야생이 사라진 세계 — 멸종의 청구서[1)]

선 정 수[2), 3)]
자연자본시대 편집국장

Ⅰ. 서론

1990년대 중반, 인도의 하늘에서 독수리가 사라졌다. 소염진통제 디클로페낙이 죽은 가축을 거쳐 독수리를 죽였고, 디클로페낙에 민감한 기스속(*Gyps*) 독수리 세 종(*Gyps bengalensis*, *Gyps indicus*, *Gyps tenuirostris*)의 개체군이 97~99% 감소했다. 한때 수천만 마리에 이르던 새들이다. 사체를 치우던 청소동물이 급감하자 들개·쥐와 같은 다른 청소동물이 늘고 수질·감염병 위험이 악화됐다고 연구진은 해석했다. 2024년 《American Economic Review》에 실린 연구는 그 대가를 계량했다. 2000~2005년 약 50만 명의 초과 사망이 발생했고, 피해액은 연간 약 694억 달러로 추정됐다.

《자연자본시대》에 연재된 이 시리즈는 '야생동식물이 모두 사라진다면 산업은 어떻게 될까'라는 사고실험에서 출발했다. 독수리의 사례가 말하듯, 그것은 순수한 상상이 아니다. 멸종과 붕괴의 청구서는 이미 여러 차례 우리 앞에 도착했다. 이 글에서는 먼저 '이미 무너진 일곱 가지 종·개체군이 남긴 영향'을 펼치고, 이어 그 연장선에서 상상해 본 7개 산업의 미래를 한자리에 모았다. 앞부분의 사례는 산업 시나리오를 입증하는 직접 증거가 아니라 충격이 인간사회로 전달되는 경로를 보여주는 참고 사례다.

Ⅱ. 이미 벌어진 일 — 멸종과 개체군 붕괴가 인간사회에 미친 영향

'사라짐'의 정도는 사례마다 다르다. 지구에서 종 자체가 사라진 완전 멸종, 개체가 남았으나 생태적 역할을 거의 잃은 기능적 멸종, 특정 지역·자원에서 무너진 지역적·상업적 붕괴로 나눠 읽어야 한다.

---

1) A World without Wildlife: The Costs of Extinction

2) SUN, Jungsoo, Editor-in-Chief, Natural Capital Times, E-mail : jsun@nctimes.co.kr
3) 고려대 신문방송학과를 졸업하고 국민일보에서 기자 생활을 시작했다. 환경전문기자가 되고 싶어 방송대 환경보건학과와 동 대학원을 졸업했다. 생물분류기사(동물) 자격증도 취득했다. 십수년 국민일보 생활은 환경전문기자로 이어지지 못했고, 이후 팩트체크 전문미디어 NewsToF에서 팩트체커로 3년 반을 일했다. 초등 딸 아이와 함께 강원도 인제군 곰배령 아랫 동네 진동분교에서 1년 동안 생태유학을 경험했다. 현재 〈자연자본시대〉 편집국장으로 일하고 있다.

1. 인도 독수리 — 가장 정밀하게 계량된 대가

앞서 언급한 사례다. 사체를 빠르게 치우던 독수리가 사라지자 그 자리를 들개·쥐가 메웠고, 사체 처리 지연과 위생 악화가 사람의 건강과 경제로 번졌다. Frank와 Sudarshan의 연구는 독수리 개체군의 붕괴가 인간 사망과 경제적 손실에 미친 영향을 준실험적 방법으로 추정했다. 이 시리즈에서 인간사회가 치른 비용을 가장 엄밀하게 계량한 사례다. Gyps속 독수리류 세 종의 급감은 지역적 붕괴이자 기능적 멸종에 해당한다.

