



세계자연기금

THIS REPORT
HAS BEEN
PRODUCED IN
COLLABORATION
WITH:

ZSL
LET'S WORK
FOR WILDLIFE

Global Footprint Network
Advancing the Science of Sustainability

REPORT

KR

2016

지구생명 보고서 2016

Risk and resilience in a new era

요약본

세계자연기금(World Wide Fund For Nature, WWF)

세계자연기금은 1961년 설립된 비영리 국제자연보전기관으로, 세계 100여 개국에서 글로벌 네트워크를 구축해 500만 명 이상의 후원자들과 함께 활발히 활동하고 있습니다. WWF는 지구의 자연환경을 보전하고 사람이 자연과 조화롭게 살아가는 미래를 만들고자 합니다. 이를 위해 생물다양성을 보전하고 재생가능한 자연자원의 이용을 지속가능한 방식으로 유도하며, 환경오염 및 불필요한 소비 절감에 대한 의식을 고취하는 데 힘쓰고 있습니다. 한국에서도 지난 10년간 자연보전 활동을 해왔으며 2014년 공식적으로 세계자연기금 한국본부가 설립되었습니다.

런던동물학회 로고

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 로고

글로벌 생태발자국 네트워크(Global Footprint Network)

글로벌 생태발자국 네트워크는 전 세계가 어떻게 자연자원을 관리하는지, 또 어떻게 기후변화에 대응하는지 연구하는 기관입니다. 2003년 설립 이후 50개 이상의 국가, 30개 이상의 도시, 70개 이상의 국제 파트너들과 교류하며, 효과적인 투자와 정책을 위한 과학적인 통찰을 제공하고 있습니다. 지구의 한계 내에서 인류가 함께 번영할 수 있는 미래를 위해 노력합니다.

국문 발간 관련 내용

발행인: 윤세웅

발행처: 세계자연기금 한국본부(WWF-Korea)

발행일: 2016년 10월

번역감수: 안혜진, 송혜경, 김정현

디자인 작업: 베스트셀러바나나

원문 발간 관련 정보: 37쪽 참조

목차

지속가능성을 향한 회복력	4
벼랑 끝에 선 인류	5
한 눈에 보기	6
인류세의 위기와 회복력	7

세계 지구생명지수	8
생물 종 모니터링	9
구체적 위협요인	10
위협요인	10
자연과 사람을 잇는 생태계 서비스	14

인류가 지구에 가하는 영향	18
지구의 한계	20
생태발자국	22
생태발자국으로 보는 전 세계	24

복잡한 세상에서 문제를 해결하는 법	28
----------------------------	----

자연과 사람을 위한, 회복력 있는 지구	30
글로벌 경제 시스템의 전환	32

앞으로 우리가 가야 할 길	36
-----------------------	----

인류의 산업 활동은 20세기 중엽부터 크기와
이에 따라 자연 및 자연이 인류에 제공하는
과학자들은 우리가 지질시대 상으로 홀로세(Holocene)를
새로운 지질시대에 진입했다고 한다. 현재 대부분의
개체 수가 지난 1970년부터 2012년 사이에 무려 58%나
요인은 서식지 감소와 훼손이다. 인류 또한 병들어 가는
지금 우리가 행동에 나서지 않으면 세계화된 현대
인류의 활동에 의해 이미 지구 시스템(Planetary Systems)
위험 수위를 넘어선 상태이다. 2012년에 이미 한 해
제공하기 위해서는 지구 1.6개분에 해당하는 생태용량이
온전히 유지하면서, 지구라는 한정된 공간에 사는 모든
개발전략이나 경제 모델, 비즈니스 모델을
반드시 알아야 할 사실이 있다. 그것은 바로 지구는
인류와 자연의 관계에 관한 전 지구적 이해를 통해 근본적인
인류세를 만들어갈

규모가 기하급수적으로 증가해 왔다.
서비스는 위협을 받게 되었다.
지나 ‘인류세(Anthropocene)’ 라고 불리는
생명체는 그 미래가 불확실하다. 일례로 척추동물의
감소했다. 동물의 개체 수를 위협하는 가장 대표적인
자연으로 인해 점차 피해를 입고 있다. 인류세로 접어드는
사회는 점점 더 척박한 환경에서 살아갈 수밖에 없다.
가운데 4개 범주는 안정된 작동 범위를 벗어나
동안 인류가 소비하는 자원과 생태서비스를
필요하게 되었다. 자연이 여러 형태와 기능을
사람들에게 공평한 생활환경을 제공하기 위해서는
수립하거나 라이프스타일을 결정하는 데 있어
하나뿐이고 지구의 자연자본은 한정되어 있다는 사실이다.
변화를 이끌어낸다면 모든 생명체가 함께 번영하는
수 있을 것이다.

지속가능성을 향한 회복력

우리가 살아가고 있는 이 시대를 한 단어로 정의한다면 어떤 단어로 표현할 수 있을까요?

지구의 큰 변화를 토대로 지질시대를 구분하는 과학자들은 아마 '인류세(人類世, Anthropocene)'를 꼽을지 모릅니다. 인류세는 노벨화학상을 받은 파울 크뤼첸(Paul Crutzen)이 지질시대를 구분하는 용어로 2002년 처음 제안했습니다. 국제지질학연합(IUGS)이 인정하는 공식적인 현재의 지질연대는 홀로세(Holocene)이지만 IUGS는 올해까지 인류세의 도래 여부를 확정하기로 하고 2009년부터 인류세 워킹그룹을 구성해 논의하고 있으며, 지난 1월 "지구가 인류세라는 새로운 지질연대에 들어갔다"는 증거를 국제 학술지 <사이언스>를 통해 발표하기도 했습니다.



급격한 인구 증가, 기후변화, 대기·수질·토양오염 등 인류는 지구에 큰 변화를 일으키고 있습니다. 이렇듯 인류세가 초래하는 변화 중 가장 끔찍한 일은 바로 대멸종(mass extinction)일 것입니다. 지구 전역에 걸쳐 현재까지 많은 분류군의 생물이 지질학적으로 거의 동시에 절멸한 현상을 대멸종이라고 일컫습니다. 백악기 공룡의 대멸종을 포함해 현재 학계에는 총 5차례의 대멸종이 알려져 있습니다. 일부 학자들은 현재 지구에서 6차 대멸종이 진행 중이며, 인류세에 접어들면서 생물종이 그 어느 대멸종보다 더 빠른 속도로 줄어들고 있다고 분석합니다.

이번 "지구생명보고서 2016: 인류세의 위기와 회복력"에서는 인류의 활동으로 인한 기후 변화, 서식지 감소, 지구 시스템의 변화를 초래하는 위험요인을 분석하고, 이에 대한 근본 원인을 찾아 해결해나갈 수 있는 방법을 제시합니다. 사건을 넘어 패턴을 읽어내고 나아가 전체적 시스템을 이해하고, 그 기저의 정신 모형까지 파악하는 일이 선행되어야 합니다. 이를 기반으로 우리는 '인류세'라는 단어로 요약되는 문제들에 대한 해결책을 구축하고 지구와 우리 사회 시스템과 자연의 '회복력(resilience)'을 키워나갈 수 있을 것입니다.

인류가 지구적 차원의 커다란 변화를 일으키고 있는 근본적인 이유를 이해함으로써, 사람과 자연이 조화를 이루는 미래를 만들어가야 합니다. 여섯 번째 대멸종이 아닌 '지속가능성(sustainability)' 달리 말해, 지구 상의 생명체가 계속해서 살아감을 향해 모든 노력을 기울여야 합니다. 다시 우리가 살아가고 있는 이 시대를 한 단어로 정의한다면, '지속가능성'이자 지속가능성을 향한 '회복력'이 되어야 할 것입니다. 그 길에 WWF가 여러분 모두와 함께하겠습니다. 함께라면 가능합니다.

세계자연기금 한국본부 대표 윤세웅

벼랑 끝에 선 인류

과학적 증거는 어느 때보다 확실합니다. 우리가 가진 지식 또한 그 어느 때보다 분명합니다. 인류가 자연에 가하는 부담이 기하급수적으로 증가한 결과로 자연 생태계가 훼손되었음을 추적할 수 있을 뿐만 아니라, 지구의 생명 부양 시스템과 지구 시스템의 한계가 서로 맞물려 있다는 사실도 이제는 잘 알고 있습니다.

이대로 가면 생물다양성 및 생명 부양 시스템을 비롯한 자연 세계가 붕괴하게 될 것입니다. 우리는 자연에 의존해서 살아갑니다. 숨을 쉴 공기가 필요하고, 마실 물이 필요합니다. 자연을 통해 필요한 음식과 물질을 얻고 경제를 움직입니다. 무엇보다 우리는 자연을 통해 건강을 유지하고 영감을 얻으며 행복을 누립니다.

지난 수십 년간 과학자들은 인류의 활동이 여섯 번째 대멸종(mass extinction)을 초래하고 있다고 경고해 왔습니다. 2016년 지구생명보고서는 이를 입증하는 증거를 제시합니다. 야생 동식물의 개체 수 감소는 이미 심각한 수준이며 2020년에는 평균 67%까지 감소할 전망입니다. 이와 같이 환경 훼손은 계속되고 있습니다. 그러나 동시에 인류가 생태적으로 지속가능한 미래를 향한 과도기에 있음을 보여 주는 시그널 또한 나타나고 있습니다.

2016년은 다시 한 번 역사상 가장 더운 해로 기록될 것으로 예상되지만 지난 2년 사이 지구의 이산화탄소 배출량은 안정화 되어, 이제 그 정점을 찍은 것이라는 의견도 있습니다. 밀렵과 야생동식물 밀거래가 횡행하고 생태계를 파괴하고 있지만 최근 미국과 중국은 상아(ivy)의 자국 내 거래를 금지하는 역사적인 조치를 단행하기도 했습니다.

더욱 중요한 사실이 있습니다. 전 세계의 새로운 목표인 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals)를 설정하는 과정의 획기적인 접근법을 통해, 사회·경제·환경 관련 의제가 상호 의존 관계에 있음이 세계 최상위 거버넌스 차원에서 인지되었다는 점입니다.

우리는 인류와 경제 발전이 환경 훼손과 엮인 고리를 끊는 새로운 접근법을 모색해야 합니다. 이는 과거 어떤 문명사회도 경험하지 못했던 근본적인 문화적 전환이자 행동의 전환일 것입니다.

이러한 변화는 바로 우리 손에 달려 있습니다. 우리 세대가 직면한 문제의 심각성을 절감한다면, 우리 모두는 인류와 지구가 조화를 이루는 미래를 만들 절호의 기회를 잘 활용할 수 있을 것입니다.

세계자연기금 사무총장 마르코 람베르티니

한 눈에 보기

What is going on?

지구의 현황

- 지구생명지수는 1970-2012년 사이 58% 하락하였다. 특히 담수 생태계에서 심각한 감소를 보였다.
- 현재 추세가 계속된다면 2020년 척추동물 개체 수는 1970년 대비 평균 67%까지 감소할 것이다.
- 인류가 자연자원에 가하는 부담이 증가함으로써 인류가 의존하는 자연자원, 물 및 식량 등의 안보, 자연자원에 대한 경쟁에서의 위험도가 높아지고 있다.

What can we do?

자연과 사람을 위한, 회복력 있는 지구

- 21세기 인류는 두 가지 과제에 직면해 있다. 하나는 자연이 가진 여러 형태와 기능을 온전히 유지하는 것이고, 다른 하나는 지구라는 한정된 공간에 사는 모든 사람에게 공정한 생활환경을 제공하는 일이다.
- WWF의 '지구는 하나라는 시각(One Planet Perspective)'은 지구의 생태 한계 내에서 자연자원을 관리·사용·공유하기 위해 필요한 '더 나은 선택'을 제시한다.
- 지속가능성으로 향하는 길로 발전 방향을 재설정하기 위해서는 에너지 및 식량 시스템의 근본적인 변화가 즉각 요구된다.
- 지속가능한 사회로 얼마나 빠르게 전환하는 지에 따라 우리 미래가 결정될 것이다.

