

# ‘지구와 함께 산다’는 의미는 무엇인가?

1972년 12월 7일 새벽에 아폴로 17호 승무원인 유진 서난(Eugene Cernan), 론 에반스(Ron Evans) 그리고 해리슨 잭 슈미트(Harrison Jack Schmidt)는 달에 인류가 첫발을 디디기 위해 창공으로 날아올랐다. 처음에 지구를 29,000km/h의 속도로 90분 걸리는 궤도에서 순행할 때 지구의 모습은 매우 빨리 지나갔다. 그 후 지구궤도를 떠나서 달로 향했고 이륙 후 5시간 후 세계적으로 널리 배포된 지구의 사진을 찍었다(그림 1-1 참조).

NASA는 이 사진에 대해 전 승무원들에게 감사했지만, 잭 슈미트가 이 사진을 찍었다. 슈미트는 지질학자로 출발 시부터 특히 지구 관찰에 주력하였다. 그는 승무원들이 속력을 증가시킬 때도 날씨에 대한 묘사를 했다. 그러나 임수 수행 중 “아폴로 17호 승무원으로서 지구는 둥글다는 것을 확신한다”라고 역사에 남을 발언을 한 것은 유진 서난이었다.

55,000km 거리 밖에서 지구는 명확하게 둥글다. 그 거리에서 또 다른 무엇이 관찰될 수 있을까? 만약 당신이 잭 슈미트와 비슷하다면 대륙, 해양 및 홍해와 같은 지형을 관찰했을 것이다. 그러나 당신이 은하계에서 온 여행자이고 55,000km까지 가까이 왔다면 무엇을 관찰했을까?

지구의 사진을 자세히 보면 당신은 대륙과 해양을 구분할 수 있을 것이다. 만약 당신이 지구에 대해 문외한이라면 당신은 다음과 같은 것들을 관찰해야 할 것이다.

1. 소용돌이치는 흰색 패턴의 지역
2. 넓고 깊은 푸른색 및 부드러운 확장지역
3. 갈색 또는 적갈색으로 거칠게 보이는 지역
4. 초록색으로 얼룩진 지역

첫 번째 관찰을 통해서 지구의 네 가지 구성요소들을 알게 된다 : (1) 항상 움직이고 변하는 흰 구름이 있는 **기권(atmosphere)**, (2) 물이 표면을 덮고 있는 푸른 지역인 **수권(hydrosphere)**, (3) 갈색의 대륙인 **암권(geosphere)** 및 (4) 초록색 지역으로 여러 생물이 다양하게 분포하는 **생물권(biosphere)**. 기권, 수권, 암권 및 생물권은 지구의 가장 중요한 네 가지 구성요소이며 이 책에서 ‘지구시스템’이라 부르는데 55,000km 밖에서도 쉽게 알아볼 수 있다.

더 중요한 것은 ‘푸른 구슬’인 지구는 고립된 공간이라는 것이다. 몇 가지 예외를 제외하면, 아폴로 17호와 같은 여행처럼 인류도 우주선 지구호에 실려 있고 단지 타고만 있는 게 아니라 그보다 더 많은 일을 하고 있다.



## 학습할 내용

- ▶ 어떻게 환경지질이 우리 삶의 일부인가?
- ▶ 인구증가, 자원소비 그리고 기술이 어떻게 환경에 대한 인간의 충격에 영향을 주는 원인인가?
- ▶ 지진 및 홍수 등 자연재해의 인간에 대한 충격의 대가
- ▶ 어떻게 지구시스템이 정의되고 상호작용을 하는가?
- ▶ 과학은 어떻게 작동되고 우리 미래의 한 부분으로 어떻게 작용할 것인가?
- ▶ 지속가능성의 의미와 이것을 달성하는 것이 인간에게 왜 중요한가?

