

물발자국

01. 물발자국 개요



I 발자국의 개념과 종류

발자국(Footprint)이란 인간에 의한 환경과피 정도를 나타내기 위해 사용되는 용어로, 이는 인간이 발자국을 내딛는 순간 환경과피가 일어남을 표현한 것이다. 환경에 영향을 미치는 인간 활동을 지표화 하여 환산한 최초의 개념은 생태발자국이며 탄소발자국, 물발자국 등은 이것으로부터 파생된 개념이다. 이절에서는 물발자국 개념의 발생 배경과 함께 생태발자국, 탄소발자국과의 연관성을 살펴보고 물발자국 이해를 돕고자 한다.

1. 생태발자국(Ecological Footprint)

생태발자국은 1996년 캐나다 경제학자 마티스 웨커네이겔과 윌리엄 리스가 창안한 개념으로 인간의 자원이용 강도를 측정하고 알리는 지표이다. 생태발자국은 인류가 사용하는 재화를 생산, 소비, 폐기하고, 이 폐기물이 재생되는 데 있어 지속적으로 필요한 토지와 물의 면적이 얼마나 되는지를 측정하는 것이다(환경부, 2008). 생태발자국을 통해 한 사람이 지구에 얼마나 많은 흔적을 남기는지, 얼마나 자연에 영향을 미치는지를 알 수 있다.

생태발자국은 지속가능성을 측정하는 지표가 되는데 영국, 미국, 캐나다, 호주, 일본 등에서 국가와 지역단위의 지속가능한 정책 수립에 활발히 활용되고 있다. 생태발자국 측정 단위로 글로벌 헥타르(Global hectare)를 사용하는데, 글로벌 헥타르는 생물학적으로 생산력이 있는 전 세계의 모든 토지와 수면의 평균 생산력을 표현하는 공통 단위이다.¹⁾ 생물학적 생산영역은 농경지, 숲, 어장을 포함하며, 사막, 빙하, 공해는 포함되지 않는다.



<그림 1-1> 생태발자국의 개념과 적용성을 설명한 도식
자료: 물발자국 네트워크(<http://www.footprintnetwork.org>).

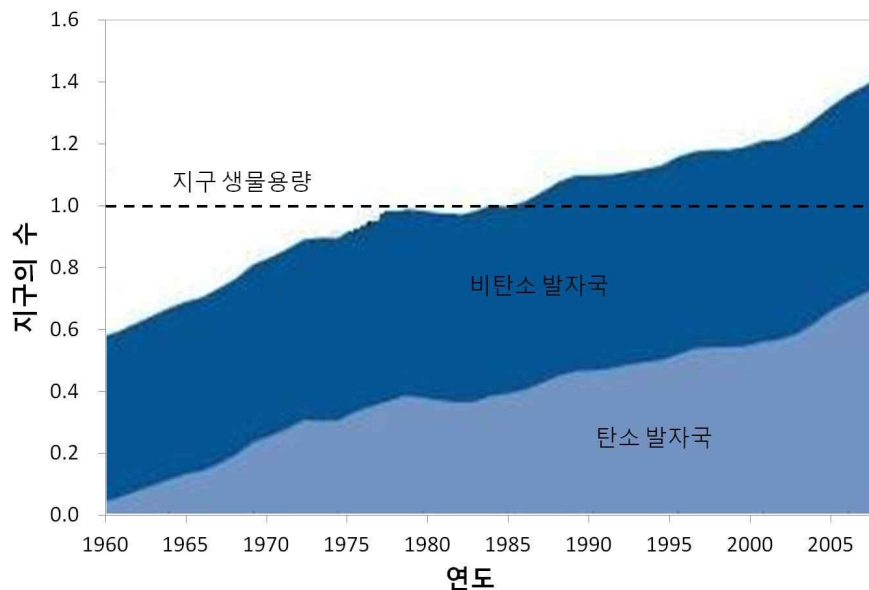
생태발자국은 인간 활동이 생물권을 사용하는 수요량의 척도이다. 좀 더 정확히 말하면 생태발자국은 일반적인 기술과 자원 관리방법을 기준으로 어떤 개인, 집단 또는 어떤 활동이 소모하

