

생태·자연도 1등급 토양의 물리화학적 특성에 대한 분석 및 비교 -화성암 지역을 중심으로-

이소진¹ · 추창오² · 정교철³ · 김종태^{4*}

¹주식회사 자연과기술 연구원, ²안동대학교 지구환경과학과 연구교수, ³안동대학교 지구환경과학과 교수, ⁴주식회사 자연과기술 대표이사

Analysis and Comparison of Physicochemical Characteristics of First-Grade Soils from Ecological and Nature Map -Focused on Igneous Rocks Area-

So-Jin Lee¹ · Chang-Oh Choo² · Gyo-Cheol Jeong³ · Jong-Tae Kim^{4*}

¹Researcher, Corporate Research Institute, Nature and Tech Inc.

²Research Professor, Department of Earth and Environmental Sciences, Andong National University

³Professor, Department of Earth and Environmental Sciences, Andong National University

⁴CEO, Corporate Research Institute, Nature and Tech Inc.

Abstract

This study analyzed and compared the physicochemical characteristics of topsoil and subsoil of Grade 1 soil from an igneous rock area on the ecological and nature map. The water content and pH of the collected soil samples were measured, and X-ray fluorescence and X-ray diffraction analyses were performed. The results showed that the water content of the topsoil was higher than that of the subsoil, and its pH was more acidic than that of the subsoil. According to the X-ray fluorescence analysis results, sample I9 was closest to kaolinite, while sample I7 was most distant from kaolinite. All other samples were located between samples I7 and I9. The X-ray diffraction analysis showed that the average content of clay minerals was higher in the topsoil than in the subsoil. The most notable clay minerals produced included illite, vermiculite, kaolinite, chlorite, and gibbsite. The results of this study will be used as a basic data for topsoil restoration to convert subsoil into topsoil.

Keywords: ecological and nature map, topsoil, subsoil, physicochemical characteristic, igneous rocks

OPEN ACCESS

*Corresponding author: Jong-Tae Kim
E-mail: kjtt98@naver.com

Received: 20 February, 2023

Revised: 13 March, 2023

Accepted: 13 March, 2023

© 2023 The Korean Society of Engineering Geology



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초 록

본 연구는 화성암 지역의 생태·자연도 1등급 토양의 표토와 심토를 채취하여 물리화학적 특성에 대해 분석하고 비교하는 것이 목적으로, 채취한 토양시료를 대상으로 함수율과 pH를 측정하고 X-선 형광분석 및 X-선 회절분석을 실시하였다. 연구결과, 함수율은 표토가 심토보다 높게 측정되었고 pH는 표토가 심토보다 더 산성으로 측정되었다. X-선 형광분석 결과, I9 시료가 카올리나이트와 가장 가까운 위치에 도시되었고 I7 시료가 카올리나이트와 가장 먼 위치에 도시되었으며, 그 외 시료들은 모두 I7 시료와 I9 시료의 사이에 위치한다. X-선 회절분석 결과, 점토광물의 평균 함량은 표토가 심토보다 높게 나타났으며 대표적으로 산출되는 점토광물은 일라이트, 베미큘라이트, 카올리나이트, 녹니석, 깁사이트 등이 있다. 본 연구에서 얻은 결과는 향후 심토의 표토화를 위한 표토 복원 시 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

주요어: 생태·자연도, 표토, 심토, 물리화학적 특성, 화성암

서론

토양은 암석의 풍화물로 인간의 활동 및 동·식물 서식의 근간을 이루며, 건강한 토양은 유기물 함량이 높고 안정된 토양입단을 형성하여 강우 시에도 안정된 구조를 유지함으로써 유실을 방지하고 강우의 침투를 용이하게 한다. 뿐만 아니라 안정된 구조 속에 탄소를 오랜 기간동안 저장·보호함으로써 대기 중의 이산화탄소량을 저감시키는 데에도 크게 기여한다 (Park et al., 2008). 또한 Park and Yoo(2016)는 우리나라 토양의 사용가치와 비사용가치를 산정하여 총 경제적 가치를 2015년 기준 약 3,330조원으로 추정한 바 있다. 이렇듯 토양은 환경적 및 경제적으로 매우 높은 가치를 지님에도 불구하고, 대규모 산불 및 산업화와 도시화로 인한 산지 개발, 벌목 등에 의해 극심한 지표 교란 지역이 크게 증가하고 있다. 게다가 우리나라는 국토면적의 약 62.7%가 산림으로 이루어져 있는데(Korea Forest Service, 2020), 지형학적으로 경사가 급하여 강우발생 시 유출이 빠르게 나타나는 특성을 가지기 때문에 토양자원의 손실도 증가하고 있는 실정이다.