## 1.1 환경지질학과 당신

지구 사진을 다시 한번 보자. 기후, 대기질 그리고 신선한 물의 유무 등 세계 환경 조건에 심각하게 영향을 끼치는 요소들은 무엇인가? 놀랍게도, 당신을 포함한 인간과 생물권의 일부가 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 인간은 수가 너무 많고 세계적인 규모로 현재 환경 조건에 영향을 끼친다. 반대로 지구시스템도 인간에 영향을 끼친다. 지진, 홍수 등 자연재해로 인해 수천 명의 인간들이 매년 죽어 가고 있다. 환경에 대한 공부는 당신과 관련이 있는데 지구와 인간은 상호작용을 하고 이 상호작용은 결과가 있기 때문이다.

환경지질학은 지구과학의 한 분야로 인간과 지구의 상호작용을 연구하는 학문이다. 이것은 지구의 형태와 변화의 자연과정 및 지진, 산사태 또는 홍수 등과 같은 자연재해 발생과정을 근본적으로 이해하는 것이다(그림 1-2a). 환경지질학은 또한 천연자원(원유, 연료, 광물, 공기 및 물)을 사용함으로써 그리고 그 폐기물을 처분함으로써 인간이 지구에 어떻게 영향을 끼치는가를 연구하는 것이다. 환경지질학을 공부함으로써 우리는 지구의 주인이 되고 천연자원의 지속 가능한 사용법을 배우게 된다.

환경지질학에서 '환경'의 의미는 넓은 뜻으로 정의된다. 인간이 강, 산, 숲과 같은 **환경(environment)**이란 단어와 접할 때처럼 모든 물리적·생물학적 요소들을 포함한다. 환경은 또한 인간이 지구를 변화시키는 것도 포함하는데 홍수통제를 위한 댐의 건설, 농장부지 확보를 위한 산림 제거 또는 우리 사회를 유지하기 위해 건설되는 사회간접자본인 건물, 도로, 다리 등이다(그림 1-2b). 우리가 인간이

건설하거나 변화시킨 것도 환경으로 받아들인다면 인간활동을 제어하는 개인적, 사회적, 경제적, 문화적 및 정치적 요소들도 신경 써야 한다. 그러므로 환경지질학의 문맥에 있어 '환경'에 대한 정의는 세계를 형성하는 데 적합한 모든 자연과 인간적 요소들을 완수하는 것이다.

이 책의 목표는 지구가 보유하고 있는 정보를 이해하고 더 중요한 것은 그것을 잘 사용하도록 도와주는 것이다. 환경지질학에 대한 공부는 단지 학문적인 연습이 아니다. 때때로 매우 어렵지만 인간이 배워야 할 교훈은 당신에게 매우 가치 있는 안내서이다.

이 책은 4개의 주제를 강조하고 지구와의 삶에서 무엇을 배울지를 지시해 준다.

1. 인간과 지구가 어떻게 상호작용을 하는가?
2. 지구시스템이 서로 어떻게 상호작용을 하는가?
3. 과학이 어떻게 인간이 지구와 관련된 문제들을 이해하고 다루는가?
4. 인간이 어떻게 지속가능한 미래를 달성할 수 있는가?

지속가능성이란 아이디어는 환경에 대한 공부에 있어 중요한 개념이며 이 책 전체에 걸쳐 하나의 척도로 사용할 것이다. 무언가가 **지속가능하다(sustainable)**는 것은 환경에 최소한의 영향을 끼치며 계속 진행할 수 있다는 것이다(그림 1-3).

인간의 상황에 있어서, 현재 세대가 필요로 하는 것은 후세의 요구에 부응하는 것이 아닐 수도 있다. 그러므로 어떻게 지구에 살며 상호작용하는가에 대한 최적의 선택이 지구의 미래를 결정하는 데 도움이 될 것이다.





