

풍화작용¹⁾

김 주 환²⁾

한국자연환경보전협회 부회장

머리말

지형은 계속 변한다. 어떤 학자는 지표의 계속적인 변화를 사면의 결합이라는 입장에서 생각하기도 한다. 물론 맞는 말일 수도 있다. 그러나 더 근본적인 원인을 따져서 지표면의 변화, 즉 지형의 발달을 논한다면 그것은 지표를 구성하고 있는 여러 물질들의 변화 쪽에 더 큰 비중을 두어야 하리라고 생각된다.

그것은 다름 아닌 풍화에 관한 이론일 것이다. 따라서 지표면과 그것은 지지해주고 있는 기반암의 변형, 변성, 변질 등과 같은 성질을 기본적으로 이해하는 것이 필요하다고 생각되어 간단히 정리해보려고 한다.

풍화와 기후

풍화의 개념과 기후와의 관계

암석은 장기간 지표에 노출될 경우 일조나 풍우에 의해 점차 물리적으로 붕괴(崩壞, disintegration)되거나 화학적으로 제자리에서 분해(分解, decomposition)되어 간다. 이렇게 암석이 변화되어 가는 현상을 풍화작용(風化作用, weathering)이라고 한다. 풍화작용은 기본적인 지형형성작용의 하나로 식물의 생

육에 필요한 토양의 생성작용으로서도 중요하다.

풍화작용을 받아 변질된 암석부분을 풍화각(風化殼, weathering crust)이라고 한다. 이 풍화각의 상부에 식물의 영향으로 유기물이 집적되고, 지표에서의 물리적, 화학적, 생물학적 변화에 의해 층위(層位)가 분화되면 결국 토양이 발달한다.

풍화는 우리 주위에서 끊임없이 일어나고 있는 현상이지만 너무도 서서히 일어나기 때문에 우리들은 그 요인이나 결과를 간과하여 버리기 쉽다. 그러나, 풍화작용은 암석의 운회에 있어서 대단히 중요한 과정 중의 하

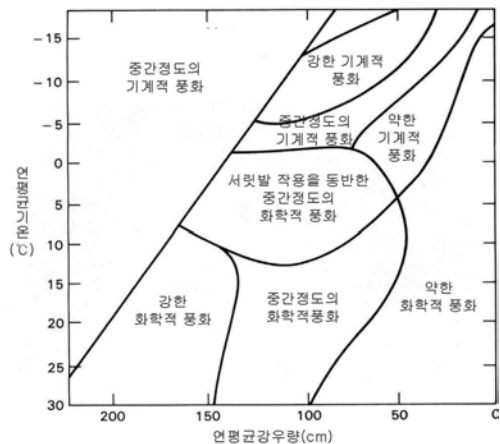


그림 1. 풍화 형태에서 기후의 영향.

1)Weathering

2)KIM, Joo Hwan, The Korean Association for Conservation of Nature, E-mail: gpa46@hanmail.net

나이다. 왜냐하면 고결된 암석이거나 고결되지 않은 퇴적물이거나를 막론하고 대기나 물에 접하고 있는 부분은 풍화작용을 받아 풍화산물로 변한 후 낮은 곳으로 운반되어서 새로운 퇴적이 이루어지기 때문이다.

풍화에 영향을 미치는 인자는, 암석의 광물조성(鑛物造成)이나 구조(構造), 수문환경(水文環境) 등 여러 가지가 있지만, 풍화에 미치는 기후의 영향은 극히 중요하다. 기후는 어느 경우에는, 풍화작용에 직접 영향을 끼치고 또 어떤 경우에는 생물이나 토양을 통해 간접적으로 영향을 준다. 기후요소(氣候要素, climatic factor) 중에 특히 중요한 것은 강수(降水, precipitation)와 기온(氣溫, air temperature)이다.

일반적으로 화학적 풍화작용은 연평균 기온이 높고 강수량이 많은 습윤열대지역에서 활발히 진행되고, 기온이 낮은 한랭지역이나 강수량이 극도로 적은 건조지역에서는 활발하지 않다. 이에 대해 물리적 풍화작용(物理的風化作用, physical weathering)은, 기온이 적당히 낮고 암석 중에 포함된 물의 동결 용해가 반복되는 곳에서는 활발하지만, 기온이 극단적으로 낮고 얼음의 용해가 보이지 않는 지역에서는 물리적 풍화가 일어나기 어렵다.

이러한 내용을 통해, 화학적 풍화와 물리적 풍화를 함께 생각해보면, 기온이 높고 연 강수량이 많은 곳에서는 화학적 풍화작용(化學的風化作用, chemical weathering)이 강하고, 기온이 높지만 강수량(降水量)이 다소 감소하는 곳에서는 중간 정도의 화학적 풍화가 나타나며, 강수량이 현저하게 적은 경우에는, 화학적 풍화도 물리적 풍화도 극히 미약하다.

