

자연환경 변화와 광물의 역할

김수진

서울대학교 자연과학대학 지구환경과학부 교수

Abstract

The earth environment consists of four spheres : geosphere, hydrosphere, atmosphere and biosphere. The geosphere consists mostly of minerals. It, however, contains some water and air in its shallow depth. Although hydrosphere and atmosphere consist predominantly of water and air, respectively, both contain some minerals. The biosphere consisting of various organisms is present in the interfaces of geosphere, hydrosphere and atmosphere.

The natural environment of the earth is continuously changing by the interaction of four spheres. It suggests that our relevant environmental problems can not be revolved without understanding the natural relationship of these four spheres. Minerals in our environment are very important because they are the main constituent materials of the earth and they control our environment. The roles of minerals in our environment have not been understood even in the scientific society. Thus their roles have been neglected.

Review of studies on the environmental mineralogy so far made at our laboratory and others show that minerals control the environment in various ways. Minerals neutralize the acid water as well as acid rain. Minerals in soils and rocks are major neutralizer of the acid rain. Salinization of sea water is attributed to the ionic substitution between minerals and sea water. Some minerals control the humidity of the air. Corals, the products of biomineralization, are the main carbon controller of the air. Minerals also adsorb heavy metals, organic pollutants and radioactive nuclides. Such remarkable functions for controlling the environment come from the mineral-water reaction and biomineralization. All these phenomena are subjects of the environmental mineralogy, a new field of earth science.

서 언

“환경”이라는 용어는 요사이 여러 분야에서 다소 서로 다른 내용으로 자주 사용되고 있다. 그러나 우리가 일반적으로 이야기하는 환경은 우리가 살고 있는 지구의 자연환경을 의미한다.

지구의 자연환경은 구성물질의 특성과 분포에 따라 지권(地圈, geosphere), 수권(水圈, hydrosphere), 기권(氣圈, atmosphere) 및 생물권(生物圈, biosphere)의 네 권역으로 구분된다. 지권은 지각을 구성하는 각종 암석과 이들의 풍화생성물인 토양으로 구성되어 있는 지구의 외각부로서 인류의 생활터전이다. 지권은 규산염광물을 주로 하여 여러 가지 광물로 구성되어 있으며 지표 근처에서는 다소의 물을 함유하고 있다. 수권은 바다, 호소, 강 등을

가리키며 주로 물로 구성되어 있다. 기권은 각종 기체로 구성되어 있는 대기를 가리킨다. 생물권은 지구상에 살고 있는 각종 생물을 가리킨다.

이들 네가지 권역은 서로 밀접한 연관성을 가지고 있어서 서로 영향을 미치는 관계에 있다. 따라서 환경을 올바르게 이해하려면 이들 상호관계에 대한 이해를 깊이 있게 하는 것이 중요하다. 따라서 환경을 어느 한 권역으로만 표현한다거나 또는 한 권역만으로 환경문제를 해결할 수도 없다. 이들 네 권역의 상호작용과 그 원리에 대한 이해를 바탕으로 하여 환경이 연구될 때, 오늘날 우리가 부딪치고 있는 환경문제도 올바르게 해결될 수 있을 것이다.

자연환경은 여러 가지 요인에 의하여 정지해 있지 않고 끊임없이 변하고 있다. 이 중에는 짧은 시간 안에 눈에 띄게 변하는 급속한 변화도 있지만 오랜 세월이 지나야 알 수 있는 것도 있다. 화산폭발, 지진, 사태, 지반함락 등과 같이 급속한 변화도 있지만 암석의 풍화현상처럼 느린 변화도 있다. 이 중에서 자연계에서 자연적으로 일어나는 환경변화를 일차적(자연적) 환경변화라 하고 인간활동에 의하여 일어나는 환경변화를 이차적(인위적) 환경변화라 부른다. 이차적 환경변화에는 공사에 의한 지형변화, 토양오염, 대기오염, 수질오염, 생태계 변화 등을 들 수 있다. 그 변화가 지구전역(global)에 걸친 것이 있는가 하면 어떤 한정된 지역(local)에 국한되는 것도 있다.