1) 본 내용은 물발자국 네트워크(<http://www.footprintnetwork.org>)에서 발췌하여 정리

는 모든 자원을 생산하고, 그것들이 만들어내는 폐기물을 흡수하는 데 필요한 생물학적 생산력을 가진 땅과 물의 양을 측정한다. 생태발자국은 또한 생태 용량, 즉 그러한 자원을 생성하고 폐기물을 흡수하는 데 이용할 만한 생산력을 가진 영역의 양과 비교할 수 있다. 어떤 땅 또는 물에 대해 두 가지 중 하나 이상의 계산이 가능한 경우, 실제 사용 가능한 생산 영역의 양을 과장하지 않도록 둘 중 하나만을 계산한다. 땅과 물의 면적은 생물학적 생산력(Biological productivity)에 따라 측정한다. 이러한 측정은 서로 다른 생물학적 생산력을 가진 세계 여러 지역의 생태계를 동일 단위인 글로벌 헥타르로 비교할 수 있게 해준다(Ewing B. 외, 2010).

2. 탄소발자국(Carbon Footprint)

탄소발자국은 개인 또는 단체가 직접·간접적으로 발생시키는 온실 기체의 총량을 의미하며, 인간의 생산 및 소비 활동 전 과정에서 온실가스가 얼마나 배출되는지의 정도를 나타낸다.



<그림 1-2> 시대별 탄소/비탄소발자국의 변화

자료: 물발자국 네트워크(<http://www.footprintnetwork.org>).

탄소발자국은 인간의 전체 생태발자국 중 54%이며, 가장 빨리 증가하는 요소이다.²⁾ 인류의 탄소발자국은 1961년 이후 11배 증가하였다<그림 1-2>. 인류의 탄소발자국을 감소시키기 위해서는 과도한 방출을 중단시키는 것이 가장 핵심적인 요소이다. 발자국이라는 틀은 단순히 하나의 자연계에서 다른 자연계로 우리의 책임을 떠넘기는 것이 아닌 종합적인 방법으로 문제를 해결할 수 있게 해준다.

제품에 대한 탄소발자국은 전과정 평가 방법론에 따라 계산되는데 ISO 14040 및 ISO 14044로 표준화되어 국제적으로 동일한 절차와 요건에 따라 활용되고 있다. 한국인의 1년 탄소발자국은 4억 9천만 톤가량이며, 종이컵을 생산, 소비, 폐기하는 과정에서 생긴 이산화탄소는 11g이다(해양경찰청, 2009). 전과정 평가를 활용한 탄소발자국 계산은 환경부 탄소성적표지 작성지침에 따른다. 탄소발자국 계산은 용도가 생산과정, 소비부분, 또는 제품을 매개로 생산과 소

2) 본 내용은 물발자국 네트워크(<http://www.footprintnetwork.org>)에서 발췌하여 정리

비 부분을 연계한 온실가스 관리인지에 따라 데이터 수집범위가 달라진다(김익, 2009).

3. 물발자국(Water Footprint)

1) 물발자국 개념의 발생 배경³⁾

인간의 활동은 많은 양의 물을 소모하며 오염시키는데, 물의 소비와 오염은 관개, 수영, 세탁, 청소 등 특정한 활동과 연관 짓는 것이 가능하다. 하지만 전체 물의 소비와 오염이 결국에는 어떤 공동체들이 소비하는 물의 양과, 다양한 소비자 물품 및 서비스를 제공하는 국제경제의 구조에 기반한다는 사실은 많은 주목을 받지 못했다. Hoekstra와 Chapagain(2008)은 상품들에 숨겨진 물 소비를 시각화하는 것이 담수의 전반적인 특징을 이해하고 소비와 무역이 물자원 소비에 끼치는 영향을 수량화하는 데 도움이 될 수 있다고 보았다. 이것은 소비와 물 사용 사이에 숨겨진 연결고리를 찾아내 물 관리의 새로운 전략들을 구축하는 데 기본이 될 수 있게 했다.