토양의 자연적 및 인위적 훼손은 곧 토양의 최상위층인 표토(topsoil)의 훼손을 뜻하며, 표토는 동·식물 분해에 의해 유기물 함량이 높아 농업 및 환경 전반에 필수적인 요소이다. 표토는 강우, 바람, 습도, 기온 등의 환경적 요인과 지표 유출, 토양 특성, 사면 경사 및 길이, 식생 피복 및 토지이용상태 등에 의해 자연적으로 유실되거나 침식되기도 한다(Yang et al., 2005). 게다가 농업, 산림개발, 산불 등 인간의 활동으로 훼손되는 표토의 양과 속도는 더욱 증가하여 가속화되고 있는 상황이다. 표토가 무분별한 조치로 소실되거나 기타 이유로 그 상태가 훼손되면 이를 재생하기 위해서 장기간에 걸친 노력과 많은 경비가 소요되므로 표토에 대한 관리방안의 필요성과 표토 복원에 대한 해결방안이 반드시 필요하다.

국립생태원에서 제공하는 생태·자연도는 자연환경보전법 제2조 14항 “산·하천·내륙습지·호소(湖沼)·농지·도시 등에 대하여 자연환경을 생태적 가치, 자연성, 경관적 가치에 따라 등급화하여 제34조에 따라 작성된 지도”로 정의된다. 생태·자연도는 식생, 멸종위기 야생생물, 습지, 지형 항목 등을 기준으로 평가하여 1등급, 2등급, 3등급 및 별도관리지역의 총 4개 등급으로 구분된다. 이 중 1등급으로 구분된 지역은 자연환경의 보전을 원칙으로 하는 지역으로, 멸종위기 야생생물의 주된 서식지, 도래지 및 주요 생태축 또는 주요 생태통로가 되는 지역, 생태계가 우수하거나 경관이 수려한 지역, 생물다양성이 풍부하고 보전가치가 큰 생물자원이 존재하거나 분포하는 지역, 생물의 지리적 분포한계에 위치하는 생태계 지역 또는 주요 식생의 유형을 대표하는 지역을 의미한다(자연환경보전법 제34조). 이렇듯 생태·자연도는 자연 생태계 현황 및 정보를 등급화하여 보전과 보호, 정책수립과 개발계획 등과 같이 여러 분야에서 중요한 기초자료로 활용된다.

생태·자연도를 바탕으로 수행된 토양의 물리화학적 특성에 대한 연구는 전무하다. 현장에서 측정된 토양미생물 종 다양성과 생태·자연도 등급 자료 간의 통계적 상관관계 평가 및 토양생태의 질 산정방안을 제안한 연구가 수행되었지만(Ki et al., 2007) 토양미생물 및 토양생태에 관한 연구이며, 생태·자연도를 활용하여 토양의 물리화학적 특성을 다루지는 않았다. 이 밖에도 생태·자연도 1등급지의 경제적 가치 추정 연구와 생태·자연도의 관·민원 현황을 고찰한 연구 등이 수행되었지만(Shin and Min, 2005; Ahn et al., 2015), 토양의 물리화학적 특성에 대한 연구와는 거리가 멀다.

따라서 본 연구에서는 심토(subsoil)의 표토화를 통한 표토 복원을 위해 토양의 물리화학적 특성을 분석하고 비교하는 것이 목적이다. 이를 위해 국립생태원에서 제공하는 생태·자연도를 활용하였으며, 생태·자연도 1등급으로 지정된 곳 중 화성암 지역의 표토와 심토를 채취하여 현장측정과 실험수행을 통해 토양의 물리화학적 특성을 분석하였다.