자연환경은 일차적으로 기후에 의하여 크게 좌우되지만 주어진 기후 환경 하에서의 자연환경은 지권을 구성하고 있는 광물(鑛物, mineral)에 의하여 크게 좌우된다. 이러한 현상에 대한 이해는 환경문제 연구에 있어서 대단히 중요하다. 그래서 여기서는 자연환경변화에 있어서 광물의 역할과 그 중요성에 관하여 논하고자 한다.

자연환경에 있어서 광물의 중요성

자연환경을 구성하는 요소는 광물, 물, 공기, 생물, 태양에너지, 지구에너지의 여섯가지이다. 이들 여섯가지 요소가 상호작용하여 복잡한 지구의 환경을 형성한다. 이 중에서 지권의 주구성 물질인 광물은 우리의 자연환경에 있어서 가장 중요한 위치를 차지하고 있다. 그것은 우리 인류의 생활터전인 지구가 주로 광물로 구성되어 있을 뿐만 아니라 광물은 인간의 식생활에 필수적인 각종 식물의 성장에 필요한 영양소를 공급하며 또한 광물은 지권 뿐만 아니라 수권, 기권 및 생물권에도 밀접히 수반되면서 우리의 자연환경을 조율(control)하는 능력을 가지고 있기 때문이다. 자연환경 변화와 그 조율에 있어서 광물의 역할은 지금까지 자세하게 알려져 있지 않다. 그러나 필자가 있는 서울대학교 광물학 연구실에서 오랫동안 이에 관심을 갖고 연구해온 바에 의하면 자연환경 변화에 있어서 광물의 역할은 너무나 커서 이에 대한 이해가 지구환경 문제 해결에 절대적으로 필요하다. 그래서 광물이 지구의 자연환경 조율에 어떻게 참여하고 있는가를 설명해 보고자 한다.

자연환경 변화의 기본원리

위에서 설명한 바와 같이, 지구의 자연환경은 지권, 수권, 기권 및 생물권의 네 권역의 상호작용에 의하여 형성된다. 이들 네 권역을 구성하는 광물, 물, 공기 및 생물은 서로 그 계면(界面, interface)에서 상호반응에 의하여 환경을 변화시킨다. 즉, 지권과 수권의 계면에서는 광물과 물의 상호반응(mineral-water reaction) (Hochella and White, 1990)에 의하여 지권 환경이 변화되며, 지권과 기권의 계면에서는 공기와 광물의 상호반응

(aero-mineralization)에 의하여 대기환경이 변화되며, 지권과 생물권의 상호반응에서는 생체 광물생성작용(biomineralization) (McIntosh and Groat, 1997)이 일어난다. 또한 수권과 기권의 계면에서는 물과 공기의 상호반응이 그리고 수권과 생물권, 생물권과 기권의 계면에서는 동화작용, 신진대사 등의 반응이 일어나서 생물환경이 변화한다. 이상의 여섯가지 기본 반응 중에서 광물과 직접적으로 연관된 것은 광물-물 반응, 광물-공기 반응, 광물-생물 반응 (Kim, 1997) 이다.

광물-물 반응은 지구표면에서 일어나고 있는 각종 지질현상의 근본이 되는 반응으로서 전 지구적으로 일어나는 반응이다. 이 반응은 지표 근처에서 단단한 암석이 풍화되는 원리일 뿐만 아니라 지구 내부에서도 열수작용을 받아 암석이 변하고 퇴적환경에서 퇴적물이 속성작용을 받아 변하게 되는 원리이다. 암석은 풍화작용에 의하여 용해되고 용해된 성분으로부터 점토광물들이 침전된다. 또한, 광물은 물에 녹아 있는 중금속 등과도 반응하며 이를 흡착한다.

광물-공기 반응은 대기 중에서 일어나는 것으로서 소금, 눈, 우박, 방해석 등이 이 반응에 의하여 생성된다.

광물-생물 반응은 박테리아에 의하여 광물이 생성되는 작용으로서 광물을 분해하고 침전시킨다. 이 작용에 의하여 철산화물, 망간산화물, 탄염광물, 규산염광물, 황화광물, 황산염광물, 점토광물 등이 생성되고 또한 동물의 골격, 담석, 평형석 등이 만들어진다.