2) 물발자국과 생태·탄소발자국의 연관성

물발자국은 생태·탄소발자국과 같은 환경발자국의 개념으로 인간이 환경에 남기는 영향을 측정하기 위한 하나의 지표로 쓰인다. 수자원 분야에서는 물발자국뿐만 아니라 기후변화에 영향을 미치는 온실가스의 저감과 관련된 탄소발자국도 큰 연관성이 있다.

물발자국과 생태발자국이 자주 비교, 대조되지만 생태발자국과 물발자국은 지표로서 근본적인 대체가 불가능하다. 생태발자국이 어떤 인구 집단을 유지하는 데 필요한 생물학적 생산가능 면적을 나타낸다면, 물발자국은 이에 필요한 담수의 양을 의미한다. 또한, 탄소발자국은 이산화탄소의 양으로 나타낸 온실가스의 양을 말한다.

<표 1-1> 물·생태·탄소발자국의 비교

구분	단위	설명	특성	비고	
발 자 국	물발자국	m ³ /yr	담수의 이용을 나타내는 양	물의 지역·시간 한정성	수자원
	생태발자국	gha	생태 생산 공간의 이용을 나타내는 양	토지의 고정성	토지자원
	탄소발자국	ton	이산화탄소의 양으로 나타낸 온실가스의 양	공기의 유동성	대기자원

자료: 김주창(2011), 「발자국 이야기: 탄소발자국, 물발자국 및 생태발자국」 재정리

3) The Water Footprint Assessment Manual : Setting the Global Standard, pp.1-2를 토대로 재구성

II 물발자국 개념의 이해

1. 물발자국 개념의 유래

물발자국은 영국 런던대학 앨런(J. A. Allan) 교수가 도입한 '가상수' 개념을 기초로 확장된 새로운 개념이다. 앨런 교수 이론에 따른 가상수는 1998년 「Ground Water」 지를 통해 처음 소개됐으며,⁴⁾ 여기서 가상수를 “농산물 생산에 사용되고 있는 물”이라 정의하였다. 수자원이 부족한 국가가 자국에서 농산물을 생산하지 않고 수입하면 농산물 생산에 사용되는 물을 다른 목적(생활용수·공업용수 등)으로 사용할 수 있다는 점에 주목하였고, 결국 농산물을 수입하면 눈에 보이지는 않지만 농산물 생산에 사용되는 물을 수입하는 효과가 발생한다는 데 기초한 개념이 가상수이다.

Hoekstra와 Hung은 2002년 12월에 네덜란드 델프트에서 열린 ‘가상수 무역에 관한 국제 전문가회의(International Expert Meeting on Virtual Water Trade)’에서 국제 농산물 무역을 가상수 이론과 접목시켜 국가간·지역간 국제 가상수 교역에 대한 추세를 분석하고 ‘물발자국’이란 새로운 개념을 소개했다.⁵⁾

2. 물발자국의 정의와 종류⁶⁾

물발자국을 평가하려는 목적은 인간 활동이나 특정 제품의 생산이 물 부족 및 오염 문제에 어떻게 연관돼 있는지를 분석하고, 인간 활동 및 제품이 물의 관점에서 어떻게 더 지속적으로 유지될 수 있는지를 분석하고 방향을 제시하려는 것이다. 물발자국은 생산·소비·무역 등의 활동이 물의 직접적 또는 간접적인 이용에 어떻게 관계되어 있는지를 수량적으로 나타낸다. 따라서 물발자국 개념을 이용하면 물을 좀 더 효과적으로 활용하는 객관적 분석·검토를 한층 쉽게 실시할 수 있다. 또한 국가·지자체·사업자·소비자가 물을 효율적으로 이용·배분하고 폐수를 적정하게 처리하는 데 도움을 줄 수 있다.