광물의 안정성

광물은 풍화에 대한 저항력이 다양하여 어떤 것은 매우 빠르게 풍화되고 어떤 것은 매

우 느리게 풍화되어 여러번에 걸친 퇴적 사이클을 유지한다. 광물은 여러가지 방법으로 풍화에 대한 저항력에 의하여 순서를 정할 수 있다. 그 하나는 토양이나 풍화물을 연구하고 개별 입자의 부식(humus)이나 점토로 변질한 증거, 그들 각각의 감소에 기초한 풍화되지 않는 물질에서의 광물과 비교하는 것이다.

광물의 안정도는 다양한 연대의 퇴적암에서 광물의 발생에 의하여 평가될 수 있다. 즉, 보다 오래된 암석은 보다 저항력이 있는 광물을 상대적으로 더 많이 가진 것이라고 생각할 수 있다.

조암광물의 안정도를 설명하는 데는 몇 가지의 인자가 필요하다. 즉, 어떤 것은 광물 그 자체에 관련이 있고, 어떤 것은 풍화환경과 관련이 있다.

광물구조(鑛物構造)는 풍화에 대한 광물의 저항도에 중요한 역할을 한다. 일반적인 자료에서 어떤 광물의 경우 광물의 안정도 순서는 광물구조에 기초한 순서와 비슷하다. 즉 인접한 규산 4면체 사이에 산소 역할의 점진적 증가는 풍화에 대한 증가된 저항력과 상호관련이 있다. 이것은 감람석-휘석-각섬석-운모-석영 순서에 해당된다.

풍화가 일어날 때 광물의 붕괴는 광물의 결합이 가장 약한 부분부터 시작되며, 풍화 용해에 노출된 부분이 많을수록 풍화는 더 빨라진다. 감람석은 각각의 4면체가 약한 양이온과 산소결합에 의하여 결합되어 있기 때문에 빠르게 풍화된다.

안정도 순서에서 다른 광물은 보다 강한 Si-O와 Al-O의 결합에 의하여 연결된 사면체를 함유하여 풍화에 보다 저항적이다. 이 광물들에서 풍화·용해 작용이 약한 양이온-산소결합의 위치에 접근한다면 풍화작용이 가장 효과적이다. 다른 인자들은 같은 구조류에서 분류된 광물의 상대적 저항을 말해

준다. 예를 들면 사장석은 보다 안정적인 나트륨 사장석에서부터 최소의 안정성을 갖는 칼슘 사장석까지의 순서를 보인다.

화학적 풍화에 대한 암석의 반응

암석은 각기 다른 비율로 풍화되고 침식된다. 동일한 풍화조건에서 여러가지 암석을 비교하기 위해서는 빙력토나 다양한 암석의 형태를 포함한 퇴적물질을 연구하는 것이 가장 좋다. 지표로부터 동일한 깊이에 있는 암석은 동일한 풍화조건(風化條件) 하에서 풍화를 받는다고 생각된다.

조립질 화성암(粗粒質火成巖)이 미립질 암석(微粒質岩石)보다 일반적으로 더 빠르게 풍화되는 것을 알 수 있다.

풍화각(風化殼) 연구는 이와 같은 관계들을 정량화(正量化)하는 데 도움이 된다. 풍화각은 쇄설물의 주변부에 동일한 두께의 화학적 변질대이기 때문에 화학적 변질의 측정은 그 각의 두께로 측정할 수 있다.

흑운모(黑雲母, biotite)를 함유하는 암석에 진행되는 풍화작용은 흑운모를 함유하지 않은 암석과는 약간 다르다. 즉, 흑운모를 함유한 암석은 일반적으로 더 빠르게 풍화한다. 흑운모는 화강암에서 제일 먼저 풍화되는 광물이며 변질되어 부피가 늘어난다.

퇴적암(堆積岩, sedimentary rock)의 풍화는 화성암의 풍화와는 다르지만 어느 암석이 풍화에 가장 민감한가를 결정할 수 있는 확고한 법칙은 없다. 어떤 지역에서는 퇴적암이 보다 빠른 풍화를 보이지만 이것은 다른 암석의 형태를 갖는 다른 지역에서는 그 반대가 될 수 있다. 점토성분의 함량이 높은 암석은 점토성분이 낮은 암석보다 더 빠르게 붕괴된다. 그 이유는 점토가 자체적으로 단단하게 고결하지 못하며 습기함량의 변화에 따라 팽창과 수축을 하기 때문이다. 또한 동일한 습도와 온도를 갖는 조건이라도 암

석 표면이나 내면에 어떤 구조적인 흔적이 있느냐에 따라서 풍화의 정도는 달라진다. 이러한 물리적인 구조는 화학적인 풍화를 진전시키는 구체적인 촉매역할을 할 수 있기 때문이다.

심층풍화

암석은 지하의 깊은 곳까지 풍화되는 경우가 있다. 일반적으로 온대지방에서 풍화가 미치는 깊이는 1 m 내외이지만, 극한지방에서는 매우 얇다. 이에 대해 열대지방에서는 수십 내지 수백 m 이상까지 풍화가 진전되기도 한다.