광물은 환경을 어떻게 조율하나?

광물은 자연환경의 구성요소 중의 하나이지만 환경을 변화하게 하는 주체이다. 광물은 자연적 또는 인위적으로 생성된 산성수(酸性水)를 중화하고 토양의 산성화를 감소시킨다. 또한 광물은 바닷물을 짜게 만들고, 대기의 습도를 조절하며, 대기 중의 탄산가스를 조절하고, 환경오염, 중금속, 유기물 및 방사성 핵종을 제거하는데 큰 역할을 한다. 대기 중의 광물질 분진은 환경오염의 원인이 되기도 하지만 한편 대기 중의 유해 성분을 흡착 제거하는데 큰 역할을 하며 산성비를 중화하는 한편 지역적인 기상변화에도 기여한다. 광물로 구성된 지질환경은 인간의 건강생활에도 큰 영향을 준다.

그러면 이상에서 언급한 광물의 환경적 변화 기능에 대하여 설명하고자 한다.

산성수의 중화기능

지표수나 지하수는 어떤 자연적 및 인위적 요인에 의하여 산성화되어 환경을 황폐화하기도 한다. 그러나 지권을 구성하고 있는 광물들은 이를 어느 정도 중화하는 능력을 가지고 있다. 강원도 탄광지대에는 폐광 후 갱도로부터 유출되어 나오는 물이 pH 2-4 정도로 산성화되어 있다. 이 산성수는 함탄층에 들어있는 황화철 광물이 산화되어 생성된다 (Evangelou, 1998). 이 산성수는 갱내 또는 지표의 수로(水路)에 석회암이 있게되면 석회암 중의 방해석과 반응하여 중화된다. 또한 이 산성수에는 철, 알루미늄 및 중금속들이 녹아 있어서 지표 수로를 흐를 때 산도의 변화와 함께 이들 성분이 수로에 상당량 침전되어 환경을 황갈색 또는 백색으로 지저분하게 보이게 한다.

이 산성수를 인공적으로 중화시키기 위하여 갱도에 석회석 암석을 설치하기도 한다. 또한 공장에서 나오는 산성폐수도 석회석 암석을 이용하여 중화시킨다. 산성수가 석회암지대가 아닌 지역에 흐를 때에는 규산염광물과 반응하여 중화된다. 그래서 일반적으로 화강암이나 편마암등과 같은 지질에서 나오는 자연수는 지하에서 계속 규산염광물과 반응하여 거

의 중성을 띠게 된다. 산성비가 내려도 이것이 지면에 도달하면 토양 및 암석을 구성하고 있는 규산염 및 탄산염 광물과 반응하여 크게 중화된다. 지권을 구성하고 있는 광물들은 이와 같이 산성비와 산성수를 중화시키는 큰 힘을 가지고 있다 (이수재·김수진, 1996).

규산염 광물들은 비단 산성수를 중화하는 능력을 가지고 있을 뿐만 아니라 염기성수도 중화하여 중성수로 만드는 능력을 가진 것도 있다. 그러나 물이 너무 산성화되면 중화능력이 차단되어 중화가 일어나지 않고 산성이 그대로 유지되기도 한다.

산성비의 중화기능

빗물은 원래 산성을 띠고 있다. 그것은 대기 중에 있는 CO₂ 가스가 물과 반응하여 약산인 H₂CO₃를 형성하기 때문이다. 그러나 각종 산업시설로부터 유출되는 SO_x 및 NO_x에 의하여 대기가 오염이 되면 빗물이 이들과 반응하여 H₂SO₄ 및 HNO₃를 만들기 때문에 빗물이 강한 산성을 띠게 된다. 이러한 강한 산성을 띤 산성비가 그대로 내리게 되면 생태계 및 석조물들이 큰 피해를 입게된다.

