한국토양비료학회지 제 39권 5호
Korean J. Soil Sci. Fert. Vol. 39, No. 5, 245-252 (2006)

연구보문

잔적 및 붕적모재 토양의 점토광물 특성구명

장용선[1] · 손연규[2] · 정석재[2] · 이계준[1] · 김명숙[2] · 김선관[2] · 이주영[2] · 편인환[3]

[1]농촌진흥청 고령지농업연구소, [2]농업과학기술원, [3]서산시농업기술센터

Clay Mineral Composition of the Soils Derived from Residuum and Colluvium.

Yong-Seon Zhang[1], Yeon-Kyu Sonn[2], Sug-Jae Jung[2], Gye-Jun Lee[1], Myung-Sook Kim[2], Sun-Kwan Kim[2], Ju-Young Lee[2] and In-Hwan Pyun[3]

[1]National Institute of Highland Agriculture, RDA, Pyeongchang 232-955, Korea
[2]National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea
[3]Seosan Agricultural Technology Center, Seosan 365-070, Korea

This experiment was conducted to investigate the distribution and compositions of clay mineral and to replenish the soil classification system in Korea. Soil layer samples were collected from 26 residuum and colluvium soil series out of 390 soil series in Korea, and then analyzed for soil physical and chemical characteristics, mineral and chemical compositions of clay in B horizon soils.

Major clay minerals of residuum and colluvium were illite and chlorite in soils originated from the sedimentary rock such as limestone, shale, sandstone and conglomerate; quartz and kaolin in soils originated from rhyolite, neogene deposits, porphyry and tuff; and kaolin and quartz in the soils originated from granite, granite gneiss and anorthosite.

Clay minerals in Korean soils were divided into 4 groups: mixed mineral group(MIX) mainly contained with illite, kaolin and vemiculite; kaolin group(KA) with kaolin and illite; chlorite group(CH) with chlorite and illite; and smectite group(SM) with kaolin, illite and smectite. The most predominant clay mineral group was kaolin group(KA) with kaolin and illite; an mixed mineral group(MIX) with illite, kaolin and vemiculite. Cation exchange capacity (CEC) of clay was low in the soils mainly composed with MIX and KA groups and silica-alumina molar ratio of clay was high in the soils composed with SM group

Key words : Clay mineral composition, Residuum and colluvium, Parent rock

서 언

농업에서 작물생육과 생산량은 기후, 농경지의 물리-화학적 특성, 재배양식 등 많은 인자가 복합적으로 관여되므로 토양의 특성만으로 논할 수는 없다. 그러나 토양은 작물생육에 필요한 수분과 뿌리가 뻗어 나가는 공간을 제공하며, 작물뿌리는 지상부를 지지하고 작물생육에 필요한 물과 양분을 공급한다.

토양의 주체는 암석을 구성하는 1차광물인 조암광물과 이들의 풍화산물인 2차광물인 점토광물로 구성되어 있다. 점토광물은 비료성분의 공급, 토양반응에 대한 완충능, 토양의 통기 및 투수성에 영향을 주므로 토양의 질과 양은 작물과 상당히 밀접한 관계가 있다. 이들 중 점토광물은 토양교질의 무기성분의 주체가 되어 토양의 이화학적 성질을 지배함은 물론 작물의 생육에 필요한 양분을 공급하므로 토양의 물리 · 화학적 특성을 이해하기 위하여 점토광물의 조성과 분포를 파악하는 것이 필요하다.

토양 중 점토광물의 종류와 조성은 모암의 조암광물 및 풍화환경에 의해 지배된다. 즉 풍화 산물인 점토광물이 기후, 지형, 식생 등 상이한 토양환경 조건과 평형을 이루기 위하여 물리, 화학 및 생물학적 작용을 수반하면서 토양환경에 안정한 광물로 변화된다. 이러한 토양의 1차 광물로부터 점토광물에 이르는 풍화과정과 생성에 관한 연구는 암석에 따라 상이한 토양환경조건 하에서 주로 장석류 (Bohor and Hughes, 1971; Smith, 1989), 운모류 (Borchardt, 1977), 각섬석류와 휘석류 (Rebertus and Buol, 1985) 등의 풍화작용에 의해 생성된다. 한편, 우리나라에는 390개 토양통이 조사 · 분류되어 있고, 점토광물에 관한 최초의

접 수 : 2006. 9. 13 수 리 : 2006. 10. 13
*연락저자 : Phone: +82333307970,
E-mail: zhang@rda.go.kr

연구는 김제지방의 답 토양에 관한 연구 (Dewan et al, 1968)로 시작된 이래 50여 년간 78개 토양통의 모재별 점토광물에 관한 자료가 구축된 바 있다.

본 연구에서는 우리나라 토양의 분류체계를 보완하고 점토광물 조성과 분포를 파악하기 위하여 토양통의 모재, 지형, 토성속, 토지이용 등을 고려하여 모재의 이동이 거의 없는 잔적 및 붕적토양 중 대표적인 26개 대표적인 토양통을 선정하였다. 공시토양은 층위별로 시료를 채취하여 토양 이화학적 특성과 점토의 광물조성 및 화학성분을 분석한 후 집적층(B층)의 자료로 부터 토양모재와 점토광물의 관련성을 구명하였다.