암석이 지하 깊은 곳까지 풍화를 받고 있는 현상을 심층풍화(深層風化, deep weathering)라고 한다. 보통 심층풍화의 깊이를 10 m 이상이라고는 하나 반드시 엄밀하게 규정되어 있는 것은 아니다. 심층풍화를 받기 쉬운 암석은, 투수성이 높고 화학적으로 활성(活性)인 것이 많다. 풍화작용이 진행되었어도 풍화물질이 침식작용에 의해 운반되어 다른 곳으로 제거되기 쉬운 곳에서는 심층풍화가 일어나기 매우 어렵다.

따라서 풍화작용 중 특히 화학적 풍화작용이 급속히 촉진되는 기후조건이면서, 지형의 기복이 완만한 경우에는 풍화생성물은 두껍게 되고, 심층풍화가 일어나기 쉽다. 그러나 현재 지형의 기복이 크다면, 기후가 화학적 풍화가 일어나기 쉬운 조건과는 다른 지역에서도 심층풍화가 나타난다. 이것은 풍화조건(風化條件)이 현재와는 달랐던 과거의 어떤 시대에 심층풍화가 일어난 것으로 볼 수 있으며, 이 때에는 풍화작용의 시대적인 검토가 중요한 과제로 남게 된다.

풍화가 덜 진행된 암석 위에 피복되어 있는 풍화물질은 석비레(regolith)라고 한다. 석비레는 균질한 것이 아니며, 어느 정도의 대상배열(帶狀配列)을 나타내기도 하는데 이것

을 풍화대(zone of weathering)라고 한다. 풍화대는 가장 일반적인 계열로서, 지표로부터 하방으로 향하여 다음과 같이 분류된다. ① 토양, ② 무구조(無構造)의 석비레, ③ 암석의 구조를 갖고 있는 쇄설물, ④ 둥근 핵석을 갖는 구조성(構造性) 석비레, ⑤ 각(角)진 핵석을 갖는 구조성 석비레, ⑥ 미풍화 암석 등이 그것이다(Ollier, C. D., 1969).

풍화의 종류

기계적 풍화

암석에서 진행되는 풍화작용은 기계적 풍화와 화학적 풍화가 동시에 작용함으로써 풍화의 진행을 더욱 촉진시킨다. 기후조건 또는 지형조건에 따라서 기계적인 풍화가 우세한 지역도 있고, 반대로 화학적 풍화가 우세한 지역도 있다. 암석에서는 기계적 풍화가 진행됨에 따라 쪼개지는 면(面)이 증가하고, 수분과 접하는 면이 증가하게 된다.

또한 미세한 균열에 스며든 수분은 화학적 풍화를 일으킴으로써 틈 사이의 결합력(結合力)을 약화시키고 쉽게 부스러지게 한다. 따라서 기계적 풍화와 화학적 풍화는 서로 협력하여 풍화의 진행을 가속화시킨다고 할 수 있다. 수분이나 대기는 미세한 광물입자들 사이에도 스며들기 때문에 세립의 암편(岩片)도 마지막에는 하나하나의 광물입자로 분리되어 떨어지게 된다.

화강암 지대의 산지에서 산사면(山斜面)이나 정상 부근에서 둥글둥글하게 노출된 기반암(基盤岩, bedrock)을 볼 수 있다. 이것은 화강암의 도움에서 암석이 마치 양파껍질처럼 벗겨가는 듯한 모양의 형태를 보인다. 이 같은 풍화를 특히 박리(剝離, exfoliation)현상이라고 한다. 이것은 기계적 풍화와 화학적 풍화작용이 개별적으로 일어난 것이 아니라 서로 합해진 힘에 의한 자연의 작품인

것이다.

한대지방에서는 지표면이 항상 결빙(結氷)되어 있어서 화학적 풍화의 진행은 거의 없으며, 일시적 해빙(解氷)에 의한 기계적 풍화만이 진행된다. 이에 비해 열대지방은 높은 온도로 인한 화학반응의 촉진과 많은 생물의 번식에 따라 생성되는 산, 탄산수 등의 공급이 지속되므로 화학적 풍화가 강렬하게 진행된다. 온대지방에서는 기계적 풍화와 화학적 풍화가 거의 균등하게 진행된다. 온대지방에서 장석은 고령토로 풍화되는 것으로 끝나지만, 비가 많은 열대지방에서는 규산성분(硅酸成分)이 더욱 많이 분해, 추출하여 보크사이트(bauxite)를 생성한다.

화학적 풍화

화학적 풍화작용(化學的風化作用, chemical weathering)은 암석을 구성하고 있는 각종 조암광물(造岩鑛物)에 화학적 변화가 일어나는 것을 말한다. 광물이 화학적으로 변화하면 그것은 원래의 성질을 잃어버리고 푸석푸석해지면서 암석 자체가 약해지게 된다.