연구내용 및 방법

표토는 흐르는 물, 바람 및 기타 지형학적 요인에 의해 자연적으로 유실되기도 하지만 농업, 산림 개발, 산불 등과 같이 인간의 활동에 의해 인위적으로 훼손이 발생되고 심화될 수 있다. 그러므로 생태·자연도 1등급 토양에 대한 물리화학적

특성 분석은 표토의 복원을 위해 중요하지만 국내에서는 이에 대해 수행된 연구가 전무하다. 또한 추후 표토 복원이 계획된 지역이 화성암 지대이므로 본 연구에서는 생태·자연도 1등급으로 지정된 곳 중 화성암 지역인 곳 10개소를 선정하여 물리화학적 분석을 수행하였다. 화성암 분포 지역은 한국지질자원연구원 지오빅데이터 오픈플랫폼에서 해당 지역의 1:50,000 지질도 및 지질도폭을 참고하여 선정하였다(Table 1).

Table 1. The stratigraphic units and location of selected samples

Sample No.	Stratigraphic units	Latitude	Longitude
I1	Andong granite	36.627274	128.777985
I2	Biotite granite	36.753790	128.085381
I3	Biotite granite	36.027204	128.209028
I4	Muamsa granite	37.027968	128.185511
I5	Cheongsong granite	36.430546	129.068741
I6	Chunyang granite	36.926014	128.758576
I7	Samhwa granite	37.479109	129.033244
I8	Hornblende-biotite granite	37.163258	127.295443
I9	Naejangsan volcanic rocks	35.397218	126.954418
I10	Quartz porphyry	36.321522	127.264958

토양시료는 신선한 토양을 대상으로 표토와 심토로 구분하여 채취하였다. 표토는 유기물을 걷어낸 다음 지표면에서 수직으로 0.2~0.3 m의 토양을 채취하였고, 심토는 지표면에서 수직으로 0.4~0.5 m의 토양을 채취하였다. 채취한 시료들에 대해 함수율과 pH 측정을 실시하였고, X-선 형광분석 및 X-선 회절분석을 실시하였다.

함수율은 시료채취 시 표토와 심토에 대해 현장에서 3회씩 측정하였고, TDR 기기(TAKEMURA, KM-18)를 사용하여 토양 표면에 직접 꽂아 측정하였다. pH는 채취 시 표토와 심토에서 각각 3회씩 측정하여 평균을 내고 비교하였으며, 토양다항목측정기(SOIL6CH)를 이용하여 현장에서 토양 표면에 직접 꽂은 후 측정하였다. X-선 형광분석(X-ray fluorescence, XRF)은 국립안동대학교 공동실험실습관의 ZSX Primus II 모델을 사용하였다. X-선 회절분석(X-ray diffraction, XRD)은 국립안동대학교 공동실험실습관의 Ultima IV Rigaku 장비를 이용하여 5~65°, 2θ 범위, 40 kv/30 mA 조건에서 Ni 필터 Cu 타겟 빔, 연속 스텝 스캐닝으로 스텝당 0.05초로 수행하였다. 또, 리트베틀법을 이용한 정량계산 프로그램인 Siroquant version 3을 이용하여 구성광물의 함량을 정량계산하였다. X-선 형광분석 및 X-선 회절분석 시 토양시료를 실내에서 풍건시킨 후 아게이트 사발을 이용하여 분말화하고, 분말화한 시료를 약 5 g씩 소분하여 분석을 실시하였다.

분석 결과 및 해석

함수율 및 pH

토양시료 20개(표토 10개, 심토 10개)를 대상으로 함수율과 pH를 측정하였다. 특히 함수율은 시료채취 시 표토와 심토에 대해 현장에서 3회씩 측정하여 평균을 내고 표토가 심토보다 얼마나 높게 나타나는지 비율(rate)로 계산하였다(Table 2). 왜냐하면 시료를 7~9월에 집중적으로 채취하였기 때문에 측정결과에서 여름철 폭우와 장마의 영향을 완벽하게 배제할 수 없기 때문이다. 그러므로 측정된 값을 그대로 사용하기보다 표토와 심토에서 측정된 함수율 값의 차이를 비율로 나타내었다.