(a)

**그림 1-2** ◀ 지구는 사람에게 영향을 주고 사람은 지구를 변화시킨다.  
 (a) 지구시스템은 심각한 홍수와 같은 재해를 발생시키며, 지구 형태의 변화를 초래한다. (b) 그러나 사람도 지구에 영향을 준다. 예를 들면, 홍수예방을 위해서 강에 댐을 건설하면 관개용수 공급 및 전력 생산이 가능하다.



(b)



**그림 1-3** ▲ 대부분의 천연자원은 지속가능하게 사용할 수 있다.  
 페루의 실험적인 농경지에서 곡물, 비료, 관개 방식 및 배수 시설이 토양의 질을 유지하기 위해 주의 깊게 선택되었다.



## 1.2 어떻게 인간과 지구가 상호작용을 하는가?

궁극적으로 인간의 행위는 환경적인 결말을 초래한다. 어떻게 인간이 그들 자신을 위하여 식량을 공급하고 건물을 짓고 움직이며, 어디에 사는가 등 모든 것이 어떤 방식으로든 환경에 영향을 끼친다. 지구상의 모든 사람들은 이 상호작용의 역할을 하며 인류는 예측할 수 없게 거대한 집단이고 증가하고 있다.

### 인구

얼마나 많은 사람이 지구를 나누어 쓰고 있는지 아는가? 미래 인구를 예측함에 있어 여러 가정이 있지만 특히 출생 및 사망률이 중요하다. 그림 1-4를 보면 인구는 지난 수백 년 동안 기하급수적으로 증가하였다. 1960년대 가장 최고의 증가율(출생률-사망률)인 2.1%를 기록했고 1980년대에 가장 많은 인구인 8,600만 명이 증가하였다. 2008년 말, 세계 인구는 67억 명이며 매년 1.2% 증가율로 8,000만 명씩 증가하고 있다.

인구증가의 충격에 대한 관심은 세계 출생 수에 관한 것이다. 예를 들면, 일본이나 대부분의 유럽 같은 선진국에서는 본질적으로 안정적인 인구를 유지하고 있다. 라틴아메

리카의 인구증가율도 감소하였는데 가임여성(15~49세)의 60% 이상이 현대의 피임법을 사용하기 때문이다. 중국의 국가정책 및 경제상황 변화로 인구증가율은 1960년대 2.6%에서 2004년 0.6%로 감소되었다. 미국 인구통계국에 의하면 2050년의 인구는 95억 명 또는 2010년보다 40% 증가할 것이라고 예측했다. 출생률이 감소하고 있기 때문에 일부 학자들은 2150년에 100억 명 이하 정도가 될 것이라고 예측했다(그림 1-4 참조).

어디에 이 사람들이 살 것이며 모든 것을 어떻게 공급할 것인가? 현재부터 2050년 사이에 새로운 인구의 99%는 저개발국가에서 태어나고 이런 곳은 생활 조건이 나쁘고 경제사정이 어렵다. 실제로 2050년까지 10명 중 9명은 저개발국가에서 살 것이다. 미국에 있어서 인구증가율은 0.6%이나 높은 이민자 수요로 인해 2050년까지 인구증가율이 심각하게 증가할 것이다.

또 하나의 닥쳐 오는 변화는 더욱 많은 사람들이 도시에서 살게 될 것이라는 점이다. 1960년에 1,000만 명 이상 거주하는 도시는 세계에서 뉴욕 및 도쿄 단 두 곳뿐이었으나, 2015년까지 라오스나 나이지리아 같은 저개발국가에 26개의 대도시가 형성되리라 예측하고 있다(그림 1-5). 2006년에 전 세계 인구의 절반이 도시에 살지만 2030년까지 도시주거 인구가 60%까지 증가할 것으로 예측된다.

