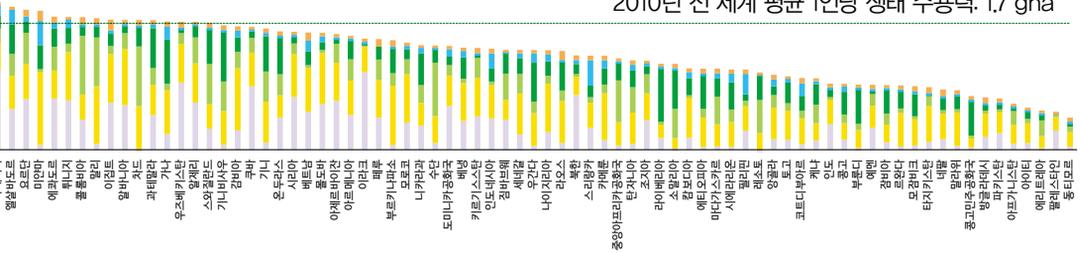


자료 입수가 가능한 최근 연도인 2010년을 기준으로 총 152개국 중 91개국의 1인당 생태 발자국이 전 세계 1인당 생태 수용력인 1.7gha를 넘어섰다(그림 23). 조사 대상국의 국가별 생태발자국 중 탄소가 절반 이상을 차지한 국가는 25%에 해당했고 생태발자국 요소 중 탄소가 가장 큰 비중을 차지한 국가는 50%에 이르렀다.

전 세계 생태 과용에 대한 국가별 책임은 각기 다르다. 지구 상 모든 인구가 카타르의 1인당 평균 생태발자국 수준을 유지한다면 우리에게 4.8개의 지구가 필요할 것이다. 만약 일반 미국인처럼 살아간다면 우리에게 3.9개의 지구가 필요하고, 슬로바키아나 대한민국의 국민처럼 살아간다면 각각 2개의 지구와 2.5개의 지구가 필요하다. 반면 남아프리카 공화국이나 아르헨티나 국민들처럼 살아간다면 각각 1.4개의 지구와 1.5개의 지구가 필요할 것이다.

조사 대상국의 국가별 생태발자국 중 탄소가 절반 이상을 차지한 국가는 25%에 생태발자국 요소 중 탄소가 가장 큰 비중을 차지한 국가는 50%에 이르렀다.

2010년 전 세계 평균 1인당 생태 수용력: 1.7 gha



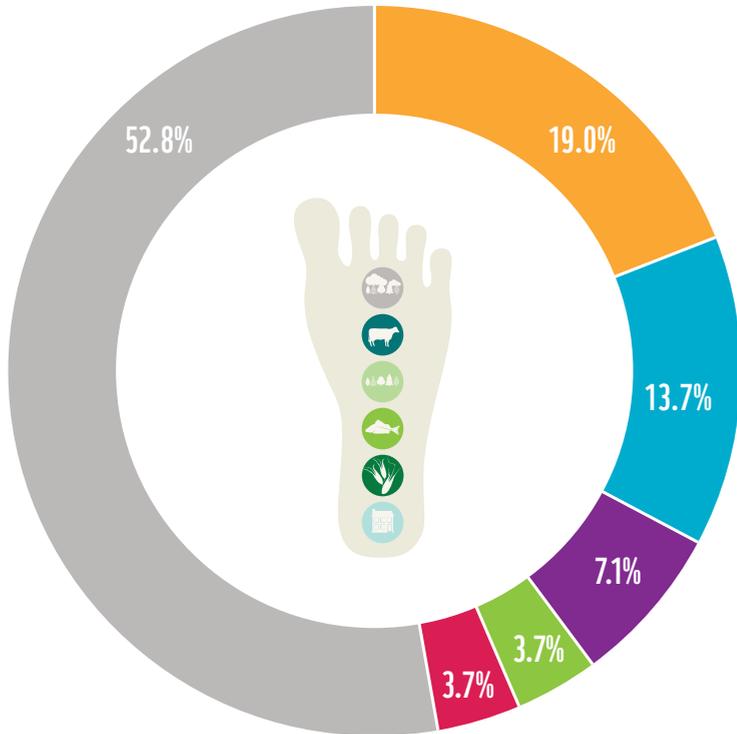
국가별 생태발자국 순위는 그 기준이 총 생태발자국 값인지 아니면 1인당 생태발자국 값인지에 따라 그 결과가 매우 다르다.

생태발자국 상위 5개국인 전 세계 생태발자국의 절반 이상을 차지하고 있다(그림 24). 2014년 국가별 생태발자국 분석에 따르면 중국과 미국 두 국가가 전 세계 총 생태발자국 중 각각 16%와 15%씩 총 31%를 차지하고 있다. 1인당 생태발자국 순위에서 중국은 76위에 불과하지만(그림 23) 세계 최대의 인구를 가진 대국이므로 지구 상 모든 국가 중 가장 큰 생태발자국을 남기고 있다. 반면 미국의 인구는 중국의 25% 정도에 그치지만 1인당 생태자원 소비량이 워낙 크기에 미국의 총 생태발자국 규모는 중국만큼 거대하다. 마찬가지로 1인당 생태자원 수요량에 인구 수를 곱해 국가의 총 생태발자국 값을 산출하면 인도의 순위는 136위에서 3위로, 브라질은 53위에서 4위로, 러시아는 42위에서 5위로 경종 뛰어오른다.

그림 24. 세계 5대 생태자원
수요국과 그외 국가들 간 총
생태발자국 비중
(Global Footprint Network,
2014)

범례

- 중국
- 미국
- 인도
- 브라질
- 러시아
- 그외 국가들



생태 수용력

2010년 지구의 생태 수용력(생태용량; biocapacity)은 약 120억 gha로, 1인당 1.7 gha 수준이다. 생태적 생산성을 지닌 토지는 우리 인간의 삶뿐만 아니라 우리와 함께 살아가는 1천만 이상의 야생 동식물의 생명을 지탱하는 데도 필수적이다.

자연에 대한 인간의 수요는 국가별로 매우 다르며 이 수요를 부양하는 생태 수용력 역시 세계 전역에 고르게 분포되어 있지 않다(그림 25). 생태 수용력이 큰 국가라고 해서 그 여분을 꼭 '비축(reserve)' 해 두고 있는 것은 아니다. 생태 수용력이 높은 국가라 할지라도 자연자원에 대한 지역적, 국가적, 국제적 수요가 그 가용 범위를 넘어설 수 있다.

생태발자국이 생태 수용력을 넘어선 국가의 수가 해마다 꾸준히 늘고 있다. 인구 증가와 1인당 소비량 증가로 자원의 수요가 계속 증가하고 있으며, 많은 국가에서 수출에 대한 수요를 충당하기 위해 더욱 많은 생태 수용력을 필요로 함에 따라 생태 수용력에 가해지는 압박은 더욱 커져만 가고 있다.

생태발자국이 생태 수용력보다 큰 국가의 수가 해마다 꾸준히 늘고 있다.
자원은 한정되어 있으므로 경쟁은 치열해지고 있으며 이는 점차 경제적·사회적·정치적으로 심각한 영향을 미칠 수 있다.

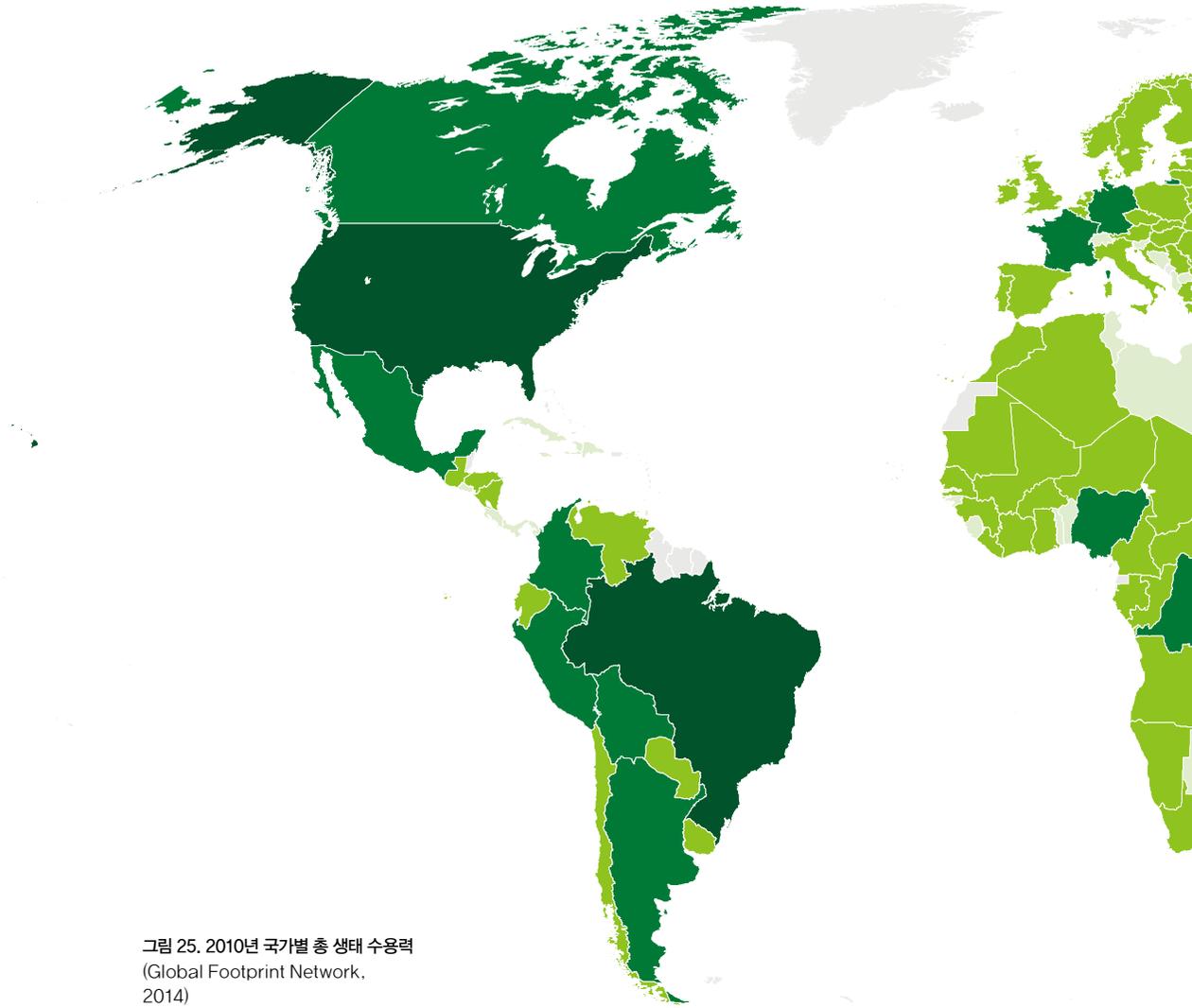
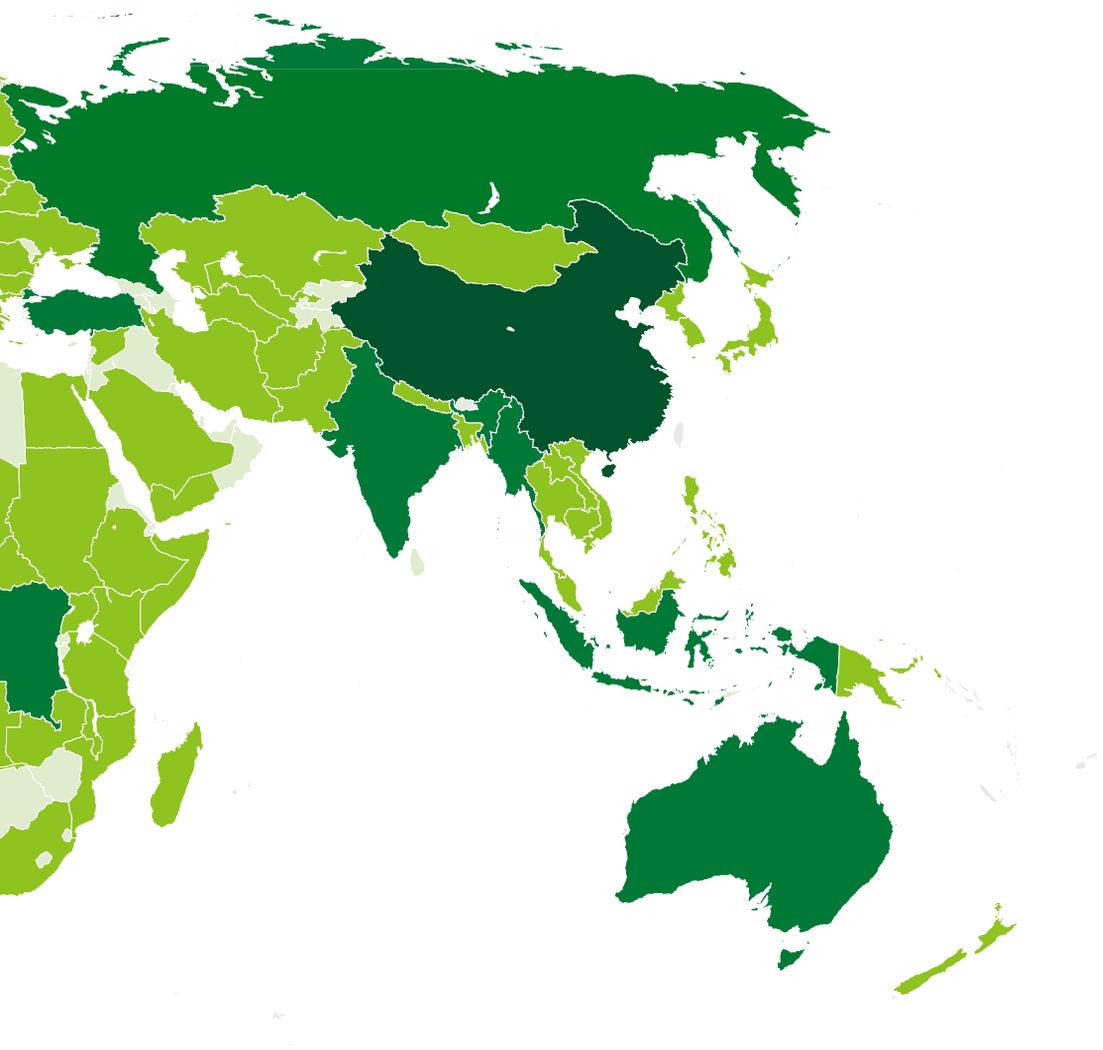


그림 25. 2010년 국가별 총 생태 수용력
(Global Footprint Network,
2014)

범례

자료 단위: 글로벌 헥타르 (gha)

- < 1천만 미만
- 1천만 - 1억
- 1억 - 10억
- > 10억 초과
- 자료 불충분



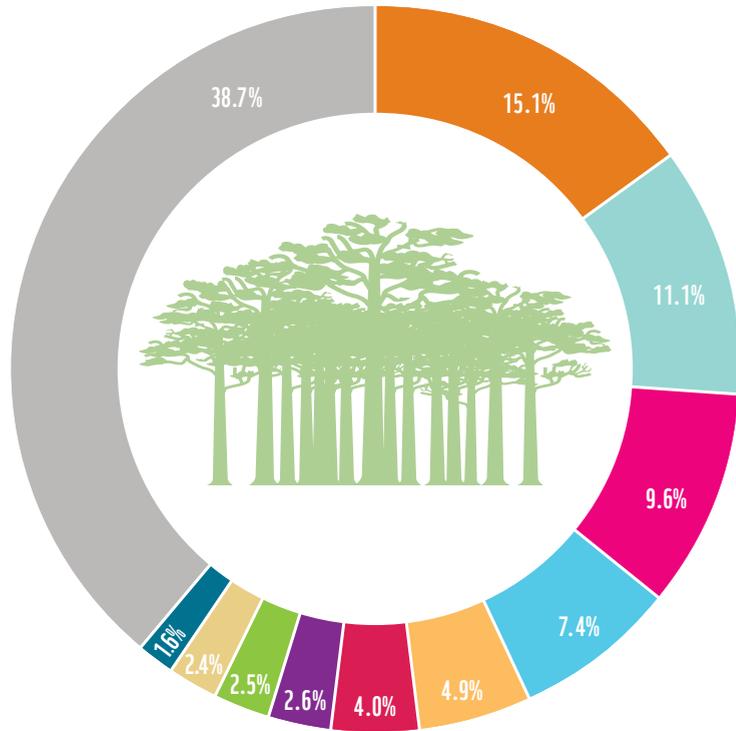
전 세계 총 생태 수용력 중 약 60%가 단 10개국에 밀집되어 있다(그림 26).

1인당 생태 수용력이 큰 국가들 대부분은 산림이 총 생태 수용력 중에서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 숲은 그 지역 사용자뿐만 아니라 외부인에게도 생태적 서비스를 제공하기 때문에 특히 중요한 생태계이다. 숲은 매우 다양한 생물종에게 보금자리를 제공할 뿐만 아니라 탄소를 저장하고 흡수함으로써 기후를 안정시키고, 이후 살피벌 물의 순환을 유지시키는 데에도 중요한 역할을 한다.

그림 26. 생태 수용력이 큰 세계 10대 국가(2010년 기준)
이들 10개국이 전 세계 총 생태 수용력 중 60% 이상을 차지한다. 이들 10개국에는 BRICS 6개국 중 5개국, 즉 브라질, 러시아, 인도, 인도네시아, 중국이 포함된다 (Global Footprint Network, 2014).

범례

- 브라질
- 중국
- 미국
- 러시아
- 인도
- 캐나다
- 인도네시아
- 오스트레일리아
- 아르헨티나
- 콩고민주공화국
- 그외 국가들





물발자국

에드워드 호수(Lake Edward)의 남쪽 가장자리에 자리 잡은 작은 어촌 비츠움비(Vitshumbi)의 주민들은 호수 물에 생계를 의존하며 살고 있다. 국제적으로 중요한 습지대에 위치한 에드워드 호수는 정유 회사 소코(Soco)의 석유탐사가 집중적으로 이루어진 곳이기도 하다. 만약 원유 유출 사고가 발생하는 경우 되돌릴 수 없는 결과가 초래될 수 있는 곳이다.

담수는 소중한 자원이다. 전 세계 인구의 1/3 이상이 매년 한 달 이상 심각한 물 부족 현상을 겪으며 강 유역에서 살아가고 있다(Hoekstra and Mekonnen, 2012). 인간의 물 수요가 늘어나고 기후변화로 강우 패턴이 더욱 극단적이고 예측 불가능해짐에 따라 물 부족에 영향을 받는 인구는 점차 늘어날 것으로 예상된다.



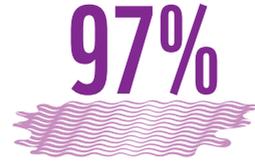
물발자국

물은 생명의 근원으로 필수적인 자원이며, 또 한정된 자원이다. 지구 상에 존재하는 물 중 97.5%가 해수이고 담수는 2.5%에 해당한다. 담수 중 대부분은 빙하와 만년설, 지표 아래 깊이 위치한 대수층에 갇혀 있다(Postel et al., 1996). 지구 상의 물 1% 중 극히 일부만이 매년 순환을 통해 재생되지만 이 재생된 물은 세계 곳곳에 고르게 분포하지 않는다. 담수원이 풍부한 국가도 있지만 전혀 그렇지 않은 국가도 존재한다.

수자원의 가용 여부는 인류 발전사에 지대한 영향을 미쳤다. 인류 최초의 주요 정착지는 담수원을 따라 만들어졌고 거대 문명은 이들 물줄기를 따라 확대 및 발전되었다. 20세기에 들어서면서 각종 기술뿐만 아니라 생산을 위한 인간의 자연 활용 방법은 획기적인 발전을 거듭하였다. 여러 사회에서 수력발전과 관개용수, 산업용수 및 도시용수 공급을 위해 대규모 댐을 건설하는 등 기반 시설 사업에 착수했다. 물론 이러한 개발 활동은 국가와 경제가 성장하는 데 막대한 영향을 주었지만 이러한 성공 대부분이 대가 없이 이뤄지지 않았다. 전 세계 수많은 지역의 강과 대수층이 오염되고 훼손되거나 마르게 된 것이다.

현대사회에서 물의 중요성을 알리는 것은 커다란 난제가 되었다. 그 이유는 우리가 자연 상태의 수원(water sources)에서 분리되어 살고 있기 때문이다. 많은 사람들이 물은 단순히 수도꼭지를 틀면 나오는 것으로 생각한다. 하지만 우리 사회·경제를 다시금 물과 연결해야 할 필요성이 그 어느 때보다 절실하다. 거의 모든 식량생산과 상품 제조 과정에는 어떤 형태로든 물이 사용된다. 어느 제품이든 그 생산과정에는 일정량의 물이 사용된다고 볼 수 있는데 이를 '물발자국(water footprint)'이라 한다.

물발자국은 물 사용 유형에 따라 청색, 녹색, 회색 물발자국 3 가지로 나뉜다. 녹색 물발자국(green water footprint)은 토지가 머금고 있던 빗물 중 작물 재배 과정에서 증발된 빗물의 양을 나타낸다. 청색 물발자국은 지표면의 호수, 강, 저수지, 지하수(대수층)의 물이 쓰인 후 원래대로 환원되지 않은 담수의 양을 일컫는다. 전 세계 청색 물발자국 중 가장 큰 부분이 작물 재배지에서 관개용수가 증발하면서 발생한다. 가정용 및 내수용으로 사용되는 물은 녹색 물발자국으로 기록되지 않고 청색 및 회색 물발자국으로 분류된다. 회색 물발자국(grey water footprint)은 (산업 및 농업의) 생산과정에서 오염되거나 가정에서 사용 후 버려지는 물로 인해 오염된 물의 양을 가리킨다. 다시 말해 오염물질의 농도를 허용 가능한 수준으로 희석시키기 위해 필요한 물의 양을 나타내는 것이다.



지구 상에 존재하는 물 중 약 97.5%는 해수이다.



나머지 담수 중 대부분은 빙하와 만년설, 지표 아래 깊이 위치한 대수층에 갇혀 있다.



지구 상의 물 1% 중 극히 일부의 물은 매년 순환을 통해 재생된다.



재생된 물은 세계 곳곳에 고르게 분포하지 않는다.

물발자국은 물이 언제, 어느 곳에서 사용되는지를 나타내는 시간적·공간적 요소를 담고 있다. 물이 '어느 곳'에서 사용되었는지에 따라 그 물발자국이 지역에 미치는 영향이 달라진다. 똑같은 물발자국이라 할지라도 그 물이 쓰인 곳이 담수가 희소한 곳인지, 풍족한 곳인지에 따라 그 영향이 매우 달라질 수 있는 것이다. 마찬가지로 물자원이 풍부한 국가 안에서도 물자원이 부족한 일부 지역이 있을 수 있다. 물이 '언제' 쓰이는지는 주어진 장소에서의 물자원 가용성과 소비량이 1년 동안 어떻게 변화하는지를 이해할 수 있게 해준다. 기후변화로 인해 강우 패턴이 더욱 예측 불가능해지고 그 정도 또한 심해질 것으로 예상되는 가운데, 물이 '언제' 사용되는지 그 시점은 더욱 중요해질 것이다.

물발자국 개념은 정부, 기업 및 개인이 일상생활과 경제활동을 하는 데에 있어서 물을 어떻게 사용할 것인지에 대해 더욱 잘 이해할 수 있도록 한다. 즉 물이라는 필수적인 자원에 우리가 얼마나 의존하고 있는지, 물이 얼마나 취약한 자원인지를 비로소 물발자국을 통해 깨닫게 되는 것이다. 물발자국은 담수의 직·간접적인 사용을 모두 포괄하는 지표로서 소비나 생산, 두 측면 모두에서 측정 가능하다. 생산 활동 물발자국(water footprint of production)은 내수용이든 수출용이든 한 국가가 재화와 용역을 생산하는 데 사용하는 물의 총량을 세제곱미터(m³)로 나타낸 것이다. 생산 활동 물발자국을 통해 우리는 공급망과 경제활동이 물이 부족한 지역 또는 오염된 지역에 어떻게 연관되어 있는지 이해할 수 있다.



녹색 물발자국
토지가 머금고 있던
빗물 중 작물 재배
과정에서 증발된
빗물의 양



청색 물발자국
지표면의 호수, 강,
저수지, 지하수
(대수층)의 물이
쓰인 후 원래대로
환원되지 않은 담수의
양을 일컫는다.



회색 물발자국
생산과정(산업 및
농업)에서 오염되거나
가정에서 사용 후
버려지는 오수로 인해
오염된 물의 양,
즉 오염물질의 농도를
허용 가능한 수준으로
희석시키기 위해
필요한 물의 양

국가 생산 활동 물발자국

모든 국가는 국민, 경제 및 환경이 필요로 하는 물 수요량을 충족시키기 위해 계획을 수립한다. 물은 많은 부분에서 경제발전의 향방과 특정 산업 분야의 성패를 결정짓고, 이는 생산 활동 물발자국에 반영된다. 생산 활동 물발자국은 최종 제품의 실제 소비처가 어디 인가와 관계없이 국가 내에서 가정, 산업 및 농업용으로 사용되는 물의 총량을 나타낸다.

그림 27은 세계 상위 20대 물발자국 국가의 생산 활동 물발자국을 보여주는 도표이다. 각 막대는 물의 총 사용량을 나타내며 녹색과 청색 물발자국으로 나뉜다. 국가명 위에 찍힌 여러 색상의 점은 해당국의 물 부족 정도를 나타낸다. 이 물 부족 정도는 해당 국가의 평균값이기 때문에 세부 지역과 강 유역의 물 부족 상황을 파악하기 어렵다. 따라서 지역적 물 부족 동태와 현안 및 해결방안을 파악하기 위해서는 강 유역의 물 부족 상황에 대한 보다 자세한 분석이 필요하다. 그림 30의 수문곡선그래프(hydrograph)가 그 예이다.

국가의 물발자국 통계는 물 부족 위험 지역을 파악하는 데 유용하다. 예를 들어 그림 27은 각국 물발자국의 전반적 현황 및 영향을 이해하는 데 유용한 지표가 된다. 그러나 국가별 통계 수치는 유역 수준의 실태를 정확히 반영하지 않을 때가 많다. 그림 27의 상위 20대 물발자국 국가 대부분의 청색 물발자국 대 청색 물 이용가능성(availability) 비율은 문제없어 보이지만, 이들 국가에 위치한 수많은 강 유역에서는 매년 일정 기간 동안 극심한 물 부족이 발생하고 있다. 이에 그림 29의 강 유역 정보는 물발자국 지표를 보다 잘 이해할 수 있도록 도움이 된다.

**국가의 물발자국 통계는 물 부족 위험지역을
파악하는 데 유용하다. 그러나 유역 수준의
실태를 제대로 반영하지 않을 수 있다.**

**상위 20대 물발자국 국가의 여러 강 유역에서는
해마다 일정 기간 동안 극심한 물 부족이
발생하고 있다.**

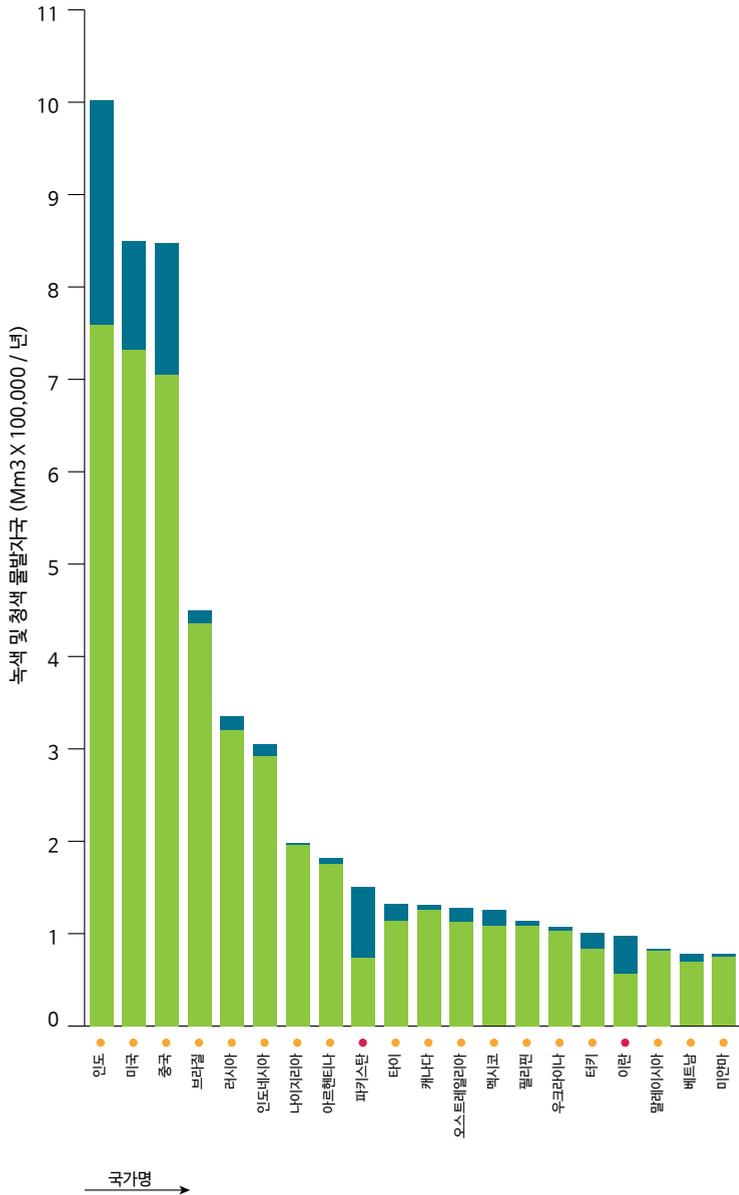
그림 27. 상위 20 대 국가의 생산 활동 물발자국 및 국가별 청색 물 부족 위험 지표 (Hoekstra and Mekonnen, 2012).

범례

- 청색 물발자국
- 녹색 물발자국

청색 물 자원에 대한 압박 국가명 위에 찍힌 점은 청색 물발자국 대 청색 물 이용가능성 비율로 표시한 생산 활동 청색 물발자국의 총 값을 나타낸다.

- 0-20%
- 20-50%



전 세계 식량 중 대부분이 빗물에 의존한 농업 방식을 통해 재배되고 있다. 농업 생산에 사용되는 녹색 물(green water)의 양은 68,840억 m^3 로 9,450억 m^3 인 청색 물 소비량의 7배에 달한다. 전 세계 물발자국 중 92%가 농업 생산으로 인한 것이며 전 세계 작물 재배 중 78%가 빗물에 의존하여 생산되고 있다. 산업 생산과 가정용수는 전 세계 물발자국 중 각각 4.4%와 3.6%를 차지한다. 전 세계 물발자국 중 약 1/5은 수출용 생산과 연관되어 있는데, 농업 생산과 산업 생산의 물발자국 중 각각 19%와 41%가 수출을 위한 것이다 (Hoekstra and Mekonnen, 2012).

많은 지역에서 빗물에 의존한 농업과 관개용수를 이용한 농업의 생산성을 모두 높일 수 있는 가능성이 있다. 하지만 일부 지역에서는 강우 패턴에 영향을 주는 기후변화로 인해 녹색 물 기반의 생산이 점차 어려움을 겪을 것으로 보인다. 반면 강우량이 늘어날 것으로 예상되는 지역에는 새로운 기회가 될 것이다. 관개기술은 그간 농업 생산량을 크게 증가시켰지만 강 하류의 물 기근 현상을 악화시키는 경우도 있었다. 관개에 대한 관리 및 감독이 허술하게 이루어지거나 지하수가 다시 채워지기도 전에 더 많은 양의 물이 사용되면서 지하수가 고갈될 수 있다. 즉 지하수의 지속가능성이 불확실한 것이다. 지하수 문제 역시 지역마다 그 상황이 다르다. 몇몇 국가에서는 상당한 지하수원을 새롭게 발견하는가 하면 오스트레일리아, 인도, 미국 등의 지역에서는 생명줄인 대수층이 심각하게 고갈되고 있다. 지하에 위치한 새로운 담수원을 개발하면 식량의 생산량을 증가시킬 수 있겠지만 이러한 개발 활동이 인간과 자연에 장기적으로 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 이러한 부정적인 영향을 피하기 위해서는 친환경 우수 관리 기법과 물 관리 기법이 적용되어야 한다.

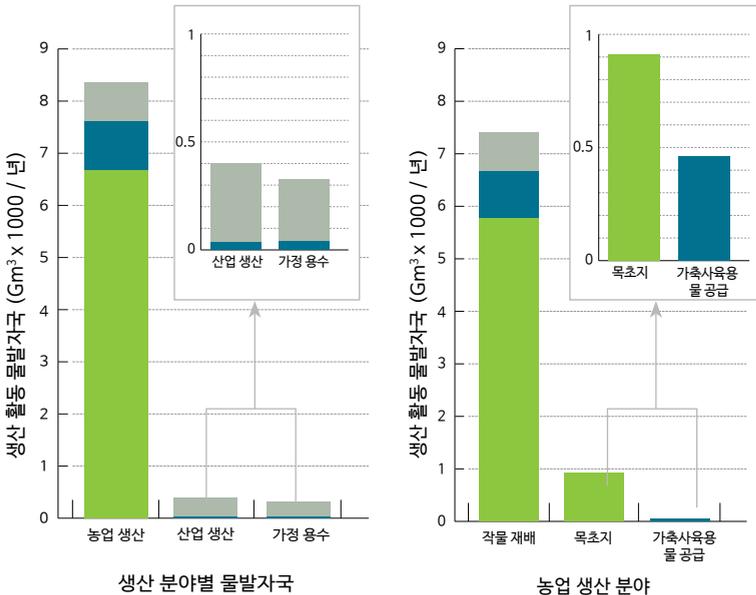


그림 28. 전 세계 생산 활동 청색, 녹색 및 회색 물발자국 분류 (1996-2005년) 부피 단위는 연간 1천 Gm³ (기가 세제곱미터)이다. 상세 분류에 따르면 농업 분야가 가장 큰 물발자국을 남기고 있으며, 그중에서도 녹색 물발자국이 가장 높은 비중을 차지하고 있다(Hoekstra and Mekonnen, 2012).

범례

- 녹색 물
- 청색 물
- 회색 물

물론 물의 관리·감독은 강 하구나 집수역 차원에서 이뤄져야 하지만 세계 전역의 물에 대한 압박과 위험을 인식하기 위해서는 물발자국 지표가 도움이 된다. 대용량의 물을 한 지역에서 다른 지역으로 직접 운반하는 일은 불가능하나 사실상 물이 부족한 국가는 수자원이 풍부한 국가의 작물과 상품을 수입 할 수 있다. 이처럼 교역은 지역적 물 부족 현상을 완화시키는 데 도움이 될 수 있지만 이를 악화시킬 수도 있다.

전 세계적으로 기후변화와 물 수요 증가에 따라 절대적인 물 부족이나 계절적인 물 부족 현상에 영향을 받는 인구가 가파르게 늘어날 것으로 예측된다(Schiermeier, 2013; Hoekstra and Mekonnen, 2012). 이러한 상황에서 인간과 생태계에 대한 물 공급을 적절히 유지하기 위해서는 식량과 섬유작물 생산이 수자원에 미치는 영향을 반드시 이해해야 한다.

청색 물 부족

매년 적어도 한 달 이상 심각한 물 부족이 발생하는 200개 이상의 강하구를 대상으로 청색 물(blue water)이 부족한 상황(stress on blue water resources)을 매월 조사하고 있다. 해당 강하구는 26억 7천만 명에 해당하는 인구의 삶의 터전이다(Hoekstra and Mekonnen, 2012).

대부분의 경우 청색 물발자국은 강의 자연적 환경유량, 즉 '담수 및 강어귀 생태계와 이에 의존하는 인간의 삶과 안녕을 유지하기 위해 필요한 유량의 양·기간·질'을 유지할 수 없게 만든다(Global Environmental Flows Network, 2007 and Hoekstra et al., 2012). 1970년 이래 76% 감소한 담수 LPI는 환경유량 감소가 생물종에 미치는 영향을 나타내며 이는 해양 및 육상 생태계에서보다 더 가파른 하락세를 보여주고 있다.

26억 7천만 명의 삶의 터전인 200개 이상의 강하구에서 이미 심각한 물부족이 매년 1달 이상 발생하고 있다.

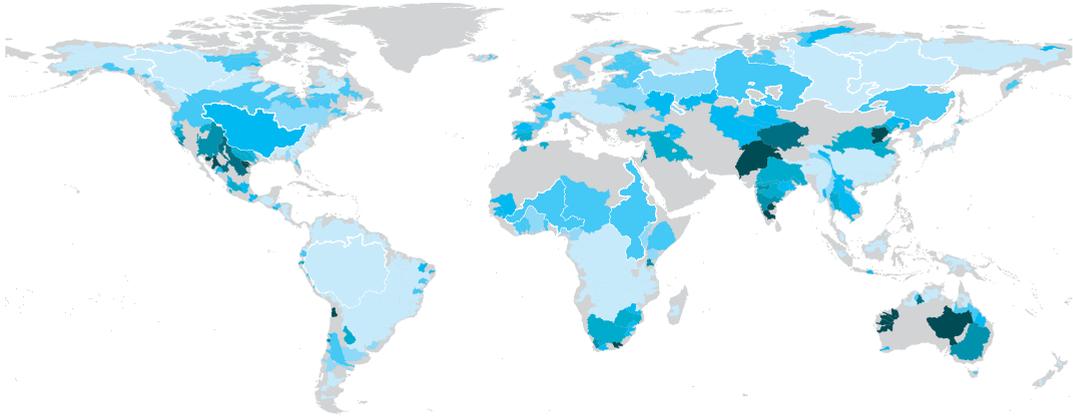


그림 29. 1996년부터 2005년까지 405개 강유역의 청색 물(blue water) 부족 현황
가장 어두운 청색은 강유역의 물 중 20% 이상이 연중 내내 사용되는 지역을 나타낸다. 이들 지역 중 일부는 전 세계적으로 가장 건조한 지역이다(오스트레일리아의 내륙 지방 등). 그러나 다른 지역들(미국의 서부 등)은 이들 강유역의 수자원 중 상당한 양이 농업용수로 사용됨에 따라 여러 달 동안 물 부족을 겪고 있다(Hoekstra et al., 2012).

가용한 청색 물의 양을 모두 소비하여
청색 물이 부족한 개월 수



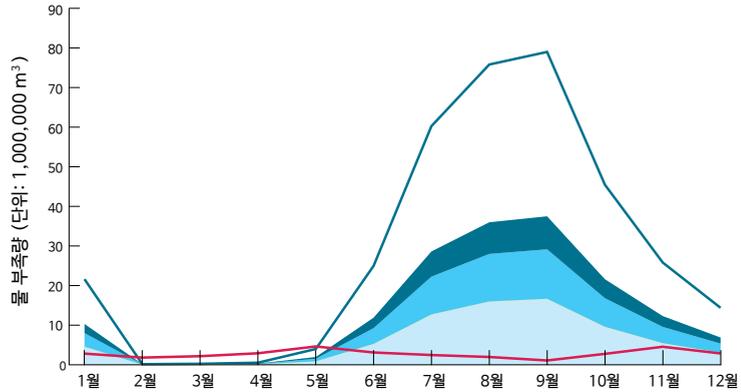
생산 활동 물발자국 상위 국가인 중국과 인도, 미국에서도 지역에 따라 다소 심각한 정도에 이르는 물 부족 현상을 연중 일부 기간 겪고 있다. 미국은 세계에서 가장 많은 양의 곡물을 수출하는 국가이다. 그러나 최근 가뭄으로 인해 곡물 총 생산량이 줄어들었고 이는 전 세계 식량 가격 인상으로 이어졌다. 기후변화로 인해 극단적인 기후 현상이 점점 잦아지고 그 양상이 불규칙해지면 세계 식량 무역에 큰 영향을 끼치게 될 것이다. 특히 물 집약적 곡물을 주식으로 소비하며 이들 중 대부분을 수입에 의존하는 국가의 경우 이로 인한 타격을 크게 받을 것이다. 한편 중국과 인도의 경우 대부분의 식량에 대한 자급도는 대체적으로 높은 편이나, 이들 국가에서 발생하고 있는 물 수요 및 부족 현상의 증가로 인해 이후 식량 수입 의존도가 높아지게 되면 전 세계 식량 무역에 더 큰 부담으로 작용할 수 있다. 이들 두 국가가 전 세계 인구의 1/3 이상을 차지한다는 점을 감안할 때 이러한 추세는 세계 식량 가격에 상당한 여파를 미칠 수 있다.

기후변화로 인한
극단적인 날씨는
전 세계 식량 무역에
심각한 영향을
미칠 수 있다.
특히 기본적인
수요 충족을 위해
수자원 집약적
곡물의 수입에
의존하는 국가들의
경우 더 큰 타격을
입게 된다.

메콩강 유역 수문곡선그래프

그림 30. 메콩강 유역의 연간 물 부족 현황 (1996-2005년 월평균 부족량)

환경유량(environmental flow)의 필요량에 따라 각기 다른 명도로 구분하여 4개 구역으로 나타내었다. 굵은 적색 선은 실제 청색 물발자국이다. 이 적색 선이 가장 밑의 얇은 청색 구역에 위치할 경우 물 부족도가 낮다는 것을 의미한다. 다시 말해 환경적 측면에서 과도한 취수가 이루어지지 않는다. 그러나 이 적색선이 더 진한 청색 구역이나 남색 구역(30-40%), 혹은 흰색 구역(40% 이상)으로 이동할 경우, 해당 기간의 물 부족도가 색깔별로 각각 중간-심각-매우 심각한 정도임을 나타내는 것이다 (Hoekstra et al., 2012).



범례

- 자연 유출수
- 40% 이상
- 30-40%
- 20-30%
- 0-20%
- 청색 물발자국

그림 30은 메콩강 유역의 수문곡선그래프이다. 해마다 계절별로 유량이 변화하는데, 수자원 이용량이 유입량을 초과하는 건기(2월 - 4월)에 수자원을 확보하기 위한 경쟁이 특히 치열하다. 메콩강 지역에서는 관개용수, 가정용수, 산업용수, 선박 운항 등을 위해 수자원이 필요하며, 해수 유입의 위험을 최소화하기 위해서도 삼각주 유역에 적절한 양의 수자원이 유입되어야 하고 최소한의 환경유량을 유지하기 위해서도 수자원이 사용된다 (Mekong River Commission, 2005).

현재 메콩강 분류 여러 구역에서 댐이 건설되고 있다. 이러한 개발 사업은 강의 흐름이나 물에 대한 수요에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 예를 들어 어류가 줄어 단백질 섭취가 어려워지게 되면 이를 대체하기 위해 농업 관개용수 양이 늘어나게 될 것이다. 이 같은 수요의 증가나 변화, 특히 계절별 수자원 공급량에 미치는 영향에 대해서는 아직 충분한 연구가 이루어지지 않은 상태이다. 그러나 메콩강이 이미 건기에 물 부족을 겪는다는 점을 감안할 때 그 여파는 상당할 것이다.

지역적 필요, 지구촌에의 압박

콩고민주공화국의 비츠움비(Vitshumbi) 마을에서는 매주 시장이 열린다. 이 시장에서 사람들은 채소 및 에드워드 호수에서 잡은 신선한 생선을 구매한다.

콩고민주공화국은 전 세계적으로도 생태 수용력과 자연자원이 풍부한 국가 중 하나이다. 그럼에도 콩고민주공화국의 생태발자국은 가장 작고 생태발자국을 가지고 있고, 불평등 요소를 반영하여 조정된 유엔의 인간개발지수(HDI)에서도 전 세계 최하위권에 머물고 있다.

선진국의 지속가능하지 않은 생활방식을 유지하기 위해 실시하는 비룽가에서의 석유 채굴은 이곳 국민 중 소수에게 단기적 수익을 안겨 줄 수 있다. 그러나 그것이 실질적인 발전으로 이어지기는 힘들 것이다. 니제르 삼각주(Niger Delta) 지역의 경우 석유가 발견된 이후 빈곤 및 불평등 지수가 더욱 악화되었다. 장기적으로 콩고민주공화국 국민들이 그들의 수요를 충족하고 생활수준을 개선하는 유일한 방법은 자국의 자연자원을 지속가능한 방식으로 현명하게 사용하는 것이다.





인구와 소비 그리고 발전

세계적인 인구 증가 추세와 이로 인한 영향을 논하지 않고서는 인류를 압박하고 있는 당면 과제를 충분히 이해할 수 없다. 인구 추세 및 인구 역학은 사실상 모든 환경 현안에 영향을 미치고 있다. 그러나 이에 못지않게 중요한 것은 인류의 소비 경향과 이와 함께 향상된 생활 수준이다. 이는 자원의 사용처와 사용 방법, 자원의 품질과 유용성, 그리고 자원에 대한 사람들의 접근성에 영향을 끼치게 된다.

오늘날 전 세계 인구는 이미 72억을 넘어섰다. 이는 과거에 추정했던 것보다 훨씬 빠른 속도로 증가하고 있는 것이다. 수정된 추정치에 의하면 세계 인구는 2050년에 이르러 96억에 달할 것이며, 이는 유엔이 이전에 전망한 수치보다 3억 명이 더 많은 것이다(UNDESA, 2013a). 이러한 인구 증가는 대부분 저개발국(least developed countries)에서 나타날 것이라 예상된다(UNDESA, 2013b).

인구 분포는 전 세계적으로 균일하지 않다. 전 세계 233개국 중 25%에 해당하는 국가에서 세계 인구의 90%가 거주하고 있다(UNDESA, 2013b). 또한 향후 증가할 인구를 추정했을 때 절반가량의 인구 증가가 단 8개국, 즉 나이지리아, 인도, 탄자니아, 콩고민주공화국, 니제르, 우간다, 에티오피아, 미국에서 나타날 것으로 예상된다(UNDESA, 2013b). 이들 국가 중 나이지리아가 가장 높은 인구 성장률을 보일 것으로 예상되며, 2050년에는(중국과 인도의 뒤를 이어) 세계에서 인구가 세 번째로 많은 국가가 될 것으로 전망된다. 앞서 언급된 8개국 중 미국을 제외한 국가들은 인구당 생태발자국이 상대적으로 작은 편이지만 미국의 생태발자국은 전 세계에서 가장 크다.

인구와 자연자원

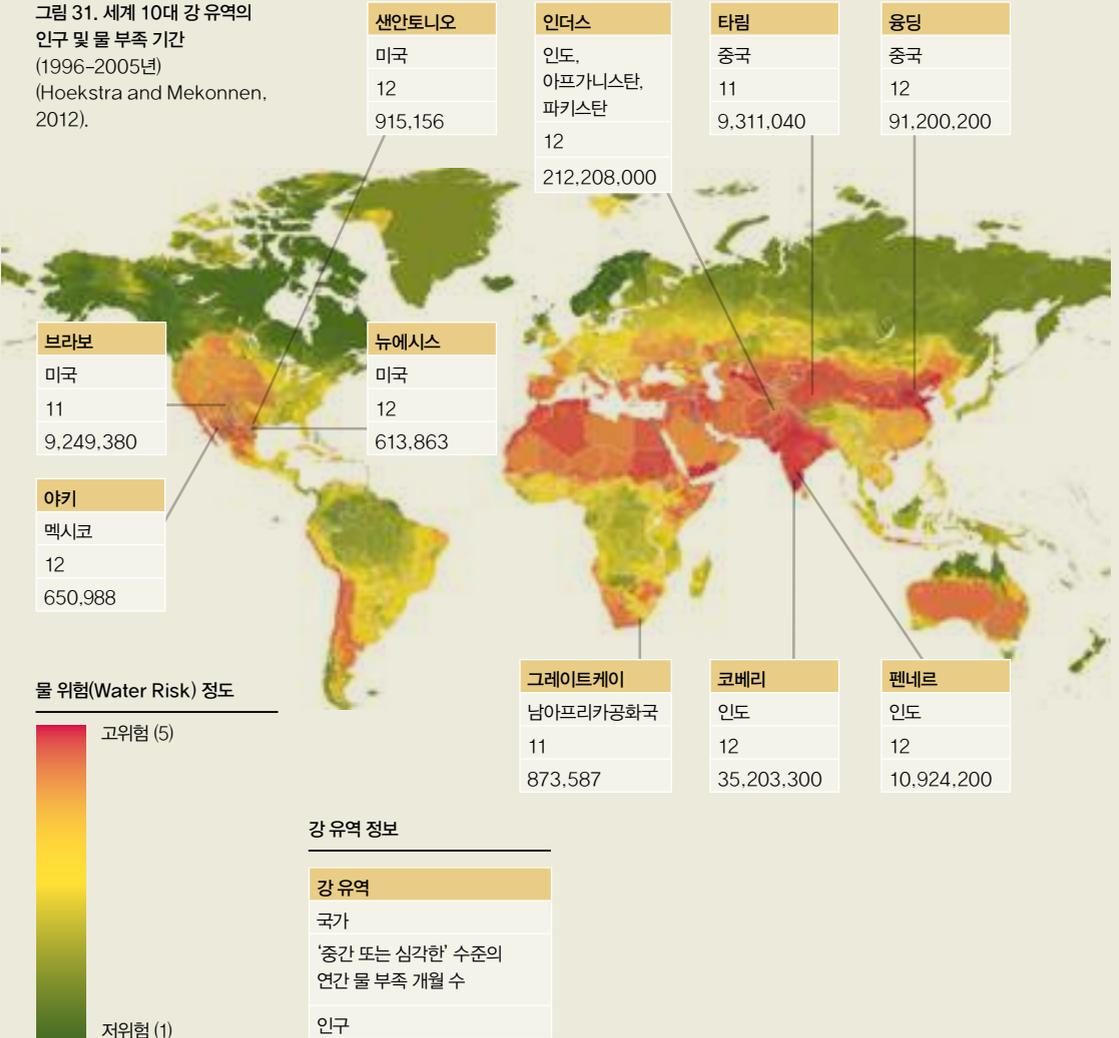
인구가 전 세계적으로 고르게 분포되어 있지 않은 것처럼 자연자원의 매장량이나 그 사용량 역시 국가별 편차가 크다. 세계적 소비 패턴의 추세로 미루어 볼 때, 과연 각 국가가 자국의 자연자원의 질을 유지하면서, 인구증가로 인한 자원 수요를 충족시킬 능력을 갖출 수 있는지 의문이 제기되고 있다.

인구 증가 및 소비 추세는 제한된 자연자원과 생태계, 각 사회와 국가 경제에 대한 압박을 불가피하게 가중시킬 것이다. 이로 인해 지역적으로 그리고 전 세계적으로 사용 가능한 자원에 대한 격차 역시 더욱 벌어지게 되고 이러한 차이를 절감하게 될 것이다.