화학적 풍화작용이 열대습윤지역에서 가장 활발하게 일어나는 원인은 수분이 많고 기온이 높기 때문이다. 암석이 작은 입자(粒子)로 쪼개지면, 전체 표면적이 막대하게 늘어나게 된다. 즉, 화학적 풍화작용은 암석의 표면에서 잘 일어나기 때문에 암석의 쪼개짐에 따라서 이러한 풍화작용은 가속적으로 증진하게 되는 것이다.

집터를 닦을 때나 도로를 만들 때 암석의 형태를 유지하고 있으나 푸석하여 삼으로도 잘 파이는 풍화층, 즉, ‘씩은 바위’를 우리는 흔히 목격하는데, 이것을 세프롤라이트(sprolite)라고 한다. 이것은 열대습윤지역에서 가장 두껍게 발달하여 그 두께가 100 m를 넘는 것도 있다. 서로 직교하는 수직절리(垂直節理)와 수평절리(水平節理)에 의하여



그림 2. 구상풍화.



그림 3. 타포니 현상(주문진 소들리).

기반암이 일련의 블록으로 갈라져 있으면 수분은 절리면(節理面)을 따라서 선택적으로 침투해 들어간다.

이때 블록의 모서리가 풍화작용에 영향을 가장 많이 받고, 절리로 분리된 블록들은 둥글둥글한 원력(圓礫)으로 변하면서 세프롤라이트로 완전히 둘러싸이게 되는데 이러한 형식의 암석붕괴(岩石崩壞)를 구상풍화(球狀風化, spheroidal weathering)라고 한다. 구상풍화를 받은 둥글둥글한 돌을 핵석이라 한다. 세프롤라이트가 제거되면 핵석(核石, core stone)이 불안정한 석탑처럼 쌓여 있는 토오르(tor)가 형성된다. 화강암에서 절리가 없는 괴상(塊狀)의 기반암은 풍화를 적게 받아 세프롤라이트가 제거되면 거대한 노암(露岩)의 도움인 보른하르트(bornhart)가 형성된다.

염풍화

암석을 포화시킨 물이 마르게 되면 많은 염(鹽)이 절리와 광물입자의 경계를 따라서 쌓이게 된다. 용해된 염의 결정이 증발에 의하여 과포화된 용액으로부터 침전되어 점점 성장하기 때문에 물이 침투할 수 있는 암석은 빠르게 붕괴한다.

일반적으로 빗물은 순수한 것으로 생각하지만 빗물이 암석이나 토양을 통하여 아무리 짧은 거리를 흘러갔을지라도 그것은 암석 틈을 침전시킬 수 있는 많은 용해된 염을 가지고 있다. 다공질 암석(多孔質岩石)이

나 토양 내에서 결정작용이 있는 곳까지 용액의 이동이 발생한다. 석조건축과 벽돌건축, 자연석에 백색염의 얼룩이 생기는데 이것은 가용성 염(可溶性鹽)이 표면에 엉기어 나타난 결과이다. 이것은 밖으로 이동하는 용액이 증발하는 모세관의 발달이 표면에서 결정화(結晶化)된 것이다.

대부분의 염풍화(鹽風化)가 열대건조지역에서 일어나지만, 남극대륙에서도 일어난다. 화강암의 동굴풍화(洞窟風化)가 남극대륙 빅토리아랜드 남부의 건조 계곡에 산재되어 있다. 지름이 2 m까지 되는 풍화혈이 동굴의 바닥과 천장에 있으며, 그 풍화혈은 암석으로부터 광물을 분리해내는 염결정의 성장에 기인하는 입상붕괴(粒狀崩壞, granular disintegration)에 의하여 생긴 것이다. 풍화혈(風化穴, weathering pit)의 기저에는 광물조각과 염으로 된 암분(岩粉, rock meal)이 있다.

염풍화가 잘 나타나는 지역은 건습을 반복하는 지역이다. 특히 건조지역에서는 플라야 주변이나 사막지대의 수로(水路)를 따라 이러한 현상이 잘 나타난다. 현재 습윤기후 지역에서 나타나고 있는 이러한 현상은 홍적세 때에 나타났던 건조한 기후조건 아래서 형성된 것으로 보고 있다. 우리나라의 염풍화현상은 동해안 지방의 암석해안(岩石海岸)에 많이 나타나고 염분은 과도나 물보라, 바람 등에 의해 공급을 받으며 이러한 현상은 풍화가 진전되지 않은 경암(硬岩)에서 주

로 잘 나타난다. 염풍화의 진행정도를 나타내는 암분의 유무로 볼 때 동해안 지방에서는 현재에도 염풍화작용이 진행되고 있다고 볼 수 있다.

염풍화작용이란 염분에 의해서 풍화가 이루어진 것을 말하며 성인적인 용어이다. 그러나 건조지역을 중심으로 성인이 밝혀진 염풍화작용의 결과와 외형이 같다고 하여도 모든 비슷한 현상을 염풍화에 의한 것으로 볼 수는 없다. 성인이 밝혀지지 않았을 때의 포괄적인 의미로는 타포니를 사용하기도 한다.