2. 미국밤나무 — 한 나무가 사라지자 위축된 산촌

20세기 초 유입된 밤나무줄기마름병으로 성숙한 미국밤나무가 숲의 상층부에서 사실상 사라졌다. 약 40억 그루가 죽은 것으로 추정된다. 미국밤나무는 한때 미국 동부 활엽수림을 대표하는 우점수종이었으며, 미국 산림청 자료에는 동부 활엽수림의 약 4분의 1을 차지했던 것으로 서술돼 있다. 목재·제혁(탄닌)·식량과 밤을 주워 팔던 농촌 부업 등 여러 산업과 산촌 생계가 크게 위축됐다. '경제 전체가 붕괴했다'고 단정할 자료는 부족하지만, 기능적 멸종이 지역 산업에 남긴 타격은 분명했다.

3. 캐나다 대서양대구: 멸종은 피해도 사회는 무너진다

캐나다 뉴펀들랜드·래브라도 앞바다에 분포하는 대서양대구(*Gadus morhua*)의 북부 자원군



〈그림 1〉 이미 도착한 청구서: 3대 붕괴 사례

(Northern cod stock)은 남획과 불리한 환경조건이 겹치면서 급격히 감소했다. 캐나다 정부는 1992년 이 자원군을 대상으로 상업 목적의 직접 어업 모라토리엄을 선언했다. 산란자원량은 1962년 약 160만 톤에서 1992년 약 7만2,000~11만 톤 수준으로 줄어 약 93% 감소했다. 캐나다 정부는 1992년 상업조업 모라토리엄을 선언했고, 어업인과 수산가공 노동자 등 3만 명 이상이 직접적인 영향을 받았다. 당시 뉴펀들랜드·래브라도주 취업자 수는 20만명 안팎이었다. 이후 제한적인 관리어업과 지표어업은 있었지만 본격적인 상업어업은 2024년에야 재개됐다. 1991~2001년 뉴펀들랜드·래브라도주 인구는 약 10% 감소했는데, 이는 모라토리엄 이후의 실직과 경기 침체, 대규모 역외 이주가 겹친 결과다. 종이 멸종하지 않아도 자원과 지역사회는 먼저 무너질 수 있음을 보여준다.

4. 그 밖의 네 청구서와 세 가지 단서

실피움은 고대 지중해의 주요 향신·약용 자원이었으나 로마 시대에 희귀해졌다. 플리니우스가 1세기 후반 그 희소 상태를 기록했지만, 정확한 식물종과 피임 효과, 소멸 원인은 오늘날까지 확정되지 않았다. 스텔러바다소는 1741년 발견돼 1768년 멸종했다. 이 종의 소멸이 켈프 숲의 회복력을 떨어뜨렸다는 서술이 있으나, 이는 2022년 수리모형이 제시한 가설이지 확정된 사실이 아니다.

나그네비둘기는 1914년 완전히 멸종했다. 나그네비둘기의 소멸이 라임병 위험을 높였다는 가설도 제기됐지만 인과관계가 확정된 것은 아니다. 로키산메뚜기는 1902년 멸종했다. 최악의 농업 해충이 사라진 사건은 단기적인 농업 피해의 관점에서는 편익으로 볼 수 있지만, 생태계와 먹이망의 손실까지 포함한 순편익은 계량되지 않았다.

Ⅲ. 그래서 상상해 봤다 — 야생이 모두 사라진 세계

이미 벌어진 일이 이 정도라면, 그 극단을 상상하면 어떨까. 《자연자본시대》가 창간 기획으로 시작한 이 시리즈는, 도시에 사는 우리가 흔히 '깊은 산속이나 먼 바다의 일'로 치부하는 생물다양성 감소가 일자리와 산업에 어떤 영향을 미치는지를 시각화하려는 시도였다. 그래서 하나의 전제를 세웠다. 모든 야생동식물이 사라지고, 인간이 기르는 작물·가축·양식과 미생물만 남는 세계. 관리 꿀벌·종자은행·식물원 개체처럼 사람이 관리하는 생물은 존치로 보되, 소나무·고무나무 조림지처럼 사람이 심은 나무는 남아도 그것을 수분·보호하던 야생 곤충은 사라지는 '이중 상태'를 함께 상정했다. 이 사고실험은 예언이 아니라, 지금 우리 산업이 무엇 위에 서 있는지를 비추는 거울이었다.