재료 및 방법

공시토양은 화강암 및 화강편마암, 석회암, 혈암, 현무암 등의 풍화에 의한 잔적 및 붕적모재에서 유래된 공산통, 관악통, 괴산통 등 26개 토양을 대상으로 토양 층위별로 채취하였다. 토양의 생성과 연관된 잔적 및 붕적모재의 토양환경조건과 시료채취지점은 Table 1과 같다.

토양의 입경분석은 30% H_2O_2로 유기물을 분해하고, 5% sodium hexametaphosphate로 분산시켜 pipette법으로 측정하였다. pH는 토양과 물의 비율을 1:1로 하여 초자전극법으로 측정하였으며, 유기물 함량은 Walkley-Black법으로 정량하였다. 치환성 Ca, Mg, Na 및 K는 1N-NH_4OAc (pH 7.0) 용액으로 침출하여 원자흡광분광분석기로, 양이온치환 용량 (CEC)는 1N-NH_4OAc (pH 7.0)로 포화한후 ethanol로 과잉의 NH_4를 세척한 후 증류하여 정량하였다.

토양 중 점토 분리는 일정량의 토양시료(50～100g)에 30% - H_2O_2로 유기물을 제거한 후, 2 l 용 침강병으로 시료를 옮기고 Na_2CO_3 (pH 10.0) 용액에서 분산시켜 침강법으로 2㎛ 이하의 점토를 분리 채취하였다. 점토의 화학조성은 토양시료와 융제 ($LiBO_3$)를 1:5 비율로 혼합하고 1,000℃에서 용융하여 bead형태로 만든 후, Philips model PW-2400형 X-선형광분석기 (XRF)를 사용하였다.

점토 중 점토광물의 동정 및 정량은 조암광물과 점토광물로 나누어 실시하였다. 조암광물의 정량은 X-선 회절 분말법으로 Chung (1974)의 매트릭스 플러싱법 (matrix flushing method)을 적용하여 대조물질로는 표준물질인 강옥 (Al_2O_3, colundum)을 50wt% 혼합해서 측정한 기준 강도비 (RIRs, reference intensity ratios)를 사전에 작성한 후 비교하는 방법을 적용하였다. 점토광물의 정량은 정향시편 (preferedoriented section)을

Table 1. Description of residuum and colluvium soils studied and their environment.

Soil Series	Locality	Parent rocks	Soil color	Land use
Bansan	Buyeo Gun	Granite	Yellowish red	Uplandl
Bangog	Boeub Gun	Neogene	Dark brown	Uplandl
Bonggye	Gimhae City	Porphyry	Red	Forest
Buyeo	Buyeo Gun	Shale	Reddish brown	Forest
Cheongog	Ulju Gun	Basic rock	dark red	Forest
Euiseong	Euiseong Gun	Sand stone	Light brown	Forest
Geosan	Geosan Gun	Phyllite	Dark grayish brown	Forest
Gongsan	Naju Gun	Rhyolite	Reddish brown	Forest
Gwanag	Suwon City	Granite	Light brown	Forest
Hajeong	Yeongil Gun	Tuff	Yellowish red	Forest
Jeonnam	Gwangsan Gun	Granite	Yellowish red	Forest
Maesan	Yeongil Gun	Neogene	Pale brown	Forest
Maji	Pyeongchang Gun	Limestone	Dark browm	Upland
Nasan	Hampyeong Gun	Porphyry	Red	Forest
Pyeongjeon	Samcheog Gun	Limestone	Reddish brown	Upland
Sancheong	Sancheong Gun	Anorthosite	Dark brown	Meadow
Singi	Sancheong Gun	Diorite	Yellowish brown	Forest
Sirye	Daegu City	Shale	Yellowish red	Forest
Songjeong	Gimhae Gun	Granite	Red	Forest
Songsan	Hwaseoung Gun	Granite gneiss	Yellowish brown	Forest
Taesan	Goseong Gun	Diorite	Red	Forest
Weolsan	Yeongwang Gun	Mica schist	Yellowish brown	Forest
Yegog	Ogcheon Gun	Phyllite	Dark gray	Paddy
Yesan	Yesan Gun	Granite	Yellowish red	Forest
Yonggog	Gunwui Gun	Conglomerate	Strong brown	Paddy
Yuha	Gimhae Gun	Tuff	Yellowish brown	Forest

만들어 Mg 포화, Mg-glycerol 포화, K포화 및 300℃, 500℃에서 3시간 가열 처리하여 Philips model PW-1710을 이용하여 CuKα 단일파장 (λ= 1.5406Å)으로 Ni-filter를 사용하여 저면간격의 변화를 관찰한 후, X-선 회절분석상의 피크 면적 (peak Area)에 무게인자 (weighting factors)를 사용하는 방법으로 Biscaye (1965), Heath and Pisias (1979), Wilke et al. (1984), Ottner et al. (2000)의 방법에 따라 각 광물의 특징적인 피크 중 대표적인 피크는 ethylene glycol 처리로 팽윤시킨 후 smectite는 18Å(001), illite는 10Å (002), kaolin은 7Å (001), chlorite 는 7Å (002), vermiculite는 14Å (001)로 하였으며 7Å 피크는 3.58Å (002)의 kaolin 피크와 3.54Å (004)의 chlorite 피크의 상대적 강도비율에 따라 kaolin 피크면적과 chlorite 피크면적을 추정하였다.