생물 풍화

암석과 광물의 붕괴는 식물, 동물, 박테리아 등에 의해 제한을 받게 되며, 특히 박테리아 같은 생물체에 의한 풍화량(風化量)은 매우 크다. 동물이 풍화에 미치는 영향은 토양물질의 반복된 혼합으로 신선한 물질을 풍화기구에 노출시켜주고, 공기와 물에 광물의 호흡에 의한 CO₂를 증가시켜 화학적 풍화를 촉진시킨다.

많은 설치류의 굴은 몇 가지의 효과가 있다. 토끼는 풍화에 대한 효과는 약하지만 다른 물질과의 혼합효과가 중요한 사질물질에 굴을 판다. 체르노젬 지역의 설치류인 프레리도 그와 다른 동물들은 20 ha까지 점령하고 산다. 이것들은 토양구조를 파괴시키는 경향이 있으며, 토양을 계속하여 재혼합시킴으로써 용탈과 층형성작용을 방해한다. 달팽이는 석회가 풍부한 지역에 흔히 있으며 석회석에 깊은 구멍을 뚫을 수 있다. 대형동물은 토양을 다져서 유출량을 증가시켜주고 토양침식을 증가시킨다. 짐식은 풍화물을 제거시키며 그것은 풍화율(風化率)에 영향을 준다.

생물풍화는 이화학적 풍화(理化學的風化)와 풍화효과의 결합이다. 생물풍화와 그 영향의 예를 들면 다음과 같다. 즉, 동물의 굴과 먹이 및 식물뿌리의 압력에 의한 입자의



그림 4. 식물뿌리에 의한 풍화.

단순한 파괴작용, 동물에 의한 광물질이 이동하여 물질의 이동과 혼합효과, 호흡에 의한 CO₂의 증가로 용해작용이 높아질 때처럼 단순한 화학적 효과 등을 들 수 있다. 또한 습기유지와 풍화에 대한 효과, 응달과 발효작용 및 물질의 이동에 의한 지온의 효과, pH에 대한 효과, 풍화로부터의 보호작용 등을 들 수 있다.

풍화와 토양형성

토양의 개념

토양(土壤, soil)이란 단순히 기반암(基盤岩)인 암석이 풍화된 세립물질(細粒物質)만을 말하는 것이 아니라, 이들 물질이 다시 동식물에 의해 토양생성작용(土壤生成作用, pedogenesis)을 받은 상태를 말한다. 이렇게 형성된 토양은 식물의 성장을 유지시키는 생산기능(生産機能)을 가질 뿐 아니라 환경오염을 방지하고 농림업의 재생산성을 돕는 분해기능(分解機能)을 갖고 있다. 즉 동식물의 유체(遺體)는 토양 속에서 분해되어 부식(腐植, humus)이 만들어지고 이는 다시 식물의 양분이 된다.

풍화각(風化殼) 위에 고등식물의 종자가 뿌리를 내려 그 중 강한 생명력을 지닌 식물이 군락을 이루게 되고 그들 식물의 유체는 토양 속의 미생물에 의해 분해된다. 또한 그

속에 포함되어 있던 양분원소들은 표토(表土) 즉, 부식층(腐植層)에 축적되어 물질의 생물학적순환(生物學的循環, biological cycle)을 겪게 된다. 이와 같은 토양생성작용에 의해 풍화물질이 재생산기능을 갖게 되었을 때 이를 토양이라고 하며, 각 지역의 토양적 특성은 토양생성작용의 환경 즉 토양생성인자(土壤生成因子, soil forming factor)에 의해 좌우된다.

케라시모프(Gerasimov, 1956)는 “토양은 기후나 지표기복의 다양한 조건 하에서 행해지는, 모암(母岩)에 대한 생물(生物)의 작용(作用)으로 생성된다”고 토양의 생성작용을 간단히 설명하였다. 결국 이 말 속에 토양생성인자가 대부분 포함되어 있다. 토양생성작용을 좌우하는 인자는 크게 기후, 생물, 지형, 지질, 시간, 인간활동 등으로 분류할 수 있다. 이들 각 인자들은 독자적인 기능을 갖는 반면에 상호규제를 통해 전체로서 통일된 토양생성작용을 이루어간다. 즉 생물의 종류, 활동은 대기후에 의해 지배되는 한편, 식생은 소기후, 토양기후에 영향을 준다.

토양 단면

토양생성작용에 의하여 토양모재(土壤母材)로부터 토양이 형성되면 어느 정도 명확한 토양층(土壤層, soil horizon)이 발달하게 되는데, 이것은 특히 배수가 잘 되는 토양에서

현저하게 나타난다. 토양단면(土壤斷面, soil profile)은 기후의 영향을 받아 각 층위(層位)의 분화가 잘 일어나며, 유기물의 집적이 있을 때는 더욱 활발하게 일어난다. 토양단면은 이와 같은 분화된 토양의 각 층위에서부터 토양모재에 이르는 모든 층을 수직적으로 배열한 층단면(層斷面)을 말한다.