What is our role?

인류가 지구에 미치는 영향

- 20세기 중반 이후 인류의 활동과 자원이용이 급속도로 증가하여, 주요 환경 시스템을 위험에 빠뜨리고 있다.
- 인류 안녕의 근간이 되는 이들 시스템은 상호작용하므로 각각 제 기능을 할 수 있도록 모두 관리해야 한다.
- 기후변화, 생물권 온전성, 생물학적 흐름, 토지 시스템 변화 등 인류에 닥친 지구적 차원의 영향과 위험은 이미 명백하다.
- 2012년 기준 인류가 1년 동안 소비하는 자연의 자원 및 서비스를 충족시키는데 지구 1.6개 분이 필요한 것으로 나타났다.

What are underlying reasons?

근본 원인을 찾아서

- 인류가 자연에 가하는 부담과 그에 대한 동인을 줄이기 위해서는 환경적, 사회적, 생태적 훼손을 일으키는 의사결정 과정의 본성을 우선 이해해야 하는 것이 필수적이다.
- 시스템적 사고는 인류 행태의 근본 원인에 대해 정의하는 데 도움이 된다.

인류세의 위기와 회복력

지구의 생태계는 수백만 년에 걸쳐 진화를 거듭해 왔다. 이 과정에서 다양하고 복잡한 생물 군집들이 그들의 주변 환경과 조화를 이루며 살게 되었다. 생태계의 본연적 가치도 중요하지만 다양한 생태계는 또한 인간이 삶을 유지하고 행복을 누리기 위한 토대를 제공한다. 그러나 20세기 중엽 이후 인류 산업활동의 크기와 규모가 기하급수적으로 증가하면서, 자연 및 자연이 인류에 제공하는 서비스가 점차 위협을 받고 있다. 위험 수준에 이른 환경 위기를 환기하기 위해 노벨상 수상자인 파울 크뤼첸 등의 학자는 인류가 홀로세(Holocene: 1만7000년 전 지구의 마지막 빙하기가 끝나고 난 뒤 인류 문명이 시작된 시기)를 지나 인류세(Anthropocene)라고 불리는 새로운 지질시대로 접어들었다고 주장한다.

인류세 시대에는 기후가 급속히 변화하고, 해양은 산성화되며, 모든 생물군계(biomes)가 사라지게 될 것이다. 이 모든 과정은 한 사람이 일생 동안 관찰할 수 있을 정도로 빠르게 진행될 것이다. 현재 대부분의 생명체는 그 미래가 불확실하다. 환경 위기는 야생 동식물에만 국한된 문제가 아니라 점점 더, 사람들도 자연 파괴로 인한 피해를 입고 있다. 기후 모형과 기타 예측 모형은 현 인류세에서 행동에 나서지 않는다면 세계화된 현대 사회는 점점 더 척박한 환경에서 살아갈 수밖에 없을 것이라고 예측한다.

이렇듯 인류세 시대가 초래할 것으로 예상되는 환경조건이 우리가 받아들일 수 없는 것임을 인지한다면 인류의 과제는 분명해진다. 앞으로 인류는 지구가 제공하는 환경의 범위 내에서 살아가는 법과 생태계의 회복력을 유지하고 복원하는 법을 배워야 한다. 인류세로의 진입을 주도하고 있는 것이 인류라는 사실은 희망을 품을 수 있는 이유이기도 하다. 우리는 눈 앞에 펼쳐지고 있는 변화와 이러한 변화가 자연과 우리 사회에 미칠 위험성을 인식하고 있을 뿐만 아니라, 그 원인이 어디에 있는지도 잘 알고 있기 때문이다. 이러한 인식은 우리가 의존하고 있는 생태계 회복을 위한 해법을 찾는 첫 걸음이자 살아가기에 쾌적하면서도 회복력이 있는 환경을 인류와 자연에 만들 수 있는 출발점이 된다. 지식에 기반한 행동과 실천들로 우리는 인류세 시대를 헤쳐나갈 수 있을 것이다.

세계 지구생명지수

지구생명지수(LPI, Living Planet Index)는, 다양한 척추동물들의 개체군 정보를 수집하여 시간의 추이에 따라 평균 개체군 풍도(population abundance)의 변화를 계산함으로써 생물다양성 수준을 측정하는 지표이다. 지구생명지수(LPI)는 주가 변동을 나타내는 주가지수와 유사하다. 주가지수가 세계 경제 상황을 보여주는 것처럼, 지구생명지수(LPI)는 지구의 생태적 상황을 보여주는 중요한 지표이다. 세계 지구생명지수(Global LPI)는 세계 각지의 척추동물(포유류, 조류, 어류, 양서류, 파충류) 3,706종, 14,152개의 개체군에서 얻은 과학적인 데이터를 기반으로 산출된다.

1970년에서 2012년 사이 세계 지구생명지수(Global LPI)를 살펴보면, 척추동물의 개체군 풍도가 전체적으로 58%나 감소했음을 알 수 있다(그림 1). 불과 40년 만에 척추동물의 개체군 크기들이 절반 이상 줄어든 것이다. 이것은 이들 개체군 크기가 매년 평균 2%씩 감소하고 있다는 것을 보여주며, 이 속도는 지금도 줄어들 기미를 보이지 않고 있다.

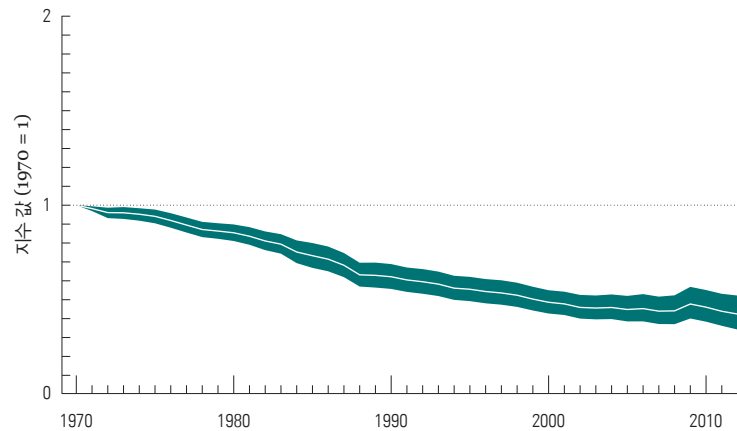


그림 1. 1970년에서 2012년 사이 58% (오차범위 -48% ~ -66%) 하락한 세계 지구생명지수
1970년부터 2012년까지 세계 여러 지역 3,706종 14,152개 개체군 풍도의 변화 추이. 백색 점선은 지수 값을, 추세선 주위의 음영 표시는 95% 신뢰 구간을 나타낸다(WWF/ZSL, 2016).

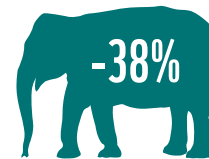
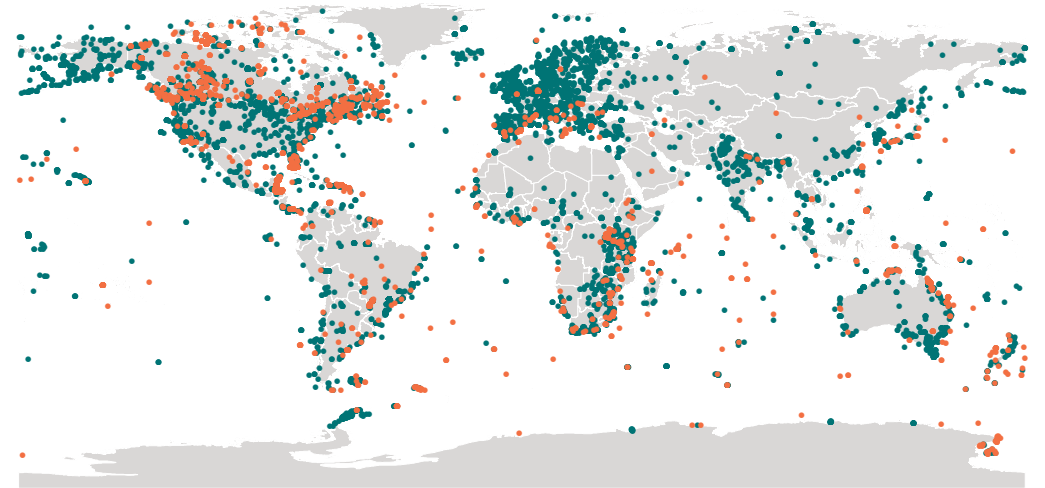
범례
 — 세계 지구생명지수
 ■ 신뢰 구간

1970년에서 2012년 사이 세계 지구생명지수(Global LPI)를 살펴보면, 척추동물의 개체군 풍도가 전체적으로 58%나 감소했음을 볼 수 있다.

생물 종 모니터링

그림 2. 지구생명지수(LPI) 산출에 사용된 데이터의 위치 지도에 표시된 점들이 지구생명지수(LPI) 도출을 위해 모니터링된 개체군들의 위치이다. 지난번 발표 이후 추가된 개체군들은 주황색 점으로 표시되었다.

지구생명지수(LPI) 데이터베이스는 지속적으로 보완되고 있으며 지구생명보고서가 새로 발간될 때마다 더 방대한 양의 데이터를 확보해 분석에 이용하고 있다. 지난 지구생명보고서 2014 발간 후, 척추동물 668종과 서로 다른 개체군 3,772개가 지구생명지수(LPI) 데이터베이스에 새로 추가되었다(그림 2). 현재는 척추동물의 개체군 정보만이 데이터로 활용되고 있다. 무척추동물과 식물을 포함하는 방법도 개발 중에 있다.



육상 생물 중 지구생명지수(LPI)는 1970년에서 2012년까지 육상동물이 전체 38% 감소했음을 나타낸다.



담수 생물 중 지구생명지수(LPI)는 1970년에서 2012년까지 담수 생태계에서 모니터링 되는 담수동물 풍도가 평균적으로 전체 81% 줄어들었음을 나타낸다.



해양 생물 중 지구생명지수(LPI)는 1970년에서 2012년까지 전체 36% 감소했다.

구체적 위협요인

개체군이 위협을 받고 있는지 아닌지는 종 회복력(species resilience), 위치, 위협 요인의 성격에 따라 달라진다. 지구생명지수(LPI)에서 이러한 위협 정보를 파악할 수 있는 생물 개체군의 수는 전체의 1/3 인 3,776개 개체군이다. 이 가운데 절반이 넘는 1,981개의 개체군은 개체 수가 줄어들고 있다. 개체군이 줄어드는 가장 일반적인 위협요인은 서식지 감소와 훼손이다.

위협요인



서식지 감소와 훼손

주요 서식지를 완전히 없애거나, 단편화시키거나 서식지 핵심 특성의 질을 떨어뜨림으로써, 생물 종이 서식하는 환경을 바꾸는 일을 말한다. 일반적인 원인으로서는 지속가능하지 않은 방식의 농업, 벌목, 수송, 거주지나 상업용지로의 개발, 에너지 생산이나 광산 개발 등을 꼽을 수 있다. 담수 서식지의 경우 주로 하천 단편화와 취수(取水)가 일반적인 위협 요인이다.

남획



남획에는 직접 남획과 간접 남획이 있다. 직접 남획은 지속가능하지 않은 방식의 사냥 및 밀렵 또는 수확을 말한다. 이 때 생계용과 상업용인지는 판단 기준에 포함되지 않는다. 간접 남획은 어업 과정에서의 혼획(混獲)과 같이 의도하지 않았던 종이 잡히게 되는 경우를 말한다.