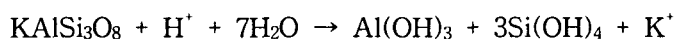
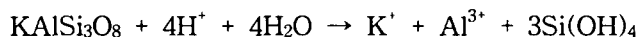
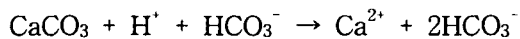
산성비는 생물의 정상적인 성장을 저해하여 특히 높은 지대에서는 산림이 감소하고 O₃의 함량을 증가시킨다. 산성비는 토양으로부터 식물에 필요한 영양분인 양이온들을 제거하고 토양을 산성화시켜 Al이 풍부한 토양을 만들어 식물의 성장을 저해한다. 산성비는 또한 대기 중에 산성 황산 에어로졸을 증가시켜 인간의 호흡기 계통에 악영향을 주며 Cd, Al, Cu 등 유독 금속 및 석면을 암석으로부터 용탈시켜 인간의 건강에 위험성을 가증시킨다. 산성비는 이외에 건축물 등 광물질 건조물을 파괴한다.

그런데 대기 중에는 광물질 분진이 상당량 함유되어 있어서 산성 빗물이 부유분진과 반응하여 중화되기 때문에 빗물의 pH가 상당히 상승된다. 대기 중의 광물질 분진은 그 자체가 환경오염을 시키는 물질이기도 하지만 한편 환경을 개선하는 역할을 하기도 한다. 1960년 이후 세계적으로 환경개선 정책에 의하여 대기 중의 SO₂ 함량과 분진의 양이 크게 감소되었으나 산성비는 개선되지 않았다는 사실은 대기 중의 광물질 분진이 산성비를 중화하는데 얼마나 영향을 주는가 하는 것을 보여준다.

토양산성화 방지 기능

토양 산성화는 주로 산성비에 의하여 일어난다. 그러나 토양은 산성비를 중화하는 기능을 가지고 있다. 그것은 토양이 각종 규산염 광물 및 탄산염 광물로 구성되어 있기 때문이다.

산성비가 와서 토양에 물이 침투하거나 물이 고이게 되면 빗물과 토양광물이 반응하여 산성비가 중화된다. 예를 들면 산성비가 광물들과 만나면 물 중에 있는 수소이온을 흡착하는 대신 지니고 있던 양이온들을 방출한다. 이 과정이 풍화현상이며 광물들의 풍화작용에 의하여 산성 토양이 중화된다 (McBride, 1994). 이 때의 화학반응은 다음과 같다.



즉 풍화작용에 의하여 광물들이 용해되고, 용해된 용액으로부터 점토광물과 같은 광물들이 침전된다. 즉, 토양이 풍화작용에 의하여 토양의 산성화가 방지되고 동시에 토양의 광물조성이 변해간다.

그러나 계속하여 산성비가 공급되면 점토광물의 층간에 존재하는 양이온이 완전히 제거되고 그 자리에 Al과 OH만 들어있는 점토가 만들어지고 또한 석고(gypsum)와 자로사이트

(jarosite) 같은 황화광물이 생성된다. 토양을 구성하는 광물들이 토양의 산성화를 저지하는 기능도 있지만 이 기능에 의하여 토양도 점차적으로 산성화되어가고 있는 것이다. 따라서 산성화가 크게 진행되는 경우에는 산성화되지 않은 흙을 넣어서 산성화 방지 기능을 높여주어야 한다.

해수의 염수화 기능

육지의 강으로부터 바다로 흘러 들어가는 강물에는 Ca가 많이 함유되어 있고 Na와 Mg는 소량 함유되어 있는데도 불구하고 바닷물에는 Na가 현저히 많고 Ca와 Mg는 극히 소량만 함유되어 있는데 그 원인은 무엇인가?

바닷물에 Ca가 적은 것은 바다에서는 조개, 산호, 물고기 등 Ca를 영양분으로 소비하는 동물과 식물들이 많기 때문이다. 이것은 일종의 생체광물생성작용이다. Ca는 또한 석회암(방해석)으로 직접 침전되기도 한다. 조개, 산호, 물고기 등은 쌓여서 속성작용에 의하여 방해석으로 변화한다.