Table 2. Water content and pH of 10 soil samples

Sample No.	Water content			pH	
	Topsoil (%)	Subsoil (%)	Rate	Topsoil	Subsoil
I1	32.63	31.40	3.77	6.42	6.55
I2	42.50	40.50	4.71	6.44	6.57
I3	38.43	36.93	3.89	6.33	6.45
I4	39.87	38.13	4.36	6.37	6.68
I5	25.03	24.27	3.06	6.74	6.79
I6	40.10	38.50	3.99	6.33	6.49
I7	44.17	42.23	4.38	6.53	6.71
I8	39.73	37.73	5.03	6.24	6.29
I9	39.43	38.30	2.87	6.50	6.54
I10	42.09	40.05	4.85	6.33	6.46
Average	38.40	36.80	4.09	6.42	6.55

The rate of water content was calculated as follows: Rate = [100 - {(Subsoil water content ÷ Topsoil water content) × 100}].

함수율 범위는 표토에서 25.03~44.17%, 심토에서 24.27~42.23%이고, 비율은 2.87~5.03의 범위이다. 채취한 지역 모두 표토가 심토에 비해 함수율이 높게 측정되었으며, 표토와 심토의 함수율 차이는 I8 시료에서 가장 크게 나타난다. 표토가 심토보다 함수율이 높게 측정되는 것은 토양 표면에 가해지는 일조량 및 지역에 따라 달라지는 강우의 영향과 표토가 심토보다 상위에 위치하여 강우의 영향을 더 직접적으로 받기 때문으로 사료된다. 또한 I5 시료는 채취 당시 한동안 강우가 없었던 때에 측정하여 다른 시료에 비해 상대적으로 함수율이 낮게 측정된 것으로 생각된다(Table 2, Fig. 1).

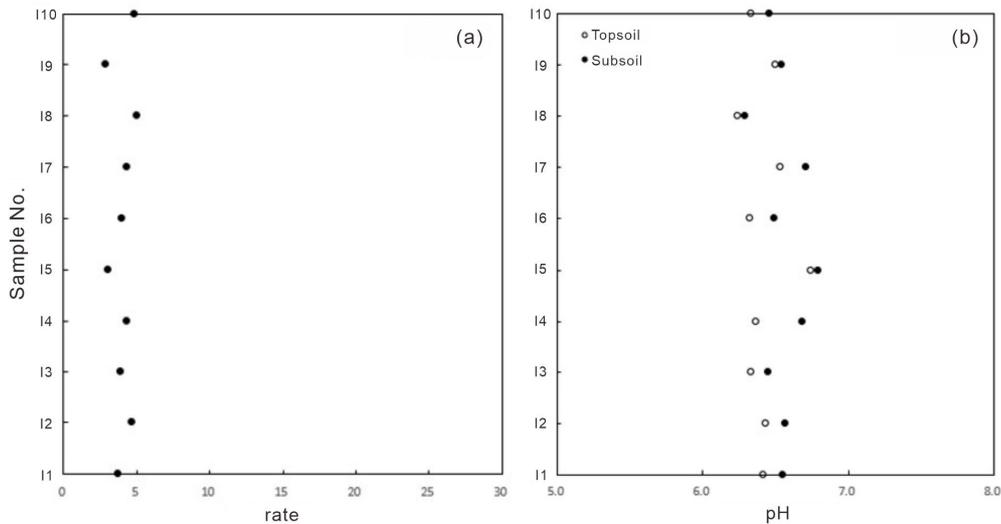


Fig. 1. (a) Graph of rate of water content; (b) Graph of pH.

pH 범위는 표토에서 6.24~6.74, 심토에서 6.29~6.71로 나타나며 10개 시료 모두 표토가 심토에 비해 더 산성으로 측정되었다(Table 2, Fig. 1). 이는 시료들이 모두 산림토양이며 토양 표면에 동·식물의 사체와 배설물 등으로 덮여있어 이러한 것들이 분해되면서 유기산을 만들어내기 때문에 심토보다 상위에 위치한 표토가 더 산성을 띠게 되는 것으로 사료된다.