토양의 광물조성은 점토광물의 종류와 함량을 분석한 자료를 가지고 군집분석(CA, cluster analysis)을 통하여 구분하였다.

결과 및 고찰

토양의 물리-화학적 특성 토양통별 토양모재와 토양입자 분포 및 화학적 특성을 Table 2에서 살펴보면, 토양 중 모래의 함량은 화강암, 섬록암, 역암 및 운모편암에서 유래한 토양에서 높았고, 미사의 함량은 혈암과 응회암이 풍화된 토양에서, 점토는 석회암 모재의 토양에서 각각 높았다. 또한 조사 토양의 모래함량의 범위는 4.7～72.6%로, 모래함량이 작은 토양은 석회암, 혈암, 염기성암, 응회암 등 암석의 석기가 미세한 모암에서 발달한 평전통, 매산통, 천곡통, 유하통, 마지통, 시례통의 토양이었다. 토양의 풍화가 진전되어 발달할수록 토양 중 미사 및 점토 함량은 증가하고 모래 함량은 감소하여 토양의 물리적 특성 중 미사/점토의 비가 감소한다 (Templin et al., 1951). 그러나 잔적 및 붕적모재 토양의 입도분포는 토양의 발달과 더불어 모암 석기의 영향을 받았음을 알 수 있다.

토양 화학적 특성 중 조사 토양의 pH는 4.2～7.9의 범위였으며, 토양 pH 6.6이상의 중성토양은 석회암에

Table 2. Physical and chemical properties of the residuum and colluvium soils.

Soil series	Parent rocks	Particle size distribution (%)			Texture (USDA)	pH (H_2O, 1:1)	O.M.† (g kg^{-1})	Ext. cation ($cmol_c$ kg^{-1})				CEC‡ ($cmol_c$ kg^{-1})
		Sand	Silt	Clay				Ca	K	Mg	Na	
Bansan	Granite	29.5	39.1	31.4	Clay loam	5.6	11	4.86	0.13	2.27	0.10	12.2
Bangog	Neogene	40.9	27.4	31.7	Clay loam	5.3	16	7.49	0.27	2.86	0.10	15.9
Bonggye	Porphyry	26.1	35.7	38.3	Clay loam	5.3	13	4.20	1.35	0.55	0.03	11.9
Buyeo	Shale	30.9	45.8	23.3	Loam	5.3	6	2.16	0.32	1.01	0.03	9.1
Cheongog	Basic rock	10.2	48.8	41.1	Silty clay	5.9	21	1.78	0.04	2.85	0.06	10.3
Euiseong	Sand stone	72.6	22.6	4.9	Sandy loam	4.5	41	1.50	0.04	1.24	0.04	9.6
Geosan	Phyllite	52.9	31.5	15.6	Sandy loam	6.5	12	7.90	0.14	10.82	0.11	19.8
Gongsan	Rhyolite	32.7	40.8	26.5	Clay loam	4.8	32	0.43	0.01	0.85	0.08	12.2
Gwanag	Granite	78.4	15.6	6.0	Loamy sand	4.7	48	0.24	0.15	0.12	0.12	3.9
Hajeong	Tuff	28.0	36.5	35.5	Clay loam	6.2	14	3.40	0.08	1.34	0.21	10.6
Jeonnam	Granite	26.0	40.1	33.9	Clay loam	4.7	10	0.37	0.34	0.17	0.15	7.9
Maesan	Neogene	9.8	43.7	46.5	Loam	5.0	38	2.00	0.05	5.23	0.15	23.1
Maji	Limestone	14.1	43.6	42.3	Silty clay	7.9	25	12.94	1.14	5.81	0.03	18.1
Nasan	Porphyry	40.1	38.1	21.8	Loam	4.2	27	1.21	0.03	3.48	0.27	26.6
Pyeongjeon	Limestone	4.7	36.6	58.8	Clay	6.8	12	12.26	0.35	4.68	0.05	22.5
Sancheong	Anorthosite	41.3	37.6	21.0	Loam	5.7	11	3.28	0.18	1.98	0.14	10.8
Singi	Diorite	41.3	45.5	13.0	Sandy loam	4.9	23	3.55	0.09	2.12	0.09	15.6
Sirye	Shale	15.4	56.2	28.4	Sandy loam	5.2	10	2.35	0.04	1.33	0.05	11.0
Songjeong	Granite	29.9	39.9	30.3	Sandy clay loam	4.8	9	0.41	0.60	0.18	0.13	7.3
Songsan	Granite gneiss	61.1	23.5	15.4	Sandy loam	4.5	9	0.18	0.10	0.14	0.13	5.0
Taesan	Diorite	21.1	47.4	31.5	Clay loam	5.4	16	1.83	0.10	3.08	0.08	18.7
Weolsan	Mica schist	62.8	31.0	6.2	Sandy loam	6.3	17	14.13	0.36	7.17	0.12	17.3
Yegog	Phyllite	49.0	34.6	16.4	Loam	6.4	16	9.05	0.19	2.45	0.06	13.8
Yesan	Granite	53.8	28.2	20.6	Sandy clay loam	4.7	7	0.45	0.62	0.20	0.18	7.7
Yonggog	Conglomerate	65.9	20.4	13.8	Sandy loam	5.1	22	1.22	0.03	1.06	0.07	17.6
Yuha	Tuff	13.3	63.0	23.4	Silty loam	4.6	4	2.12	0.05	1.87	0.05	16.7