물발자국은 소비자나 생산자의 직접적인 물 사용뿐만 아니라 간접적인 물 사용도 고려하는 담수 소비의 지표이다. 물발자국은 전통적이고 제한적인 수자원의 이·취수 관련 다음으로 담수자원 책정의 포괄적인 지표라고 여겨질 수 있다. 어느 제품의 물발자국은 그 제품의 생산부터 전체적인 공급 과정에 걸쳐 소비된 담수의 양이다. 물발자국은 물 소비 양을 원산지별로, 오염된 양을 오염의 종류별로 나타내는 다차원적 지표이다. 하나의 완전한 물발자국의 모든 요소들은 지역별, 기간별로 세분화해 기술될 수 있다. 물발자국은 한 국가 내의 수자원 총량 산출시 국제무역을 통해 수출입되는 가상수 양까지 고려하여 해당 국가의 물 수지를 계산한 것으로, 기존의 물 수지 계산에서 쓰인 직접적인 물 사용과 함께 간접적인 물 사용을 종합적으로 고려한 것이다(안재현 외, 2010).

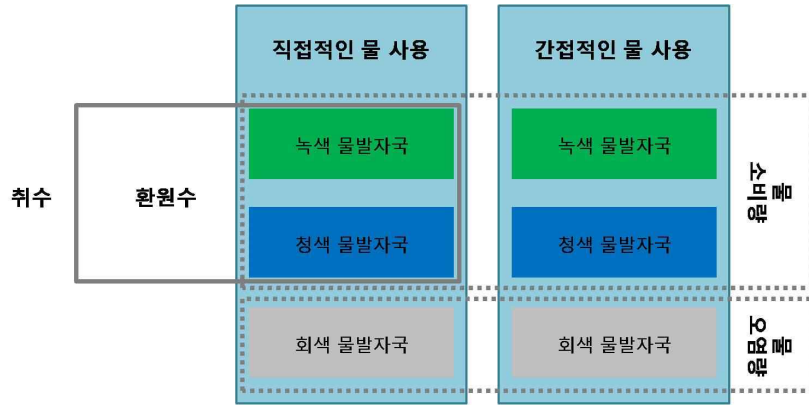
이러한 물발자국은 청색, 녹색 그리고 회색 물발자국으로 세분화되어 있고, 이를 통해 다양한 방식으로 지표적 기능을 수행한다. 청색 물발자국은 한 생산물의 공급 사슬을 따라 소비된 청색 수자원(지표수와 지하수)을 뜻한다. 여기에서 ‘소비’는 한 담수 지역 안의 가용 지표수의 총량으로부터의 감소하는 물 손실을 가리킨다. 손실은 물이 증발하거나, 다른 담수 지역이나 바다로 들

4) Allan, J.A.(1998), *Virtual Water: A Strategic Resource Global Solution to Regional Deficits*, Ground Water, 36(4), pp.545-546.

5) Hoekstra, A.Y. and P.Q. Hung(2003), *Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*, UNESCO-IHE, 12, pp.25-47.

6) Water Footprint Network(2011), *The Water Footprint Assessment Manual - Setting the Global Standard* 토대로 재정리