Ⅳ. 자연 의존도 스펙트럼: 일곱 산업

아래 배열은 정량 순위가 아니라, 자연에서 먼 산업부터 가까운 산업으로 늘어놓은 시리즈의 분석 순서이자 개념적 스펙트럼이다.

① 반도체 — 반도체의 핵심 소재인 실리콘은 규석이나 규사에 포함된 이산화규소를 정제해 만든다. 공정에는 각종 무기·유기 화학물질과 막대한 양의 물이 사용된다. 삼성전자와 SK하이닉스의 팹(fab)은 창문 하나 없는 밀폐 청정실에서 돌아가므로 자연과 단절된 산업처럼 보인다. 그러나 반도체 산업은 원수 공급, 기후 안정성, 소재 공급망과 노동력이라는 통로로 자연과 연결돼 있다. 반도체 공정에 쓰이는 초순수는 고도의 인공 정수공정을 거쳐 생산된다. 다만 초순수의 원료가 되는 물의 안정적인 확보와 수질 관리는 건강한 유역의 수량·수질 조절 기능 및 수자원 인프라와 연결된다. 모든 야생생물이 사라진다는 가정에서는 이런 상류 조건의 악화와 자연 의존 산업의 수요 위축이 시차를 두고 반도체 산업에 전달될 가능성이 있다. 이 산업의 위험은 즉각적 붕괴라기보다 '지연된 증폭'에 가깝다. 수량이 확보되지 않으면 초순수 정수 공정 가동 자체가 어려워질 수 있고, 원수의 오염도가 심할수록 초순수 공정의 유지 비용이 늘어나게 된다.

② 철강·자동차·조선 — 철강은 자동차와 조선에 핵심 소재를 공급한다. 세 산업은 냉각수와 원료 운송, 타이어의 천연고무, 해상무역과 어업을 통해 자연과 연결된다. 일부 저탄소 제철기술에서는 화석연료 기반 환원제를 대체하거나 보완하기 위해 바이오매스 기반 환원제를 활용하는 방



〈그림 2〉 자연 의존도 스펙트럼과 일곱 산업

안을 연구 중이다. 야생 어류가 모두 사라진다는 가정에서는 어선 건조 부문의 수요가 직접적으로 사라진다. 자동차와 일반 상선, 철강 전체가 곧바로 붕괴하는 것은 아니지만 원료 공급망의 교란과 자연 의존 산업의 최종 수요 감소가 연쇄적으로 전달될 수 있다. 여기서 급소는 특정 생물 원료 하나가 아니라 상류 공급망과 최종 수요다.

③ 물·식품·제약 — 물·식품·제약은 생물 의존성이 비교적 직접적으로 드러나는 분야다. 먹는샘물과 상수도의 원수는 산림과 토양이 제공하는 유량 조절과 수질 정화 기능의 영향을 받는다. 뉴욕시가 캣스킬·델라웨어 유역을 보호해 대규모 여과시설의 건설을 오랫동안 피하거나 늦춰 온 사례가 이를 상징한다. 많은 작물은 야생 또는 관리 수분매개자의 도움을 받는다.

주사제와 백신, 일부 의료기기의 세균성 내독소 검사에는 야생 투구게의 혈구 추출물로 만든 LAL 시약이 오랫동안 사용돼 왔다. 현재는 재조합 C인자(rFC) 등 비동물성 대안도 도입되고 있다. 야생 소멸은 이들 분야를 첫 단계부터 흔들 수 있지만 하수처리 미생물과 발효균, 미생물 유래 의약품이 남아 있다는 전제에서는 산업 전체가 즉시 사라지지는 않는다.