Jeong et al.(2003)에 의하면 우리나라 산림토양의 평균 pH는 약 5.50이며, Šantrůčková et al.(2019)은 식물이 성장가능한 토양 pH의 임계치는 최소 4.00이며, 적절한 토양의 pH는 4.26이라고 제시하였다. 또한, 우리나라 산림토양의 pH 범위는 3.00~7.00으로, 측정된 값들이 모두 범위 내에 포함되지만 5.50보다는 높게 측정되었는데, 이는 현장에서 직접 pH를 측정하여 나타나는 오차인 것으로 생각된다. 향후 수행될 연구에서는 실험을 통해 더욱 정확한 pH 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

X-선 형광분석 및 X-선 회절분석

토양시료 20개(표토 10개, 심토 10개)를 대상으로 X-선 형광분석 및 X-선 회절분석을 실시하였다. X-선 형광분석은 표토시료 10개를 대상으로 분석하였으며, X-선 회절분석은 표토시료 10개와 심토시료 10개를 모두 분석하였다.

화학적 풍화·변질지수는 풍화작용을 받아 토양으로 변화하는 과정에서 화학성분들의 이동성을 고려하여 판단하는 개념인데, 이동성이 낮은 원소인 Al, Ti, Fe 성분은 토양에 그대로 농집되며, 실리카, 알칼리원소, 알칼리토금속원소는 이동성이 높기 때문에 쉽게 용탈되어 토양으로부터 서서히 제거되어 감소한다. 그러나 점토광물이 형성되면 그 구성성분의 요소가 되어 점토광물이 풍부하면 어느 정도 잔류한다. X-선 형광분석치로 화학적 풍화·변질지수를 분석할 수 있는데, 모두 이동성원소와 비이동성원소의 비율을 비교한 지수이다. 화학적 변질지수(chemical index of alteration, CIA)는 장석이 점토광물로 풍화되는 과정으로 해석되며 가장 광범위하게 이용되는 화학적 지수이다(Nesbitt and Young, 1982). Harnois (1988)가 제안한 화학적 풍화지수(Chemical Weathering Index, CIW)로 근본적으로 장석의 풍화를 모사하는 측면에서 CIA와 같지만 K₂O를 배제한 지수이며, K₂O-free CIA 또는 CIA-K로도 불린다(Maynard, 1992).

X-선 형광분석 결과, 이동성이 낮은 성분인 Al₂O₃는 18.24~25.96 wt.%, TiO₂는 1.20~0.49 wt.%, Fe₂O₃는 3.01~9.48 wt.%, MnO는 0.04~0.54 wt.%, P₂O₅는 0.01~0.42 wt.%이다. 이동성이 높은 SiO₂는 55.35~68.41 wt.%, CaO는 0.19~7.12 wt.%, Na₂O는 0.35~2.96 wt.%, K₂O는 2.50~5.59 wt.%, MgO는 0.72~2.52 wt.%이다. CIA는 55.4~87.1의 범위로 나타나고 평균은 70.8이며, CIW는 59.8~96.0의 범위이고 그 평균은 81.8이다(Table 3).

