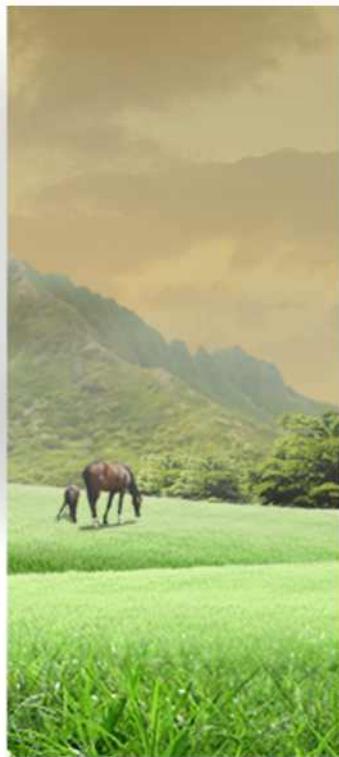
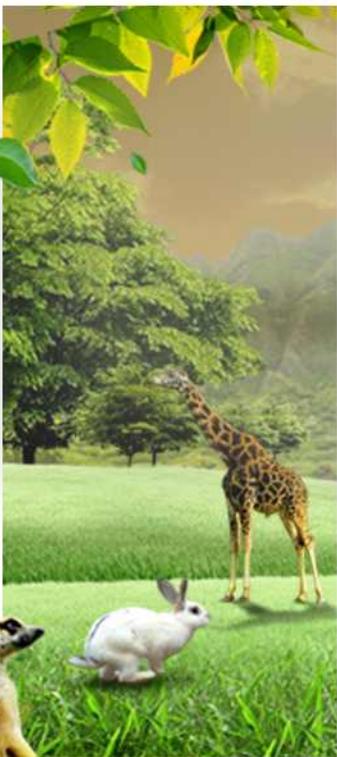


생태계서비스

01. 보전생물학을 통한 자연보전의 원리



I 보전생물학의 특성

세계자연보전연맹(IUCN)에 의하면 자연보전은 자연의 완전성과 다양성을 보전하고 자연자원을 평등하고 지속가능하게 사용하는 것인데 그 중에서도 가장 중요한 것은 생물다양성의 보전이다. 생물다양성은 지구기후변화에 대한 대응, 지속가능한 에너지 자원의 확보, 인간의 삶의 질 개선 및 녹색경제의 건설에 있어서 핵심적인 요소이다. 보전생물학(conservation biology)은 지속가능한 인간의 복지를 위해서 생물다양성과 그 관리를 과학적으로 연구하는 학문이다. 보전생물학은 우리 주변의 다양한 식물과 동물이 어떻게 생겨났고, 이들이 자연적 과정에 의해서 어떻게 유지되어 왔고, 그리고 이 자원을 우리가 어떻게 지속가능하게 이용할 수 있는 가를 추구한다.

보전생물학은 위기의 과학이다. 생물종이 급속히 멸종되는 위기속에서 1970년대 말에 나타난 새로운 학문이다. 보전생물학의 목표는 생물다양성을 보전하기 위한 원리를 개발하고 도구를 제공하는 것이다. 생물다양성의 궁극적인 보전을 위해서는 생태계가 보전되어야 하므로 보전생물학의 장기적인 목표는 생태계의 건강한 구조와 기능을 오래 유지하는 것이다. 40년 전에는 생물다양성의 보전이란 멸종위기종을 멸종이 되지 않도록 보호하는 것이었다면 지금은 너무 많은 종이 멸종위기에 처해 있고 또한 생물다양성이란 종 뿐만 아니라 유전자, 생태계 및 생태적 과정을 포함하는 포괄적인 개념이므로 지구상의 모든 생명체의 보전에 초점을 맞추고 있다.

보전생물학은 가치로 충만하고 사명감에 의해서 연구되는 학문이다: 다른 자연과학 분야는 진리의 객관성을 유지하기 위해서 가치와 연관되어서는 안되지만 생물다양성의 보전은 생물다양성의 가치에 근거한다. 보전생물학의 임무는 중요할 뿐만 아니라 긴급하다: 다른 과학은 충분한 원리가 인정된 후 적용되는데 비해서 생물다양성은 멸종되면 되돌릴 수가 없으므로 보전생물학에서는 미성숙한 원리도 적용할 수밖에 없다. 보전생물학은 학제적 과학이다: 생물학에서도 생태학이 가장 중요한 역할을 하고 그 외에도 경제학, 법학, 사회학, 정치학, 문화, 윤리학 등이 관여된다.