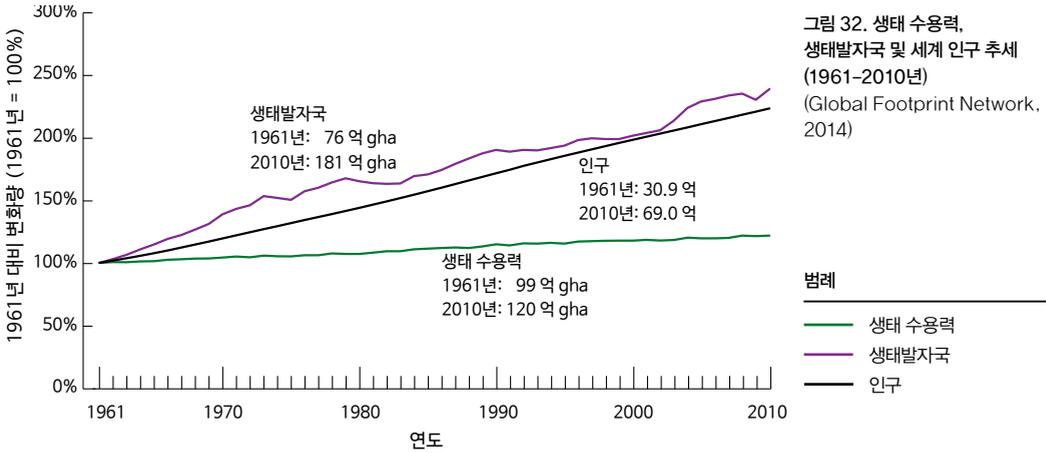
상세 자료 2: 주민과 농업, 산업에 직접적인 영향을 미치는 강 유역의 물 부족 현상

인도와 중국, 미국은 생산과정 중에 가장 큰 물발자국을 남기는 국가이다. 거의 1년 내내 물 부족을 겪는 10대 강 유역이면서 인구가 가장 밀집해있는 8곳이 이들 국가 내에 위치하고 있다(그림 31). 매우 심각한 물 부족이 발생하면 현지 주민들은 비참한 상황에 빠지게 되고 기후변화와 지속적인 인구 증가 그리고 경제성장과 더불어 물발자국이 커짐에 따라 복합적인 문제가 야기될 수도 있다. 이는 직접적인 영향을 받는 수억 명의 해당 지역민뿐 만 아니라 지구촌 전체에도 상당히 심각한 문제라고 할 수 있다.

그림 31. 세계 10대 강 유역의 인구 및 물 부족 기간 (1996-2005년) (Hoekstra and Mekonnen, 2012).



생태발자국에 의하면 지난 50년간 지구의 총 생태 수용력은 99억 gha에서 120억 gha로 증가한 것으로 나타났다(그림 32). 그러나 같은 기간 전 세계 인구 역시 31억에서 69억으로 증가했고 1인당 생태발자국은 2.5 gha에서 2.6 gha로 증가했다(그림 33).

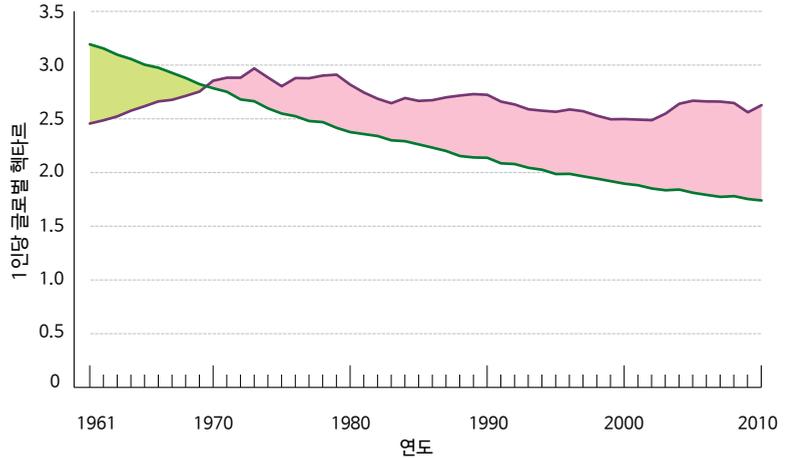


지구의 생산성 증가는 앞서 언급된 인구 증가로 인한 자연자원 수요를 상쇄할 만큼 충분치 않다.

기술의 진보와 생산지, 특히 농경지의 헥타르당 평균 생산량을 증가시킨 농업 생산 요소 투입 및 관개에도 불구하고 1인당 생태 수용력은 3,2gha에서 1.7gha로 줄었다. 생태자원 사용량이 증가하면서 많은 경우 생태계의 건강과 효율성, 질에서 그 대가를 치러야만 했다. 결과적으로 전 세계는 지속가능한 미래라는 목표에서 점점 멀어지고 있다.

그림 33. 인구 1인당 생태발자국과 생태 수용력 추세 (1961-2010년)
(Global Footprint Network, 2014)

- 범례
- 생태 수용력 예비분
 - 생태 수용력 부족분
 - 1인당 생태발자국
 - 1인당 생태 수용력



**인당 생태 수용력이 감소한
주요 원인은 전 세계 인구의 증가이다.
지구의 자원이 더 많은 인구에게
분배되어야 하기 때문이다.**

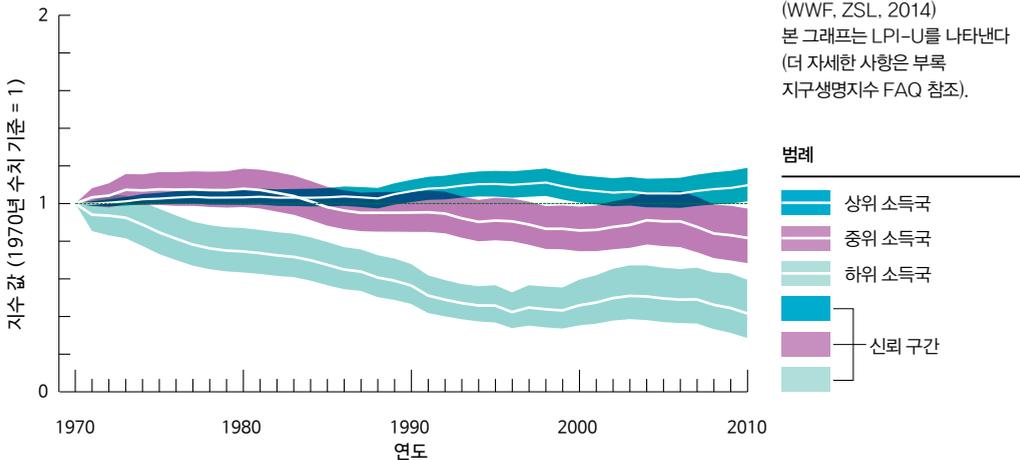
지구생명지수와 생태발자국 그리고 소득

지구생명지수

평균 소득 수준이 다른 국가들 간의 LPI를 비교하면 큰 차이가 있다는 것을 볼 수 있다 (그림 34). 상위 소득국에서는 생물다양성이 증가(10%)한 듯 보이는 반면, 중위 소득국에서는 감소(18%)했고, 하위 소득국에서는 현격한 감소(58%) 추세를 보이고 있다. 이러한 차이는 고소득 국가의 경우 자국의 자원을 생물다양성 보전 및 회복에 할당할 여력이 있다는 사실을 나타낸다. 더 중요한 것은 이 차이가 고소득 국가에서 자원을 수입하는 방식 (사실상 생물다양성의 손실 및 그로 인한 영향을 저개발국에 전가하는 방식)을 보여준다는 점이다(Lenzen et al., 2012).

LPI 데이터베이스는 1970년이 되어서야 구축되었다. 만약 20세기 초나 그 이전에 LPI 데이터베이스가 구축되었다면 고소득 국가에서도 LPI의 전반적인 감소 추세를 볼 수 있을 것이다. 유럽, 북아메리카, 오스트레일리아의 경우 1970년 이전에 많은 생물종이 큰 타격을 받았는데 1970년 이후 증가한 수치는 이전에 손실되었던 부분을 회복하는 과정에서 나타나는 것일 확률이 높다.

그림 34. 국가 소득군 별 LPI (세계은행 분류, 2013) (WWF, ZSL, 2014)
본 그래프는 LPI-U를 나타낸다 (더 자세한 사항은 부록 지구생명지수 FAQ 참조).



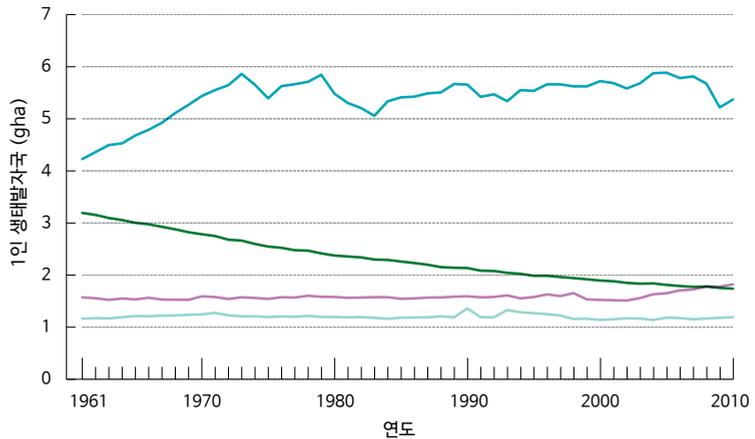
생태발자국

상위, 중위, 하위 소득국의 인구 1인당 평균 생태발자국(Ecological Footprint)을 비교했을 때(그림 34), 상위 소득국의 경우 높은 수준의 소비를 유지해 왔지만 이 같은 추세는 세계 경기에 따라 변한다는 것을 알 수 있다. 1970년대 석유 파동과 같은 사건이나 1980년대 및 2000년대의 경기 침체는 세계 경제에 충격을 가했고, 이로 인해 자원에 대한 수요가 상당 부분 위축되었다. 그러나 이후 경기 회복이 이루어지면서 소비가 증가했다. 경기가 고도로 성장하던 2000년대 초반부터 자원에 대한 수요는 계속해서 증가하다가 2007년 세계 경기가 위축되기 시작하면서부터 떨어졌다.

그림 35. 상위, 중위, 하위 소득국에서의 인구 1인당 생태발자국(gha) (세계은행의 분류 및 자료, 1961-2010년)
 녹색선은 전 세계 평균 1인당 생태 수용력을 나타낸다 (Global Footprint Network, 2014; World Bank 2013).

범례

- 상위 소득국
- 중위 소득국
- 하위 소득국
- 전 세계 생태 수용력



상위 소득국에서 사용하는 1인당 생태 자원과 서비스는 여전히 하위 소득국의 수준보다 5배 이상 높은 것으로 파악되고 있다. 상위 소득국은 종종 다른 국가의 생태 수용력이나 지구 공공재(global commons)를 활용하여 자국의 소비에 대한 수요를 충족시킨다. 생태 수용력을 다른 나라에서 끌어다 쓰는 것이 오늘날 고소득국에 있어서 재정적으로는 가능한 방법일 수 있으나, 이에 대한 가격이 변동될 수 있고 생태적 제약으로 인해 공급 사슬이 파괴될 수도 있다.

중위 및 하위 소득국은 일반적으로 인구 1인당 발자국이 작지만 그들 국가 중에서도 절반가량만이 1.7 gha보다 작은 1인당 생태발자국을 남기며 살고 있다. 1.7 gha라는 수치는 자원의 과용을 초래하지 않으면서도 전 세계적으로 적용할 수 있는 생태발자국 최대 수치다. 그러나 이조차도 야생 동물을 위한 공간을 전혀 계산하지 않은 수치이다. 1인당 1.7 gha의 생태발자국을 남기더라도 이는 지구의 생태 수용력을 인류가 전부 활용한다는 것을 의미한다.

지속가능한 발전으로 가는 길

전 세계에 보편적으로 적용할 수 있는 국가 발전 모델은 양질의 생활 수준을 유지하면서도 해당 국가의 1인당 생태발자국을 지구의 생태 수용력보다 작도록 해야 한다. 생활 수준을 적정하게 유지한다는 것은 유엔개발계획(UNDP)이 제시한 '불평등 조정 인간개발지수(inequality-adjusted Human Development Index; IHDI)'를 기준으로 0.71 이상의 점수를 확보한 상태로 정의된다(UNDP, 2013). 현재는 그 어떤 국가도 이들 두 가지 기준을 동시에 충족시키지 못하고 있다(그림 36).

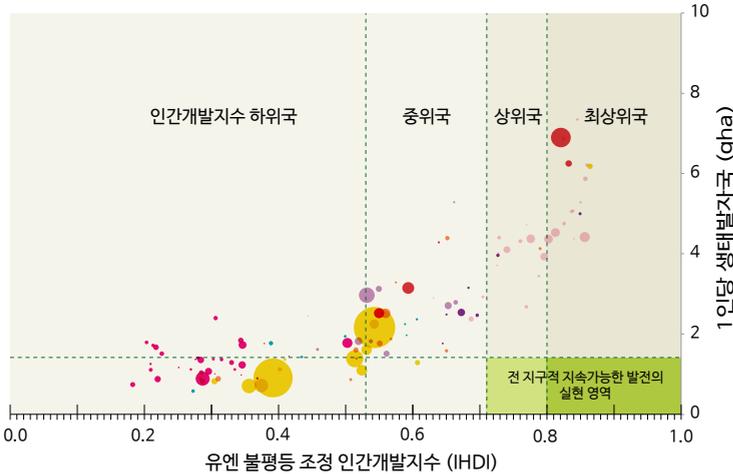


그림 36. 생태발자국과 IHDI (최신 연도 기준)와의 관계
인간개발지수(IHDI)란 하나의 개발 성취도 및 수준을 평가하기 위해 유엔개발계획(UNDP)이 고안한 지표로서 평균수명, 교육수준 및 국민소득 등을 수치화한 것이다. 유엔은 이에 불평등 요소를 반영한 IHDI의 개념을 제안하였다. 각국을 나타내는 점의 크기는 국토 면적과 인구에 따른 상대적 크기를 나타낸다(Global Footprint Network, 2014; UNDP, 2013).

| 범례 | |
|--|------------|
| ■ | 아프리카 |
| ■ | 중동/중앙아시아 |
| ■ | 아시아 태평양 |
| ■ | 남아메리카 |
| ■ | 중앙아메리카/카리브 |
| ■ | 북아메리카 |
| ■ | 유럽연합 |
| ■ | 그외 유럽 |

지속가능한 발전으로 나아가는 길은 국가마다 다르다. 개발과 생활 수준 향상은 어느 정도 생태 서비스에 대한 소비 증가와 연계되어 있으며 선진국에서 이루어진 높은 수준의 인간 개발은 높은 생태발자국이라는 대가를 치름으로써 달성된 것이다. 이러한 연관 관계를 끊거나(decoupling) 그 방향을 바꾸는 것이 전 세계적인 핵심 과제다. 그림 36의 좌측 하단에 속한 국가들의 경우는 자국의 생태발자국을 극적으로 증가시키지 않으면서도 IHDI를 상당 부분 증가시키고, 우측 상단에 속하며 IHDI가 높은 국가들의 경우 그들의 생태발자국을 줄이는 것이 바로 핵심 과제다.

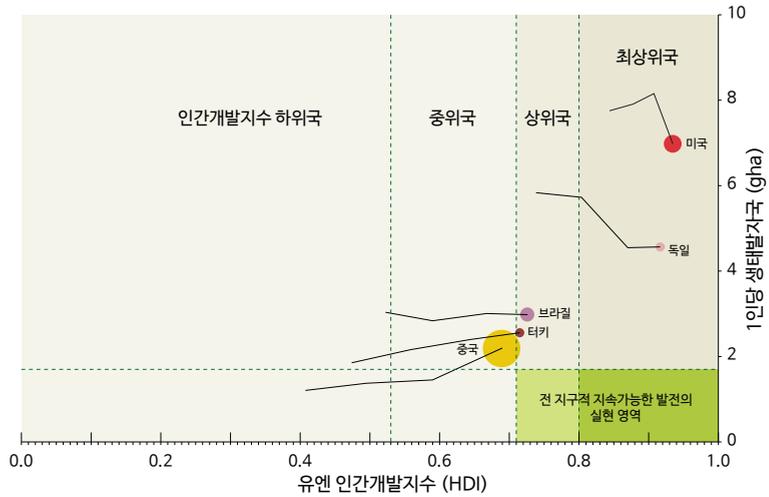
10년 단위로 존재하는 HDI 데이터(HDI는 2010년 들어서야 도입됨)와 생태발자국을 대비시킨 그래프를 통해 국가별 진행 방향을 볼 수 있다(그림 37). HDI가 낮은 국가들의 경우 일반적으로 불평등이 심하지만 몇몇 국가에서 1980년대 이래로 인간개발 수준이 향상되고 있음을 명백히 알 수 있다.

중국과 미국에서 가장 현저한 변화가 나타나고 있다. 중국의 HDI 증가는 특히 지난 10년간 두드러졌던 자원 사용량의 급증과 함께 나타났다. 미국의 1인당 생태발자국 추세는 1980년에서 2000년 사이에 계속 증가하다 최근의 국제 경기 둔화로 급감했다. 생태발자국과 HDI 수치가 중국을 약간 상회하는 브라질의 경우, (비록 HDI는 더 낮지만) HDI를 기준

그림 37. HDI 대비 생태발자국
 몇몇 국가에 대해 1980년에서
 2010년 사이의 추세를 나타낸다.
 점선은 인간개발지수 하위,
 중위, 상위, 최상위국을 가르는
 구획선이다(Global Footprint
 Network, 2014; UNDP,
 2013). 본 그림에서는 그림 36
 과는 달리 HDI가 아닌 HDI를
 사용하였다.

범례

- 중동/중앙아시아
- 아시아 태평양
- 남아메리카
- 북아메리카
- 유럽연합



으로 측정했을 때 지난 50년간 인구 1인당 생태발자국을 증가시키지 않으면서도 적절한 생활 수준을 유지한 것으로 보인다. 터키 역시 HDI가 1980년대 이래로 상당히 증가하여, HDI의 절대값 상으로는 거의 브라질을 따라잡은 동시에 인구 1인당 생태발자국은 브라질을 하회하는 수준을 유지하고 있다.

중국과 브라질, 터키는 1980년대 독일이 달성했던 HDI 수준을 달성하면서도 상대적으로 작은 인구 1인당 생태발자국을 유지할 수 있을 듯 보인다. 1990년에 통일 이후 독일의 인구 증가가 둔화되면서 탄소발자국 역시 하향 추세로 돌아섰는데, 이는 독일의 총 발자국을 감소시키는 데 기여했다. 독일의 1인당 발자국은 현재 전 세계적으로 사용 가능한 인구 1인당 생태 수용력보다 여전히 두 배 이상이지만 2000년 이래로는 상대적으로 일정한 발자국 수준을 유지하면서도 HDI를 증가시켰다.

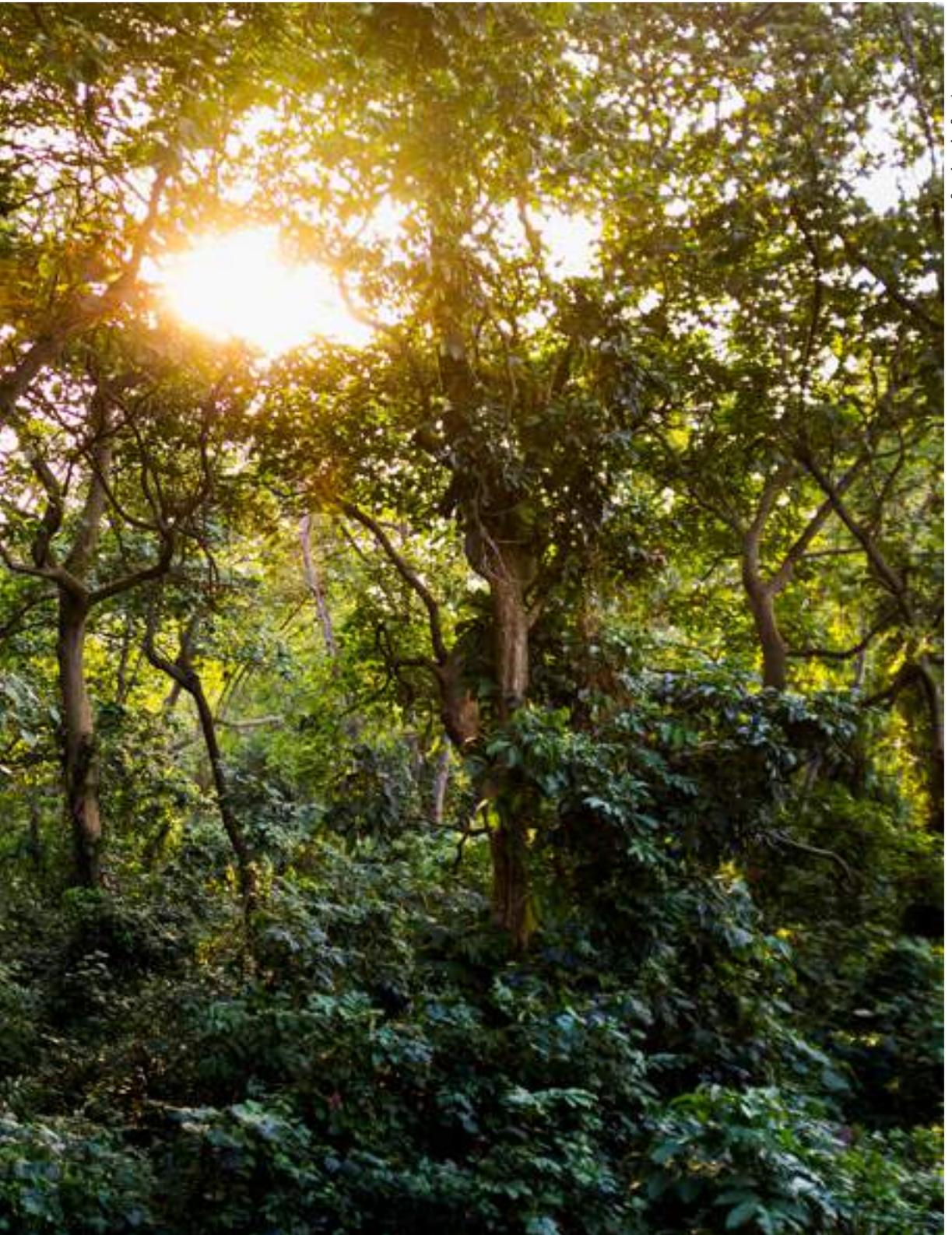
지속가능한 발전을 위한 국가별 경로는 다를 수 있다. 우리가 직면한 과제는 자원 소비량을 줄이면서 인간개발의 수준을 높이는 방안을 찾아내는 것이다. 특정 국가의 자원이 나 경제적 수준이 어느 정도이든 간에, 모든 국가는 자국의 국가 개발 전략 수립 시에 전 세계적으로 한계에 이른 생태 수용력의 현실과 생물다양성의 역할, 생태계가 인류의 존재 및 기업에 미치는 영향 등을 고려해야 한다. 오늘날의 국가별 도전 과제와 기회를 인식함으로써 향후 전 세계의 사회 발전과 번영을 가능하게 할 자연자원을 담보(secure)할 수 있을 것이다.

생태계 서비스와 그 신비

다양한 자연 경관과 야생동식물 서식환경을 갖춘 비롱가(Virunga)지역은 지구 상에서도 가장 풍부한 생물다양성이 존재하는 곳이다. 이 지역은 인류의 귀중한 유산일뿐 아니라 교육적·학문적 가치 또한 높은 곳이다. 이곳에 서식하는 수백 종의 식물은 향후 신약 개발로 이어질 비밀을 담고 있을 수도 있다.

콩고 분지(Congo Basin)의 산림은 풍부한 강우량이 유지되도록 돕고, 탄소를 흡수하고 저장하여 모두에게 혜택을 제공한다. 탄소발자국이 인류의 생태발자국 중 절반 이상을 차지하고 대기 중 이산화탄소가 이미 인류 역사상 유례없는 수준에 다다랐다는 점을 감안할 때, 비롱가의 산림을 보호하는 것이 그 어느 때보다도 시급한 사안이 되었다.





제2장 미래를 위한 그림 그리기

앞 장에서 제시된 지표를 통해 몇 가지 명확한 사실을 도출할 수 있다. LPI를 통해 지구 상 모든 생물체의 생존을 가능하게 하는 종의 개체 수가 급감했음을 알 수 있었으며, 생태발자국을 통해서도 인류가 지구의 재충전 속도보다 훨씬 빠르게 생태 서비스를 사용하고 있음을 알 수 있었다. 물발자국을 통해서도 우리가 점점 희소해지고 있는 담수 자원에 어떠한 영향을 미치고 있는지 제시하였다.

지구의 건강 상태를 더욱 잘 이해하고, 지구에 대한 영향과 그 여파를 더 잘 이해할 수 있도록 돕는 수치와 기법들이 늘어나고 있다. 이로써 다른 관점을 통해 전 세계적 현안으로 시야를 넓히거나 특정 지역별, 주제별, 혹은 생물종별 문제에 집중하여 생각해 볼 수 있게 되었다. 본 장에서는 이외의 지표, 사고방식, 연구 분야를 통해 제1장의 개념을 보완·심화·확대함으로써 위의 사실을 다시 확인하고자 한다.

이 장에서는 이처럼 다양한 관점 몇 가지를 살펴보고자 한다. 스톡홀름 회복력 센터(Stockholm Resilience Centre)는 ‘지구의 한계(planetary boundaries)’를 제시하고 그 한계를 넘어설 경우 지구의 생명 부양 시스템(life-support systems)이 파괴될 수 있다고 경고한다. 9개의 범주 중 기후변화와 질소 순환은 이미 그 한계를 넘어섰으며 이로 인해 영향을 받게 될 사회적 형평성(social equity)에 대한 논의가 필요한 실정이다. 지구의 한계를 소개한 뒤, 이 장에서는 전 세계적 맥락에서 사용되던 모델과 측정 방법 중에서 지역별(local or regional) 맥락으로 축소하여 적용할 수 있는 것을 제시함으로써 육상·해양·담수 생태계에서 일어나는 변화를 분석할 수 있도록 하였다.

지표는 의사 결정 시 방향을 설정하는 데 도움이 된다. 지표는 현황을 나타낼 뿐 아니라 우리가 나아가고 있는 방향 또한 제시하기 때문이다. 각 정부와 기업, 기관이 사회적·경제적·환경적 목표를 향해 어느 정도 나아가고 있는지 확인할 수 있고, 목표 달성 과정 중에 발생하는 위험 부담이나 대가에 대해서도 고려할 수 있게 된다. 다시 말하면 지표의 진정한 가치는 현황에 대한 진단에 그치지 않고 우리가 이후 행동에 옮길 수 있도록 방향성을 제시해주는 데 있다.

지구는 하나의 복잡한 체계이다. 어떠한 단일 수치로도 자연의 복잡하고 상호 연계된 체계의 각 요소 및 그 역학 관계를 담아낼 수 없다. 인류의 활동 역시 상호 연계되어 있고 복잡하게 이루어지고 있기 때문에 특정 수치로 담아내기란 불가능하다. 그러나 일련의 지표들을 살펴보고 이들 간의 상관성을 밝혀냄으로써 조금씩 이해해나갈 수는 있다. 앞 장에서 인간개발지수(HDI)를 생태발자국에 대비하여 그래프로 표현한 것이 그와 같은 예다.

본 보고서에 제시된 수단(tools)과 지표(indicators)를 통해 우리는 잠재적 위험(risk)에 효과적으로 대처할 수 있고, 새로운 관점으로 현상을 해석함으로써 결과적으로 통합적인 생각을 할 수 있다. 이들은 적절한 조치의 필요성을 널리 알리는 데 도움을 주고 이를 행동으로 옮길 때 적절한 방향을 제시해 준다.

수단과 지표는 적절한 조치(ACTION)의 필요성을 널리 알리는 데 도움을 주고, 이를 행동으로 옮길 때 적절한 방향을 제시해 준다.

멀리서 바라보기: 전 세계적인 상황

지구의 모든 생명체는 상호 유기적인 환경 프로세스에 의존하며, 이같은 프로세스는 오랜 시간과 넓은 공간에 걸쳐 다양하게 일어난다. 해류는 심해의 영양소를 끌어올려 해양 생태계의 생산성을 향상시키고, 빙하는 거대한 수자원 저장 시설의 역할을 하며, 빙하작용(glacial action)은 토양을 비옥하게 만든다. 대기 중 이산화탄소는 분해되어 바다에 저장되고, 이를 통해 기후가 안정적으로 유지된다. 질소 및 인의 순환은 식물이 성장할 수 있는 필수 영양소를 제공하고, 대기 중 화학 반응이 일어나 우리를 보호하는 오존층이 형성되며, 극지방의 거대한 빙하는 전 지구적으로 기온을 조절하는 역할을 한다(Steffen et al., 2011). 이러한 체계 전체를 일컬어 '지구의 시스템 서비스(Earth system services)'라고 한다.

인류는 지난 1만여년 간 예측가능하고 안정적인 환경으로부터 커다란 혜택을 받아 왔다. 이 기간을 지리학에서는 '홀로세(Holocene)'라고 지칭한다. 이 기간 동안 지구의 안정적 인 상태는 인류가 적절한 생태 환경 및 자연자원을 활용할 수 있는 여건을 마련해주었으며, 인류 사회가 오늘날의 문명을 이룩할 수 있는 토대를 제공해주었다. 그러나 지구 생태계 관련 연구에 의하면 현재 지구는 인류의 활동이 지구 전체에 영향을 미치는 새로운 시대인 '인류세(Anthropocene)'로 접어들었다(Zalasiewicz et al., 2008). 변화의 속도와 범위를 감안할 때 지구에서의 생존 여건이 급작스럽게 불가역적으로 변화할 가능성을 배제할 수 없다.

스톡홀름 회복력 센터에서 지구의 생태계를 연구하는 과학자들이 '지구의 한계(planetary boundaries)'라는 개념을 발표하였다. 지구의 한계란 지구의 안정성(stability)에 대한 환경적 프로세스를 파악한 것이다(그림 38). 각각의 범주에는 과학적 방법을 바탕으로 정의한 '안전 한계선(safe boundaries)'이 있다. 이러한 한계선(boundaries)을 넘어설 경우 지구에 갑작스럽게 부정적인 변화가 발생할 가능성이 높아진다. 지구의 한계를 규정함으로써 인류가 향후 수 세대에 걸쳐 지속적인 발전과 번영을 구가할 가능성을 높이는 '인류의 안전한 활동 공간(safe operating space for humanity)'에 대한 범위를 명확히 알 수 있게 되었다.

'지구의 한계'의 9 개 범주는 기후변화, 해양 산성화, 생물다양성 손실, 지구 질소 및 인 순환 주기의 혼란, 성층권 오존층 파괴, 담수 이용, 토양 생태계의 변화, 대기권 에어로졸 부하, 화학물질 오염이다. 대기권 에어로졸 부하, 화학물질 오염을 제외한 나머지 7개 범주는 모두 수치화되어 있다. 9개 범주는 다양한 분야에서 교류된 정보와 인류에게 극적인 영향을 미칠 수 있는 생태 물리적 임계점(biophysical tipping points)을 기반으로 파악되었다. 2009년 지구의 한계 프레임워크가 발표된 이후 과학계에서뿐만 아니라 사회 각계에서 이를 주제로 한 토론이 활발히 이루어졌으며, 이는 각 범주에 대한 과학적 평가를 진전시켰고, 재계 및 정계의 주요 의제에도 영향을 미쳤다.

'지구의 한계' 관점으로 대규모 프로세스를 살펴봄으로써 LPI가 나타내는 생태계상의 변화에 대해 유용한 관점을 얻을 수 있고, 생태발자국에서 개괄적으로 제시한 지구 생태계에의 압박에 대해서도 알 수 있다. 또한 시급히 관심을 가져야 할 다른 분야에는 어떤 것이 있는지 파악할 수 있다. 정확한 임계점을 확실하게 판단할 수는 없지만 인류는 (LPI의 감소에서도 알 수 있듯) 생물다양성 손실, 기후변화, 질소 순환 주기의 변화 등 3개의 범주에서 지구의 한계선을 이미 넘어서는 것으로 평가된다. 최근 연구에 의하면 담수 생태계 내의 인(phosphorus) 포화도 역시 지속가능한 수준을 넘어서는 것으로 보인다.

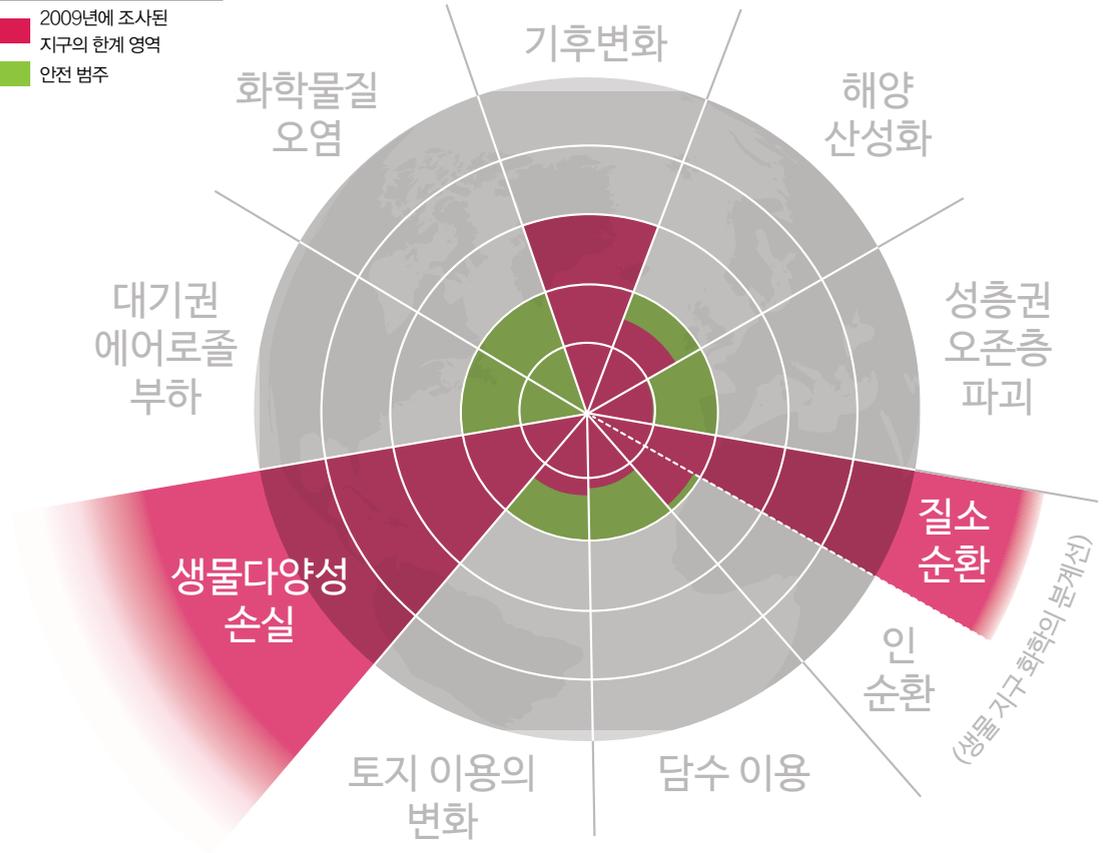
'지구의 한계'라는 개념은 홀로세 기간 동안 인류에게 유용한 혜택을 제공하던 지구가 이제 그 존재 자체를 위협받고 있으며, 지구를 보전하기 위한 우리의 책임감 있는 노력(planetary stewards)에 지구의 미래가 달려있음을 시사한다. 우리가 살 수 있는 유일한 행성이 지구라는 점을 생각했을 때 그 한계 내에서의 '새로운 발전 패러다임'이 그 어느 때보다 절실하다는 점을 알 수 있다. 제1장에서 왜 우리가 생태발자국을 지구의 생태 수용력 이하의 수준으로 낮춰야 하는지 그 필요성을 집중 조명했다면, 제2장의 '지구의 한계'는 발전 정책, 기업의 경영 모델, 생활방식 등을 조정하기 위한 과학적 방안을 제시하고자 하였다.

**지구의 한계라는 개념은 홀로세를 기간 동안
인류에게 유용한 혜택을 제공하던
지구가 이제 그 존재 자체를 위협받고 있으며
지구를 보전하기 위한 우리의 적극적인
노력에 지구의 미래가 달려있음을 시사한다.**

그림 38. 지구의 한계
우리는 9개의 지구의 한계
범주 중 이미 3개 범주에서 그
한계를 넘어섰다(Stockholm
Resilience Centre, 2009).

범례

- 2009년에 조사된 지구의 한계 영역
- 안전 범주



지구의 한계 프레임워크는 과학계에서만 아니라 사회 각계에서 이를 주제로 한 논의를 불러일으켰으며, 이는 각 범주에 대한 과학적 평가를 진전시켰고, 재계 및 정계의 주요 의제에도 영향을 미쳤다.

상세 자료 3: 도넛 경제학

일부 범주에서 이미 지구의 한계를 넘어섰을 만큼 인류가 지구에 가하고 있는 압박은 매우 크다. 단순히 압박이 크다는 것이 문제가 아니라 그 상황은 생각보다 복잡하며, 소수의 사람들이 대부분의 자원을 사용하고 있는 반면 대다수의 사람들은 풍요롭고 존엄성 있는 삶을 누리지 못하고 있기 때문이다.

'옥스팜 도넛(Oxfam Doughnut)'은 이러한 관계를 시각적으로 표현한 것으로 두 가지 복잡한 개념을 엮어 하나의 이미지로 보여준다는 데 의미가 있다(그림 39). 인류를 위한 '안전하고 적합한' 공간의 바깥쪽 경계인 '환경 한계선(envIRONMENTAL ceiling)' 바로 너머에 수용불가능한 수준의 환경 스트레스가 존재하며, 안쪽 경계인 '사회적 기반(social foundation)' 너머에는 인간이 수용불가능한 수준의 부족함을 다양한 형태로 겪고 있음을 보여준다(그림 39)

지구의 한계와 최소 사회 기반 사이에 존재하는 도넛 모양의 공간은 인류가 변형할 수 있는 안전하고 적합한 공간이다. 이 공간은 인류 생존이 어려운 임계점을 넘어서지 않는다는 점에서 안전하며, 모든 사람이 일정 수준의 건강과 부, 권력, 참여의 수준을 누리려는 점에서 적절한 공간이다.

이 도넛은 지구의 한계를 침범하지 않는 동시에 사람들이 사회적 최저치(social floor) 이상의 삶을 유지할 수 있도록 하는, 지속가능하면서도 포용적인 새로운 경제 모델이 필요하다는 것을 분명히 보여준다.

이를 위해서는 세계 경제의 목적과 본질에 있어서 대담하고도 큰 변화가 필요하다. 옥스팜 도넛은 인류가 질과 분배를 고려하지 않은 경제적 성장을 추구하기보다는 권력과 부, 자원을 최빈층에게 재분배할 필요가 있으며 성장이 가장 필요한 곳에 성장을 집중해야 한다는 것을 나타낸다.

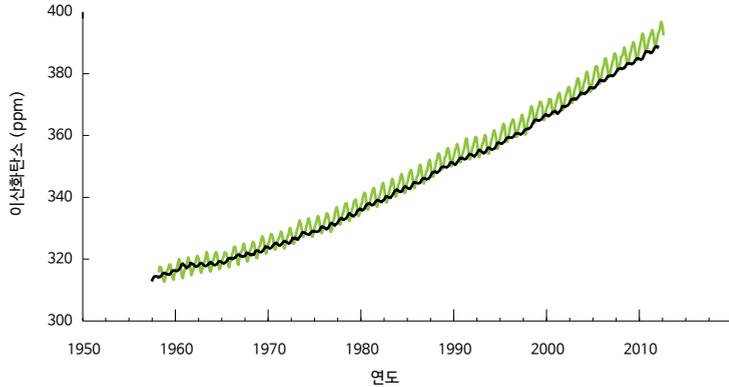


그림 39. 옥스팜 도넛: 인류를 위한 안전하고 적합한 공간 환경적 임계점(환경 한계선) 바깥 부분은 인류가 생존하기 어려운 상태를, '최소 사회적 기반' 안쪽 부분은 인류의 필수적 생활요소의 결핍 상태를 나타낸다 (Raworth, 2012).

기후

하와이 마우나 로아(Mauna Loa)는 인류 역사상 가장 오랫동안 지속적으로 이산화탄소를 측정해온 측정 기지이다. 이 기지의 첫 관측(1958년) 이래 지역의 이산화탄소 농도가 최초로 400ppm에 도달했다고 2013년 5월 9일 발표하였다(그림 40). 이는 지난 1백만 년 간 가장 높은 수치로, 기후과학(Climatology)에 따르면 수용불가능한 중대한 변화가 일어날 위험이 큰 수준의 이산화탄소 농도이다.

그림 40. 1958년 이래 마우나 로아와 남극의 대기 이산화탄소 농도
(마우나 로아: 19°32'N, 155°34'W-녹색 / 남극: 89°59'S, 24°48'W-흑색 /자료: IPCC, 2013)



거의 모든 자연계와
이와 상호 의존하는
사회 경제 시스템이
기후변화의
영향을 현재 받고
있거나 미래에 받게
될 것이다

기후변화는 이미 생물다양성 및 생태 수용력(biocapacity)뿐만 아니라 특히 식량과 물의 안보(food and water security)와 관련하여 인류의 안녕(well-being of humanity)에 영향을 미치고 있다. 2014년 3월 발간된 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC) 보고서에서는 기후변화의 영향을 열거하고 있다. 이에 따르면 거의 모든 자연계와 이와 상호 의존하는 사회 경제 시스템이 기후변화의 영향을 현재 받고 있거나 미래에 받게 될 것이다(Field et al., 2014).

세계 평균 기온은 이미 1880년 이래 0.85°C 상승했다(Stocker et al., 2013). 대기 중 온실가스 농도를 현재 수준으로 유지하는 것이 가능하다고 해도 21세기 동안 기온은 2000년도 대비 약 0.6°C 상승할 것이라고 예측된다(Collins et al., 2013). 전 세계 정부의 목표대로 세계 기온 상승폭을 2°C 이내로 제한하기 위해서는 지속적이고 범지구적인 노력이 시급하다.

전 세계 기온이 2°C에 비해 훨씬 못 미치는 수준으로 상승한다고 해도 인류 및 자연계에 상당한 위험이 발생한다(그림 41). IPCC의 2014 평가보고서(2014 Assessment Report)에서는 많은 육상·담수·해양 생물의 지리적 행동 반경이 기후변화에 대응하여 이미 변화했다는 점에 주목하고 있는 반면 일부 생물은 그 대응 속도가 느려서 기후변화에 맞추어 적응하는 것이 불가능할 수도 있다(그림 42). 과거의 기후변화는 21세기에 예상되는 기후변화보다 느린 속도로 진행되었음에도 불구하고 심각한 생태계 변화 및 멸종을 야기했다(Williams et al., 2011). 현재 멸종 속도는 화석을 통해 확인된 과거의 멸종 속도와 같거나 그 이상이다(Williams et al., 2011).

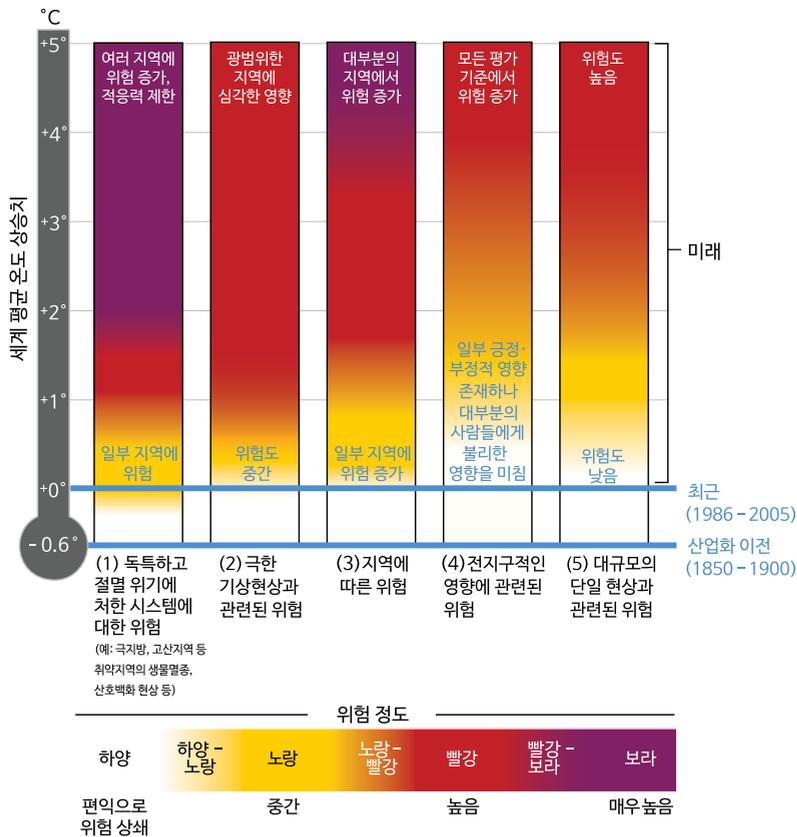


그림 41. 기후변화와 관련된 위험도 수준 (Oppenheimer et al., 2014)

대기 중 이산화탄소의 증가는 해양 산성화(ocean acidification)의 주원인이 된다. 해양 산성화는 지난 6,500만 년 간 유례를 찾아 볼 수 없을 정도로 빠르게 진행되고 있으며 지난 3억 년을 통틀어 현재가 가장 빠른 속도일 것으로 추정된다(Pörtner et al., 2014). 해양 생물의 이동은 이미 진행되고 있다. 이는 잠재적인 해산물 포획량의 분포와 어장 관리에 많은 영향을 미치게 될 것이며, 세계 식량 안보에도 관련이 있다. 산호초가 열 스트레스(thermal stress)에 빠르게 적응한다는 낙관적인 가정 하에서도 장기적으로 볼 때, 세계 산호초의 1/3 내지 2/3가 훼손될 것으로 예측된다(Frieler et al., 2013).

기후변화는 서식지 변화와 남획(over-exploitation), 오염, 외래 유입종 등과 같이 생물다양성의 파괴를 야기하는 여타 요소들의 영향을 더욱 악화시킬 것이다(Field et al., 2014). 단기적으로는 인류의 적응 활동 또한 많은 생물과 생태계에 간접적 영향(secondary impacts)을 미칠 것으로 예상된다. 북극의 경우 이미 급속한 온난화로 인해 운송, 어업, 광업, 석유 및 가스 개발 등 인간의 활동이 증가했으며, 이는 빠르게 진행되는 기후변화에 적응하려는 북극 생물을 심각하게 위협하고 있다. 야생동물의 미래 서식 공간을 확보하기 위해서는 장기적으로 변화가 가장 적을 것으로 예측되는 서식지(해빙이 남아있을 것으로 예상되는 지역 등)를 파악하고 보전해야 한다.

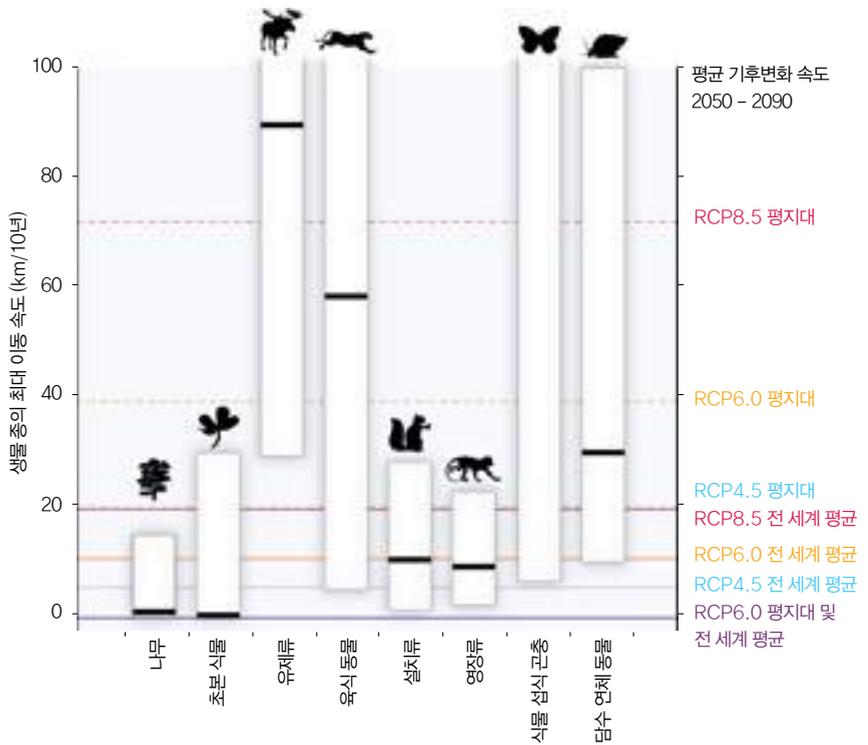


그림 42. 생물 종의 기후변화 적응력
 각기 다른 IPCC 대표농도경로 (Representative Concentration Pathways, RCPs)에 따른 적응력을 알 수 있다. 식물 섭식 곤충의 중간값은 추정되지 않았다(Field et al., 2014).

- 상한값
- 중간값
- 하한값

기후변화 및 사회발전이 어떻게 전개될 것인가에 대해서 여러가지 타당성 있는 시나리오가 존재한다. 우리가 내리는 모든 결정은 미래와 연결되어 있기 때문에 지금 내리는 결정으로 우리가 미래의 환경에 적응함에 있어 선택의 폭이 좁아지지 않도록 해야 한다. 기후변화의 속도나 규모를 줄이기 위해 온실가스 배출을 시급히 절감해야 하는 것도 사실이지만 급속한 기후변화에 직면한 인류의 건강과 생활·사회·환경·경제적 안녕을 도모하는데 긴요한 회복력(resilience) 증가에도 힘을 쏟아야 한다. 기후변화를 완화시키고 기후변화에 적응하려는 노력은 우리의 미래를 가장 생태적·사회적으로 바람직한 방향으로 전환(transformation)하는 기회가 될 수 있다.

질소

식량 생산의 주요 요소 중 하나인 질소(nitrogen, N)는 생명에 필수적인 요소다. 질소는 우리가 숨 쉬는 공기의 4/5를 차지하지만 비반응성 질소(unreactive nitrogen)가 식물이 자라는 데 필요한 반응성 질소(reactive nitrogen)가 되기 위해서는 자연적 과정이나 합성 과정을 통해 '고정(fixed)'되어야 한다. 질소를 함유하고 있는 공업 비료는 지난 60년간 식량 안보의 근본인 농작물 수확량을 크게 증가시켰다.

자연적 과정을 통해 전환되는 것보다 훨씬 많은 양의 반응성 질소가 인간의 활동으로 인해 생성되고 있다(Folke, 2013). 질소비료의 생산, 농업에서의 (비효율적인) 반응성 질소 사용 및 이의 침출(leaching), 처리 과정을 거치지 않은 도시 폐수, 대기로 질소를 배출하는 화석연료의 연소 등이 주요 원인이며, 이로 인해 대기·육상·수중의 질소량이 크게 증가했다.