바닷물에 Na가 많은 것은 강물과 함께 운반되어 들어간 점토광물이나 또는 해저화산으로부터 생성된 화산분출물이 바닷물과의 상호 반응에 의하여 광물입자로부터 Na가 유출되고 반대로 Ca와 Mg는 광물입자로 치환되어 들어가기 때문이다. 즉, 광물-물 반응에 의하여 바닷물이 염수화된 것이다.

광물 입자와 바닷물간의 작은 반응이지만 전세계에 분포하는 바다 전역에 걸쳐 일어나고 있는 현상이기 때문에 그 결과는 여간 크게 나타나는 것이 아니다. 바닷물은 원래는 현재처럼 짜지 않았으며 오랜 지질시대 동안 계속된 광물-물 반응에 의하여 짠물로 변했다.

습도 조절 기능

모든 광물이 이 기능을 가지고 있는 것은 아니다. 그러나 스�멕타이트, 제올라이트와 같은 광물은 습도에 예민하여 습도변화에 따라 대기 중의 수분을 흡수하기도 하고 방출하기도 한다. 스�멕타이트는 층상구조의 층간에 물분자가 1~3층까지 들어갈 수가 있으며 제올라이트는 공과 같은 넓은 공간이 구조 내에 있어서 여기에 물이 들어가 있을 수 있다.

그래서 이러한 물질을 방의 벽에 시공하게 되면 방안의 습도 조절이 가능하다. 방의 습도가 높을 때에는 공기 중의 수분을 흡수하고 낮을 때에는 수분을 방출한다.

식물의 영양공급 조절

논밭에서 성장하는 농작물이나 지표에서 자라는 식물들은 토양으로부터 영양분을 얻는다. 식물의 영양분은 주로 물과 그리고 양이온들이다. 토양 중에 식물의 영양분은 어디에 있는 것일까? 식물의 영양분은 주로 토양 중에 존재하는 점토광물 중에 들어 있거나 또는 그 표면에 흡착되어 있다. 토양 중에 수분이 있으면 점토광물과 물의 반응에 의하여 점토광물 중의 금속 이온(K, Na, Ca, Mg)들이 일부 물속으로 유출되어 나와서 식물의 뿌리에 흡수된다. 식물의 뿌리는 또한 이와 같은 흡수작용을 돕기 위하여 H⁺을 토양에 공급하여 금속이온들이 더 쉽게 수분에 녹아 있게 한다. 이것은 하나의 광물-생물 반응이다. 그래서 나무나 식물의 뿌리 근처의 토양은 다른 곳과 비교하면 pH가 낮게 나타난다.

한편, 대기 중의 광물질 분진은 토양에 식물의 영양분이 되는 Ca, Mg, Na, K를 공급하는 근원이 된다. 대기 중에 존재하는 분진 중 비교적 큰 입자들은 대기 중에 오래 머물지 못하고 바람에 날리다가 지표에 가라앉게 되며 그 양은 적지만 쉬지 않고 끊임없이 공급되기 때문에 중요한 영양분 공급원이다. 봄철에 날아오는 황사는 대기오염물이지만 한편 농

토에 무기질 영양분을 자연적으로 제공해주는 유일한 물질이기도 하다.

오염물 제거 기능

자연환경을 오염시키는 중금속 및 유기물 등은 1) 지질구성물질, 2) 산업공정 산물, 3) 농업활동 등으로부터 유래된다.

자연환경은 인간의 산업활동과 상관없이 지질환경에 따라 중금속으로 오염될 수도 있다. 예를 들면 황화철을 많이 함유하고 있는 암석이나 또는 금속광체가 지표에 노출되어 풍화작용을 받으면 그 인근 지역의 토양과 하천이 중금속에 의하여 크게 오염될 수 있다. 또한 산업공장의 가동으로 유출되는 중금속도 환경을 오염시키며 농사와 관련하여 생활하수, 공장하수, 쓰레기 및 농약의 사용으로 인하여 농토가 크게 오염될 수도 있다. 이 중 어느 것에 의하여 오염되든 간에 오염된 토양과 하천수는 실제 이 중에 같이 존재하는 광물들, 특히 점토광물에 의하여 이온치환 등 반응에 의하여 상당히 정화되고 있다. 그러나 오염정도가 높을 경우에는 이를 모두 소화하지 못하기 때문에 오염된 상태로 남게된다.

