

발자국 이야기: 탄소발자국(Carbon Footprint), 물발자국(Water Footprint) 및 생태발자국(Ecological Footprint)

김 주 창

(kljckim@hanmail.net)

KCID 고문

서 언

발자국은 직접적으로 사람이나 동물이 발로 밟은 자리에 남은 모양이며, 한자로는 足跡(족적)이라 하고 영어로는 Footprint라 한다. 그런데 비유적으로는 무엇이 있었거나 지나가거나 작용하여 남은 결과를 이르는 말이기도 하다.

실제로 발자국이라 할 때, 공룡의 발자국, 명예의 전당에 만든 유명인의 발자국 등은 잘 알려진 것이며, 이런 발자국을 통해서 공룡의 존재, 종류, 존재 시기 등을 추정할 수 있고 유명한 사람들의 발자국은 그들의 생존기간의 행적을 보여주고 후세에 본이 되게 한다.

일차적으로 사람이 살아가는 동안 성장하고, 먹을 것을 구하고, 일하고, 놀기 위하여 걸을 때마다 발자국을 남기지만 모래밭이나 눈 덮인 곳이 아니면 보이지 않는다. 그래도 각 개인이 걸어 다닌 거리를

어림해보면 발자국의 수나 면적을 계산할 수 있고, 그 크기는 개인별로 수명, 생활습관, 생활환경 등에 따라 크게 달라질 것이다.

이차적으로는 사람이 살아온 과정을 발자국이라 하면 이 때까지 또는 살아 생전에 남긴 업적이나 좋은 일은 물론이고 나쁜 것까지 함께 모아서 발자국을 살펴볼 수 있는 것이다. 특히, 한 사람이 일생을 살면서 자연의 자원을 얼마나 소비하였는가 하는 것은 인류공동체의 지속을 위해 얼마나 공헌하였는가를 보여주는 발자국이 될 수 있다.

환경부문에서의 발자국에는 탄소발자국, 물발자국, 그리고 생태발자국 등이 있다. 이들 발자국은 일반적으로 인류가 자연 자원을 이용하는 것 또는 자연 환경에 압력을 행사하는 것을 양적으로 측정하는 것이다. 이는 지구환경을 보전하여 인류가 지구상에서 계속 번영할 수 있도록 하는데 있어, 먼저 얼마나 많은 양을 사용하고 있는지 알기 위한 수단

표 1. 주요 발자국의 단위

	구분	단위	설명	비고
발자국	탄소 발자국	ton	이산화탄소의 양으로 나타낸 온실가스의 양	대기자원
	물 발자국	m ³ /yr	담수의 이용을 나타내는 양	수자원
	생태 발자국	gha	생태 생산 공간의 이용을 나타내는 양	토지자원

이라 할 수 있다.

에너지 과다사용으로 공기 중의 이산화탄소가 증가하여 지구의 기후가 변하고, 세계 도처에서 물 부족이나 홍수로 인한 재해가 발생하며, 생태계의 파괴로 지구가 한계점에 이르러진 상황에서 현상을 파악하는데 도움이 될 이런 발자국 개념이 제시된 것인데, 지구가 공급하고 처리할 수 있는 능력 안에서 인류가 공기와 물과 생태계를 사용하고 관리하는 것은 대단히 중요하기 때문이다.

한 개인의 입장에서조차 오염된 공기 속에서 호흡하면 몇 분 안에 생명을 잃을 수 있고, 물을 마시지 않으면 10여 일을 넘기기 어렵고, 음식을 먹지 못하면 1개월을 견디지 못하는 것을 볼 때, 각자의 발자국을 따져보고 자신의 과도한 발자국 때문에 영향을 받을 타인의 삶이나 후손의 번영을 생각하는 것은 필요한 것이다.

