

# 모암이 토양의 물리화학적 특성 및 오염물질과의 반응에 미치는 영향

김재곤<sup>1)\*</sup> · 전철민<sup>1)</sup> · 이진수<sup>1)</sup> · 박삼규<sup>1)</sup> · 김탁현<sup>2)</sup> · 이규호<sup>3)</sup>

## 1. 서 론

토양은 암석 혹은 퇴적물의 풍화산물로서 모재, 시간, 기후, 식생, 인간 활동 등 다양한 요인에 의하여 물리화학적 특성이 결정된다. 우리나라 토양의 물리화학적 특성은 모암의 특성에 의하여 가장 많이 지배되는 것으로 알려져 있다. 모암의 특성 중 구성광물의 종류, 함량, 입도분포가 가장 중요한 인자로 알려져 있다. 광물은 다양한 온도와 압력조건에서 생성되는데 풍화는 광물의 생성환경과 지표환경의 차이에서 발생하는 물리화학적 평형상태의 조정과정이다. 대표적인 조암광물인 석영은 물리화학적 풍화에 강하고 반면 방해석은 화학적 풍화에 약하고 쉽게 용해되어 용탈되는 특성을 가지고 있다. 이러한 광물의 특성과 조암광물의 종류에 따라 풍화의 정도가 결정되며 토양의 물리화학적 특성이 결정된다. 조암광물의 종류 및 입도가 토양의 토성, 용존이온농도, pH, 이온교환능력 등 물리화학적 특성에 직접적인 영향을 미친다.

토성은 토양의 침투율, 투수율, 통기성, 구조의 형성에 직접적인 영향을 미치며 구성광물의 종류에 영향을 받으나 일반적으로 세립질 토양이 외부의 화학적 환경변화에 대하여 상대적으로 높은 완충능력을 가진다. 조립질 토양은 세립질 토양에 비해 통기성과 투수성이 높아 오염물질이 쉽게 침투 혹은 휘발된다. 토양구조는 물, 공기, 생물, 전해질 용액 등 토양 중 물질의 수용, 이동, 교환이 행해지는 토양공극의 질과 양을 결정함으로 생태계의 물질순환에 있어서 중요한 기능을 가진다. 세립질 토양의 구조발달정도는 구조수축거동, 소성변형 및 압축에 대한 안정성에 영향을 미친다. 관상구조의 경우 매우 치밀하여 식물의 뿌리가 뻗기 어렵고, 투수를 방해하여 토양의 물리적 성질이 불량하다.

토양의 pH는 Eh와 더불어 토양의 화학적 특성 중에 가장 중요한 master variable이다. 일반적으로 토양의 pH는 3 - 9이며 일부토양은 극산성 혹은 극염기성을 나타내기도 한다. 황철석 혹은 유황을 많이 함유한 소택지나 습지 퇴적물 기원 혹은 황철석을 많이 함유한 암석에서 발달된 토양은 일반적으로 산성을 띠게 된다. 염기성 토양은 탄산염 광물을 함유한 토양에서 관찰된다. 토양의 pH는 주로 유기물과 양이온의 종류와 함량에 의하여 조절된다. 토양의 알카리와 알카리토금속 이온은 산을 중화하는 능력이 있다. Peat질 토양의 pH는 3 -4 정도로 산성을 띠지만 이들의 형성 당시에 모재에 탄산염이 많이 함유되어 있을 경우에는 중성을 띤다. 토양의 양이온교환능력은 토양의 음전하량에 의하여 좌우되며 음전하량은 유기물 함량, 점토의 함량 및 종류, pH에 따라 결정된다. 토양의 음이온교환능력은 variable charge를 가지는 산화철, 산화망간, 수산화알루미늄의 함량에 따라 결정된다. Ti 산화물은 유기오염물질의 분해 과정에 촉매역할을 하는 것으로 알려져 있다. Al, Fe, Mn 산화물은 variable charge 광물로서 양이온뿐만 아니라 음이온성 오염물질에 대한 높은 흡착력을 가진다. 토양 산화망간은 오염물질에 대한 높은 산화력을 가지고 있다. 특히  $Cr^{3+}$ 과  $As^{3+}$ 을  $Cr^{6+}$ 와  $As^{5+}$ 로 산화시키는 능력을 가지고 있다(Kim et al., 2002). 산화망간에 의한  $Cr^{3+}$ 의  $Cr^{6+}$ 로 산화는 Cr의 독성과 이동성을 증가시켜 오염을 확산시키고 위해성을 증가시킨다. 반면 산화망간에 의한 As의 산화

주요어 : 모암, 토양의 물리화학적 특성, 오염물질과 반응

1) 한국지질자원연구원 (jgkim@kigam.re.kr)

2) 광해방지사업단

3) 한국가스공사

는 비소의 이동성과 독성을 저감 시킨다.