중금속으로 오염된 하천, 호수, 지하수 및 음료수는 벤토나이트나 제올라이트를 이용하여 오염을 상당히 복원할 수 있다 (Colella, 1995; 김수진·이기무, 1995). 농약에 의한 농토 및 농작물의 오염도 제올라이트나 벤토나이트를 이용하여 그 위험을 제거 또는 약화시킬 수 있다.

지구 표면의 풍화대에는 수산화철이 침전되어 갈색을 띠는 부분이 흔히 있다. 이 갈색 또는 붉은색을 띠는 흙을 보통 “황토”라고 부르고 있다. 황토의 갈색은 그 자체가 일종의 환경오염물로 보이지만 황토를 구성하고 있는 점토광물은 물론이고 수산화철 광물들도 모두 유해한 중금속 원소를 흡착하는 성질이 있다. 철산화물과 망간산화물도 중금속을 흡착하는 성질이 있다 (Jackson, 1998). 쓰레기 폐기장에서 나오는 유출수 중의 중금속도 캐올리나이트, 스�멕타이트와 같은 점토광물을 이용하여 제거할 수 있다.

토양단면 시료에 대한 중금속 함유량을 살펴보면 중금속이 토양구성물질 중에 여러 가지 형태로 흡착된다는 것을 알 수 있다.

대기 중의 탄소의 조절 기능

지구의 기후는 대기 중의 CO₂의 증가로 인한 온실효과에 의하여 온난화가 계속되는 것으로 알려져 있다. 그래서 국제협약에 의하여 탄소생산을 국제적으로 규제하고 있다. 지구상에 CO₂가 계속 증가하면 어떻게 될 것인가? 환경적으로 큰 문제가 아닐 수 없다.

현재 바다 중에 존재하는 CO₂의 함량과 대기 중의 CO₂의 함량비는 60 : 1 이다. 이런 수치는 대기 중의 CO₂가 지질시대를 통하여 계속하여 바다에 흡수되어 왔다는 것을 의미한다. 인간의 활동에 의하여 발생하는 CO₂의 2분의 1은 바다에서 사는 산호가 흡수한다. 즉, 산호는 CO₂와 바닷물에 녹아 있는 Ca²⁺ 과 CO₃²⁻ 이온을 받아들여 성장한다. 대기중의 CO₂ 가스는 물과 반응하여 H₂CO₃로 되어 바다로 들어가기 때문에 산호는 결국 대기 중의 CO₂를 소비하는 셈이 된다. 따라서 대기중의 CO₂를 줄이는 방법은 바다에 산호의 성장을 촉진하는 일이라 할 수 있다.

산호는 생물이지만 그 자체가 CaCO₃로 구성되어 있고 광물학적으로는 방해석과 아라고나이트로 되어 있기 때문에 일종의 생체광물인 것이다.

방사성 폐기물 처리 기능

원자력 발전소에서 유출되는 핵폐기물은 현재 그 처리 방안으로서 지하 깊은 곳, 그것도

벤토나이트나 제올라이트가 풍부한 지질환경에 저장하는 방법밖에 없다. 이 경우에도 다소라도 누출될 경우에 대비하여 그 주위를 벤토나이트나 제올라이트와 같은 광물질로 에워싼다. 그러나 불의의 사고로 핵발전소가 파괴되거나 또는 다른 원인에 의하여 방사능이 누출되어 토양, 강물, 호수, 농작물이 방사능으로 오염되었을 경우에는 이를 어떻게 처리할 것인가? 현재로서는 제올라이트와 같은 광물을 사용하여 핵종(radionuclides)들을 흡착하여 더 이상 유동하지 않도록 하는 방법밖에 없다. 1986년에 일어난 구소련의 Chernobyl 원자력 발전소가 파괴되어 막대한 양의 방사능이 누출되었을 때에도 이와 같은 방법으로 방사능을 처리하였다 (Chelishchev, 1995). 방사능으로 오염된 채소를 먹고나서 제올라이트를 원료로 하여 만든 케이크를 먹어 핵종이 이에 흡착되도록 하여 체외로 배출시키는 방법을 사용하였다. 이와 같이 방사성 폐기물 처리분야에도 광물은 유용하게 사용되고 있다.