Table 3. Major-element contents (wt.%) of topsoil developed on igneous rock

Sample No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Total	CIA	CIW
11-t	59.62	21.02	0.78	5.36	1.95	0.21	4.08	2.96	3.02	0.42	99.72	57.6	63.3
12-t	62.89	21.81	0.92	5.92	1.53	0.17	1.39	1.42	3.39	0.17	99.72	72.1	82.1
13-t	62.69	24.99	0.51	3.18	0.85	0.05	1.33	1.47	4.36	0.15	99.74	72.5	84.1
14-t	68.41	18.24	0.70	3.91	1.18	0.10	0.94	1.50	4.47	0.10	99.82	67.1	81.7
15-t	65.06	22.32	0.89	4.66	0.85	0.09	0.65	1.15	3.67	0.22	99.78	76.2	88.2
16-t	63.31	23.65	0.49	3.01	0.72	0.06	0.24	2.34	5.59	0.08	99.79	69.8	85.0
17-t	55.35	20.17	1.20	9.48	2.52	0.51	7.12	0.36	2.50	0.19	99.74	55.4	59.8
18-t	66.46	21.82	0.58	3.81	0.89	0.04	0.19	0.35	5.28	0.13	99.84	76.7	96.0
19-t	60.14	25.93	1.05	7.30	1.25	0.18	0.27	0.36	2.58	0.29	99.82	87.1	96.0
I10-t	59.29	25.09	0.68	5.89	1.70	0.10	1.34	1.85	3.51	0.01	99.81	73.0	82.1

The formula for calculating CIA and CIW are as follows: CIA = [Al₂O₃ / (Al₂O₃ + CaO + Na₂O + K₂O)] × 100, CIW = [Al₂O₃ / (Al₂O₃ + CaO + Na₂O)] × 100.

화학적 변질지수(CIA)는 장석의 풍화지수에 가장 널리 이용되며, 암종 및 광물의 지수 범위가 제시되어있어 활용이 간편하고 풍화의 진행경로 확인이 용이하여 널리 활용되고 있다. 이는 CIA는 삼각다이어그램으로 표현이 가능하며, 신선한 기반암에서의 풍화지수는 45~55의 값으로 나타나고 풍화가 진행되면 최종적으로 카올린을 지시하는 100의 값에 도달하게 된다. 또한 풍화단계에 있는 시료를 분석함으로써 암종별 풍화경로를 알 수 있고 화학종에 따라 생성되는 2차 광물의 종류를 예측할 수 있는 장점이 있다(Kim et al., 2017). 이를 참고하여 화성암 지역 표토시료 10개의 화학분석치를 CIA 삼각다이어그램에 도시하였다. 도시한 결과, CIA 분석치에서 가장 높은 값으로 나타난 I9 시료가 카올리나이트와 가장 가까운 위치에 도시되었고 가장 낮은 값으로 나타난 I7 시료가 카올리나이트와 가장 먼 위치에 도시되었으며, 이외의 시료들은 모두 I7 시료와 I9 시료의 사이에 위치한다(Fig. 2). 그러므로 풍화 단계에서 I9 시료는 풍화의 최종단계에 다다랐음을 알 수 있으며, I7 시료는 CIA 값이 55.4 wt.%로 현재 신선한 상태라고 볼 수 있고, 이외의 시료들은 정도는 다르지만 모두 풍화가 진행되고 있는 상태로 판단된다(Table 3).

Rock or mineral type		Range of CIA
Minerals	Diopside	0
	Biotite	50 - 55
	Hornblende	10 - 30
	Pyroxene	0 - 10
	Feldspar	
Unaltered albite	50	
Unaltered anorthite	50	
Unaltered K-feldspar	50	
Rocks	Fresh basalt	30 - 45
	Fresh granite	45 - 55
	Fresh granodiorite	45 - 55
	Shale	70 - 75
Clay minerals	Muscovite	75
	Smectite	70 - 85
	Kaolin, Chlorite, Gibbsite	100
	Illite	75 - 85

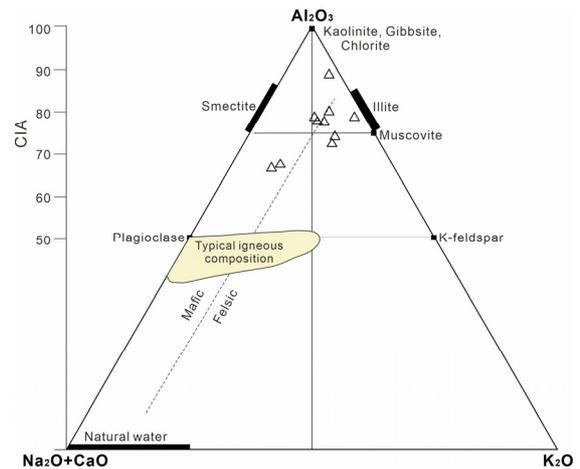


Fig. 2. Range of chemical index of alteration (CIA) in major rocks and minerals (modified from Nesbitt and Young, 1982; De Jayawardena and Izawa, 1994).