토양단면을 연구하면 그 토양의 생성유래와 생성인자의 작용 등을 알아낼 수 있고 토양분류(土壤分類)를 하는 데도 큰 도움이 된다.

토양은 철이 녹으로 코팅되는 것처럼 기반암상에 남아있는 얇은 층이라고 할 수 있다. 토양구조(土壤構造)를 확인하기 위한 토양의 수직단면은 약 1 m 깊이로 토양을 통해 아래 있는 기반암(基盤岩)까지 절단한 것이다.

최상부인 A층은 부식된 나뭇잎과 줄기 및 동물의 유해들로 구성된 유기물인 부식(腐植, humus)을 포함하고 있는 진한 암색으로 이루어진 층이다. A층은 생물체의 활동이 가장 활발하게 나타나고 있는 층으로서 지렁이와 곤충, 지중동물(地中動物), 식물뿌리, 그리고 수많은 유기체 등이 살기에 가장 적합한 곳이다. 장기간에 걸쳐 이루어진 두꺼운 토양 내 최상층의 광물은 주로 점토(粘土)와 석영(石英)과 같은 불용성 잔유광물(殘有鑛物)로 되어있고 가용성 광물(可溶性鑛物)은 존재하지 않는다.

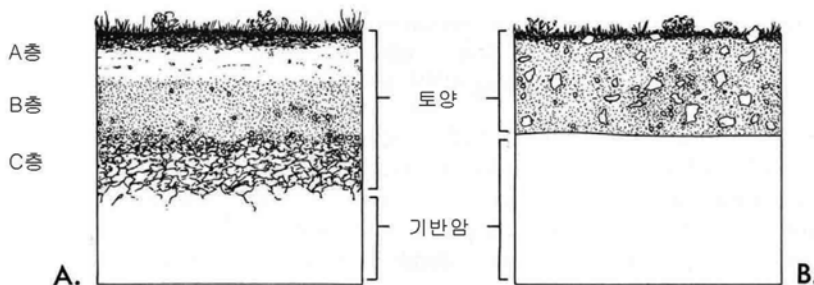


그림 5. 토양단면.

토양단면 바로 밑 중간층은 B층이라고 한다. 비교적 적은 양의 유기물과 가용성 광물 및 산화철이 존재한다. 최하층인 C층은 약간 변형된 기반암으로서 파쇄되고 분해된 점토와 혼합되어 있다. 토양학자들은 이 간단한 A, B, C층 분류방법보다 복잡한 분류를 이용하지만 일반적인 유형은 대부분의 토양에 대하여 동일한 방법을 택하고 있다. 세 가지 토양대는 미숙토양을 분류하는 데는 어려움이 있다. 즉, 지질학자와 토양학자들은, 토양은 보다 오래된 곳과 온난하고 습윤한 곳에서 두껍게 발달하고 있음을 알고 있고 광물의 풍화와 관련되어 있으며 이러한 요소를 기초로 하여 토양층의 모델(model)을 작성할 수 있기 때문이다.

토양 생성과 기후와의 관계

강수(降水)와 기온(氣溫)은 토양생성에 영향을 미친다. 강수량이 많은 지역에서는 토양 중의 가용성 물질을 용해하고 극단의 경우에는 용탈현상을 일으킨다. 고온다우의 열대지방에서는 염기류가 용탈하여 일반적으로 토박한 토양이 이루어진다.

기온도 토양형성에 중요하다. 즉 모암의 화학적 풍화는 고온 하에서 왕성하고 기계적 풍화는 저온 하에서 왕성하다. 따라서 열대와 한대의 토양은 서로 다르며 토양에 섞이는 부식은 그 지표상의 식물이나 미생물 분포와 밀접한 관계가 있다.

토양은 물과 반응하는 고정된 고체화합물로 채워진 수직파이프와 비교할 수 있다. 물이 파이프를 흐르는 것처럼 토양을 통해서 흐르게 되면 투수현상(透水現象)이 일어나고 빗물은 밑에 있는 기반암의 공극으로 토양을 통해 투수된다.

빗물이 파이프의 고체를 통과함으로써 화학적인 반응이 일어나게 되고 여러요소들이 고체와 물의 반응에 영향을 주게 됨으로써 보다 깨끗한 물이 파이프를 통해 흐르게 된다. 물이 통과하는 시간이 길어지면 보다 많은 고체물이 변화되고 기온이 높아지면 화학반응도 빨라진다. 따라서 물은 최소한의 용질을 운반하기 때문에 깨끗한 물이 흐르는 가장 가까운 고체의 부분과 가장 많은 반응을 일으키게 한다.