II 보전생물학의 역사

생물다양성의 보전을 연구하는 보전생물학의 역사는 짧지만 생물다양성의 보전과 이용 사이의 갈등의 문제는 플라톤과 소크라테스가 살던 그리스 시대에도 있었다. 성경에서는 모세가 농지와 포도밭을 6년 동안 이용하고 7년째는 경작을 못하도록 하는 토지 안식년제 실시를 역설하고 있다. 산업혁명 이전에는 토지를 왕이나 귀족 등 소수의 사람들이 소유하고 일반인의 접근 또는 출입이 제한되면서 왕의 사냥터, 우리나라의 능림 등 많은 곳에서 높은 생물다양성이 유지될 수 있었다. 산업혁명 이후 민주주의가 확산되고 자연자원에 대한 일반 대중의 접근이 쉽게 이루어지면서 자원의 남용과 고갈이 일어나게 되었는데 이를 막기 위한 법적 제도적 장치들이 마련되기 시작하였다.

보전생물학의 발전은 미국의 자연환경 및 법-제도 변화와 밀접한 관계가 있다. 특히 미국에서는 국립공원, 산림보호지역, 야생생물보호지역, 멸종위기종법 등이 먼저 고안되거나 시행되었고 이러한 제도가 다른 나라에서도 널리 적용되었다. 미국에서는 1872년에 세계 최초로 Yellowstone 지역을 국립공원으로 지정하였으며, 1900년대 초에 이미 52개소의 야생생물보호지역을 지정하였고 1970년대 초에는 청정대기법, 수질보전법, 멸종위기종법 등의 강력한 환경법을 제정하였다. 보전생물학의 기초가 되는 환경윤리의 개념확립도 20세기 초 미국의 생태학의 발전과 연관



되어 있다.

지금은 생물다양성의 보전에 전 세계가 협력해야 하는 시대가 되었다. 1992년에 제정된 생물다양성협약은 1993년에 발효되었고 지금은 195개국에 가입하고 있으며 생물다양성의 보전과 지속가능한 이용 및 생물자원의 이용으로부터 발생하는 이익의 공평한 분배를 추구하면서 생물다양성 보전의 국제적 협력을 위한 중요한 역할을 수행하고 있다.

우리나라에도 조선시대에는 서울 인근의 산림과 지맥의 보전을 위하여 채석, 벌목, 짐짓기, 무덤쓰기 등을 제한하는 금산(禁山)제도를 시행하였는데 이는 제3공화국의 가장 성공적인 정책의 하나로 평가되는 1971년에 제정된 그린벨트제도와 일맥상통한다.

III 우리는 왜 생물다양성을 보전해야 하는가?

그 이유는 생물다양성은 가치를 가지고 있기 때문이다. 우선 생물다양성은 많은 경제적 가치, 즉 도구적 가치(utilitarian value)를 가지고 있다. 생물다양성은 우리의 문명을 유지시키는 데 필요한 생태계서비스를 제공해준다. 또한 인간의 복지, 번영, 생존은 모두 생물다양성의 보전에 달려 있다. 뿐만 아니라 생태계에 있는 모든 종은 생태계의 기능과 구조를 유지하는데 있어서 필수적이다. 그렇다고 해서 우리에게 경제적 혜택을 주지 않는 생물종은 보전할 가치가 전혀 없을까? 그렇지 않다. 모든 생물 종은 오랜 동안의 진화의 산물이고 각자는 도구적 가치와 관계가 없는 내재적 가치(intrinsic value)를 가지고 있다. 생물 종은 과거부터 이미 존재해 왔기 때문에 계속 존재해야 할 자연적 권리를 가지고 있으며 이 권리는 그리스, 로마의 법과 유대교-기독교의 전통에 근거하고 있다. 어떤 종은 다른 종과의 상호작용을 통해서 생태계의 완전성과 안정성에 기여할 수 있으며 이 또한 내재적 가치의 근거가 된다.