오염



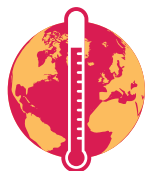
오염은 해당 종이 생존하기 어려운 환경을 만듦으로써 생물 종에 직접적인 영향을 끼친다(단적인 예로 기름 유출 사고 시 발생하는 일을 들 수 있다). 오염은 또한 먹이의 양이나 생식 능력에 영향을 주어 시간에 따라 개체 수를 감소시키는 방식으로 생물 종에 간접적으로 영향을 미치기도 한다.

외래종과 질병



외래종이 도입되면 고유종과 공간 및 식량, 기타 자원을 두고 경쟁하거나 고유종의 천적이 될 수 있다. 또 해당 지역에 없던 질병이 전파되기도 한다. 인류 역사 전 세계를 오가며 한 지역에서 다른 지역으로 새로운 질병을 옮긴다.

기후변화



기온이 변화하면 어떤 생물 종은 적합한 기후를 찾아 서식 장소를 바꿈으로써 적응하기도 한다. 기후변화가 생물 종에게 미치는 영향은 보통 간접적인 형태로 나타난다. 기온 변화는 이동과 번식과 같은 계절적 행동을 유발하는 신호를 교란하여, 계절적 행동이 잘못된 시기에 일어날 수 있다(예를 들어 어떤 서식지에서는 번식기와 먹이가 풍부한 시기 간의 맞춰진 관계에 오류가 발생할 수 있다).

그림 3. 703개 육상 생물 개체군의 1,281개 위협요인을 나타내는 위협요인별 빈도
각 개체군마다 세 가지 위협까지 기록할 수 있으므로, 기록 위협의 총 수가 개체군의 수를 초과한다(WWF/ZSL, 2016).

LPI 데이터베이스에는 육상 생물 개체군 중 감소하는 33%에 대한 위협 요인 정보가 담겨 있다. 육상 생물 개체군을 위협하는 가장 큰 요인은 서식지 감소와 훼손이며(그림 3) 남획이 그 뒤를 잇고 있다.

육상 생물 (703개 개체군)

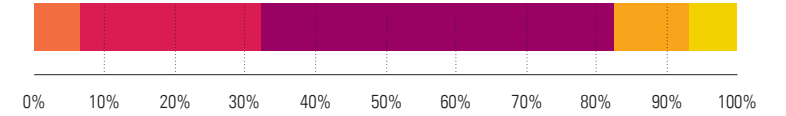


그림 4. 449개 담수 생물 개체군의 781개 위협요인을 나타내는 위협요인별 빈도
각 개체군마다 세 가지 위협까지 기록할 수 있으므로, 기록 위협의 총 수가 개체군의 수를 초과한다(WWF/ZSL, 2016).

LPI 데이터베이스에는 담수 생물 개체군 중 감소하는 31%에 대한 위협 요인 정보가 담겨 있다. 이 정보에 따르면 가장 큰 위협 요인은 역시 서식지 감소와 훼손이며, 분석 대상 개체군 연구의 48%에서 언급되었다(그림 4).

담수 생물 (449개 개체군)

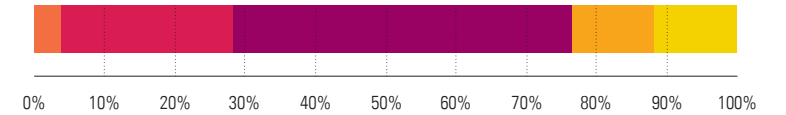
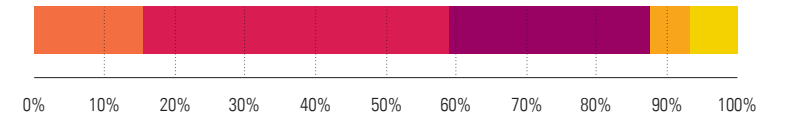


그림 5. 829개 해양 생물 개체군의 1,155개 위협요인을 나타내는 위협요인별 빈도
각 개체군마다 세 가지 위협까지 기록할 수 있으므로, 기록 위협의 총 수가 개체군의 수를 초과한다(WWF/ZSL, 2016).

LPI 데이터베이스를 통해 해양 생물 개체군 중 감소하는 29%에 대한 위협 요인 정보를 확인할 수 있다. 데이터에 따르면, 해양 생물 종의 가장 큰 위협 요인은 남획이며, 해양 서식지의 감소와 훼손이 그 뒤를 잇고 있다(그림 5).

해양 생물 (829개 개체군)



범례

- 기후변화
- 남획
- 서식지 감소/ 훼손
- 외래종과 질병
- 오염

개체군이 줄어드는 가장 일반적인 위협 요인은 서식지 감소와 훼손이다.

하천 복원을 위한 댐 철거:엘와 강

인간이 개발하지 않은 자연흐름하천(free-flowing rivers)은 담수 생태계의 야생지역이다. 이런 하천에서는 자연적으로 강물의 흐름이 변화하면서 하천 내부와 주변에 다양한 하천 생태계를 조성한다. 여러 곳에서 연결되는 자연흐름하천은 퇴적물을 하류로 운반하고, 영양분을 범람지대로 나르며, 범람원과 삼각주를 유지시켜 이상기후를 예방한다. 이 뿐만 아니라 강은 몸과 마음의 휴식처가 되기도 한다. 아울러 자연흐름하천이 남아있는 곳 대부분은 취약한 담수 생물다양성의 집이기도 하다. 댐을 비롯한 기타 기반시설은 이동 장벽을 만들어 서식지 단편화(fragmentation)나 하천유형(flow regimes)변화를 일으킴으로써 자연흐름하천에 위협요인으로 작용한다. 댐은 또한 장거리 회유성 어종의 이동 경로를 차단해 그들의 생활사 완료를 방해하거나 불가능하게 만든다.

이를 보여 주는 좋은 예가 바로 미국 북서부 지역의 엘와 강(Elwha River)이다. 수력발전용으로 건설된 엘와 댐(Elwha Dam, 1914년)과 글라인스캐니언 댐(Glides Canyon Dam, 1927년)은 연어의 이동 경로를 막았다. 지역 주민들은 엘와 댐이 완공된 뒤부터 강으로 돌아오는 성체 연어의 수가 급격히 감소했다고 증언한다. 이로 인해 이 지역에 살던 로워 엘와 클라람 부족(Lower Elwha Klallam Tribe)은 큰 피해를 입었다. 그들은 강으로 돌아오는 연어 및 하천유역에 서식하는 생물에 물리적, 정신적, 문화적으로 의존하고 있었기 때문이다. 연어는 바다의 영양분을 내륙으로 운반한다는 면에서 핵심종(keystone species)으로, 연어의 이러한 영양분 공급을 통해 강 주변의 육상 및 수상 생물 모두가 영양적 혜택을 받는다.

1980년대 중반부터 엘와 클라람 부족은 환경단체들과 함께 엘와 댐과 글라인스캐니언 댐 철거 운동을 추진하기 시작했다. 마침내 1992년에 “하천 생태계와 어업의 완전한 복원”을 골자로 하는, 엘와 강 생태계 및 어업 복원법(Elwha River Ecosystem and Fisheries Restoration Act)이 제정되었다. 그 뒤로 20년간의 계획 단계를 거쳐, 지난 2011년에 미국 역사상 최대 규모의 댐 철거였던 엘와 댐 철거 작업이 시작되었다. 글라인스캐니언 댐 철거 공사는 2014년 8월에 완료되었으며 어류 개체군들이 강으로 돌아올 것으로 기대되고 있다. 엘와 댐이 철거되기 시작한 직후인 지난 2012년에 이미 일부 왕연어(chinook salmon)들은 강으로 돌아왔다.



자연과 사람을 잇는 생태계 서비스

개체 수 감소는 해당 종이 살아가는 생태계의 상태와 서로 불가분의 관계에 있다. 이러한 생태계가 파괴된다는 것은 그 안에 서식하는 식물과 동물뿐 아니라 사람들에게도 위협이 된다. 우리는 생태계를 통해 식량과 신선한 물, 맑은 공기, 에너지, 약품, 휴식을 얻기 때문이다. 이뿐만 아니라 우리는 물과 공기를 조절 및 정화하고, 기후 조건을 유지하며, 꽃가루받이(受粉)와 종자 분산, 해충 및 질병 통제 작용 등 건강하고 다양한 자연 시스템의 혜택을 받는다(그림 6).

인류의 생활에 필요한 재생가능 및 재생불가능한 자연자원(식물, 동물, 공기, 물, 토양, 광물)의 가용 비축량을 가리켜 자연자본(natural capital)이라고 한다. 사람들은 국지적으로 또한 지구적 차원에서 자연자본의 여러 혜택을 받는데 이러한 혜택은 종종 '생태계 서비스(ecosystem services)'라고 일컬어진다.

자연자본 자산은 스스로 재생산되도록(self-sustainig) 진화했다. 하지만 인류가 자연에 가하는 부담이 자연자본이 재생산되는 속도보다 더 커짐으로써, 자연자본은 빠르게 줄어들고 있다. 인류가 자연에 가하는 부담으로는 자연 서식지의 농경지 전환, 어종 남획, 산업으로 인한 수질오염, 도시화, 지속가능하지 않은 방식의 농업 및 어업 등이 있다. 이미 우리는 자연자본 고갈의 결과를 경험하고 있다. 자연자본 고갈의 결과는 시간이 지나면서 더 심각해질 것이다. 식량과 물 부족이 심각해지고, 다수의 원자재 가격이 상승할 것이며, 토지와 해양을 차지하려는 경쟁 또한 치열해질 것이다. 자연자본에 대한 경쟁이 심해지면 사람이나 국가간 갈등과 인구이동, 기후변화가 한층 심화되고, 인류는 홍수와 가뭄 같은 자연재해에 더욱 취약해질 것이다. 그렇게 되면 인류의 육체적, 정신적 건강과 안녕이 전반적으로 위협을 받으며 이로 인해 갈등과 인구이동은 더욱 심각해지게 될 것이다.

건강한 생태계는 인류의 생존과 안녕, 번영에 필수적이다.



그림 6. 생태계 서비스
 물질적 혜택은 우리가 생태계로부터 얻는 자원을 뜻한다. 조절 기능은 생태계 프로세스의 조절 기능에서 비롯되는 혜택이다. 문화적 기능은 생태계로부터 사람들이 얻는 비물질적 혜택을, 부양 기능은 그 외 모든 생태계 서비스에 필요한 서비스를 뜻한다(Millennium Ecosystem Assessment, 2005 참조).

인류가 자연에 가하는 부담이 증가하면서 자연자본은 재생산되는 속도를 앞질러 빠르게 줄어들고 있다.

마다가스카르 지역공동체의 맹그로브 복원

맹그로브는 해안 생태계를 보호하고 안정시킨다. 특히 기후변화의 영향으로 이상폭우가 잦아지고 파도가 심해지는 상황에서는 맹그로브의 역할이 특별히 더욱 중요하다. 또한 맹그로브는 대표적인 온실가스 흡수원(sinks)으로 다른 산림 생태계보다 단위 면적당 탄소흡수량이 3-5%가량 더 많다. 그러나 이러한 맹그로브가 사라지고 있다. 도시와 관광지 개발을 위해 또는 연료와 건축 자재를 얻기 위해 맹그로브를 벌목하기 때문이다. 해안 보호구역을 지정하고, 맹그로브를 보전함으로써 지역 사회가 생계를 유지할 수 있도록 돕는 등 맹그로브를 현명하게 활용하는 것은 자연과 인간에 있어서 매우 중대한 일이다.

인도양 서부 해역을 따라 위치한 케냐와 마다가스카르, 모잠비크, 탄자니아의 삼각주에는 약 100만 헥타르에 달하는 세계 최대의 맹그로브 지역이 형성되어 있다. 맹그로브는 땅과 바다 사이에 위치한 생태지역(ecozone)으로서, 조류나 육상 포유동물은 물론이고 듀공과 같은 해양 포유동물에서 바다거북, 어류까지 매우 다양한 생명체가 사는 서식지이다. 아울러 이들 해안 지역에서 새우잡이가 경제적으로 매우 중요한데, 맹그로브는 안전한 산란장(spawning ground)이자 성육장(nursery ground)의 역할을 하고 있다.