† Organic matter

‡ Cationn exchange capacity

서 유래한 토양으로 석회석이나 백운석을 조암광물로 함유한 마지통과 평전통이었다. 대부분의 토양은 pH 5.6이하의 약산성 토양이었는데, 이는 조사 토양이 주로 구릉지에 분포하고 있어 오랫동안 습윤기후의 영향을 받은 용탈의 결과와 유기물 중 유기산의 영향이 큰 것으로 나타났다. 토양의 치환성 Ca와 Mg는 석회암과 천매암에서 유래된 괴산통, 마지통, 예곡통 및 평전통 등에서 높았고, 치환성 K는 화강암 및 화강편마암에서 유래된 토양으로 암석의 조암광물 중 흑운모가 함유된 예산통과 송정통에서 높아 토양 모재가 토양의 화학성에 영향을 미침을 알 수 있었다. 한편, 토양의 양이온 치환용량(CEC)은 유기물과 점토함량 간에 유의성이 있다 (Park et al., 1984)는 보고와 상이한 결과를 보였는데, 이는 조사 토양이 구릉지에 분포하고 있어 강우의 영향으로 용탈이 심했고 점토광물 종류와 조성이 다르기 때문으로 추정되었다.

점토광물의 특성 모재의 암석별 점토광물의 분포는 Table 3과 같이 화강암과 화강편마암, 회장암에서 유래된 토양에서는 kaolin과 quartz, 유문암, 3기층, 석영반암, 응회암에서 유래된 토양에서는 quartz와 kaolin이, 석회암, 혈암, 사암, 역암 등 퇴적암에서 유래된 토양에서는 illite와 chlorite가 주요한 점토광물이었다.

또한 석회암과 천매암 등 염기성 암석을 모재로 하는 토양에서 illite와 혼층광물의 함량이 높았으며, 섬록암과 운모편암 등 운모를 함유한 암석에서 유래한 토양에서는 vermiculite의 함량이 높았다.

점토광물 종류별로는 smectite는 유문암, 응회암, 제3기층에서, vermiculite는 섬록암과 흑운모편암에서, chlorite는 사암에서, illite가 혈암과 사암, 천매암에서, kaolin이 화강암과 화강편마암에서 유래한 토양의 주광물이었다.

따라서 연중 영하의 기온이 계속되는 한대지방이나 강우가 극히 적은 건조지대는 물리적 풍화가 주로 진행되고 열대지방은 높은 온도로 인하여 화학적 풍화가 강열하게 진행되어 이들 기후대에서는 시간이 경과하면 동종 또는 유사한 토양이 생성되지만 (Marsan et al., 1988) 우리나라는 온대 기후대에 속하여 토양모재가 조암광물의 풍화와 점토광물의 생성에

Table 3. Mineral contents in the clay fraction of the the residuum and colluvium soils.

Soil series	Parent rocks	It/Sm	It/Vt	Ka/It	Sm	Vt	Ch	It	Ka	Qz	Fd	Gb	He	Am	Ta	Ag	Ge
		wt, %															
Bansan	Granite					7		27	54	8	3	1					
Bangog	Neogene	52						13	13	17	4						
Bonggye	Porphyry					8	10	25	49	5	1	2	1				
Buyeo	Shale		7			6		52	25	8	2	1					
Cheongog	Basic rock					9	17	37	7	24	1		1		6		
Euiseong	Sand stone			15		9	31	27	11	5	6						
Geosan	Phyllite	23	11			6		18	25	4	2			8	3		
Gongsan	Rhyolite					5	11	14	27	31	10		1				
Gwanag	Granite		7			7	11	27	19	28	2						
Hajeong	Tuff		4	1		8	10	16	20	31	3		1			6	
Jeonnam	Granite		4			12	3	21	55	2	1		1				2
Maesan	Neogene				10			16	11	47	15						
Maji	Limestone		9			13	29	27	8	7	5	1					
Nasan	Porphyry			12	16	1		19	15	29	8		1				
Pyeongjeon	Limestone		25			4	8	44	8	3	5	1	1				
Sancheong	Anorthosite		4			4		8	78	5		1					
Singi	Diorite		13			27	19	17	15	6	2						
Sirye	Shale		14			11		31	22	13	8	1					
Songjeong	Granite		10			7	6	18	47	8	1		2				2
Songsan	Granite gneiss		16			10	10	32		11	5	3					
Taesan	Diorite					19	11	17	12	4	2	2	1				
Weolsan	Mica schist		21			19		45	47	3							
Yegog	Phyllite					16	5	41	26	3	3			3	5	5	
Yesan	Granite		9			5	2	19	59	2	1		2		2		1
Yonggog	Conglomerate		13			7	42	22	6	9	3						
Yuha	Tuff			8	10	3	6	15	9	42	8		1				

Mineral abbreviation - Ag:antigorite, Am:amphibole, Ch:chlorite, Fd:feldspars, Gb:gibbsite, Ge:geothite, He:hematite, It:illite, Ka:kaolin, Qz:quartz, Sm:smectite, Vt:vermiculite, Ta:Talc, It/Vt:illite-vermiculite mixed layer, Ka/It:kaolin-illiite mixed layer, It/Sm:illite-smectite mixed layer

영향을 미치는 것으로 판단된다 (Chesworth, 1973).