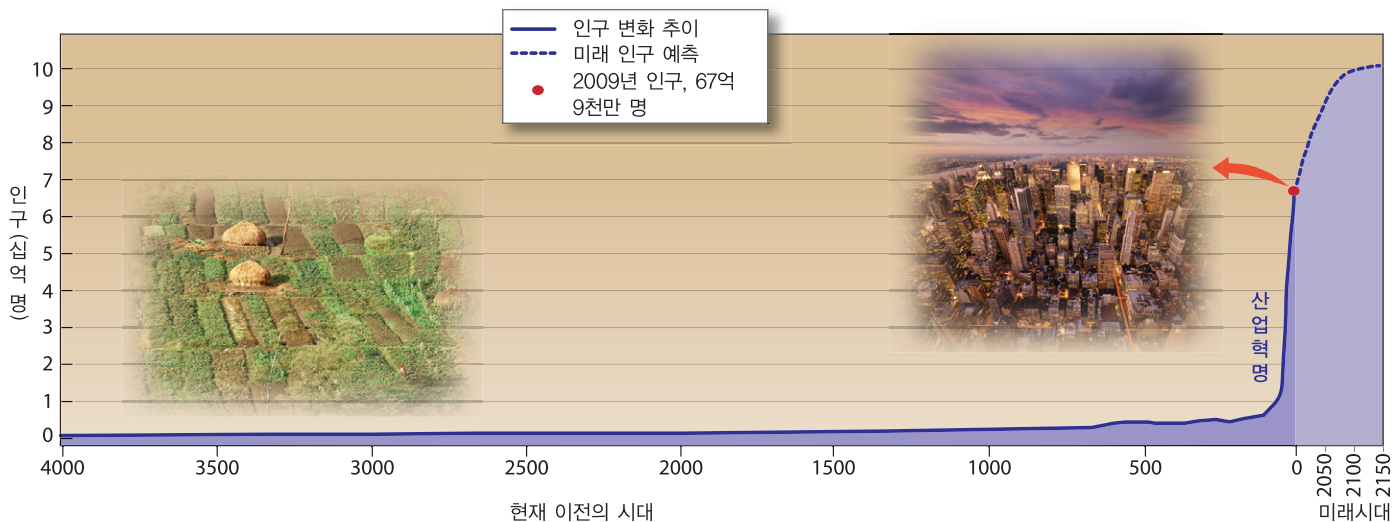


그림 1-4 ▲ 인구 폭발

수천 년 동안 점진적인 문화적 및 경제적 진보를 달성해 오다 산업혁명이 시작된 이후로 인구는 폭발하였다. 인구는 다음 세기 내에 100억에 도달할 것이다. 이 거대한 인구 증가는 지구자원과 환경에 막대한 영향을 줄 것이다.



그림 1-5 ▲ 더 많은 사람들이 도시에서 생활한다.

지구에 살고 있는 사람들 반 이상이 도시에 살고 있고 이는 증가하는 추세이다. 세계 26개 도시의 인구는 곧 1,000만 명 이상이 될 것이다. 여기 보이는 나이지리아의 라고스 시에는 800만 명 이상이 살고 있는데, 1,500만 명 이상이라고 추정하기도 한다.

환경적으로, 많은 사람들이 도시에 거주한다는 것은 도움이 된다. 잘 운영되는 도시는 예를 들면 효율적인 에너지 사용, 위생 향상, 체계적인 폐기물 관리를 약속한다. 물론 잘 운영되는 도시들을 건설하는 것은 만약 도시가 급하게 성장하면 또 하나의 큰 도전이지만 많은 인간들에 의한 환경적 충격을 효율적으로 다룰 수 있는 많은 기회를 부여할 수 있을 것이다.

30억 또는 그 이상의 인구가 증가되면 환경적인 관점에서 무엇이 심각한 것인가? 일반적으로 이것은 무척 단순하다. 사람이 많아지면 여러 변화를 야기하고 더 많은 폐기물을 방출하고 더 많은 자원을 소모할 것이다. 그러나 당신이 의심하듯이 그렇게 단순하지 않다. 환경에 각 개인이 끼치는 여러 방식의 거대한 영향 때문에 인구증가만이 문제가 되는 것은 아니다. 개인의 환경에 대한 충격은 자원을 얼마나 소모하고 그 과정에서 얼마나 많은 폐기물을 방출하는가에 달려 있다.