이는 환경과 인류의 건강, 기후에 많은 영향을 미치고 있다. 물로 흘러 들어간 비료와 거름 또는 하수는 수중에 질소량을 크게 증가시켜 '죽은 지역(dead zones, 수중의 산소를 빼앗아들이는 조류(藻類)의 대증식으로 인해 일어나는 현상)'을 초래할 수 있다. 공기 중 아산화질소(nitrous oxide, N₂O)는 이산화탄소보다 200배 강력한 온실가스이며, 질소산화물(NO_x)이자 입자성 물질 형태의 질소는 성층권 내 오존층을 파괴하는 동시에 호흡기 질환을 악화시키는 저고도 오존을 증가시킨다(Galloway et al., 2003; Sutton et al., 2011; Erisman et al., 2013). 토양 내 질소 증가는 생태계의 균형을 훼손하고 생물다양성을 감소시킬 수 있다(Fields, 2004).

인간의 활동으로 인해 질소량이 과도하게 증가함에 따라 질소의 전 지구적 순환에 심각한 변화가 발생하고 있다. 질소 순환의 변화는 이미 지구가 감당할 수 있는 한계를 넘어선 것으로 보인다. 인간 활동을 통한 질소 중 생물권에서 감당할 수 있는 적정 질소 배출량은 35 Mt인데 실제로는 세계적으로 연간 121 Mt의 질소가 배출되고 있다(Röckström et al., 2009). 적정 질소 배출량의 기준에 대해서는 여러 관점이 있는데 de Vries et al. (2013)은 연간 60-100 Mt를 적정량으로 제안했다.

질소의 사용과 영향은 지역마다 크게 달라서 세계적인 한계 기준을 설정하는 것은 쉽지 않다. 아프리카의 일부 지역은 질소가 부족한 상태이기때문에 토양과 환경을 파괴하지 않는 범위에서 영양분이 남아있도록 질소를 공급하는 것이 과제이다.

이처럼 질소가 인간의 삶의 질, 그리고 환경과 밀접하게 연결되어 있기때문에 지역적·국가적·개인적 차원의 질소 사용과 그에 대한 영향을 더 잘 이해하기 위한 지표들이 개발되고 있다. 질소발자국은 식량과 주택, 수송, 재화, 서비스에 초점을 맞추어 인간의 자원 소비로 인해 환경에 배출되는 질소의 총량을 계산한 지표이다(Leach et al., 2012). 미국과 네덜란드, 영국, 독일의 질소발자국 계산법은 이미 완성되었으며(그림 43) 현재 탄자니아와 일본, 중국, 오스트리아에 대한 질소발자국 계산법이 개발되고 있다. 유럽의 질소발자국이 미국의 질소발자국보다 작는데, 이는 1인당 고기 소비량과 수송에너지 사용량이 낮고 연비와 하수 처리가 우수하기 때문이다.

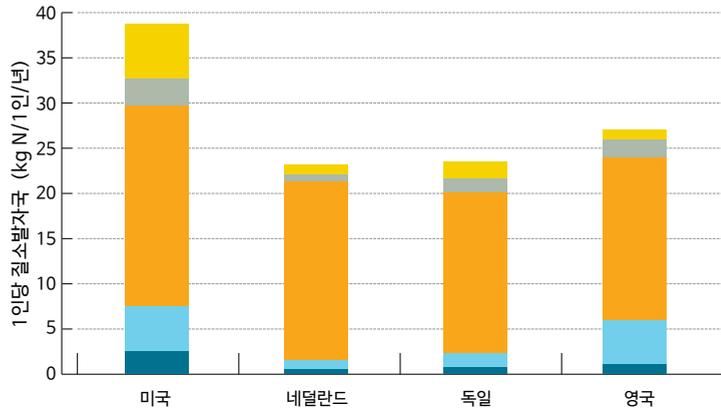


자연적 과정을 통해 전환되는 것보다 훨씬 많은 양의 반응성 질소가 인간의 활동으로 인해 생성되고 있다.

그림 43. 미국, 네덜란드, 독일, 영국의 1인당 질소발자국
 각 항목별로 질소발자국을 파악할 수 있다. 식량 소비의 질소발자국은 직접 배출된 질소인데 반해 식량 생산의 질소발자국은 생산 과정에서 남겨진 질소(환경에 실질적 손실을 끼친 것)를 의미한다 (Leach et al, 2012).

범례

- 식량 생산
- 주거
- 교통 및 수송
- 재화 및 서비스
- 식량 소비



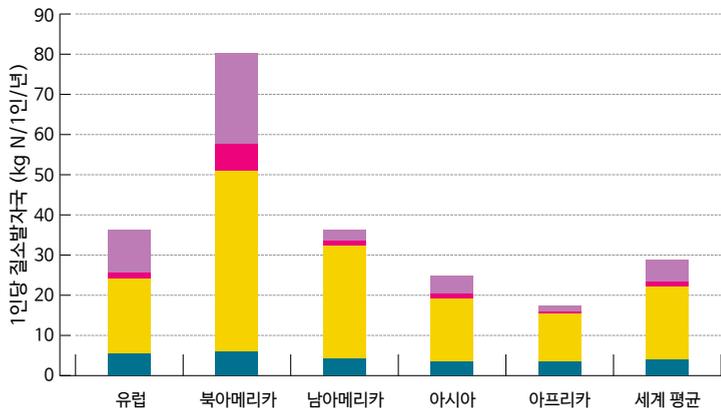
생물다양성 협약(Convention on Biological Diversity)을 위해 개발된 질소감소지표 (Nitrogen Loss Indicator)는 한 국가나 지역 내에서 식량 생산 및 소비와 에너지 사용으로 인해 발생하는 모든 잠재적 질소 오염을 보여준다 (그림 44). 질소의 감소 정도는 북미 지역이 가장 높으며(81kg/1인/년) 이는 세계 평균(29 kg/1인/년)의 두 배에 이른다.

질소 감소는 지역 또는 국가별로 다르며, 질소발자국(N-footprint)은 해당 국가 내외의 모든 관련 요소를 포함하고 있다.

그림 44. 질소감소지표(2008년 지역주민 1인당 활성 질소 평균 감소량)
 지역 수치의 바탕이 되는 국가 자료 또한 찾아볼 수 있다 (www.initrogen.org).
 질소감소지표는 잠재적 활성 질소 오염도를 측정한다. 실제 오염 정도는 환경적 요소와 폐질소(waste nitrogen)의 재활용 정도에 따라 달라진다(Bleeker et al, 2013).

범례

- 에너지 소비
- 식품 가공
- 식품 생산
- 식품 소비



자세히 들여다보기: 지역적 상황

세계적 또는 국가적 차원의 추세에만 집중하다 보면 다양한 지형과 집수시설·생태계에 지역적 추세가 어떻게 전개되는지, 이 추세가 특정 분야나 생계(livelihoods)·공동체에 어떠한 위험을 야기하는지 등과 같은 지역적 현실이나 주체의 맥락을 놓칠 수 있다. 지역 차원에서의 주제별 분석은 원인과 결과 파악을 위해서뿐만 아니라 실질적 해법에 대한 통찰력을 얻기 위해서도 매우 중요하다. 여타 지역적 평가방법 및 지표를 통해 우리의 수요가 육상·해양·담수 시스템에 가하는 압박(pressure)에 대해 더 뛰어난 통찰력을 얻게 된다. 이로써 생태발자국과 물발자국, 지구생명지수를 보완 할 수 있다.

지역 차원의 지표를 통해 지구적 사안이 각 지역에 어떻게 나타나는가를 파악할 수 있고 실질적 해법을 구상하는 데 통찰력을 얻을 수 있다.

상세 자료 4: 국가 LPI 기반 평가

세계 LPI를 보완하여 네덜란드 통계청(Dutch Central Bureau of Statistics)이 최근 국가적 차원에서 토착종에 대한 지구생명지수를 연구하였다. 이 연구에는 척추동물뿐만 아니라 비척추동물(잠자리, 나비)과 고등식물(higher plants)에 대한 데이터가 포함되어 있다. 다만 이 네덜란드 연구는 분포 데이터와 비표준화된 편의적(opportunistic) 시민과학 데이터를 포함한다는 점에서 표준 LPI 방법론에서 벗어난 것이다(Van Strien et al., 2013). 연구 결과, 1990년 이후 지수 값이 전반적으로 상승했으며 이는 다른 유럽 지역의 추세와 일치한다. 그러나 나비의 개체 수는 크게 줄어들어(그림 45) 세계 LPI에 비척추동물이 포함되지 않은 것이 실제로는 더 심각한 생물 다양성 손실을 감출 수도 있다는 점을 보여주었다. 이와 같은 현지 연구는 글로벌 지표(global metrics)에 깊이를 더함과 동시에 현지에서 취할 행동에 대한 향방을 설정하는 데 도움이 된다.

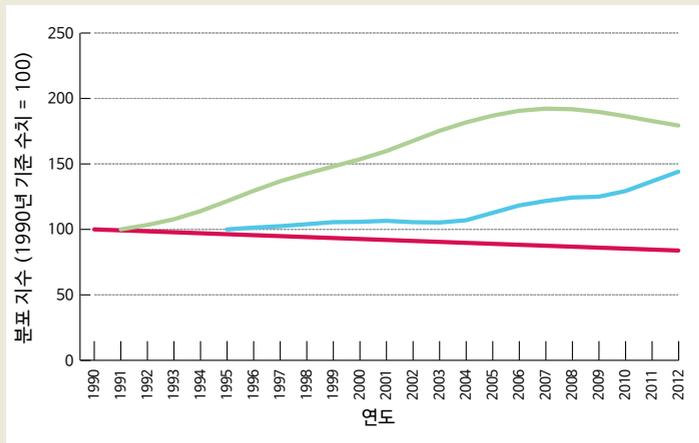


그림 45. 보완 지표: 네덜란드의 나비(n=46), 잠자리(n=57), 고등식물(n=1425)의 분포 (1990-2012)
Van Strien et al., 2013 자료와 네덜란드 나비 보존기구인 Dutch Butterfly Conservation의 자료, FLORON의 자료를 참고하였다.

범례

- 나비
- 잠자리
- 고등 식물

육상: 보호구역, 산림 및 토지 이용 변화

LPI를 통해 파악된 생물다양성 손실의 주요 원인은 서식지 감소와 파괴이다. 제1장에서 언급되었듯이 보호구역을 설정하는 것은 생물다양성과 자연자원을 보존하는 데 효과가 있다. 서식지 보호의 핵심은 가장 중요한 지역을 파악하고 그 지역의 물리적 환경(status)을 시간 및 공간에 따라 관찰하는 것이다.

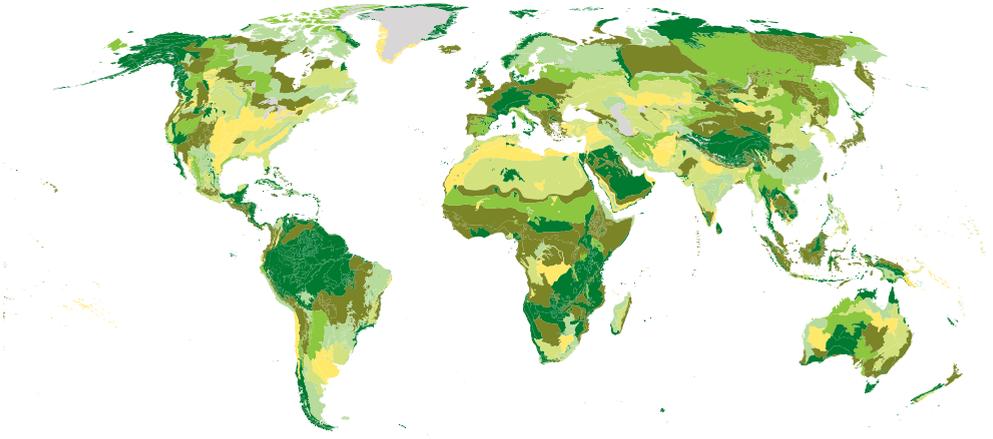
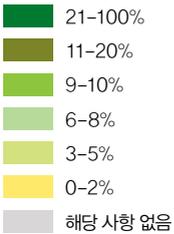
유엔환경계획 세계환경모니터링센터(The United Nations Environment Programme's World Conservation Monitoring Centre, UNEP-WCMC)의 보호구역 세계 데이터베이스(World database of Protected Areas)는 전 세계 보호구역에 대한 권위있는 데이터베이스이다. 세계 보호구역 시스템은 10만 개 이상의 보호구역을 포함하며 전체 육지의 14% 이상을 포함하는 시스템으로 발전했다. 그러나 이러한 보호구역은 균일하게 분포되어있지 않다(그림 46). 많은 보호구역이 생산성이 낮은 고지대, 고위도 지역에 위치한다. 온대 초원, 지중해, 열대 건조 산림 중 극히 일부만이 전 세계 보호구역 네트워크에 포함되어 있어서 이 지역에서 발견되는 독특한 생물다양성은 위협에 더 취약한 상태이다 (Hoekstra et al., 2010).

생물종이 다양한 보호구역 역시 안전한 것은 아니다. 이에 대한 원인으로 보호구역 훼손, 축소, 지정 해제(Protected Area Downgrading, Downsizing and Degazettement, PADDD)와 같은 것이 대표적인데, 이러한 역행은PADDDtracker.org (WWF, 2014b)에 기록되어 있다.

서식지 및 자연자본 손실이 일어나는 곳이 어딘지를 파악하기 위해서는 어디서, 얼마나 많이, 또 얼마나 빠르게 환경이 변화하고 있는지를 인지하는 것이 매우 중요하다. 인공위성 사진을 통해 전 세계 토지 이용(land use) 및 토지 피복(land cover)에 대한 변화를 다양한 해상도로 관찰하는 것도 하나의 방법이다. 토지 피복 변화가 산림 벌채로 인한 것인지, 농경지 확대 또는 도로 개통으로 인한 것인지 등 그 원인을 이해하는 것이 효과적인 보호 전략 수립에 유리하다. 더 나아가 이는 우리의 선택에 따른 득실과 그 결과를 이해하는 데 도움이 된다.

그림 46. 전 세계 육상 생태지역별 보호구역 면적 비율 (Hoekstra et al., 2010; IUCN and UNEP, 2014)

범례



전 세계 토지 피복-쉐어(Global Land Cover-SHARE, GLC-SHARE)는 지구의 토지 및 수자원을 평가하기 위한 식량농업기구(FAO)의 새로운 데이터베이스로 위에 해당하는 적합한 사례이다. GLC-SHARE는 국가, 지역 또는 각국 지방의 토지 피복 자료 중 사용 가능한 가장 높은 해상도의 자료이다(FAO, 2013). 이를 통해 농업-생태학적 구역 설정 및 수확 생산성, 바이오에너지, 토지 및 물 자원, 생태계 서비스 및 생물다양성에 대한 평가, 기후에 대한 영향 등에 대한 정보(그림 47)를 제공받을 수 있다(Latham et al., 2014).

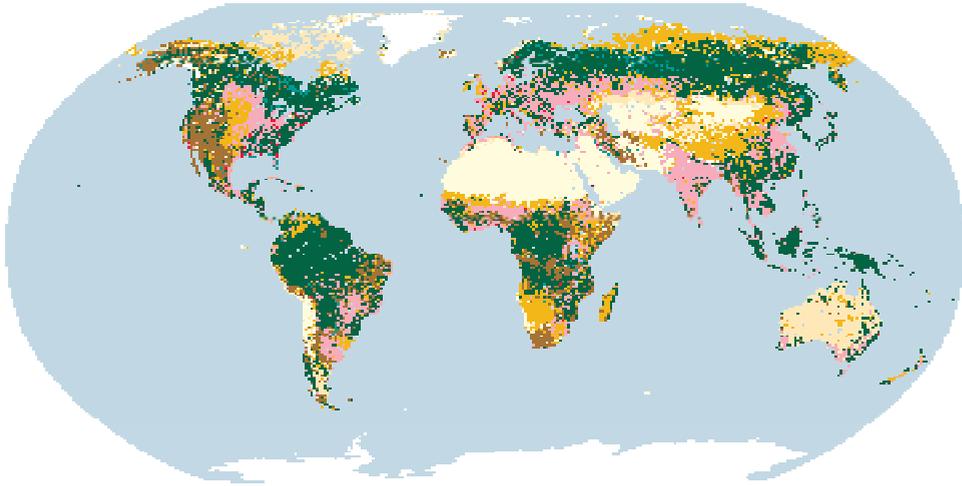


그림 47. 가장 널리 이용되는 토지 피복 분류를 적용한 2014년도 전 세계 토지 피복-쉐어 (GLC-SHARE) (Latham et al., 2014)

세계자연기금(WWF)과 국제응용시스템분석연구소(International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA)가 산림에 대한 압박을 조사하기 위해 토지 이용 자료를 살펴 보았다. 전반적으로 전 세계 산림은 양적으로도 감소했을 뿐 아니라 질적인 측면에서도 저하되었다. 이러한 산림 손실은 생물다양성, 탄소흡수 역량, 생태계 서비스에 심각한 영향을 미친다. 육상 생물종의 대다수가 산림에 살고 있기 때문에 생물다양성의 감소로 이어지며, 이미 감당할 수 있는 양을 초과한 인간의 탄소배출로 탄소흡수 역량 역시 저하된다. 뿐만 아니라 물 공급, 홍수 방지 등 산림의 생태계 서비스도 산림 감소로 인해 영향을 받는다. 이에 대응하여 세계자연기금은 2020년까지 '순 산림벌채와 산림 질 저하 제로상태(zero net deforestation and forest degradation, ZNDD)'를 목표로 세웠다.

WWF/IIASA의 살아있는 산림모델(Living Forests Model)은 과거 추세와 미래 수요 예측에 기반하여 다양한 토지 이용 변화 시나리오를 보여준다(그림 48). 현재의 산림 벌채 추세가 계속된다면 생물다양성이 심각한 수준으로 감소하여 돌이킬 수 없는 지경에 이를

범례

- 인공 피복 지역
- 농경지
- 목초지
- 산림
- 관목지대
- 초본식생지
- 맹그로브
- 드문드문한 초목지
- 나지
- 눈 및 빙하
- 수역

것이며 기후변화는 견잡을 수 없을 것이다. ZNDD를 2030년까지 달성한다고 하더라도 2020년에 비해 전 세계적으로 6,900만 헥타르(미국 텍사스 주의 면적에 해당)의 산림이 추가로 사라지게 되고 23Gt의 이산화탄소가 더 배출될 것이다(WWF, 2011b).

살아있는 산림모델은 토지를 더욱 잘 관리하고 현명하게 사용했을 경우, 지금부터 2030년까지 추가적인 산림 감소 없이 전 세계적 식량 및 산림 생산물에 대한 수요를 충족시킬 수 있다는 것을 보여준다. 하지만 향후 소비가 지속적으로 증가할 경우에는 ZNDD를 유지하는 것만으로 초원과 같은 중요한 생태계가 심각하게 훼손되거나 식량 가격이 크게 오르는 것을 막을 수 없다. 뿐만 아니라 바이오 에너지와 목재 수요의 증가로 인해 2050년까지 상업적 수확을 위한 자연 산림이 25% 증가하고 2억 5천만 헥타르에 이르는 새로운 산림 농원이 추가로 필요할 것이다(WWF, 2011b). 이같은 전망을 통해 우리는 어떠한 득실(trade-offs)을 택할 지에 대한 중대한 논의를 제기할 수 있다. 이러한 논의를 바탕으로 농업의 효과성 제고 및 자원집약성 저감, 고소득 국가에서의 토지집약적 육류 소비 감소, 에너지 및 제조업 효율성 제고, 목재와 종이의 재사용 및 재활용 증진과 같은 잠재적 해결방안을 도출할 수 있다.

그림 48. 2000년 산림 지역과 2050년의 예측 산림 지역 '아무 조치도 취하지 않는' 시나리오 하에서의 WWF/IIASA 살아있는 산림모델(Living Forest Model)을 통해 살펴본 일부 국가 내 2000년 산림 지역과 2050년 예측 산림지역 (WWF, 2011b). '아무 조치도 취하지 않는' 시나리오란 세계 인구 증가에 따른 식량, 섬유, 연료 공급을 위해 토지의 수요가 증가하는 가운데 산림 자원의 개발 계획 및 관리가 허술한 채로 계속되는 미래를 예측한 것이다.



2000년 산림 지역



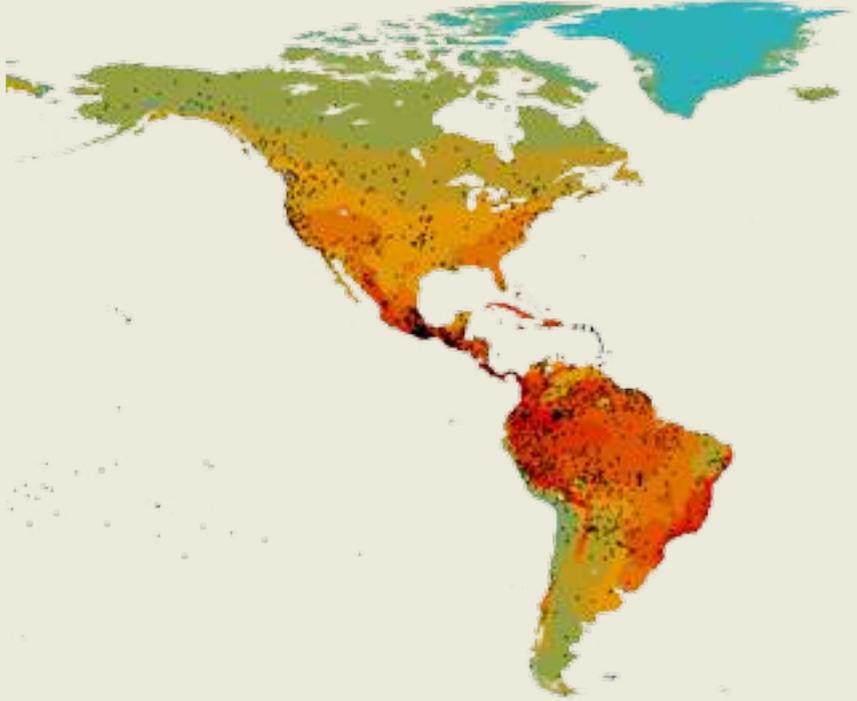
'아무 조치도 취하지 않는(Do Nothing)' 시나리오 하에서 2050년 산림 지역

산림 비율(%)

- 1-20
- 20-40
- 40-60
- 60-80
- 80-100

상세 자료 5: 생물문화적 다양성(biocultural diversity)의 보전

가장 중요한 보전 노력은 생활 문화의 일부로서, 그 현장에서 이루어진다(Loh and Harmon, 2014).

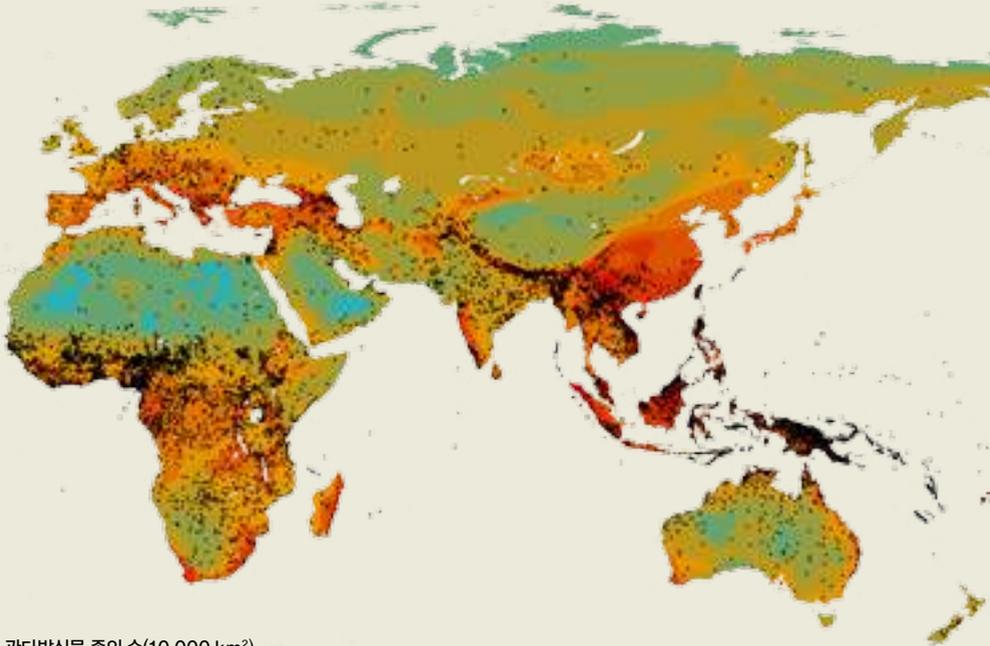


언어와 생물 종은 매우 비슷하게 진화해 왔다. 이 둘 사이에는 놀라운 유사점들이 존재한다(Harmon, 2002). 그림 49는 생물다양성이 높은 지역과 언어적 다양성이 높은 지역 간에는 현저하게 높은 상관관계가 있음을 나타낸다.

그림 49. 언어다양성(검은 점)과 식물다양성 지역의 높은 상관관계 (Globaia, 2014)

Jonathan Loh와 David Harmon의 최근 연구에 따르면 전 세계적 생물다양성 감소와 인류의 언어적 다양성 감소가 유사하게 나타난다. 세계자연보전연맹(IUCN) 적색목록(Red List) 기준을 사용한 이 연구는 세계 언어의 25%가 사라질 위험에 처해있으며 1970년 이후 이미 6%의 언어가 사라졌다고 주장한다(Loh and Harmon, 2014).

연구자들은 LPI의 방법론을 사용하여 언어 다양성 지수(ILD, Index of Linguistic Diversity)라는 개념을 만들었다(Harmon and Loh, 2010). 연구 결과, 생물다양성과 언어적 다양성 모두 전 세계적으로 위협에 처해있지만 이들이 감소하는 속도는 지역마다 다른 것으로 나타났다. 언어적 다양성이 가장 빠르게 감소한 곳은 아메리카 지역이다. 1970년에서 2009년까지 신복구와 신열대에서 모두 ILD가 75% 이상 급락했다.



관다발식물 종의 수(10,000 km²)
(Barthlott et al., 2005)



언어 자료 (SIL International)

- 언어

세계에서 가장 널리 사용되는 언어들은 확장한 반면 소수가 사용하는 언어는 점차 줄어들었다. 일부 언어학자들은 이번 세기가 끝날 무렵에는 90%의 언어가 사라질 것이라고 예측한다(Nettle, 1999; Nettle and Romaine, 2000).

소멸 위기에 처한 언어 대부분은 소수의 지배적 언어와 매우 다른 방식으로 진화해왔으며 이에 따라 매우 다른 문화를 대변하고 있다. 언어와 더불어 수 만 년간 축적되어온 토착 문화에 대한 전통적 지식도 잊혀지고 있다. 여기에는 다양한 정신적, 종교적 믿음 뿐 아니라 약초와 낚시 방법 등 자연자원을 활용한 지식도 포함되어 있다.

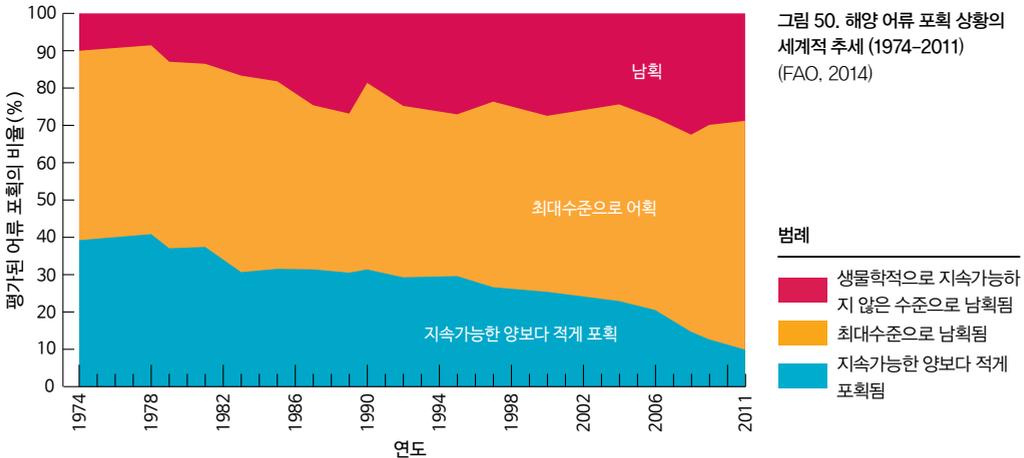
자연과 문화의 유사점을 탐색하고 각각의 진화와 생태, 멸종의 과정을 이해한다면 우리는 이토록 경이로운 다양성을 지켜나갈 수 있을 것이다.

해양: 어업 및 해안 개발

3,132개체 910 종의 포유류와 조류, 파충류, 어류를 추적한 해양 LPI는 1970년 이후 39% 감소했다. 2년마다 발간되는 식량농업기구(FAO)의 세계수산양식현황(State of the World's Fisheries and Aquaculture, SOFIA) 보고서는 1970년대 이후 해양 어종의 감소 추세를 연대순으로 기록해 왔다.

최근 보고서(FAO, 2014)에 따르면 평가된 어류 자원 중 생물학적으로 지속가능한 한계 이내의 어업 자원은 1974년 90%에서 2011년 71.2%로 감소했다. 약 28.8%의 어류 자원이 남획(Overfished) 상태이며, 61.3%는 이미 지속가능한 최대 한계에 도달해 조금 더 잡으면 과도한 어획(Overfished)이 된다. 이렇게 되면 단지 9.9%의 어류 포획량만이 지속가능한 한계선 이내에 있게 되는 것이다.

그림 50은 남획된 어류의 비율이 증가하고 있으며, 지속가능한 양보다 적게 포획되어 개체 수 확대의 가능성이 있는 어류의 비율도 감소하고 있음을 나타낸다. 이는 다른 어류가 남획되고 고갈됨에 따라 덜 잡힌 어류로 이동하고 있기 때문이다. 최근에는 근해 어류가 줄어들면서 외양 어선들(open-ocean fishers)이 심해로 옮겨가고 해안에서 점점 더 멀리 나가 조업을 하는 추세다. 이러한 추세가 계속된다면 새로운 어장 또한 고갈되면서 전 세계 어획량이 줄어들게 될 것이며(FAO, 2014), 이에 따른 사회적·경제적 영향도 악화될 것이다.



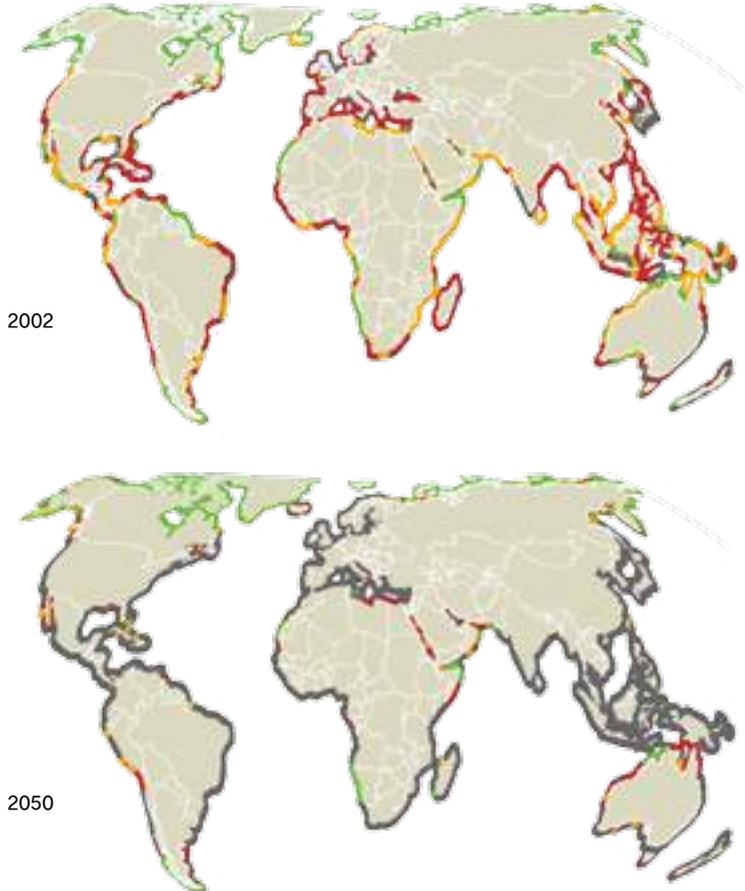
그러나 이러한 통계치는 생태계에서 어류의 더 폭넓은 역할은 고려하지 않고 어류 자체만을 고려한 수치다. 해양 생태계는 육상 생태계에 비해 신뢰할 수 있는 장기간의 자료가 턱없이 부족하기 때문에 종합적으로 해양생태계를 이해하기가 매우 어렵다. 해양 시스템 내의 요소들은 매우 긴밀히 서로 연관되어 있어, 최대수준으로 어획되거나 남획되어 고갈된 어류는 전체 해양 생태계에 누적하여 영향을 주게 된다. 예를 들면 상어와 같은 큰 포식 어류의 감소는 전체 어류의 구성을 바꾸고 생태계가 기능하는 방식을 변화시킨다.

어류의 양과 질의 하락은 남획과 파괴적 어업에만 연관된 것이 아니다. 해양 생태계와 어류는 기후변화와 해양 산성화(Caddy and Griffiths, 1995)는 물론이고 오염, 주택, 산업 또는 여가 시설을 위한 해안 인프라 개발, 해운, 광업, 농업 폐수, 외래종의 유입 등 다양한 측면의 압박(pressure)과 관련되어 있다. 이러한 압박이 결합되어 식량 안보와 해안 공동체의 생계에 큰 영향을 미칠 수 있다(그림 51).

그림 51. 기반시설 개발과 집약적 농업 확장, 도시화, 해안 개발로 인해 점점 더 심한 압박이 가해지고 있는 해양생태계 이러한 현상은 유럽, 미국 동부 해안, 중국 동부와 동남아시아에서 특히 심각하다. 또한 해당 지역들은 주요 어장들이기도 하다. 해안 지역은 해안선으로부터 약 75km에 이르는 지역으로 정의되며 이 지도는 이와 같은 여러 압박 요인들이 해당 지역에 가장 일반적으로 미치는 영향의 정도를 4가지로 분류하여 나타내고 있다 (Ahlenius, UNEP/GRID-Arendal, 2008).

범례

- 매우 높음 - 높음
- 높음 - 중간
- 중간 - 낮음
- 낮음



담수: 워터 리스크 필터

전 세계 인구의 충분하고 안전한 물 사용을 위해서는 강 유역 차원에서 양질의 관리가 이루어져야 한다. 물발자국(제1장에서 논의)은 국가·정부·기업·개인이 생산과 소비에 필요한 물의 양이 어느 정도인지 이해하는 데 도움이 된다. 그러나 물의 양만으로는 관련된 상황 전체를 완전히 이해할 수 없기에 각각이 처한 상황을 반드시 고려해야 한다. 물 위험(water risk)은 모든 물 사용자들이 강 유역에서 사용하는 누적 물 사용량에 기인한다. 사용자들이 효율적으로 물을 사용하거나 상대적으로 소량의 물을 사용한다고 하더라도 물 사용에 대한 규칙이나 배분이 전혀 없는 물부족 유역 내에 거주한다면 어느 정도의 위험에 노출될 것이다. 따라서 강 유역 차원에서 발생할 수 있는 특정 위험이나 그것의 잠재적 영향을 더욱 잘 평가하기 위한 보완책이나 방법이 필요하다. 강 유역의 물 위험을 더 잘 이해한다면 담수 생태계에 궁극적으로 보탬이 되는 행동 지침을 마련할 수 있다.

세계자연기금의 워터 리스크 필터(www.waterriskfilter.org)는 물의 가용성, 누적 수오, 수질, 생태계 상태, 관리와 규제 문제, 특히 비즈니스 차원에서의 평판위험(reputational risk) 등 유역 관련 위험을 감안하여 고안되었다.

그림 52에 제시된 기업별 세부 위험에는 해당 기업의 물 사용 의존도, 제품 제조 과정상의 오염 가능성, 공급망에 대한 위험 요인(supply chain risks), 물 규제나 특정 라이선스에서의 예상 변화, 지역 이해관계자의 참여 정도 등이 모두 포함되어 있다. 총 100여 개에 달하는 지표로 위험도를 평가한다.

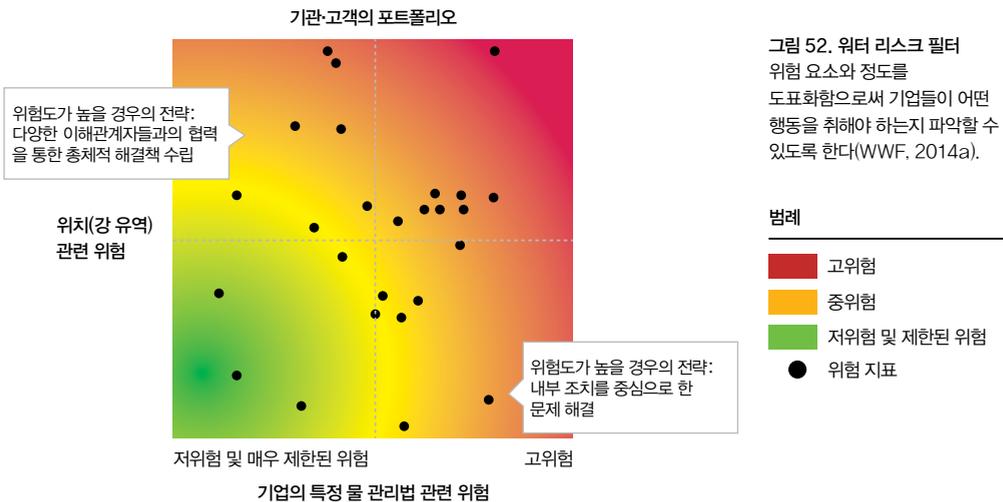


그림 52. 워터 리스크 필터 위험 요소와 정도를 도표화함으로써 기업들이 어떤 행동을 취해야 하는지 파악할 수 있도록 한다(WWF, 2014a).

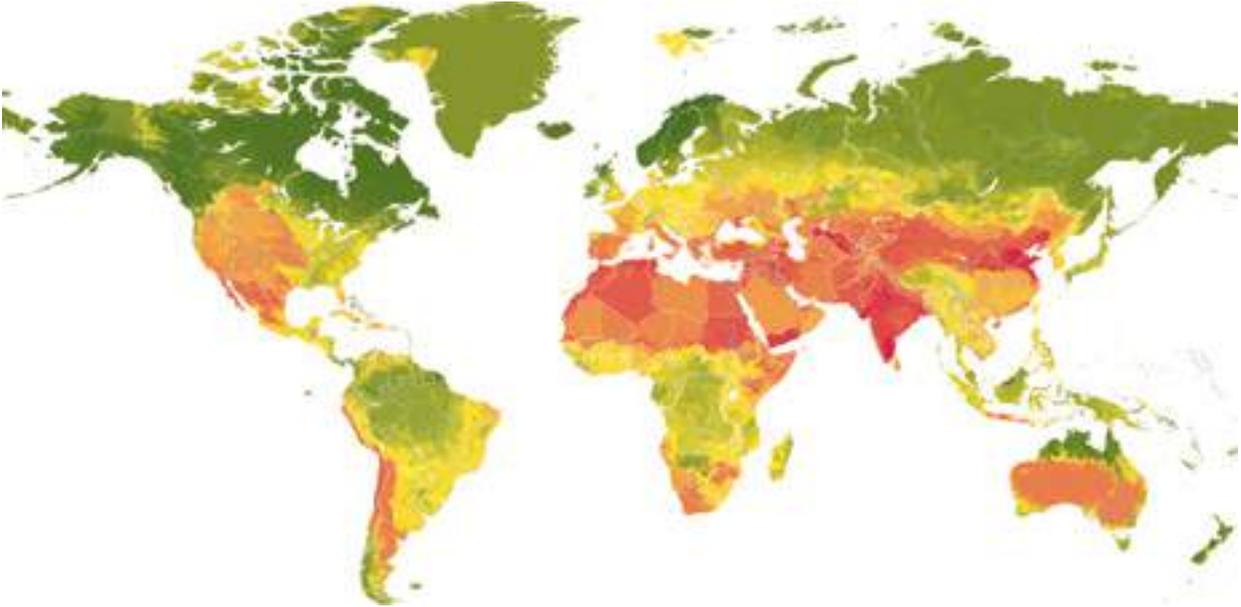


그림 53. 물 위험 지도
(WWF, 2014a)

물 위험



그림 53은 집수장 하위(sub-catchment) 차원에서, 유역 상태에 따른 위험도(basin risk)를 간략하게 보여준다. 이를 통해 사용자들은 특정 시설을 기준으로 물 위험도가 높은 지역을 파악할 수 있으며 조치가 필요한 부분에 대한 이해를 바탕으로 결정을 내릴 수 있다. 이는 무료로 이용할 수 있으며 완화 방안(mitigation toolbox)도 함께 제공함으로써 기관들은 이러한 정보를 바탕으로 전략적 접근 방식이나 검증된 대응 방법을 이행하도록 하는 데 도움을 준다.

워터 리스크 필터는 폭넓고 탄탄한 자료를 기반으로 물 부족 등 국제적 문제를 세분화한다. 이로써 더 정확한 정보를 통해 유의미한 결정과 전략·행동·결과를 달성할 수 있도록 하는 방법에 관한 예시를 제공한다.

지금까지 확인한 논거와 자료를 바탕으로 조치(action)의 시급성에 대해서는 다음 장에서 자세히 다루고자 한다.

미래로의 도약

콩고민주공화국은 전 세계에서 평균 연령이 가장 낮고 인구 증가 속도가 가장 빠른 나라 중 하나이다. 그렇다면 콩고민주공화국의 에드워드 호 남쪽 해안에 위치한 어촌 마을인 비츠움비(Vitshumbi)의 어린이들은 어떤 미래를 맞이하게 될까?

이 어린이들이 물려받을 유산인 비롱가(Virunga) 국립공원은 환경적 가치가 매우 뛰어난 자연자본이다. 최근 세계자연기금(WWF)의 연구 결과에 따르면 비롱가 국립공원을 안정적인 상황에서 적절히 보존할 경우 비롱가 공원의 연간 경제적 가치는 10억 달러(USD)를 상회한다고 한다. 뿐만 아니라 책임 있는 개발과 관광을 비롯한 다양한 산업 육성을 통해서 4만 5천 개의 일자리를 창출할 수 있다(WWF/Dalberg, 2013).





제3장 우리가 관심을 가져야 할 이유

우리가 살고 있는 지구와 지구 생태계는 이미 그 자체로 보호해야 할 가치가 충분하다. 이와 같은 생각은 여러 문화와 종교에 깊이 배어있는 자연을 향한 경외와 존경심에도 반영되어 있다. 따라서 사람들은 “우리는 조상들로부터 지구를 물려받은 것이 아니다. 우리의 후손들에게 잠시 빌려 쓰고 있는 것이다.”라는 말에 본능적으로 공감하는 것이다.

그렇지만 현재 우리가 인간이 살 수 있는 유일한 행성인 지구를 책임있게 관리(stewards)하고 있다고 보기는 어렵다. 앞선 두 장에서 생생히 기술하고 있듯이, 오늘날 우리는 현대의 필요를 충족시키기 위해 자연생태계에 과부하를 가하고 있으며 이로 인해 지구 생태계는 고통받고 있다. 이는 미래세대가 이용할 환경과 자연자원을 손상시키고 있는 것으로 우리가 지향하는 지속가능한 발전(sustainable development)과는 정반대되는 것이다.

인류의 안녕과 번영 그리고 생존은 건강한 생태계와 생태계 서비스에 달려 있다. 여기서 생태계 서비스란 건강한 생태계가 제공해 주는 청정한 수자원, 생존에 적합한 기후, 식량, 연료, 섬유, 비옥한 토양 등의 자연자본(natural capital)을 일컫는다. 자연자본의 가치와 그로부터 발생하는 혜택을 화폐가치로 환산하려는 노력은 지난 몇 년간 이어져 왔고, 최근 추산에 따르면 전 세계 생태계 서비스(global ecosystem services)의 가치는 연간 125조~145조 달러(USD)에 달한다(Costanza et al., 2014). 이러한 가치 평가는 자연을 보전하고 지속가능한 삶을 영위하자는 주장을 화폐가치의 형태로 뒷받침하는 경제적인 시각을 도입하는 계기가 되었지만, 화폐가치화가 자연자본의 상품화 또는 사유화를 의미하지는 않으며 현재까지도 생태계 서비스는 기껏해야 공공재로 간주되고 있을 따름이다(Costanza et al., 2014). 생태계 없이는 지구 상에 어떤 생명도 존재할 수 없기에 어떠한 방법으로 평가를 하더라도 생태계의 무한한 가치를 온전히 측정할 수 없다. 다시 말해 이제까지 이루어진 생태계 서비스 가치 평가는 ‘무한 가치에 대한 총체적인 저평가(gross underestimate of infinity)’였을 뿐인 셈이다(McNeely et al., 2009).

2050년까지 24억의 인구가 추가적으로 늘어남에 따라 모든 사람들에게 필요한 식량, 물, 에너지를 제공하는 것이 난제가 될 것이라는 점은 이미 예견되는 바이다. 인간이 지구의 기후 및 생태계를 포함한 자연 프로세스(natural process)에 가하는 과부하를 줄이기 위해 행동을 취하지 않는다면 위 문제는 해결 불가능할 것이다. 자연을 보호하고 자원을 책임감 있게 사용하는 것은 인류의 발전과 안녕은 물론, 건강하고 회복력(resilient) 높은 지역사회를 구축하는 데 초석이 된다. 이는 생계를 위해 자연에 직접적으로 의존하는 가난한 시골 마을 뿐만 아니라 환경 파괴로 인해 홍수, 오염 등의 재해에 갈수록 취약해지고 있는 세계적인 대도시에도 동일하게 해당한다.

환경에 대한 인류의 관심과 환경문제에 대한 우려는 점점 깊어져 왔지만, 그에 상응하는 대응은 오늘날까지도 충분하지 못하다. 하지만 이제라도 인류가 적신호를 인지하고 함께 행동한다면 커다란 성과를 거둘 수 있다. 그 일례로 오존층 파괴라는 환경문제에 대해 과학적이고 선제적인 대응책을 제시한 탁월한 모델인 몬트리올 의정서를 들 수 있다. 전 세계가 공동으로 인준한 최초의 협정인 몬트리올 의정서에서 모든 국가들은 엄격한 규정에 도 불구하고 프레온가스(CFCs) 등 오존층 파괴 물질을 단계적으로 철폐하겠다는 조건에 합의했다. 모든 당사국들은 이를 준수했고 그 결과 오존층 파괴에 대한 위협을 성공적으로 감소시켰다. 또 다른 예로 전 세계적인 빈곤을 해결하려는 움직임에 활력을 불어넣고 있는 새천년개발목표(Millennium Development Goals, MDGs)를 들 수 있다. 이제는 더 크고 포용적인(all-inclusive) 노력을 통해 현 세대와 미래 세대 모두를 위한 건강한 환경과 사회의 후생(welfare) 보호에 힘을 때이다.

“지속가능한 발전이란 미래 세대의 욕구를 충족시킬 수 있는 능력을 훼손하지 않으면서 현재 세대의 욕구를 충족시키는 발전이다.”
(WCED, 1987)

생태계 서비스와 그 가치

인류의 안녕(well-being)은 물, 경작지, 어류, 나무 등 자연자원과 수분(pollination) 작용, 영양소 순환, 토양침식 억제(erosion control) 등 생태계 서비스에 의존한다. 반면 이러한 생태계 서비스는 숲, 녹지, 강, 호수, 바다, 표토, 생물다양성 등 지구의 자연자본의 영향을 받는다. 이러한 혜택은 모두 무료로 제공되기에 통상 당연한 것으로 간주된다. 그러나 이러한 것들의 사회적·경제적 가치는 매우 크다.

과잉개발(overexploitation)로 인해 전 세계적으로 자연이 제공하는 주요 서비스의 60% 이상이 줄어들고 있다(MEA, 2005). 생계와 생존이 산림과 직결된 최빈층 3억 5천만을 포함하여 20억 이상의 인구가 산림 생태계에서 거주지, 생계유지 수단, 물, 연료, 식량을 얻고 있다(FAO, 2012a). 산림 손실 및 훼손은 세계 경제에 연간 2~4.5조 미국 달러의 비용을 초래하는 것으로 추정된다(Sukhdev, 2010).

해양 생태계는 수많은 연안 및 도서 국가 경제의 원동력으로, 어업(fisheries)만으로도 세계적으로 6억 6천만 개의 일자리를 제공하고 있다(FAO, 2012b). 수산자원(fisheries)은 인류의 식단에서 동물성 단백질의 15%를 공급하며(FAO, 2012b), 아프리카와 아시아 최빈국에서는 이 비율이 50% 이상을 차지한다(FAO, 2008). 해양 생태계에 대한 위협이 줄어들지 않는다면 이로 인한 경제적 손실이 2050년에는 4,280억 미국 달러에 달할 것으로 예상된다(SEI, 2012).

이제까지의 고전경제학에서는 인간의 경제활동으로 자연에 가해지는 영향은 '환경 외 부효과(environmental externalities)'로만 치부하였다. 일례로 회사가 지불하는 용수(用水) 비용은 회계 계정에 기록되지만 과다 사용 및 오염으로 인한 담수환경에의 영향이나 하천 하류 마을에 대한 영향 등은 기록되지 않는다. 유엔이 지원한 연구에 따르면 상위 3천 개 기업이 가하는 환경 외부효과는 연간 2.1조 미국 달러에 육박하는 것으로 추산되었고, 2008년 환경 파괴 비용은 6.6조 미국 달러로 세계 GDP의 11%를 차지했다(UNEP FI, 2011). 2050년에는 오염·온실가스 배출·폐기물 및 자원 고갈로 인한 연간 비용이 28.6조 미국 달러에 달할 것으로 전망된다(UNEP FI, 2011).

경제활동은 주로 개별적으로 행해지기 마련이고 이 과정에서 경제활동이 의존하는 생태계에 대한 고려는 거의 이루어지지 않고 있다. 이는 다시 갈등과 예상하지 못한 결과, 장기적 비용 등을 초래할 수 있다. 이에 반해 생태계 기반 접근방식은 필수적인 자연자원과 시스템을 관리하면서 인간 활동을 통합된 방식으로 계획, 관리하고 균형을 맞출 수 있도록 해 준다. 예를 들어 발틱 해(Baltic Sea)는 오염과 남획, 지속불가능한 연안 개발에 시달려 왔다. 최근 분석에 따르면 관광, 농업, 수산업 개발에 생태계 기반 접근 방식을 적용할 경우 2030년까지 55만 개의 일자리가 만들어지고 연간 320억 유로(약 440억 미국 달러)의 추가 수입이 발생할 것으로 나타났다(Boston Consulting Group, 2013).