점토의 화학성분 중 SiO_2 함량은 42.1～64.3%의 범위로, SiO_2의 함량이 높은 토양은 지질 연대상 최근에 형성된 3기층과 응회암에서 유래된 토양이었다. 반면에 화강암, 화강편마암에서 유래된 토양 중 나산통을 제외한 다른 토양의 SiO_2 함량은 42.1～44.3%의 범위이었다. 이는 화강암 및 화강편마암 자체의 모암 중에는 규산함량이 높으나 풍화를 받은 토양 중에서 낮아지는 것은 토양생성과정 중에 토양용액이 중성조건을 띠어 규산은 가용성으로 용탈된 것으로, 한반도가 17억년전 오스트레일리아 서남쪽인 남위 35도 지점에 있었다가 고생대 석탄기 페름기인 5억년 전에는 적도부근에 있었다는 고지자기 분석(Kim, 1990)과 이 시기에 강원 태백과 영월, 경북 문경에서 흔히 발견되는 삼엽충이 석회암과 석회암 사이에 있는 세일층에서 발견되는 점(Choi et al., 1991)은 우리나라 토양 중 일부는 현재보다는 아열대에서 열대기후 하에서의 형성 가능성을 시사해주는 증거로 볼 수 있었다. 또한 점토의 Fe_2O_3함량이 높은 것은 석회암, 3기층, 혈암, 화강암, 석영반암 등 점토의 주광물이나 다른 화학성분과 관련이 없이 적황색토로 분류된 토양에서 높았는데, 이는 이들 적황색토가 과거 지질시대상 현재의 기후보다 고온이었을 당시에 형성 (Kang, 2001)되었기 때문으로 추정된다.

점토의 화학성분과 점토광물과의 관계를 살펴보면 규반비 (SiO_2/Al_2O_3)는 2.1～ 6.2의 범위였으며, 규반비가 5.0 이상인 토양은 quartz와 illite, vermiculite, smectite, chlorite 및 혼층광물이 주광물이었다. 규반비가 3.0 이하인 토양은 주로 kaolin이 주광물로, 토양의 점토광물 중 1:1형 점토광물보다 2:1형 점토광물이 많을수록 규반비 (SiO_2/Al_2O_3)가 높아진다 (Grim, 1968)는 결과와 일치하고 있다. 작열감량 (loss of ignition)은 7.1～13.1%의 범위로, kaolin이 주광물인 토양에서 낮았고 2:1형점토광물이 주광물인 토양에서 높았다. 이는 105℃ 건조감량이 2:1형 점토광물에서 크고 작열감량은 1:1형 점토광물과 탄산염 또는 수산화물을 함유하는 토양에서 큰 것으로 알려져 있다. 점토의 양이온치환용량 (CEC)과 점토광물과의 관계를 살펴보면 점토의 CEC는 15.7～60.7의 범위이었으며, CEC가 높은 점토는 illite, vermiculite, smectite가 주광물이었고, CEC가 낮은 점토는 kaolin이 주광물인 토양으로 1:1형 점토광물보다 2:1형 점토광물이 많을수

Table 4. Element contents in the clay fraction of the residuum and colluvium soils.

Soil series	Parent rocks	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	MgO	Na_2O	TiO_2	Ignition Loss	SiO_2/Al_2O_3	CEC ($cmol_c\ kg^{-1}$)
		wt, %										
Bansan	Granite	50.5	28.4	12.8	0.03	2.20	1.03	2.85	0.80	11.0	3.0	29.7
Bangog	Neogene	64.3	17.6	14.4	0.04	1.99	1.15	4.27	0.80	8.3	6.2	27.9
Bonggye	Porphyry	47.2	30.9	33.0	0.03	1.86	0.95	2.55	0.80	12.2	2.6	21.0
Buyeo	Shale	50.5	28.1	12.6	0.03	4.06	1.44	2.09	0.81	9.1	3.1	20.3
Cheongog	Basic rock	44.6	20.4	19.1	0.07	1.19	4.20	0.21	0.77	11.5	3.7	27.4
Euiseong	Sand stone	47.1	29.4	7.7	0.05	3.64	1.41	0.58	0.40	11.3	2.7	36.7
Geosan	Phyllite	48.9	25.4	6.6	0.36	1.19	2.62	3.99	1.00	13.1	3.3	34.3
Gongsan	Rhyolite	49.7	29.7	6.6	0.04	2.77	1.25	0.16	0.78	11.0	2.9	20.8
Gwanag	Granite	43.4	32.9	7.2	0.04	3.80	0.92	1.62	0.84	10.5	2.3	27.1
Hajeong	Tuff	50.9	28.5	6.5	0.06	2.01	1.19	0.22	0.80	11.0	3.1	26.0
Jeonnam	Granite	43.9	31.4	9.2	0.05	3.26	0.98	0.32	1.14	10.7	2.4	19.2
Maesan	Neogene	63.4	18.5	5.0	0.07	1.83	1.29	1.07	0.68	8.2	5.9	30.0
Maji	Limestone	52.0	25.2	20.5	0.10	4.13	2.85	2.58	1.06	9.1	3.5	30.0
Nasan	Porphyry	60.7	19.9	5.9	0.04	1.63	1.35	0.74	0.71	8.4	5.4	39.3
Pyeongjeon	Limestone	49.0	26.1	29.3	0.05	2.59	1.48	5.09	0.77	11.2	3.2	28.9
Sancheong	Anorthosite	45.6	32.9	12.5	0.03	0.81	0.44	2.52	1.51	11.9	2.4	23.5
Singi	Diorite	42.8	26.8	11.6	0.10	1.83	4.33	0.18	1.51	13.1	2.7	36.1
Sirye	Shale	54.8	27.1	18.0	0.05	3.54	1.30	2.65	1.09	7.1	3.3	17.1
Songjeong	Granite	44.3	31.9	9.9	0.06	2.52	0.74	0.82	0.91	10.3	2.4	17.2
Songsan	Granite gneiss	42.1	35.4	6.6	0.06	3.21	0.85	0.89	0.96	11.4	2.1	20.6
Taesan	Diorite	47.1	30.3	27.3	0.04	1.44	1.40	2.34	0.86	11.5	2.7	24.2
Weolsan	Mica schist	42.7	13.9	18.1	0.57	2.45	8.78	0.24	1.37	11.5	5.2	60.7
Yegog	Phyllite	54.1	22.9	14.3	0.35	2.15	3.32	2.49	0.88	9.2	4.0	28.4
Yesan	Granite	42.3	33.8	9.4	0.06	2.78	0.43	1.23	0.94	10.8	2.1	15.7
Yonggog	Conglomerate	45.4	27.9	11.1	0.04	2.37	2.19	0.17	0.93	12.0	2.8	35.2
Yuha	Tuff	56.5	24.0	6.3	0.03	2.02	1.76	0.32	0.86	10.6	4.0	40.9