마다가스카르 서부 해안의 멜라키(Melaky) 지역의 주민들은 자신들의 생계유지를 위해 필수적인 맹그로브를 복원하기 위해 행동에 나서고 있다. 마놈보(Manombo) 마을에서는 2015년 9월부터 온 주민이 맹그로브 보전과 복원을 위해 적극적으로 활동하고 있다. 맹그로브를 복원하게 되면 고정 수입원이 되는 물고기와 게를 더 많이 얻을 수 있어 지역 주민들이 경제적 혜택을 누릴 수 있고, 기후변화에 대한 회복력도 키울 수 있다. 맹그로브 재조림(reforestation)에 참여한 이 마을은 마을 주위의 훼손된 맹그로브 숲 복원을 위해 맹그로브 묘목 약 9,000 그루를 심었다. 마놈보 주위의 다른 마을 공동체들도 동참하여 지금까지 총 4만 9,000 그루의 묘목을 심었다. 맹그로브 숲의 미래와 지역 사회를 위한 진정한 성공 사례라고 할 수 있다.



인류가 지구에 가하는 영향

예로부터 자연이 인류 발전의 영향을 처리하는 데에는 한계가 있었다. 현재와 다른 점이 있다면 과거에는 환경 오염 및 기타 자연에 대한 부담은 대부분 해당 지역의 환경을 악화시키는 데 그쳤다는 것이다. 하지만 이제 우리는 자연의 회복력 한계를 전 지구적 차원에서 압박하고 있다. 세계 인구는 지난 1900년 16억 명에서 현재는 73억 명으로 크게 증가했다. 이 기간에 늘어난 자원에 대한 수요는 기술 혁신과 화석연료 사용으로 충당해왔다.

가장 주목할 만한 사건은 1900년대 초반 질소를 암모니아로 합성하는 방법을 개발한 것이다. 이렇게 탄생한 합성비료에 의존해 현재 전 세계 인구의 절반 가량이 식량을 얻고 있지만 이로 인해 대기와 물, 토양이 오염되고 있다. 손쉽게 구할 수 있는 화석연료는 가정과 산업생산에 필요한 에너지를 공급해 주고 국제 무역도 가능하게 한다. 하지만 이로 인해 대기 중 이산화탄소 농도 증가와 지구온난화라는 크나큰 대가를 치르고 있다(그림 7).

인류의 활동과 이에 수반되는 자원 이용은 특히 20세기 중엽 이후 가파르게 증가했고, 그 결과 인류의 발전과 성장을 지탱하는 환경의 상태가 악화되고 있다. 전 지구적 차원에서 이러한 위기에 대처하는 것은 과거 우리가 다뤄왔던 어떤 일보다도 훨씬 더 어려운 도전임은 분명하다. 지구를 하나의 시스템으로 인식(An Earth system perspective)할 때 비로소 인류의 활동과 지구의 자연상태에 작용하는 전 세계적 영향 사이의 복잡한 관계를 파악할 수 있다. 한 지역의 변화가 어떻게 다른 지역의 변화에 영향을 주는지 이해할 수 있으며, 한 시스템에 작용한 영향력이 다른 시스템에도 영향을 미칠 수 있음을 인식할 수 있다.

인류의 활동과 그에 따른 자원 사용의 급격한 증가로, 인류의 발전과 성장의 기반이 되는 자연환경이 악화되기 시작했다.

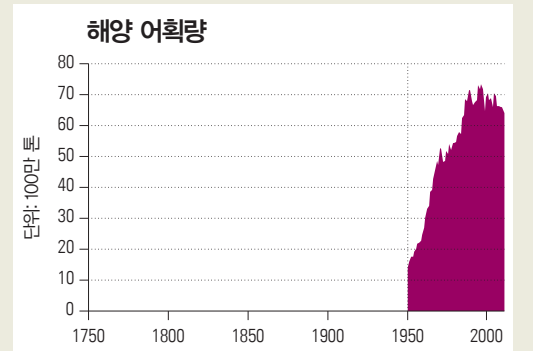
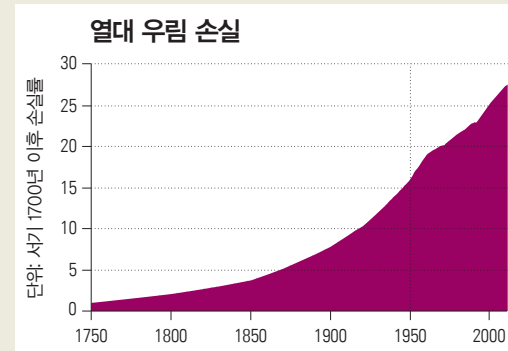
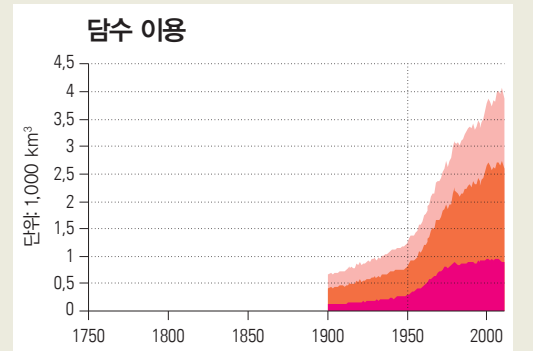
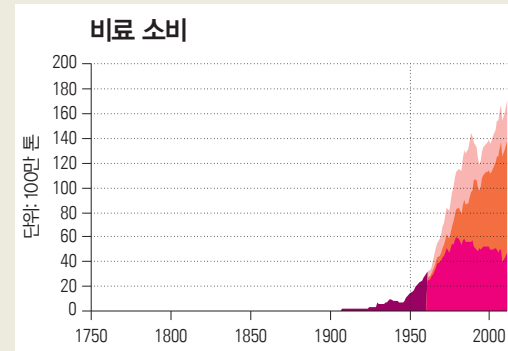
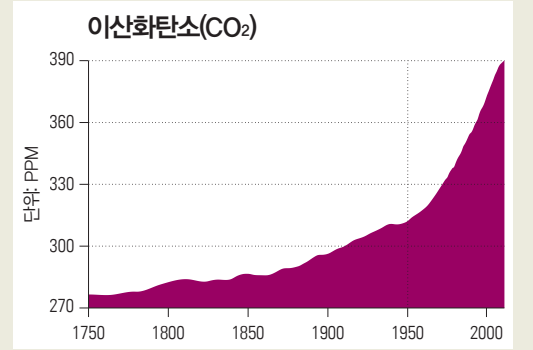
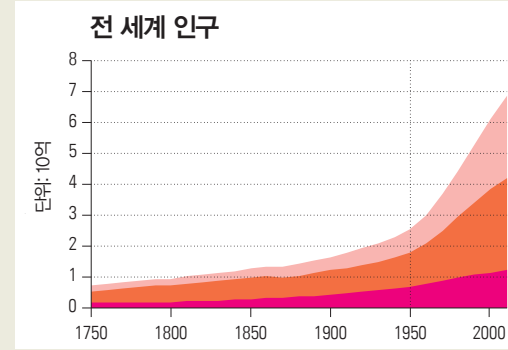
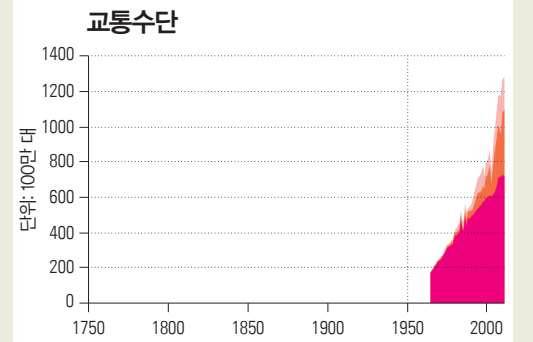


그림 7. '거대 가속(great acceleration)' 이 그림을 통해 인류 활동의 크기와 규모가 어떻게 변화되어 왔는지 그 추이를 확인할 수 있다. 출처: IGBP, 2016. Plots based on the analysis of Steffen et al., 2015b.

범례

- 기타 국가
- 브릭스(BRICS) 국가
- 경제협력개발기구(OECD) 국가
- 전 세계



지구의 한계

지구의 한계 프레임워크(Planetary Boundaries framework)는 지구를 하나의 시스템으로 이해하는 관점을 구체적으로 나타낸다. 지구의 한계 프레임워크를 통해 전 세계적인 소비 및 생산 패턴이 어떠한 방식으로 자연과 인류 시스템의 위기를 증대시키는지 잘 파악할 수 있다.

인류가 변형시킨 아홉 가지 지구 시스템의 기능은 '지구의 한계'의 근간을 이루고 있다(그림 8). 이 아홉 가지는 1) 생물권 온전성(생태계 및 생물다양성 파괴), 2) 기후변화 및 3) 이에 동반하는 해양 산성화, 4) 토지 이용의 변화, 5) 지속가능하지 않은 방식의 담수 이용, 6) 생지화학적 흐름의 교란(질소와 인의 생물권으로의 유입), 7) 대기 중의 에어로졸 변화, 8) 신규 화학물질로 인한 오염과 이러한 오염 가운데 하나인 9) 성층권 오존층 파괴이다. 지구 생태계의 기능과 회복력에 대해 날로 발전하는 우리의 이해를 바탕으로, 지구의 한계 프레임워크에서는 지구의 이러한 주요 하위시스템(subsystems)의 기능에 대한 안전 한계선을 설정한다. 인류 사회는 이렇게 설정된 안전한계선 내에서만 발전과 번영을 누릴 수 있다. 이러한 안전한계선을 벗어나도록 지나친 부담을 가할 경우, 우리가 의존하는 자원을 되돌릴 수 없는 수준으로 변형시킬 위험이 있다.

안전한계선을 벗어나는 것이 생물물리학적 및 사회적으로 어떠한 결과를 가져오는지에 대해 과학적으로 분명하지 않은 부분이 있다. 하지만 현재의 분석 결과에 따르면, 이미 인류의 압력으로 지구의 하위시스템 가운데 네 개 범주는 안전한계선을 벗어난 상태이다. 인류의 압력으로 인한 지구적 차원의 영향과 위험은 기후변화, 생물권 온전성, 생지화학적 흐름, 토지 이용의 변화에서 이미 뚜렷이 나타나고 있다. 다른 조사 결과에서는 담수 이용 또한 안전한계선을 넘어선 것으로 진단한다.

지구의 한계 개념은 현재 인류가 확인한 잠재적 임계점(tipping point)을 표현하는 데 매우 유용하다. 아울러 자연 시스템을 관리함에 있어 예방 원칙을 적용하는 것이 중요함을 재차 확인할 수 있다. 지구의 한계를 설정하고 이를 지켜 나간다면 인류세가 살아가기 힘든 시대가 될 위험성을 크게 줄일 수 있을 것이다.

지구의 한계 개념은 지구 시스템에 대한 인류 간섭의 위험을 나타낸다.

현재의 분석 결과에 따르면, 인류는 이미 지구의 하위시스템 가운데 네 개 범주에서 안전한계선을 벗어나도록 압력을 가한 상태이다.