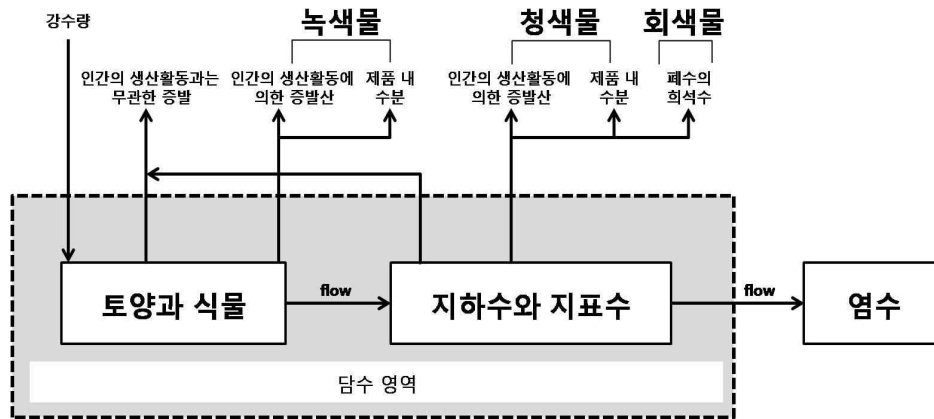
아가거나, 한 생산물에 포함되었을 때 일어난다. 녹색 물발자국은 녹색 수자원(흐르는 상태가 되지 않는 빗물)의 소비를 가리킨다. 회색 물발자국은 오염수를 가리키고, 오염원을 천연 농도와 주변 수질 기준에 맞게 정화하기 위해 필요한 담수의 양으로 정의한다<그림 1-3>.



<그림 1-3> 물발자국 요소의 도식적 표현

자료: The Water Footprint Assessment Manual을 재구성

<그림 1-3>에서 직·간접적인 물이용 측면을 고려하지 않을 경우, 이들 간의 구분은 보다 단순해진다. 이러한 경우, 녹색 물발자국이란 일시적으로 토양 표면이나 식물에 머물러 있는 물(흘러나가지 않는 물) 가운데 제품이나 서비스를 창출할 때 사용한, 토양 내에 저장되어 있던 빗물이 증발되거나 제품 내로 이동한 양을 말한다. 녹색 물발자국 규모는 일반적으로 청색 물발자국보다 상당히 적다. 이는 일시적으로 토양의 표면이나 식물에 머물러 있는 물(유수되지 않는 물) 가운데 인간의 인위적 생산 활동을 목적으로 사용된 양을 의미하며, 일반적으로 작물의 성장과 동반한 증발산량(토양의 증발산량 및 작물이 머금고 있는 양)이 여기에 적용되기 때문이다. 청색 물발자국은 개인이나 공동체가 제품이나 서비스를 생산·소비하기 위해 필요한 지표수와 지하수의 양을 말한다. 예를 들어 농작물의 청색 물발자국은 농작물을 재배하기 위해 밭에 사용한 관개용수와 저수지 물의 양을 합한 값이다. 여기서 주목할 점은 이 과정에서 사용한 물을 본래 상태로 원래의 수원으로 돌려보내는 경우, 해당 수량은 청색 물발자국에 포함되지 않는 점이다. 회색 물발자국의 경우는 제품이나 서비스를 생산할 때 발생하는 오염된 물의 양을 말하며, 오염원을 수질 기준에 적합하도록 정화하는 데 필요한 물의 양으로 계산한다. 화학물질은 폐기물, 비료, 살충제와 같은 형태로 토양에 직접적으로 투입될 수 있으며, 이것이 지하수로 흘러 들어가거나 지표수의 흐름에 포함돼 오염이 발생한다. 이러한 경우 오염부하는 지하수·지표수에 도달하는 총 화학물질의 양으로 표현할 수 있다<그림 1-4>.



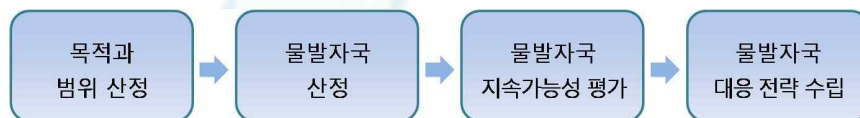
<그림 1-4> 물발자국에 있어서 세분화된 녹색·청색·회색 물발자국 종류 및 개념

3. 물발자국 평가의 목표와 범위⁷⁾

1) 물발자국 평가(Water Footprint Assessment)