록 CEC가 높았다.

점토광물 조성과 분포 토양생성인자로서 기후, 모재, 생물, 지형, 시간 등으로 특히 중요한 인자는 온도와 강우량으로 토양의 화학적 풍화작용을 직접 지배하고 생물인자에도 강한 영향을 주어 탈수와 양이온 고정을 수반하는 고온 · 고압에 의한 열수작용 또는 속성작용과 가수와 양이온 용탈이 수반되는 저온 · 저압에 의한 풍화작용을 통하여 Si-O 사면체층과 Al-O 팔면체층의 교호 여하에 따라 점토광물의 종류와 조성이 다양하다.

토양의 조암광물을 중심으로 토양광물의 생성과 풍화를 살펴보면, 장석류는 kaolin 광물로, 그 밖의 운모광물, 녹니석, 각섬석으로부터 생성된 illite, chlorite, vermiculite는 중간단계의 혼층단계를 거쳐서 kaolin 광물로 풍화된다. 또한 휘석은 chlorite → illite의 풍화과정을 거치며, smectite는 Mg농도가 높은 토양용액으로부터 침전되어 생성되었거나 운모 또는 chlorite에서 유래된 vermiculite의 변성작용에 의해 생성되었으며, illite는 주로 풍화에 저항성이 큰 미립자의 함수백운모로부터 유래된다.

모재별로는 화강암과 화강편마암, 회장암에서 유래된 토양에서는 kaolin과 quartz, 유문암, 3기층, 석영반암, 응회암에서 유래된 토양에서 quartz과 kaolin, 석회암, 혈암, 사암, 역암 등 퇴적암에서 유래된 토양에서 illite와 chlorite가 주요한 점토광물이었다. 그리고 석회암과 천매암 등 염기성 암석을 모재로 하는 토양에서 illite와 혼층광물, 섬록암과 운모편암 등 운모를 함유한 암석에서 유래한 토양에서는 vermiculite의 함량이 높았다. 그러므로 우리나라 토양의 주요한 점토광물은 Fig. 1과 같이 점토 CEC와 규반비 간의 상관이 없어 전반적으로 여러 종류의 점토광물이 혼합된 토양으로 나타났다.

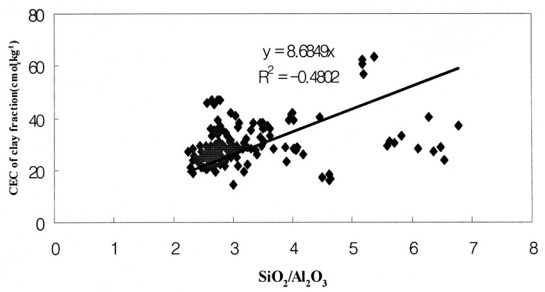

Fig. 1. Relationships between SiO_2/Al_2O_3 molar ratio and CEC of the clay fraction of soils.

이러한 토양광물의 종류와 조성을 합리적으로 분류하기 위하여 잔적 및 붕적모재에서 유래한 26개 토양통의 모암별 점토광물의 정량분석 결과는 Fig. 2와 같이 군집분석(CA, cluster analysis)을 통하여 4개의 점토광물 조성군으로 구분하였다.

제주도 토양을 제외한 우리나라의 주요 점토광물 조성군은 Table 5와 같이 ① illite, kaolin, vemiculite를 주광물로 하는 혼합점토광물군 (MIX), ② kaolin을 주광물로 illite가 많은kaolin군 (KA), ③ chlorite와 illite가 주광물인 chlorite군 (It/Ch), ④ kaolin과 illite를 주광물로 smectite가 함유된 smectite군 (SM) 등으로 이들 각각의 점토광물군에는 소량의 geothite, hematite 및 gibbsite와 1차광물인 석영과 장석이 혼입되어 있었다.