## 자원소비

당신은 사람들 간에 자원소비가 어떻게 변하는지 아마도 알고 있을 것이다. 당신은 여러 대의 차를 소유하는 가족을 알고 있거나 전혀 운전을 하지 못하는 친구 또는 친척을 알고 있을 것이다. 미국 내 육류소비는 매년 1인당 91kg이지만 일부 채식주의자도 있다. 매년 한 사람이 사용하는 필수품의 평균 소비량은 개인소비(per capita consumption)라고 불리며 여러 인간적, 사회적, 문화적 및 경제적 요소에 좌우된다. 그러나 세계에서 많은 사람들



(a)



(b)

그림 1-6 ▲ 인도 시골 가족의 소유물(a) 및 영국 교외 주민의 소유물(b)

사진에서 보이듯이, 세계의 각 가정들이 사용하는 자원의 양은 매우 다르다. 따라서 단지 인구수만이 인간 환경에 영향을 주는 완전한 지표는 아니다.



이 자원을 소비하는 방식을 주의 깊게 살펴보면 소비에 영향을 끼치는 것은 경제이다. 인간이 좀 더 부유해지면 소비도 증가하는데(그림 1-6), 미국이 좋은 예이다.

미국은 세계에서 가장 풍족한 나라이다. 연간 생산되는 모든 상품과 서비스의 시장가적인 GDP는 2008년에 14.4조 달러였다. 2008년 미국의 인구는 세계인구의 5%이나 세계 GDP의 거의 24%를 달성하였다. 이런 생산력을 달성하기 위해 그림 1-7에 나타난 것처럼 에너지 같은 천연자원을 막대하게 소비한다. 매년 세계에서 소비되는 모든 석유 및 천연가스의 25%를 사용한다. 실제로 전 세계 어느 곳보다 많은 차를 보유하고 있는데 개인당 차 보유대수는 0.765대이다.

그러나 시대는 변하고 다른 국가들이 이 수치를 따라잡고 있다. 세계적으로 풍족해지는 나라들이 증가하고 있는데, 인구는 많지만 덜 개발된 인도나 중국 같은 경우 최근에 5~10%의 경제성장률을 달성하고 있다. 세계적으로 평균연간소득증가율은 인구증가율 1.2%를 약간 상회하고 있다. 소득이 약간만 증가해도 소비를 촉진시키게 된다. 소비의 예를 들자면, 매년 차는 2.8%, TV는 5.7% 그리고 휴대전화는 10% 이상 증가하여 인구증가율보다 높게 나타난다.

### 기술적인 요소

인구증가와 소비증가가 결합되면 지구의 천연자원 소비는 더 많아질 것이다. 현재 생필품의 가격은 오르고 있는데, 구리 가격은 3배가 되었으며, 이는 세계적인 천연자원의 소비가 늘어나고 있다는 증거이다. 어떻게 자원을 개발하고 그 과정에서 발생하는 폐기물을 처리하느냐가 인간이 환경에 끼치는 영향 중의 한 요소이다. 이것은 보통 기술적 요소라고 한다.