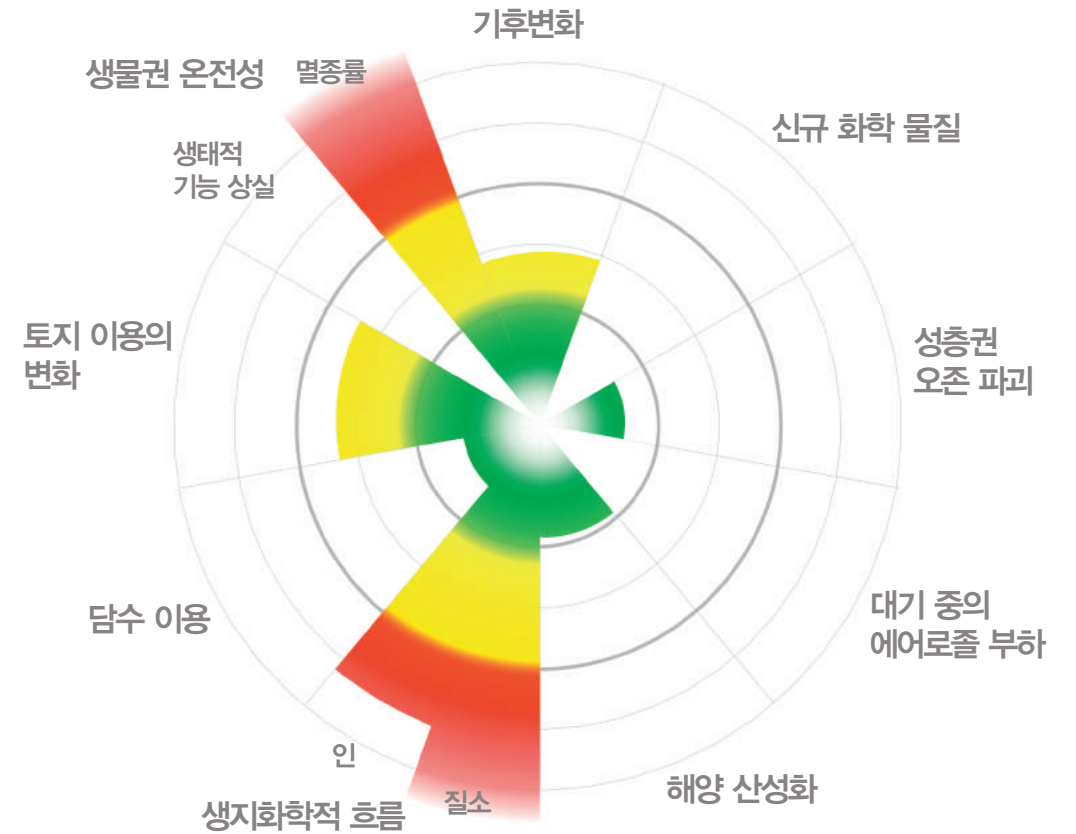


그림 8. 지구의 한계
초록색 부분은 안전 영역을 나타내며, 노란색 부분은 지구 시스템의 안정성 파괴 위험이 증가하는 '불확실성의 영역'을, 빨간색 부분은 지구 시스템을 홀로세와 같은, 안정적인 상태에서 벗어나게 하는 '고위험 영역'을 나타낸다(Steffen et al., 2015).

범례
 ■ 불확실성의 영역 초과(고위험)
 ■ 불확실성의 영역(위험 증가)
 ■ 안전한계선 이내(안전)

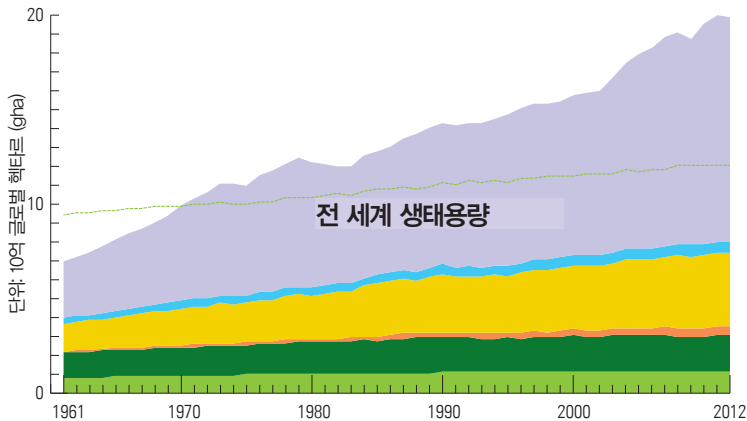
한 가지 명심해야 할 사실은, 다른 범주들과 상관없이 하나의 범주만 해결할 수는 없다는 점이다. 지구의 한계에서 일어나는 여러 변화는 서로 동떨어져 있지 않다. 하나의 범주에서 발생한 변화는 다른 범주의 변화를 통해 크게 증폭될 수 있다. 우리는 기후변화에 대응하기 위해 신기술이나 배출 저감 기술을 이용해 대기 중 이산화탄소를 제거할 수 있다고 가정한다고 해도 토지 이용의 변화, 생지화학적 흐름, 그리고 기타 하위시스템 등이 생물권 온전성에 주는 영향을 고려하지 않는다면 인류세 시대를 헤쳐나갈 지속가능한 계획을 수립하지 못할 것이다.

생태발자국

인류의 자원 수요는 1970년대 초부터 지속가능한 차원의 지구 자원 공급량을 앞지르기 시작했다. 2012년에는 한 해 동안 인류가 소비하는 자원과 생태 서비스를 충당하기 위해 지구 1.6개 분에 해당하는 생태용량이 필요했다. 이 정도로 지구의 생태용량을 초과하는 일은 그리 오래갈 수 없다. 우리는 매우 짧은 기간 동안만 나무의 성장 속도를 초과해 벌목할 수 있으며, 해양의 재생 능력을 초과해 어획고를 올릴 수 있다. 산림과 해양의 흡수 능력을 초과해 이산화탄소를 대기로 배출하는 것도 아주 잠시뿐이다. 이러한 '과용(overshoot)'의 결과는 이미 가시화되고 있다. 어장이 사라지고, 서식지와 생물 개체 수가 감소하고 있으며 대기에는 이산화탄소가 축적되고 있다.

인류가 자연에 가한 부담으로 인한 결과를 조금씩 관찰하면서 이를 중요하게 생각하고는 있지만, 실제 사회에서는 아직 이에 대해 경제적으로 합리적인 대응을 하고 있지는 않다. 지난 40년간의 생태발자국 데이터를 살펴보면, 전 세계 생태발자국 총량이 감소한 시기가 몇 번 있었는데 이것은 자연에 대한 인류의 영향력을 정책적으로 제한했기 때문이 아니었다. 이들은 주요 경제 위기로 인한 결과였다. 1973년 오일파동, 1980년부터 1982년까지 이어진 미국 및 대다수 OECD 국가의 경기 침체, 2008년부터 2009년 사이의 글로벌 경기 침체와 같은 요인이었다. 이러한 생태발자국의 감소는 일시적이었을 뿐만 아니라 그 후 가파른 생태발자국 증가로 이어졌다.

그림 9. 지구 생태용량 대비 구성 요소별 전 세계 생태발자국 (1961-2012년)
인류의 생태발자국 구성 요소 중에서 탄소가 가장 큰 비중 (1961년 43%, 2012년 60%) 을 차지한다. 탄소는 전 세계 차원에서뿐만 아니라 233개국 중 145개 국가 및 영토에서 가장 큰 비중을 차지한다. 주된 이유로는 석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료의 연소를 들 수 있다. 초록색 선은 자연자원과 생태계 서비스를 제공할 수 있는 지구의 용량, 즉 생태용량을 나타낸다. 농업 생산성의 증가로, 약간 상승하는 추세를 보인다(Global Footprint Network, 2016). 데이터 단위는 글로벌 헥타르 (gha).



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

생태발자국 구성요소 들여다보기

생태발자국이란 자연에 대한 인간의 수요를 일컫는다. 자원을 재생산하거나 폐기물 처리(현재 화석연료 연소로 발생하는 이산화탄소, 토지 이용의 변화, 시멘트만 산정)하는 데 필요한, 생물학적으로 생산적인 면적을 계산한 것이다. 생태발자국은 다음 여섯 가지 요소로 구성된다.



농경지 발자국

농경지 발자국은 인간이 소비하는 식량 및 섬유, 가축 사료, 유료작물(油料作物), 고무 생산용 토지에 대한 수요를 말한다.



목초지 발자국

목초지 발자국은 육류제품, 유제품, 가죽 및 양모제품을 생산하는 가축 사육용 방목지에 대한 수요를 뜻한다.



어장 발자국

어장 발자국은 해산물 어획과 양식업에 필요한 연안 일차 생산원(예: 식물성 플랑크톤)을 생산하기 위한 해양 및 내륙 수역 생태계에 대한 수요를 일컫는다.



산림 발자국

산림 발자국은 땀나무와 펄프, 목재제품 생산용 산림에 대한 수요를 말한다.



시가지 발자국

시가지 발자국은 교통수단, 주거지, 산업용 건축물 등 사회기반시설 구축에 필요한 생물학적 생산성을 가진 지역에 대한 수요를 말한다.



탄소 발자국

탄소 발자국은 해양이 흡수하는 양 외에 장기적 탄소 흡수가 가능한 주요 생태계인 산림에 대한 수요를 일컫는다. 인류의 산림 관리 방식과 산림의 유형 및 연령에 따라 탄소흡수율은 달라지며, 또 여기에는 산불과 토양, 목재 채취로 인해 발생하는 이산화탄소 배출량도 포함되어 고려된다.

생태발자국으로 보는 전 세계

1인당 생태발자국 평균이 국가별로 다른 것은 나라마다 총 소비의 양이 다르기 때문이다. 1인당 생태발자국 평균은 또한 각각 생태발자국의 구성요소에 대한 수요에 따라서도 달라진다. 생태발자국 구성요소에는 자국민들이 소비하는 재화와 서비스의 양, 사용하는 자연자원, 그리고 이러한 재화와 서비스의 제공을 위해 발생된 탄소가 포함된다. 그림 10은 2012년도의 국가별 1인당 생태발자국 평균을 나타낸다.

1인당 생태발자국 수치가 높은 국가를 보면, 탄소 구성요소가 특히 높는데 이는 화석연료 소비뿐 아니라 에너지 집약적 상품 사용에서 기인한다. 일부 국가의 경우 1인당 생태발자국 수치가 전 세계 1인당 평균 생태용량(1.7 gha)과 비교해 무려 6배나 높다. 이는 해당 국가의 국민들이 자신들에게 공정하게 할당된 지구의 자원을 초과해 사용함으로써 자연에 불균형적인 압박을 가하고 있음을 의미한다. 반대로 세계 최빈국 가운데 일부의 생태발자국은 전 세계 1인당 가용 생태용량의 절반에도 미치지 못한다. 이는 국민 대다수가 기본적 필요만을 채우는 데도 어려움을 겪고 있기 때문이다.