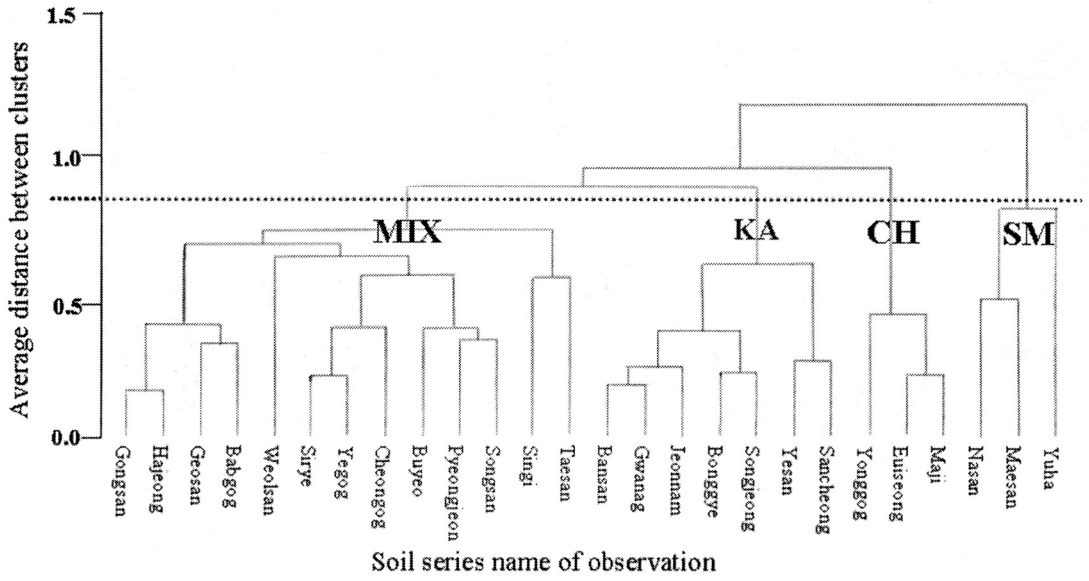

Fig. 2. Deudrogram of clay minerals varieties classified by cluster analysis (CA) among 26 varieties of soil series.

Table 5. Mineral composition in clay mineral groups in the clay fraction.

Clay mineral groups	Sm/It	It/Vt	Ka/It	Sm	Vt	Ch	It	Ka	Qz	Fd	SiO_2 /Al_2O_3	Clay CEC (cmol·kg^{-1})
						wt, %						
MIX	-	11	tr.	-	12	9	33	18	10	4	2.9	28.9
KA	-	4	-	-	7	4	22	55	5	1	2.7	24.7
CH	-	12	-	-	9	36	24	7	8	3	3.0	34.3
SM	2	-	4	12	3	4	14	25	30	8	4.5	35.0

Mineral abbreviation - Ch:chlorite, Fd:feldspars, It:illite, Ka:kaolin, Qz:quartz, Vt:vermiculite, Sm:smectite, It/Vt:illite-vermiculite mixed layer, Ka/It:kaolin-Illiite mixed layer, It/Sm:illite-smectite mixed layer

점토광물군별 점토의 CEC 함량은 SM군 〉 CH군 〉MIX군 〉 KA군의 순이었으며, 점토광물별로는 vermiculite 〉 smectite 〉 illite 〉 chlorite 〉 kaolin 순이었다. 이것은 Grim (1968)과 Birkeland (1994)의 보고와 같이 점토광물과 염기성치환용량과의 관계는 본 조사토양 중에서 발견되는 주요한 점토광물 중 vermiculite에서 가장 크고 illite와 kaolin을 주광물로 하는 토양에서 CEC가 낮았으며, 규반비는 vermiculite와 smectite가 함유된 점토에서 높았다. 또한 점토의 화학적 조성 중에서 SiO_2/Al_2O_3와 점토광물과의 관계를 살펴보면, SM군 〉 CH군 〉 MIX군 〉 KA군의 순으로 1:1형 점토광물에서 2:1형 점토광물로 갈수록 SiO_2/Al_2O_3와 점토 CEC가 높아진다는 많은 연구 결과와도 일치하였다.

Fig. 3. Mineral distribution in the soils derived from the residuum and colluvium.

본 연구에서 수행한 26개 토양통, 기존에 보고된 78개 토양통의 모재별 점토광물에 관한 자료 (NIAST, 2000), Shin and Tavernier (1988), Song and Yoo (1994), Zhang et al. (2002)에 의해 보고된 제주도의 화산회 토양의 연구결과를 참고하고 잔적 및 붕적모재 토양의 모암 및 지형별 토양연쇄를 고려하여 토양의 광물 조성에 따른 점토광물 분포도는 Fig. 3과 같다. 우리나라 토양의 점토광물군별 분포는 kaolin을 주광물로 하는 토양, illite, kaolin, vemiculite를 주광물로 하는 토양이 대부분이었으며, chlorite와 illite가 주광물인 토양은 강원남부 석회암지대에, kaolin과 illite를 주광물로 smectite가 함유된 토양은 제3기 암석에서 유래한 토양에 주로 분포하고 있다.

적 요

우리나라 토양의 분류체계를 보완하고 점토광물 조성과 분포를 파악하기 위하여 우리나라 390개 토양통 중 잔적 및 붕적토에서 유래된 26개 토양통을 대상으로 토양 층위별로 시료를 채취하여 집적층(B층) 토양의 이화학적 특성, 토양 중 점토의 광물조성과 화학성분을 분석하였다.