탄소발자국(Carbon Footprint)

탄소발자국은 생산된 온실가스의 양, 즉 이산화탄소의 양(단위: ton)으로 측정한다. 지구상의 공기 전체의 양이 거의 늘거나 줄지는 않지만 에너지 사용으로 공기 중의 산소가 이산화탄소로 바뀌어 기후가 변하고 인류는 물론이고 모든 생물에 해를 끼칠 수 있어 공기 중의 이산화탄소 관리가 필요하게 된 것이다.

그런데 공기는 구역으로 나누어 관리할 수 없기 때문에 세계 각국이 협력해야 하고 에너지 즉 탄소의 사용을 줄이는 것을 목표로 하고 있는 것이다. 국제기후변화협약은 이를 위한 것이고 녹색성장, 청정에너지 등도 공기를 탄소로부터 지키기 위한 것이라 할 수 있다.

2010년 국제발자국네트워크(Global Footprint Network)가 발표한 주변 국가의 1인당 탄소배출량은 다음 표와 같고, 우리나라는 북한의 3배 수준, 중국의 2배 수준을 넘었으며, 미국의 절반 수준이고 일본을 추월한 상태이다. 이는 우리나라의 1인당 에너지 소비가 그만큼 많다는 것을 의미한다.

이 표에서 우리 나라의 산업이 인구 개인당으로

표 2. 주요 국가의 1인당 탄소배출량 (국제발자국네트워크 2010년 발표)

국명	1인당 탄소배출량 (T CO ₂ /1인) [CO ₂ emission per person]	한국에 대한 비율
한국	10.69	1.00
북한	3.09	0.29
일본	9.91	0.93
중국	4.75	0.44
미국	19.94	1.87

보면 크게 발전된 상태임을 알 수 있지만 반대로 에너지를 많이 사용하는 산업이 많다는 것과 에너지 절약의 여지가 많다는 것도 동시에 알 수 있다. 따라서 에너지 절약에 대한 온 국민의 각성과 노력이 절실함을 깨닫게 하고 있다.

물발자국(Water Footprint)

물발자국은 인간이 사용한 물의 양(단위: m³/year)으로 측정한다. 인간이 마시는 물은 물론이고 식량을 생산하기 위해 사용한 물, 공장에서 제품을 만들기 위해 사용한 물, 청소애 사용한 물 등 인간에 의한 모든 물 사용을 포함한다.

그리고 물은 오염이 되면 사용할 수 없으므로 물발자국은 사용된 물의 소비(증발산량과 같은 소비)뿐만이 아니고 물의 오염된 양도 계산을 한다. 그리고 바닷물은 사용하는 것이 아니고 동식물이 사는 육지처럼 어류가 사는 영역이 됨으로 물발자국이 아니고 생태발자국에서 다룬다.

물발자국에서는 장소와 시간이란 요소가 중요하다. 탄소발자국은 시간적, 공간적 제한이 없지만 물발자국은 물의 주공급원인 강수나 하천이 장소와 시간에 따라 다르기 때문에 장소와 시간을 고려하는

것이 필요하다. 강수가 많은 장소나 시기에는 물의 공급이 많아서 물발자국이 커도 문제가 없게 된다.

그런데 물발자국의 양은 물을 사용하는 농산물이나 제품의 수출과 수입을 통해 국가간에 이동이 됨으로, 물 부족이 있고 물발자국의 양이 많은 국가는 물을 많이 사용하는 농산물이나 제품을 국내에서 생산하는 대신 외국에서 수입하여 물발자국의 크기를 줄이는 것도 고려할 필요가 있다.

그리고, 물 발자국은 국가별, 기업별, 개인별, 제품별, 지역별 등 다양한 주체별로 구할 수 있다. 이렇게 구해진 발자국은 같은 그룹간에 비교함으로써 물 절약 또는 오염방지의 여지를 찾는 데 도움을 줄 수 있고 효율적인 물 사용을 가능케 할 수 있는 것이다.