생태계와 생물다양성의 경제적 가치를 평가하는 것은 여러 가지 이유로 중요한데, 특히 공공·민간분야의 의사결정자들에게 경제적인 논거가 상당한 설득력 발휘한다는 점에서 그 중요성을 찾을 수 있다(Atkinson et al., 2012). 생태계 및 생물다양성의 경제학 프로젝트(The

그림 54. 생태계 서비스





유전
자원

병충해 방지

탄소 포집

Economics of Ecosystems and Biodiversity Project, TEEB – teebweb.org)는 정부와 기업이 환경 외부효과를 이해하고 의사결정 과정에서 이러한 외부효과를 고려할 수 있도록 하는 연구들을 수행하였다. 그 연구는 해양과 연안, 물과 습지 등 전체 생물군계(biome)에 대한 연구뿐 아니라 농업, 식량, 도시 등에 대한 연구도 포함하고 있다. 또 다른 프로젝트인 자연자본 프로젝트(Natural Capital Project – www.naturalcapitalproject.org)는 토지 이용 변화, 인프라 개발, 자원의 사용이 자연 자원(물, 목재, 어류 등) 및 생태계 서비스(홍수, 토양침식의 통제 등)의 공급과 가치에 어떠한 영향을 미치는지 예측할 수 있는 기술을 개발하는 데 있어 선구적 역할을 하고 있다. 세계은행의 생태계 서비스의 가치 산정 및 평가 프로그램(Wealth Accounting and Valuation of Ecosystem Services Programme, WAVES – wavespartnership.org)은 각국이 자연자본을 포함하는 국가 자료(national accounts)를 구축하여 국가 개발 계획에 자연자본을 고려할 수 있도록 하고 있다.

이러한 선제적 행동들은 계획의 개선, 갈등의 해소, 선택에 따른 득실(trade-offs) 및 시너지 효과를 찾아내는 데 도움이 된다. 무엇보다도 이러한 노력이 자연을 금전적 가치로만 제한하여 인식하려는 시도로 간주되어서는 안 된다. 오히려 이는 기존의 경제적 사고방식의 결함을 발견하고 진정한 의미의 지속가능한 발전을 계획·관리·평가할 수 있는 대안적 수단으로 여겨져야 한다.

상세 자료 6: 브라질 아크레 주의 생태계 서비스 지불 제도 및 산림전용 황폐화 방지를 통한 온실가스 감축 활동(REDD+)

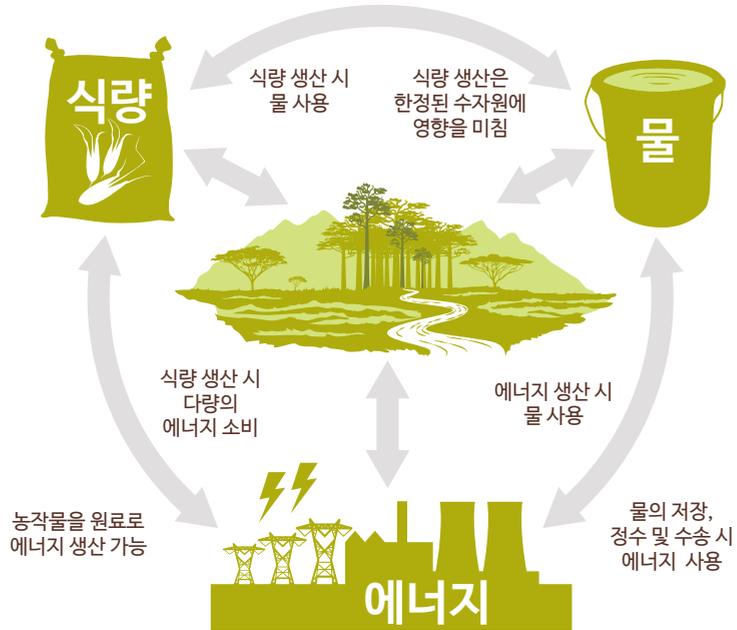
생태계 서비스 지불 제도(Payments for Ecosystem Service, PES)란 환경 서비스 수혜자들이 생태계를 관리하는 사람들에게 비용을 지불하는 제도로서 경제적 유인책을 활용하여 자연을 보전하는 방식이다. 예를 들어 PES는 산업 용수 사용자가 하천 상류에 위치한 마을에 대가를 지불하도록 함으로써 그 마을이 집수장(water catchments) 역할을 하는 산림을 보호하게 한다. 국제적인 사례로는 산림전용·황폐화 방지를 통한 온실가스 감축 활동(REDD+)을 들 수 있다. 이 제도는 산림파괴와 훼손을 방지하여 온실가스 배출량을 저감하기 위한 유엔 정책이다. 산업화된 선진국들로 하여금 개발도상국에 금전적 대가를 지불함으로써 개발도상국이 범 지구적 탄소 저장 효과가 있는 산림을 개발하는 것을 막고 보호할 수 있도록 한다. 이 제도를 통해 50여 개 개도국들이 산림(forested lands)을 통한 배출을 저감하고 있으며 저탄소 개발에 투자하고 있다. REDD+는 다른 모든 제도들을 합친 것보다 큰 규모의 자본을 산림 보전 활동에 유치할 수 있는 잠재력을 지니고 있다. REDD+를 통해 생물다양성의 보전뿐 아니라 빈곤, 토지소유권, 토지 이용, 지속가능한 발전과 거버넌스 문제를 동시에 다룰 수 있는 전례 없는 기회들이 생겨나고 있다.

PES/REDD+ 프로그램의 대표적 사례로 브라질 아마존 지역 아크레 주를 들 수 있다. 1,500만 헥타르(ha)에 달하는 아크레 주는 지역주민들의 생계를 지원하는 동시에 열대우림을 보전하는 데 있어 탁월한 성과를 보였다. 2006년부터 2010년 사이에 산림훼손율을 절반 이상 낮췄으며 이를 통해 약 5억 톤의 탄소 배출량을 줄일 수 있었다. 농업 생산량은 늘리고 빈곤은 감소시키는 가운데 위와 같은 성과를 달성한 것이다. 2천여 농가는 산림을 개발하지 않고 보전하는 대가로 매년 보조금을 지급받고 있으며, 그 외에도 농업에 기반을 둔 지속가능한 생계를 위해 기술과 마케팅 지원을 받고 있다. 아크레 주는 이러한 프로그램을 확대하기 위해 독일개발은행 KfW 등 외부기관으로부터 5천 만 미국 달러 이상을 유치하였으며, 이는 1톤 당 5 달러(USD)의 비율로 환산 시 이산화탄소 배출 400만 톤을 줄이는 것과 동일한 효과를 지닌다(WWF-Brazil, 2013).

식량과 물 그리고 에너지

식량·물·에너지와 이 세 가지의 근간이 되는 생물다양성과 생태계는 서로 긴밀하게 연결되어 있으며 이는 인간의 생존에 필수적인 요소들이다. 그러나 이러한 필수 요소가 모든 사람들에게 제공되고 있는 것은 아니다. 현재 약 10억 명의 인구가 기아로 고통 받고 있으며(Water, Energy and Food Security Nexus, 2011), 7억 6천 8백만의 인구가 안전하고 깨끗한 물을 공급받지 못한 채 살고 있다(WHO/UNICEF, 2013). 14억 명의 인구는 안정적으로 전기를 공급받지 못하고 있으며, 27억 명은 취사와 난방을 위해 나무와 같은 재래식 바이오 에너지(traditional sources of bioenergy)를 주 연료로 사용하고 있다(WWF, 2011a). 세계 인구의 급증과 중산층 확대로 소비가 증가할 것이고, 이는 인류의 필요를 충족시키기 더욱 어려워진다는 것을 의미한다. 기후변화, 생태계 훼손, 자연자원 고갈로 인해 상황은 더욱 악화될 것이다. 가장 취약한 환경에 놓이는 것은 최빈층이겠지만 식량·물·에너지 안보는 우리 모두에게 영향을 끼칠 것이다.

그림 55. 생물권(biosphere)과 식량·물·에너지 안보 간의 상호연관성 및 의존성
생물권은 우리에게 식량·물·에너지를 제공하고, 우리의 식량·생산·물·사용·에너지 생산 방식은 생물권에 영향을 미친다.



제1장에서 언급한 바와 같이 세계 주요 강 유역들의 물 부족 현상은 더욱 악화되고 있으며 이는 세계 물발자국(the world's water footprint)을 통해 여실히 드러나고 있다. 2030년까지 전 세계 담수 수효는 현재 공급 수준 대비 40% 이상 증가할 것(WRG, 2009)으로 추산되며 세계 인구의 절반가량은 심각한 물 부족 상태에 처하게 될 것이다(OECD, 2008).

물은 식량과 에너지 생산에 필수적이기 때문에 물 부족 문제는 현재는 물론 미래에도 계속해서 식량 및 에너지 안보에 심각한 영향을 미칠 것이다.

식량·물·에너지 안보와 건강한 생태계 간의 상호의존성에 대한 인식은 점점 높아지고 있다. 평균적으로 우리가 섭취하는 1칼로리를 생산하기 위해서는 1리터의 물이 소요된다(Water, Energy and Food Security Nexus, 2011). 전 세계 에너지의 30%가 식량 생산을 위해 사용되고 있으며(FAO, 2012), 에너지 가격의 상승은 식량 가격의 상승을 부추긴다. 에너지 생산을 위해 전 세계 취수량의 약 8%가 투입되고 있는데 선진국에서는 발전소에서의 냉각수, 화석연료 추출 및 가공, 저수지에서의 증발, 바이오연료용 작물 재배 등을 위한 수요 등으로 인해 그 수치가 45%까지 올라간다(Water, Energy and Food Security Nexus, 2011). 물을 퍼 올리고 정수하는데 역시 다량의 에너지가 필요하다.

이러한 식량·물·에너지 간의 상호의존성은 각 요소 간의 상관관계(trade-offs)를 보다 잘 이해하고 관리하는 것이 중요하다는 사실을 알려준다. 하나의 요소를 안정적으로 확보하기 위한 시도가 오히려 다른 요소의 안정성을 해칠 수 있기 때문이다. 일례로 식량 증산을 위한 시도는 물과 에너지에 대한 수요를 증가시킬 수 있다. 인도의 경우 관개시설을 설치한 후 식량 생산은 증가하였으나 점차 고갈되는 지하수를 끌어오기 위해 총 전력의 20%를 사용하고 있다(Water, Energy and Food Security Nexus, 2011). 또 다른 예로 많은 나라에서 식량의 생산성을 높이기 위해 비료를 사용하고 있는데 비료 사용의 증가는 수자원 오염을 초래하였으며, 이로 인해 많은 에너지를 필요로 하는 정수 시설의 필요성이 높아졌다.

기후변화는 주로 우리가 사용하는 에너지로 인해 유발되는데 이는 자연생태계 및 식량과 물 안보에도 심각한 영향을 미칠 것이다. 기후변화를 막기 위한 대안으로 제시되는(화석연료의) 대체에너지도 잘못 관리될 경우에는 또 다른 위험을 초래할 수 있다. 예를 들어 바이오 연료용 작물 재배와 식량용 작물 재배는 제한된 토지와 물을 두고 훨씬 치열한 경쟁을 벌여야 한다. 메콩강 하류 지역 12개 댐 건설 계획과 같은 대규모 수력발전 사업에서도 이와 유사한 상관관계(trade-offs) 및 위험요소가 존재하고 있음을 볼 수 있다(상세 자료 7 참조).

오늘날 세계는 전 세계의 모든 사람을 먹여 살리기에 충분한 식량을 생산하고 있는데 1인당 식량 공급은 하루 약 2,800 kcal이다(영양전문가가 제안하는 권장 섭취량은 하루에 남성이 2,500 kcal, 여성은 2,000 kcal이다-FAO, 2013). 그러나 이러한 식량의 상당량이 불균형하게 배분되고 있고 생산된 식량 중 최대 1/3은 버려지고 있다(FAO, 2011). 또한 많은 양의 물, 에너지, 토지가 요구되는 동물성 식량은 소득수준이 높은 국가에서 훨씬 많이 소비되고 있다.

물, 토지, 에너지의 사용 증가를 통해 식량 생산량을 늘리려는 시도는 지속불가능한 방법이다. 자원을 더욱 효율적으로 사용하여 공정한(equitable) 식량 공급으로 나아가는 것이 대안이 될 수 있다. 그리고 이를 이루기 위해선 무엇보다 건강하고 회복력(resilient)이 강한 생태계가 필요하다.

제한된 시스템 안에서 끝없는 성장을 기대할 수는 없다. 그러나 우리는 이 시스템이 더 나은 방향으로 작동하도록 개선할 수는 있다.

상세 자료 7: 메콩강의 수력발전과 담수, 수산업



총 4,800km에 달하는 메콩강은 중국 티베트-칭하이(Tibetan-Qinghai) 고원에서 시작해 캄보디아, 라오스, 미얀마, 타이, 베트남 등 총 6개국을 가로지르고 있다. 메콩강의 광활한 삼각주는 남중국해에 맞닿아 있다. 메콩강에는 단위 면적당 아마존의 3배에 달하는 1,100 종의 어류가 서식하고 있으며, 세계에서 가장 큰 담수어 10개 중 4개 종이 서식하고 있다. 메콩강 유역은 세계에서 가장 중요한 내륙 어장으로 세계 담수어 어획량의 1/4을 차지하고 있으며 이는 6천만 명의 주요 단백질 공급원이 된다(Orr et al., 2012).

그러나 메콩강 지역의 급속한 경제 발전으로 인해 개발 압력이 심해지고 있다. 캄보디아, 라오스, 타이, 베트남의 전력수요가 2025년까지 매년 6~7% 성장할 것으로 예측됨에 따라(CEM, 2010) 수력발전이 미래의 주요 에너지 공급원으로 인식되고 있기 때문이다.

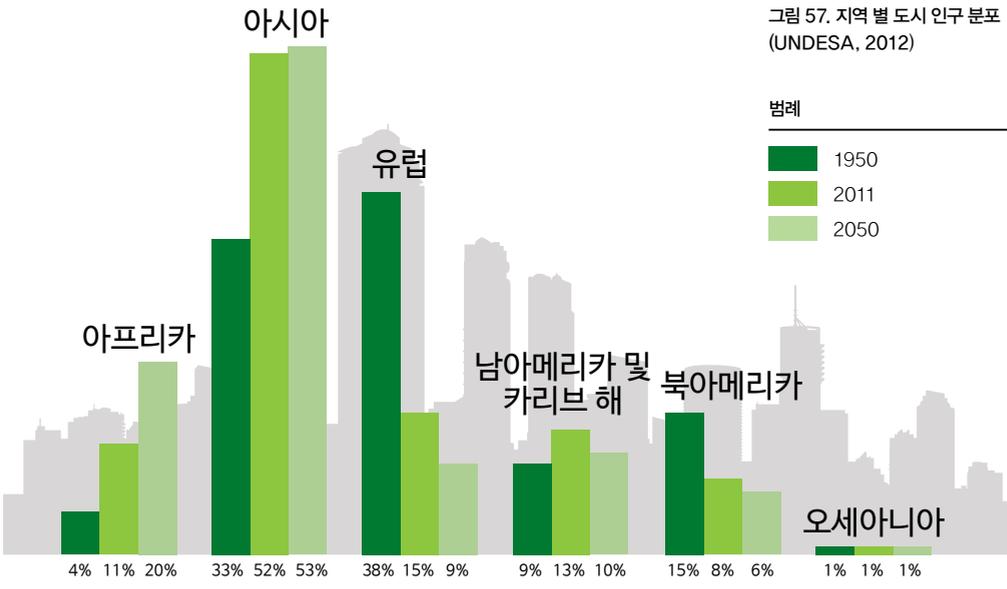
수력 발전을 위한 댐은 생태계의 완결성(ecosystem's integrity)을 훼손하여 어족(fish populations)을 위협할 수 있다. 지류에 있는 댐만으로도 2030년까지 어족 자원(fish stocks)의 10~26%가 줄어들 것으로 예측되며, 본류 지역의 댐은 어족 자원을 60~70%까지 감소시킬 수 있다고 분석된다(Orr et al., 2012). 줄어든 어획량을 대체하여 가축을 단백질 공급원으로 사용하려면 63%의 목초지와 17%의 물이 더 필요한데(Orr et al., 2012), 이미 메콩강 유역에서는 연중 3개월 동안 물 부족이 발생하고 있다(Hoekstra and Mekonnen, 2012). 고비용의 가축 생산으로 식량 가격이 상승한다면 빈곤은 더욱 심화될 것이다. 댐은 또한 세계적으로 가장 중요한 벼 경작지역 중 하나인 메콩 삼각주로 흘러 들어가는 영양분과 퇴적물의 흐름을 저해함으로써 기후변화에 대응할 수 있는 회복력(resilience)을 저하시킬 것이다.

건강한 지역사회

지역사회의 건강은 자원 안보(resource security)와 환경의 회복력(environmental resilience)에 크게 의존하며, 이를 고려하지 않은 발전은 사상누각(沙上樓閣)에 불과하다. 발전을 이루었다 하더라도 빈곤을 줄이기 위해서, 또 식량·물·에너지에 대한 기본적인 필요를 충족시키기 위해서 고군분투하게 될 것이다. 이로 인한 분쟁의 발생 가능성은 갈수록 높아지고 있다. 우리는 자연재해와 기후변화로 인한 위험에 더욱 취약한 상황에 처하게 될 것이다.

건강한 지역사회는 물리적·정신적·사회적 안녕의 근간이며 건강한 지역사회의 토대는 건강한 환경이다. 수억 명의 인구는 자연이 제공하는 자원과 서비스에 생계를 의존하고 있는데 이들에게 있어 이러한 연결고리는 명백하다. 도시 인구가 지속적으로 증가하고 사람들이 점점 자연과 동떨어져 살게 되면서 건강한 생태계의 중요성이 즉각적으로 와 닿지 않을 수 있겠지만, 대기오염과 수질오염, 극단적인 이상 기후 등 다양한 환경문제는 인류 사회에 큰 충격을 줄 수 있다.

세계의 인구구조는 지난 10년 동안 변해왔다. 개도국의 급속한 도시화에 따라 역사상 처음으로 세계 인구의 과반수가 도시에 거주하게 되었다. 통계적으로 볼 때 이러한 현상의 원인으로는 자연적 인구 증가, 도시로의 이주, 농어촌의 도시화 등을 들 수 있다(Buhag and Urdal, 2013). 하지만 조금만 더 깊이 들여다보면 도시인구의 증가 추세는 환경 안보와 밀접하게 연관이 되어 있다. 자연자원(농지, 목초지, 산림, 물)의 고갈, 환경 훼손, 증



가하는 자연 현상의 예측 불가능성 증가로 인한 좌절, 자연재해 등으로 인해 사람들은 삶의 터전을 뒤로한 채 더욱 안정적으로 생계유지를 하고자 도시로 이주하고 있는 것이다. 하지만 이 같은 도시로의 이주는 결국 이들이 정착한 도시의 건강에 심각한 결과를 초래하고 있다.

도시 지역의 인구는 2011년 36억에서 2050년 63억으로 증가할 것으로 예상되며(UNDESA, 2012), 이 예상치의 대부분은 주로 개발도상국의 도시에서 발생할 것으로 보인다(UNDESA, 2012; Sachs, 2008).

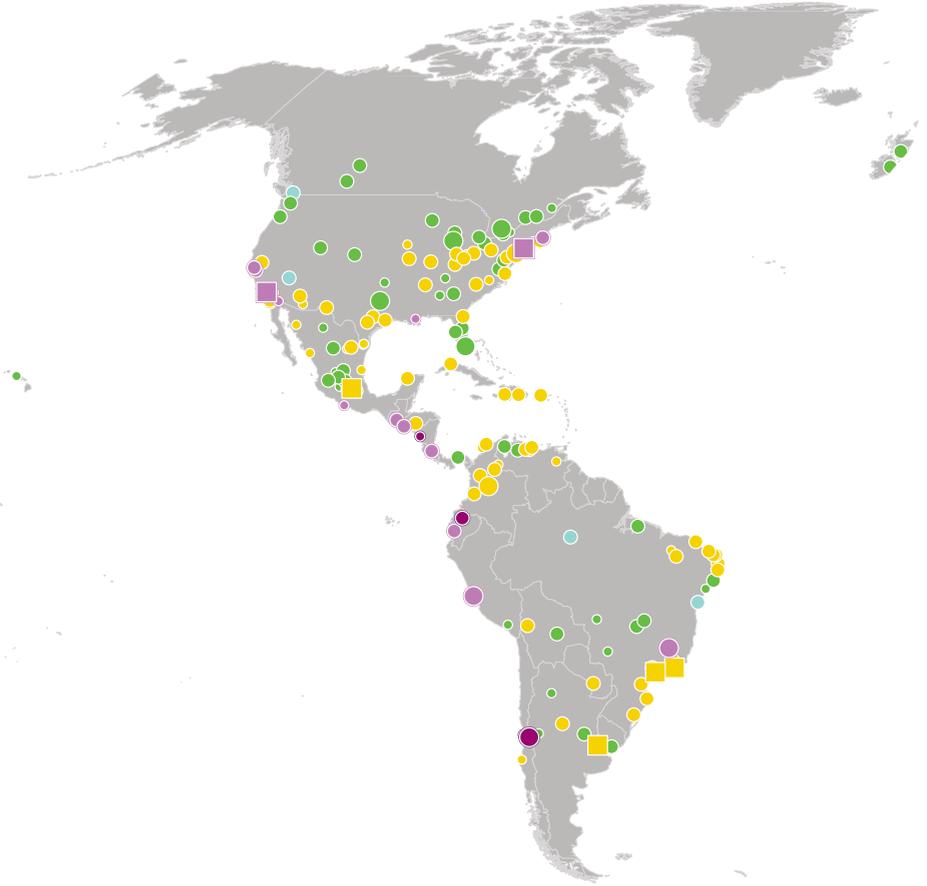
1천만 이상의 인구가 거주하는 '메가시티'도 증가 추세에 있다. 1970년에는 전 세계적으로 도쿄와 뉴욕, 단 2개의 메가시티가 있었지만 오늘날 23개로 늘어났고(UNDESA, 2012) 이 숫자는 계속 증가하고 있다.

많은 경우 도시 인구의 증가 속도와 그로 인한 거주민의 수요 증가 속도가 지나치게 빨라서 도시의 기반시설 공급량이 그 속도를 따라잡지 못하고 있다. 이것은 도시 거주민들의 삶의 질과 기본적인 생활 편의시설에 대한 접근성에 직접적인 영향을 미친다. 이미 10억 명의 사람들이 도시 빈민촌에 거주하고 있다(UNFPA, 2007). 도시 기반시설과 서비스에 대한 대규모 투자 그리고 도시 빈곤을 해결하려는 본격적인 노력 없이는 도시 빈민은 계속해서 증가할 것이며, 이에 따른 사회문제 역시 늘어날 것이다.

빠르게 증가하는 도시 인구와 소비 역시 도시가 의존하는 자연 서비스(natural services)에 더욱 큰 부담이 되고 있다. 건강한 도시를 위해서 자연 서비스를 보전하고 복구하는 데 투자해야 한다. 세계 대도시의 1/3이 자연 하천에 식수를 의존하고 있으며(Dudley and Stolten, 2003) 뉴욕, 리우데자네이루, 멕시코시티는 같은 메가시티들은 산림과 습지를 보전하고, 집수역 내 토지관리를 개선하기 위한 각종 제도들을 시행하고 있다.

이들 지역의 도시화는 본래 토지의 가용성과 수심이 깊은 항구에의 접근성에 크게 영향을 받았다(ADB, 2013). 그러나 지금은 고도로 밀집된 인구, 기반시설, 경제 활동으로 인해 도시의 중심 지역들은 자연재해와 기후변화에 매우 취약한 위치에 놓여있다.

개도국의 급속한 도시화에 따라 역사상 처음으로 세계 인구의 과반수가 도시에 거주하게 되었다.



인구 상위 상위 63개 도시(2011년 기준 500만 명 이상 거주) 중 39개 도시가 한 차례 이상의 자연재해에 노출된 바 있는 고위험 지역에 위치하고 있다. 이 중 72%는 해안이나 해안에 인접한 지역에 있으며, 2/3는 아시아에 위치해 있다(그림 58). 6가지 자연재해를 분석한 결과에 따르면 가장 흔하면서도 심각한 재해는 홍수로, 63개 도시 중 30개 지역에서 발생할 가능성을 보였다. 그 밖의 자연재해로는 사이클론(10개 도시), 가뭄(9개 도시), 지진(6개 도시) 등이 있었다(UNDESA, 2012).

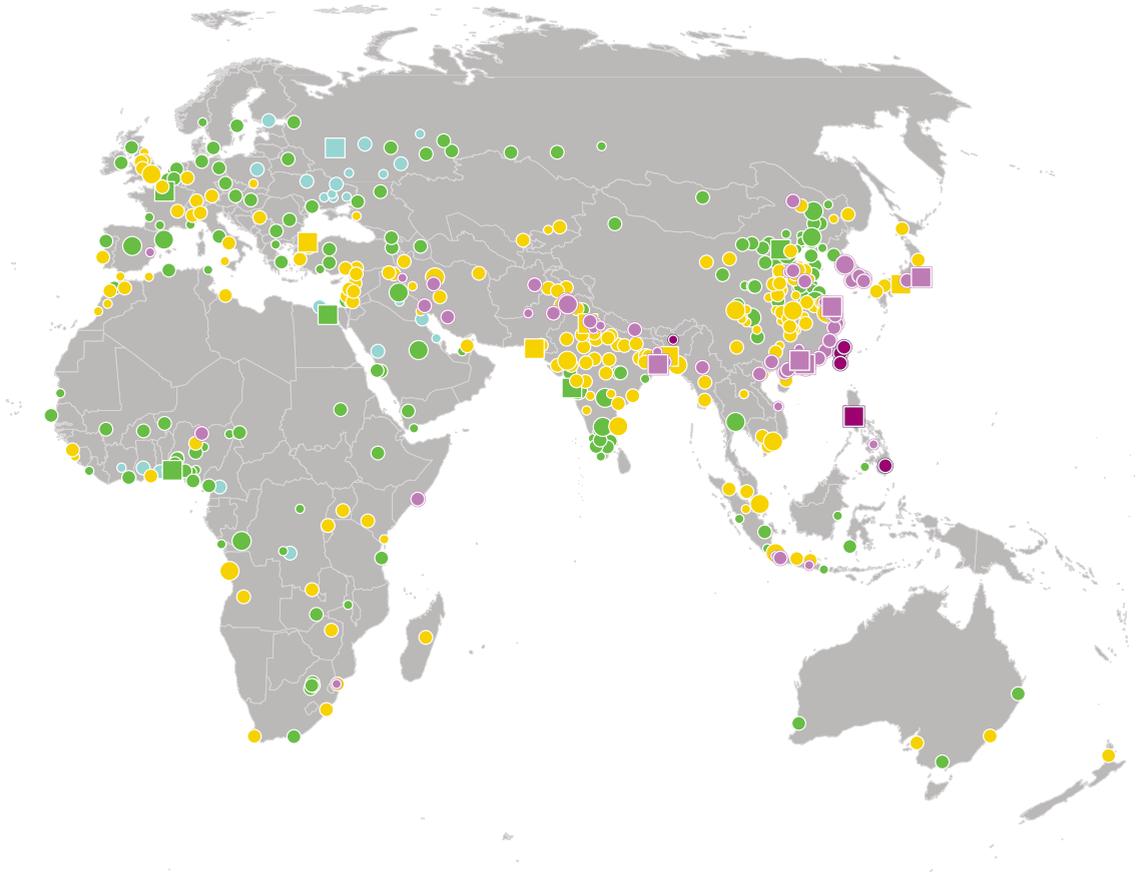
생태계가 훼손되면서 생태계가 제공하던 서비스(홍수와 폭풍으로부터의 보호) 역시 감소하였고, 이로 인해 자연재해에 더욱 취약해져 자연재해에 대처하기 위해 투입되는 비용은 더욱 커졌다(Costanza et al., 2014). 기후변화로 인해 자연재해의 빈도와 강도는 더욱 증가할 것으로 예상된다. 지역사회의 건강은 부분적으로는 외부요인의 영향을 받고 있지만 동시에 개인의 행동(action)에 의해서도 영향을 받는다. 작은 마을에서 대도시로 이르기까지 다양한 범주의 지역사회는 모두 자신들의 안정성(security)과 회복력을 개선하고 개인 차원에서 실천할 수 있는 해결책을 실행할 각자의 방법과 수단을 지니고 있는 것이다.

그림 58. 2011년 인구의 도시 분포 및 자연재해 위험 (UNDESA, 2012)

위험도 상위 30% 수준의 자연재해 발생 빈도

- 재해가 발생하지 않음
- 상위 30% 수준의 재해는 발생하지 않음
- 연 1회 발생
- 연 2회 발생
- 연 3회 이상 발생

주: 자연재해의 발생 빈도와 발생 규모의 측면에서 측정된 자연재해 위험도의 상위 30%에 속하는 도시는 상대적으로 고위험군으로 명시되었다.



도시 인구

- 75만-100만
- 100만-500만
- 500만-1,000만
- 1,000만 이상

지역사회에 기반을 둔 자연자원 관리란 수자원, 산림, 공용 토지, 보호구역, 어장 등 생태계 및 자연자원과 관련한 의사결정을 지역사회에 맡기는 방식으로 농어촌 지역의 생활 수준과 안정성을 향상시킬 수 있는 성공적인 모델이다. 많은 도시들이 지속가능한 방식으로 시민들의 생활수준을 높이는 동시에 자연자본을 보호할 수 있는 혁신적인 방법들을 개발하고 있다. 도시는 이러한 해결책을 개발하는 데 필요한 전문성과 자본, 기술, 창의성 뿐 아니라 인구 또한 고도로 밀집되어 있기 때문에 더욱 많은 사람들에게 건강한 지역사회와 지속가능한 생활방식을 누릴 수 있는 기회가 있다.

이와 관련된 사례 중 일부를 다음 장에서 자세히 소개하고자 한다.



선명한 불꽃

에너지 생산이 반드시 환경 파괴를 수반하는 것은 아니다.

한 용접공이 콩고민주공화국 무트왕가의 한 마을 수력 발전소 건설 현장에서 구슬땀을 흘리고 있는 사진을 볼 수 있다. 비룡가 국립공원에서 물을 끌어다 쓰는 이 발전소는 콩고 야생동물 당국(Congolese Wildlife Authority)이 건설을 주도하고 있는 것으로서 완공 이후 약 25,000명에게 전기를 공급하게 될 것이다. 또한 인근의 학교, 병원, 고아원 등에서도 전력을 사용할 수 있게 되며 새로운 일자리와 사업 기회도 창출할 것이다. 동시에 지역 주민은 발전소에 물을 공급하는 산림과 습지를 정성껏 관리해야 할 이유가 생겼다. 잘못된 위치에 건립되거나 부실한 기획으로 제 기능을 다하지 못하는 수력 발전소도 많지만 이 사업은 생태계에 미치는 영향을 최소화 할 것으로 기대된다. 전 세계적으로 이와 같은 사업을 통해 개발과 보전이 함께 이루어 질 수 있다는 것뿐만 아니라 자연자본을 보전하는 것이 사회 및 경제 발전에 기여할 수 있다는 점이 증명되고 있다.

제4장 하나뿐인 지구를 위한 해결책 One Planet Solution

이전 장에서 살펴보았듯 생태계 회복과 생물다양성 보전, 필수적인 생태계 서비스 유지, 자연자원의 고갈의 방지는 매우 시급한 과제이다. 더불어 세계 인구 증가에 따라 식량·물·에너지를 확보해야 하고 자연자원을 형평성 있게 사용하도록 해야 한다. 이를 어떻게 달성할 것인가가 관건이다.

인류의 사회·경제적 번영의 근간인 지구의 자연자본은 그 양이 한정되어 있다. 이는 기초적인 사실임에도 경제전망과 개발 전략, 사업 계획과 투자 결정, 일상생활에서 이루어지는 여러 선택에 반영되지 않고 있다. 하지만 이에 대한 고려는 반드시 필요하다.

그림 59의 '지구는 하나라는 시각(One Planet Perspective)'에는 지구의 수용 범위 내에서 자연자원을 관리·활용·공유할 수 있기 위해서 어떠한 선택이 필요한지 나와있다.

- 자연자본의 보전: 훼손된 생태계의 복원, 주요 서식지의 소실 방지, 보호구역의 대대적 확대
- 더 나은 생산: 투입자원 및 폐기물 감량, 지속가능한 자원 관리, 재생에너지 생산 증대
- 현명한 소비: 생태발자국, 물발자국 등 발자국을 줄이는 생활습관, 지속가능한 에너지 사용, 건강한 방식의 식량 소비

이를 달성하기 위해서는 다음 두 가지 요인이 필수적이다.

- 금융 흐름의 방향 전환: 자연 가치 우선시, 환경 및 사회적 비용 고려, 자연보존에 대한 지원 및 보상, 지속가능한 자원 관리와 혁신
- 공정한 자원 관리체계: 가용자원 공유, 생태정보를 기반으로 하는 공정한 의사결정, GDP 이외의 다른 지표 도입

이전 장에서 다룬 세계 지표와 동향을 보면 인류가 맞닥뜨린 도전과제가 매우 크다는 것에 대해 의심의 여지가 없지만 여전히 희망은 있다. 지구는 하나라는 시각을 통해 환경·사회·경제적으로 상당한 효과를 달성한 사례가 세계 곳곳에 존재한다. 본 장에서는 지구는 하나라는 시각을 실천하는 7가지 사례를 소개하고자 한다. 지구생명보고서 2014 웹사이트(www.panda.org/lpr)에 더 많은 성공 사례가 소개되어 있다.

더 나은 선택

‘지구는 하나라는 시각’



1 칠레 남부

보전과 생산, 그리고 사람

흰긴수염고래, 연어 양식, 사회적 평등을 결합한
해양보전 모델



© WWF Chile / Jorge Oyace

“해양생태계와 고유의 세계관이 완벽한 조화를 이루는 환경에서 살아가고 있는 우리는 혜택을 받은 사람들입니다. 우리에게 있어 바다와 땅, 대기는 신성한 공간이며 인간의 생존에 필요한 모든 것을 제공합니다. 바닷가로 내려가면 영양가가 풍부하고 신선한 조개를 무공해 방식으로 캐울 수 있습니다. 또한 우리는 생태관광 사업을 시작하면서 다른 이들에게 자연을 보살피는 것이 소득이 될 수 있음을 보여주었습니다.”

산드라 안티파니(Sandra Antipani), 칠레 남부 칠로에(Chiloe) 섬 원주민 지도자

'칠로에 해양 생태지역(Chiloense Marine Ecoregion)'로 알려진 칠레 남부 파타고니아(Patagonia)의 피오르드와 해협은 보존 가치가 높은 특유의 환경을 갖추고 있다. 이곳에는 여러 종의 해양 동물과 조류, 냉대 산호가 서식하고 있으며 생산성 높은 어장이 형성되어 있다. 현존하는 가장 큰 동물인 흰수염고래가 주로 먹이사냥을 하는 지역으로서 그 중요성이 아주 높다. 포경업으로 멸종 위기에 놓인 흰수염고래의 생존은 이러한 주요 서식지의 보존 활동에 달려 있다.

칠로에 해양 생태지역은 그곳에서 살아가는 사람들에게 식량과 지역 어민의 소득, 정신·문화적 가치를 제공하며, 이곳의 경이로운 풍경과 야생동물은 관광객을 끌어들이는 등 수많은 혜택을 제공한다. 또한 상업적으로 중요한 몇몇 종의 유생(幼生)이 서식하고, 전 세계 연어 생산의 30%, 흰살 생선(whitefish)의 3%, 사료어(飼料魚)의 12% 공급을 담당(FAO, 2014)하는 등 어류 생산에 있어 국제적으로 큰 비중을 차지하고 있다. 하지만 이러한 해양자원의 과도한 개발(overexploitation)이 위험 수준에 도달하면서 주요 서식지가 이미 소실되고 있으며 생태계와 생태계 서비스에 압박이 가해지고 있다.

세계자연기금(WWF)은 칠로에 해양 생태지역의 통합적인 보전 전략을 마련하고자 지역 당국 및 지역공동체와 10여 년간 협력해 왔다. 이 전략은 과학, 치밀한 토지 및 해양 경관 계획, 그리고 지역 및 원주민 공동체와 정부, 생산·금융·유통업계를 포함한 여러 이해 당사자들과의 긴밀한 공조를 바탕으로 수립되었다.

이 보전 전략의 목표 중 하나는 해안을 따라 칠레 영해에서 공해에 이르기까지 해양보호구역망을 형성하는 것이다. 2014년 초, 칠레 정부는 WWF 칠레사무소와 흰수염고래 센터(Blue Whale Centre), 칠레의 오스트랄 대학교(Austral University of Chile), 멜리모유 재단(Melimoyu Foundation)과의 협력을 바탕으로 흰수염고래의 먹이활동과 번식에 중요한 지점을 포함하는 틱톡 해양공원(Tic Toc Marine Park)을 지정하고 이 밖에도 두 곳의 해양보호구역을 추가로 지정했다. 이 세 곳의 총면적은 12만 헥타르가 넘는다. 이 보호구역을 통해 고래와 돌고래를 보호하고 수산자원을 회복시킬 뿐 아니라 기후변화에 대한 해양 생태계의 회복력(resilience)도 강화시킬 수 있을 것으로 전망된다.

보호구역 밖에서는 어업과 양식업, 특히 연어 생산이 미치는 악영향을 줄이기 위한 노력이 한창 진행 중이다. 지속가능한 방식의 연어 양식을 위해 세계양식책임관리회(Aquaculture Stewardship Council; ASC)의 인증 기준을 개발하고자 칠레 안팎에서 생산자, 소비자, 과학자, 환경단체 및 사회단체 등이 힘을 모았다. 약 10년간의 논의 끝에 완성된 ASC 기준은 연어 양식이 환경과 사회에 미치는 부정적인 영향을 최소화하거나 제거하는 것을 목표로 한다. 이를 달성하기 위해서는 수질, 어류 탈출(fish escapes), 화학물질 및 항생제 사용의 엄격한 통제와 바다표범, 바닷새 등 천적의 효율적인 관리를 비롯해 여러 가지의 조건이 충족되어야 한다.

지난 2013년, 칠레 내 7개 회사를 포함해 전 세계 연어 양식 생산의 70%에 해당하는 주요 기업들은 2020년까지 모든 보유 양식장에 ASC 기준을 도입하기로 약속했다. 이는 분명히 고무적인 일이지만 ASC 인증 획득을 위해서는 여전히 양식 관행을 개선하기 위한 많은 노력이 필요하다.

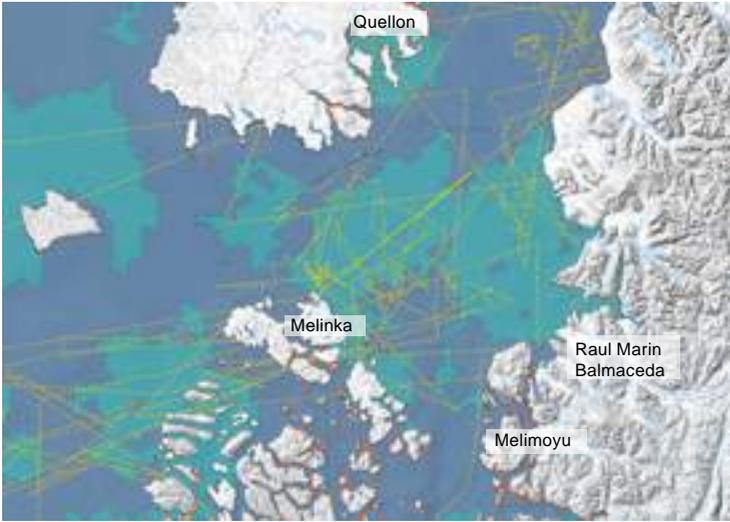
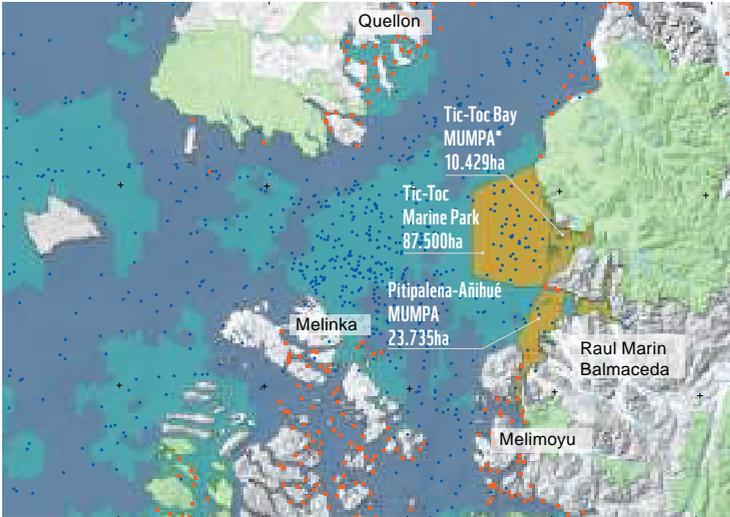


그림 60. 위성 추적 데이터를 통해 칠레에 해양 생태지역에서 이루어지는 흰긴수염고래의 이동경로를 파악할 수 있다. (WWF- Chile, 2014)

지도



범례

- 고래 출몰지
- - - 고래 이동경로
- 연어 양식장
- 해양보호구역
- 보호구역
- 해양우선보전구역
- * 다목적 해양보호구역 (Multiple Use Marine Protected Area, MUMPA)

그림 61. 흰긴수염고래의 주요 서식지 보호를 위해 최근 발표된 해양보호구역 (WWF- Chile, 2014)

장기적으로 환경을 보전하려면 원주민을 포함한 지역주민을 위해 형평성 있고 지속가능한 방식의 개발을 추진해야 한다. 해양보호구역 지정에 따라 생태관광이 성장할 것으로 전망되면서 세계자연기금(WWF)은 해당 지역공동체가 새로운 기회를 활용할 수 있도록 지역공동체와 함께 노력하고 있다. 이에 따라 주민의 생활수준이 향상될 뿐만 아니라 자연·문화유산을 보호하기 위한 동기부여가 될 것으로 예상된다.

또한 생산자가 ASC 인증을 받으려면 고용주이자 이웃 주민으로서 사회적 책임을 다하며 사업을 운영해야 한다.

칠로에 섬의 원주민 지도자 산드라 안티파니는 “연어 업계는 우선 사업지역에 대해 알아야 한다고 생각합니다. 주민의 인식과 문화, 역사를 고려하고 무엇보다 지역 내에 서식하는 동식물을 비롯한 생태계를 존중해야 합니다. 우리 주민들은 해양생태계와 흰긴수염고래를 보전해야 한다는 사실을 항상 의식하고 있습니다.”라고 견해를 밝혔다.



자연자본의 보전: 세계자연기금(WWF)과 여러 협력기관은 칠레 연안 면적의 10% 가량에 해당하는 해양보호구역 네트워크를 형성하고자 공조하고 있다.



더 나은 생산: 생산자가 ASC 기준을 준수한다면 연어 양식이 해양생태계에 미치는 영향을 대폭 줄일 수 있다. 사회, 경제, 환경 지표 42가지를 바탕으로 ASC의 영향을 평가하는 시범 사업이 진행 중이다.



현명한 소비: 소비자와 유통업계가 책임있는 연어 양식을 요구하면서 생산업계가 ASC 인증에 힘쓰고 있다.



금융 흐름의 방향 전환: 세계자연기금(WWF)은 금융계가 ASC 인증 등과 같은 지속가능한 상품 개발을 지원하도록 장려하고 있다. 칠레에서는 네덜란드계 금융기관인 라보뱅크(Rabobank)가 세계자연기금(WWF) 및 칠레 연어 업계와 공조하여 해양 분야의 지속가능성을 강화하기 위해 노력을 기울이고 있다. 이를 통해 업계는 경쟁력을 제고하고 환경적, 사회적 위험(risk)에 대한 취약성을 보완할 수 있을 것이다. 또한 금융 관계와 신용평가에도 긍정적인 영향을 미칠 것이다.



공정한 자원 관리체계: 원주민을 포함한 지역공동체가 해양 보호와 연어 업계의 사회적, 환경적 관행 개선에 중요한 조력자 역할을 하고 있다.

2 마운틴고릴라

공동체와 자연보전

마운틴고릴라 개체 수 증가에 따른 인접 지역의 혜택



© Anna Behm Masozera, 2013

관광객에게 판매하기 위한 자신의 고릴라 조각을 보여주고 있는 어거스틴 아칸탐비라(Augustin Akantambira). 우간다 브윈디 천연 국립공원(Bwindi Impenetrable National Park)에 인접한 카바가(Kabaga) 마을 주민

“예전에는 공원과 지역공동체 간에 연결고리가 없었습니다. 하지만 이제는 완전히 달라졌습니다. 관광 수입이 증가하여 주민들이 직접적으로 혜택을 보게 되면서 공원의 중요성을 깨닫게 되었습니다. 주민들이 고릴라를 존중하기 시작했지요.”

페이션스 두사비마나(Patience Dusabimana), 지역 대표 겸 르완다 화산 국립공원(Volcanoes National Park) 가이드

야생에 남아 있는 마운틴고릴라가 1천 마리도 채 안되는 상황에서 개체 수 복원의 가능성은 희박해 보인다. 마운틴고릴라는 작은 숲에 두 군집만이 생존해 있지만 해당 지역의 사람들은 늘고 있다. 이 지역은 현대 역사의 가장 암울한 사건으로 꼽히는 르완다 집단 학살과 콩고민주공화국을 초토화시킨 수차례의 전쟁이 일어난 곳이다. 아직도 그 여파가 있으며 수만 명에 달하는 인구가 주변의 천연자원에 크게 의존하며 삶을 재건하고 있다.

마운틴고릴라의 개체 수는 얼마 남지 않았지만 최근 몇 년간 그 수가 30% 가까이 증가하여 유인원 종 중에서 유일하게 개체 수가 늘어나고 있는 종이다(IGCP, 2012). 멸종으로 치달던 마운틴고릴라가 인류와 함께 번성하면서 선순환을 보이고 있는 것이다.

마운틴고릴라는 콩고와 르완다, 우간다의 국경에 있는 비룡 화산지대와 우간다의 브윈디 천연 국립공원, 두 곳에서 두 개의 군집을 이루며 따로 떨어져 살고 있다. 마운틴고릴라 보존 활동은 세계자연기금(WWF)과 보전단체 국제동식물(Fauna and Flora International; FFI)이 참여하고 있는 국제고릴라보존프로그램(International Gorilla Conservation Programme; IGCP)에 의해 1991년부터 전개되었다.

IGCP는 여러 국가에 걸쳐 있는 보호지역 네트워크를 관리하고 있으며 의식있는(responsible) 마운틴고릴라 관광을 위해 지역 주민, 정부 기구들과 협력하고 있다. 이를 통해 관광가이드, 짐 운반인, 공원 경비원과 같은 일자리가 창출되고 있다. 자연 속의 고릴라를 보기 위해 전 세계에서 관광객이 찾아오고 있는데 이로 인한 수입은 고릴라 보전과 지역공동체 프로젝트 운영에 쓰인다. 결과적으로 자연자원을 단기적으로 남용하기보다 보전하는 것이 지역주민에게 더 큰 이득이 되고 있다.

고릴라 관광은 지역 내 여러 공동체를 변화시켰다. 우간다의 외판 산골마을인 다큐링고(Nkuringo)의 경우 1년에 1,200명이 숙박하는 지역공동체 소유의 중소형 호텔 클라우드 마운틴고릴라 오두막(Clouds Mountain Gorilla Lodge)이 있다. 이 호텔에서 직접적으로 근무하고 있는 인원은 40여 명에 불과하지만 인근에 거주하는 다른 3만여 명도 그 혜택을 누리고 있다.

식당과 주점, 다른 숙박업소도 문을 열었고, 공예품점에서는 대부분이 여성인 지역 공예가가 만든 나무 고릴라 조각, 티셔츠, 바구니 등이 판매되고 있다. 호텔과 고릴라 트레킹을 통한 수입은 채소나 차 재배 농장 등 여러 사업체를 지원하는 공동체 기금으로 쓰인다. 이 기금은 불우아동의 교육비를 후원하는 프로그램과 간호사 교육 및 의료센터 설립에도 쓰이고 있다.

고릴라와 지역주민, 지역 환경에 부정적인 영향을 미치지 않도록 관광객 수를 제한하고 있음에도, 르완다의 고릴라 관광은 연간 2억 미국 달러에 이르는 외화를 벌어들이며 관광 산업(Nielsen and Spenceley, 2010)의 동력이 되고 있다. 국립공원 인근 지역에서는 학교 및 병원 건립, 지속가능한 기업체 설립, 나무 심기, 침식방지 등과 같은 환경 사업을 지원하는 데 공원 입장료의 5%가 쓰이고 있다.

또한 IGCP의 '고릴라 물(gorilla water)' 사업의 일환으로 마을에 빗물 저장 설비가 설치되면서 수질과 위생이 개선되었다. 이전에는 지역 내 대부분의 마을에 안전한 식수가 제대로 공급되지 않아서 여성과 아이들이 국립공원 내의 계곡에서 물을 길어 와야만 했다. 이는 고되고 위험한 작업일 뿐 아니라 고릴라와 다른 야생동물에 위협이 되기도 했다. 이제는 많은 여성들과 아이들이 교육과 생활 개선에 더 많은 시간을 할애할 수 있게 되었고, 고릴라의 서식지에 유입되는 사람의 수는 줄었다. 물탱크를 함께 설치하고 공동으로 소유하면서 공동체 의식이 강화(분쟁의 상처가 아직도 아물지 않은 채 난민이 많은 지역에 특히 중요한 성과)되었으며 지역사회·공원·고릴라 간의 긍정적인 관계가 형성되었다.

IGCP 대표 안나 베흐 마소제라(Anna Behm Masozera)는 다음과 같이 말했다. "배려와 존중을 바탕으로 이루어지는 자연보전은 자연과 인간이 접하는 공원뿐 아니라 국경까지 넘나들며 공동의 목표를 중심으로 사람들이 뭉치도록 하는 힘과 가능성이 있습니다."

자연자본의 보전: 우간다 고릴라의 가치는 관광상품의 측면에서 780만~3,430만 달러(USD)로 추정된다(IGCP, 2014).



금융 흐름의 방향 전환: 공원 수입의 일정 부분이 인근 지역에 분배되어 지역공동체가 주관하는 의료, 교육, 인프라, 생활 관련 사업 등에 투입된다.



공정한 자원 관리체계: 주민들이 고릴라 등 자연자원을 통해 직접적인 이득을 얻고 고릴라 및 자연자원의 가치를 깨달으면서 숲을 관리에 대한 동기가 강화되었다.



현명한 소비: 관광객은 소비를 통해 지역공동체와 자연보존에 직접적으로 기여하고 있다.