④ 금융·보험 — 은행은 나무를 직접 베지 않고 보험계약에 물이 들어가지도 않는다. 그러나 금융회사는 자연에 의존하는 실물경제의 위험을 대출·투자·인수 형태로 떠안는다. 금융과 보험은 서로 상관관계가 낮은 위험을 모아 분산하는 방식으로 작동하지만, 야생의 광범위한 소멸은 식량·제약·소재·관광·물류 등 여러 부문을 같은 방향으로 동시에 흔들 수 있다. 이런 상관위험이 커지면 보험료와 자본요구액이 상승하고 민간의 위험 인수 여력이 줄어들 수 있다. 금융의 급소는 생물 원료가 아니라 서로 다른 위험을 동시에 움직이게 만드는 구조다.

⑤ 소비재 — 소비재 산업에서 손실은 생산량뿐 아니라 상품의 정체성에도 나타날 수 있다. 카카오 꽃은 작고 구조가 복잡하며, 등에모기과(Ceratopogonidae)의 *Forcipomyia*속을 비롯한 소형 등에모기류가 중요한 수분매개자다. 다른 곤충의 기여와 지역별 차이도 보고돼 있으므로 특정 속만이 유일한 수분매개자라고 단정할 수는 없다. 많은 카카오 품종은 자가불화합성을 보여 수분매개자 감소에 취약하다.

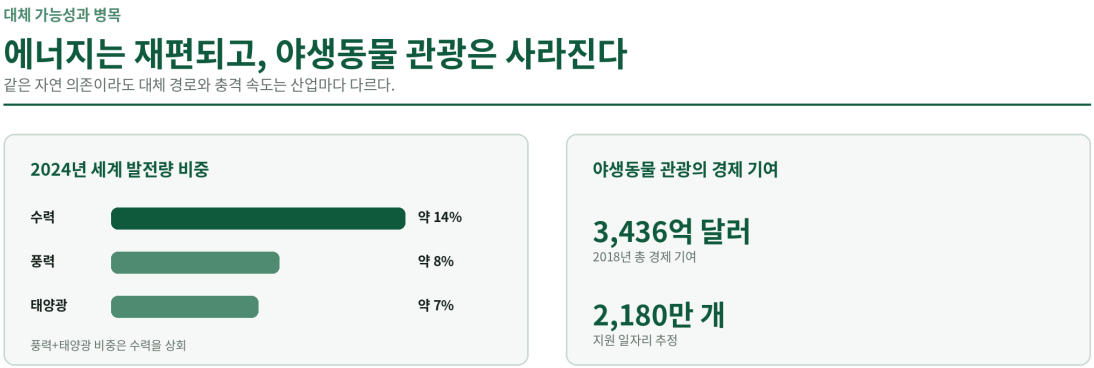
로부스타 커피는 여러 종류의 곤충이 수분을 매개하고, 동남아시아의 기름야자는 특정 바구미의 기여가 크다. 상업 바닐라는 이미 사람의 손으로 수분하는 체제로 생산된다. 시어와 아르간처럼 야생 채취와 재배가 혼합된 원료, 미래 품종 개량에 필요한 야생 유전자원까지 고려하면 이 산업의 위험은 수분매개자 의존, 천연 원료의 채취 의존, 유전자원 소실이라는 세 갈래로 모인다.

⑥ 에너지 — 태양광의 빛과 풍력의 바람은 야생이 사라져도 남는다. 따라서 에너지 산업의 핵심 질문은 전체 붕괴 여부보다 충격이 어느 에너지원과 지역에 집중되는가에 있다. 바이오연료와 목질 바이오매스는 생물자원에 직접 의존한다. 수력발전은 유역의 식생과 토양이 유량과 수질을 조절한다는 점에서 생태계에 간접적으로 의존한다.