대기오염 제거 기능

대기 중에 존재하는 광물질 분진은 그 자체가 대기오염물이지만 한편 이것들이 대기 중에 존재하는 유해 금속이온들을 흡착하여 이를 제거하는 역할을 하기도 한다. 물론 이 경우 금속이온을 흡착하고 있는 광물질 분진은 사람이 이를 흡입할 경우 더욱 건강에 해롭다. 그래서 특히 안개 낀 새벽에 바깥에서 조깅하는 것은 호흡기에 해를 입기 쉽다.

대기 중에 존재하는 광물질 분진은 비나 눈이 오면 빗물에 섞여 내리게 된다. 그래서 비나 눈을 비커에 받아서 필터로 걸러서 분진과 물을 분석하여 보면 각종 유해물질들이 분석된다.

기후 조정 기능

대기 중에 존재하는 부유분진은 기후를 조정하는 기능을 가지고 있다. 화산이 폭발하여 많은 양의 화산회가 대기 중으로 확산되어 대기 중에 오랫동안 잔류하여 햇빛을 가리게 되면 기온저하를 가져오게 된다. 봄철에 중국에서 날아오는 황사도 햇빛을 가려서 기온을 크게 강하시킨다.

건강 조정 기능

사람들이 거주하고 있는 환경 특히 지질환경은 인간의 건강생활에 큰 영향을 주어서 인간의 수명과 밀접한 관련이 있다는 것은 잘 알려진 사실이다. 건강에 좋지 못한 중금속이 자연적으로 함유된 수질을 지닌 지역에 오랫동안 살게 되면 건강에 좋지 못하며 동시에 수명에도 큰 영향을 미친다.

사망률이 높은 지역은 일반적으로 Al의 함량이 높고 Si의 함량이 낮은 점토가 많은 지질과 함께 토양이 산성을 띠고 있는 지역이며, 장수지역은 공통적으로 토양이 중성을 띠고 풍화된 화산쇄설물 기원의 점토에 Se이 함유되어 있는 지역인 것으로 알려져 있다.

일반적으로 장수생존과 관련 있는 영양소는 Se, I 인 것으로 알려져 있다. Se는 암과 심장병을 감소시키고 I은 갑상선병을 감소시키는 것으로 알려져 있다. 그러나 가장 중요한 것은 주 영양소와 미량 영양소간의 균형이 가장 중요하다고 한다. Pb, Hg, Ni, Cd, Mg, Ca, Sr, Ba과 같은 원소들은 주로 토양에 존재하는 점토에 흡착되어 있다가 농작물에 흡수되거나 물에 녹아 사람의 체내로 유입된다. 따라서 식생활과 관련 있는 농작물과 물의 화학조성은 그 지역의 지질환경과 밀접하게 관련이 있기 때문에 위생 및 환경적 측면에서 지질환경에 대한 연구가 필요하다. 지질환경은 결국 각종 광물로 구성되어 있기 때문에 지질환경에 대한 환경광물학적 기초연구가 필요하다.

광물의 유해성

광물은 환경을 좋게만 조율하는 것이 아니라 광물에 따라서는 환경을 나쁘게 조율하는 경우도 있다. 예를 들면 암석에 함유되어 있는 황화광물들은 지표근처에서 지하수 및 공기와 접하게 되면 산화되어 환경을 오염시키는 산성수, 중금속 등 유해물질을 지표환경으로 공급한다. 또한 대부분의 비금속 광물들은 환경을 좋게 조율하는 기능을 가지고 있지만 그 중에는 석면과 같이 인체에 대단히 유해한 것도 있다.