르완다와 우간다의 성공 모델을 참고로 한 콩고 비룡가 국립공원의 생태관광은 마운틴고릴라를 대표 명물로 내세워 수천 개의 일자리와 연간 2억 3,500만 달러(USD)의 수입을 창출하였다.

3 벨리즈

자연자본의 가치 존중

자연생태계의 막대한 가치를 반영한 벨리즈의 새로운 해안개발계획



© naturepl.com / Roberto Rinaldi / WWF-Canon

벨리즈 연안의 메소아메리칸 산호지대(Mesoamerican Reef)에는 대모거북 등이 살고 있고 이를 보기 위해 전 세계에서 관광객이 찾아오고 있다.

“벨리즈 해안지대는 두말할 나위 없이 귀중한 국가 자산입니다. 벨리즈 해안에는 경제적, 사회·문화적 가치와 생태계의 다양한 가치가 있어 보물처럼 아끼지요. 벨리즈 최초로 수립되는 국가 차원의 해안지대관리계획(Coastal Zone Management Plan)을 통해 벨리즈 사람들은 소중한 해안의 커다란 가치를 더 잘 이해하게 될 것입니다. 또한 과학적 근거를 바탕으로 해안과 해양자원의 지속가능한 장기적 관리를 위한 청사진이 제시될 것입니다.”

산텔 클락-사무엘즈(Chantelle Clark-Samuels), 벨리즈 해안관리협회 책임관(Director)

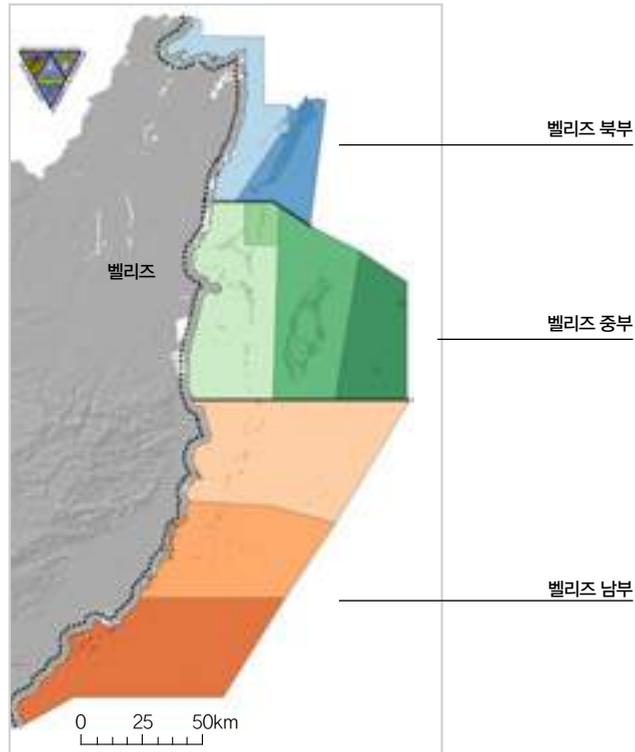
벨리즈 해안생태계(coastal ecosystem)는 그 아름다움과 다양성으로 잘 알려져 있으며 지구촌 곳곳에서 관광객이 몰려오고 있는 곳이다. 인구 40% 이상이 해안을 삶의 터전으로 삼고 있고 해안생태계에 생계를 의존하고 있다.

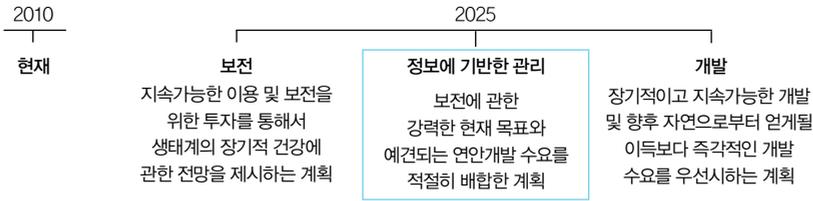
많은 벨리즈인에게 어업은 삶의 방식이자 식량의 중요한 원천이다. 산호 지대와 맹그로브에서 이루어지는 상업 어업(commercial fisheries)의 가치는 연간 1,400만~1,600만 달러(USD)로 추정된다. 해안생태계와 관련된 관광산업의 2007년 국가 경제 기여도는 1억 5,000만~1억 9,600만 달러(USD)로 집계되었다. 산호 지대와 맹그로브는 침식과 해일로 부터 해안지대를 보호하며, 이 보호작용의 가치는 2억 3,100만~3억 4,700만 미국 달러에 달한다. 참고로 2007년 벨리즈의 GDP는 13억 미국 달러였다(Cooper et al., 2009).

하지만 이 같은 생태계의 이점이 해안지역 투자 및 정책 결정에서 간과되는 경우가 매우 많다. 해수 온도 상승, 거세지는 폭풍 또는 기타 기후변화와 더불어 무분별한 개발과 어류 남획, 관광업으로 인한 압박이 벨리즈의 산호 지대에 위협이 되고 있다.

이러한 위협으로 어류 번식에 중요한 서식지인 맹그로브가 사라지게 되면 어류 개체 수도 줄어들 것이다. 산호 지대와 맹그로브의 훼손은 벨리즈의 저지대 섬과 해안지역의 폭풍과 침식에 대한 취약성 증가로 이어질 것이고 이는 관광업에 타격을 줄 것이다(Cooper et al., 2009).

그림 62. 벨리즈의 9개 해안지역계획 (Natural Capital Project, 2013)





© Healthy Reefs (healthyreefs.org)

지난 2010년 벨리즈의 해안관리협회(Coastal Zone Management Authority and Institute; CZMAI)는 세계자연기금(WWF) 및 자연자본프로젝트(NatCap: Natural Capital Project)와 협약을 맺고 벨리즈 최초 국가 차원의 해안지대관리계획을 구상하기 시작했다. 이 계획을 통해 그동안 이루어진 주먹구구식의 개발이 아니라 정확한 정보를 바탕으로 하는 장기적인 관리를 추구하게 되었다. 과학적 논거를 제시함으로써 이해관계의 갈등을 완화하고 인간의 활동으로 인해 자연 서식지가 훼손되는 위험을 최소화하고자 했다.

그림 63. 벨리즈 해안지역 통합관리계획에 따른 3가지 2025년 시나리오 (Natural Capital Project, 2013)

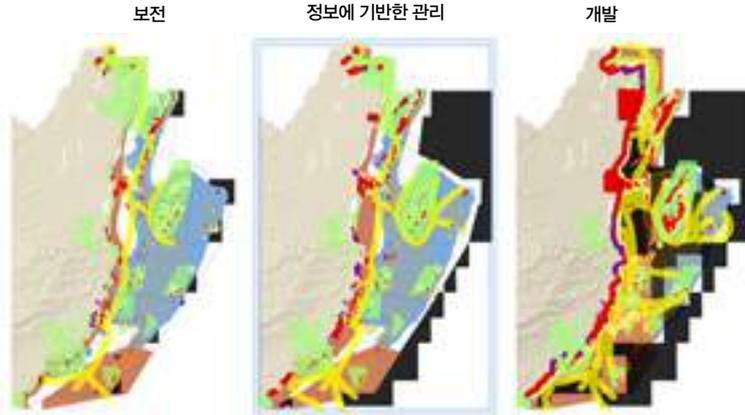
우선 해안 및 해양 생태계 서비스가 인간에게 주는 이점과 인간의 활동이 생태계 서비스에 미치는 영향에 대한 연구가 이루어졌다. 연구진은 전국적, 지역적으로 대중들과 심도 있는 논의를 했고, 관광업과 수산업, 지역 및 중앙 정부, 공동체 개발 기구, 환경단체 등 관련 부문으로 구성된 자문협회를 9개 해안지역에 결성했다. 이 협회는 회의와 인터뷰, 실사를 거쳐 지역 정보와 자료를 제공하고 목표와 가치를 서로 공유하며 앞서 언급된 국가 계획을 정기적으로 재검토했다.

협회는 이 계획의 여러 시나리오와 각각의 영향(implications)을 이해하기 위해서 자연자본프로젝트의 분석 툴인 인베스트(InVEST: Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs, 생태계 서비스 및 트레이드오프에 대한 통합 가치 평가)를 사용했다(Sharp et al., 2014). 인베스트는 정책당국과 이해관계자들로 하여금 다양한 생태계 서비스의 가치를 의사결정에 반영하고 관련된 교환 요소를 더욱 잘 이해할 수 있도록 하기 위해 설계된 것이다. 특정 지역에서 각기 다른 개발 정도의 시나리오에 따라 해안을 분석할 때 해당 개발이 지역의 맹그로브와 해초지, 산호초와 같은 생태계에 어떤 영향을 미치는지 살펴보고, 그 계획을 통한 예상 관광수입이 바닷가재 어민들의 소득 감소와

그림 64. 이해관계자들과의 협의를 통해 설계된 벨리즈의 세 가지 구획설정계획 (Natural Capital Project, 2013)

범례

- 연안 개발
- 양식
- 준설
- 보전
- 농업 유출수
- 석유 탐사
- 어획
- 해양 교통
- 해양 레크리에이션



폭풍에 대한 취약성 증가에 어떤 영향을 줄 지 대비시켜 비교할 수 있다. 또한 중요 생태계 보호와 복원을 위한 투자의 경제적 이익도 예상해 볼 수 있다.

이 국가계획을 통해 현재와 미래의 개발 수요와 자연보전 사이의 균형을 맞추으로써 바닷가재 어획으로 인한 수입을 250만 달러(USD) 증가시키고, 산호초와 맹그로브 및 해초지의 면적을 최대 25% 확장시키며, 해안을 보호하는 생태계의 가치를 2025년까지 두 배로 늘릴 수 있게 될 것이다(Cooper et al., 2009). 이 계획을 통해 벨리즈인들은 더욱 현명한 방안으로 해양과 해안이 제공하는 귀중한 자원을 관리할 수 있을 것이다.



자연자본의 보전: 벨리즈의 해안 및 해양 생태계는 연간 5억 5,900만 미국 달러(GDP의 43%)에 상당하는 생태계 서비스를 제공한다(Cooper et al., 2009).



금융 흐름의 방향 전환: 국가 차원의 해안지대관리계획에서는 생태계 서비스의 가치를 존중하는 투자를 장려한다.

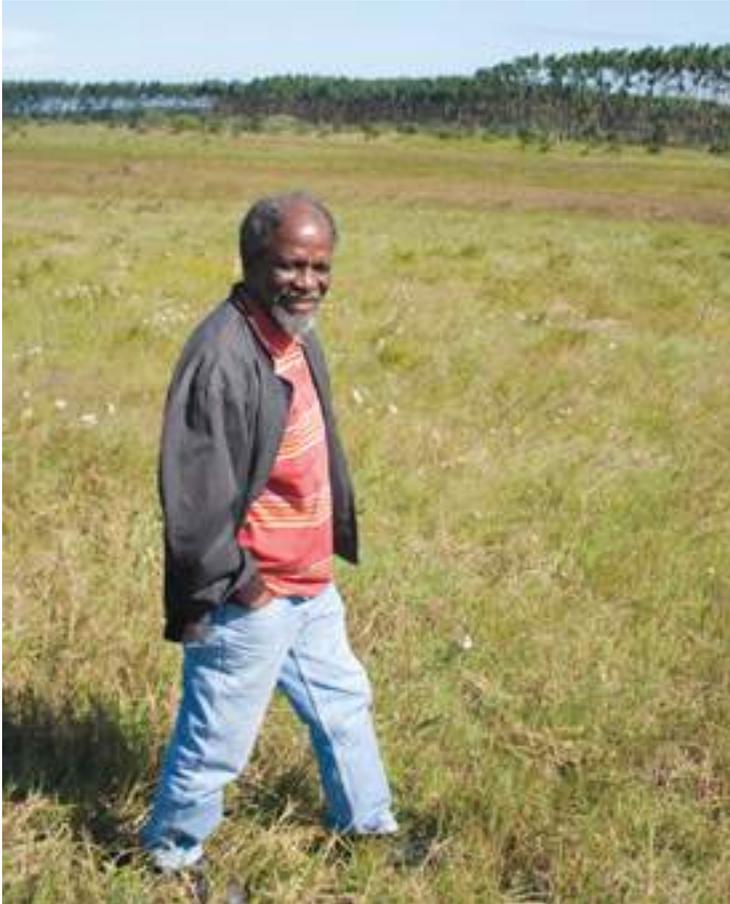


공정한 자원 관리체계: 지역 이해관계자들과 함께 해안지역 통합 관리 계획을 수립하여 상충되는 요구들(competing demands) 간의 균형을 모색하고 자연자원 사용에 대해 신중하게 결정할 수 있도록 한다.

4 남아프리카공화국

농장과 습지

현명한 토지이용 계획을 통해 지역 생태계에 필수적인 습지가 복원되었고 이해관계자들의 성공적인 협력 관계의 기초가 마련되었다.



"이곳에서 임업(forestry)은 중요한 생계수단이기 때문에 시야크후베카(SiyaQhubeka Forests; SQF)와의 협력이 중요합니다. 주민들은 농장에 소를 방목하고 땃감을 모으고 꿀을 채취합니다. 많은 이들이 임업 종사자이거나 계약 근로자들입니다."

인두나 알손 므판겔라(Induna Alson Mpangela), 쿠파줄루 나탈 주 만쿠아티니의 소 규모 자작농

물은 남아프리카공화국에서 가장 희소한 자연자원 중 하나인 만큼 습지는 사람들과 자연에 있어 매우 중요하다. 습지의 기능에는 물의 정화 및 저장, 침식 조절(control erosion), 하천 유량 조절을 통한 가뭄 및 홍수의 타격 완화, 대수층 담수 보충 등이 있다. 또한 생물 다양성, 관광, 농업 및 가축 방목에 필수적이며 농촌 사회에의 식량과 식물재료의 공급원이기도 하다. 안전한 식수를 확보하지 못하는 약 6백만 명 주민들은 필요한 물을 하천, 강, 호수, 습지에서 직접 취수하고 있다.

남아프리카공화국 습지의 절반 이상이 부실한 농지 관리와 기타 개발 활동으로 크게 손상되었다. 여러 유형의 습지 중 2/3가 위험에 처했으며 거의 절반이 심각하게 훼손된 상태이다(WWF-SA, 2013). 상업적 임업 분야를 비롯하여 습지 지역 내 농장 조성, 습지 환경을 해치는 외래종 등이 문제로 부각되어왔지만 한편으로 임업은 남아프리카공화국 GDP의 1.8%를 차지하고 11만 개의 일자리를 창출하는 주요 산업이 되었다(Nyoka, 2003).

펄프 및 포장재 제조업체 몬디(Mondi)는 생산과 보전 간의 균형을 위해 습지 지도를 작성하고 습지 보호 및 복원에 앞장서 왔다.

상세 자료 8: 새로운 시대의 농장 (New Generation Plantations, NGP)

세계자연기금(WWF)이 2007년 개발한 NGP 플랫폼은 전 세계 임업계와 산림청이 농장 기획·관리의 개선방안을 함께 탐색하고, 공유하며, 촉진시키는 장이다. 향후 약 3배 증가할 것으로 예상되는 목재 소비량을 충족시키면서도 자연림을 보전하기 위해서는 지금부터 2050년까지 약 2억 5천만 헥타르의 신규 농장이 필요할 것으로 전망된다(WWF, 2011b).

NGP가 지향하는 농장의 특성:

- 생태계를 훼손하지 않는다.
- 보전가치가 높은 자연을 보호하고 그 가치를 증진시킨다.
- 효과적인 이해관계자 참여 과정을 통해 운영한다.
- 경제성장과 고용 창출에 기여한다.

몬디 그룹(Mondi Group)은 지역사회의 복지에 기여하고 자연 생태계와의 조화를 증진하는 새로운 모델의 농장관리인 NGP 플랫폼에 참여하고 있다.

자세한 내용은 홈페이지 www.newgenerationplantations.org 참조

그 노력의 결실을 볼 수 있는 곳이 바로 남아프리카공화국의 야생 해안지대이자 관광명소인 이시망갈리소 습지 공원(Simangaliso Wetland Park)이다. 이시망갈리소는 풍부한 생물다양성, 고유한 생태계, 천혜의 아름다움으로 인해 1999년 세계유산으로 지정되었고 그 중심에는 거대한 사구에 의해 인도양과 분리된 길고 좁은 하구인 세인트루시아(Saint Lucia) 호수가 있다. 수많은 야생동물의 서식지이기도 한 이 호수에서는 수 백 마리의 하마와 악어 떼가 얇은 물에서 기분 좋게 햇볕을 쬐는 것을 볼 수 있다.

세인트루시아 호수의 서쪽 기슭에는 광활한 상업용 소나무 농장들이 자리 잡고 있다. 몬디사는 2004년 남아프리카공화국의 국유림 민영화 시기에 이들 농장을 인수하였고 그 관리를 위해 현지 경제개발단체와 지역사회, 정부와 함께 SQF를 설립했다.

당시 SQF는 수년간에 걸쳐 지속된 임업 사업자, 환경운동가, 현지 주민들의 첨예한 분쟁 문제까지 함께 떠안게 되었다. 부적절한 입지에 위치한 일부 농장들은 하천 유량을 감소시켜 호수와 야생동물에 해를 입히고 있었다. 특히 건기에는 하천의 수위가 너무 낮고 염도가 지나치게 높아져 여러 문제 및 갈등을 일으켰다.

몬디-SQF는 정부, 환경운동단체, 공원 관리 당국과 함께 상업적 농장을 위한 부지와 자연 상태로 복원되어야 할 부지를 선별하였으며, 120km에 달하는 '생태경계(eco-boundary)' 지도를 작성하여 농장에 가장 적합하고 부정적 영향이 최소화될 수 있는 건조한 무기질 토양과 습지 및 기타 중요한 생태계 지역을 구분하였다.

그 결과 잠재적 보전 가치가 큰 농장 9,000 헥타르가 이시망갈리소 습지공원으로 이관되었다. 농장에 있던 나무들은 제거되고 토지는 습지와 사바나(savannah)로 복원되었다. 또한 이후에는 농장과 자연림, 습지를 포함하는 SQF의 토지 14,200 헥타르도 습지공원으로 공식 통합되었다.

이 사업으로 생태계뿐 아니라 각 이해당사자들 간의 신뢰까지도 회복되었다. 오늘날 SQF와 이시망갈리소 습지공원은 건실하게 운영되고 있다. 세인트루시아 호수로 흘러드는 담수량이 안정화되었으며, 복원된 습지와 초원은 이미 폭넓은 생물다양성을 지탱하고 있다.

이 사업은 세인트루시아 호수의 많은 조류와 민물 종에게 이로운 영향을 끼쳤을 뿐 아니라 습지공원 내 대형동물들의 서식지를 확대하기도 했다. 습지공원은 불과 몇 년 전까지만 해도 조밀한 소나무 숲에 지나지 않았지만 이제는 코끼리와 코뿔소, 기린, 치타 등을 보기 위해 관광객들이 몰려오고 있다. 물소와 얼룩말, 영양 무리가 방화 지대(fire breaks)와 숲 속 통로에서 풀을 뜯을 수 있게 되었다. 농장측에서도 점점 거세지는 개발압력으로부터 야생지역을 보호하고 밀렵의 위험을 감소시키는 데 중요한 완충지 역할을 하고 있다.

농장 모델에 현지 주민들이 참여함으로써 지역 내 기술과 교육수준이 향상되었고 건설한 소기업들이 증가했다. 몬디-SQF는 현지의 임업 사업을 지원하고 대부분의 계약을 현지 기업과 체결한다. 인접한 부족 지역에서는 약 3천 명의 현지 주민들이 다른 작물에 적합하지 않은 토지 중 몇 헥타르에 유칼립투스 조림지를 형성했는데 몬디-SQF는 이곳에서 공급되는 목재에 대해 그 가치를 인정하여 높은 값을 지불하고 있다.

국가적 차원에서 보자면 몬디 사의 습지 복원 사업으로 인해 생산력 있는 임업지의 약 5%를 복원하면서 해당부지를 이용하지 못하게 되었고, 지역사회에 대한 상당한 투자비용이 발생했다. 하지만 몬디 사는 이러한 활동이 궁극적으로 사회적 영업허가를 확보하고 장기적인 생태적·사회적·경제적 운영 가능성을 확보하기 위한 가치 있는 투자였다고 평가하고 있다.



자연자본의 보전: 세인트루시아 호수 주변의 습지를 복원함으로써 생태계 서비스를 복원하고 관광수입을 확보했다.



더 나은 생산: 농장과 습지를 분리함으로써 임업 산업과 목재 생산이 담수 자원에 미치는 영향을 줄이게 되었다.



현명한 소비: 소비자들은 세계산림책임관리협의회(Forest Stewardship Council; FSC) 인증 목재와 제지 상품을 구매함으로써 보전가치가 높은 지역을 보호, 보전하는 책임 있는 산림관리에 힘을 실어 줄 수 있다. 현재 남아프리카공화국의 FSC 인증기준에는 농장과 습지의 분리 요건 및 주변 완충지대 형성이 포함되어 있다.



금융 흐름의 방향 전환: 습지 복원으로 인해 환경적·사회적·장기적인 경제적 가치가 창출되었으며 이 가치는 농장 부지 손실 및 단기 투자비용을 훨씬 초과한다.



공정한 자원 관리체계: 지역사회가 SQF의 주주이며 토지는 지역사회로 반환된다.

5 대보초

토지, 하천, 바다

수자원 보호를 위한 투자는 농업, 어업, 관광산업의 발전을 촉진하고 대표적인 환경자산 중 하나인 대보초를 보전하는 데 기여한다.



© Reef Catchments

“우리 농장에서 흘러나온 물질이 산호초에 영향을 준다면 그 영향을 줄이기 위해 할 수 있는 것을 해야지요. 한 발 앞서 대처하고 우리가 할 수 있는 일이 무엇인지 보여주는 것이 핵심입니다. 이로써 업계 내 변화가 생겨나기를 기대합니다.”

게리 데구아라(Gerry Deguara), 퀸즐랜드 사탕수수 재배 농민

물 저장소에서 흘러나오는 물은 전 세계 많은 해양지역의 건강을 위협하는 가장 큰 원인 중 하나이다.

지구의 신비로운 자연환경 중 하나이자 세계유산으로 지정된 대보초(Great Barrier Reef)의 경우가 특히 그렇다. 물 저장소에서 흘러나온 물에 농장의 비료, 농약, 토양 성분이 축적되고 이러한 오염원들이 대보초로 흘러들어 산호와 해초, 그리고 이에 의존하는 생물종에 막대한 영향을 미치게 된다.

최근 연구에 따르면 1985년 이래 산호초 분포량이 절반으로 감소했다(De'ath et al., 2012). 이러한 손실의 40% 이상은 산호를 먹이로 하는 악마불가사리의 과도한 번식 때문이었는데, 이는 농장의 비료 유출수에 의해 심화된 것이었다. 구시대적인 어업 관행, 항만 확장, 준설 폐기물 투하, 기후변화 등으로 대보초의 상태가 더욱 악화되자 세계유산위원회는 '위험에 처한 세계유산 목록(List of World Heritage in Danger)'에 대보초의 등재를 고려하고 있다.

세계자연기금(WWF)은 농민과 정부, 기업들과 협력하여 오염을 줄임으로써 산호가 회복될 수 있도록 하고 나아가 대보초의 회복력을 길러 심화되는 기후변화의 영향력에 맞설 수 있게 하려고 노력하고 있다. 이러한 노력에는 지속가능한 상품생산 방식, 더 나은 수자원 책임관리(stewardship), 물 안보 및 담수서식지 보호 활동 등이 포함된다.

주요 사업 중 하나인 '캐탈리스트 프로젝트(Project Catalyst)'는 사탕수수 재배농가, 코카콜라 재단(Coca-Cola Foundation), 정부기관, 세계자연기금(WWF)이 힘을 합쳐 오염을 줄이고 농업 생산성을 향상시키는 새로운 재배방식을 시험하고 도입하는 사업으로 퀸즐랜드 지역의 100여 개 농가가 참여하고 있다.

대보초의 생존을 위해서는 오염물질의 유입을 줄여야 하는데 이러한 노력은 대보초로 흘러드는 물의 모든 집수장을 대상으로 이루어져야 한다. 여기에는 수백만 헥타르의 토지와 수천 개의 농가가 포함된다. 이에는 상당한 규모의 민간 및 공공의 투자가 필요하다. 오스트레일리아 연방정부와 주정부들은 대보초의 회복을 위해 향후 10년에 걸쳐 7억 5천만 오스트레일리아 달러(6억 7천만 미국 달러) 상당의 투자를 약속한 바 있으며, 이 투자금 중 일부는 농민들로 하여금 선진 농업 방식과 기술에 투자하도록 하여 생산성을 증대시키고 오염, 침식, 물 사용을 줄일 수 있도록 하는 데 활용될 것이다.

앞으로 더 많은 노력이 필요한 것은 사실이지만 사업의 초기라는 것을 고려하면 그 결과는 매우 고무적이다. 지난 5년간 약 2천 명의 농민들이 3백만 헥타르 이상의 토지에서 선진 농업방식을 채택하였다. 더 큰 성과를 달성한 농민들도 일부 있지만 초기 결과에 따르면 총 농약오염은 15%, 비료 오염은 13% 감소했다. 농민들 또한 생산성 증가와 화학물질에 대한 지출 감소로 인한 이익을 누리고 있다.

생산방식을 개선하는 데 있어서 시장의 힘도 중요한 역할을 할 수 있다. 세계자연기금(WWF)은 대규모 설탕 구매자와 공급망 사업자들과 협력하여 지속가능한 설탕 생산의 국제기준인 본스쿠로(Bonsucro)를 장려하고 인증 확보를 위한 농민들의 농업 관행 개

선을 지원하고 있다. 대보초 유역의 또 다른 주요 토지 이용자인 목축 업계에서도 분수 크로와 유사한 기준, 더 나은 관리 방식을 개발하기 위한 노력이 진행되고 있다. 소비자 들은 지속가능한 방식으로 생산된 인증제품을 선택함으로써 대보초에 대한 영향을 저감 시킬 수 있다.

투자 확대를 위한 경제적 근거는 명확하다. 오스트레일리아 정부에 따르면 대보초 세계 유산지역이 연간 56억 8천만 오스트레일리아 달러(51억 미국 달러)를 오스트레일리아 경제에 기여하고 있으며 정규직 약 6만 9천 개에 준하는 고용 창출 효과가 있다고 한다 (Deloitte Access Economics, 2013). 대보초의 건강에 투자하는 것은 세계 자연의 신 비를 보전하는 일일뿐 아니라 어업 및 관광산업, 그리고 그에 의존하는 지역사회를 발전 시키는 일이기도 하다.

유사한 오염 완화 모델이 전 세계 많은 물 저장소에 적용될 수 있다. 이를 통해 지역사회 가 보다 생산적인 농업, 어업, 관광산업으로부터 이익을 내는 한편 지역의 토대가 되는 자연자산을 보전할 수 있을 것이다.

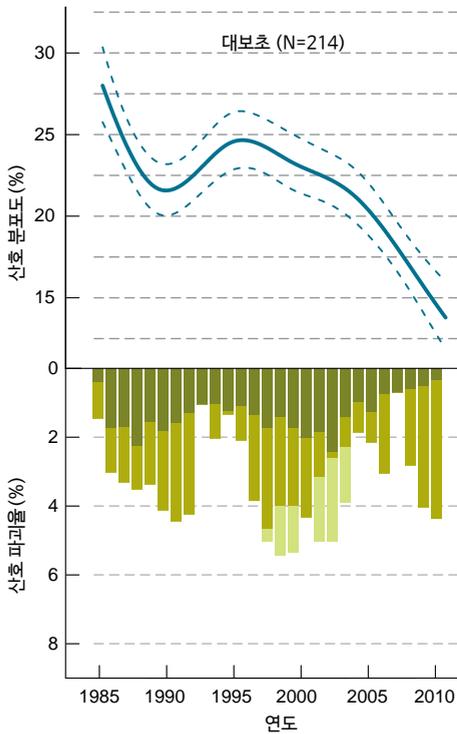


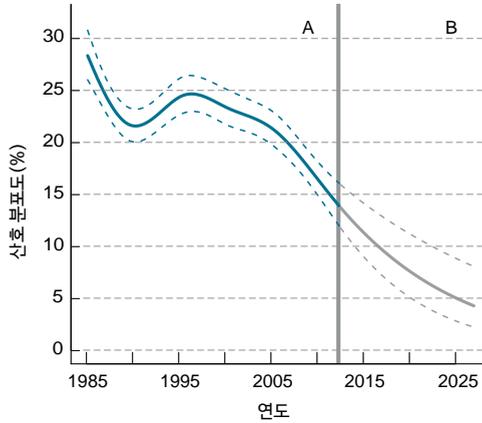
그림 65. 27년간 대보초의 산호 분포량 감소 추세 열대성 폭풍, 악마불가사리 (COTS)의 산호 포식, 산호 표백 현상이 산호초 손실 추정량의 48%, 42%, 10%를 각각 차지했다(De'ath et al., 2012).

- 범례
- 악마불가사리(COTS)
 - 사이클론
 - 백화 현상
 - N 산호초 수

그림 66. De'ath et al., 2012 연구(A)를 토대로 한 예측 결과(B) 현재의 감소 추세가 지속될 경우 2022년 산호초는 2012년 수준의 절반으로 감소할 것이다 (AIMS, 2012).

범례

- 추세선
- - - 신뢰 구간
- 추세선
- - - 신뢰 구간



자연자원의 보전: 대보초는 세계 최대의 산호초 생태계이자 유네스코가 지정한 세계유산이다. 또한 세계적으로 보존 가치가 있는 생물종 다수를 포함하고 있으며 수만 종의 생명을 지탱하는 가장 중요한 지역 중 하나이다.



더 나은 생산: 더 나은 농업방식을 채택한 사탕수수 재배농가들이 농약오염을 15%, 비료 오염을 13% 저감했다. 화학물질이 필요한 곳에서 사용된 후 산호초로 유입되지 않도록 하였다.



현명한 소비: 소비자들은 본수크로(Bonsucro) 인증 설탕과 MSC 인증 해산물 등을 구매함으로써 환경영향을 줄이고자 노력하는 생산자 및 생산방법을 지원하고 환경보전에 기여할 수 있다.



금융 흐름의 방향 전환: 대보초의 오스트레일리아 경제 기여도가 연간 56억 8천만 오스트레일리아 달러(51억 미국 달러)에 이르고, 고용 창출 효과가 6만 9천 명에 달하는 만큼 농업방식 개선을 통해 막대한 투자 수익이 발생할 수 있다.

대보초의 건강에 투자하는 것은 세계 자연의 신비를 보전하는 일일뿐 아니라 어업 및 관광산업, 그리고 그에 의존하는 지역사회를 발전시키는 일이기도 하다.

변화의 바람

19세기부터 풍력발전을 시행한 덴마크는 계속해서 세계 풍력발전을 이끌고 있다.



© Jørgen Vestergaard

덴마크 풍력발전의 선구자 Christian Riisager의 2003년 모습
사진제공: The Danish Film Institute / Stills & Posters Archive

“어느 바람 부는 날, 아내가 그러더군요. '여보, 바로 지금이 풍력 터빈을 전력망에 연결할 기회예요.' 모든 것이 순조롭게 진행되었어요. 전기 계량계도 돌아가기 시작했고 퓨즈도 끊어지지 않았어요. 취미로 만든 풍력 터빈이 생계수단이 될 줄은 꿈에도 생각하지 못했어요. 그런데 언젠가부터 우리 마당에 있는 터빈을 구경하러 사람들이 찾아오기 시작했어요. 이것이 기회라는 생각이 들었습니다.”

크리스티앙 리새아 (Christian Riisager, 1930-2008)
2000년도 덴마크 풍력산업협회(Danish Wind Industry Association)와의 인터뷰에서 발췌

중국 속담 중 '변화의 바람이 불 때 어떤 이들은 성벽을 쌓고 어떤 이들은 풍차를 만든다'는 말이 있다. 덴마크의 풍력발전은 후자의 예이다. 덴마크는 오래전부터 바람을 이용하여 재생에너지를 생산해왔으며 계속해서 세계 풍력발전 부문을 이끌고 있다.

2013년 12월은 역사적인 순간이었다. 덴마크의 풍력발전 규모가 자국의 총 전력소비의 57.4% 수준에 도달했기 때문이다. 덴마크 역사상 최초로 한 달 내내 덴마크 총 전력수요의 절반 이상을 풍력발전으로 충족한 것이다. 또한 같은 해 12월 21일에는 풍력 발전량이 자국 전력소비의 102%에 도달하는 또 하나의 기록을 세웠다.

덴마크 풍력발전의 역사는 1891년으로 거슬러 올라간다. 기상학자이자 학교 교장 선생님 이던 폴 라 쿠르(Poul la Cour) 경이 최초의 풍력발전 터빈을 만들었는데, 그는 풍력 에너지의 생산과 저장에 관한 수많은 실험을 하여 '비와 바람으로 빛과 전기를 만드는 아스코브(Askov)의 마술사'라고 불렸다. 그는 풍력발전 전문가 교육도 시작했다.

1956년 라 쿠르 경의 제자인 요하네스 율(Johannes Juul)이 현대 풍력터빈 설계의 원형인 200kW 세 날개 터빈을 만들었고 이후 이를 덴마크 전력망에 연결하였다. 줄의 풍력터빈은 덴마크 발전소 협회의 풍력발전 사업의 일환이었지만 이는 1962년 폐쇄되었다.

1970년대에는 석유파동과 덴마크 내 강력한 반핵운동에 힘입어 개인 발명가들이 풍력발전의 부활을 주도했다. 목수 출신인 크리스티앙 리새아(Christian Riisager)는 자신만의 풍력터빈을 만들고 이를 조심스레 세탁기용 콘센트에 꽂아 전력망과 연결했다. 이후 리새아는 22kW 풍력터빈을 연속적으로 생산하기 시작했고 덴마크 기업 베스타스(Vestas) 및 보너스 에너지(Bonus Energy, 2004년 이후 Siemens Wind Power로 상호변경)를 포함한 몇몇 덴마크 제조사들도 향후 몇 년간 유사한 활동을 진행하였다.

초기 선구자들의 노력 덕분에 덴마크는 세계 최고의 풍력터빈 제조국이 되었다. 2013년에 덴마크 회사들은 전 세계 풍력터빈의 25%를 공급하였고 덴마크의 전문성은 세계 풍력 기술에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 2013년 덴마크의 풍력발전 산업은 약 2만 7천 5백 명을 고용하고 약 500억 덴마크 크로네(약 92억 미국 달러)를 수출하는 등 덴마크 경제에 큰 기여를 하고 있다(Danish Wind Industry Association, 2014).

공공연구기관, 규제 당국, 산업계, 시민사회 간의 긴밀한 상호작용을 토대로 덴마크는 초기 혁신 국가를 넘어 세계 풍력 챔피언으로 부상했다. 다양한 경제적 인센티브를 통해 가정, 에너지 회사 및 기타 투자자들의 투자가 장려되었다. 일찍이 1979년 오늘날 덴마크 기술대학교(Technical University Denmark)로 편입된 리소국립연구소(National Research Centre Risoe)가 풍력터빈의 안전성 및 품질 표준을 수립한 것도 주요한 계기였다.

덴마크의 풍력발전산업은 개인 및 가계에서 경제적 인센티브를 활용하여 풍력터빈을 구매하거나 지역사회 내 풍력발전 투자 협동조합에 참여하는 등 시민사회의 주도로 발전했다. 오늘날 신규 투자의 대부분은 전문 투자자 영역에서 발생하지만 협동조합과 지역사회의 참여는 여전히 중요한 역할을 한다. 약 4만 명의 덴마크 국민들이 터빈의 부분 또는

전체를 소유하고 있으며, 2009년부터는 모든 신규 육상 풍력발전기 용량의 20%를 지역 주민들이 구매할 수 있도록 제공하는 것이 의무화되었다. 여론조사 결과 덴마크 국민들의 약 90%는 풍력발전을 지지하고 있다.

정권교체와 무관하게 일관성 있는 지원으로 인해 풍력발전의 수요, 기술혁신, 비용 절감이 가능했고 그 결과 훌륭한 성과가 있었다. 2013년 풍력에너지는 덴마크 전력소비의 3분의 1에 준하는 전력을 공급했고 덴마크 의회는 2020년까지 덴마크 전력수요의 절반을 풍력에너지로 충족한다는 목표를 수립했다. 덴마크 정부는 2050년까지 에너지와 수송부문의 재생에너지 비율을 100%로 한다는 목표를 수립했다.

덴마크에서 부는 변화의 바람은 그 방향이 명확하다.

더 나은 생산: 덴마크의 풍력발전은 화석연료를 통한 발전을 대체함으로써 탄소 배출을 줄이고 있다.



금융 흐름의 방향 전환: 덴마크 풍력발전의 역사는 경제적 인센티브를 통해 투자를 증진 시킨다는 정치적 의지와 장기적 계획 수립으로 요약될 수 있다.



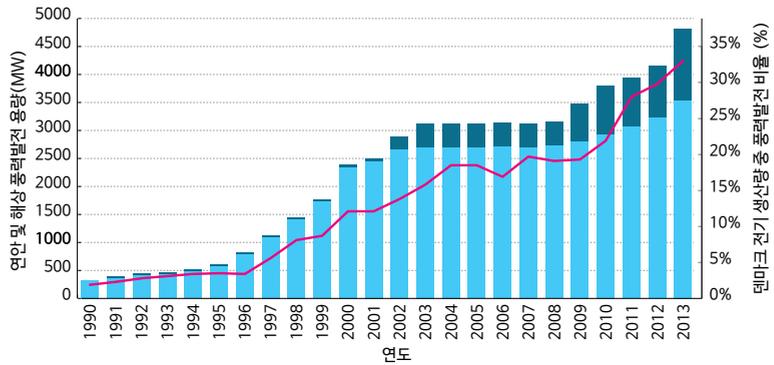
공정한 자원 관리체계: 약 4만 명의 덴마크 국민은 풍력터빈(부분 또는 전체)의 개인 소유주이다. 이러한 덴마크의 지역사회 참여(소유 모델)는 독일 등 다른 국가에서도 차용되었다.



그림 67. 2013년 12월 현재 덴마크의 풍력터빈은 5,200개, 설치용량은 4,800MW. 해상 풍력발전 규모는 1,271MW를 기록하고 있다. (Danish Energy Agency, 2014)

범례

- 해상 풍력발전용량(MW)
- 육상 풍력발전용량(MW)
- 덴마크 전력 중 풍력발전이 차지하는 비율



정권교체와 무관하게 일관된 지원으로 인해 풍력발전의 수요, 기술혁신, 비용 절감이 가능했고 그 결과 훌륭한 성과가 있었다. 2013년 풍력에너지는 덴마크 전력소비의 1/3에 준하는 전력을 공급했으며 덴마크 의회는 2020년까지 덴마크 전력수요의 절반을 풍력에너지로 충족한다는 목표를 수립했다.

우리가 사랑하는 도시 WE LOVE CITIES

더 많은 도시에서 지속가능한 미래로
전환하고자 하는 움직임이 나타나고 있다.



© Jonah M. Kessel / WWF

2014년도 세계환경도시상(Earth Hour City Challenge, EHCC) 우수 도시인 케이프타운

2010년 이후 인류 역사상 처음으로 도시인구가 농촌인구를 초과하였다. 또한 세계 인구 증가에 따라 도시에 거주하는 인구의 비율이(특히 남반구의 경우) 더욱 증가할 것으로 예상된다. 이는 도전과제인 동시에 기회이기도 하다.

도시에서 소비와 자원 사용, 폐기물이 증가함에 따라 세계 전역의 생태발자국이 커지고 있다. 그러나 올바른 계획과 관리 구조가 구축된다면 도시에서도 인구 저밀도 지역에 못 지않게 매우 효율적으로 시민들의 욕구를 충족시킬 수 있게 될 것이다. 향후 30년간 도

시 지역에 대해 대대적인 투자가 이루어질 것이다. 이는 경제 흐름을 재설정하여 건강하고 지속가능한 도시 건설을 지향할 수 있는 기회가 된다. 오늘날 각계각층에서 현명한 선택과 결정을 한다면 향후 수억 명의 삶의 질이 향상되고 인류의 생태발자국을 크게 줄일 수 있을 것이다.

지구의 에너지 관련 탄소 배출의 70% 이상이 도시에서 발생하지만(UN HABITAT, 2011) 그와 동시에 도시에는 재생에너지 생산과 에너지 효율성의 중심이 될 수 있는 잠재력이 있다. 케이프타운의 경우, 가계 에너지의 40%가 온수를 공급하기 위해 사용되므로 향후 5년 이내에 태양열 온수 가열기 6만~15만 대를 설치하는 목표가 수립되었다. 세계환경도시상 2014의 우수도시이기도 한 케이프타운은 가로등 4만 3천여 개 정비 사업, 신호등 1,328개의 저 에너지 LED 교체사업, 스마트 계량기(smart meters) 도입 사업 등을 시작하였다.

기타 많은 주요 도시들도 시민과 기업들을 대상으로 지붕 태양열 발전기 설치에 대한 인센티브를 제공하고 있다. 세계자연기금 중국 사무소(WWF-China)가 저탄소 시범도시(Low Carbon Pilot City)로 선정한 상하이(Shanghai)는 분산 태양열 발전기 설치를 위한 시 차원의 인센티브를 도입하였다. 즉 중앙정부의 인센티브인 kWh 당 0.42 위안(Yuan)과

“케이프타운은 세계환경도시상 2014에 참여함으로써 다른 도시들의 사례로부터 배우고 더욱 창의적으로 사고하게 되었습니다. 우리는 시민, 산업계, 기타 시민 단체들과 함께 삶의 질을 높이는 동시에 역동적인 경제를 구축할 수 있는 저탄소 해결책을 지속적으로 모색할 것입니다.”

가레스 브루어(Garreth Bloor), 케이프타운 시의회 의원

상세 자료 9: 세계자연기금의 도시 사업

자연보전의 성과는 생산과 소비 패턴과 밀접하게 연관되며 이는 주로 도시사회의 수요에 따라 결정된다. 세계자연기금(WWF)이 실시하고 있는 지속가능한 도시 사업들은 자연과 조화를 이루고 지구의 수용력 내에서 생활하는 '하나뿐인 지구'의 미래(One Planet Future)를 건설하기 위한 중요한 활동이다(www.panda.org/sustainablecities).

- 세계환경도시상(Earth Hour City Challenge, EHCC)은 100% 재생가능하고 지속가능한 미래로의 전환 과정에서 전 세계 도시들의 행동과 지지를 이끌어내는 동시에 지속가능한 도시개발의 선진사례를 개발, 전파하는 것을 목표로 한다.
- 우리가 사랑하는 도시(We Love Cities, WLC)는 시민들이 세계환경도시상(Earth Hour City Challenge, EHCC)의 결승에 출전한 도시들의 기후변화 사업들을 지지하고 지속가능 도시를 위한 제안들을 게시할 수 있는 소셜 미디어 플랫폼이다. 2014년 두 달 만에 30만 개 이상의 지지와 제안이 제시되었다.
- 도시 솔루션(Urban Solution)은 전세계로부터 수집된 학습 사례들의 목록을 작성한 것으로서 생태발자국을 최소화하고 생태계서비스 및 생물다양성을 보호하기 위한 도시들의 실제 사례를 100개 이상 포함하고 있다.
- 저탄소 도시(Low Carbon Cities) 사업은 중국의 저탄소 개발모형을 분석하여 성공사례를 배우고 전파하는 활동이다.

는 별도로 가정은 kWh 당 0.4위안(0.07 미국 달러), 기업은 kWh 당 0.25 위안의 보조금을 시정부가 추가로 지급하는 것이다(Shanghai DRC, 2014). 미국 시카고는 2020년까지 탄소 배출을 1990년 수준보다 25% 낮추는 목표를 수립하는 등 가정 및 기업용 태양열 발전기 부문의 리더가 되고자 노력하고 있다.

전 세계 에너지 관련 탄소 배출의 25% 이상이 수송부문에서 발생하며(Baumert, 2005) 교통관련 오염은 많은 도시에서 심각한 골칫거리가 되고 있다. 그러나 인구밀도가 높은 도시지역에서는 오히려 지속가능한 수송 해결책들을 적용하기가 용이하다.

스톡홀름에서는 혼잡세, 'walking school buses'라 불리는 등·하굣길 동행 시스템, 보행안전지도, 자전거 교육, 자전거와 '보행자 친화적(walkability)' 도시계획 등 다양한 지원 정책을 실시한 결과, 시민들의 3/4 이상이 대중교통을 이용하게 되었다. 코펜하겐의 경우 시민들의 절반이 자전거로 출근하거나 등교를 한다. 자전거는 교통수단의 일부로 분명히 인식되어 별도의 도로구역이 할당된다. 밴쿠버는 신규 고속도로 건설을 금지하고 그 대신 대중교통에 크게 투자함으로써 교통운송의 흐름을 바꾸었다. 서울은 운전자 인구의 1/3, 즉 8만 2천 명이 서울시의 '승용차 요일제(No Driving Day)'에 참여하여 대기 질 개선, 교통혼잡 완화, 온실가스 배출 감축에 기여하고 있다. 매주 하루는 승용차를 이용하지 않기로 등록하는 운전자에게는 통행료와 주차료 할인, 기타 혜택이 제공된다.

또한 도시 차원의 물 관리에 대한 책임도 강화되고 있다. 수원이 되는 산림, 습지, 물 저장소를 적극적으로 보호하는 사례도 있는데, 멕시코시티의 경우 재조림 사업을 통해 연간 2백만 그루의 나무를 심어 물 공급을 안정화하고 있으며 현재 자연보호 구역은 연방 전체 면적의 거의 60%에 이르고 있다. 기타 다른 도시들 중에는 빗물 수거와 재활용을 통해 물 보안을 개선하는 도시도 있다. 예를 들어 물 부족 국가인 싱가포르는 빗물 수거(20%), 물 재활용(30%), 담수화(10%)를 통해 물 공급의 절반 이상을 해결하고 있다.

세계적으로 도시농업은 총 식량 공급의 약 15%를 담당하고 있다. 많은 도시들이 정책적으로 도시 식량생산을 지원하고 있는데 이는 운송 및 온실가스의 배출 감축, 고용 창출, 도시 환경 개선, 자연 생태계에 대한 부하 저감 등에 도움이 되기 때문이다. 상하이시는 지방정부의 정책을 통해 도시에 공급되는 채소의 55% 이상, 푸른 안채소의 90%를 상하이 내에서 생산하도록 하고 있다. 브라질의 벨루오리존치 또한 도시농업과 유기농 식품생산을 크게 늘려서 고영양 생산물에 대한 저소득층의 접근성을 확대했으며 아동 영양불량을 완화하고 도시 농가의 수익을 증대시키고 있다(World Future Council, 2013).

도시농업은 도시 '녹화(greening)' 사업의 예가 되기도 한다. 나무와 꽃을 심고 녹지공간을 확대하고 수로와 습지를 복원함으로써 사회, 경제, 환경적 편익이 발생한다. 멕시코시티는 매년 1만m²의 새로운 옥상 정원을 만들어 대기의 질을 개선하고 습도를 조절하며 기온을 낮추고 새로운 생물다양성 자원을 제공하는 것을 목표로 세웠다. 자생식물, 곤충, 새, 동물의 서식지가 실제로 많은 도시 내 위치하고 있으며, 전체 조류 종의 20%가 도시에 서식한다(Conniff, 2014).

>25%

전 세계 에너지 관련 탄소 배출의 25% 이상이 수송부문에서 발생하며 (Baumert, 2005) 교통관련 오염은 많은 도시에서 심각한 골칫거리가 되고 있다. 그러나 인구밀도가 높은 도시지역에서는 오히려 지속가능한 수송 해결책들을 적용하기가 용이하다.

또한 도시는 소비 문제를 개선함으로써 도시 경계를 넘어 생물다양성과 자연환경 보전에 앞장설 수 있다. 일본 센다이는 일찍이 녹색구매 규제(Green purchasing regulation)를 수립한 선두주자이다. 센다이의 공공기관들은 필요한 물품의 90% 이상을 녹색제품 권고 목록에서 구매하며 3,000개의 민간, 공공, 자발적 기관들과 대도시들이 참여하는 녹색 공공구매망(Green Procurement Network)을 구축한 바 있다. 벨기에의 도시 겐트는 매주 하루를 채식일로 정하여 농업의 탄소 배출과 환경영향을 줄이고 있다. 인간 건강과 동물복지 개선에도 기여하는 이 사업은 헬싱키, 케이프타운, 샌프란시스코, 상파울루에서도 시행되고 있다.

이러한 예들은 도시화가 반드시 오염 심화, 난개발, 환경파괴적 생활방식, 과도한 서비스를 의미하지는 않으며, 우리에게 선택권이 있음을 알려준다. 오늘날 도시들이 지혜로운 투자·기획·관리를 채택한다면 인류의 절반 이상이 건강하고 지속가능한 지역사회와 생활방식을 누릴 수 있다.



자연자원의 보전: 도시 내외의 자연공간은 깨끗한 공기와 물, 홍수방지, 다양한 생물들의 서식지, 휴양에 대한 가치 등 필수적인 생태계 서비스를 제공한다.



더 나은 생산: 세계 식량의 약 15%가 도시농업을 통해 생산된다. 또한 더욱 많은 도시들에서 자체적으로 재생에너지가 생산되고 있다.



현명한 소비: 도시는 소비의 중심지이지만 현명한 도시개발과 올바른 소비 선택을 통해 지속가능한 삶을 영위할 수 있다.



금융 흐름의 방향 전환: 2005-2035년 동안 350조 미국 달러가 도시 기반시설에 투입될 것으로 예상된다(WWF, 2010). 이는 도시가 전 세계 발자국 감축 및 생물다양성 보전에 대한 위협이 아니라 이러한 문제의 해결책으로 탈바꿈할 수 있는 기회가 있음을 의미한다.



공정한 자원 관리체계: 관리가 잘 되는 도시, 미래지향적인 도시, 설계가 잘 이루어진 도시는 모든 측면에서 더 나은 지속가능성을 유지할 수 있다. 양질의 관리는 많은 혜택을 가져다준다.

상기 사례에 대한 자세한 내용과 참고 자료는 도시 해결책(urban solution) 홈페이지 참조: www.panda.org/urbansolutions

보다 밝은 미래

비룡가 산맥에 어두운 구름이 몰려 오고 있지만 저 멀리 보이는 하늘은 너무나 맑다.

지구의 생명다양성과 자연자본의 급감이 많은 우려를 낳고 있는데 비룡가처럼 소중한 지역은 반드시 보전되어야 한다. 아울러 인류의 수요가 지구의 공급을 초과하는 상황에서 인류는 석유 의존적인 고탄소발자국 생활방식에서 탈피해야 한다.

소코(Soco)의 비룡가 국립공원 철수에서 알 수 있듯이 비룡가는 물론 비룡가 외 지역에서도 올바른 선택을 내리는 일이 아직 그리 늦은 것은 아니다.