토양의 미세입자는 일부 유기물을 제외하면 대부분 점토광물과 결정도가 매우 낮은 이차 풍화광물로 구성된다. 특히 층상규산염 구조가 특징인 점토광물은 대부분 이차적 기원에 의해 생성되어 토양의 대부분을 차지한다. 점토광물은 극미립질의 특성과 결정구조적 특징으로 인해 양이온교환능력(CEC, cation exchange capacity)과 비표면적이 높아서 물리화학적 점착력 및 화학적 반응성이 매우 높다. 그러므로 점토광물은 대부분 지표의 풍화환경에서 광물학적 전이와 생성작용, 모암의 기원에 따라서 다양하게 생성된다. 모암의 특성, 온도, 강우량, 물의 침투속도와 같은 외인적 환경요소, 토양수의 pH, 화학조성, 특정 이온농도 등과 같은 풍화환경의 물리화학적 조건에 좌우된다. 또한 지표면에서는 반응속도가 비교적 느리고 화학적, 물리적 용탈작용이 빈번하므로 화학적 이동성(chemical mobility)이 낮은 Fe, Al은 침철석(goethite), 페리하이드라이트(ferrihydrite), 적철석(hematite), 깁사이트(gibbsite), 보헤마이트(bohemite) 등과 같은 화합물이나 산화물을 형성한다.

X-선 회절분석 결과, 동일한 시료의 표토와 심토에서는 비슷한 종류의 점토광물이 산출되며, 표토에서 점토광물의 함량은 8.1~28.8%의 범위이고 평균은 18.0%이며, 심토에서는 11.48~41.0% 범위이고 평균은 28.2%이다. 10개 시료에서 점토광물의 평균 함량은 표토가 심토보다 높은 값을 가지며, 이는 표토가 심토보다 풍화작용의 영향을 더 많이 받기 때문에 나타나는 것으로 해석된다. 또한 점토광물 함량이 표토보다 심토에서 높게 나타나는 경우도 있는데, 이 중에서도 함량

에서 10 wt.% 이상 차이를 보이는 시료는 17 시료이다(Table 4). 대표적으로 산출되는 점토광물에는 일라이트, 버미큘라이트, 카올리나이트, 녹니석, 깃사이트 등이 나타나며, 이외에 알바이트, 미사장석 등과 같은 장석류의 광물이 풍부하고 각 섬석, 휘석, 함철 광물류가 소량 함유되어 있다.

Table 4. Clay mineral contents (wt.%) of topsoil and subsoil developed on igneous rocks

Sample No.	Kaolinite	Chlorite	Illite	Vermiculite	Gibbsite	Clays
I1-t			11.8			11.8
I1-s	3.4		10.2	2.4		16.0
I2-t	11.6			4.7		16.3
I2-s	8.9			4.9		13.8
I3-t	9.7		17.0			26.7
I3-s	9.3		17.0			26.3
I4-t	3.8		9.2	2.8		15.8
I4-s	2.5		11.8	3.3		17.6
I5-t	7.2				2.6	9.8
I5-s	10.4					10.4
I6-t	5.8		18.1			23.9
I6-s	4.9		16.1			21.0
I7-t	14.6			5.9		20.5
I7-s	9.0	9.5	10.4	3.6		32.5
I8-t		4.1	4.0			8.1
I8-s	0.5	5.0	4.2			9.7
I9-t	8.9	10.3		2.8	6.8	28.8
I9-s	13.9					13.9
I10-t	6.5	8.5		2.9		17.9
I10-s	1.8		6.2	1.7		9.7
Average	7.5	7.5	10.9	3.5	4.7	17.3