석면은 섬유모양을 가진 광물로서 쉽게 미세한 섬유로 분리되어 대기 중에 부유하는 성질이 있다. 만일 사람이 호흡하는 과정에 석면을 흡입하여 호흡기관 내에 착상이 되면 폐암 등 관련질환이 생길 가능성이 높다. 기관지 질환을 일으키는 광물로는 석면뿐만 아니라 제올라이트 광물의 일종인 에리온이트(erionite), 실리카(silica) 등 (Guthrie and Mossman, 1993)이 있으며 일반적으로 섬유모양으로 산출하는 광물은 주의를 요한다. 광물입자의 흡입에 의한 기관지 질환은 광물자체에 기인한 것도 있지만 광물 입자 표면에 흡착된 유해물질에 기인할 수도 있다.

환경개선을 위한 광물의 이용

광물들은 환경을 조율하는 기능을 가지고 있기 때문에 이 기능을 환경개선에 이용할 수 있다. 그래서 광물을 환경개선에 이용하는 분야로서는 정수 및 폐수처리, 중금속 처리, 방사성 폐기물 처리, 공기정화, 오염물 처리, 쓰레기 처분장, 건강관리 분야 등이 있다.

결 론

이상에서 살펴본 바와 같이 지권을 구성하고 있는 광물들은 우리의 환경을 여러 가지 방법으로 조율하는 기능을 가지고 있다. 이러한 기능은 지금까지 부분적으로만 알려져 있을 뿐 자세한 연구가 이루어지지 못한 상태이다. 우리의 자연환경(토양, 물, 공기, 기후)을 조율하는 것이 광물이기 때문에 지구환경, 특히 지권 및 수권환경을 개선하기 위해서는 환경에 대한 환경광물학적 연구가 필수적으로 이루어져야 하며 이렇게 함으로써 자연환경 변화의 본질과 개선대책이 강구 될 수 있을 것이다.

환경광물학 분야는 그 중요성에 비하여 아직 널리 알려져 있지 않지만 앞으로 이 분야의 중요성 때문에 가능성이 무궁무진하게 열려 있는 분야이다. 그리고 이 분야의 연구는 환경문제를 근본적으로 밝혀 우리의 삶의 질을 향상시키는데 크게 기여를 할 것이기 때문에 그 중요성 역시 강조해도 지나치지 않을 것이다.

참 고 문 헌

- 김수진 · 이기무 (1995) 국내산 불석광물의 이온치환 특성 연구. 한국광물학회지, 8 : 118-125.
이수재 · 김수진 (1996) 광물-물 계면에서의 수소이온의 흡착과 광물용해. 지질학회지, 32 :

34-46.

- Chelishchev, N. F. (1995) Use of natural zeolites at Chernobyl. In : D. W. Ming and F. A. Mumpton (eds.) Natural Zeolites '93. Occurrence, Properties, Use. International Committee on Natural Zeolites : 525-532.
- Colella, C. (1995) Use of Italian chabasite and phillipsite for the removal of heavy metals from wastewaters : A review. In : D. W. Ming and F. A. Mumpton (eds.) Natural Zeolites '93. Occurrence, Properties, Use. International Committee on Natural Zeolites : 363-376.
- Evangelou, V. P. (1998) Pyrite chemistry : The key for abatement of acid mine drainage. In : W. Geller, H. Klapper and W. Salomon (eds.) Acidic Mining Lakes : 197-222.
- Guthrie, G. T. and Mossman, B. T. (eds.) (1993) Health Effects of Mineral Dusts. Reviews in Mineralogy vol. 28, 584pp., Mineralogical Society of America.
- Hochella, M. F. and White, A. F. (eds.) (1990) Mineral-Water Interface Geochemistry. Reviews in Mineralogy vol. 23, 602pp., Mineralogical Society of America.
- Jackson, T. A. (1998) The biogeochemical and ecological significance of interactions between colloidal minerals and trace elements. In : A. Parker and J. E. Rae (eds.) Environmental Interaction of Clays : 93-206, Springer.
- Kim, S. J. (ed.) (1997) Environmental Mineralogy. Proceeding of the 1st Symposium on Environmental Mineralogy, Seoul, 176pp., Mineralogical Society of Korea.
- McBride, M. B. (1994) Environmental Chemistry of Soils. 406pp., Oxford Univ. Press.
- McIntosh, J. M. and Groat, L. A. (eds.) (1997) Biological-Mineralogical Interactions. Short course vol. 25, 239pp., Mineralogical Association of Canada.