앞으로 우리가 가야 할 길

본 지구생명보고서에는 다소 암울한 내용이 많이 포함되어 있다. 하지만 우리가 무엇을 잘못하고 있는지 나타내는 지표를 통해 앞으로 우리가 나아가야 하는 방향을 설정하는 데 큰 도움을 얻을 수 있다.

LPI의 지속적인 감소 및 생태계 과용은 불가피한 결과가 아니었다. 이는 자연환경에 미치는 영향을 제대로 고려하지 않은 채 내린 수많은 의사결정에 기인한 것이며 지방, 국가 및 국제적인 수준에서 부실한 거버넌스가 용인되고 경제 성장 및 눈앞의 이익에만 몰두한 나머지 초래된 결과이다. 또한 단기 이익만을 추구하며 외부효과 및 장기 비용을 고려하지 않는 비즈니스 모델도 이러한 결과를 부추겼다. 어획 방안, 농업 방식, 제품 및 사람의 수송 방식, 에너지 소비 및 생산 방식 역시 비효율적이고 구시대적이며 불필요하게 파괴적으로 행해졌다. 생계를 위한 절박함, 소수만의 행복과 건강을 위한 과소비 등도 지구와 지구 상의 모든 생명체가 지볼해야 하는 대가를 가중시킨다.

우리는 매번 더 나은 선택을 할 수 있다. 방향을 바꾸고 대체 경로를 찾는 것은 쉽지 않은 과정이 될 것이다. 하지만 충분히 가능한 일이다.

2012년에 개최된 Rio+20 회의에서 각국 정부는 '지구와 현재 및 미래 세대를 위해 경제적·사회적·환경적으로 지속가능한 미래(UN, 2012)'를 만들겠다는 강력한 의지를 천명했다. 이것이 '우리 공동의 비전(our common vision)', 즉 우리의 목표이다. 제1장에서 소개한 '전 지구적 지속가능한 발전의 실현 영역(그림 36)은 생태발자국을 지구의 생태 수용력(biocapacity) 이내로 줄이면서 인류 모두의 인간개발지수를 높일 수 있는 영역이다. 이는 지구의 한계(planetary boundaries)를 감안하면서 모두에게 일정 수준 이상의 건강, 양생 및 기회를 보장하는 옥스팜 도넛(Oxfam Doughnut)의 '인류를 위한 안전하고 적합한 공간'과 동일한 공간이다(그림 39).

세계자연기금(WWF)의 지구는 하나라는 시각(One Planet Perspective: 그림 59)은 일련의 실질적 의사결정 사례들을 통해 우리가 어떻게 이러한 목표를 달성할 수 있는지 설명하고 있다. 투자 관련 의사결정을 내릴 때는 환경 문제를 야기하는 대상이 아닌 환경적 대안을 제공할 수 있는 대상에 투자해야 한다(금융 흐름의 방향 전환). 인류 공동의 자원을 관리하는 데 있어서의 의사결정은 생태계에 대한 충분한 정보를 바탕으로 공정하고, 장기적인 관점에서 이루어져야 한다(공정한 자원 관리체계). 남아있는 자연자원을 보전하고 주요 생태계와 서식지를 보호하고 복원해야 한다(자연자본의 보전). 더 나은 방식으로 생산하고 현명하게 소비해야 한다(더 나은 생산과 현명한 소비).

지구생명보고서 2014 내용은 전반적으로 우리를 의기소침하게 하지만 그럼에도 서서히 나아지는 모습을 담고 있다. 전 세계적으로 지속가능한 발전의 실현 영역(global sustainable development quadrant)을 목표로 국가의 발전 전략을 수립하는 국가들이 있다. 특히 신흥 경제국들은 산업국들보다 현격히 낮은 자원 집약도(resource intensity)

방향을 바꾸고 대체 경로를 찾는 것은 쉽지 않은 과정이 될 것이다.
하지만 충분히 가능한 일이다.

로 자국민의 생활 수준을 향상시켰으며 산업국들은 국민의 생활수준을 희생하지 않으면서 생태발자국을 상당히 줄여 왔다.

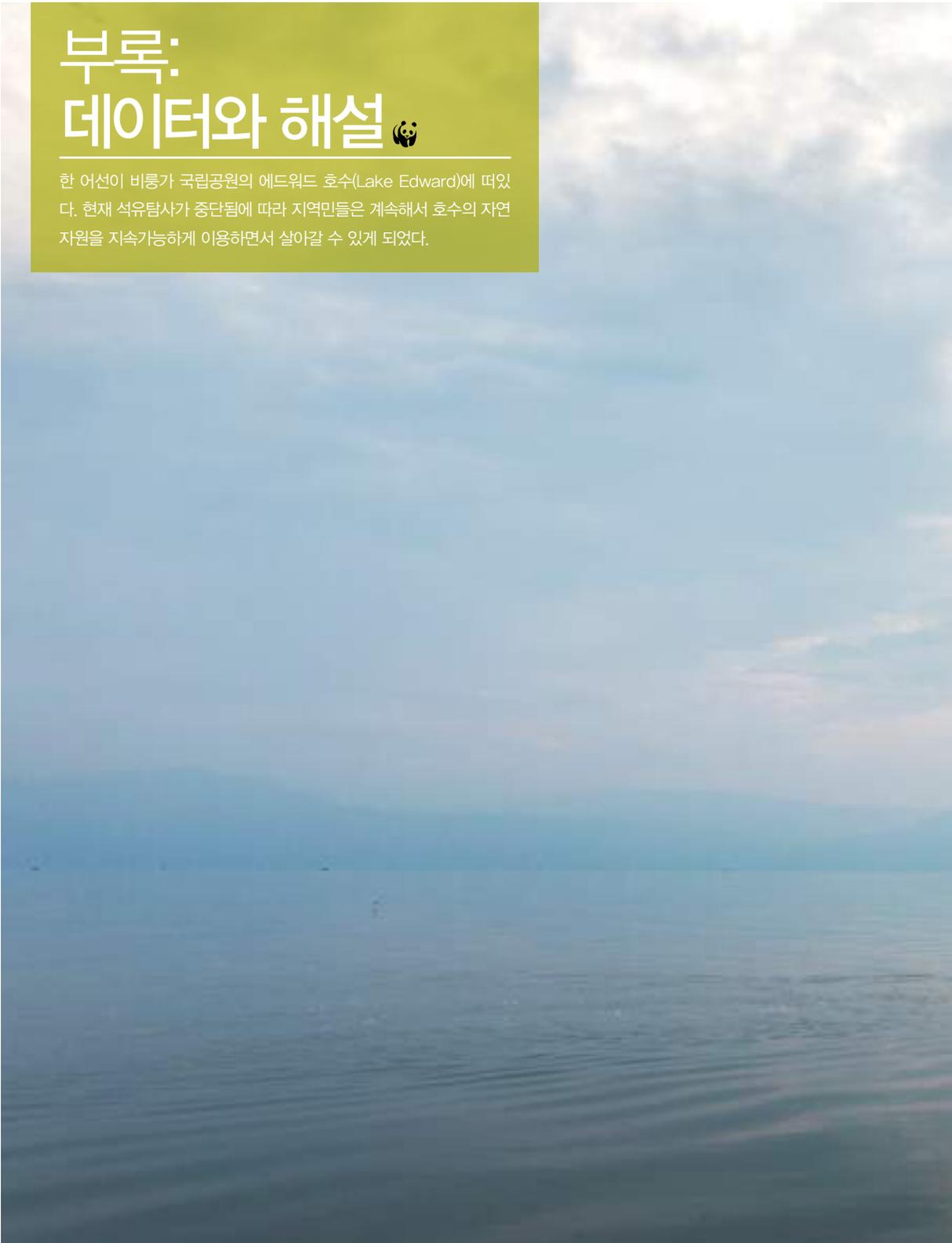
2015년 전 세계 지도자들은 다음의 두 가지 매우 중요한 국제 협약에 서명할 것이다. 첫째는 2030년까지 각국이 달성해야 하는 지속가능개발목표(Sustainable Development Goals, SDGs)가 담긴 Post-2015 발전 프레임워크(Post-2015 Development Framework)이다. 이는 지속가능한 경제 개발 추구, 불평등 해소, 인류의 안녕을 뒷받침하는 자연자원 및 자연 생태계의 보전 및 향상 등 인류 공동의 의제를 달성하기 위해 국가 간 협력을 강화할 수 있는 절호의 기회가 될 것이다. 프레임워크가 효과적으로 실행되면 본 보고서에 나타난 바와 같은 추세들을 역전시키는 실질적인 변화가 발생하게 될 것이다. 둘째는 기후변화에 관한 유엔기본협약(UN Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)으로 당사국들은 2015년 말 프랑스 파리에서 새로운 국제 협약을 도출할 것이다. 수년간 교착상태에 빠졌던 기후변화와 관련한 논의에 새로운 도약이 일어날 수 있는 계기가 될 것으로 기대된다. 전 세계 모든 국가가 겪고 있는 기후변화가 지구의 한계선을 넘지 않도록 하고, 기후변화에 대한 적응과 실행 계획들이 새로운 협약에 포함될 것으로 예상된다.

본 보고서에서는 향후에도 전 세계 지도자 및 국가들이 사람과 장소, 생물종과 공간의 미래에 대한 의사결정을 내릴 때 필요한 정보를 제공하고 있다. 지구의 현황에 대한 엄연한 진실도 있지만 그럼에도 불구하고 낙관할 수 있는 부분도 있다. 제4장에서 소개한 몇 가지 사례는 개인과 지역사회, 기업, 정부가 지구의 한계 내에서 어떻게 인류의 요구를 충족시킬 수 있는지 설명하였다. 이는 인류가 건강한 지구에서 자연과 조화를 이루며 삶을 영위하는 것, 즉 지속가능한 발전이 가능하다는 것을 방증하는 무수한 사례 중 극히 일부일 뿐이다. 이를 통해 우리는 더 나은 미래에 대한 희망을 키울 수 있다.

**우리가 나아갈 방향은 분명하다.
그리고 방법도 잘 알고 있다.
그렇다면 이제는 행동해야 할 때이다.**

부록: 데이터와 해설

한 어선이 비룡가 국립공원의 에드워드 호수(Lake Edward)에 떠있다. 현재 석유탐사가 중단됨에 따라 지역민들은 계속해서 호수의 자연 자원을 지속가능하게 이용하면서 살아갈 수 있게 되었다.





부록

지구생명지수 FAQ

1. 지구생명지수란 무엇인가요?

주가지수가 주식 시세의 전반적인 움직임을 추적하고 물가지수가 주요 소비재의 물가 추세를 측정하는 것처럼 지구생명지수(Living Planet Report, 이하 LPI)는 다양한 종의 개체 수 변화를 측정함으로써 지구 생물종 전반의 건강 상태를 나타낸다. 지구생명지수는 개체군 크기, 밀도, 풍도(豊度), 대체 풍도(代替 豊度: proxy of abundance)의 시계열 자료를 사용하여 계산한 것이다. 예를 들어 실제 개체 수 대신에 둥지나 짝짓기 쌍(breeding pair)의 수를 계산하였다. LPI는 1970~2010년 사이에 조사하였다.

2014년도의 LPI는 1970년에서 2010년까지, 40년간의 추이를 반영하였다. 2010년 이후에 조사된 자료는 수집, 발표(publish), 데이터베이스에 입력되기까지 시간이 걸리기 때문에 가용 자료가 많지 않다. 따라서 현시점에서 가장 종합적이고 신뢰할 수 있는 정보는 2010년까지의 자료이다.

2. LPI는 몇 개의 종과 개체군을 포함하고 있나요?

지구생명보고서 2014의 LPI는 전 세계 포유류, 조류, 파충류, 양서류, 어류 3,038 종에 걸쳐 10,380개의 개체군을 관찰한 결과이다. LPI 역사상 본 보고서에 실린 LPI는 가장 방대한 표본으로, 이를 통해 전 세계 척추동물의 현황에 대해 그 어느 때보다 가장 명확한 그림을 그릴 수 있게 되었다. 이는 우리의 자연자본 현황을 알려주는 지표 중 하나이다.

3. 지구생명보고서 2014에서 언급하고 있는 LPI의 주요 내용은 무엇인가요?

본 보고서에서는 다음과 같은 내용을 다루고 있다.

A. 열대 및 온대 지방

모든 개체군은 해당 개체군이 주로 관찰된 지역의 기후에 따라서 열대 LPI와 온대 LPI가 구분되었다. 온대 지역은 신북구, 구북구, 북대서양 온대, 북태평양 온대, 북극, 남온대 및 남극으로, 열대 지역은 신열대, 아프리카열대, 인도-태평양, 대서양 열대 및 아열대, 인도-태평양 열대 및 아열대로 크게 분류된다.

B. 시스템 - 담수, 해양, 육상

각각의 개체군은 어느 시스템에서 흔히 관찰되고 발견되는지에 따라 분류된다. 태평양 연어와 같은 일부 종의 경우 담수 시스템과 해양 시스템에서 모두 발견될 수 있다. 이러한 경우 같은 종의 다른 개체군이 각각 다른 시스템의 지수에 포함되었다.

C. 생물지리권역(육상 및 담수) - 아프리카열대, 신열대, 구북구, 신북구 및 인도-태평양 생물지리권역이란 지리학적 측면에서의 지역(region)과 육상 동식물의 역사적, 진화

론적 분포 양상을 결합한 개념이다. 이는 바다, 사막, 산맥 등 동식물의 이주를 막는 거대한 지형적 장벽으로 인해 나누어진 지구의 표면을 의미한다. 자연히 이에 따라 육상 종은 장기간 비교적 고립되어 진화해 왔다. 본 보고서의 인도-태평양 수치는 3개의 권역(인도-말라야, 오스트랄아시아, 오세아니아)이 통합된 것이다. 이 권역들을 개별적으로 분석하기에는 자료가 충분치 않아 통합하여 분류하였다.

D. 육상 보호구역의 개체군 수

보호구역에 서식하는 773 종, 1,956개 개체군의 포유류, 조류, 파충류, 양서류에 대한 자료를 바탕으로 측정하였다. 원 자료에서 직접 개체군의 위치에 대한 자료를 수집하여 이를 전 세계 보호구역 자료(Protected Planet database)와 비교하였다. 전 세계 보호구역 자료는 www.protectedplanet.net 를 참조.

E. 상위, 중위, 하위 소득국

관찰 개체군이 상위, 중위, 하위 소득국에서 관찰되었는지를 조사하였다(세계은행의 2010년 소득 분류 기준 적용).

LPI 추세

4. LPI에 나타난 주요 추세는 어떠한가요?

다양성에 가중치를 둔 LPI-D 계산법에 따르면 세계 LPI는 1970-2010년 사이에 52% 하락했다(10번 질문 참조).

새로운 계산법을 적용한 결과 육상 및 해양 생물종보다 담수 종의 감소가 심각하다는 것을 확인할 수 있었다. 모든 생물지리권역(육상 및 담수 종)이 하락세를 보였지만 1970년 이후 열대 지역의 감소가 온대 지역보다 두드러졌다.

| | | 종의 수 | 변화 값 (1970-2010 년) | 95% 신뢰 한계 | |
|-----------------------|----------|-------|-----------------------|-----------|------|
| | | | | 하한 | 상한 |
| 글로벌 | 전 세계 | 3,038 | -52% | -61% | -43% |
| | 온대 | 1,606 | -36% | -48% | -22% |
| | 열대 | 1,638 | -56% | -65% | -44% |
| 시스템 | 육상 | 1,562 | -39% | -53% | -20% |
| | 담수 | 757 | -76% | -83% | -64% |
| | 해양 | 910 | -39% | -57% | -15% |
| 생물지리권역 (육상 및 담수 중) | 신북구 | 745 | -20% | -43% | 11% |
| | 신열대 | 548 | -83% | -89% | -73% |
| | 구북구 | 541 | -30% | -50% | -3% |
| | 아프리카열대 | 264 | -19% | -53% | 42% |
| | 인도-태평양 | 423 | -67% | -80% | -47% |
| 국가 소득 수준 | 상위 | 1,979 | 10% | 1% | 19% |
| | 중위 | 1,357 | -18% | -32% | -3% |
| | 하위 | 181 | -58% | -71% | -40% |
| 보호구역 내 개체군 수 | 육상 | 773 | -18% | -37% | 6% |
| 종의 예시 | 아프리카 코뿔소 | 2 | -63% | -77% | -28% |

5. 1970-2010년 사이의 열대 지역(신열대, 아프리카열대 및 인도 태평양 지역) 감소세가 온대 지역(신북구 및 구북구 지역)보다 심각했습니다. 그 이유는 무엇인가요?

서식지 파괴의 대부분이 열대 지역에서 발생했다는 것이 한 가지 이유라고 할 수 있다. 그렇다고 온대지역의 생물다양성이 열대지역보다 우수하다는 것은 아니다. 이는 LPI가 1970년 이후부터의 추세만을 나타내기 때문이다. 온대 지역에서의 서식지 변경(alteration) 및 파괴는 주로 1970년 이전에 발생했다. 만약 1900-1970년 사이의 자료가 있었다면 온대 지역의 LPI는 1970-2010년의 열대 지역 LPI 감소 추이와 비슷한 양상을 보였을 것이다. 이 외에도 남획 및 외래종 도입 등이 1970년 이후 열대 지역의 야생 종 개체 수 감소에 영향을 미친 것으로 보인다. 여기서 다시 한번 기억해야 할 점은 이러한 생물다양성 감소 요인이 열대 지역에만 해당되는 것이 아니라 열대 지역에서는 단지 1970년 이후에 해당 지역에 집중되었을 뿐, 온대 지역의 생물다양성 감소 역시 그 이전부터 이어져왔다는 것이다.

표 1. 1970-2010년 지구생명지수 추이 (95% 신뢰 한계)
소득 분류는 세계은행 소득 분류 (2010)에 따르며 양수는 증가, 음수는 감소를 나타냄 (WWF, ZSL, 2014).

6. 해양, 담수, 육상 LPI의 각 생물종 수 총계가 세계 LPI의 생물종 수보다 큰 이유는 무엇인가요?

LPI는 종의 일반적인 서식지가 아닌 해당 개체군이 관찰된 위치에 따라 분류되었다. 즉 태평양 연어와 같은 일부 종의 경우 이동 주기에 따라 해양 및 담수 LPI에서 모두 개체군으로 측정될 수 있다는 것이다. 이러한 경우 해양 및 담수 LPI에 모두 포함되지만 전 세계 종의 수에는 한 번만 포함되기 때문에 결과적으로 종의 수를 계산할 때 '이중 계산'이 될 수 있다(개체군 수 계산은 무관).

이를 최소화하기 위해 개체군을 다음과 같은 기준으로 분류한다.

1. 어느 시스템에서 대부분의 시간을 보내는가?
2. 어느 시스템에 의존하여 생존하는가?
3. 어느 시스템에서 번식하는가?
4. 어느 시스템에서 가장 위협받고 있는가?

경계에 있는 종의 경우가 어느 한 시스템으로 분류하기 가장 어렵다. 대부분의 시간을 바다에서 보내는 바닷새가 연승어업(longline fishing)의 위협을 받는데, 그 바닷새가 육상에서 번식을 하였고 바닷새의 알이 쥐의 위협을 받을 경우 어느 시스템으로 분류되어야 할까? 이러한 경우 사례별로 분류하기 때문에 일부 종은 하나 이상의 시스템에 포함될 수 있다. 이에 따라 종의 수 총합이 표 1의 전세계 종의 수보다 큰 것이다.

7. 멸종한 종도 LPI에 포함되나요?

극소수이지만 포함되는 경우가 있다. 예를 들어 양쯔강 돌고래(*Lipotes vexillifer*)로 알려진 바이지(Baiji)는 2006년 중국 양쯔강 현장조사에서 양쯔강 돌고래를 발견되지 않아 현재 멸종한 것으로 추정되지만 LPI에는 포함되어 있다. 양쯔강에서 흔히 사용되는 낚시 도구 양쯔강 돌고래의 생존을 위협하는 주 요인으로 여겨지고 있다. 하지만 일시적으로 발견되지 않았다고 해서 그것이 곧 멸종한 것은 아니나 생물학자들은 약 50년간 목격되지 않을 경우 대체적으로 멸종한 것으로 보고 있다.

8. 기후변화가 생물다양성 감소에 미치는 영향은 무엇인가요? 특히 최근의 추세는 어떠한가요?

기후변화가 일부 종의 개체 수 감소에 상당한 영향을 미친 것으로 추정된다. 특히 산호 지대, 산, 북극 등 생태계가 취약한 지역에서 이러한 현상이 두드러졌다. 지난 40년 동안 야생 종 개체 수 감소의 주요 원인은 서식지의 감소 및 변화 그리고 남획이었다. 기후변화는 그다음으로 주요한 원인이었다. 그러나 향후 40년을 예상해 보면 기후변화는 개체 수 감소에 더욱 지대한 영향을 미칠 것이고 특히 서식지의 감소와 변화를 촉발한다는 점에서 매우 주요한 위협요인이 될 것이다. 2005-2010년 LPI에서 기후변화는 해가 갈수록 더 많은 개체군을 위협하는 주범이었다. 이와 같은 자료에 따라 점차적으로 생물다양성에 미치는 기후변화의 잠재적 영향력이 증가하고 있다고 할 수 있다.

LPI 측정 방법

9. LPI를 계산하는 데 사용된 자료의 출처는 어디인가요?

LPI는 개체군 크기, 밀도, 풍도(豊度), 대체 풍도(豊度: proxy of abundance)의 시계열 자료를 바탕으로 계산된다. 종의 개체군에 대한 자료는 다양한 출처(sources)를 통해 확보하였다. 척추동물의 시계열 자료는 과학 논문, 온라인 데이터베이스, 회색 문헌(grey literature) 등 총 2,337개의 개별 자료로부터 확보하였다. 개체군 크기의 자료가 최소 2년 이상 존재하고, 해당 자료의 수집 방법, 측정 단위, 개체군의 지리적 위치 등의 자료가 가능할 경우에만 지수에 포함시켰다. 자료는 시계열을 통해 동일한 개체군에 대해 동일한 방법으로 수집되어야 하고 원 자료 출처가 명확하여 추적 가능해야 하기 때문이다.

지구생명지수는 1970-2010년 기간의 자료를 포함하고 있다. 2010년이 절사적인 이유는 (앞서 1번 질문에 언급되었듯) 2014년까지의 지수를 계산하기에는 자료가 충분치 않기 때문이다. 지속적으로 데이터베이스에 자료를 추가하고 있다.

10. 지수 측정에 관한 세부사항

각각의 개체군에 대해 전년 대비 변동률을 계산하였다. 자료가 일부 해에 한해서 비연속적으로 존재할 경우에는 매년 동일한 변동률로 가정하였다. 연속적이든 비연속적이든 다년의 자료가 존재할 경우 GAM(generalized additive modelling) 통계기법을 사용하여 데이터 포인트를 관통하는 곡선을 작성하였다. 하나의 종에 대해 여러 개체군에 대한 자료가 있을 경우 매년 모든 개체군에 대한 평균 변동률로 계산하였다.

가중치 미적용 LPI(LPI-U)는 기존 지구생명보고서에 적용했던 방식으로 모든 종의 전년 대비 평균 변동률을 바탕으로 한 것이다. 1970년을 기준점 1로 설정하고 개체군의 연간 평균 변동률을 이용하여 이후 연도의 지수를 계산한 것이다. (자세한 내용은 Collen, B., Loh, J., McRae, L., Whitmee, S., Amin, R. & J. Baillie. 2009. Monitoring change in vertebrate abundance: the Living Planet Index. Conservation Biology 23: 317-327 참조.)

LPI-D는 앞서 언급하였듯 LPI-U를 응용한 것으로 기존의 지구생명보고서에서는 적용되지 않았던 방식이다. LPI-D는 전 세계적으로 추정되는 종의 다양성을 더욱 정확히 반영하기 위해 고안되었다. 기존의 LPI 자료가 지역 및 종을 고르게 대표하고 있지 못하기에 (그림 7) 전 세계 척추동물 종의 수와 분포를 반영한 지수를 계산하기 위한 새로운 방식을 도입한 것이다. 다시 말해 척추동물 생물다양성의 대표성을 강화하고자 한 것이다. LPI-D는 각 분류군과 생물지리권역에서 발견되는 종의 실제 비율을 반영한다. 해당 비율을 근거로 지수에 가중치를 부여하였다. 표 2는 각 분류군에서 발견되는 총 종의 수의 비율을 생물지리권역 별로 나타내고 있는데 숫자가 클수록 해당 종의 개체군에 대한 가중치가 높아진다. 예를 들어 파충류와 양서류가 가장 높은 비중을 차지하는 인도-태평양을 제외한 모든 생물지리권역에서 어류가 척추동물 중 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 따라서 어류가 각 생물지리권역의 LPI에서 가장 높은 가중치를 갖게 된다.

이러한 계산 방식으로 인해 기존의 세계 LPI 및 지역별 LPI에서 가장 두드러졌던 온대 조류 등에 대한 편향을 낮출 수 있었다.

총 종 및 개체군 수의 대표성이 낮은 양서류와 파충류의 경우 파충류 동물지(herpetofaunal) 군으로 통합하였다. 또한 인도-말라야, 오스트랄아시아, 오세아니아에서 조사된 자료는 인도-태평양에 포함되었다. 모든 어류는 어류 종을 총망라하는 하나의 분류 군으로 통합했다.

본 보고서에서는 국가 별 소득 분류에 해당하는 LPI를 제외하고 모든 LPI를 LPI-D로 계산했다. 소득 분류 별 LPI는 자료가 불충분하여 LPI-D 계산법을 적용할 수 없어 LPI-U 계산법으로 대신하였다.

표 2. 분류 군 및 생물지리권역 별 종의 비율
(a)육상 및 담수 종, (b)해양 종
수치는 생물지리권역 및 시스템 LPI 계산 시 각 분류군 데이터에 적용한 가중치를 반영하여 산정하였다 (WWF, ZSL, 2014).

(a) 데이터에 적용된 육상 및 담수 가중치:

| | 아프리카열대 | 신북구 | 신열대 | 구북구 | 인도-태평양 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 어류 | 0.32589 | 0.289108 | 0.328142 | 0.315503 | 0.218028 |
| 조류 | 0.260032 | 0.264985 | 0.260027 | 0.295608 | 0.308086 |
| 포유류 | 0.132963 | 0.175804 | 0.085695 | 0.170045 | 0.133595 |
| 파충류 및 양서류 | 0.281115 | 0.270102 | 0.326136 | 0.218844 | 0.340291 |

(b) 데이터에 적용된 해양 가중치:

| | 북극 | 북대서양 온대 | 대서양 열대 및 아열대 | 북태평양 온대 | 인도-태평양 열대 및 아열대 | 남극 및 남온대 |
|-----|----------|----------|--------------|----------|-----------------|----------|
| 파충류 | 0 | 0.001303 | 0.001630 | 0.000935 | 0.005505 | 0.000957 |
| 조류 | 0.172867 | 0.068635 | 0.069353 | 0.080916 | 0.048714 | 0.054261 |
| 포유류 | 0.035011 | 0.009774 | 0.006224 | 0.025257 | 0.004878 | 0.022342 |
| 어류 | 0.792123 | 0.920286 | 0.922791 | 0.892890 | 0.940901 | 0.922438 |

11. 각각의 LPI를 어떻게 계산하나요?

생물지리권역의 LPI는 위에서 언급된 LPI-D 방식을 이용하여 계산하였다. 육상 및 담수 개체군을 통합하여 아프리카열대, 신북구, 신열대, 구북구 및 인도-태평양의 LPI를 계산하였으며, 이때 표3(a)의 각 종분류 군에 대한 가중치를 부여하였다. 해양 시스템 LPI는 표 3(b)의 중비율에 따라 가중치를 부여하여 계산하였다. 해양의 경우 북극, 북대서양 온대, 북태평양 온대를 합치고 두 개의 열대계(인도-태평양 열대 및 아열대, 대서양 열대 및 아열대)를 합쳤다. 이에 대한 결과로 해양지역은 1) 북온대 및 북극, 2) 열대 및 아열대, 3) 남 온대 및 남극으로 나타내었다.

생물지리권역 LPI와는 달리 각 시스템의 LPI는 우선 각각의 LPI-D를 이용하여 계산하였다. 이를 위해 육상 및 담수 개체군을 구분하였다. 이후 해당 계의 LPI는 생물지리권역 LPI의 가중 평균을 사용하여 계산하였다. 가중치는 해당 시스템의 추정되는 총 척추동물 종의 수 대비 각 시스템에 포함된 척추동물 종의 비율을 의미한다(표 3). 예를 들어 육상 및 담수 LPI의 경우 신열대에 가장 큰 가중치가, 신북구에 가장 낮은 가중치가 부여된다. 해양 LPI 계산 시 인도-태평양 열대 및 아열대에는 가장 큰 가중치가 부여된다. 육상 보호 구역 개체군의 LPI는 육상 LPI 계산법과 동일하다.

세계 LPI는 육상, 담수 및 해양 LPI를 동일한 비중으로 계산한 평균값이다. 이와 마찬가지로 각 육상, 담수, 해양 시스템 LPI를 평균으로 계산하여 온대와 열대 LPI를 도출하였다.

소득분류 LPI는 LPI-U 방식을 적용하여 계산하였다. 이는 가중치 없이 종의 추이를 평균한 값이다.

표 3. 생물지리권역 별 종의 비율
(a)육상 및 담수 중, (b)해양 중 각각의 값은 시스템 LPI 계산 시 각 생물지리권역에 적용된 가중치로도 사용되었다(WWF, ZSL, 2014).

(a) 데이터에 적용된 육상 및 담수 가중치:

| | 아프리카열대 | 신북구 | 신열대 | 구북구 | 인도-태평양 |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 육상 LPI | 0.189738 | 0.061683 | 0.321132 | 0.116431 | 0.292168 |
| 담수 LPI | 0.211701 | 0.060853 | 0.365550 | 0.123314 | 0.225576 |

(b) 데이터에 적용된 해양 권역 가중치:

| | 북극 | 북대서양 온대 | 대서양 열대 및 아열대 | 북태평양 온대 | 인도-태평양 열대 및 아열대 | 남극 및 남온대 |
|--------|----------|----------|--------------|----------|-----------------|----------|
| 해양 LPI | 0.014541 | 0.146489 | 0.214706 | 0.068026 | 0.456553 | 0.099685 |

12. 2012년 이후 지구생명지수에는 어떠한 변화가 있었나요?

세계 LPI 및 각 시스템 LPI는 지구생명보고서 2012에서도 하락하는 추세를 보였다. 대부분의 LPI가 과거에 비해 급격한 하락세를 보이고 있는 것이 특징인데 이는 크게 두 가지 이유가 있다.

첫째, 새로운 자료가 추가되면서 데이터 세트가 계속해서 변하고 있기 때문이다(13번 질문 참조). 종과 개체군이 새롭게 구성되면서 새로운 추세들이 나타나고 결과적으로 약간의 변화가 생기는 것이다.

둘째, LPI-D 방식의 도입으로 기존의 보고서와는 다른 값의 추이가 나타났기 때문이다. 기존에는 모든 종이 동일한 비중으로 계산되었던 반면 이번 보고서는 각 분류 군(조류, 포유류, 양서류, 파충류, 어류)의 크기와 생물지리권역의 비율에 따라 다르게 가중치를 부여하였다. LPI-D 도입이 미치는 영향은 LPI마다 다르게 나타나고 있다.

구복구 LPI는 541 종을 포함하고 있다. 이중 조류(64%)가 가장 많은 비중을 차지하였으며 그다음으로는 포유류(19%), 어류(11%), 파충류 및 양서류(6%) 순으로 많았다. LPI-U 방식이라면 이 데이터 비율을 그대로 차용하였을 것이다. 하지만 LPI-D의 방법론을 적용할 경우 생물다양성을 고려하여 각 어류, 조류, 포유류, 파충류, 양서류가 얼마만큼 존재하여야 하는지에 대해 가중치를 반영하였다. 즉 어류 32%, 조류 30%, 파충류 및 양서류 22%, 포유류 17%의 가중치를 적용하였다. 다시 말해 기존의 구복구 LPI 대비 LPI-D는 어류, 파충류 및 양서류에 대한 가중치를 높이고 조류와 포유류에 대한 가중치를 낮추어서 실제 종의 다양성을 반영할 수 있도록 한 것이다.

LPI-D의 도입은 다양한 변화를 가져왔다. 앞서 언급하였듯 분류군의 비중이 그에 포함되는 종의 수를 반영하도록 계산 방식을 조정하는 것은 전 세계 척추동물 종이 겪고 있는 변화가 대표성을 나타내도록 하기 위해서였다. 표 4는 2012년과 2014년 보고서의 차이를 설명하고 있다.

13. LPI 데이터베이스 규모의 증가

지구생명보고서 2012 이후 데이터베이스 규모가 15% 증가했다. 이에 따라 각 지수의 평균 추세가 조정되었고, 그 결과 2014년 자료는 산출 방식이 변화했다는 것 외에도 세부적인 차이점이 있다.

2012년 자료에서 달라진 점은 다음과 같다.

- 세계 LPI에서 종의 수 13%, 개체군의 수 15% 증가
- 육상 종 9%, 육상 개체군 11% 증가
- 해양 종 35%, 해양 개체군 31% 증가
- 담수 종 3%, 담수 개체군 8% 증가

위 변화에 따라 지역 간, 분류군 간 데이터의 분포가 개선되었으며 열대지역 종과 온대지역 종 간의 균형 또한 개선되었다. LPI 관측 이래 최초로 열대지역 종이 온대지역 종보다 더 많이 관찰되어(2012년 47%에서 2014년 51%로 증가) 각 분류군에 대한 실태가 더 잘 반영되었다고 할 수 있다. 파충류 종이 46%로 가장 큰 증가를 보였고 이어서 어류 종이 33%의 증가를 보였다. 이처럼 좀 더 많은 자료를 통해 전반적으로 각 지수의 정확성을 높이고 관측의 안정성을 꾀할 수 있게 되었다.

LPI 산출방식의 개선

14. LPI 산출 방식을 바꾼 이유는 무엇인가요?

전 세계 척추동물 종의 실태를 더 정확히 반영하기 위해서이다. LPI는 전 세계에 걸쳐 보고된 62,839 종의 척추동물 중 3,038종에 대한 자료를 포함하고 있다. 전 세계 모든 종에 대한 자료를 포함하는 '완벽한 LPI'는 없다. 따라서 활용 가능한 모든 종의 자료를 활용하여 62,839 종의 현황을 파악하는 것이 관건이다. 이를 위한 방법에는 두 가지가 있다. 첫째, 자료 수집의 양을 한층 확대하여 아직 현황이 다소 잘 반영되지 않은 파충류 및 어류를 중심으로 LPI에 집계되는 종 수를 늘리는 방법이다. 그동안 주로 이 방법을 통해 자료의 분류적(taxonomic), 지리적(geographic) 측면을 크게 향상시켰으며 지속적으로 자료를 개선하고자 하였다(아래 13번 참조).

두 번째로는 가중치 적용 LPI-D 방법론을 이용하는 것이다. LPI-D는 모든 척추동물에 대한 완전한 자료가 제공된다는 가정 하에 기존 LPI 산정 방식에 가중치를 적용함으로써 더 나은 결과를 도출하는 방법이다. 이전의 지구생명보고서에서는 온대 종과 열대 종에 동일한 가중치를 활용했다. 지구생명보고서 2014에서는 해당 방법의 범위가 한층 확대되어 각 종군의 종 수에 비례하는 가중치까지 포함하고 있다. 그리고 열대/온대 종으로 분류하는 대신 생물지리권역(biogeographic realms)을 이용하여 자료를 분류하고 가중치를 적용하였다.

현재 LPI의 자료는 이러한 세분화가 가능할 정도로 방대하다. 아프리카열대 양서류와 파충류 등 일부 세부 집단의 자료는 여전히 적은 편이지만 LPI의 지속적 개선을 위하여 이러한 자료를 계속해서 늘려나갈 것이다.

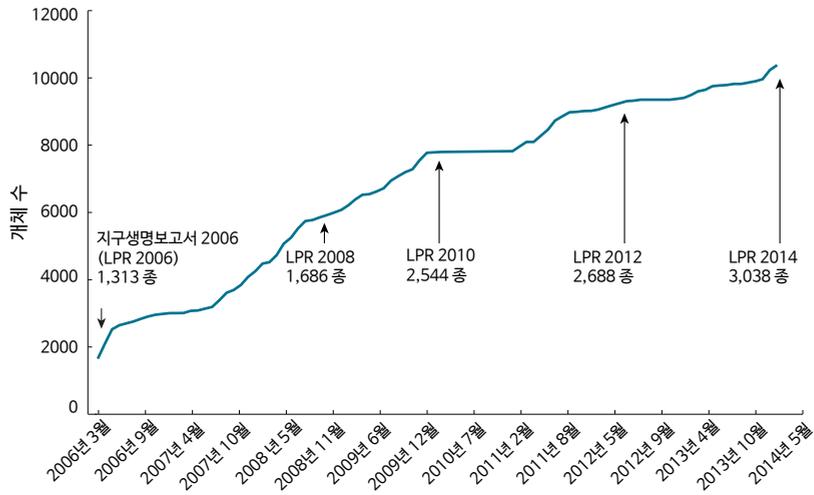


그림 68. LPI 데이터베이스에 포함된 개체군의 누적 수치 (2006년 이후 LPR에 포함된 종의 수)
(WWF, ZSL, 2014)

15. 최근 결과의 도출은 과거 결과에 어떤 영향을 미칠까요?

과거의 결과는 상호 검토를 통해 검증된 방법(valid peer-reviewed method)으로 산정되었다. 전에 비해 자료의 양이 더욱 증가하였기 때문에 수정된 방법을 통해 척추동물 종의 추세를 보다 정확히 반영하는 결과를 산출할 수 있게 되었다. 이런 식으로 새롭게 도출된 결과는 이전 LPI의 신뢰성을 떨어뜨리는 것이 아니라 LPI가 계속 개선된 방법을 통해 산출한 최신의 결과물이라는 것을 보여주는 것이다. 향후 더욱 많은 자료를 추가하여, 가용한 자료로 더욱 정확한 결과를 얻기 위한 노력이 계속될 것이다.

표 4. 2012년도 지구생명보고서와 2014
년도 지구생명보고서의 결과 비교

| | | 2014 | | 2012 | | |
|-----------------------|--------|-------|------------------------|-------|------------------------|--|
| | | 종의 수 | 변화 값 (1970 - 2010년) | 종의 수 | 변화 값 (1970 - 2010년) | |
| 글로벌 | 전 세계 | 3,038 | -52% | 2,688 | -28% | |
| | 온대 | 1,606 | -36% | 1,518 | 31% | |
| | 열대 | 1,638 | -56% | 1,354 | -61% | |
| 시스템 | 육상 | 1,562 | -39% | 1,432 | -25% | |
| | 담수 | 757 | -76% | 737 | -37% | |
| | 해양 | 910 | -39% | 675 | -22% | |
| 생물지리권역 (육상 및 담수 종) | 신북구 | 745 | -20% | 684 | -6% | |
| | 신열대 | 548 | -83% | 515 | -50% | |
| | 구북구 | 541 | -30% | 535 | 6% | |
| | 아프리카열대 | 264 | -19% | 250 | -38% | |
| | 인도-태평양 | 423 | -67% | 384 | -64% | |
| LPI와 국가 소득 분류 | | | | | | |
| 국가 소득 분류 | 상위 | 1,979 | 10% | 1,732 | 7% | |
| | 중위 | 1,357 | -18% | 1,205 | -31% | |
| | 하위 | 181 | -58% | 204 | -60% | |

| | 내용 |
|--|---|
| | <p>세계 LPI의 2014년 하락세는 2012년보다 뚜렷했다. 육상, 담수 및 해양 LPI가 모두 하락했지만 특히 담수 LPI의 하락세가 극명했다. 세계 LPI는 이 세 가지 LPI의 평균 값이기 때문에 비율 변화는 더욱 크게 나타났다. LPI-U 방식을 이용할 때는 조류와 포유류의 자료가 대다수를 차지하고 있었기 때문에 해당 지수가 상승했지만 LPI-D 방식을 사용하여 크게 감소하고 있는 파충류, 양서류 및 어류 중에게 적절한 가중치를 두어 지수를 계산할 수 있었다. 이에 따라 전체적으로 더욱 가파른 하락폭이 나타났다.</p> |
| | <p>2012년 온대 LPI는 상승한 반면 2014년에는 하락했다. 이는 자료의 대다수를 차지하고 있는 조류와 포유류가 평균적으로 증가하였기 때문이다. LPI-U 방식에서는 조류와 포유류 자료가 대다수를 차지하고 있기 때문에 지수가 상승하였다. LPI-D 방식은 크게 감소하고 있는 파충류, 양서류, 어류 중에 더 높은 가중치를 부여하여 지수가 전체적으로 하락하는 결과를 가져온다.</p> |
| | <p>열대 LPI는 2012년 2014년 모두 비슷한 하락세를 보였다. LPI-D의 도입으로 계산 방법에 변화가 생겼지만 감소세가 전 분류군에서 고르게 나타나고 있어 결과적으로 큰 차이는 없었다. 열대 LPI의 경우 온대 LPI처럼 한두 가지 분류군이 자료의 대다수를 차지하지 않았다.</p> |
| | <p>2012년에는 통합 열대 권역(combined tropical realms)과 통합 온대 권역(combined temperate realms)이 동일한 비중을 가졌다. 하지만 LPI-D 방식을 적용하면서 온대 권역의 담수 및 육상 LPI는 18%의 가중치를, 해양 LPI는 33%의 가중치를 얻게 되었다. 이를 통해 열대 지역의 다양한 생물다양성이 더욱 잘 반영될 수 있게 되었다. 온대 권역보다 열대 권역의 생물다양성 감소가 뚜렷하게 나타나고 있기에 그 지역의 가중치가 증가하였는데 그 결과 2014년 시스템 LPI 하락이 극명하게 나타났다. 그중에서도 담수 LPI는 신열대의 양서류 및 어류 종이 극심하게 감소하면서 큰 타격을 입었다.</p> |
| | <p>신북구 LPI의 2014년 하락폭이 커진 이유는 온대 LPI의 변화 요인과 동일하다. 어류, 양서류 및 파충류가 전반적으로 감소 추세에 있기에 이들 분류군에 부여하는 가중치가 높아졌기 때문이다. 자연스레 조류 및 포유류에 부여하는 가중치는 낮아졌다.</p> |
| | <p>2014년 신열대 LPI 하락세의 주범은 어류, 양서류 및 파충류 개체군의 감소이다. 신열대 LPI에서 이들 개체군은 총 66%의 가중치를 갖는다. 2012년에 사용된 LPI-U 방식은 LPI-D 방식과는 달리 이들 분류군이 전체적인 LPI 추세에 미치는 영향을 충분히 반영하지 못했다고 볼 수 있다.</p> |
| | <p>2014년 구북구 LPI의 하락폭이 커진 이유는 온대 LPI 변화 요인과 동일하다. 어류, 양서류 및 파충류가 전반적으로 감소 추세에 있기에 이들 분류군에 부여된 가중치가 높아졌기 때문이다. 자연스레 조류 및 포유류에 부여하는 가중치는 낮아졌다.</p> |
| | <p>2014년 아프리카열대 LPI는 하락했지만 그 하락폭은 2012년 대비 양호한 편으로 나타난다. 2012년 아프리카열대 LPI에서는 포유류의 감소 추세가 압도적이었다. 하지만 가중치의 변화가 생겨 이번 2014년 포유류가 차지하는 비중은 11%에 불과했다. 조류, 양서류, 파충류가 안정적이거나 증가하는 추세에 있어 2014년의 LPI 하락폭이 둔화된 것으로 보인다.</p> |
| | <p>인도-태평양 LPI는 2012년, 2014년 모두 비슷한 하락세를 보였다. 감소세가 전 분류군(포유류 제외)에서 고르게 나타나고 있어 가중치 부여가 결과의 차이로 이어지지는 않았다.</p> |
| | <p>국가 소득 분류에서는 LPI-D 방식이 적용되지 않았다. LPI-D를 국가별로 적용하기 위해서는 국가 별로 종의 수를 추정할 수 있어야 하는데 관련 자료가 모든 소득 분류에 대해 제공되지는 않기 때문이다. LPI-D를 적용하지 못했지만 소득에 따라 분류된 국가 간의 LPI를 비교한 것이므로 지수의 일관성에는 영향이 없다. 상위 및 하위 소득국의 LPI에는 2012년과 2014년 사이에 큰 변화가 없었지만 중위 소득국 LPI에서는 변화가 감지되었다. 그 원인을 명확히 규정하기는 어렵지만 자료의 변화와 분류의 변화가 주원인으로 보인다. 세계은행의 소득 분류를 사용하여 LPI를 계산하는데 매년 이 소득분류에 포함되는 국가가 변동되고 이에 따라 LPI를 뒷받침하는 자료에 변화가 생겼다. 지난 2012년에 지구생명보고서를 발간한 이후 7개 국가(가나, 라오스, 모리타니, 세네갈, 우즈베키스탄, 베트남, 잠비아)가 하위에서 중위 소득국으로 상향 조정되었다. 또한 새로운 자료 추가 및 국가 소득 분류 변경으로 지수에 포함되는 종의 수가 2012년 1,205에서 2014년 1,357로 증가했다.</p> |

생태발자국 FAQ

1. 생태발자국은 어떻게 산정하나요?

생태발자국은 인간 또는 인간의 활동에 의해 소모되는 자원을 (재)생산하고 배출되는 이산화탄소를 흡수하는데 필요한 생물적인 생산력을 가진 토지 및 수역의 면적(생태 수용력 또는 생태용량, biocapacity)을 계산한 것이다. 이는 글로벌 헥타르(세계 평균 생물학적 생산성 면적을 기준으로 한 단위)로 표기한다. 생태발자국 산정에서는 생산량 요소(yield factors)를 이용하여 각 국가의 생물학적 생산량을 세계 평균에 맞춰 표준화하고(예: 영국의 헥타르 당 밀 생산량과 세계의 평균 생산량을 비교), 등가 요소(equivalence factors)를 활용하여 토지 유형별 세계 평균 생산량의 차이를 반영한다(예: 세계 평균 산림 또는 농경지의 생산량과 모든 토지 유형의 평균 생산량을 비교).

세계 생태발자국 네트워크(Global Footprint Network)에서는 매년 각 국가의 생태발자국과 생태 수용력을 산정하고 있다. 각국 정부에 협력을 요청하여 국가별 생태발자국 통계(National Footprint Accounts)의 데이터와 산정 방법을 개선한다. 현재 스위스는 데이터의 검토를 완료했고 벨기에, 에콰도르, 핀란드, 독일, 아일랜드, 일본, 필리핀, 러시아, 아랍에미리트는 검토를 일부 완료했거나 아직 검토 중이다.

각 국가별 데이터 검토를 통해서 생태발자국의 맥락을 이해하고 지역 수준에서 생태발자국 결과에 대한 해결책을 제시할 수 있다. 아랍에미리트의 경우 2007년부터 지역 파트너들과 함께 국가 생태발자국 통계를 검토하였다. 그림 23에 나타난 아랍에미리트의 1인당 생태발자국 7.75 gha는 부분적이거나 불완전하거나 누락된 국제 데이터를 검증된 국가별 데이터(인구, 지역 CO₂ 배출량, 국제 무역 등)로 대체한 후 산정된 것이다. 만약 이를 적용하지 않았다면 아랍에미리트의 1인당 생태발자국은 10.2gha였을 것이다. 위와 같은 방법론의 개선은 공식 검토 위원회의 감독하에 진행되고 있다.

앞에서 살펴본 바와 같이 다양한 규모로 생태발자국을 분석할 수 있다. 하지만 여러 연구에 걸쳐(횡단 연구, 시간대별(중단 연구) 비교성을 향상시키려면 국가 내 지역 단위의 생태발자국 산정을 표준화할 필요가 있다는 인식이 확산되고 있다. 이에 따라 세계적 생태발자국 표준화 작업을 통해 도시, 기관, 생산품의 생태발자국 산정 방법을 개선하고 있다.

2. 글로벌 헥타르(global hectare)는 무엇을 뜻하나요?

글로벌 헥타르(gha)는 생산 용량을 공통 단위로 표기하는 방법이다. 이는 해당 연도의 모든 생물학적 생산 가능한 면적(육지 및 해양)의 세계 평균 생산성을 헥타르로 표기한 것을 의미한다(Kitzes et al., 2007). 생태발자국 통계 산정 시에는 토지 및 해양 생산성의 차이를 반영하기 위하여 여러 유형의 면적을 표준화한다. 등가 요소 및 생산량 요소를 이용하여 실질 면적(헥타르 단위)을 글로벌 헥타르 단위로 변환한다. 등가 요소를 통해서 토지 유형(농경지 대 산림 등)의 차이가 반영되며 생산량 요소를 통해서 국가 간 토지 유형의 차이(예를 들어 이탈리아 농경지와 파라과이 농경지 1 헥타르의 산출량 차이)가 반영된다.

2012년 국가별 생태발자국 통계부터 모든 생태발자국과 생태 수용력을 '불변 글로벌 핵 타르'로 표기하기 시작했다. 즉 가장 최근 보고된 세계 생산 가능 면적의 평균 산출량을 바탕으로 과거 기간의 글로벌 핵타르를 모두 표준화했다는 의미이다.

3. 생태발자국에 포함되는 것은 무엇이고, 제외되는 것은 무엇인가요?

생태발자국은 자원의 소비 및 폐기물 생산에 관한 자료 중에서 다음의 조건에 부합하는 범위의 데이터만을 반영하여 산출하였다. 첫째, 지구가 재생산할 수 있는 종류의 자원 소비 및 폐기물이어야 한다. 둘째, 인간이 자연에 가하는 부담을 생산성 있는 토지 면적으로 환산할 수 있도록 뒷받침하는 자료가 있어야 한다. 일례로 생태발자국 통계에 양수(揚水; pump) 또는 물 처리에 소모되는 에너지는 포함되지만 담수 취수(取水; withdrawals) 또는 유해 물질 배출은 포함되지 않는다. '물발자국' 값은 대개 총 물 소비량을 지칭한다. 이는 물 일정량을 공급하기 위한 집수장이나 재충전 지역의 면적을 뜻하거나 물 일정량을 공급하기 위한 시설에 요구되는 생태발자국을 의미한다.

생태발자국 통계는 연간 생산 및 소비에 대한 자료를 바탕으로 과거의 자원 요구량과 가용량을 산정하여 대략적인 정보를 제공하는 하지만, 미래를 예측하는 자료는 아니다. 다시 말해 생태발자국이 현재 생태계 환경의 악화로 인한 미래의 손실을 예측하는 것은 아니라는 뜻이다. 하지만 현재 생태계 환경 악화가 지속되는 경우에는 미래 생태발자국 통계에서 이러한 손실이 실제 생태 수용력의 감소로 나타날 수 있다. 생태발자국 통계는 생물학적 생산 가능 토지를 얼마나 집약적으로 이용하는지 그 강도를 나타내는 것은 아니다. 아울러 생태발자국 통계는 생물물리학적 척도이므로 주요한 사회·경제적 측면의 지속가능성을 평가하지 않는다.