Ember의 세계 전력 통계에 따르면 2024년 세계 발전량에서 수력은 약 14%, 풍력은 약 8%, 태양광은 약 7%를 차지했다. 풍력과 태양광을 합친 비중은 이미 수력을 넘어섰다. 야생생물 소멸이라는 가정에서도 태양광·풍력 같은 비생물 전원이 남아 있으므로 에너지 부문은 전면 붕괴보다 바이오에너지와 수력의 약화, 다른 전원으로의 강제 재편에 가까운 모습을 보일 가능성이 크다.

⑦ 관광·레저 — 스펙트럼의 반대쪽에는 관광·레저가 있다. 사자 없는 사파리, 고래 없는 고래관찰, 새 없는 탐조는 성립하지 않는다. 살아 있는 자연 자체가 상품인 관광은 야생 소멸과 동시에 존재 근거를 잃는다. 도시·유적·공연·업무여행은 남으므로 관광 전체가 즉시 사라진다고 볼 수는 없다.

세계여행관광협회(WTTC)에 따르면 2025년 여행·관광 산업은 세계 국내총생산에 약 11조 6,000억 달러를 기여할 것으로 전망됐다. 별도의 2019년 WTTC·Oxford Economics 연구는 2018년 야생동물 관광의 총 경제 기여를 약 3,436억 달러, 지원 일자리를 약 2,180만 개로 추산했다. 이 수치는 관광 전체가 아니라 자연 서식지에서 동물을 경험하는 야생동물 관광을 대상으로 한 것이다. 야생 경관과 동물 관찰 경험은 공장에서 같은 형태로 대체하기 어렵다.



〈그림 3〉 대체의 층위와 병목: 전력원 구성과 관광

V. 반복된 세 가지 결론

첫째, 충격은 '지연된 증폭'과 '즉각 타격' 사이에 놓인다. 반도체가 가장 늦게·간접적으로 느낀다면, 자연 의존 관광은 가장 먼저 느낀다. 어느 산업도 스펙트럼 밖에 있지 않았다.

둘째, 대체 가능성에는 층위가 있다. 미생물은 물·식품·제약 분야의 일부 기능을 유지하고 태양광과 풍력은 에너지 부문의 대체 경로가 될 수 있다. 작물 수분은 관리수분과 인공수분으로 일부 보완할 수 있지만 대규모 적용에는 비용과 기술적 한계가 있다. 야생 경관과 종을 기반으로 한 관광 경험은 대체가 특히 어렵다.

셋째, 최종 병목은 대체로 물과 식량, 그리고 사람으로 수렴했다. 어느 산업을 따라가더라도 충격은 결국 마실 물과 먹을 식량, 공급망과 일자리의 문제로 돌아온다.

VI. 그러나 이것은 예언이 아니다: BAU와 갈림길

모든 야생생물이 사라지는 특정 연도를 제시한 신뢰할 만한 연구는 없다. 다만, IPBES는 약 100만 종이 이미 멸종 위험에 놓였고, 생물다양성 손실의 원인을 줄이지 않으면 그중 많은 종이 수십 년 안에 사라질 수 있다고 평가했다. 이는 100만 종 모두가 수십 년 안에 멸종한다는 뜻은 아니다.

바노스키 연구진은 2011년《Nature》당시 IUCN 평가가 비교적 진전된 포유류·조류·양서류 가운데 위급(CR)·위기(EN)·취약(VU) 범주에 속한 종이 100년 안에 사라지고 같은 속도가 지속되는 경우를 가정했다. 이 경우 생물종의 75%가 소멸하는 대멸종 수준에 약 240~540년 안에 도달할 수 있다고 계산했다. 위급종만 100년 안에 사라진다고 가정한 시나리오에서는 대멸종 수준에 도달하기까지 약 890~2,270년이 걸리는 것으로 추정했다.

IPBES는 현재 전 세계 종의 멸종률이 지난 1,000만 년 평균보다 최소 수십 배에서 수백 배 높고 계속 빨라지고 있다고 평가했다. Ceballos와 Ehrlich의 2023년 연구는 현재 척추동물의 속(屬, genus) 단위 멸종률을 인간 영향이 없을 때 예상되는 배경 수준보다 약 35배 높다고 추정했다.

