

Weathering Indexes of Typical Pedons Derived from Different Parent Materials of the Soils of Korea

Yeong-Sang Jung*, Yong-Seon Zhang¹, Jin-Ho Joo, and Yeon-Tae Jung²

Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea

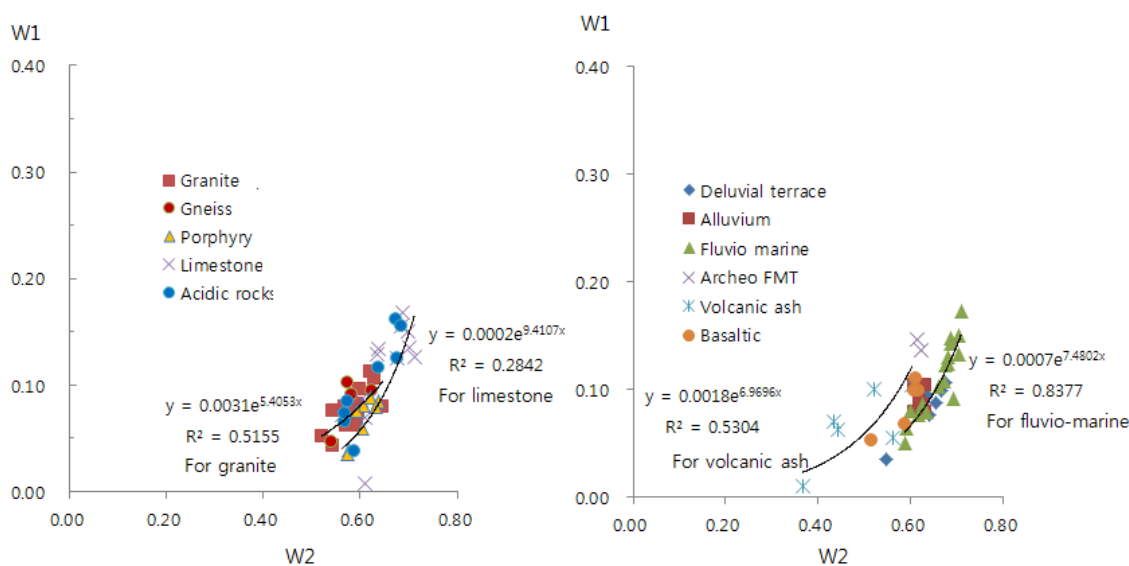
¹National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Republic of Korea

²Pusan National University, Busan, 456-749, Republic of Korea

(Received: April 4 2014, Accepted: May 16 2014)

Weathering indexes of the typical pedons derived from different parent materials of the soils of Korea were calculated by Kronberg and Nesbitt (1981) to understand weathering degree of the soils which might give a clue of soil formation and characterizing a soil pedon. The weathering index W1 was chemical change index, and the weathering index W2 was silicate dominant index. The chemical compositions of the 49 typical pedons were extracted from the Taxonomical Classification of Korean Soils (NIAST, 1999). The weathering indexes of Kimhae series, derived from fluvi marine material, were the highest among the analyzed soils. Within parent materials, the weathering indexes of the soils derived from limestones parent materials were high, and those derived from porphyry materials were low. The relationship between W1 and W2 showed unique pattern which implied certain sequence within the same parent materials.

Key words: Weathering index, Typical pedon, Parent material, Korean soils



Weathering indexes, W1 and W2 of the B horizon soils derived from different parent materials. Weathering indexes of typical pedons of Korean soils were calculated by Kronberg and Nesbitt (1981) based on the analytical data presented in the Taxonomical classification of Korean soils (NIAST, 1999). The relationship between weathering index W1, chemical change index, and W2, silicate dominant index, showed unique pattern that implied certain sequence within the same parent material.

Weathering indexes, W1 and W2 of the B horizon soils derived from different parent materials.