이것은 토양 내에서 발생하는 과정의 간

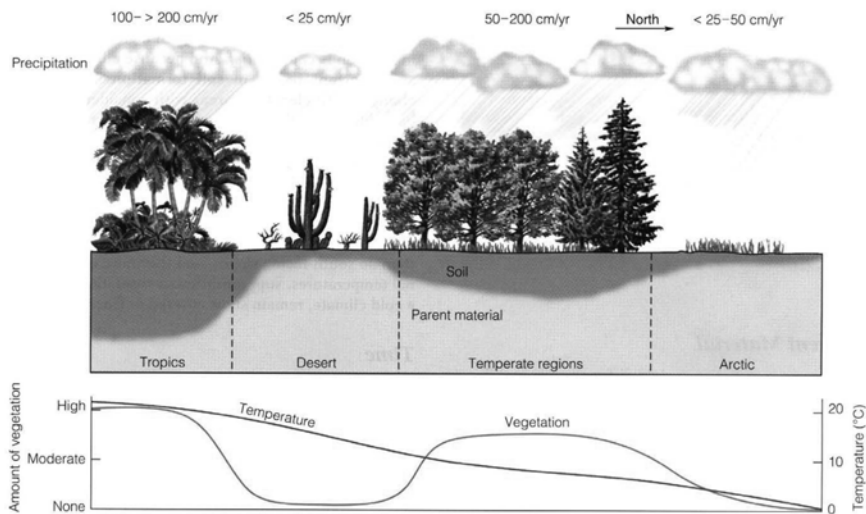


그림 6. 기후·식생에 관련한 토양의 생성.

단한 현상이다. 점토조성의 복잡성은 서로 다른 기후 하에서 토양광물이 다양하기 때문이다. 기온이 광물변형을 가속시킴으로써 식생과 박테리아의 성장을 자극하고 토양생성을 촉진시킨다.

토양이 자연적인 작용과 경작에 의해서 표토에서 천천히 침식을 받게됨으로써 화학반응에 의하여 침식은 점진적으로 심화되게 된다. 침식이 빨리 진행되면 화학적인 분해는 일어나지 않고 토양은 얇아지므로 농업에는 부적당하게 된다. 토양의 생성은 광물의 분해와 기계적인 풍화와 기간, 기온 및 강수량의 변수와 연관되어 있고 생물의 활동이 3가지 변수에 따라 영향을 받는 것과 깊은 연관성을 가지고 있음으로써 토양의 유형, 두께 및 기후지역은 상호연관성을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

토양 생성화 작용

토층은 A, B, C층의 모재층으로 구성된다. 성대토양(成帶土壤)은 일정한 기후 하에서 장기간의 토양생성작용이 진행되어 모재(母材)와는 관계없이 기후형(氣候型)과 일치하는 토양이다.

라테라이트토는 토층 발달이 불분명하고 열대우림지역 기후에서 발달한다. 고온과 미생물의 활동이 왕성하여 부식층이 잘 형성되지 않으며 토양수가 풍부하여 가용성 염기와 규질이 토양에서 전부 용탈되어 극히 안정된 풍화산물인 철과 알루미늄의 산화물(Fe_2O_3 , Al_2O_3)이 응결물을 이루면서 석영과 함께 집적(集積)되어 표토 밑의 집적층은 짙은 적색이 된다. 표토가 제거되고 탈수현상이 일어나면 이 집적층은 라테라이트각으로 되며 침식에 대한 저항력이 매우 크다. 열대지방에는 제3기에 형성된 라테라이트각이 구릉의 정상부에 모암(母岩)으로 남아있기도 한다. 체르노젠크는 반건조기후 지역의 비옥한

흑토(黑土)이다. A층에는 부식을 많이 함유한 갈색 내지 흑색을 나타내며 두께는 5~20 cm이다. B층은 탄산칼슘의 집적층으로 두께는 40~60 cm이다.

석회화작용(石灰化作用)은 극히 건조한 사막에서 토층의 발달이 불완전하여 탄산칼슘이 지표까지 올라와 단단하게 굳어져 석회각을 형성하는 토양생성작용이다.

간대토양(間帶土壤)은 모재의 성격이 많이 반영되거나 기후와 관계없이 형성되는 토양으로 배수가 불량한 곳에 식물의 유체(遺體)가 집적되어 부식 또는 토탄(土炭)이 풍부한 습윤토양과 석회암의 풍화토인 테라로사가 있다. 비성대토양은 토양단면이 충분히 발달할만큼 시간이 경과하지 않았거나, 풍화산물이 제자리에 오래 머물 수 없는 급사면의 토양이다.

토양생성인자

토양생성인자에는 기후, 유기물, 모암, 지형, 시간 등이 있다.

1. 기후(氣候, climate)

토양의 생성과정에서 가장 영향을 주는 것은 기후이다. 기후에 따라 토양의 근원이 모암의 풍화정도가 다르기 때문에 구성광물(構成礦物)의 조직과 비율이 변하게 되며, 식물과 토양의 형성정도와 형태도 변한다.

기온과 강수량에 따라 전세계의 토양분포(土壤分布)가 다양하며, 각 토양의 물리적, 화학적 성질에도 차이가 생긴다. 기후는 토양의 온도와 습도를 변화시켜 식물의 성장과 토양의 성질에 직접적인 영향을 준다.