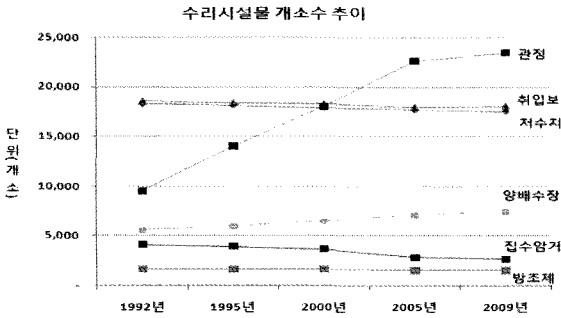
생태발자국(Ecological Footprint)

생태발자국은 인간이 지구에 살면서 자원을 생산하고 그것을 폐기하는데 드는 비용을 토지 면적으로 환산한 지수이다 (단위: gha). 그리고 토지면적뿐만 아니라 수산물을 공급하는 해양의 면적도 고려한다. 여기에는 식량, 주택, 의복, 여가활동 등과 같이 인간의 현재 라이프스타일을 유지하는데 필요한 모든 것이 포함된다. 또, 경우에 따라서는 생태발자국을

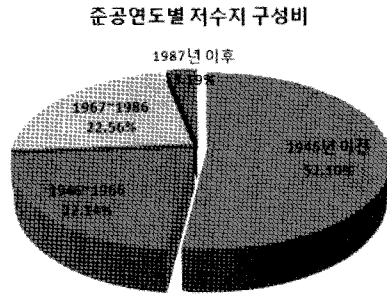
표 3. 주요 국가의 생태발자국과 생태용량 (국제발자국네트워크 2010년 발표)

국명	생태용량 (gha/1인) [World total bio-capacity (gha/per capita)]①	생태발자국 (gha/1인) [World ecological footprint of consumption (gha per capita)]②	②/①
한국	0.33	4.87	14.8
북한	0.58	1.32	0.44
일본	0.60	4.73	0.13
중국	0.98	2.21	0.44
미국	3.87	8.00	0.48
세계 평균	1.78	2.70	0.66

주) gha=global hectare



연도별 한국의 생태용량과 생태발자국 (1961~2007)



연도별 북한의 생태용량과 생태발자국 (1961~2007)

그림 1. 한국과 북한의 생태용량과 생태발자국 (1961~2007) (국제발자국네트워크)

- 주) 1. 위에 있는 선은 1인당 생태발자국, 아래에 있는 선은 1인당 생태용량
- 2. 1인당 생태용량은 매년 생태계 관리, 농업(비료사용과 관개), 생태계 악화, 기후, 인구수 등에 따라 변한다.
- 3. Global Hectare (gha)는 전체 지구의 생태용량 측정단위로, 1 gha는 지구상의 각 생태적인 생산면적(ha)의 생태용량을 평균한 값이다. 즉 지구상의 전체 생태용량을 지구의 면적으로 나누어 구한다. 1인당 gha는 지구상에서 1인이 사용할 수 있는 생태적인 생산토지와 수면의 크기를 말한다. 2005년 기준으로 지구상에는 134억 ha의 생태적 생산토지와 수면이 있고 65억의 인구가 있다. 이는 1인당 생태용량이 평균 2.1 gha임을 의미한다(표 3의 값과 그림 1의 값에 차이가 나는 것은 연도가 다르기 때문임).

세분하여 식량발자국(Food Footprint), 주택발자국(Housing Footprint), 재화와 서비스발자국(Goods and Services Footprint) 등으로 나눌 수도 있다.

2010년 국제발자국네트워크가 발표한 우리나라의 생태발자국 지수는 1인당 4.87gha이고 우리나라의 적정 생태용량(Bio-Capacity)은 1인당 0.33gha로 14배가 넘는 소비 수준이다.