물발자국 평가는 포괄적인 범위의 인위적 활동을 통해 발생하는 수자원의 소비를 모두 포함한다. 물발자국 평가는 한 공정, 생산물, 생산자나 소비자의 물발자국을 수량화하고 위치를 찾아내거나, 한 특정 지리적 영역의 물발자국을 시공간으로 수량화하여 제품이나 지역의 지속가능한 수자원의 활용성이나 상태를 판단하는 것이다. 이러한 물발자국의 환경적·사회적·경제적 지속성을 평가하는 것은 대응 전략을 구축하기 위함이다. 광범위하게 말하자면, 물발자국 평가의 목표는 인간 활동이나 특정 생산물이 어떻게 물 부족과 오염 문제들에 결부되어 있는지 분석하고, 물의 관점에서 활동과 생산물이 어느 정도 지속될지 파악하는 것이다.

물발자국 평가는 분석적인 지표로서 통찰력을 제공하여 사람들에게 무엇을 해야 하는지 이해하도록 돕는다. 전체적인 물발자국 평가는 아래 <그림 1-5>처럼 4단계로 구성된다. 물발자국 연구는 다양한 이유로 실행될 수 있기 때문에 첫 번째 단계에서는 사용자의 의도에 맞게 목적과 범위를 산정해야 한다. 두 번째 단계에서는 물발자국 산정이 이루어진다. 이는 정보가 수집되고 계정을 개발하는 단계로, 산정의 범위, 세부정도는 그 전 단계에 만들어진 결정들에 의존한다. 그 다음 세 번째 단계인 지속성 평가에서는 물발자국을 환경적·사회적·경제적 시점에서 평가한다. 마지막 단계는 평가 결과에 기초하여 전략이나 정책을 수립함으로써 전 과정이 마무리된다.



<그림 1-5> 물발자국 평가 4단계

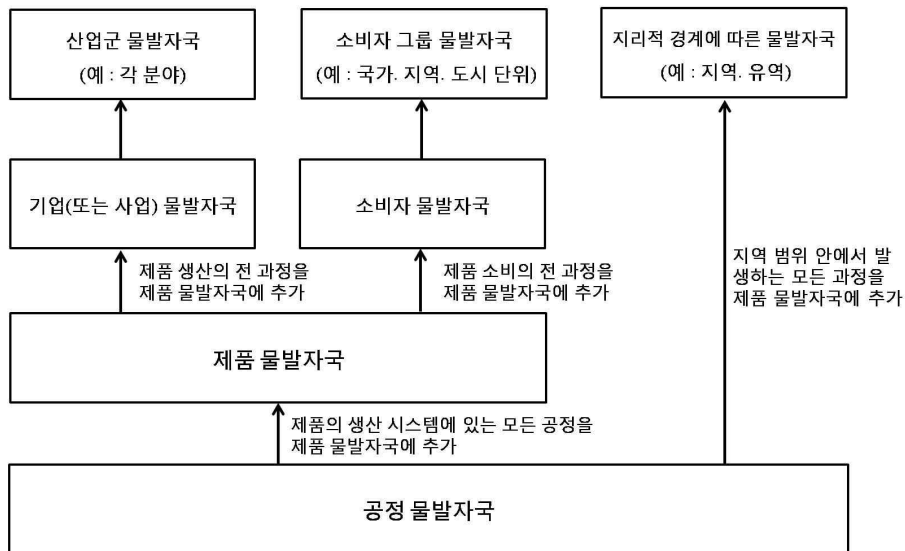
자료: The Water Footprint Assessment Manual 참고.

2) 물발자국 평가 목표

물발자국을 평가할 때에는 각기 다른 독립체들의 물발자국을 평가할 수 있기 때문에 어떤 물발자국에 관심이 있는지 명시하는 것부터 시작하는 것이 가장 중요하다. 물발자국의 산정 대상은

7) The Water Footprint Assessment Manual : Setting the Global Standard 요약 정리. pp.7-17.