4. 생태발자국 통계는 각각의 환경 문제를 어떻게 종합하여 산정하나요?

생태발자국 통계에서는 생태 수용력 가용량에 대한 경쟁(competition)이라는 한 가지 환경문제에만 초점을 맞추고 있다. 총 생태 수용력은 식량, 섬유, 목재 또는 탄소 포집 및 저장 등 각 유형별 전 세계의 생태 수용력 요구 비율을 바탕으로 산정한다. 기본적으로 각 생태 수용력 요구량은 지표 면적을 필요로 하는데 이는 식물이 성장할 수 있는 공간이어야 한다. 여기서의 식물은 수확되거나 이산화탄소를 흡수하는 등 사회에 유용한 자원으로 활용되는 식물 자원을 뜻한다. 지구 상에는 이들 자원을 재배할 수 있는 토지가 한정되어 있기 때문에 이를 가능하기 위해 생태발자국 산정 시 토지 공급량과 수요량의 균형 여부를 확인한다. 수요가 공급을 초과하는 경우에는 과잉 수요량을 충족하기 위해서 필요한 동일 유형의 추가 토지량을 파악한다.

5. 국제 무역은 생태발자국에 어떻게 반영되나요?

국가별 생태발자국 통계(National Footprint Accounts)는 각국의 총 소비에 소요된 생태발자국을 산정한 것이다. 국가의 수입품과 생산품의 생태발자국을 더한 총합에서 수출품의 발자국을 제한 값이다. 예를 들어 일본에서 생산되지만 인도에서 판매 및 사용되는 자동차를 생산하는 데 소요된 자원과 배출된 이산화탄소는 일본이 아닌 인도의 소비 발자국으로 산정된다.

수출품 제조에 사용된 자원과 배출된 폐기물 양이 국가별로 완벽하게 기록되지 않는 경우 국가별 소비 발자국이 왜곡될 가능성이 있다. 무역 통계 자료가 부정확하면 총 소비에 비해서 무역의 비중이 높은 국가의 생태발자국 추정치에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 하지만 세계의 총 생태발자국에는 아무런 영향이 없다.

모든 측정과 산정이 그러하듯 생태발자국 통계(Ecological Footprint accounting)에도 오도의 가능성이 있다. 이 통계에는 무역이나 지속가능성과 관련된 모든 사항이 포함되어 있지 않으며, 어떠한 목표를 부과하기 위함이라거나 국가/도시의 이상적인 생태발자국 수치를 제시하기 위한 것이 아니라는 사실을 분명히 해야 한다. 생태발자국 통계는 어떤 '목표 지점'도 제시하지 않으며 단지 '현상'만을 기록하고 선택의 결과를 알려줄 뿐이다.

6. 화석연료 사용은 생태발자국에 어떻게 반영되나요?

석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료는 지각(Earth's crust)에서 추출되는데 생태적 시간대(ecological time spans)로는 재생이 불가능하다. 화석연료가 연소될 때는 대기 중으로 이산화탄소가 방출되는데, 이 이산화탄소를 저장하는 방법에는 인간의 기술로 탄소 포집하는 심정 투입 방법(Deep-well injection)과 이산화탄소가 나무 등 바이오매스(Standing biomass)나 바다 및 토양에 저장되어 생태계로 흡수되는 자연 포집 방법이 있다.

탄소발자국은 대기 중 이산화탄소의 농도를 일정하게 유지하는 데 필요한 자연 포집량을 추산하여 산정한다. 생태발자국 통계에서는 바다에서 흡수하는 이산화탄소의 양을 제한 후, 전 세계 산림의 평균 이산화탄소 포집률을 바탕으로 나머지 탄소를 흡수하고 유지하는 데 필요한 면적을 산정한다. 인공적으로 포집된 이산화탄소도 총 생태발자국에서 제외되지만 현재 그 양은 미미하다.

이산화탄소 배출량을 등가의 생산 가능 영역(해당 이산화탄소량을 흡수할 수 있는 면적)으로 표기한다고 해서 바이오매스를 통한 탄소 포집이 세계 기후변화 문제를 해결하는 열쇠라는 뜻은 아니다. 오히려 바이오매스를 통한 탄소 포집만으로는 현재 인간 활동으로 방출되는 이산화탄소 배출량을 충분히 상쇄할 수 없다는 것을 보여준다. 이산화탄소 배출량은 세계 평균 산림 포집량 추산에 근거하여 총 생태발자국에 반영된다. 이 포집량은 시간에 따라 차이를 보이는데, 산림이 성숙할수록 산림의 이산화탄소 포집률이 감소하는 경향이 있다. 산림이 훼손되거나 사라지면 이산화탄소의 순 배출지가 될 수도 있다. 화석연료 연소가 아닌 다른 원인으로 발생하는 탄소 배출량은 전 세계 차원의 국가별 생태발자국 통계에 포함된다. 석유 및 천연가스 생산에서 가스 소각으로 배출되는 탈루성 방출,

시멘트 생산 시 화학 반응으로 인한 이산화탄소 방출, 열대림 화재로 인한 이산화탄소 방출 등이 이에 포함된다.

7. 생태발자국 통계에서는 해양과 산림에 흡수되는 이산화탄소 배출량을 어떻게 반영하나요?

국가별 생태발자국 통계는 전 세계 바다 및 산림의 이산화탄소 포집량을 고려하여 탄소발자국을 산정한다. 바다의 연간 이산화탄소 포집 값은 Khaliwala et al. (2009)의 연구 자료와 이산화탄소 정보분석센터(CDIAC, 2011)의 이산화탄소 배출량 자료를 활용하여 산정한다. 바다의 경우는 흡수율이 비교적 일정하여 1961-2010년 사이 연간 흡수율 변동폭은 28-35%였다. 나머지 이산화탄소는 육지를 통한 탄소 포집 및 흡수가 필요하다. 활용할 수 있는 대규모 자료가 제한되어 있기 때문에 국가별 생태발자국 통계는 산림의 세계 평균 이산화탄소 포집률을 추정하여 이를 이용한다. 정리하자면 탄소발자국은 바다로 흡수되지 않은 이산화탄소를 포집하기 위해 필요한 세계 평균 산림 면적(the area of world average forest land)을 측정하는 것이라 할 수 있다.

하지만 세계 생태 수용력 과용(생태 수용력을 초과하는 소비로 인한 발자국)이 이산화탄소 배출이라는 한 가지 원인에만 기인하는 것은 아니다. 총 생태발자국은 각 토지 유형별 수요의 총합으로 이루어진다. 예를 들어 인간의 식량과 목재 수요가 줄어든다면 탄소 포집에 활용될 수 있는 토지가 늘어날 수 있다.

과거 국가별 생태발자국 통계 산정 시 바다가 인간 활동으로 인해 발생하는 탄소를 포집하는 양을 산정할 때 고정된 흡수율이 아닌 고정된 흡수량을 이용했다. 이로 인해 초기 수십 년 동안 국가별 생태발자국 통계에서 탄소발자국 요소가 과소평가되는 결과를 낳았고 이후 조정이 이루어졌다(Borucke et al., 2013). 이 개선된 방법으로 인해 1961년부터 1990년대 후반 사이 인류의 생태발자국 값에 변화가 생겼고, 이에 따라 세계 생태발자국 과용의 날(the global overshoot date)도 변경되었다.

8. 생태발자국에는 다른 종이 고려되나요?

생태발자국은 생태 수용력에 대한 인간의 수요와 이 수요 충족을 위한 자연계의 생태 수용력을 비교한다. 따라서 생태발자국은 지역 및 지구 전체 생태계에 인류가 가하는 압력에 대한 지표 역할을 하게 된다. 2010년 인류의 수요는 생물권(biosphere) 재생률을 50% 이상 초과했다. 이러한 과용은 생태계의 파괴와 폐기물 매립지의 포화를 초래할 수 있고, 그로 인한 생태계의 부담이 생물다양성에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 하지만 생태발자국은 생물다양성에 가해지는 부정적인 영향을 직접 측정하거나, 생태 수용력 초과량을 얼마나 줄여야 이와 같은 부정적 영향을 피할 수 있는지는 명시하지는 않는다.

9. 생태발자국은 지속가능성을 측정하는 지표인가요?

정확하고 강건한(robust) 생태발자국 통계는 지속가능성을 지향하는 의사결정에 도움이 된다. 또한 이러한 통계를 통해 집단과 기업, 사람들이 인류의 수요를 지구의 한계 내로 줄일 수 있도록 의사결정이 긍정적인 결과를 낳는다는 사실을 정량적으로 확인할 수 있다. 하지만 그 어떤 지표도 지속가능성을 완벽하게 측정할 수는 없다. 생태발자국은 지속가능성의 한 가지 중요한 측면을 측정하는 방법이다. 즉 지구의 생산적 생태계가 인류의 소비 수요를 충족시키기에 충분한 재생력을 갖추고 있는지를 측정하는 것이다. 다른 지속가능성 관련 지표로는 유엔 인간개발지수(HDI)와 생물다양성 지표 등이 있다.

생태발자국은 국가별 소비추세가 지속가능한지 직접적으로 나타내지는 않는다. 하지만 생태발자국을 통해서 국가의 생태자원에 대한 수요가 연간 해당 국가의 생태 자원을 재생할 수 있는 생물 생산 능력(bioproductive ability)을 초과하는지 그 여부는 알 수 있다. 수요가 생물 생산 능력보다 큰 경우 다른 나라의 생태 수용력을 수입함으로써 초과 수요를 충당해왔다. 이는 모든 지속가능성 평가에서 매우 중요한 것이다.

10. 생태발자국에서는 자원의 '공정(fair)' 또는 '공평(equitable)'한 사용에 대한 기준을 제시하나요?

생태발자국은 과거에 대한 기록이다. 이는 개인 또는 국가 인구 전체가 사용하는 생태 자원을 정량적으로 측정하는 것이라 할 수 있다. 하지만 앞으로 가야 할 길을 제시하는 것은 아니다. 자원 배분은 형평성에 관한 사회적 신념에 기반을 두는 정책 문제이다. 생태발자국 통계에서 1인당 이용가능한 평균 생태 수용력을 산정하는 것은 가능하지만 개인이나 국가에 생태 수용력이 어떻게 배분되어야 하는지를 규정하지는 않는다. 하지만 생태발자국 통계를 바탕으로 상황을 파악하고 배분에 대한 논의를 할 수 있다.

11. 재생가능 자원의 공급이 증가하고 기술이 진보하여 재생 불가능한(non-renewable) 자원의 고갈 속도가 늦춰질 수 있다면, 생태발자국의 의미는 어떻게 되나요?

생태발자국에서는 자원 사용 및 폐기물의 발생 현황을 측정한다. 1년 동안 인류의 생태계 수요가 생태계의 용량을 초과했는지 살펴보는 것이다. 생태발자국 분석에는 재생가능 자원의 증가와 기술 혁신으로 인한 생산성 향상이 반영된다(예를 들어서 제지 산업에서 생

산 효율성이 두 배로 향상되면 종이 1톤 당 생태발자국은 절반으로 감소할 것이다). 생태 발자국 통계에는 이런 식으로 발생한 변화가 반영되고, 이러한 혁신을 통해 인류의 수요가 지구 생태계 용량을 초과하지 않는 수준으로 감소하였는지 그 정도를 판단할 수 있도록 한다. 기술 발전 등과 같은 요소로 인해서 세계적으로 공급되는 생태 수용력이 크게 증가하고 인류 수요가 크게 감소한다면 생태발자국 통계에 세계 생태 수용력 과용을 상쇄한 효과로 기록될 것이다.

12. 생태발자국은 공공 정책 개발에 어떤 도움을 주나요?

보유 금액과 지출 계획에 따라 재무 의사결정이 달라지듯이 생태 수용력과 생태발자국 통계는 공공정책 결정의 기반이 된다. 세계 생태발자국 네트워크(Global Footprint Network)가 부분적으로 국가별 생태발자국에 주안점을 두는 이유는 수많은 주요 정책 결정(이산화탄소 배출량, 오존층 파괴 규제 등의 환경 정책 및 과세, 예산 수립 등의 재무 결정)이 국가 차원에서 수립되고 시행되기 때문이다.

생태발자국과 생태 수용력은 국가별, 지역별, 도시별, 소규모 인구 집단별로 산정이 가능하다. 생태발자국의 과학적 근거를 통해 각 수준별 주체들이 자원의 한계를 현실로 인지하게 되고 이에 대한 정보를 충분히 인지한 상태에서 현실적인 관점의 정책 결정을 내릴 수 있게 된다. 의사결정자들은 이를 바탕으로 자원의 한계라는 맥락에서 각 의사결정이 초래한 결과를 비교할 수 있다.

13. 지구생명보고서 2014에서 국가별 탄소발자국 통계의 산정 방법이 지구생명보고서 2012에 비해 어떻게 개선되었나요?

지구생명보고서 2014부터는 글로벌 헥타르의 표기법, 바다의 탄소(인간의 활동으로 인해 발생하는 탄소) 포집량 계산법 외에도 국가별 생태발자국 통계에 대한 몇 가지 개선이 이루어졌다. 20개 항목(니켈과 망간 등)의 내재 에너지 값이 갱신되었는데 이에 따라 국가별로 탄소발자국의 크기가 조정되었다. 과거에는 생산량을 기반으로 벙커유(Bunker fuel)를 배정하였지만 현재는 국가의 수입량에 따라서 배정한다. 수력 발전 단위가 Twh/년 단위에서 GWh/년 단위로 수정되면서 개발지의 생태 수용력과 소비 발자국이 상승했다. 어획량과 영양 단계 공식(trophic level formulae)이 갱신 및 수정되었고, 네 가지 종류의 어류가 추가되었다. 이런 변화는 에콰도르 등 어류를 대량 수출하는 국가의 생태발자국에 가장 큰 영향을 주었다. 또한 CORINE 영역 데이터(아래 주석 참조)에는 크로아티아, 아이슬란드, 리히텐슈타인, 마케도니아, 스위스, 세르비아, 몬테네그로와 같은 국가가 새롭게 포함되었다.

주: 유럽 환경청(European Environment Agency)이 제공하는 CORINE(Coordination of Information on the Environment, 환경에 관한 종합 정보)의 토지 피복 데이터는 국가별 생태발자국 통계에서 토지 영역 값(value)을 산정하는 데 사용된다. 국가별 생태발자국 계정에서는 CORINE 데이터베이스의 44가지 토지 사용 분류를 5개의 생태 수용력 구성요소로 재분류한다. CORINE의 토지 영역 자료는 Resourcestat 값의 바탕이 되는 국가별 보고 또는 추산치 결과보다 강건성(robustness)이 더욱 높은 결과로 평가받기 때문에 가능한 경우 항상 활용된다.

생태발자국의 세부 산정 방법 보고서, 샘플 산정 표, 데이터 출처 및 결과는 www.footprintnetwork.org 를 참조.

표 5: 생태발자국 및 생태 수용력 데이터 표

주: (1) 인구 100만 명 이상 국가의 생태발자국 데이터(비율)가 기재된 데이터 표이다.
 (2) 인구 데이터는 유엔 식량농업기구(FAO)의 자료를 사용하였다.

| 지역/국가 | 인구 (2010년) | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 탄소 | 1인당 생태발자국 세계 순위 | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 1인당 생태 수용력 세계 순위 |
|------------------------------|---------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------------------|-----|-----|----|----|-----|---------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 아프리카 | | | | | | | | | | | | | | |
| Algeria | 35,468,000 | 31 | 20 | 9 | 1 | 2 | 37 | 90 | 37 | 53 | 4 | 2 | 5 | 131 |
| Angola | 19,082,000 | 42 | 17 | 12 | 9 | 6 | 14 | 131 | 12 | 54 | 23 | 8 | 2 | 38 |
| Benin | 8,850,000 | 37 | 4 | 21 | 6 | 3 | 28 | 109 | 52 | 4 | 37 | 3 | 4 | 99 |
| Botswana | 2,007,000 | 14 | 39 | 7 | 1 | 1 | 39 | 60 | 2 | 71 | 18 | 8 | 1 | 25 |
| Burkina Faso | 16,469,000 | 54 | 11 | 23 | 2 | 6 | 4 | 104 | 63 | 13 | 18 | 0 | 6 | 78 |
| Burundi | 8,383,000 | 27 | 10 | 55 | 1 | 4 | 3 | 137 | 55 | 33 | 2 | 2 | 9 | 141 |
| Cote d'Ivoire | 19,738,000 | 36 | 10 | 21 | 17 | 7 | 8 | 133 | 49 | 18 | 28 | 0 | 4 | 64 |
| Cameroon | 19,599,000 | 50 | 9 | 17 | 9 | 5 | 10 | 119 | 35 | 5 | 51 | 6 | 3 | 59 |
| Central African Republic | 4,401,000 | 25 | 46 | 20 | 1 | 3 | 5 | 120 | 4 | 7 | 88 | 0 | 0 | 14 |
| Chad | 11,227,000 | 33 | 46 | 16 | 0 | 4 | 0 | 86 | 19 | 43 | 33 | 3 | 2 | 32 |
| Congo | 4,043,000 | 25 | 13 | 35 | 8 | 4 | 16 | 136 | 1 | 29 | 66 | 4 | 0 | 7 |
| Democratic Republic of Congo | 65,966,000 | 19 | 2 | 65 | 2 | 6 | 5 | 145 | 4 | 11 | 82 | 2 | 2 | 33 |
| Egypt | 81,121,000 | 37 | 6 | 9 | 3 | 8 | 36 | 84 | 69 | 0 | 0 | 4 | 28 | 135 |
| Eritrea | 5,254,000 | 31 | 40 | 17 | 2 | 6 | 4 | 150 | 8 | 15 | 7 | 67 | 2 | 75 |
| Ethiopia | 82,950,000 | 36 | 11 | 44 | 0 | 6 | 4 | 126 | 58 | 18 | 7 | 7 | 10 | 113 |
| Gabon | 1,505,000 | 19 | 9 | 48 | 6 | 1 | 17 | 65 | 1 | 14 | 73 | 12 | 0 | 1 |
| Gambia | 1,728,000 | 50 | 13 | 12 | 5 | 3 | 16 | 93 | 46 | 3 | 17 | 29 | 5 | 84 |
| Ghana | 24,392,000 | 34 | 5 | 35 | 10 | 4 | 12 | 88 | 55 | 22 | 13 | 4 | 6 | 85 |
| Guinea | 9,982,000 | 34 | 25 | 29 | 3 | 4 | 6 | 95 | 20 | 32 | 27 | 18 | 2 | 41 |
| Guinea-Bissau | 1,515,000 | 27 | 24 | 41 | 1 | 4 | 4 | 92 | 17 | 12 | 11 | 59 | 2 | 28 |
| Kenya | 40,513,000 | 24 | 26 | 29 | 4 | 4 | 13 | 134 | 40 | 47 | 3 | 3 | 7 | 133 |
| Lesotho | 2,171,000 | 21 | 43 | 34 | 0 | 1 | 0 | 130 | 12 | 86 | 0 | 0 | 2 | 108 |
| Liberia | 3,994,000 | 16 | 3 | 63 | 1 | 3 | 14 | 123 | 7 | 24 | 56 | 11 | 2 | 42 |
| Libya | 6,355,000 | 22 | 16 | 4 | 4 | 1 | 53 | 47 | 23 | 35 | 3 | 36 | 3 | 119 |
| Madagascar | 20,714,000 | 27 | 34 | 22 | 6 | 6 | 4 | 127 | 11 | 51 | 30 | 6 | 2 | 39 |
| Malawi | 14,901,000 | 56 | 5 | 25 | 1 | 7 | 6 | 144 | 68 | 12 | 4 | 9 | 8 | 114 |
| Mali | 15,370,000 | 44 | 37 | 8 | 2 | 5 | 4 | 83 | 36 | 31 | 27 | 2 | 4 | 55 |

| 지역/국가 | 인구 (2010년) | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 탄소 | 1인당 생태발자국 세계 순위 | 2010년 생태발자국 구성 비율 | | | | | 1인당 생태 수용력 세계 순위 |
|-------------------|---------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------------------|-------------------|-----|----|----|-----|---------------------|
| | | | | | | | | | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | |
| Mauritania | 3,460,000 | 16 | 61 | 9 | 0 | 3 | 12 | 71 | 3 | 64 | 1 | 30 | 1 | 18 |
| Mauritius | 1,299,000 | 11 | 12 | 3 | 42 | 0 | 32 | 32 | 29 | 0 | 2 | 69 | 0 | 134 |
| Morocco | 31,951,000 | 45 | 14 | 9 | 3 | 3 | 25 | 105 | 51 | 21 | 11 | 12 | 5 | 107 |
| Mozambique | 23,391,000 | 43 | 3 | 35 | 5 | 8 | 7 | 141 | 15 | 46 | 28 | 7 | 3 | 52 |
| Niger | 15,512,000 | 70 | 20 | 4 | 1 | 3 | 2 | 72 | 70 | 24 | 2 | 0 | 3 | 49 |
| Nigeria | 158,423,000 | 49 | 8 | 15 | 7 | 4 | 18 | 115 | 72 | 17 | 2 | 2 | 7 | 104 |
| Rwanda | 10,624,000 | 52 | 7 | 29 | 1 | 6 | 5 | 140 | 77 | 10 | 2 | 1 | 9 | 127 |
| Senegal | 12,434,000 | 41 | 20 | 16 | 5 | 4 | 15 | 113 | 36 | 14 | 35 | 12 | 3 | 74 |
| Sierra Leone | 5,868,000 | 31 | 16 | 34 | 11 | 5 | 4 | 128 | 30 | 33 | 16 | 17 | 5 | 91 |
| Somalia | 9,331,000 | 12 | 34 | 45 | 2 | 5 | 2 | 124 | 8 | 46 | 18 | 23 | 4 | 80 |
| South Africa | 50,133,000 | 14 | 8 | 11 | 3 | 1 | 63 | 64 | 25 | 52 | 2 | 18 | 3 | 88 |
| Sudan | 43,552,000 | 26 | 51 | 14 | 0 | 2 | 6 | 107 | 20 | 52 | 17 | 9 | 2 | 72 |
| Swaziland | 1,186,000 | 19 | 32 | 28 | 1 | 4 | 17 | 91 | 29 | 58 | 6 | 1 | 7 | 103 |
| Tanzania | 44,841,000 | 35 | 28 | 19 | 6 | 5 | 6 | 121 | 42 | 34 | 12 | 6 | 6 | 94 |
| Togo | 6,028,000 | 40 | 10 | 28 | 6 | 3 | 14 | 132 | 68 | 20 | 5 | 3 | 4 | 115 |
| Tunisia | 10,481,000 | 36 | 6 | 12 | 7 | 1 | 37 | 81 | 46 | 11 | 7 | 33 | 3 | 109 |
| Uganda | 33,425,000 | 33 | 12 | 39 | 9 | 3 | 4 | 114 | 64 | 22 | 2 | 6 | 6 | 110 |
| Zambia | 13,089,000 | 28 | 17 | 38 | 2 | 5 | 11 | 139 | 11 | 43 | 44 | 1 | 2 | 48 |
| Zimbabwe | 12,571,000 | 20 | 26 | 22 | 0 | 2 | 30 | 112 | 25 | 50 | 20 | 2 | 3 | 111 |
| 아시아 태평양 | | | | | | | | | | | | | | |
| Australia | 22,268,000 | 17 | 13 | 16 | 3 | 1 | 51 | 13 | 16 | 41 | 18 | 26 | 0 | 5 |
| Bangladesh | 148,692,000 | 48 | 2 | 11 | 4 | 11 | 24 | 146 | 67 | 1 | 1 | 13 | 18 | 142 |
| Cambodia | 14,138,000 | 52 | 0 | 21 | 7 | 5 | 15 | 125 | 54 | 10 | 19 | 12 | 5 | 95 |
| China | 1,372,148,000 | 25 | 6 | 7 | 5 | 5 | 51 | 75 | 47 | 11 | 23 | 7 | 12 | 101 |
| India | 1,224,614,000 | 41 | 0 | 13 | 2 | 6 | 39 | 135 | 78 | 1 | 4 | 6 | 11 | 138 |
| Indonesia | 239,871,000 | 33 | 4 | 13 | 15 | 5 | 31 | 111 | 38 | 4 | 23 | 30 | 5 | 81 |
| Japan | 126,536,000 | 12 | 4 | 6 | 12 | 1 | 65 | 42 | 16 | 0 | 61 | 13 | 10 | 132 |
| North Korea | 24,346,000 | 22 | 0 | 10 | 4 | 5 | 58 | 117 | 39 | 0 | 41 | 10 | 9 | 116 |
| Republic of Korea | 48,184,000 | 15 | 4 | 6 | 8 | 2 | 66 | 31 | 23 | 0 | 11 | 56 | 10 | 118 |
| Laos | 6,201,000 | 43 | 11 | 29 | 2 | 9 | 7 | 116 | 37 | 11 | 43 | 2 | 8 | 66 |

| 지역/국가 | 인구 (2010년) | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 탄소 | 1인당 생태발자국 세계 순위 | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 1인당 생태 수용력 세계 순위 |
|------------------|---------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------------------|-----|-----|----|----|-----|---------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Malaysia | 28,401,000 | 21 | 9 | 11 | 16 | 3 | 40 | 55 | 34 | 1 | 28 | 34 | 3 | 47 |
| Mongolia | 2,756,000 | 6 | 66 | 3 | 0 | 1 | 25 | 22 | 1 | 58 | 40 | 1 | 0 | 3 |
| Myanmar | 47,963,000 | 54 | 1 | 17 | 17 | 7 | 3 | 79 | 51 | 0 | 28 | 14 | 6 | 53 |
| Nepal | 29,959,000 | 42 | 6 | 23 | 0 | 11 | 18 | 143 | 63 | 8 | 10 | 1 | 17 | 136 |
| New Zealand | 4,368,000 | 22 | 0 | 25 | 0 | 6 | 47 | 51 | 4 | 28 | 47 | 20 | 2 | 9 |
| Pakistan | 173,593,000 | 45 | 1 | 12 | 2 | 8 | 32 | 147 | 73 | 1 | 3 | 9 | 14 | 143 |
| Papua New Guinea | 6,858,000 | 11 | 6 | 19 | 23 | 6 | 35 | 61 | 12 | 1 | 66 | 16 | 4 | 26 |
| Philippines | 93,261,000 | 31 | 7 | 8 | 25 | 5 | 24 | 129 | 59 | 3 | 16 | 12 | 10 | 128 |
| Singapore | 5,086,000 | 7 | 13 | 6 | 4 | 0 | 70 | 7 | 2 | 0 | 1 | 31 | 67 | 152 |
| Sri Lanka | 20,860,000 | 27 | 6 | 12 | 27 | 5 | 23 | 118 | 64 | 4 | 8 | 10 | 13 | 139 |
| Thailand | 69,122,000 | 31 | 2 | 7 | 16 | 3 | 41 | 73 | 63 | 1 | 18 | 12 | 6 | 87 |
| Timor-Leste | 1,124,000 | 45 | 17 | 9 | 6 | 13 | 9 | 152 | 28 | 7 | 59 | 0 | 6 | 106 |
| Viet Nam | 87,848,000 | 37 | 2 | 12 | 9 | 7 | 32 | 98 | 54 | 1 | 15 | 20 | 10 | 93 |
| 유럽연합 | | | | | | | | | | | | | | |
| Austria | 8,394,000 | 20 | 7 | 10 | 2 | 4 | 57 | 17 | 23 | 5 | 65 | 0 | 7 | 31 |
| Belgium | 10,712,000 | 29 | 14 | 8 | 4 | 3 | 43 | 5 | 44 | 3 | 27 | 5 | 20 | 98 |
| Bulgaria | 7,494,000 | 27 | 7 | 11 | 2 | 5 | 47 | 52 | 50 | 3 | 39 | 3 | 5 | 34 |
| Cyprus | 1,104,000 | 25 | 6 | 8 | 7 | 1 | 53 | 35 | 51 | 0 | 17 | 19 | 13 | 146 |
| Czech Republic | 10,493,000 | 19 | 4 | 17 | 1 | 3 | 56 | 19 | 39 | 3 | 52 | 0 | 6 | 45 |
| Denmark | 5,550,000 | 36 | 12 | 14 | 8 | 3 | 27 | 4 | 49 | 0 | 7 | 39 | 5 | 19 |
| Estonia | 1,341,000 | 16 | 3 | 41 | 3 | 1 | 36 | 20 | 9 | 1 | 43 | 46 | 1 | 13 |
| Finland | 5,365,000 | 17 | 4 | 3 | 7 | 3 | 67 | 15 | 6 | 0 | 74 | 19 | 1 | 6 |
| France | 62,787,000 | 25 | 9 | 12 | 5 | 4 | 45 | 23 | 52 | 6 | 31 | 5 | 7 | 35 |
| Germany | 82,302,000 | 26 | 6 | 10 | 1 | 4 | 53 | 25 | 48 | 3 | 36 | 4 | 9 | 61 |
| Greece | 11,359,000 | 23 | 14 | 7 | 7 | 1 | 48 | 30 | 56 | 10 | 14 | 16 | 4 | 76 |
| Hungary | 9,984,000 | 26 | 4 | 13 | 1 | 5 | 51 | 58 | 62 | 3 | 29 | 0 | 6 | 51 |
| Ireland | 4,470,000 | 25 | 7 | 7 | 2 | 2 | 57 | 14 | 15 | 24 | 14 | 44 | 3 | 24 |
| Italy | 60,551,000 | 23 | 10 | 10 | 6 | 1 | 50 | 26 | 52 | 5 | 31 | 6 | 7 | 97 |
| Latvia | 2,252,000 | 18 | 1 | 37 | 8 | 1 | 35 | 44 | 13 | 4 | 54 | 28 | 1 | 16 |
| Lithuania | 3,324,000 | 22 | 3 | 27 | 10 | 2 | 36 | 36 | 34 | 2 | 53 | 8 | 2 | 27 |

| 지역/국가 | 인구 (2010년) | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 탄소 | 1인당 생태발자국 세계 순위 | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 1인당 생태 수용력 세계 순위 |
|---------------------|---------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------------------|-----|-----|----|----|-----|---------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Netherlands | 16,613,000 | 25 | 17 | 7 | 3 | 2 | 46 | 12 | 31 | 5 | 8 | 45 | 11 | 102 |
| Poland | 38,277,000 | 25 | 2 | 18 | 3 | 2 | 51 | 37 | 49 | 4 | 38 | 5 | 4 | 60 |
| Portugal | 10,676,000 | 21 | 8 | 7 | 22 | 1 | 41 | 27 | 21 | 5 | 64 | 6 | 4 | 82 |
| Romania | 21,486,000 | 34 | 5 | 12 | 3 | 6 | 40 | 70 | 40 | 5 | 45 | 4 | 6 | 46 |
| Slovakia | 5,462,000 | 16 | 6 | 21 | 1 | 3 | 53 | 45 | 26 | 2 | 68 | 0 | 4 | 43 |
| Slovenia | 2,030,000 | 18 | 6 | 12 | 2 | 1 | 61 | 24 | 15 | 3 | 81 | 0 | 1 | 50 |
| Spain | 46,077,000 | 29 | 7 | 8 | 10 | 1 | 45 | 40 | 62 | 7 | 23 | 4 | 4 | 73 |
| Sweden | 9,380,000 | 14 | 9 | 22 | 3 | 3 | 49 | 10 | 6 | 2 | 66 | 23 | 2 | 11 |
| United Kingdom | 62,272,000 | 17 | 9 | 11 | 3 | 3 | 56 | 28 | 35 | 9 | 9 | 36 | 10 | 79 |
| 남아메리카 | | | | | | | | | | | | | | |
| Argentina | 40,412,000 | 42 | 19 | 9 | 0 | 4 | 26 | 59 | 41 | 25 | 9 | 23 | 2 | 15 |
| Bolivia | 9,930,000 | 18 | 56 | 7 | 0 | 3 | 16 | 68 | 4 | 13 | 83 | 0 | 0 | 2 |
| Brazil | 194,946,000 | 25 | 32 | 19 | 1 | 4 | 18 | 53 | 11 | 11 | 75 | 2 | 1 | 12 |
| Chile | 17,114,000 | 20 | 16 | 30 | 0 | 4 | 29 | 56 | 10 | 12 | 56 | 19 | 3 | 22 |
| Colombia | 46,295,000 | 19 | 44 | 8 | 0 | 6 | 23 | 82 | 6 | 32 | 58 | 1 | 3 | 23 |
| Costa Rica | 4,659,000 | 15 | 13 | 27 | 6 | 4 | 36 | 69 | 27 | 21 | 40 | 6 | 6 | 68 |
| Cuba | 11,258,000 | 28 | 12 | 5 | 2 | 1 | 52 | 94 | 35 | 12 | 31 | 20 | 3 | 112 |
| Dominican Republic | 9,927,000 | 29 | 10 | 8 | 7 | 3 | 42 | 108 | 41 | 20 | 28 | 3 | 8 | 129 |
| Ecuador | 14,465,000 | 21 | 18 | 14 | 4 | 4 | 38 | 80 | 19 | 15 | 54 | 8 | 4 | 57 |
| El Salvador | 6,193,000 | 23 | 15 | 21 | 10 | 2 | 28 | 77 | 48 | 19 | 7 | 19 | 7 | 124 |
| Guatemala | 14,389,000 | 23 | 13 | 31 | 3 | 3 | 27 | 87 | 39 | 17 | 34 | 4 | 6 | 96 |
| Haiti | 9,993,000 | 47 | 11 | 19 | 3 | 5 | 16 | 149 | 68 | 13 | 3 | 5 | 10 | 149 |
| Honduras | 7,601,000 | 19 | 18 | 31 | 1 | 4 | 27 | 96 | 18 | 15 | 51 | 12 | 3 | 62 |
| Jamaica | 2,741,000 | 19 | 10 | 9 | 7 | 2 | 54 | 76 | 46 | 0 | 28 | 14 | 13 | 144 |
| Mexico | 113,423,000 | 22 | 11 | 8 | 2 | 2 | 55 | 49 | 35 | 17 | 34 | 10 | 4 | 77 |
| Nicaragua | 5,788,000 | 22 | 17 | 30 | 5 | 3 | 23 | 106 | 17 | 25 | 33 | 22 | 2 | 54 |
| Panama | 3,517,000 | 18 | 23 | 9 | 0 | 1 | 49 | 74 | 7 | 19 | 50 | 23 | 1 | 44 |
| Paraguay | 6,455,000 | 26 | 36 | 20 | 0 | 3 | 14 | 41 | 21 | 22 | 56 | 1 | 1 | 8 |
| Peru | 29,077,000 | 34 | 19 | 12 | 0 | 7 | 29 | 103 | 10 | 13 | 68 | 6 | 3 | 20 |
| Trinidad and Tobago | 1,341,000 | 5 | 6 | 4 | 2 | 0 | 83 | 6 | 3 | 0 | 9 | 87 | 0 | 70 |

| 지역/국가 | 인구 (2010년) | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 탄소 | 1인당 생태발자국 세계 순위 | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 1인당 생태 수용력 세계 순위 |
|--------------------------------|---------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------------------|-----|-----|----|----|-----|---------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Uruguay | 3,369,000 | 11 | 51 | 23 | 1 | 2 | 12 | 16 | 15 | 50 | 12 | 22 | 1 | 10 |
| Venezuela | 28,980,000 | 14 | 25 | 4 | 4 | 3 | 49 | 50 | 6 | 20 | 60 | 10 | 3 | 36 |
| 중동/중앙아시아 | | | | | | | | | | | | | | |
| Afghanistan | 31,412,000 | 41 | 30 | 11 | 0 | 5 | 13 | 148 | 47 | 42 | 4 | 0 | 7 | 140 |
| Armenia | 3,092,000 | 30 | 19 | 17 | 1 | 2 | 31 | 101 | 35 | 45 | 12 | 3 | 6 | 123 |
| Azerbaijan | 9,188,000 | 33 | 16 | 5 | 0 | 3 | 42 | 100 | 46 | 31 | 14 | 2 | 7 | 117 |
| Bahrain | 1,262,000 | 7 | 10 | 3 | 1 | 2 | 76 | 9 | 2 | 0 | 0 | 79 | 19 | 120 |
| Georgia | 4,352,000 | 30 | 21 | 9 | 4 | 2 | 33 | 122 | 9 | 33 | 52 | 4 | 3 | 92 |
| Iran | 73,974,000 | 23 | 6 | 3 | 4 | 3 | 62 | 57 | 50 | 8 | 7 | 27 | 8 | 100 |
| Iraq | 31,672,000 | 23 | 3 | 1 | 1 | 3 | 70 | 102 | 61 | 7 | 16 | 2 | 15 | 147 |
| Israel | 7,418,000 | 20 | 8 | 9 | 3 | 1 | 58 | 34 | 59 | 3 | 12 | 5 | 22 | 148 |
| Jordan | 6,187,000 | 25 | 22 | 8 | 4 | 5 | 36 | 78 | 44 | 8 | 11 | 1 | 36 | 150 |
| Kazakhstan | 16,026,000 | 12 | 8 | 2 | 0 | 1 | 77 | 29 | 29 | 60 | 7 | 2 | 1 | 30 |
| Kuwait | 2,737,000 | 6 | 5 | 2 | 2 | 1 | 84 | 1 | 6 | 2 | 1 | 62 | 30 | 137 |
| Kyrgyzstan | 5,334,000 | 38 | 20 | 4 | 1 | 5 | 33 | 110 | 33 | 50 | 7 | 4 | 6 | 83 |
| Lebanon | 4,228,000 | 21 | 18 | 9 | 2 | 1 | 48 | 46 | 50 | 15 | 18 | 3 | 15 | 145 |
| Occupied Palestinian Territory | 4,039,000 | 36 | 10 | 0 | 4 | 0 | 51 | 151 | 76 | 18 | 4 | 0 | 2 | 151 |
| Oman | 2,782,000 | 14 | 17 | 4 | 6 | 4 | 56 | 21 | 5 | 3 | 0 | 84 | 8 | 56 |
| Qatar | 1,759,000 | 9 | 15 | 2 | 3 | 1 | 70 | 2 | 1 | 0 | 0 | 92 | 7 | 65 |
| Saudi Arabia | 27,448,000 | 18 | 10 | 6 | 3 | 1 | 62 | 33 | 22 | 22 | 11 | 35 | 10 | 130 |
| Syria | 20,411,000 | 36 | 9 | 6 | 2 | 3 | 45 | 97 | 67 | 18 | 7 | 1 | 7 | 125 |
| Tajikistan | 6,879,000 | 57 | 19 | 1 | 0 | 10 | 12 | 142 | 57 | 27 | 1 | 2 | 13 | 122 |
| Turkey | 72,752,000 | 35 | 4 | 12 | 2 | 2 | 46 | 63 | 50 | 6 | 38 | 3 | 3 | 69 |
| Turkmenistan | 5,042,000 | 17 | 14 | 0 | 0 | 3 | 65 | 43 | 23 | 68 | 1 | 5 | 3 | 37 |
| United Arab Emirates | 8,264,000 | 10 | 8 | 4 | 4 | 0 | 74 | 3 | 14 | 0 | 11 | 75 | 0 | 121 |
| Uzbekistan | 27,445,000 | 30 | 8 | 4 | 0 | 4 | 53 | 89 | 58 | 23 | 7 | 3 | 9 | 105 |
| Yemen | 24,053,000 | 34 | 19 | 3 | 3 | 6 | 34 | 138 | 23 | 21 | 7 | 39 | 10 | 126 |
| 북아메리카 | | | | | | | | | | | | | | |
| Canada | 34,017,000 | 16 | 7 | 18 | 2 | 3 | 55 | 11 | 17 | 2 | 56 | 24 | 1 | 4 |
| United States of America | 310,384,000 | 16 | 5 | 10 | 2 | 1 | 67 | 8 | 39 | 7 | 41 | 12 | 2 | 21 |

| 지역/국가 | 인구 (2010년) | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 탄소 | 1인당 생태발자국 세계 순위 | 농경지 | 목축지 | 산림 | 어장 | 시가지 | 1인당 생태 수용력 세계 순위 |
|------------------------|---------------|-------------------|-----|----|----|-----|----|--------------------|--------------------|-----|----|----|-----|---------------------|
| | | 2010년 생태발자국 구성 비율 | | | | | | | 2010년 생태 수용력 구성 비율 | | | | | |
| 그외 유럽 | | | | | | | | | | | | | | |
| Albania | 3,204,000 | 43 | 12 | 6 | 1 | 3 | 34 | 85 | 46 | 19 | 24 | 6 | 5 | 89 |
| Belarus | 9,595,000 | 34 | 0 | 14 | 3 | 2 | 47 | 38 | 38 | 9 | 50 | 1 | 2 | 29 |
| Bosnia and Herzegovina | 3,760,000 | 28 | 9 | 17 | 2 | 1 | 43 | 66 | 22 | 11 | 66 | 0 | 1 | 63 |
| Croatia | 4,403,000 | 25 | 5 | 16 | 3 | 2 | 49 | 48 | 26 | 7 | 54 | 12 | 2 | 40 |
| Macedonia TFYR | 2,061,000 | 25 | 6 | 10 | 3 | 1 | 54 | 54 | 32 | 9 | 57 | 1 | 2 | 67 |
| Moldova | 3,573,000 | 44 | 3 | 7 | 5 | 3 | 39 | 99 | 81 | 6 | 8 | 1 | 4 | 90 |
| Russia | 142,958,000 | 15 | 5 | 13 | 4 | 1 | 63 | 39 | 10 | 5 | 67 | 17 | 1 | 17 |
| Serbia | 9,856,000 | 31 | 1 | 18 | 2 | 3 | 45 | 67 | 66 | 1 | 28 | 0 | 4 | 71 |
| Switzerland | 7,664,000 | 13 | 5 | 10 | 3 | 3 | 67 | 18 | 16 | 10 | 62 | 1 | 11 | 86 |
| Ukraine | 45,448,000 | 31 | 5 | 6 | 4 | 2 | 51 | 62 | 65 | 6 | 20 | 6 | 3 | 58 |

별도로 기재된 경우를 제외하고 모든 자료는 세계 생태발자국 네트워크의 2014년 국가 별 생태발자국 통계 자료이다. 자세한 정보는 www.footprintnetwork.org/atlas 참조.

물발자국 FAQ

국가나 기업, 생산품의 물발자국은 물이 소비되는 양과 시점, 장소를 공급망 전반에 걸쳐 측정하는 실증적 지표이다. 물발자국은 다차원적인 지표로 물의 소비량을 보여줄 뿐만 아니라 물 사용의 유형(빗물, 지표수 또는 지하수의 증발, 물의 오염 등), 물이 사용되는 장소와 시점을 구체적으로 나타낸다.

1. 물발자국과 기존의 물 사용 측정법에는 어떤 차이점이 있나요?

기존의 물 사용 관련 통계는 취수 및 직접적 용수에 초점을 맞추었으나 물발자국 측정법은 더 넓은 관점을 기반으로 한다. 물발자국 측정법에서는 직접적 물 사용은 물론 제품의 생산·공급망(supply chain) 내 물 사용을 나타내는 간접적 용수도 그 측정 대상에 포함된다. 이로써 물발자국은 제품의 생산망 전반에 걸쳐 최종 소비자와 중간 사업자 및 거래자 모두를 물 사용과 연결하게 된다. 이에는 중대한 의미가 있는데 일반적으로 소비자 또는 기업의 직접적인 용수량이 공급망 전반에 걸친 총 용수량보다 훨씬 적기 때문이다. 이에 따라 소비자, 기업 또는 국가의 실제 물 의존도가 크게 달라질 수 있다.

나아가 물발자국 측정법은 취수량이 아닌 용수량을 살펴본다는 점에서 기존 측정법과 다르다. 여기서 용수란 취수되었던 방식으로 환원되지 않는 물(예. 강에서 끌어왔지만 강으로 다시 흘러 들어가지 않고 증발로 손실된 물)을 나타낸다. 뿐만 아니라 물발자국은 청색 물발자국(지하수 및 표층수 사용량)에 국한되지 않고 녹색 물발자국(빗물 사용량)과 회색 물발자국(오염수)도 포함한다.

2. 물은 재생가능한 자원이고 주기에 따라 순환하는데, 무엇이 문제인가요?

물은 재생가능한 자원이지만 그렇다고 해서 무한히 사용할 수 있는 것은 아니다. 일정 기간 동안 내릴 수 있는 강수량(precipitation)에는 항상 한계가 있다. 마찬가지로 재충전할 수 있는 지하수 비축분 양에도, 강으로 흘러가는 물의 양에도 한계가 있다. 빗물은 농업생산에 이용될 수 있고, 강과 대수층의 물은 관개용수, 산업용수 또는 가정용수로 활용될 수 있다. 하지만 주어진 시기에 사용할 수 있는 물의 양보다 더 많은 양의 물을 사용할 수는 없다. 강도 말라버릴 수 있으며, 호수나 지하 수층대에 물이 다시 채워지는 것보다 빠른 속도로 물을 계속해서 끌어다 쓰는 것은 장기적으로 불가능하기 때문이다. 물발자국은 일정 기간 동안 이용가능한 물 중에서 소비되는(consumed) 물의 양(증발 등)이나 오염되는 물의 양을 측정하며 이를 통해 이용가능한 물 가운데 인간이 이용한(appropriate) 물의 양을 재는 역할을 한다. 나머지 분량은 자연에 남겨진다. 농업 생산에 사용되지 않은 빗물은 자연 식생의 생존에 이사용된다. 인간활동을 통해 증발되거나 오염되지 않은 지하수 및 표층수 유량은 건강한 수생 생태계를 유지하는 데 쓰인다.

3. 물발자국 측정 방식에 대한 합의가 존재하나요?

그동안 물발자국 측정을 위한 여러 방법들이 다양한 상호 심사 과학 학술지(peer-reviewed scientific journals)에 게재되었다. 또한 특정 제품, 개별 소비자, 지역사회, 기업 또는 단체의 물발자국 계산에 이 같은 방법을 어떻게 적용할지에 대한 실제 사례도 여럿 있다. 물발자국의 정의와 계산에 대한 일반적 합의는 존재하지만 어떤 요소를 포함시키고 어떤 요소를 제외할 것인지, 공급망을 적절하게 추적할 수 없는 상황에 어떻게 대처할 것인지, 회색 물발자국의 계산에 어떤 수질 표준을 적용할 것인지 등 구체적 상황에 따라 실질적인 문제가 제기되어 달라진다. 이에 물발자국과 관련된 논의는 이러한 실질적 쟁점에 대처하는 방안에 초점을 맞추고 있다. 더불어 물발자국이 지역별로 미치는 영향을 추산하는 정밀한 방법에 대해서도 여전히 논의가 계속되고 있다.

4. 녹색 물발자국, 청색 물발자국, 회색 물발자국을 구별하는 이유는 무엇인가요?

담수의 이용가능성은 육지의 연간 강수량에 따라 결정된다. 전체 강수량 중 일부는 증발하고 나머지는 대수층과 강을 통해 해양으로 흘러간다. 증발량의 흐름(evaporative flow)과 유출수의 흐름(run-off flow) 모두 인간활동에 유용하게 활용할 수 있다. 먼저 증발된 물은 작물을 키우는 데 사용하거나 자연 생태계가 유지되도록 남겨둘 수 있다. 녹색 물발자국은 전체 증발량 중 인간활동에 실제로 사용(appropriate)된 유량의 비중이 얼마나 되는지 측정하는 척도이다. 대수층과 강으로 흘러가는 물을 나타내는 유출수는 관개, 세척, 가공, 냉각 등 모든 용도로 활용이 가능하다. 청색 물발자국은 소비된(취수 후 증발된) 지하수와 표층수의 양을 나타내며, 회색 물발자국은 인간에 의해 오염되어 대수층 및 강에서 흐르는 물의 양을 측정한다. 이렇게 녹색 물발자국, 청색 물발자국, 회색 물발자국은 각기 다른 종류의 물 사용(appropriate)을 계산하는 척도로 활용된다.

5. 용수의 총 용량을 하나의 종합 지표로 취합하는 것은 지나치게 단순한 접근법이 아닌가요?

총 물발자국은 한 해에 소비되거나 오염된 담수의 총용량을 나타낸다. 총 물발자국은 개략적인 지표 역할을 하며 관련 인식을 제고하고 전체 수자원 중 대부분이 어디에 사용되는지 파악하는 데 중요한 역할을 한다. 물발자국은 하나의 종합적 수치로 제시될 수 있으나 실제로는 다양한 종류의 물 소비 및 오염을 보여주는 다차원적 용수 지표이다. 지속가능한 용수 전략을 세우려면 총 물발자국 지표에 내포된 다양한 상세 정보를 개선해야 한다.

6. 물발자국은 생태발자국과 어떤 관계인가요?

물발자국이라는 개념은 지난 10년 이상 환경과학(environmental sciences) 분야에서 발전된 광범위한 개념군 중 하나이다. 일반적으로 생태발자국은 인간에 의한 자연자원의 사용(appropriate) 또는 인간이 환경에 가하는 압력을 나타내는 정량적 척도로 알려져 있다. 물발자국은 생태발자국을 보완하는 개념으로 장소와 시간을 명시한다는 점이 주요한 특징이다. 이러한 개념이 필요한 이유는 강의 유역과 연중 시기에 따라 물의 가용성이 크게 달라져 물의 이용을 고려할 때 반드시 현지 상황을 감안해야 하기 때문이다.

자세한 정보는 www.waterfootprintnetwork.org 참조.