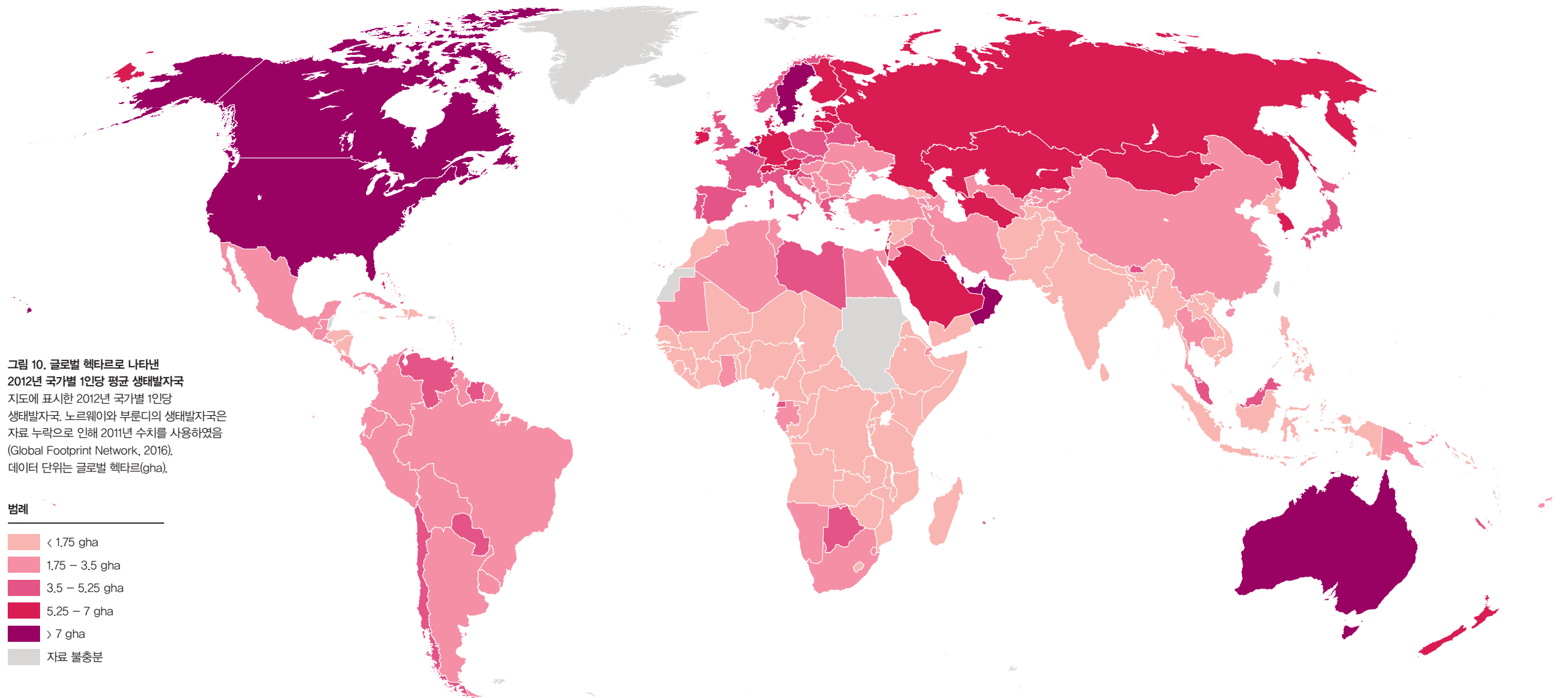
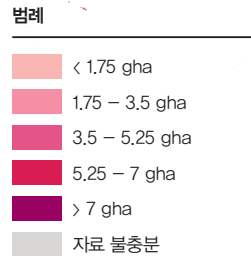


그림 10. 글로벌 헥타르로 나타낸 2012년 국가별 1인당 평균 생태발자국 지도에 표시한 2012년 국가별 1인당 생태발자국. 노르웨이와 부룬디의 생태발자국 자료 누락으로 인해 2011년 수치를 사용하였음 (Global Footprint Network, 2016). 데이터 단위는 글로벌 헥타르(gha).



중국의 황토고원 생태 복원

중국의 황토고원(Loess Plateau)은 지구에서 가장 많은 종족의 발원지이다. 과거 이곳은 울창한 산림과 초원 생태계가 펼쳐지던 곳이기도 하다. 전 세계 주요 문명 중 하나가 이곳에서 성장하였으나 이로 인해 생물다양성과 생물량, 누적 유기물이 감소하게 되었다. 시간이 흐르면서 이 지역은 수분을 흡수하고 유지하는 능력을 상실했고, 그 결과 프랑스 국토만 한 면적이 건조지대로 변해 버렸다. 유기물의 부패를 통한 지속적인 영양분 순환이 없어지자 토양은 비옥도를 상실했고, 바람과 물에 의해 침식이 이루어지면서 황토고원은 거대한 불모지로 바뀌었다. 1,000년 전까지 거대한 중국 초기 왕조가 자리잡았던 이곳은 재력가와 권력자들로부터 외면을 받게 되었다. 1990년대 중엽까지도 황토고원은 '중국의 슬픔(China's Sorrow)'이라 불리며 홍수와 가뭄, 기근이 반복되는 것으로 유명했다.

현재에는 황토고원의 대부분의 지역이 복원된 상태이다. 이러한 변화는 생태적 이용 토지와 경제적 이용 토지를 구분해 지정하는 한편 계단식 경작지 조성(terracing), 토사트랩(sediment traps) 및 사방댐(check dams) 설치, 기타 강우침투법(infiltrating rainfall) 활용 등을 통해 이루어 낸 성과이다. 이와 더불어 생물량과 유기물질 증가를 위해 생태적 이용 토지에 대규모 조림 사업을 실시하고, 경제적 이용 토지에는 지속가능하고 기후스마트한(climate-smart) 농업 방법을 사용하는 노력을 이어왔다.

황토고원 복원을 위해서는 재화와 서비스를 생산하고 소비하는 일보다 생태계의 기능을 보호하는 일이 장기적 관점에서 훨씬 더 가치 있음을 인식하는 일이 필요했다. 이러한 인식을 바탕으로 가능한 한 많은 토지를 생태적 지역(ecological land)로 지정하는 것이 합당한 일이 되었다. 이것은 또한 기존의 통념을 깨트리는 결과를 가져왔다. 상대적으로 작은 지역에 투자와 생산을 집중함으로써 결과적으로 생산성을 증대할 수 있었기 때문이다. 이로써 제 기능을 하지 못하는 생태계보다 온전히 기능하는 생태계가 생산성이 더 높다는 점을 분명히 보여주었다.

중국의 황토고원 복원 프로젝트를 통해 대규모로 훼손된 생태계도 복원이 가능하다는 것을 분명히 알 수 있다. 이는 우리가 기후의 영향에 적응하고 토양의 회복력을 높이고 생산성을 늘리는 데에도 도움이 된다. 아울러 황토고원 사례는, 생산과 소비보다 생태계의 기능이 높을수록 평가하게 함으로써 인류에 장기적인 안목으로 투자를 선택하도록 하는, 논리적 틀을 제공하고 세대를 아우르는 사고의 긍정적인 결과를 보도록 한다.



복잡한 세상에서 문제를 해결하는 법

우리가 지금까지 걸어 온 사회·경제적 발전의 길에서 방향을 바꿔 인류와 생물계의 안녕을 저해하지 않는 쪽으로 발길을 돌려야 함은 분명해 보인다. 지구의 한계 초과, 소비 발자국 증가, 지구생명지수의 지속적 하락과 같은 위험 요인이 증가하는 것을 보면 지속가능성을 향한 노력은 아직도 부족하지만 하다. 그렇다면 어떻게 해야 인류의 발전 방식에 영향력을 행사해 중요하고도 근본적인 변화를 이끌어 낼 수 있을까?

인류의 시스템에 의미 있는 변화를 주기 위해서는 우선 환경·사회·생태계 훼손을 초래하는 의사결정 방식이 어떠한 특성을 갖는지 알아 볼 필요가 있다. 사람들은 매일 무수히 많은 결정을 내리고 실행하는데, 이러한 선택이 사회와 지구 시스템에 가시적이든 비가시적이든 영향을 주게 된다. 문제가 상당히 복잡함에도 우리는 이런 문제를 해결하려고 할 때 대개는 피상적 해법에만 의존한다.

시스템 사고법을 사용하면 복잡한 문제를 단계별로 파악한 뒤 각 단계 사이의 관계를 분석함으로써 꼭 필요한 질문을 던질 수 있다. 시스템 사고법에서 가장 많이 사용하는 방법은 '4단계 사고(four levels of thinking)' 모형이다. 이 모형을 통해 복잡한 문제의 근본 원인과 기본적인 역학관계를 파악할 수 있다.

첫째 단계인 사건(events)은 시스템 중에서 겉으로 드러난 "빙산의 일각"에 지나지 않는다. 사건은 구체적이거나 가시적이고 효과가 즉각적이기 때문에, 정책 논의와 문제 해결을 위한 개입은 대부분 이 단계에서 이루어진다. 하지만 이처럼 사건을 해결하는 일은 문제의 증상을 다룰 뿐 문제의 근원을 다루는 것은 아니다. 4단계 사고법을 적용해 보면 피상적인 해법이 지속적으로 효과를 내지 못하는 이유가 분명해진다. 문제의 원인이 사회·경제 시스템에 깊이 뿌리를 내리고 있다면 그 문제는 시간이 지나거나 장소가 달라지면서 다시 고개를 들게 된다.

문제에 대한 해결책을 찾는 데는 그에 대한 압박과 동인, 근본 원인, 기본적인 역학관계에 대해 충분히 깊게 이해하는 것이 필요하다.

문제가 상당히 복잡함에도 우리는 이런 문제를 해결하려고 할 때 대개는 피상적 해법에만 의존한다.

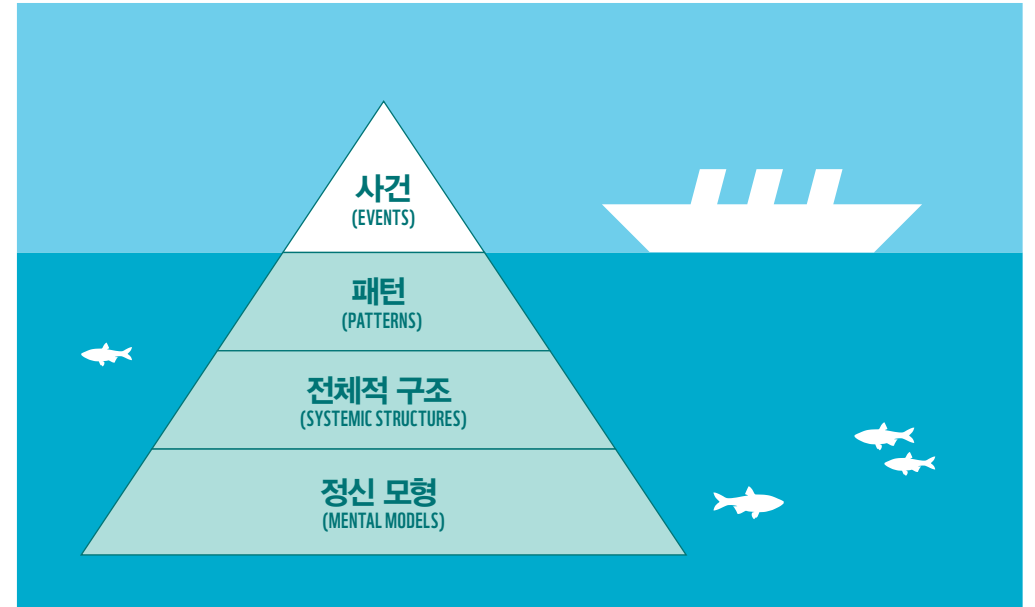


그림 11. "4단계 사고법" 모형 설명 예시
4단계 사고법 모형은 사건, 증상은 시스템 전체의 역학 관계의 빙산에 일각에 지나지 않음을 보여준다. 반면, 기저의 시스템 작용 결정요인은 덜 분명하다. 표면의 사건 너머로 더 깊이 들어갈수록, "근본 원인"에 가까워진다(Maani and Cavana, 2007 참조).

두 번째 단계는 패턴(patterns)이다. 패턴은 일련의 사건들이 반복적으로 일어나 눈에 띄는 행동이나 결과를 만드는 경우에 나타난다. 예컨대, 개개인이 마트에서 무엇을 구입할 지에 대한 선택이나 허리케인의 발생 등은 하나의 사건이다. 이러한 사건을 한데 묶어 시간에 따라 배열한 경우에만 더 큰 패턴을 볼 수 있다.

세 번째 단계는 전체적 구조(systemic structures) 단계로, 이 단계에서 정치적, 사회적, 생물물리학적, 경제적 구조는 시스템 내의 여러 요소가 행동하고 상호작용하는 방식에 제약을 가한다. 이 단계에 와야 우리는 시스템 내의 사건과 여러 행위자들 간의 인과관계를 파악하기 시작한다. 이처럼 제약성을 띤 전체적 구조 중 하나로 지금의 글로벌 경제 모형을 들 수 있다.