*Corresponding author : Phone: +82332506444, Fax: +82332595563, E-mail: soilskorea@hanmail.net

§Acknowledgement: This research was supported by Kangwon National University(C1009659-01-01).

Introduction

암석으로부터 토양이 만들어지는 과정은 풍화와 토양 생성 작용을 거친다 (Jung and Ha, 2013). 풍화 과정은 토양 페톤이 형성되는 과정에서, 암석이 오랜 세월을 거쳐 기후, 식생, 지형 등 외적 요인의 작용을 받아, 그 조직이 변화되어 기계적, 화학적으로 붕괴되고, 분해되어 모재가 형성되는 과정이다. 토양 모재에서 토양이 생성되는 과정에서도 풍화는 계속되며, 토양 층위의 발달이 이루어지는 토양 생성 과정과는 구별된다 (NIAST and KSSSF, 2013). 따라서, 토양의 특성을 이해하려면, 토양 생성과정에 대한 이해 뿐 아니라, 암석의 풍화에 대한 기본적인 지식이 필요하다.

우리나라에서 풍화에 대한 연구는 주로 지리 지질학 분야에서 암석과 풍화 모재의 풍화에 대한 연구에 집중되어 있고 (Choi, 2011; Kim, 2012; Park and Lee, 2009), 지질 및 수질 해석 (Lee, 2004; Lee and Kim, 2001), 석조물의 안정성 (Baek and Kwak, 2000) 등에 대한 연구에서, 석물 유적의 안정성 평가 (Lee et al., 2005)에도 이용되고 있다. 그러나, 식물의 생육에 직접 관계가 있는 지표 토양에 대한 풍화에 대한 연구는 찾아 볼 수 없다.

토양의 점토 광물학적 연구에서도, 토양 광물의 특성에 대한 고찰은 많이 이루어지고 있으나 (Choi et al., 1973; Jung, 1990, Jung and Yoo, 1994; Kim 1985), 점토 광물의 이용 (Choi, 1986), 점토 광물의 특성을 이용한 토양 비옥도의 평가 (Shim et al., 1974; Zhang et al., 2010) 등에 대한 연구도 이루어지고 있다. 그러나, 이들의 연구에서 풍화 과정에 대한 해석은 거의 없다. Um et al (1991a, 1991b)의 한국의 주요 모암에서 발달된 점토광물의 토양 생성학적 연구에서도, 암석과 토양의 광물 조성에 대한 분석은 있으나, 풍화 과정에 대한 해석은 SiO_2 와 Al_2O_3 의 비율에 대한 언급이 전부이며, 이들의 풍화 과정에 대한 해석은 없다. Zhang (2001)에 의한 잔적 암쇄토의 화학 조성 and 풍화도에 대한 연구에서 토양 층위별 화학성분의 풍화량 추정을 위해 A 층위의 TiO_2 함량과 CaO 함량의 감소 비로부터 풍화량을 계산한 바 있으나, 토양 생성 발달이 이루어지는 B 층에 대한 풍화 진도에 대한 논의는 없다.

암석의 풍화 과정을 해석하는 데, 광물의 형태 변화 및 X-선 형광 분석과 함께 화학 조성의 변화가 이용된다 (Choi, 2011; Jung, 1992; Kim, 2012). 화학적 풍화 지수에 대해 Kim (2012)의 문헌 조사에 의하면, 1927년 Vogt에 의해 $(Al_2O_3+K_2O)/(MgO+CaO+Na_2O)$ 비가 처음 제안되었으며, 그 후, 풍화 잠재 지수와 생성물 지수가 Reiche에 의해 제안되었고, 규반 비가 Ruxton에 의해 제안되었다고 하였다. 우리나라에서는 Choi (2011)는 Nesbitt의 화학적 변질 지수 (CIA)를 이용하여 화성암의 풍화에 관한 해석을 시도하였다.