환경적인 결과에 기술이 어떻게 영향을 주는지 더 잘 알

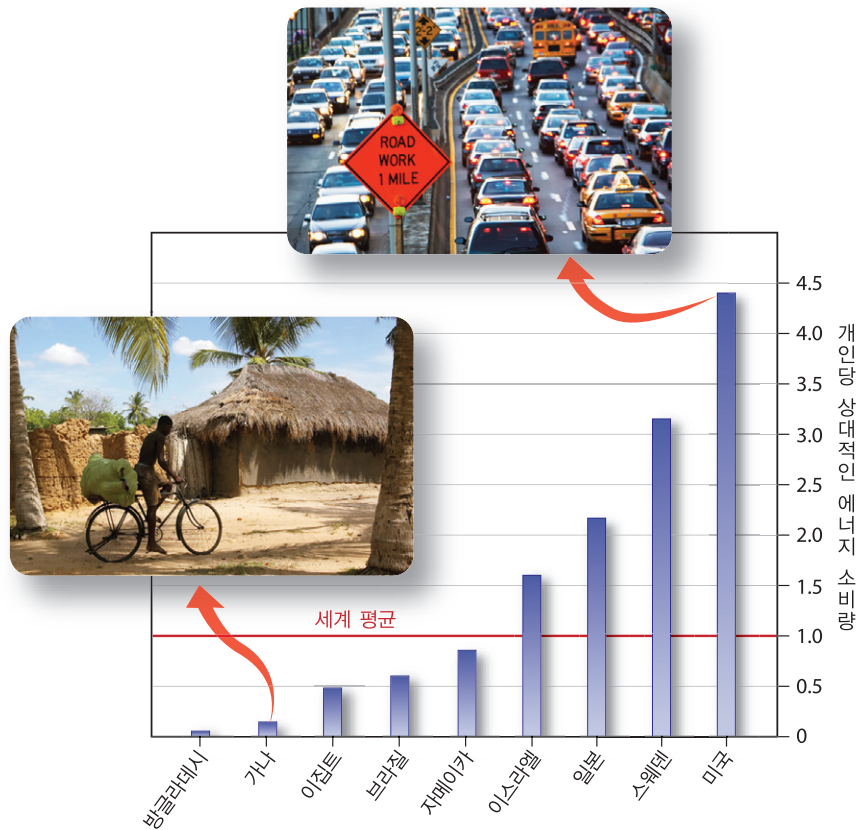


그림 1-7 ▲ 일부 국가의 개인당 상대적인 에너지 소비량

미국의 일반적인 국민은 가나 국민보다 매년 20배 그리고 방글라데시 국민보다는 46배 이상의 에너지를 사용한다(2005년 자료).

기 위해서는 성장하는 도시들이 직면한 다음과 같은 여러 기술적 선택을 고려해 봐야 한다.

- ▶ 생활하수를 강 또는 해양과 같은 환경에 직접 배출하든가 또는 처리하여 재사용할지의 선택
- ▶ 교통수단으로 자동차 전용도로체계를 확립하고 도로 확장을 하느냐 또는 지하철이나 버스 같은 대중교통을 이용하느냐의 선택
- ▶ 고체폐기물을 매립지 또는 해양에 매립하거나 또는 소각 및 재사용할지의 선택

인간이 천연자원을 획득하여 사용하는 모든 원칙적인 방식에 있어서 여러 다른 환경적 결과를 초래하는 기술적인 선택이 존재한다. 예를 들면, 농업기술의 적용 시 얼마나 토양이 침식되는지와 용수가능량과 사용량을 결정하고 대기 중으로 오염물질을 방출하는 증장비들의 선택에 대해 결정을 해야 한다. 기술적인 선택은 인간이 환경에 주는 영향에 큰 역할을 한다(그림 1-8).



(a)



(b)

**그림 1-8 ▲ 기술을 이용하여 긍정적인 환경적 결과를 얻을 수 있다.**

(a) 현재 차량을 구입할 때 많은 선택을 할 수 있다. 이런 선택을 할 때 무엇을 고려하는가? (b) 사진에 있는 7만 개의 냉장고는 파괴되기를 기다리고 있다. 그 안에 있는 강철과 다른 물질들로 무엇을 할 수 있을까? 에너지 효율이 높은 새 냉장고를 구입하는 것과 오래된 것을 그냥 사용하는 것 중 어느 것이 환경에 이로운가?