용어 목록

| | |
|---|---|
| Adaptation 적응 | 기후변화 및 그에 따른 영향에 맞추어 조정하는 과정. 현재 일어나고 있거나 앞으로 예상되는 기후변화와 이러한 기후변화가 인간·자연 시스템에 미치는 영향을 포함함. |
| Biocapacity 생태 수용력 (또는 생태용량) | 기존의 관리체계 및 기술을 사용하여 인간 활동에 필요한 자원을 생산하거나 인간이 생성한 폐기물(구체적으로는 이산화탄소)을 흡수할 수 있는 생태계의 능력. 생태 수용력은 글로벌 헥타르(gha) 단위로 측정함.(Global Footprint Network, 2014) |
| Biocapacity deficit and reserve 생태 수용력 부족분 및 예비분 | 특정한 인구의 생태발자국과 해당 지역 또는 국가의 생태 수용력의 차이. 생태 수용력 부족분은 특정한 인구의 생태발자국이 해당 지역 또는 국가의 생태 수용력을 초과할 때, 생태 수용력 예비분은 그 반대의 경우를 지칭함. 모두 글로벌 헥타르(gha)로 측정함. (Global Footprint Network, 2014) |
| Blue water footprint 청색 물발자국 | 표층 또는 지하수원에서 취수한 담수 중 인간이 사용한 후 환원되지 않은 물. 예를 들어 농산물의 경우 전답에서의 관개수 증발되거나 농산물에 흡수되어 소비되는 분량을 뜻함. (Hoekstra et al., 2011) |
| Built-up land 사가지 | 생태발자국의 구성요소 중 하나로 인간의 기반시설(교통, 주택, 산업구조 등)이 들어선 경제활동이 있는 지역. (Global Footprint Network, 2014) |
| Cropland 농경지 | 생태발자국의 구성요소 중 하나로 인간 식량 및 섬유, 가축 사료, 유류용 작물, 고무로 사용될 작물을 생산하는 지역. 글로벌 헥타르(gha) 단위로 측정함. (Global Footprint Network, 2014) |
| Ecological Footprint 생태발자국 | 일반적인 기술 및 자원관리 방식을 이용하여 인간의 활동에 있어 1)필요한 모든 자원을 생산하고, 2)이의 폐기물을 흡수하는 데 필요한 생물생산력이 있는 토지 또는 수역의 면적을 나타내는 척도. 생태발자국은 일반적으로 글로벌 헥타르(gha) 단위로 측정되며 특정 개인, 국가, 활동 등 다양한 기준으로 구할 수 있음. 약어인 ‘발자국(Footprint)’으로 칭하기도 함. (Global Footprint Network, 2012) |
| Ecological overshoot 생태과용 | 특정한 인구의 생태계에 대한 수요가 해당 생태계에서 자원을 재생성할 수 있는 능력을 초과하는 경우를 나타냄. 과용이 발생할 경우 생태자산이 감소하고 대기 중에 탄소 폐기물이 축적되는 결과가 초래됨. (Global Footprint Network, 2014) |
| Ecoregions 생태지역 | 생물종, 자연적 군집, 환경조건의 집합을 지역적으로 구분하는 토지 또는 수역의 범위. |

| | |
|---|--|
| Environmental flows 환경유량 | 인간에게 재화와 용역을 제공하는 수중 생태계의 구성요소, 기능, 과정 및 회복력을 유지시키는 데 필요한 물 유량의 질, 양 및 시점. (World Bank) |
| Externality 외부성 | 해당 요소를 발생시킨 당사자가 아닌 제3자에게 영향을 주는 비용(또는 혜택)으로, 시장가격에 반영되거나 다른 방식으로 보상되지 않음. |
| Fishing grounds 어장 | 생태발자국의 구성요소 중 하나로 어류와 기타 해산물을 채취하는 데 필요하거나 이용가능한 해양 및 내륙 수역. (Global Footprint Network, 2014) |
| Forest product Footprint 산림발자국 | 생태발자국의 구성요소 중 하나로 연료용 목재, 펄프 및 목공제품을 채취하는 데 필요한 산림의 면적. 해양에 흡수되지 않은, 배출된 인위생성적(anthropogenic) 이산화탄소를 포집시키는 데 필요한 산림의 면적을 나타내는 탄소발자국(carbon Footprint)과 구분되는 개념임. (Global Footprint Network, 2014) |
| Global hectare (gha) 글로벌 헥타르 | 특정한 연도를 기준으로 토지 또는 해양과 같은 생태 면적의 생산성을 표준화시킨 평균값의 단위. 생태발자국과 생태 수용력은 전 세계적으로 비교할 수 있도록 표준화한 단위인 글로벌 헥타르(gha)로 표시함. 2012년 이후 모든 발자국 및 생태 수용력 통계는 '불변 글로벌 헥타르(constant global hectare)' 단위로 표시됨. 불변 글로벌 헥타르는 최근 연도에 보고된 생태 면적의 평균 생산량을 기준으로 이전 연도 전체를 표준화한 글로벌 헥타르임. (Global Footprint Network, 2014) |
| Green water footprint 녹색 물발자국 | 생산 과정에서 소비되는 빗물의 양. 특히 농산물 및 임산물(작물 또는 수목을 기반으로 한 상품)과 관련성이 높으며, 여기서 녹색 물발자국은 (전답과 농장에서) 증발산(蒸發散, evapotranspiration)된 우수의 총량에 수확한 작물 또는 수목에 포함된 물의 양을 더한 것임. (Hoekstra et al., 2011) |
| Grey water footprint 회색 물발자국 | 합의된 표준 이상의 수질을 유지할 수 있을 정도로 오염물질을 희석하는 데 필요한 물의 양. (Hoekstra et al., 2011) |
| Grazing land 목축지 | 생태발자국의 구성요소 중 하나로 육류, 유제품, 피혁, 양모 제품의 생산을 위해 가축을 기르는 데 사용되는 토지. 목축지 발자국은 농경지 발자국에 포함된 동물 사료 재배용 토지에 추가되는 개념임. (Global Footprint Network, 2014) |
| Human Development Index (HDI) 인간개발지수 | 유엔개발계획(UNDP)에서 고안한 인간개발지수(HDI)는 교육, 소득 및 기대수명 수준을 기준으로 각국의 인간개발 순위를 매김. |

| | |
|---|--|
| <p>Inequality adjusted Human Development Index (IHDI) 불평등 조정 인간개발지수</p> | <p>불평등 조정 인간개발지수(IHDI)는 인간개발지수(HDI)를 구성하는 3가지 측면(교육, 기대수명, 1인당 소득)의 불평등 수준에 따라 각 측면의 평균값을 할인하는 방식으로 불평등 정도를 반영한 지수.</p> |
| <p>Megacity 메가시티</p> | <p>전체 인구가 1천만 명 이상인 대도시 지역.</p> |
| <p>Natural capital 자연자본</p> | <p>생태계 서비스를 제공하는 자연자산(토지, 물, 생물다양성)의 집합(stock).</p> |
| <p>Presumptive environmental flow requirement 환경유량 추정 요구량</p> | <p>환경유량 추정 요구량은 백분율에 기반한 자연유량 또는 과거유량 변동성 범위 내로 유량 변화를 제한하는 것을 의미함. 강에 얼마만큼의 물이 남아있어야 하는지를 나타냄. (Richter et al., 2012)</p> |
| <p>Representative Concentration Pathways (RCP) 대표농도경로</p> | <p>기존 문헌에 기반한 광범위한 기후 결과를 대표하는 배출 시나리오로 기후 모델링 및 연구에 활용됨.</p> |
| <p>Resilience 회복력</p> | <p>유해한 사건 또는 소동에 대처하여 그 본질적 기능, 정체성 및 구조를 유지하는 한편 적응, 학습 및 변화 능력을 유지하는 방식으로 대응하거나 재조직할 수 있는 사회생태적 시스템의 능력. (Arctic Council, 2013)</p> |
| <p>Water footprint 물발자국</p> | <p>특정 제품 또는 서비스를 생산하는 전 과정(life cycle)에서 직·간접적으로 소비되는 물의 총량을 측정한 지표. 사용된 물의 양, 종류, 위치, 시점 등을 포함함. 물발자국 종류로는 녹색 물발자국, 청색 물발자국, 회색 물발자국이 있음.</p> |
| <p>Water footprint of national production 국가 생산 활동 물발자국</p> | <p>재화와 용역을 생산하는 데 한 국가가 사용하는 담수의 총량. 이는 내수 또는 수출 여부와 무관함. 단위는 연간 입방미터(m³/yr). (Hoekstra et al., 2011)</p> |
| <p>Water scarcity 물 부족</p> | <p>지역 내 용수 수요를 충족하기에 충분한 수자원의 부재. 물 부족 여부는 연중 시기 및 연도별로 달라짐. (Hoekstra et al., 2011)</p> |

약어 목록

| | | | |
|-----------------------|---|----------------|--|
| ADB | Asian Development Bank | OECD | Organisation for Economic Cooperation and Development |
| ASC | Aquaculture Stewardship Council | PES | Payment for ecosystem services |
| BRIICS | Brazil, Russia, India, Indonesia, China, South Africa | ppm | Parts per million |
| CBD | Convention on Biological Diversity | RCP | Representative Concentration Pathways (IPCC) |
| CBS | Central Bureau of Statistics | REDD | Reducing emissions from deforestation and forest degradation |
| CCAMLR | Commission for Conservation of Antarctic Marine Living Resources | SEI | Stockholm Environment Institute |
| CDIAC | Carbon Dioxide Information Analysis Centre | SOFIA | State of World Fisheries and Aquaculture report |
| CFC | Chlorofluorocarbon | SRC | Stockholm Resilience Centre |
| CO₂ | Carbon dioxide | SSC | Species Survival Commission of IUCN |
| CISL | Cambridge Institute for Sustainability Leadership | TEEB | The Economics of Ecosystems and Biodiversity |
| FAO | United Nations Food and Agricultural Organization | TNC | The Nature Conservancy |
| FLORON | Floristisch Onderzoek Nederland | UNDESA | United Nations Department of Economic and Social Affairs |
| GDP | Gross Domestic Product | UNDP | United Nations Development Programme |
| gha | Global hectares | UNEP FI | United Nations Environment Programme Finance Initiative |
| Gm³ | Billion cubic metres | UNFCCC | United Nations Framework Convention on Climate Change |
| GRID | Global Resource Information Database (UNEP) | UNFPA | United Nations Population Fund |
| HDI | Human Development Index | UNICEF | United Nations Children's Fund |
| ICEM | International Centre for Environmental Management | WCED | World Commission on Environment and Development |
| IGCP | International Gorilla Conservation Programme | WFC | World Future Council |
| IHDI | Inequality-adjusted Human Development Index | WFN | Water Footprint Network |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change | WHO | World Health Organization (United Nations) |
| IUCN | International Union for the Conservation of Nature | WRG | Water Resources Group |
| LPI | <i>Living Planet Index</i> [®] | WWF | World Wide Fund for Nature |
| LPI-D | Diversity-weighted LPI | ZNDD | Zero net deforestation and forest degradation |
| LPI-U | Unweighted LPI | ZSL | Zoological Society of London |
| MEA | Millennium Ecosystem Assessment | | |
| NGO | Non-governmental organization | | |
| N_r | Reactive Nitrogen | | |
| OBIS | Ocean Biogeographic Information System (Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO) | | |

참고 문헌

- Abell, R., Allan, J.D. and B. Lehner. 2007. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biological Conservation* 134:48–63.
- ADB. 2013. *Moving from Risk to Resilience – Sustainable Urban Development in the Pacific*. Asian Development Bank, Manila, Philippines.
- Ahlenius, H. 2008. *Human impact on coastal zones*. UNEP/GRID-Arendal, Arendal, Norway. Available at: www.grida.no/graphicslib/detail/human-impact-in-the-coastal-zones_80d7 [accessed 8 June 14].
- AIMS. 2012. Personal communication from the Australian Institute of Marine Science (AIMS) to WWF Australia.
- Arctic Council. 2013. *Arctic Resilience Interim Report 2013*. Stockholm Environment Institute and Stockholm Resilience Centre, Stockholm, Sweden.
- Atkinson, G., Bateman, I. and S. Mourato. 2012. Recent advances in the valuation of ecosystem services and biodiversity. *Oxford Review of Economic Policy* 28(1).
- Barthlott, W., Mutke, J., Rafiqpoor, M. D., Kier, G. and H. Kreft. 2005. Global centres of vascular plant diversity. *Nova Acta Leopoldina* 92, 61-83.
- Baum, J. K. and Myers, R. A. 2004. Shifting baselines and the decline of pelagic sharks in the Gulf of Mexico. *Ecology Letters* 7: 135–145, doi: 10.1111/j.1461-0248.2003.00564.
- Baumert, K. A., Herzog, T. and J. Pershing. 2005. *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*. World Resources Institute, Washington, DC, USA.
- BirdLife International. 2012. *Diomedea exulans*. In: IUCN. 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Available at: www.iucnredlist.org [accessed 8 June 14].
- Blake, S. and Hedges, S. 2004. Sinking the flagship: the case of forest elephants in Asia and Africa. *Conservation Biology* 18(5): 1191-1202.
- Bleeker, A., Sutton, M., Winiwarter, W. and A. Leip. 2013. *Economy-Wide Nitrogen Balances and Indicators: Concept and Methodology*. OECD, Environment Directorate, Environment Policy Committee, Working Party on Environmental Information, Paris, France.
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., Bustamante, M., Cinderby, S., Davidson, E., Dentener, F., Emmett, B., Erisman, J.W., Fenn, M., Gilliam, F., Nordin, A., Pardo, L. and W. De Vries. 2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications* 20: 30-59.
- Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Iha, K., Larson, J., Lazarus, E., Morales, J.C., Wackernagel, M. and A. Galli. 2013. Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators* 24 (2013): 518–533.
- Boston Consulting Group. 2013. *Turning adversity into opportunity: A business plan for the Baltic Sea*. Report commissioned by WWF-Sweden. Available at: www.wwf.se/source.php/1536768/Ostersjorapporten%202013%20-%20BCG%20Turning%20Adversity%20into%20Opportunity%20Aug%202013.pdf [accessed 8 June 14].
- Buhaus, H. and Urdal, H. 2013. An Urbanization Bomb? Population growth and social disorder in cities. *Global Environmental Change* 23(1).
- Caddy, J.F. and Griffiths, R.C. 1995. *Living marine resources and their sustainable development: some environmental and institutional perspectives*. FAO Fisheries Technical Paper No. 353. FAO, Rome, Italy.
- CDIAC. 2011. *Global CO₂ Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751-2008*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA. Available at: cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2008.ems [accessed 8 June 14].
- Clarke, C., Canto, M. and S. Rosado. 2013a. *Belize Integrated Coastal Zone Management Plan*. Coastal Zone Management Authority and Institute, Belize City. Draft for public review.
- Clarke, S.C., Harley, S.J., and J.S. Rice. 2013b. Population trends in Pacific Oceanic Sharks and the Utility of Regulations on Shark Finning. *Conservation Biology* 27:197-209, doi: 10.1111/j.1523-1739.2012.01943.

- Coastal Zone Management Act of 1998. Ch. 329. Revised Edition 2000. Belmopan, Belize: Government Printer.
- Collen, B., Loh, J., McRae, L., Whitmee, S., Amin, R. and J. Baillie. 2009. Monitoring change in vertebrate abundance: the Living Planet Index. *Conservation Biology* 23: 317-327.
- Collen, B., Whitton, F., Dyer, E., Baillie, J.E.M., Cumberlidge, N., Darwall, W.R.T., Pollock, C., Richman, N.I., Souldby, A-M. and M. Bohm. 2014. Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography* 23: 40-51.
- Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.-L., Fichet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutowski, W.J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi, C., Weaver, A.J. and M. Wehner. 2013. Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- CCAMLR. 2014. About CCAMLR: *History*. Commission for Conservation of Antarctic Marine Living Resources. Available at: www.ccamlr.org/en/organisation/history [accessed 8 June 2014].
- Conniff, R. 2014. *Urban Nature: How to Foster Biodiversity in World's Cities*. *Yale Environment* 360. Available at: e360.yale.edu/content/print.msp?id=2725 [accessed 8 June 2014].
- Cooper, E., Burke, L. and N. Bood. 2009. *Belize's Coastal Capital: The Economic Contribution of Belize's Coral Reefs and Mangroves*. WRI Working Paper, World Resources Institute, Washington DC, USA. Available at: www.wri.org/publication/belizes-coastal-capital [accessed 8 June 2014].
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploegh, S., Anderson, S., Kubiszewskia, I., Farbere, S. and R.K. Turner. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26: 152-158.
- Craigie, I.D., Baillie, J.E.M., Balmford A., Baillie, J.E.M., Carbone, C., Collen, B. and J.M. Hutton. 2010. Large mammal population declines in Africa's protected areas. *Biological Conservation* 143: 2221-2228.
- Cumberlidge, N., Ng, P.K.L., Yeo, D.C.J., Magalhães, C., Campos, M.R., Alvarez, F., Naruse, T., Daniels, S.R., Esser, L.J., Attipoe, F.Y.K., Clotilde-Ba, F.-L., Darwall, W., McIvor, A., Baillie, J.E.M., Collen, B. and M. Ram. 2009. Freshwater crabs and the biodiversity crisis: importance, threats, status, and conservation challenges. *Biological Conservation* 142: 1665-1673.
- Danish Energy Agency. 2012. Danish Energy Statistics, p.12. Available at: www.ens.dk/sites/ens.dk/files/dokumenter/publikationer/downloads/energy_statistics_2012.pdf [accessed 8 June 14].
- Danish Energy Agency. 2014. Danish Energy Statistics. Available at: www.ens.dk [accessed 8 July 2014].
- Danish Wind Industry Association. 2000. *Vindformation*. "Møllebyggeren fra Skærbæk", article by Hanne Jersild based on an interview with Christian Riisager. December 2000.
- Danish Wind Industry Association. 2014. Available at: www.windpower.org/en/knowledge/publications.html [accessed 8 June 14].
- Darwall, W., Smith, K., Allen, D., Holland, R., Harrison, I. and E. Brooks (eds). 2011. *The diversity of life in African freshwaters: underwater, under threat*. IUCN, Cambridge, UK and Gland, Switzerland.
- Davis, S., Caldeira, K. and H. Matthews. 2010: Future CO₂ emissions and climate change from existing energy infrastructure. *Science* 329: 1330-1333.
- de Vries, W., Kros, J., Kroeze, C. and S.P. Seitzinger. 2013. Assessing planetary and regional nitrogen boundaries related to food security and adverse environmental impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5 (2013): 3-4.
- De'ath, G., Fabricius, K.E., Sweatman, H. and M. Puotinen. 2012. The 27-year decline of the coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 109 (44): 17995-17999. Available at: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1208909109 [accessed 8 June 14].
- Deloitte Access Economics. 2013. *Economic contribution of the Great Barrier Reef*. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australia. Available at: www.gbrmpa.gov.au

- environment.gov.au/resource/economic-contribution-great-barrier-reef-march-2013 [accessed 8 June 14].
- Dong Energy. Undated. *The Anholt offshore wind farm project*. Available at: www.dongenergy.com/anholt/EN/Projektet1/Pages/default.aspx [accessed 8 June 14].
- Dudley, N. & Stolton, S., eds. 2003. *Running pure: the importance of forest protected areas to drinking water*. Gland, Switzerland. WWF/ World Bank Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use.
- Edgar, G., Stuart-Smith, R., Willis, T., Kininmonth, S., Baker, S., Banks, S., Barrett, N., Becerro, M., Bernard, A., Berkhout, J., Buxton, C., Campbell, S., Cooper, A., Davey, M., Edgar, S., Försterra, G., Galván, D., Irigoyen, A., Kushner, D., Moura, R., Parnell, P., Shears, N., Soler, G., Strain, E. and R. Thomson. 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506: 216–220.
- Emslie, R. 2012a. *Diceros bicornis*. In: IUCN. 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Available at: www.iucnredlist.org [accessed 8 June 14].
- Emslie, R. 2012b. *Ceratotherium simum*. In: IUCN. 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Available at: www.iucnredlist.org [accessed 8 June 14].
- Erismann, J.W. and Larsen, T.A., 2013. *Nitrogen Economy of the 21st Century. Source separation and decentralisation for wastewater management*. IWA Publishing, London, UK.
- Erismann, J.W., Galloway, J.N., Seitzinger, S., Bleeker, A., Dise, N.B., Petrescu, R., Leach, A.M. and W. de Vries. 2013. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 368(1621), doi: 10.1098/rstb.2013.0116
- FAO. 2008. *Small-scale fisheries – People and communities* [online]. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome, Italy. Available at: www.fao.org/fishery/ssf/people/en [accessed 8 June 14].
- FAO. 2011. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. FAO, Rome, Italy. Available at: www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf [accessed 8 June 14].
- FAO. 2012a. *State of the World's Forests 2012*. FAO, Rome, Italy.
- FAO. 2012b. *State of World Fisheries and Aquaculture 2012*. FAO, Rome, Italy.
- FAO. 2012c. *Road to Rio: Improving energy use key challenge for world's food systems*. Available at: www.fao.org/news/story/en/item/146971/icode [accessed 8 June 14].
- FAO. 2013. *Statistical Yearbook 2013 - World Food and Agriculture*. FAO, Rome, Italy.
- FAO. 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture – Opportunities and Challenges*. FAO, Rome, Italy.
- Field, C.B., Barros, V.R., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Abdrabo, M.A., Adger, W.N., Anokhin, Y.A., Anisimov, O.A., Arent, D.J., Barnett, J., Burkett, V.R., Cai, R., Chatterjee, M., Cohen, S.J., Cramer, W., Dasgupta, P., Davidson, D.J., Denton, F., Döll, P., Dow, K., Hijioka, Y., Hoegh-Guldberg, O., Jones, R.G., Jones, R.N., Kitching, R.L., Kovats, R.S., Lankao, P.R., Larsen, J.N., Lin, E., Lobell, D.B., Losada, I.J., Magrin, G.O., Marengo, J.A., Markandya, A., McCarl, B.A., McLean, R.F., Mearns, L.O., Midgley, G.F., Mimura, N., Morton, J.F., Niang, I., Noble, I.R., Nurse, L.A., O'Brien, K.L., Oki, T., Olsson, L., Oppenheimer, M., Overpeck, J.T., Pereira, J.J., Poloczanska, E.S., Porter, J.R., Pörtner, H., Prather, M.J., Pulwarty, R.S., Reisinger, A.R., Revil, A., Ruppel, O.C., Satterthwaite, D.E., Schmidt, D.N., Settele, J., Smith, K.R., Stone, D.A., Suarez, A.G., Tschakert, P., Valentini, R., Villamizar, A., Warren, R., Wilbanks, T.J., Wong, P.P., Woodward, A., and G.W. Yohe. 2014. Summary for policymakers. In: IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II Contribution to the IPCC 5th Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- Fields, S. 2004. Global Nitrogen: Cycling out of Control. *Environmental Health Perspectives*. 112(10): A556–A563.
- Folke, C. 2013. Respecting Planetary Boundaries and Reconnecting to the Biosphere. In: *State of the World 2013: Is sustainability still possible?* The Worldwatch Institute. Island Press, Washington DC, USA.
- Frieler, K., Meinshausen, M., Golly, A., Mengel, M., Lebek, K., Donner, S.D., and O. Hoegh-Guldberg. 2013. Limiting global warming to 2°C is unlikely to save most coral reefs. *Nature Climate Change* 3: 165–170.

- Galewski, T., Collen, B., McRae, L., Loh, J., Grillas, P., Gauthier- Clerc, M. and V. Devictor. 2011. Long-term trends in the abundance of Mediterranean wetland vertebrates: from global recovery to localized declines. *Biological Conservation* 144: 1392–1399.
- Galloway, J.N., Aber, J.D., Erisman, J.W., Seitzinger, S.P., Howarth, R.W., Cowling, E.B. and B.J. Cosby. 2003. The nitrogen cascade. *BioScience* 53(4): 341-356.
- Galloway, J.N., Townsend, A.R., Erisman, J.W., Bekunda, M., Cai, Z.E., Freney, J.R., Martinelli, L.A., Seitzinger, S.P. and M.A. Sutton. 2008. Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions. *Science* 320 (5878): 889-892.
- Global Environmental Flows Network. 2007. *Brisbane Declaration*. Available at: www.eflownet.org/download_documents/brisbane-declaration-english.pdf [accessed 8 June 14].
- Global Footprint Network. 2012. *National Footprint Accounts, 2012 Edition*. Available at: www.footprintnetwork.org [accessed 8 June 14].
- Global Footprint Network. 2014. *National Footprint Accounts, 2014 Edition*. Available at www.footprintnetwork.org [accessed 8 June 14].
- Global Partnership for Oceans. 2013. *Indispensable Ocean – Aligning Ocean Health and Human Well-being*. Guidance from the Blue Ribbon Panel to the Global Partnership for Oceans. Available at: www.globalpartnershipforoceans.org/indispensable-ocean [accessed 8 June 14].
- Gomez, E. 1998. Fragile Coasts: Our Planet, in *Oceans*. UNEP, Nairobi.
- Gosbell, K. and Grear, B. 2005. The importance of monitoring shorebird utilisation of the Coorong and surrounding wetlands in South Australia. In: Straw, P. (ed.) *Status and conservation of shorebirds in the east Asian–Australasian flyway*, pp.52–61. Wetlands International, Sydney, Australia.
- Harmon, D. 2002. *In Light of Our Differences: how diversity in nature and culture makes us human*. Smithsonian Institution Press, Washington and London.
- Harmon, D. and Loh, J. 2010. The index of linguistic diversity: A new quantitative measure of trends in the status of the world’s languages. *Language Documentation & Conservation* 4: 97-151.
- Hoekstra, A.Y. and Mekonnen, M.M. 2012. The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(9): 3232–3237
- Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M., Chapagain, A.K., Mathews, R.E. and B.D. Richter. 2012. Global monthly water scarcity: Blue water footprints versus blue water availability, *PLOS ONE* 7(2): e32688.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and M.M. Mekonnen. 2011. The water footprint assessment manual: Setting the global standard, *Earthscan*, London, UK.
- Hoekstra, J.M., Molnar, J.L., Jennings, M., Revenga, C., Spalding, M.D., Boucher, T.M., Robertson, J.C., Heibel, T.J. and K. Ellison. 2010. *The Atlas of Global Conservation: Changes, Challenges, and Opportunities to Make a Difference* (ed. Molnar, J.L.). University of California Press, Berkeley, USA.
- ICEM. 2010. *Strategic Environmental Assessment of Hydropower on the Mekong Mainstream – Final Report*. Prepared for the Mekong River Commission by International Centre for Environmental Management. Available at: www.mrcmekong.org/assets/Publications/Consultations/SEA-Hydropower/SEA-Main-Final-Report.pdf [accessed 8 June 2014]
- IGCP. *Analysis of the Economic Significance of Gorilla Tourism in Uganda*. Available at: www.igcp.org/wp-content/themes/igcp/docs/pdf/MoyiniUganda.pdf [accessed 8 June 14]/
- IGCP. 2012. *Population of mountain gorillas in Bwindi determined by census. international Gorilla Conservation Programme*. Available at: igcp.org/blog/population-of-mountain-gorillas-in-bwindi-determined-by-census [accessed 7 July 14]
- IPCC. 2013. Summary for Policymakers. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and P.M. Midgley (eds.) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- IUCN and UNEP. 2014. *The World Database on Protected Areas (WDPA)*. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. Available at: www.protectedplanet.net [accessed 8 June 2014].

- IUCN. 2013. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2013.2. IUCN, Gland, Switzerland. Available at: www.iucnredlist.org [accessed 8 June 2014].
- Khatiwala, S., Primeau, F. and T. Hall. 2009. Reconstruction of the history of anthropogenic carbon dioxide concentrations in the ocean. *Nature* 462: 346-350.
- Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S. and M. Wackernagel. 2007. Current methods for calculating national Ecological Footprint accounts. *Science for Environment & Sustainable Society* 4(1): 1-9.
- La Marca, E., Lips, K.R., Lotters, S., Puschendorf, R., Ibanez, R., Rueda-Almonacid, J.V., Schulte, R., Marty, C., Castro, F., Manzanilla-Puppo, J., Garcia-Perez, J.E., Bolanos, F., Chaves, G., Pounds, A.-J., Toral, E. and B.E. Young. 2005. Catastrophic population declines and extinctions in Neotropical harlequin frogs. *Biotropica* 37(2): 190-201.
- Latham, J., Cumani, R., Rosati, I. and M. Bloise. 2014. *Global Land Cover (GLC-SHARE) Beta-Release 1.0 Database*. Land and Water Division, FAO, Rome, Italy.
- Leach, A.M., Galloway, J.N., Bleeker, A., Erisman, J.W., Kohn, R. and J. Kitzes. 2012. A nitrogen footprint model to help consumers understand their role in nitrogen losses to the environment. *Environmental Development* 1: 40-66.
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Foran, B., Lobefero, L. and A. Geschke. 2012. International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* 486: 109-112.
- Loh, J. and Harmon, D. 2014. *Biocultural Diversity: threatened species, endangered languages*. WWF-Netherlands, Zeist, Netherlands.
- Lotze, H.K., Coll, M., Magera, A.M., Ward-Paige, C. and L. Airoidi. 2011. Recovery of marine animal populations and ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution* 26(11): 595-605.
- Mahoney, M. 1999. Review of the Declines and Disappearances within the Bell Frog Species Group (*Litoria aurea* species group). In: Campbell, A. (ed.) *Declines and Disappearances of Australian Frogs*, pp.81-93. Environment Australia, Canberra, Australia.
- Maisels, F., Strindberg, S., Blake, S., Wittemyer, G., Hart, J., Williamson, E., Rostand Aba'a, R., Abitsi, G., Ambahe, R.D., Amsini, F., Parfait C. Bakabana, P.C., Hicks, T.C., Bayogo, R.E., Bechem, M., Rene, R., Bezangoye, A.N., Boudjian, P., Bout, N., Akou, M.E., Bene, L.B., Fosso, B., Greengrass, E., Grossmann, F., Ikamba-Nkulu, C., Ilambu, O., Inogwabini, B.-I., Iyenguet, F., Kiminou, F., Kokangoye, M., Kujirakwinja, D., Latour, S., Liengola, I., Mackaya, Q., Madidi, J., Madzoke, B., Makoumbou, C., Malanda, G.-A., Malonga, R., Mbani, O., Mbenzo, V., Ambassa, E., Ekinde, A., Mihindou, Y., Morgan, B.J., Motsaba, P., Moukala, G., Mounguengui, A., Mowawa, B.S., Ndzai, C., Nixon, S., Nkumu, P., Nzolani, F., Pintea, L., Plumtre, A., Rainey, H., De Semboli, B., Serckx, A., Stokes, E., Turkalo, A., Vanleeuwe, H., Vosper, A. and Y. Warren. 2013. Devastating Decline of Forest Elephants in Central Africa. *PLOS ONE* 8(3): e59469.
- McNeely, J.A., Mittermeier, R.A., Brooks, T.M., Boltz, F. and N. Ash. 2009. *The Wealth of Nature: Ecosystem Services, Biodiversity, and Human Well-Being*. Conservation International, Washington DC, USA.
- MEA. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington DC, USA.
- Mekong River Commission. 2005. *Overview of the hydrology of the Mekong basin*. Mekong River Commission, Vientiane, Lao PDR. Available at: www.mekonginfo.org/assets/midocs/0001968-inland-waters-overview-of-the-hydrology-of-the-mekong-basin.pdf [accessed 8 June 2014].
- Milliken, T. and Shaw, J. 2012. *The South Africa-Viet Nam Rhino Horn Trade Nexus: A deadly combination of institutional lapses, corrupt wildlife industry professionals and Asian crime syndicates*. TRAFFIC, Johannesburg, South Africa.
- Natural Capital Project. 2013. URL: <http://naturalcapitalproject.org/belize.html> [accessed October 22, 2013].
- Nettle, D. 1999. *Linguistic Diversity*. Oxford University Press, Oxford.
- Nettle, D. & S. Romaine. 2000. *Vanishing Voices: The Extinction of the World's Languages*. Oxford University Press, Oxford.
- Nielsen, H. and Spenceley, A. 2010. *The success of tourism in Rwanda – Gorillas and more*. World Bank/SNV. Available at: siteresources.worldbank.org/AFRICAEXT/Resources/258643-1271798012256/Tourism_Rwanda.pdf [accessed 8 June 14]

- Nyoka, B.I. 2003. *State of Forest and Tree Genetic Resources in Dry Zone Southern Africa Development Community Countries*. Working Paper FGR/41E, FAO, Rome, Italy. Available at: www.fao.org/docrep/005/ac850e/ac850e07.htm [accessed 8 June 14]
- OBIS. 2012. *Data from the Ocean Biogeographic Information System. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*. Available at: www.iobis.org [accessed 21 September 2012]
- OECD. 2008. *OECD environmental outlook to 2030*. Available at: www.worldwaterweek.org/sa/node.asp?node=567 [accessed 8 June 14]
- Oppenheimer, M., Campos, M., Warren, R., Birkmann, J., Luber, G., O'Neill, B. and K. Takahashi. 2014. Emergent risks and key vulnerabilities. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Orr, S., Pittock, J., Chapagain, A. and D. Dumaresq. 2012. Dams on the Mekong River: Lost fish protein and the implications for land and water resources. *Global Environmental Change*, 22(4): 925–932.
- Osborne, W.S., Hunter, D.A. and G.L. Hollis. 1999. Population declines and range contraction in Australian alpine frogs. In: Campbell, A. (ed.) *Declines and Disappearances of Australian Frogs*, pp.145-157. Environment Australia, Canberra, Australia.
- Pörtner, H.-O., Karl, D.M., Boyd, P.W., Cheung, W.L., Lluich-Cota, S.E., Nojiri, Y., Schmidt, D.N. and P.O. Zvalov. 2014. Ocean systems. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Postel, S.L., Daily, G.C. and P.R. Ehrlich. 2009. Human appropriation of renewable fresh water. *Science*, New Series, Vol271, No.5250 (Feb. 9, 1996), 785-788. Available at: <http://www.csrc.sr.unh.edu/~lammers/MacroscaleHydrology/Papers/PostelEtAl1996-HumanAppropriationOfRenewableFreshWater-Science.pdf> [accessed 7 July 2014].
- Raworth, K. 2012. *A safe and just space for humanity: can we live within the doughnut?* Oxfam Discussion Paper, Oxfam International, Oxford, UK. Available at: www.oxfam.org/en/grow/policy/safe-and-just-space-humanity [accessed 8 June 14].
- Richter, B.D., Davis, M.M., Apse, C. and C. Konrad. 2012. A presumptive standard for environmental flow protection. *River Res. Applic.*, 28: 1312-1321. doi: 10.1002/rra.1511.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, III, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B.H., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, C. and J. Foley. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472-475, doi:10.1038/461472a.
- Ron, S.R., Duellman, W.E., Coloma, L.A. and M.R. Bustamante. 2003. Population Decline of the Jambato Toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology* 37(1): 116-126.
- Sachs, J.D. 2008. *Common Wealth: Economics for a crowded planet*. Penguin, New York, USA.
- Schiermeier, O. 2013. Water risk as world warms. *Nature* 505: 10–11.
- SEI. 2012. Noone, K., Sumaila, R. and R.J. Diaz (eds.) *Valuing the Ocean*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden.
- Seitzinger, S.P., Mayorga, E., Bouwman, A.F., Kroeze, C., Beusen, A.H.W., Billen, G., Van Drecht, G., Dumont, E., Fekete, B.M., Garnier, J. and J.A. Harrison. 2010. Global river

- nutrient export: A scenario analysis of past and future trends. *Global Biogeochemical Cycles* 24: GBoAo8, doi:10.1029/2009GBo03587.
- Shanghai DRC. 2014. Official website of Shanghai Municipal Development & Reform Commission (Shanghai DRC). http://www.shdrc.gov.cn/main?main_colid=319&top_id=312&main_artid=24296 (Chinese) [accessed: 21 April 2014].
- Sharp, R., Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Wood, S.A., Chaplin-Kramer, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C.K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Griffin, R., Glowinski, K., Chaumont, N., Perelman, A., Lacayo, M., Mandle, L., Griffin, R., and P. Hamel. 2014. *InVEST User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford.
- SIL International (Summer Institute of Linguistics). *World Language Mapping system*. See www.sil.org
- Steffen, W., Persson, A., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., Crumley, C., Crutzen, P., Folke, C., Gordon, L., Molina, M., Ramanathan, V., Rockström, J., Scheffer, M., Schellnhuber, H.J. and U. Svedin. 2011. The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship. *Ambio* 40(2011): 739-61.
- Stirling, I., Lunn, N. and J. Iacozza. 1999. Long-term Trends in the Population Ecology of Polar Bears in Western Hudson Bay in Relation to Climatic Change. *Arctic* 52(3): 294-306.
- Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Alexander, L.V., Allen, S.K., Bindoff, N.L., Bréon, F.-M., Church, J.A., Cubasch, U., Emori, S., Forster, P., Friedlingstein, P., Gillett, N., Gregory, J.M., Hartmann, D.L., Jansen, E., Kirtman, B., Knutti, R., Krishna Kumar, K., Lemke, P., Marotzke, J., Masson-Delmotte, V., Meehl, G.A., Mokhov, I.I., Piao, S., Ramaswamy, V., Randall, D., Rhein, M., Rojas, M., Sabine, C., Shindell, D., Talley, L.D., Vaughan D.G. and S.-P. Xie. 2013. Technical Summary. In: IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- Stockholm Resilience Centre. 2009. *The nine planetary boundaries*. Available online at: www.stockholmresilience.org/21/research/research-programmes/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/the-nine-planetary-boundaries.html [accessed 8 June 14].
- Sukhdev, P. 2010. TEEB, public goods and forests. *Arborvitae* 41: 8-9. Available at: cmsdata.iucn.org/downloads/av41_english__3_.pdf [accessed 8 June 14].
- Sutton, M.A., Oenema, O., Erisman, J.W., Leip, A., van Grinsven, H. and W. Winiwarter. 2011. Too much of a good thing. *Nature* 472: 159-161.
- Thurstan, R.H., Brockington, S. and C.M. Roberts. 2010. The effects of 118 years of industrial fishing on UK bottom trawl fisheries. *Nature Communications* 1(15), doi: 10.1038/ncomms1013.
- UN. 2012. *The Future We Want: Outcome document adopted at Rio+20*. Available at: www.un.org/en/sustainablefuture [accessed 8 June 14].
- UNDESA. 2012. *World Urbanisation Prospects – The 2011 Revision*. United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York, USA.
- UNDESA. 2013a. Population Division, *Population Facts No. 2013/10*, December 2013. United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York, USA.
- UNDESA. 2013b. *Population Division: World Population Prospects 2012 Revision*. United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York, USA.
- UNDP. 2013. *Human Development Indicators and Thematic Tables*. United Nations Development Programme. Available at: hdr.undp.org/en/data [accessed 8 June 14].
- UNEP FI. 2011. *Universal ownership: why environmental externalities matter to institutional investors*. Report prepared by Trucost Plc for PRI Association and United Nations Environment Programme Finance Initiative, Geneva, Switzerland.
- UNFPA. 2007. *State of the World's Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth*. United Nations Population Fund. New York, USA.
- UN HABITAT. 2011. *Global report on human settlement*. Available at http://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/E_Hot_Cities.pdf [accessed 9 July 2014].

- Van Strien, A., Van Swaay, C. and T. Termaat. 2013. Opportunistic citizen science data of animal species produce reliable estimates of distribution trends if analysed with occupancy models. *Journal of Applied Ecology* 50: 1450–1458.
- Vors, L.S. and Boyce, M.S. 2009. Global declines of caribou and reindeer. *Global Change Biology* 15(11): 2626–2633.
- Walston, J., Robinson, J.G., Bennett, E.L., Breitenmoser, U., da Fonseca, G.A.B., Goodrich, J., Gumal, M., Hunter, L., Johnson, A., Karanth, K.U., Leader-Williams, N., MacKinnon, K., Miquelle, D., Pattanavibool, A., Poole, C., Rabinowitz, A.R., Smith, J.L.D., Stokes, E.J., Stuart, S.N., Vongkhamheng, C. and H. Wibisono. 2010. Bringing the tiger back from the brink – the six per cent solution. *PLOS Biology* 8, e1000485.
- Water, Energy and Food Security Nexus. 2011. *Bonn2011 Conference Press backgrounder 1*. Available at: www.water-energy-food.org/en/whats_the_nexus/press.html [accessed 8 June 14].
- Water Footprint Network. 2014. WaterStat database. <http://www.waterfootprint.org/?page=files/WaterStat> [accessed: 14 July 2014].
- WCED. 1987. *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford, UK.
- WHO/UNICEF. 2013. *Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (JMP)*. Available at: www.wssinfo.org
- Williams, J.W., Blois, J.L. and B.N. Shuman. 2011. Extrinsic and intrinsic forcing of abrupt ecological change: case studies from the late Quaternary. *Journal of Ecology* 99(3): 664–677.
- World Bank. 2013. *World Development Indicators 2013*. World Bank, Washington DC, USA, doi: 10.1596/978-0-8213-9824-1. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0.
- World Future Council. 2013. *Sharing the experience of the food security system of Belo Horizonte*. Available at: www.fao.org/fileadmin/templates/FCIT/Meetings/Africites/presentations/WorldFutureCouncil_experience-Belo-Horizonte.pdf [accessed 8 June 14].
- WRG. 2009. *Charting Our Water Future: Economic Frameworks to Inform Decision-Making*. 2030 Water Resources Group. Available at: www.2030wrg.org/publication/charting-our-water-future [accessed 8 June 14].
- WWF 2014a. *The Water Risk Filter*. Available at: waterriskfilter.panda.org
- WWF-Brazil. 2013. *Environmental service incentives system in the state of Acre, Brazil: Lessons for policies, programmes and strategies for jurisdiction-wide REDD+*. Available at: assets.wwf.org.uk/downloads/sisa_report_english.pdf [accessed 8 June 2014].
- WWF-South Africa. 2013. *An Introduction to South Africa's Water Source Areas*. Available at: www.wwf.org.za/media_room/publications/?9322/an-introduction-to-south-africas-water-source-areas [accessed 8 June 2014].
- WWF. 2006. *WildFinder: Online database of species distributions, ver. Jan-06*. Available at: www.worldwildlife.org/WildFinder
- WWF. 2010. Reinventing the city: Three prerequisites for greening urban infrastructure http://www.wwf.se/source.php/1463977/wwf_reinventing_the_city_LR.pdf [accessed 14 July 2014].
- WWF. 2011a. *The Energy Report*. WWF International, Gland, Switzerland.
- WWF. 2011b. *WWF Living Forests Report*. WWF International, Gland, Switzerland.
- WWF. 2012. *Living Planet Report 2012. Biodiversity, biocapacity and better choices*. WWF International, Gland, Switzerland.
- WWF. 2014b. *PADDDtracker: Tracking Protected Area Downgrading, Downsizing, and Degazettement* [Beta version]. Available at: www.PADDDtracker.org [accessed 8 June 14].
- WWF/Dalberg. 2013. *The Economic Value of Virunga National Park*. WWF International, Gland, Switzerland.
- WWF/TNC. 2013. *Freshwater Ecoregions of the World*. Available at: www.feow.org [accessed 8 June 2014].
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Smith, A., Barry, T., Coe, A., Bown, P., Brenchley, P., Cantrill, D., Gale, A., Gibbard, P., Gregory, F., Hounslow, M., Kerr, A., Pearson, P., Knox, R., Powell, J., Waters, C., Marshall, J., Oates, M., Rawson, P. and P. Stone. 2008. Are we now living in the Anthropocene? *GSA Today* 18(2): 4–8 doi: 10.1130/GSAT01802A.1.

세계자연기금의 네트워크

세계자연기금 네트워크*

| | |
|----------|-----------|
| 가나 | 아제르바이잔 |
| 가봉 | 에콰도르 |
| 가이아나 | 영국 |
| 감비아 | 오스트레일리아 |
| 과테말라 | 오스트리아 |
| 그리스 | 온두라스 |
| 나미비아 | 우간다 |
| 남아프리카공화국 | 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 |
| 모리타니 | 콜롬비아 |
| 모잠비크 | 콩고민주공화국 |
| 몽골 | 쿠바 |
| 미국 | 탄자니아 |
| 미얀마 | 태국 |
| 베트남 | 터키 |
| 벨기에 | 튀니지 |
| 벨리즈 | 파나마 |
| 볼리비아 | 파라과이 |
| 부탄 | 파키스탄 |
| 불가리아 | 파푸아뉴기니 |
| 브라질 | 페루 |
| 세네갈 | 폴란드 |
| 솔로몬제도 | 프랑스 |
| 수리남 | 프랑스령 기아나 |
| 스웨덴 | 피지 |
| 스위스 | 핀란드 |
| 스페인 | 필리핀 |
| 싱가포르 | 헝가리 |
| 아랍에미리트연합 | 홍콩 |
| 아르메니아 | |

세계자연기금 제휴 기관

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

*2014년 7월 기준

출판 정보

스위스 글랜드에 본부를 둔 세계자연기금(이전 명칭은 세계야생생물기금)에서 2014년 9월에 출간한 본 저작물의 일부 또는 전체를 재출판하는 경우, 하기 규정을 준수하고 저작물 제목 및 저작권자인 상기 출판자를 기재해야 합니다.

인용 시 출처:

WWF. 2014. Living Planet Report 2014: people and places, species and spaces. [McLellan, R., Iyengar, L., Jeffries, B. and N. Oerlemans (Eds)]. WWF, Gland, Switzerland.

텍스트 및 그래픽:

© 2014 WWF. All rights reserved.

교육 및 기타 비상업적 용도를 제외하고 본 저작물을 재출간(사진 제외)하는 경우, 세계자연기금(WWF)에 서면으로 사전 고지하여 하기와 같이 적절한 허락을 받아야 합니다. 세계자연기금(WWF)의 사전 서면 허락 없이 재판매 및 기타 상업적 용도로 본 저작물을 재출판하는 것을 금지합니다. 용도에 관계없이 본 출간물의 사진을 재출간할 시에는 사전에 세계자연기금(WWF)의 사전 허락이 필요합니다.

본 보고서에서 특정 장소에 대해 언급했다라도, 그것이 특정한 나라, 영토, 지방, 정치 주체의 법적 지위나 그 경계 또는 한계의 확정과 관련된 세계자연기금(WWF)의 의견 표명은 아닙니다.

런던동물학회 Zoological Society of London

The authors are extremely grateful to the following individuals and organizations for sharing their data: Richard Gregory, Petr Voříšek and the European Bird Census Council for data from the Pan-European Common Bird Monitoring scheme; the Global Population Dynamics Database from the Centre for Population Biology, Imperial College London; Derek Pomeroy, Betty Lutaaya and Herbert Tushabe for data from the National Biodiversity Database, Makerere University Institute of Environment and Natural Resources, Uganda; Kristin Thorsrud Teien and Jorgen Randers, WWF-Norway; Pere Tomas-Vives, Christian Perennou, Driss Ezzine de Blas, Patrick Grillas and Thomas Galewski, Tour du Valat, Camargue, France; David Junor and Alexis Morgan, WWF Canada and all data contributors to the LPI for Canada; Miguel Angel Nuñez Herrero and Juan Diego López Giraldo, the Environmental Volunteer Programme in Natural Areas of Murcia Region, Spain; Mike Gill from the CBMP, Christoph Zockler from UNEP-WCMC and all data contributors to the ASTI report (www.asti.is); Arjan Berkhuysen, WWF-Netherlands and all data contributors to the LPI for global estuarine systems. A full list of data contributors can be found at www.livingplanetindex.org.

We would like to acknowledge the following individuals for their help adding data to the LPI database over the years: Rachel Burrows, Jenny Beschizza, Audrey Bourgois, Tharsila Carranza, Ffion Cassidy, Olivia Daniel, Adriana De Palma, Annemarie Greenwood, Jonathan Gunasekera, Nicola Harrison, Peter Hill, David Jacoby, Gayle Kothari, Julia Latham, Nicole Maddock, Robyn Manley, Valentina Marconi, Jenny Martin, Hannah MacGregor, Amy Munro-Faure, Charlotte Outhwaite, Fiona Pamplin, Victoria Price, Louise Raggett, Elizabeth Robinson, Jo Roche, Michael Taylor, Carolyn Thomson, Sandra Tranquilli, Ellie Trezise and Sarah Whitmee.

글로벌 생태발자국 네트워크 Global Footprint Network

The authors would like to thank the following national governments for testing the Ecological Footprint with Global Footprint Network and its partners to improve the quality of the National Footprint Accounts: Switzerland, United Arab Emirates, Finland, Germany, Ireland, Japan, Belgium, Luxembourg, Indonesia, Ecuador, Spain, and the Philippines.

Much of the research for this report would not have been possible without the generous support of: Avina Stiftung, Foundation for Global Community, Funding Exchange, MAVA - Fondation pour la Protection de la Nature, Mental Insight Foundation, Skoll Foundation, Stiftung ProCare, The Winslow Foundation; Flora Family Foundation; Karl Mayer Foundation; Zayed International Prize for the Environment; VIVA Trust; Environment Agency – Abu Dhabi; Barr Foundation, Rockefeller Foundation, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, V. Kann Rasmussen, Keidanren Nature Conservation Fund, Dr. Med Arthur und Estella Hirzel-Callegari Stiftung; Daniela Schlettwein-Gsell; Oliver and Bea Wackernagel; Marie-Christine Wackernagel-Burckhardt; Ader B. Gandhi; Sarosh Kumana; Terry and Mary Vogt and many other individual donors.

We would also like to acknowledge the Global Footprint Network's 76 partner organizations; and the Global Footprint Network National Accounts Committee for their guidance, contributions, and commitment to robust National Footprint Accounts.

물발자국 네트워크 Water Footprint Network

The Water Footprint Network would like to extend special thanks to Prof. Arjen Hoekstra, Dr. Mesfin Mekonnen and their team from the University of Twente for their extensive data and research support. Their contribution is of immense value to our work at Water Footprint Network.

We would also like to acknowledge the Water Footprint Network's 180+ partner organizations for their active support to Water Footprint Network's mission; and the Scientific Peer Review Committee of the Water Footprint Network for their peer review of the global standards and tools for Water Footprint Assessment.

세계자연기금 세계본부 WWF International

WWF International would like to thank WWF-Netherlands and WWF-Switzerland for funding the *Living Planet Report 2014*.

And for their invaluable support, we would like to thank: Carlos Drews (Director, Species, WWF International), Li Lifeng (Director, Freshwater, WWF International), John Tanzer (Director, Marine, WWF International), Lasse Gustavsson (former WWF International), Louise Lumholt (WWF-Denmark), and Phil Dickie, Pierre Bouvier, Stéphane Mauris, Matthew Lee and Naze Teo (Communications and Marketing Division, WWF International).

지구생명보고서 2014

Living Planet Report 2014

100%
RECYCLED



생물종

지구생명지수(LPI)에 따르면, 척추동물의 개체 수는 1970년 이후 절반으로 감소했습니다.

장소

숲, 강, 암초 등 자연 생태계는 건강하고 회복력있는 공동체 건설의 근간입니다.

사람

인류의 수요와 삶의 질 그리고 번영은 자연에 달려있습니다.

공간

현재 인류의 자원 수요량이 지구 자원의 1.5배에 달하면서 생태계의 부담이 가중되고 있습니다.



criteo.

본 보고서는 크리테오(Criteo)의 후원으로 인쇄되었습니다. 낭비되는 종이를 줄이고 지구에 가해지는 생태적 인력을 최소화하기 위해 FSC 인증 종이에 인쇄하였습니다. 개인맞춤형 디지털 퍼포먼스 광고를 선도하고 있는 글로벌 기업 크리테오(Criteo)는 공익과 환경을 생각하는 사회공헌 활동의 일환으로 웹 광고 공간 일부를 세계자연기금 한국본부(WWF-Korea)에 기부하고 있습니다.



Why we are here

To stop the degradation of the planet's natural environment and to build a future in which humans live in harmony with nature.

panda.org/lpr



© 1986 Panda symbol WWF – World Wide Fund For Nature (Formerly World Wildlife Fund)
 © “WWF” is a WWF Registered Trademark. WWF, Avenue du Mont-Blanc, 1196 Gland, Switzerland – Tel. +41 22 364 9111; Fax. +41 22 364 0332. For contact details and further information, visit our international website at panda.org