## 2. 연구방법

5개 암석(화강암, 경상계퇴적암, 편마암, 석회암, 안산암)에서 발달된 토양을 연구대상으로 설정하였다. 암석의 조직, 구성광물, 화학적 조성은 박편관찰, XRD, XRF를 이용하여 분석하였다. 각 암석에서 발달된 토양의 물리화학적 특성인 토성, CEC, pH, EC, 수용성 양이온 및 음이온, 산화철함량, 산화망간함량은 표준토양분석법을 측정하였다. 토양의 층위발달과 구조는 현장토양단면에서 기재하였다. 토양의 수분 침투율은 tension infiltrometer를 이용하여 측정하였으며 수분의 침투유로추적은 염료추적자를 이용하여 조사하였다. 토양의 중금속 흡착능력은 Cu용액과 토양을 반응시켜 측정하였다. 토양의 유기오염물질 흡착능력은 토양과 TCE용액을 반응시켜 측정하였다.

## 3. 연구결과 및 토의

풍화에 강하며 조립질의 광물로 구성된 모암으로부터 발달된 토양은 풍화에 약한 광물로 구성된 암석으로부터 발달된 토양에 비해 상대적으로 조립질 토성을 나타내었다. 세립질 토성을 가지는 토양이 조립질 토성의 토양에 비해 토양구조의 발달이 양호한 것으로 밝혀졌다. 화강암기원토양은 sandy loam - loamy sand, 퇴적암, 편마암, 안산암 기원토양은 loam - sandy liam, 석회암 기원토양은 silty loam 토성을 나타내었다. 세립질인 석회암 기원토양은 토양의 수직구조인 columnar structure가 발달되었다. 토양의 수분 침투율은 조립질 토양에서 상대적으로 높은 값을 나타내었다: 화강암 > 퇴적암 > 안산암 > 편마암 > 석회암. 토양단면에서 수분의 침투유형은 granular structure가 발달된 표토에서 matrix flow, 토양구조와 암석의 잔류구조가 있는 심토에서는 preferential macropore flow, 상부의 높은 투수율을 가지는 층과 하부의 낮은 투수율을 가지는 층의 경계면에서 saturated interflow가 관찰되었다. 토양의 구리 흡착능력은 pH가 높고 점토의 함량이 높은 토양에서 높은 것으로 나타났다. 토양의 TCE 흡착능력은 일반적으로 알려진 토양의 유기물함량과 상관관계가 없으며 토양의 토성, 구성광물의 종류, 유기물함량 등이 복합적으로 작용하는 추정된다.

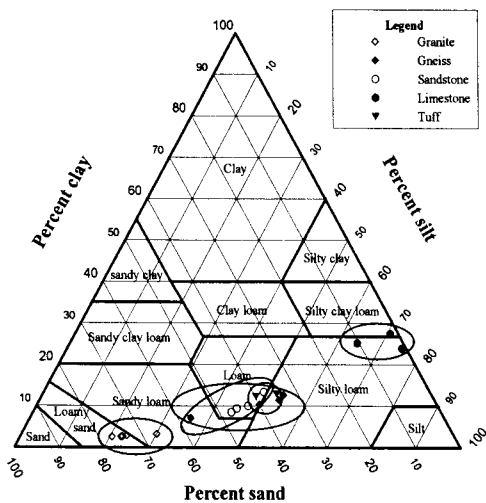


그림 1. 모암별 토양의 토성

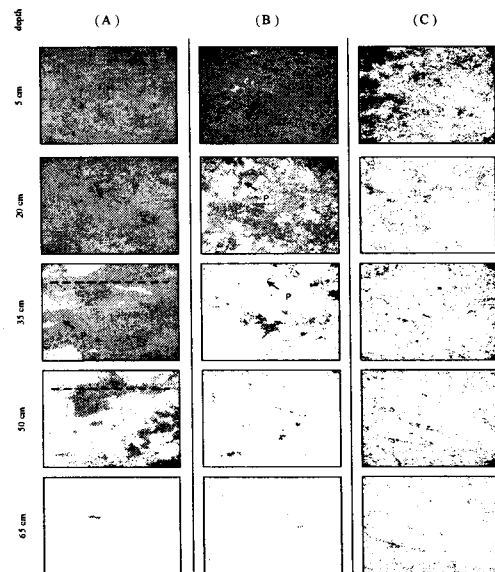


그림 2. 모암별 수평단면의 착색 흑백 이미지. 화강암기원 토양(A), 편마암기원 토양(B), 석회암기원 토양(C).