잔적 및 붕적모재별로는 화강암과 화강편마암, 회장암에서 유래된 토양에서 kaolin과 quartz, 유문암, 3기층, 석영반암, 응회암에서 유래된 토양에서 quartz과 kaolin, 석회암, 혈암, 사암, 역암 등 퇴적암에서 유래된 토양에서 illite와 chlorite가 주요한 점토광물이었다.

토양통별 점토광물조성을 군집분석 (CA, cluster analysis)을 통하여 ① illite, kaolin, vemiculite를 주광물로 하는 혼합점토광물군 (MIX), ② kaolin을 주광물로 illite가 많은kaolin군 (KA), ③ chlorite와 illite가

주광물인 chlorite군 (CH), ④ kaolin과 illite를 주광물로 smectite가 함유된 smectite군 (SM) 등 4개의 점토광물 조성군으로 구분하였다.

우리나라 토양의 대부분은 kaolin을 주광물로 하는 토양과 illite, kaolin, vemiculite가 함유된 토양이었으며, illite와 kaolin을 주광물로 하는 토양에서 CEC가 낮았고 vermiculite와 smectite가 함유된 점토에서 규반비가 높았다.

인 용 문 헌

Birkeland, P.W. 1994. Variation in soil-catena characteristics of moraines with time and climate, South Island, New Zealand. Quaternary Res. 42:49-59.

Biscaye, P.E. 1965. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. Geol. Soc. Am. Bull. 76:803-831.

Bohor, B.R., and R.E. Hughes. 1971. Scanning electron microscope of clays and clay minerals. Clays clay Miner. 19:49-54.

Borchardt, G.A. 1977. Montmorillonite and other smectite minerals. P293-330. In J.B Dixon, and S.B. Weed(ed). minerals in soil environments. Soil Sci. Am. Madison, WI.

Chesworth, W. 1973. The parent material effect and the genesis of soils. Geoderma 10:215-225.

Choi, D.K., G.L. Jeong, and S.Y. Choi. 1999. Middle cambrian trilobites from the Sambangsan formation in Yongwol area, Korea. J. Paeont. Soc. Korea. 15(2):134-144.

Chung, F.H. 1974. Quantitative interpretation of x-ray diffraction patterns of mixtures. I. Matrix flushing method for quantitative multi-component analysis. J. Appl. Crystallog. 7:519-525.

Dewan, HC., K.H. Kim, and Y.S. Lee. 1968. Chemical and mineralogical properties of two Low-Humic Gley Soils of Korea. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert., 1:129-136.

Grim, R.E. 1968. Clay mineralogy. Mcgraw-Hill Book Company. Inc

Heath, G.R., and N.G. Pisias. 1979. A method for the quantitative estimation of clay minerals in North Pacific deep sea sediments. Clays Clay Miner. 27:175-184.

Kang, Y.P. 2001. The characteristic of red soil and karst landforms in South Korea. Geomorphological Union. 22(3):381-389. (in Japanese)

Kim, K.H. 1990. Paleomagnetism and northward drift of South Korea. J. Korean Earth Science Society. 11(1):67-73.

Marsan. F.A., D. C. Bain, and D. M. L. Duthie. 1988. Parent material uniformity and degree of weathering in a soil chronosequence. northwestern Italy. Catena 15:507-517.

NIAST. 2000. Taxonomical classification of Koreans.

Ottner, F., S. Gier., M. Kuderna, and B. Schwaighofer. 2000. Results of an inter-laboratory comparison of methods for quantitative clay analysis. Applied Clay Science 17:223-243.

Park, C.S., K.Y. Jung, J.J. Kim, and S.J. Cho. 1984. Relative contribution of organic matter and clay content to cation exchange capacity in sandy soils. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 17(4):337-342.

Rebertus, R.A., and S.W. Buol. 1985. Iron distribution in a developmental sequence of soils from mica genesis and schist. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:713-720.

Shin, J.S., and R. Tavernier. 1988. Composition and genesis of volcanic ash soils in Jeju Island. Ⅱ. Mineralogy of sand, silt and clay fractions. Mineral Society of America 1(1):40-47.

Smith, D.K. 1989. Computer analysis of diffraction data. Ch. 7 : in Modern Powder Diffraction, D.L. Bish and J.E. Post, eds., Reviews in Mineralogy 20, Mineralogical Society of America, 369 pp.

Song, K.C., and S.H. Yoo. 1994. Andic properties of major soils in Cheju Island. Ⅲ. Conditions for formation of Allophane. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 27(3):149-157.

Templin, E.H., I.L. Martin, and R.S. Dyal. 1951. Red-yellow podzolic soils of the southeastern United States Ⅰ& Ⅱ. Agronomy J. 43:476-487.

Wilke, B.M., V.K. Mishra, and K.E. Rehfuess. 1984. Clay mineralogy of a soil sequence in slope deposits derived from Hauptdolomit (dolomite) in the Bavarian Alps. Geoderma 32:103-116.

Zhang, Y.S., Y.H. Kim, K.C. Song, and S.K. Kim. 2002. Mineralogical characteristics of the Noro and Miag series soils developed on the cinder cones in Jeju Island. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 35(3):145-152.