참고로 주요 주변국의 1인당 생태용량과 생태발자국 지수는 다음 표와 같으며, 우리나라는 생태발자국의 경우 미국의 절반 수준이고, 일본을 추월하고, 중국의 2배, 북한의 3배를 넘었다. 이는 탄소 발자국과 비교하면 비슷한 결과로서 우리나라의 1인당 소비수준 또는 생활수준이 상당히 높다는 것을 의미한다.

그리고, 지구가 감당할 수 있는 생태용량은 1인당 1.78gha이지만 현재 66억 인구의 생태발자국 지수는 2.7gha 이다. 인류가 지금의 생활수준으로 산다면 지구가 1.5개가 필요하고, 지구의 모든 사람이 미국인처럼 높은 생활수준으로 산다면 지구가 4.5개 필요하다는 뜻이다.

기타 발자국

▶ 전자발자국(Electronic Footprint)

전자 장치에 사람들이 접촉하면 그 결과가 남게 되는데 이는 사람들이 새로 내린 눈 위에 남기는 발자국과 같은 역할을 한다. 발자국을 따라가서 범인을 잡을 수 있듯이 전자발자국을 추적하면 그 장치를 사용하거나 그곳에 있었던 사람의 여러 가지 상황을 알 수 있게 된다.

이와 같이 사람들이 남기는 흔적을 전자장치로 찾을 수 있도록 하는 것이 전자발자국이다. 교통이 혼잡한 곳을 알려주는 전자교통 안내판이나 거리의 방법 카메라는 전자발자국을 이용하는 것이고, 컴퓨터를 복원하여 데이터 내용을 찾아내는 것도 전자 발자국을 이용하는 것이다. 전자발자국의 이용은 생활을 편리하게 하고 범인을 검거하는데 도움이 되지만 사생활을 침해할 수 있다는 것은 잘 알려진 사실이다.

▶ **식량발자국(Food Footprint)**

식량발자국은 생태발자국에 속하는 것으로 인구에 대한 1) 식량 생산용 토지(초지를 포함한 농지), 2) 이산화탄소를 흡수하는 삼림지, 3) 어류 생산 영역인 해양 등의 면적을 고려하는 것이다. 지구 전체적으로는 식량의 부족이 심한데 개인적으로는 식량소비가 많아서 배가 나오고 체중이 증가하는 것이라면, 어떤 음식을 얼마나 먹고 있는지 개인의 식량발자국을 살펴보아야 한다.

개인의 식량발자국을 줄이려면;

- 자기 지방에서 생산되고, 유기질이 많은 제철 먹거리.
- 텃밭에서 기른 채소, 과일 등.
- 장거리 수송이 되지 않은 제 고장의 먹거리.
- 포장이 적어 폐기물이 많지 않은 먹거리.
- 고기보다는 식물성 먹거리: 세계적으로 온실가스 배출의 18%는 육류 소비와 관련되어 있다.

▶ **주택발자국(Housing Footprint)**

주택을 효율적으로 사용하기 위하여 주택발자국을 생각할 수 있으며, 작은 수의 가족이 넓은 주택에 사는 것이나, 에너지 과소비형 주택은 주택 발자국이 크다고 할 수 있다.

주택발자국은 주택이 차지한 토지면적, 주택건설과 가구 등에 사용된 목재의 생산을 위해 사용되었던 삼림지의 면적, 주택의 건설과 유지를 위해 생긴 탄소 배출을 흡수하는데 필요한 토지와 해양의 면적 등을 포함한다.

주택발자국은 녹색 건축기술로 작은 면적의 토지 위에 지어진 농촌지역의 작은 주택, 그리고 용수절약장치를 하고 생분해성 청소제품을 사용할수록 작아진다.

개인의 주택발자국을 줄이려면;

- 건물에 태양열 난방, 우수 채집, 하수 재이용 등 녹색 설계를 적용한다.
- 사워픽지, 수도픽지, 변기 등은 효율적인 제품을 선택한다.
- 중고품, 재생품, 지속가능 제품의 가구를 선택한다.
- 마당과 정원에 가뭄에 잘 견디는 식물을 심는다.
- 생분해성이고 독성이 없는 청소 제품을 사용한다.