IV 생물다양성 감소의 원인

최근 수세기 동안 많은 생물이 멸종하고 있으며 이는 제6의 대멸종으로까지 불리고 있다. 이러한 급격한 생물다양성 감소의 가장 큰 원인은 서식지 감소 또는 파괴와 생태계 단편화이다. 육지에서는 모든 종의 반 이상이 열대우림에 산다. 지난 100년 동안 열대우림의 반이 사라졌고 소실 속도가 점점 빨라지고 있다. 다른 종류의 생태계도 줄어들고 있는데 특히 초원이나 열대건조림 등 일부 생태계들은 열대우림만큼 빨리 줄어들고 있다. 자연생태계가 농경지, 조림지, 방목장, 도시지역 등으로 전환되면 그 속에 살던 야생동식물들은 살 곳을 잃고 멸종될 위험이 커지게 된다. 서식지의 감소는 해양과 담수생태계에서도 일어나고 있는데 파괴적인 어로방법이나 과도한 어획, 수질오염, 연안 개발 등 사람의 활동으로 산호초의 60%가 위협받고 있다. 강 생태계도 댐을 건설하고 수로를 직선화시키거나 변경하는 등 광범위한 물리적 변형으로 크게 영향을 받고 있다.

여러 종류의 자연생태계는 그 면적이 크게 줄어들고 있을 뿐만 아니라 남은 자연생태계들도 작은 조각으로 나누어지고 서로 고립되고 있다. 서식지 감소와 단편화는 오늘날 특히 열대림에서



두드러지게 일어나고 있다. 초원과 같은 다른 종류의 생태계에서도 열대림처럼 서식지의 단편화가 심각하다. 생태계의 단편화란 하나의 크고 연속된 서식지가 여러 개의 작고 고립된 조각으로 나누어지는 현상이다. 이렇게 생태계의 단편화가 이루어지면 자연생태계의 전체 면적이 줄고 조각생태계 사이의 거리가 멀어지고 가장자리효과가 커지며 물리적 환경이 변화되어 동식물의 종류가 줄어들게 된다.

오늘날 지구상의 육지 및 해양의 생물상은 인간의 활동에 의해서 수천 종의 이동으로 뒤섞여 있다. 많은 지역의 생물상은 외래종에 의해서 우점되어 있으며 그렇지 않은 경우라도 외래종이 상당한 비율을 차지한다. 외래종은 흔히 고도의 침입성을 가지고 있어서 한번 정착하면 그 생태계에 우점하는 경향이 있다. 외래종에 의한 멸종은 대륙에서는 상대적으로 흔하지 않으나 섬에서는 매우 흔히 일어난다. 외래종이 새로운 환경으로 도입되면 고유 동식물종의 대규모 멸종을 일으킬 수 있는데 특히 포식동물이나 초식성 포유동물 등 특정한 종류의 생물들을 접촉한 적이 없어 매우 순한 섬의 생물들에게 큰 피해를 입히게 된다.

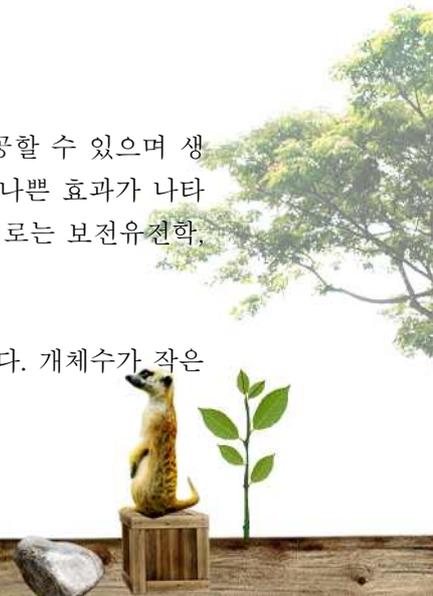
과다한 벌목이나 과다한 야생동물의 사냥은 이들 생물들이 번식하는 속도보다 빠를 경우 결국 멸종을 야기하게 된다. 아프리카에서 과다한 사냥은 대형 포유동물 멸종의 주요 원인이다. 과다 수확은 마호가니 나무의 벌목 등 육지에서도 일어나고 과도한 어획과 같이 해양에서도 일어난다. 지구의 상업적 어업의 반 이상은 과다 수확되고 있다. 특히 원예용 식물과 애완동물의 시장이 크게 늘어난 것은 생물다양성 보전에 큰 위협이 되고 있다. 많은 어획 방법들은 생물다양성 보전에 큰 위협이 되고 있는데, 예를 들면 다이내마이트로 산호초를 파괴하거나 저인망 어선들이 바다의 바닥을 훑고 지나가면 원하는 종 뿐만 아니라 원하지 않는 종의 생육 환경도 파괴시키게 된다.