네 번째 단계는 가장 심층적 사고 수준인 개인과 단체의 정신 모형(mental models)이다. 정신 모형 단계는 우리 각자의 신념과 가치, 전제 등을 반영한다. 문화에 따라 달라질 수 있는 정신 모형은 의사결정 과정에서 거의 고려의 대상이 되지 않다. 그러나 "더 행복해지기 위해서는 더욱 부유해져야 한다", "사람들이 가난한 이유는 노력이 부족해서이다"와 같은 신념체계는 앞의 네 가지 단계에 큰 영향을 주게 된다. 정신 모형은 시스템 구조의 설계, 행동 유도를 위한 지침과 보상뿐 아니라 궁극적으로는 우리의 일상을 구성하는 각 사건에도 영향을 미친다.

자연과 사람을 위한, 회복력 있는 지구

21세기는 인류에 두 가지 과제를 던지고 있다. 하나는 자연의 여러 형태와 기능을 온전히 유지하는 일이고, 다른 하나는 인류가 한정된 지구에서 살아갈 수 있도록 공간을 공정하게 제공하는 일이다. 지속가능한 발전을 위한 UN의 목표에는 인류사회가 인류세 시대에 대응하는 데 필요한 경제·사회·생태적 요소가 모두 접목되어 있다. 이러한 요소들은 모두 밀접하게 맞물려 있기 때문에 따라서 통합적인 방식으로 다루어져야 한다. 아울러 발전 전략과 경제모델, 비즈니스 모델, 라이프스타일을 결정하는 과정에서 반드시 알아야 할 사실이 있다. 그것은 바로 지구는 하나뿐이고 지구의 자연자본은 한정되어 있다는 사실이다.

세계자연기금의 '지구는 하나라는 시각(One Planet Perspective)'은 지구의 생태 한계 내에서 자연자원을 관리·사용·공유하기 위해 필요한 '더 나은 선택'을 제시한다. 이러한 관점은 각국이 지속가능한 목표 달성 약속을 이행하는 데에도 일조할 수 있다. 예컨대 개인의 목표, 기업의 활동, 정부의 정책을 지속가능한 목표와 연동함으로써 지속가능한 글로벌 사회를 만들어 갈 수 있다.

기업에 적용한다면, '지구는 하나라는 사고(One Planet Thinking)'는 기업 운영을 지속 가능한 발전 방향과 발맞추도록 제한함으로써 기업이 미래 세대를 위한 건강하고 회복력 있는 지구를 만드는 데 적극적으로 기여하게 할 수 있다. 자원 이용 효율 개선과 같은 작은 변화나 사후처리 방식으로 오염을 줄이는 것만으로는 우리에게 필요한 변화를 이끌어 내기에는 역부족이다.

'더 나은 선택'의 목표는 모든 사람에게 충분한 식량과 에너지, 물이 사용 가능하고, 생물 다양성이 유지되며, 온전하고 회복력 있는 생태계가 보장되는 상황을 만드는 것이다. 회복력 있는 생태계는 충격과 교란을 흡수하거나 그로부터 회복할 수 있고, 결핍이 있을 때 는 그에 적응하여 기능과 서비스를 유지하고, 필요할 경우에는 변화할 수 있을 것이다.

발전전략을 세울 때 우리가 반드시 알아야 할 사실이 있다. 바로 지구는 단 하나뿐이고 지구의 자연자본은 한정되어 있다는 사실이다.

더 나은 선택



그림 12. WWF의 '지구는 하나라는 시각 (One Planet Perspective)' '지구는 하나라는 시각'은 생태계 온전성, 생물다양성 보전, 식량·물·에너지 안보를 향한 더 나은 선택을 나타낸다.

세계자연기금의 '지구는 하나라는 시각'은 지구의 생태 한계 내에서 자연자원을 관리·사용·공유하기 위해 필요한 '더 나은 선택'을 제시한다.

글로벌 경제 시스템의 전환

그렇다면 더 나은 선택은 구체적으로 무엇을 의미하는가? 우리는 시스템 사고를 통해 지속가능하지 않은 방식의 발전의 근본 원인을 이해할 수 있다. 우선 인류 활동의 파괴적인 면을 만들어내는 패턴과 시스템 구조, 정신 모형을 확인하여 분석하면 손쉽게 지렛점(leverage points)을 찾을 수 있다. 지렛점이란 시스템 안에서 주어진 규모의 변화가 최대한의 영향력으로 이어지는 지점을 말한다. 일반적으로 지속가능성을 위한 변화의 지렛점으로는 정부 및 기업의 기획, 기술 혁신, 무역 협상, 규모가 큰 사회단체의 영향력이 있다.

글로벌 경제 시스템을 바꾸기 위해서는 환경 훼손과 사회적 배제로부터 벗어난, 인류의 발전 방식으로의 대변혁이 필요하다. 이것이 실현되기 위해서는 자연자본 보호, 관리체계, 금융 흐름, 시장, 에너지 및 식량 시스템의 분야에서 많은, 중대한 변화가 점진적으로 동시에 급진적으로 이루어져야 한다.

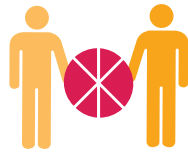
자연자본 보존

자연자본을 충분히 보존하기 위해서는 자원을 지속가능한 방식으로 사용하는 한편 전 세계에 흩어져 있는 보호 지역을 확대할 필요가 있다. 아울러 보호 지역을 효과적으로 관리하려면 적절한 자금조달 방식도 필요하다.



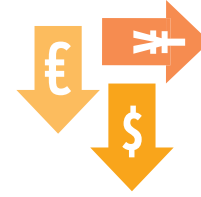
공정한 자원 관리체계

법률과 정책을 통해 인류의 식량과 물, 에너지 등에 공정한 접근성을 보장해야 하고, 포용적 절차를 장려하여 토지와 해양의 이용을 지속가능한 방식으로 관리해야 한다. 이를 위해서는 인류의 안녕과 성공에 대한 새로운 정의가 필요한데, 여기에는 개인과 사회, 환경의 건강이 포함되어야 한다. 아울러 정책 결정 과정에서 미래 세대는 물론이고 자연의 기능적 가치 또한 고려해야 한다.



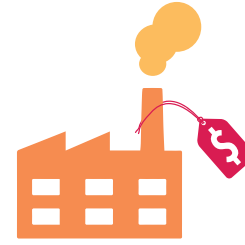
금융 흐름의 방향 전환

자연보전과 지속가능한 생태계 관리를 돕는 지속가능한 금융 흐름은 자연자본을 보전하고 시장의 회복력과 지속가능성을 도모하기 위한 필수 요건이다. 하지만 아직도 많은 금융기관이 해롭고 지속가능하지 않은 방식의 사업, 이를테면 석탄 채굴, 환경파괴 농업, 원유 시추 같은 사업에 상당한 자금을 계속 투자하고 있다.



더 나은 생산 및 소비를 위한 시장의 회복력 향상

생산 방식을 개선하고 더욱 현명하게 소비하는 일은 시장의 회복력을 키우는 데 없어서는 안 될 요소이다. 회복력 있는 시장(resilient markets)을 통해서 지구 시스템이 안전한 계산 내에서 운영되고, 자연자본이 보전되며, 경제와 사회적 안녕에 기여하는 방향으로 나아갈 수 있다. 지속가능한 방식으로 자원을 관리하고 가치사슬 안에 실제 생산 원가를 반영하는 일도 이러한 점에서 더 나은 선택이 될 수 있다.



에너지 및 식량 시스템의 변환

지금까지 걸어 온 길을 방향을 바꾸어 지속가능한 방식으로 나아가기 위해서는 에너지와 식량이라는 두 가지 시스템을 근본적으로 변화시켜야 한다. 이 두 가지 시스템 안에 존재하는 현재의 구조와 행동 양상은 생물다양성과 생태계 회복력, 인류의 안녕을 크게 위협한다.



지속가능한 재생에너지원으로 전환

화석연료 연소는 인류에 인한 기후변화의 가장 큰 요인이다. 따라서 화석연료는 대부분 땅 속에 그대로 묻어 두는 것이 가장 바람직하다. 다행스러운 점은, 재생에너지 대안이 점차 경쟁력을 갖추고 있다는 사실이다. 혁신적인 재생에너지를 추가로 개발하고 빠르게 사용이 확산된다면 기후 위험이 줄어들면서, 인류의 건강은 개선되고 경제가 살아나며 화석연료 기반 산업의 일자리를 대신할 새로운 직업이 생겨나게 될 것이다. 전 세계의 지속가능한 재생에너지원로의 전환, 이를테면 풍력과 태양광 등의 에너지원으로 전환하는 일이 아직은 어마어마한 과제이지만 이미 다수의 국가에서는 기존의 에너지 공급 시스템을 혁신하겠다고 약속하기도 했다.



식량 시스템의 회복력 증진

식량 생산은 서식지 훼손, 어류 남획과 같은 과잉개발, 환경오염, 토양유실을 통한 생물다양성 손실의 일차적 원인이다. 식량 생산은 또한 질소와 인 배출, 기후변화, 생물권 온전성, 토지 이용 변화, 담수 이용 범주에서 지구의 한계를 넘어서게 만든 일차적 원인이기도 하다. 이처럼 환경에 미치는 영향이 엄청나지만 기존의 식량 시스템은 앞으로 예상되는 인구, 부(富), 동물성 단백질 소비 증가에 대처하기 위해 빠르게 확대될 것으로 전망된다.

환경 적응이 가능하고 회복력을 갖춘 식량 시스템으로 전환하고 하나뿐인 지구의 자원 범위 내에서 모든 생명체에 영양소가 풍부한 음식을 제공하는 일은 어렵지만 근본적인 목표이다. 현재와 같이 산업화된 글로벌 식량 시스템 안에 존재하는 여러 구조는 기존의 상황을 악화할 뿐이다. 여기에는 농업 보조금, 정부 연구 프로그램, 환경·사회·윤리·문화적 영향을 생산 비용에 포함시키지 않는 산출법(metrics) 등이 해당된다. 현재로서는 완벽하지 않은 이러한 구조가 바로 변화를 위한 지렛점이기도 하다.

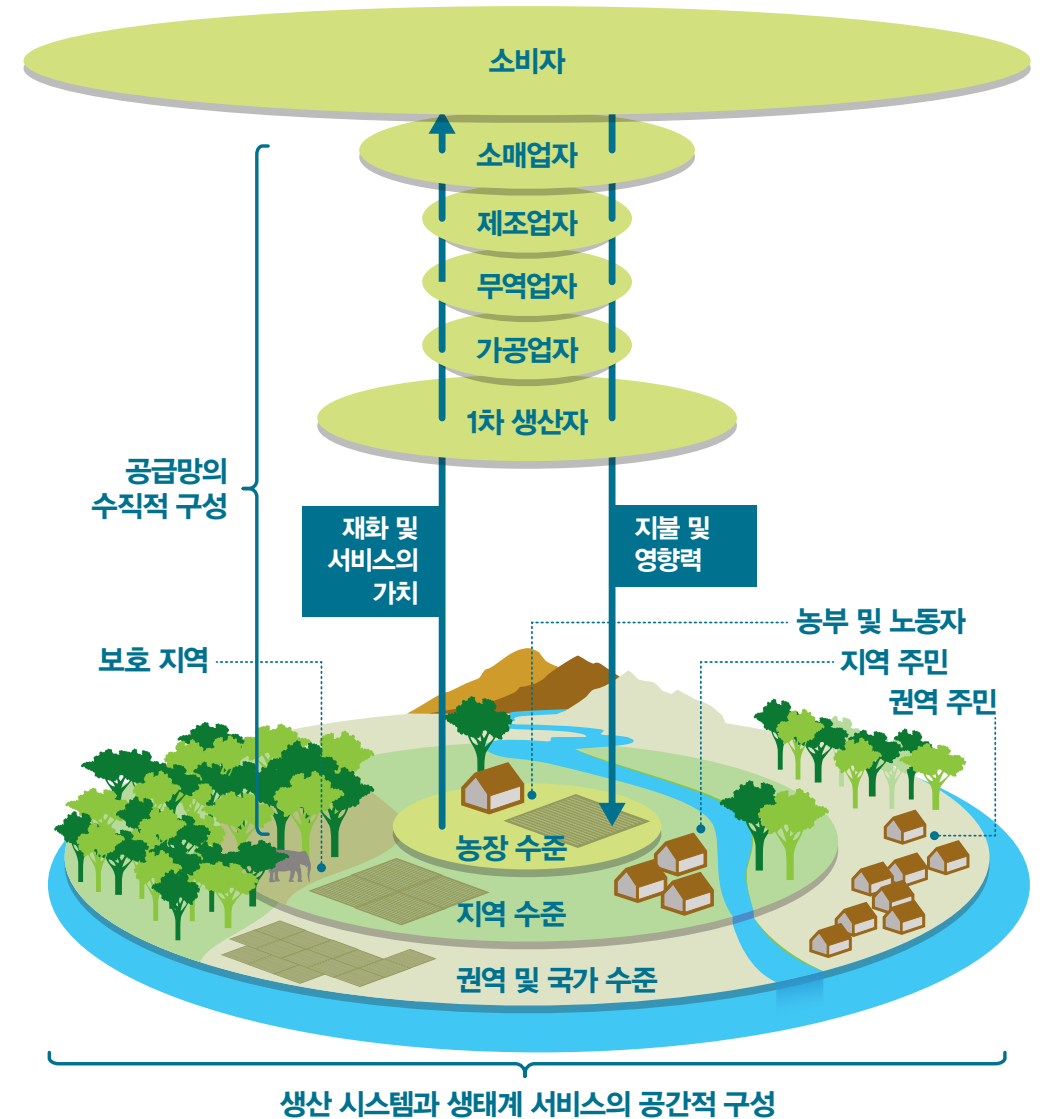
농업 생산은 소비자의 선택, 라이프스타일, 폐기물(음식을 쓰레기), 유통으로부터 크게 영향을 받는다. 따라서 환경에 대한 농업의 영향력을 줄이는 동시에 식량 소비·공급망(food chain)에서 폐기물을 줄여 나간다면 미래의 필요를 충족시키고, 식량 소비로 인한 발자국을 줄이는 데 크게 기여할 것이다.