인간의 환경에 영향을 주는 인구, 소비 및 기술의 관계는 1971년 《사이언스》 저널에 폴 에르리치(Paul Ehrlich)와 존 홀드렌(John Holdren)이 다음과 같은 방정식을 발표하였다.

$$I(\text{환경적 영향}) = P(\text{인구}) \times A(\text{풍족함}) \times T(\text{기술})$$

우리는 이들 요소가 직접적으로 환경에 영향을 주지 않는다고 알고 있으나 이 요소들이 함께 작용할 때의 환경적인 영향을 우리가 예측하고 평가할 때 매우 심대한 영향을 끼친다. 현재 및 미래의 환경적인 영향을 이해하기 위해 인구-소비-기술의 상관관계를 적용할 때의 복잡성에 대해서는 미국 과학진보학회(American Association for the Advancement of Science : AAAS)가 충분한 토의를 하였다. 주요 상관관계를 이해하고 어떻게 특정 실례에 적용되는지가 연구자들의 현재 과제이지만 환경에 대한 영향이 단지 인구수에 좌우되는 것은 아니다. 그것은 또한 특히 어떤 자원을 소비하고 어떻게 사용하는가를 인간이 선택하는 것과 같은 다른 요소들에도 영향을 받는다.

### 생각해 보기

#### 얼마만큼이 충분한 것인가?

부유한 사람들은 소비를 많이 한다. 미국인의 대부분은 만약 필요하다면 주택, 차 및 에어컨을 가질 수 있다. 그들은 매일 슈퍼마켓에서 식료품을

사고 최신 전자제품을 가지고 있고 언제 어디로든 원할 때 여행을 갈 수 있다. 인간이 소비를 많이 하면 할수록 더 많은 것이 필요하다고 믿는다.

- 우리의 인생에서 소비보다 중요한 것은 없는가?
- 얼마만큼이 정말 충분한가?

이런 질문에 옳고 그른 대답은 없다. 모든 사람은 각자 다른 상품, 욕망 및 책임 기준을 가지고 있다. 소비자에 있어서 중요한 것은, 특히 부유한 소비자에게는 선택을 한 후 그 선택이 환경적인 영향을 결정하는 데 도움이 되느냐 하는 것이다.

### 인간에 대한 지구의 영향

지금까지 인간이 지구시스템에 영향을 끼치는 가장 근본적인 상식을 얘기해 보았다. 반대로, 지구시스템도 인간에게 영향을 준다. 여러분이 알고 있듯이, 허리케인, 지진, 산사태, 화산분출 및 홍수 등의 자연재해는 인간을 살상하고 재산을 파괴한다(그림 1-9).

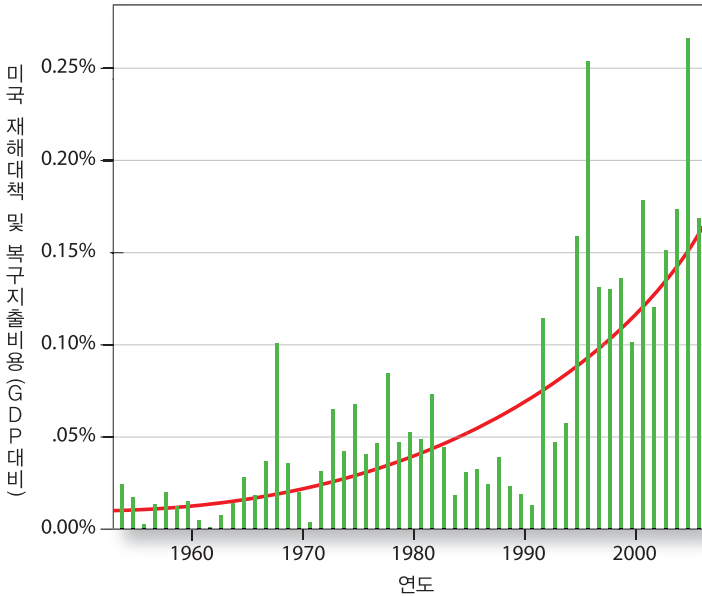
지구환경변화 과정에서 인간과 상호작용을 한 결과인 자연재해는 수백, 수천만 년 동안 변화되어 왔다. 환경지질학도로서 당신은 어느 곳에 또는 언제 재해가 발생할 것인지 알아야 한다. 그러나 자연재해는 인간 및 경제적인 생활에 계속적으로 영향을 준다.