2. 유기물(有機物, organism)

생물은 토양 내에 유기물을 첨가시키며 식물의 영양분을 순환시킨다. 또한 토양에 질소 등의 영양분을 공급해줄 뿐만 아니라 토

층을 상하로 섞어주어 식물의 성장과 토양의 발달에 중요한 역할을 한다.

3. 모암(母岩, parent material)

토양의 근원은 암석, 즉 모암이다. 모암이 사질인 토양에서는 투수율이 높은 사질토양이 형성되며, 석회석이 풍부한 지역에서는 염기성 토양이 형성된다. 특히 토양의 중요한 성분인 점토는 모암에 의해 좌우되므로 모암을 알면 그 지역에서 형성된 점토의 성질도 유추할 수 있다.

4. 지형(地形, relief)

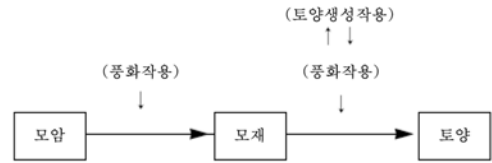
지형은 화산활동, 단층, 절리, 융기, 침강과 같은 지각의 변형에 의한 지구조 변화과정, 유수, 바람, 빙하, 산사태 등에 의한 침식과 퇴적과정에 의해 형성된다. 그 결과 토양이 위치한 지형은 기후에 따른 토양의 생성속도를 조절하여준다.

5. 시간(時間, time)

토양의 형성과정은 단순한 시간적 측면보다는 토양형성단계에서 기후와 식생의 변화에 의해 결정되므로 환경에 따라 수천년, 수백만년에 걸쳐 생성된다. 결국 토양의 형성속도는 오랜 시간동안 물리적, 화학적 및 생물학적인 과정을 거치면서 성숙한 토양이 되며, 성숙기간에 새로운 물질이 퇴적되면서 토양생성이 둔화되기도 한다.

토양형성과정

암석이 오랜 세월을 거쳐 비·바람·기온·생물 등의 작용을 받으면 그 조직이 변화되어 기계적으로 붕괴(崩壞, disintegration)됨으로써 점차 미세한 입자로 변화되거나 다시 화학적으로 분해(分解, decomposition)되어 그 본질이 변하게 된다. 따라서 토양은 풍화작용과 토양생성작용을 거치면서 형성된다.



이와 같은 작용을 받아 생성된 물질은 토양의 모재가 된다. 그렇지만, 니키프로프(Nikifroff)는 토양모재의 생성작용을 풍화작용(weathering)이라 하였고, 모재에서 토양을 형성하는 작용을 토양생성작용(土壤生成作用, soil formation)이라고 하였다. 그러나 그 내용으로 볼 때 토양생성작용도 일종의 풍화작용이라고 생각할 수 있고, 또한 두 작용은 단독적으로 일어나는 것이 아니라 항상 동시에 일어나는 것으로 볼 때 이 두 작용을 명확히 구분 짓기는 매우 어렵다.

따라서 풍화작용은 모암·모재·토양물질 등에 끼치는 모든 물리적·화학적·생물적 작용을 뜻한다. 이들 작용은 단독적으로 이루어지는 것이 아니라 모두 함께 병행해서 이루어지며 이 작용은 암석광물의 환경조건에 의해 그 형태가 변화된다. 토양생성작용은 모암으로부터 모재가 되었을 때 항상 풍화작용과 서로 작용하면서 물질의 용탈(溶脫)·집적(集積)·분해(分解) 및 합성(合成), 산화상태와 환원상태, 유기 및 무기물질의 상호변화 등을 통하여 토양에 일정한 형태적 특징을 형성하며 각각의 토양을 형성하게 된다.

요약 및 결론

지형변화의 시발점을 풍화작용에서 찾다면 제일 먼저 생각해야 될 것이 풍화작용에 관여하는 물리적인 힘과 화학적인 작용일 것이다.

즉, 풍화는 기후와 관련이 있으며 지표층을 구성하고 있는 암석은 암석의 구조적인 면을 무시할 수 없다. 특히 풍화의 정도는 암

석을 구성하고 있는 조암광물의 안정성과 기반암 자체의 구조적인 현상과의 관계가 중요하다. 또한 화학적 풍화에 반응하는 암석의 반응도 고려해야한다. 또한 기온, 강수량 등이 크게 영향을 미치는 심층풍화도 중요한 의미를 갖는다. 즉, 풍화의 종류는 기계적인 풍화와 화학적인 풍화로 대별할 수 있다. 특색있는 풍화현상으로는 엽풍화작용, 생

물에 의한 풍화 등을 들 수 있다.

또한 풍화가 진전되면 토양형성이 가능해진다. 토양의 형성이 진전되면 토양은 일정한 단면을 형성하며 이 또한 기후와 밀접한 관계가 있다.

토양이 생성되는 인자로는 기후, 유기물, 모암, 지형, 시간 등이 있다. 따라서 토양은 풍화작용과 토양생성작용을 거치면서 형성된다.