농업 및 농촌 지역 다각화를 통한 생산성 최적화, 생물다양성 증대, 다양한 생물 종 사이의 상호 작용 유도 등의 활동은 총체적 전략의 한 방식으로, 건강한 농업 생태계 구축, 생계 유지, 자연계 보호, 생물다양성 보전에 기여할 수 있다. 농업 다각화는 고도의 전문성을 띤 산업형 농업에서부터 생계형 농업까지 대부분의 농업 유형에 적용이 가능하다.

농부뿐 아니라 식량 공급망에 있는 다른 이해관계자도 지역 수준(landscape level)에서 지속가능한 농업 방식에 일조하거나 이를 도모할 수 있다. 이를테면, 소매 음식점 같은 곳도 가격을 통해 지역 수준의 생산 방식에 영향을 미칠 수 있다. 소비자들이 생산으로 야기되는 환경 비용에 경각심을 갖게 함으로써 지속가능한 제품 쪽으로 수요를 이동시킬 수도 있다.

환경 적응이 가능하고 회복력을 갖춘 식량 시스템으로 전환하고 하나뿐인 지구의 자원 범위 내에서 모든 생명체에 영양소가 풍부한 음식을 제공하는 일은 어렵지만 근본적인 목표이다.

그림 13. 공급망과 통합된 공간 접근 방식의 상호작용
Van Oorschoot et al., 2016;
WWF MTI, 2016 참조.



공급망에 있는 기업들도 공급 변동을 줄이고 충격 회복 능력을 개선함으로써 지역 수준의 다각화를 촉진할 수 있다. 이는 공급망 기업들의 위기 회복 능력을 키우는 일이기도 하다. 게다가 농작물과 가축, 산림 시스템이 자연 영역과 통합된 지역에서는 농작물 꽃가루받이와 천적을 활용한 해충 박멸과 같은 생태계 서비스의 혜택이 더욱 증가하고 회복력도 높아지게 된다.

앞으로 우리가 가야 할 길

지구생명보고서에 담긴 분석 결과와 수치는 모두 달성하기 만만치 않은 목표를 제시한다. 그럼에도 미래를 낙관할 수 있는 여지는 아직 충분하다. 우리에게 꼭 필요한 과도기를 거친다면 그 뒤에 얻게 될 보상은 무궁무진할 것이다. 다행스럽게도 우리는 무에서 출발하지 않아도 된다. 이미 몇몇 국가들은 다른 산업 국가들과 비교해 자원을 훨씬 덜 사용하면서도 국민의 생활 수준을 높이는 데 성공했다. 게다가 인류가 나아가야 할 방향에 대해 전 세계가 분명하게 공감하고 있다. 2015년에는 2030 지속가능발전목표(SDGs)가 채택되었다. 같은 해 12월에 파리 유엔기후변화협약 당사국총회(UNFCCC COP 21)에서는 195개국 대표가 파리협정에 합의하고, 기후변화에 대응하는 한편 지속가능한 저탄소 미래 사회에 필요한 행동을 앞당기고 투자를 확대하기로 약속하였다. 이제 우리는 인류가 지구에 가하는 영향력이 어느 정도인지, 주요 환경 시스템이 어떤 방식으로 상호작용하는지, 우리가 그 시스템을 어떻게 관리할 수 있는지를 그 어느 때보다 잘 알게 되었다.

궁극적으로는, 사회 불평등과 환경 훼손에 대처하기 위해서는 지구의 한계(Planetary Boundaries) 내에서 살아야 한다는 범세계적 패러다임 전환이 필요하다. 우리는 경제의 토대가 되는 자연자본을 강화하고 지원할 수 있는 새로운 경제 시스템을 창조해야 한다.

우리가 지속가능한 사회로 얼마나 신속하게 전환하느냐에 따라 우리의 미래가 달라진다. 중요한 혁신 과제를 허가하고 육성할 뿐만 아니라 이를 광범위한 지역에서 채택하게 하는 일이 매우 중요하다. 점점 더 약해지고 있는, 우리 지구에 대한 가치와 필요를 지구에 사는 대다수 사람들이 인식한다면 지속가능성과 회복력을 더욱 조속히 달성할 수 있을 것이다. 인류와 자연의 관계에 관한 전 지구적 이해를 통해 근본적인 변화를 이끌어낸다면 모든 생명체가 함께 번영하는 인류세를 만들어갈 수 있을 것이다.

지구에 사는 대다수 사람들이 점점 더 약해지고 있는 지구의 가치와 필요성을 인식하게 된다면, 지속가능성과 회복력을 더욱 조속히 달성할 수 있을 것이다.



세계자연기금의 네트워크

세계자연기금 네트워크*

가봉	오스트레일리아
가이아나	오스트리아
과테말라	온두라스
그리스	우간다
나미비아	이탈리아
남아프리카공화국	인도
네덜란드	인도네시아
네팔	일본
노르웨이	잠비아
뉴질랜드	조지아
대한민국	중국
덴마크	중앙아프리카공화국
독일	짐바브웨
라오스	칠레
러시아	카메룬
루마니아	캄보디아
마다가스카르	캐나다
말레이시아	케냐
멕시코	콜롬비아
모잠비크	콩고민주공화국
몽골	크로아티아
미국	타이
미얀마	탄자니아
베트남	터키
벨기에	튀니지
벨리즈	파나마
볼리비아	파라과이
부탄	파키스탄
불가리아	파푸아뉴기니
브라질	페루
솔로몬제도	폴란드
수리남	프랑스
스웨덴	프랑스령 기아나
스위스	피지
스페인	핀란드
싱가포르	필리핀
아랍에미리트연합	헝가리
아르메니아	홍콩
아제르바이잔	
에콰도르	
영국	

상세한 참고문헌과 출처는 Living Planet Report 2016 원본을 참조하시기 바랍니다.

세계자연기금 제휴 기관*

Fundación Vida Silvestre (아르헨티나)
 Pasaules Dabas Fonds (라트비아)
 Nigerian Conservation Foundation (나이지리아)
 * 2016년 8월 기준

출판 정보

본 저작물은 2016년 10월 스위스 글랑에 본부를 둔 세계자연기금(전 세계야생생물기금)이 출판하였습니다. 본 저작물의 일부 또는 전체를 재출판하는 경우, 하기의 규정을 준수하고 저작물 제목 및 저작권자인 상기 출판자를 명시해야 합니다.

인용 시 제목:

WWF, 2016, Living Planet Report 2016: Summary. WWF, Gland, Switzerland.

텍스트 및 그래픽 공자:

© 2016 WWF. All rights reserved.

교육용 또는 비영리적 목적으로 본 저작물을 재출판하는 경우(단, 사진 제외), 이를 세계자연기금에 서면으로 사전 고지하고 상기 내용에 따라 그 출처를 적절히 기재해야 합니다. 세계자연기금의 사전 서면 허가 없이 본 저작물을 재판매 또는 기타 영리적 목적으로 재출판하는 것을 금지합니다. 본 저작물의 사진을 재출판하는 경우, 그 용도와 관계없이 세계자연기금의 사전 서면 허가를 받아야 합니다.

본 보고서에 표기된 지리적 위치 및 보고서에 제시된 자료는, 특정 국가나 영토, 지역의 법적 지위 또는 그 관계당국의 법적 지위에 대한, 또는 그 경계나 국경 획정에 대한 세계자연기금의 견해 표명이 아닙니다.

디자인: peer&dedigitalesupermarkt

표지 사진: © Bjorn Holland – Getty Images

지구생명보고서 2016

Living Planet Report 2016

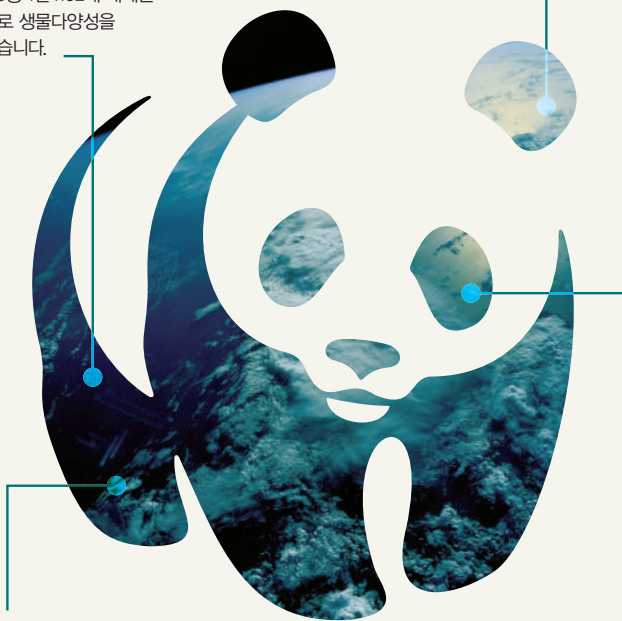
생물다양성 BIODIVERSITY

생물다양성의 지표인

지구생명지수(LPI)는 지속적인 하락세를 보입니다. 지구생명지수(LPI)는 척추동물 3706종 1만4152개 개체군 정보를 기반으로 생물다양성을 지수화하고 있습니다.

위협 RISKS

인류의 자연자원 사용은 급격히 증가해왔고, 특히 20세기 중반부터는 이러한 상황이 한층 심화하여 인류의 생존에 필수적인 환경 시스템을 위협하고 있습니다.



인류세 ANTHROPOCENE

과학자들의 주장에 따르면, 인류 활동의 결과로 우리는 홀로세(Holocene)에서 새로운 지질시대인 인류세(Anthropocene)로 진입했습니다.

회복력 RESILIENCE

21세기 인류는 두 가지 과제에 직면해 있습니다. 하나는 자연이 가진 여러 형태와 기능을 온전히 유지하는 것이고, 다른 하나는 지구라는 한정된 공간에 사는 모든 사람에게 공정한 생활환경을 제공하는 일입니다.



WWF
세계자연기금

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

wwfkorea.or.kr