생물다양성협약의《제5차 지구생물다양성전망》은 지금과 같은 경로가 이어지면 2050년까지 생물다양성 감소가 계속될 것으로 전망했다. 동시에 보전과 복원, 지속가능한 생산과 소비, 기후변화 대응을 함께 추진하면 감소 추세를 회복 쪽으로 돌릴 수 있다고 강조했다. 방향은 분명하지만 속도와 최종 지점은 인간의 선택에 달려 있다.

Ⅶ. 맺음 — 멸종의 청구서

붕괴한 독수리 개체군과 미국밤나무·캐나다 대서양대구 자원은 우리에게 청구서를 보냈다. 이 시리즈가 따라간 일곱 산업도 야생이 계속 사라진다면 서로 다른 시점과 경로로 비용을 떠안게 된다. 반도체처럼 늦게 받든 야생동물 관광처럼 곧바로 받든, 자연과의 연결에서 완전히 벗어난 산업은 없었다.

자연자본 없이 번영을 지속할 산업은 없다. 산업의 번영은 살아 있는 지구를 전제로 한다. 일곱 편의 사고실험과 일곱 가지 붕괴 사례가 비춘 것은 이 단순한 사실이다. 청구서의 다음 장을 누구 앞으로 쓸지는 아직 우리 손에 남아 있다.

참 고 문 헌

Barnosky, A. D. et al. 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? Nature 471: 51-57. https://doi.org/10.1038/nature09678

Blockstein, D. E. 1998. Lyme Disease and the Passenger Pigeon? Science 279(5358): 1831. https://doi.org/10.1126/science.279.5358.1831a

Ceballos, G. and Ehrlich, P. R. 2023. Mutilation of the tree of life via mass extinction of animal genera. Proceedings of the National Academy of Sciences 120(39): e2306987120. https://doi.org/10.1073/pnas.2306987120

Convention on Biological Diversity. 2020. Global Biodiversity Outlook 5. https://www.cbd.int/gbo5

Ember. 2025. Global Electricity Review 2025. https://ember-energy.org/latest-insights/global-electricity-review-2025/

Fisheries and Oceans Canada. 2024. Northern cod commercial fishery management information and stock materials. https://www.dfo-mpo.gc.ca/

Frank, E. and Sudarshan, A. 2024. The Social Costs of Keystone Species Collapse: Evidence from the Decline of Vultures in India. American Economic Review 114(10): 3007-3040. https://doi.org/10.1257/aer.20230016

IPBES. 2016. The Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production.

https://www.ipbes.net/assessment-reports/pollinators

IPBES. 2019. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services: Summary for Policymakers. https://www.ipbes.net/global-assessment

Kaufmann, T. 1975. Cocoa pollination by males of Forcipomyia squamipennis (Diptera: Ceratopogonidae) in Ghana. Tropical Agriculture 52(1): 71-74. https://journals.sta.uwi.edu/ojs/index.php/ta/article/view/3170

Newfoundland and Labrador Heritage. The 1992 Cod Moratorium. https://www.heritage.nf.ca/articles/economy/moratorium.php

Parejko, K. 2003. Pliny the Elder's Silphium: First Recorded Species Extinction. Conservation Biology 17(3): 925-927. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.02067.x

The American Chestnut Foundation. History of the American Chestnut. https://tacf.org/

U.S. Forest Service. American chestnut research and historical abundance materials. https://research.fs.usda.gov/treesearch/49848

United States Pharmacopeia. General Chapter 〈86〉, Bacterial Endotoxins Test Using Recombinant Reagents. https://www.usp.org/

World Travel & Tourism Council and Oxford Economics. 2019. The Economic Impact of Global Wildlife Tourism. https://researchhub.wttc.org/product/economic-impact-of-global-wildlife-tourism

World Travel & Tourism Council. 2025. Travel & Tourism Economic Impact Research. https://wttc.org/research/economic-impact