▶ **재화 및 서비스발자국(Goods and Services Footprint)**

재화 및 서비스발자국은 물품의 제조, 수송 및 처리에 관련된 탄소의 배출을 흡수하는데 필요한 토지와 해양의 면적, 상업활동에 소요되는 토지면적, 그리고 펄프와 종이 제품을 생산하는데 소요되는 삼림면적을 포함한다.

그리고 소득이 작아 재화와 서비스를 받는 것이 작을수록, 또 저축을 많이 하고 소비를 작게 하는 사람일수록 그의 재화 및 서비스발자국이 작게 된다.

개인의 재화 및 서비스발자국을 줄이려면;

- 물건을 작게 사고, 꼭 필요한 경우에만 사용하던 물건을 바꾼다.
- 종이, 유리, 알루미늄, 플라스틱 등을 재활용한다.
- 음식물 쓰레기로 퇴비를 만들어 정원에 사용한다.
- 재생품을 구입하여 사용한다.

결 론

탄소발자국, 물발자국, 생태발자국은 인류의 밝은 미래를 위하여 부족한 자원의 현재의 상황을 파악하고 이에 대비하는데 필요한 것이다. 3개 발자국을 간단히 비교하면 다음의 표와 같다.

표 4. 주요 발자국의 비교

구분	설명 (특성)	비고
탄소발자국	기후 변화 문제 (공기의 이동성)	1) 탄소의 발생 및 제거 장소가 관계없음. 2) 다른 장소에서 상쇄가 가능함.
물발자국	담수의 부족문제 (물의 지역·시간 한정성)	1) 물은 장소와 시간에 지배됨. 2) 다른 장소에서 상쇄가 거의 불가능함.
생태발자국	생태 생산 공간의 부족 (토지의 고정성)	1) 생산공간은 고정되어 있다. 2) 다른 장소에서 상쇄가 불가능함.

인류공동체의 삶의 터전이 되는 지구의 입장에서 여러 가지 발자국을 살펴보는 것은 필요한 자원의 이용이 합리적인가를 평가함으로써, 인류에 의한 기본적인 자원의 파괴나 고갈을 줄여서 인류 스스로가 인류의 미래를 어렵게 하는 것을 피하고 자연 친화적인 생활을 하도록 도움을 주는데 대단히 중요하다.

개인적으로 탄소발자국을 줄이려면 난방온도를 낮추고 냉방온도를 높이고, 전기 및 자가용 차량 사용을 줄이는 것이 필요하고, 물발자국을 줄이려면 목욕횟수와 세탁횟수, 세차횟수를 줄이고, 수세식 변기의 사용을 조절하고, 물 절약을 생활화하며, 물의 재이용에 관심을 두어야 한다. 생태발자국을 줄이려면 생활에 있어 낭비를 없애고 육식을 줄이고 간소한 생활을 하고 쓰레기의 양을 줄여야 한다.

하나의 인간으로서 자신의 발자국을 찾아보는 것은 의미 있는 일이다. 우리들 각자도 살아간다는 것이 발자국을 만들어 가는 것이라 할 수 있고 또 과거로 돌이켜 지난 발자국을 보면 후회스러운 일, 잘못했던 일이 생각나고 이로 인해 앞으로는 더 좋은 발자국을 만들어야겠다고 다짐하고 노력할 수 있기 때문이다.

결국 탄소발자국, 물발자국 및 생태발자국을 최소로 하려면 전기도 없는 원시생활로 돌아가는 것이 가장 확실한 방법이지만 원시생활의 불편을 견딜 수 있는 사람은 많지 않다. 그러나 에너지 절약, 물 절약, 그리고 간소한 생활을 통해 이들 발자국의 크기를 어느 정도 줄일 수는 있고 이는 인류공동체의 번영을 위하여 공헌하는 길이 된다.