결론

본 연구는 화성암 지역의 생태·자연도 1등급 토양의 표토와 심토를 채취하여 물리화학적 특성에 대해 분석하고 비교하는 것이 목적으로서 표토시료 10개, 심토시료 10개를 대상으로 함수율과 pH를 측정하고 X-선 형광분석 및 X-선 회절분석을 실시하였다. 연구결과, 화성암에서 함수율은 표토가 심토보다 높게 측정되었고 pH는 표토가 심토보다 더 산성임이 확인되었다. X-선 형광분석 결과, 풍화 단계에서 I9 시료는 풍화의 최종상태에 가까운 것을 알 수 있으며, I7 시료는 현재 신선한 상태로 보이고 그 외 시료들은 모두 풍화가 진행되고 있는 상태로 해석된다. X-선 회절분석 결과, 점토광물의 평균 함량은 표토가 심토보다 높은 값을 가지며, 점토광물 함량이 표토보다 심토에서 높게 나타나는 경우도 있다. 일라이트, 버미큘라이트, 카올리나이트, 녹니석, 깃사이트 등이 대표적으로 산출된다. 현재 생태·자연도를 활용하여 토양의 물리화학적 특성에 대해 수행된 연구는 전무한 상황이다. 따라서 본 연구에서 얻은 결과는 향후 심토의 표토화를 위한 표토 복원 시기 초자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 표토환경보전관리기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다 (2020002840003).

References

- Ahn, K.H., Shin, Y.K., Kim, J.Y., Lee, Y.K., Lim, J.C., Ha, J.W., Kwon, H.S., Suh, J.H., Kim, M.J., 2015, A review on the public appeals of the ecosystem and nature map, *Journal of Environmental Impact Assessment*, 24(1), 99-109 (in Korean with English abstract).
- De Jayawardena, U.S., Izawa, E., 1994, A new chemical index of weathering for metamorphic silicate rocks in tropical regions: A study from Sri Lanka, *Engineering Geology*, 36(3-4), 303-310.
- Harnois, L., 1988, The CIW index: A new chemical index of weathering, *Sedimentary Geology*, 55(3-4), 319-322.
- Jeong, J.H., Kim, C.S., Goo, K.S., Lee, C.H., Won, H.G., Byun, J.G., 2003, Physico-chemical properties of Korean forest soils by parent rocks, *Korean Society of Forest Science*, 92(3), 254-262 (in Korean with English abstract).
- Ki, D.W., Park, J.H., Lee, J.J., Rho, P.H., 2007, A weak correlation of field-determined soil microbial diversity with quantitative ecological map information and its methodological implication in estimation soil ecological quality, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 27(6B), 703-710 (in Korean with English abstract).
- Kim, S.W., Choi, E.K., Kim, J.W., Kim, T.H., Lee, K.H., 2017, Chemical weathering index of clastic sedimentary rocks in Korea, *The journal of Engineering Geology*, 27(1), 67-79 (in Korean with English abstract).
- Korea Forest Service, 2020, 2020 forest basic statistics, Korea Forest Service, 381p.
- Maynard, J.B., 1992, Chemistry of modern soils as a guide to interpreting Precambrian paleosols, *Journal of Geology*, 100(3), 279-289.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1982, Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites, *Nature*, 299, 715-717.
- Park, E.J., Kang, K.Y., Yi, S.R., 2008, The status of soil exposure and management practices for soil conservation in urban watersheds, Gyeonggi Research Institute, 130p.
- Park, S.Y., Yoo, S.H., 2016, The total economic value of soil in Korea, *Journal of soil and groundwater environment*, 21(6), 156-168 (in Korean with English abstract).
- Šantrůčková, H., Cienciala, E., Kaňa, J., Kopáček, J., 2019, The chemical composition of forest soils and their degree of acidity in Central Europe, *Science of the Total Environment*, 687, 96-103.
- Shin, Y.C., Min, D.K., 2005, Estimating the economic value of first-grade area in ecological nature status, *Environmental and Resource Economics Review*, 14(1), 25-52 (in Korean with English abstract).
- Yang, D.Y., Kim, J.K., Kim, J.Y., Kim, M.S., 2005, The effects of surface condition on soil erosion, *Journal of The Korean Geomorphological Association*, 12(2), 63-72 (in Korean with English abstract).