인간 활동의 폐기물, 즉 환경오염물질들은 지구의 대기, 토양, 담수 및 해양의 주요 구성성분이 되고 있다. 이들 중 일부는 독성이 매우 강하여 생물의 건강에 직접적으로 영향을 주고 있다. 화석연료의 연소와 같은 인간의 활동은 현재의 기후를 크게 변화시킬 만큼 대기를 오염시키고 교란시켜 왔다. 기후의 변이성이 생물이 적응할 수 있는 범위를 넘어서면 많은 생물종은 충분한 개체수를 유지할 수 없게 되며 멸종의 위기에 처하게 된다. 이전에 볼 수 없었던 큰 규모의 가뭄, 홍수, 태풍 등 극단적 기상 현상은 많은 종의 분포와 개체수의 변화를 유도할 것으로 예측되고 있다. 만약 식물의 이동속도가 기후변화 속도를 따라가지 못할 경우 멸종을 예상할 수 있다. 생물계절학적 현상이 식물과 동물 사이에 일치되지 않으면 이것도 멸종을 유발할 수 있다.

V 생물다양성 보전의 원리

생물다양성 보전은 생태학을 기초로 하는 학문적 기반을 가지고 있어야만 성공할 수 있으며 생태학의 원리가 적용되지 않는다면 좋은 의도를 가지고도 오히려 생태계에 더 나쁜 효과가 나타나는 것을 흔히 볼 수 있다. 생물다양성 보전에 관계되는 중요한 생태학적 원리로는 보전유전학, 섬의 생물지리학, 메타개체군, 비평형설의 4가지를 들 수 있다.

① 보전유전학에서는 특히 개체수가 작을 때의 유전적 다양성의 소실에 주목한다. 개체수가 작은



경우 유전적부동(genetic drift)이나 병목현상(bottle neck effect)으로 인하여 우연적 확률에 의하여 유전적 다양성이 크게 줄어들 가능성이 크다. 유전적 다양성이 소실되면 근친교배 쇠약(inbreeding depression) 현상에 의해서 해로운 유전자가 쉽게 발현되어 질병으로 한꺼번에 많은 수가 사라질 위험에 처하게 된다. 뿐만 아니라 개체수가 작은 경우 짝을 찾거나 먹이를 구하거나 포식자로부터 자신들을 방어할 때 매우 불리하다. 그리하여 개체수가 너무 적으면 필연적으로 멸종에 이르게 된다. 북미대륙의 철새인 나그네비둘기(passenger pigeon)는 한때 현재의 세계인구와 비슷한 숫자인 약 50억마리가 살고 있었다고 추정되며 1914년에 멸종되었다. 멸종되기 직전에는 숫자가 수십 마리로 줄어들었을 텐데 이 때는 우리가 아무리 노력을 기울였어도 멸종을 막을 수 없었을 것이다. 보통 한 개체군의 유전적 다양성을 단기간 유지하기 위해서는 최소 50개체가, 장기간으로는 최소 500개체가 있어야 한다고 한다. 노아가 한 종당 한쌍씩만 방주에 태웠다면, 아주 운이 좋지 않았다면, 각 생물종은 수년에서 수십년 내에 다 멸종했을 것이다.

② 섬의 생물지리학(island biogeography)설은 어떤 섬에 서식하는 생물의 종수는 섬의 면적에 비례하고 육지로부터의 거리에 반비례하며 따라서 같은 면적의 육지에 비해서 종수가 적다는 원리이다. 육지의 자연생태계는 농경지 등 사람들의 토지이용에 의해서 하나의 생태계가 여러 개의 조각으로 나누어지며 단편화된 자연생태계 조각은 바다의 섬과 같아서 단편화 직후 많은 종이 멸종하게 되어 분리되지 않은 생태계에 비해서 종수가 훨씬 적어지게 된다. 따라서 보호지역과 같은 단편화된 생태계에서의 멸종을 막기 위해서는 섬의 면적이 커지거나 육지와 가까워지면 종이 많아지듯이 보호지역의 면적을 크게 하고 인접한 생태계 사이에 생태통로를 만들어 연결성을 높이면 멸종을 줄일 수 있다. 자연보호지역의 크기를 크게 하고 인접한 보호지역과 가깝게 위치시키고 완충지역을 설정하고 통로생태계로 서로 연결시키는 등 멸종속도를 줄이기 위한 방법들은 모두 섬의 생물지리학의 원리를 응용한 것이다.