뉴스 한 토막

미국의 자연재해 복구비용 증가

인간에 영향을 주는 자연재해는 나쁜 의미로 받아들여지고 있다. 그러나 당신은 화산 근처나 허리케인이 지나가는 길목에 살 필요가 없다. 연방정



부에 더 많은 세금을 지불하면 이것은 자연재해의 영향을 감소시키는 데 사용된다. 연방정부는 자연재해에 의한 영향을 경감시키는 주체이다. 연방비상관리국(Federal Emergency Management Agency : FEMA)에 의해 예산이 비상서비스 및 피해복구에 사용되도록 하고 있다. 이런 목적으로 사용되는 예산은 급격하게 증가하고 있고 돈의 액수뿐만 아니라 GDP에 대한 비율도 높아지고 있다. 실제로 재해 경감에 사용되는 예산은 지난 50년간 3배 이상 증가하였다. 그러나 이 비용에 허리케인 카트리나에 투입된 비용은 포함시키지 않았다. 총복구비용이 2천억 달러인 카트리나에 의한 재앙으로 미국 역사상 가장 값비싼 대가를 치렀다.

재해에 사용되는 예산 증가의 큰 원인은 자연재해에 수많은 사람들이 관련되기 때문이다. 많은 사람들이 살기 힘든 지역인 태풍이 많은 플로리다주 및 지진이 빈번히 발생하는 캘리포니아 주로 몰려들기 때문이다. 연방정부는 재해가 발생했던 곳에 다시 사람들이 살도록 허용하고 있다. 이것은 태풍의 길 및 홍수침수지역에 사람이 살도록 하는 것과 같다. 그와 동시에 과학은 인간들이 자연재해를 이해하고 어디서 재해가 일어나는지를 알려 주는 데 도움이 된다. 이 책의 여러 장에서 당신은 어떻게 재해에 대한 파괴를 경감시키는가를 이해하게 될 것이다. 그러나 자연재해는 계속될 것이고 그 영향의 정도에 따라 그 방면에 대한 세금의 액수가 결정될 것이다.

1.3 지구시스템의 상호작용

지구는 45억 년 동안 꾸준히 변화해 왔다. 긴 시간 동안 지구에는 독특한 대기와 풍부한 물에 의해 진화한 여러 형태의 생물체가 살고 있는데, 지표면이나 그 밑, 어디에서든 환경을 위협하고 있다. 지구의 관점에서 자연환경 변화는 정상적이고 견딜 만하다. 이 책의 목표 중의 하나는 어떻게 또 왜 지구시스템이 변하는지 이해할 수 있게 돕는 것이다.

시스템(system)은 상호관련 상호작용 및 상호의존적인 부분인데 합치면 하나가 된다. 각 부분의 체계를 이해하는 것은 전체 체계에 대한 연결과 상호작용을 이해하는 것이다. 전 지구상에서 상호작용하는 것은 다음과 같은 네 가지이다.

- ▶ **암권(geosphere)**은 지구를 구성하는 암석에서 유래된 고체 및 용융된 암반과 물질로 구성된다.
- ▶ **기권(atmosphere)**은 지구를 둘러싼 가스로 구성된다.
- ▶ **수권(hydrosphere)**은 지구 표면 및 지하의 액체 및 얼음으로 된 물로 구성된다.
- ▶ **생물권(biosphere)**은 지구에 서식하는 모든 살아 있는 유기체로 구성된다.



1,800명 이상의 사망자와 2,000억 달러 이상의 재산피해를 가져온 허리케인 카트리나가 뉴올리언스의 대부분을 침수시켰다.