아래 <그림 1-6>에서와 같이 ▲공정 물발자국 ▲제품 물발자국 ▲기업(또는 사업) 물발자국 ▲산업군 물발자국 ▲소비자 물발자국 ▲소비자 그룹(국가·지역·도시 단위) 물발자국 ▲지리적 경계(지역·구역)에 따른 물발자국 등으로 나눌 수 있다.



<그림 1-6> 각종 물발자국의 산정과 각각의 물발자국간 연관성
 자료: The Water Footprint Assessment Manual. 재구성

위에서 주어진 물발자국 중에 사용자의 목표에 따라 명시되어야 할 사항, 분석범위, 그리고 세부사항 등은 달라질 수 있다. 목적이 무엇인지, 어떤 단계에 초점을 맞추는지, 어떤 공정, 어떤 생산물, 어떤 공동체를 고려하는지, 관심 범위가 무엇인지 등에 따라 달라질 수 있는 것이다.

3) 물발자국 산정 범위

물발자국을 산정할 때 범위는 명확하고 분명하게 적용되어야 한다. 무엇을 포함시키고 제외시킬지 선택해야 하는 것이 핵심 사항인 동시에 첫 번째 과정이라 할 수 있다. 최소한 아래의 6가지 점검사항을 이용해 물발자국 계정을 만들 수 있다.

- i. 청색, 녹색, 회색 물발자국 중 어느 것을 고려할 것인가?
- ii. 공급 사슬을 따라 거슬러갈 때 어느 부분의 분석을 간략하게 줄일 수 있는 것인가?
- iii. 시공간적 설명은 어느 정도까지 포함할 것인가?
- iv. 데이터의 기간은 어느 정도로 설정할 것인가?
- v. 소비자나 사업의 경우 직접적, 간접적 물발자국을 동시에 또는 별도로 고려할 것인가?
- vi. 국가의 경우 국가 내의 물발자국을 전반적으로 고려할 시, 내부 물발자국과 외부 물발자국을 각각 포괄적으로 고려할 것인가?

또한 물발자국은 다른 수준의 시공간적 세부사항을 포함하여 평가될 수 있다. 여기에는 3가지 수준에서의 접근이 가능한데, 이는 레벨 A, B, C로 구분한다. 레벨 A에서의 물발자국은 유효한 데이터베이스로부터의 세계적 평균 물발자국 데이터를 기반으로 평가되며 그 데이터는 수년의

평균치들을 의미한다. 레벨 B의 물발자국은 특정한 지리적 범주의 명확한 데이터베이스로부터의 국가·지역별 평균 또는 특정 담수지역 물발자국 데이터를 기반으로 하는 평가를 의미한다. 레벨 C에서의 물발자국 계정은 지리적·시간적으로 보다 작은 규모의 공간 속에서 사용된 투입물에 관한 정밀한 데이터와 그 투입물의 정확한 근원지에 기반을 두고 평가되어지는 계정이다.

<표 1-2> 물발자국 산정에서의 시공간적 설명

	공간적 설명	시간적 설명	물 사용에 요구된 데이터의 근원	계정의 일반적인 쓰임
레벨 A	세계적 평균	매년	생산물이나 공정에 의한 전형적인 물 소비와 오염에 관한 유효 문헌과 데이터베이스	의식 제고; 전체적인 물발자국에 가장 많이 기여하는 요소들의 대략적 규명; 물 소비의 세계적 예측의 발달
레벨 B	국가적, 지역별 또는 특정 담수지역	매년 또는 매달	위와 동일하나 특정한 국가, 지역, 담수지역에 관련된 데이터를 사용	공간적 분포와 가변성의 대략적 확인; 핫스팟 규명과 물 분배 판단의 기반이 될 지식
레벨 C	작은 담수지역 또는 들판	매달 또는 매일	경험적 데이터 또는 (직접적으로 측정 가능하지 않는 경우) 정해진 장소와 기간 내 물 소비량과 오염량의 최대 측정치	물발자국 지속성 평가 실행에 기반이 될 지식; 물발자국과 관련된 지역별 영향을 줄일 전략 수립에 활용

주 : 이 세 가지의 레벨은 모든 종류(예를 들면, 생산물, 국가적, 기업적 계정)의 물발자국 산정에 구분, 적용될 수 있다.