③ 메타개체군(metapopulation: 초개체군 또는 통합개체군이라고도 함)은 “개체군으로 이루어진 개체군”이라는 의미로 1970년에 만들어진 용어이며 ‘공간적으로 분리된 같은 종의 여러 국지적 아개체군(subpopulation)으로 이루어지며 아개체군사이에는 개체들간의 이동을 통해서 어느 정도 연결되는 집단’이다. 많은 종은 서식지단편화(habitat fragmentation)의 결과로 분리된 작은 개체군으로 존재하며 한 장소에서 개체군이 사라지기도 하고 대신 이동을 통해서 다른 장소에 새로 정착할 수 있으며 이러한 종의 멸종과 생존은 아개체군의 동태로 설명할 수 있다. 메타개체군의 개념은 자연보전지구 설계의 원리와의 연결되지만 섬의 생물지리설에서는 면적이 큰 서식지를 강조하는 반면에 메타개체군의 개념은 작고 단편화된 서식지의 중요성을 강조한다. 메타개체군의 개념에 의하면 넓은 면적의 자연서식지 내에서 부분적으로 어떤 법적 보호종이 분포하지 않는다고 개발사업이 자동적으로 허용되어서는 안되며 이곳은 장차 새로운 개체군이 정착할 수 있는 예비공간으로 생각할 수 있으므로 이러한 사실은 환경영향평가시에 고려되어야 한다.

④ 유진 오덤에 의하면 20가지 생태학의 위대한 아이디어 가운데 첫 번째가 “생태계(ecosystem)”라는 용어의 제정이며 “생태계는 열역학적으로 개방되고 결코 평형상태가 있지 않다”는 점이다. 20세기 중반까지도 생태학자들은 많은 생태계가 평형상태에 있고 안정되고 예측가능하다고 생각하였고 생물군집의 천이에서도 안정된 상태의 극상군집을 강조하였다. 그러나 1960년대 이후에는 생태계가 고정되어 있지도 않고 균형잡혀 있지도 않으며 예측가능하지 않다



는 비평형설이 훨씬 더 많은 지지를 받게 되었다. 이러한 생태계의 비평형설의 관점은 자연보전에서 '서식지의 보호'에서 '생태계의 관리'로 초점을 옮기게 되었다. 생태계는 산불, 태풍, 가뭄, 홍수, 병충해 등 끊임없는 교란을 받고 있으며 어떤 생태계나 어떤 종은 교란이 없으면 존재하지 않는다. '프레리'라고 불리는 미국의 초원에서 원식생을 복원하기 위해서는 원주민 인디언이 살던 시절에 들불이 자주 일어난 것처럼 인위적으로 들불을 놓아야 한다. 로키산맥의 소나무숲과 캘리포니아의 세쿼이아숲, 호주의 유칼리나무숲의 유지에는 산불의 발생이 필수적이다. 홍수가 잦았던 곳에서는 홍수가 일어나지 않으면 생물다양성이 크게 감소하게 된다. 과거에는 보호지역에 철책을 치고 사람이 출입하지 않도록만 하면 생물다양성이 보전된다고 생각했으나 지금은 보호지역의 내부 뿐만 아니라 외부지역의 상황도 보호지역 내부의 생물종의 보전에 매우 중요하며 원래 우세하던 자연적인 교란과 지역주민들의 활동도 고려하는 종합적인 생태계관리로 생물다양성을 보전해야 한다.

VI 결론

현재의 멸종속도는 인류의 영향이 없을 때의 정상적인 멸종속도에 비해서 수백배에서 수천배 빠른 속도로 일어나고 있으며 이러한 생물다양성의 급격한 감소의 위기를 인식하여 보전생물학이 탄생하였다. 보전생물학의 주된 목표는 생물다양성의 보전이다. 생물다양성은 인류의 생존과 문명의 바탕이 되며 인류에게 경제적 이익도 주지만 이러한 도구적 가치와 관계없이도 생태적가치, 도덕적가치, 존재가치로 이루어지는 내재적 가치가 있기에 우리는 생물다양성을 보전해야 한다. 그러나 자연보전의 생태학적 원리를 이해하지 못하면서 생물다양성의 보전을 위하여 생명의 존엄성을 존중하겠다는 도덕적, 윤리적 마음만 앞서면 외래침입종의 도입 등으로 인하여 오히려 생물다양성의 감소와 자연파괴를 유발할 수 있다. 비록 보전생물학의 역사가 비교적 짧고 그 원리가 아직도 완성된 것은 아닐지라도 보전생물학의 여러 가지 원리를 자연보전 관련법과 보호지역의 관리에 적극 적용시키도록 노력하여야 한다.