물발자국 산정을 위한 범위 설정에서 중요한 또 다른 요소는 이용할 데이터의 기간이다. 물 유용성은 짧게는 1년, 길게는 몇 년에 걸쳐 변동되는 자료에 기초해 분석되는 결과로서, 물 수요가 시간에 따라 변동됨을 고려해야 한다. 따라서 어떤 물발자국 연구가 착수되었을 때 사용된 데이터의 기간에 대해 명백하게 규정해야 하는데, 그 이유는 선택된 기간이 결과에 영향을 미치기 때문이다.

물발자국의 산정 범위에 있어 소비자나 기업의 경우 직·간접적 물발자국을 둘 다 포함하는 것이 일반적이다. 직접적 물발자국은 소비자나 기업들이 물 사용 산정에 잘 고려되고 있지만, 일반적으로 직접적 물발자국보다 훨씬 큰 간접적 물발자국은 고려되지 않은 것이 사실이다. 지금까지는 직접적 물발자국만 다룸으로써 소비자는 그들이 만들어내는 물발자국의 가장 큰 부분이 집에서 소비하는 물이 아닌 매장에서 사고 팔리는 생산물들과 관련이 있다는 사실을 모르고 있다. 따라서 직·간접적 물발자국의 포함 여부를 물발자국 산정시 분명히 설정하여야 한다.

국가 내의 물발자국은 특정 국가의 영토 안에서 소비되거나 오염된 담수의 총량을 가리키는 데, 이는 국내에서 사용된 생산물을 만드는 데 쓰인 물 총량뿐만 아니라 수출품을 만드는 데 소비된 물 사용량도 포함한다. 그러나 국가 소비의 물발자국은 특정 국가의 국민이 소비한 제품과 서비스를 생산하는 데 사용된 물의 총량을 뜻한다. 이것은 국가내의 물 사용과 국가 밖에서의 국민의 물 사용 모두를 가리키지만, 국가 내에서 소비된 생산물의 물 사용에 국한하여 적용된다. 따라서 국가 소비의 물발자국은 내·외부적인 요소를 포함하는 포괄적 범위에서 산정해야 한다.

Ⅲ 물발자국 개념 적용의 필요성

물발자국 개념을 적용해야 하는 필요성은 첫째, 기업의 사회적 책임이라는 차원에서 환경적인 경각심과 물발자국 적용 전략화에 있다. 물발자국을 줄이는 것은 탄소발자국을 줄이는 것과 마찬가지로 사업상 환경 전략의 하나가 될 수 있기 때문이다. 둘째, 많은 기업들은 공정이나 유통과정에서 안정적인 물 공급이 반드시 확보되어야 하기 때문이다. 특히 안정적인 물 공급은 주류업에 필수적이며, 목화밭에 안정적으로 물을 공급하지 않으면 청바지 공장은 운영할 수가 없다. 셋째, 물발자국을 계산하고 기업의 물발자국을 줄이기 위해 본 개념을 공식적인 수단으로 활용하는 까닭은 다양한 형태의 규제가 예상되기 때문이다. 따라서 사전에 규제적 조건을 극복하는 개선책 강구를 위해 물발자국 기법을 적용한 패러다임의 전환을 준비해야 한다. 마지막으로, 몇몇 기업에서는 물발자국 전략을 기업 이미지 증진이나 브랜드 홍보 수단으로 활용할 수 있는 가능성을 산업 분야에서의 물발자국 개념 적용의 필요성이라 정리할 수 있다.