그러나, 지표의 토양에 대한 풍화 지수는 검토된 바 없으

며, Jung (1992)이 전곡리 구석기 유적지의 발굴 토양 단면의 화학 조성 변화를 Kronsberg와 Nesbitt (1981)의 풍화 지수를 이용하여, 해석한 사례가 있을 뿐이다.

국립농업과학원 (NIAST, 1999)에서는 우리나라 토양 조사 결과 390개 토양통에 대한 대표 토양 단면의 물리 화학적 특성 자료를 제시하고 있다. 연구자들은 이 분석 자료 중 풍화 지수 산출이 가능한 토양의 화학 조성 자료가 제시되어 있는 49개 대표 토양통을 선정하여, 모재의 특성과 토양 층위 분화에 따른 풍화 지수를 산출, 비교함으로써, 풍화 특성에 대한 해석을 시도하였다.

Materials and Methods

국립농업과학원 (NIAST, 1999)의 Taxonomical Classification of Korean Soils에 제시되어 있는 토양 분석 자료 중 점토 광물의 화학 조성 자료를 추출하였다. 분석을 위해 추출된 토양통은 모재별로 산성암 3개 토양통, 현무암 대지 3 및 화산회 5개 토양통, 홍함 대지 3개 토양통, 하해 혼성지 8개 토양통, 편암 3개 토양통, 화강암 9개 토양통, 석회암 2개 토양통, 반암 4개 토양통, 회색 혈암 6개 토양통, 적색 혈암 1개 토양통, 그리고 하성 충적지 4개 토양통 등 49개 토양통이다 (Table 1).

이들 대표 토양통의 A, B 및 C 층의 점토 광물 화학 분석 자료의 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O 함량으로부터 풍화 지수를 산출하였다. 토층의 분석 자료에서 층간 전이 층인 BA 또는 AB층, CB 또는 BC 층의 자료는 분석에서 제외하였다. 추출된 시료수는 A 층 66개, B 층 80개, C 층 48 개이었다.

이 자료에서 암석에 대한 분석 자료는 송악동 하나 외에는 없으므로, 암석의 풍화 지수 특성을 참고하기 위하여 우리나라 주요 모암에서 발달된 토양 점토 광물의 특성과 생성학적 연구를 수행한 Um (1990)의 자료와 FitzPatrick (1983)의 몇 가지 광물 특성 자료를 참고하여 암석의 풍화 지수를 검토하였다.

산출된 풍화 지수는 Kronberg와 Nesbitt (1981)의 풍화 지수 식 (1)과 식 (2)에 근거하였다.

$$W1 = \frac{(CaO + Na_2O + K_2O)}{(Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)} \quad (1)$$

$$W2 = \frac{(SiO_2 + CaO + Na_2O + K_2O)}{(Al_2O_3 + SiO_2 + CaO + Na_2O + K_2O)} \quad (2)$$

식 (1)의 W1은 광물의 화학 변화 지수이며, 식 (2)의 W2는 Al과 Si의 우점성 지수이다. Ca, Na 및 K가 용탈하여 Al이 우점하면, 풍화 지수 W1은 낮아지며, Si가 우점하면, W2

Table 1. Typical soil series data available for weathering index calculation from NIAST (1999).

Parent material		Soil series
Acidic rocks	Residium	Donghong
	Local aluvium	Jisan, Bugog
Basalt	Local aluvium	Donggui, Donghong, Gueom
	Volcanic ashes	Daejeong, Songdang, Songag, Ora, Pyeungdae
Fluvial terrace		Jangpa, Hwadong, Yongsu
Fluvio-marine	Plains	Gongdeog, Buyong, Bongnam, Bongrim, Deunggu, Gimhae, Gimje
	Terrace	Chundo
Gneiss	Residium	Asan, Osan, Cheongsan
Granite,	Residium	Chahang, Yesan, Jeonnam, Weoljeong, Gwangsan, Songjeong, Samgag
	Local aluvium	Sachon, Yecheon
Limestone	Residium	Pyeongchang
	Colluvium	Pyeongan
Porphyry	Residium	Taehwa, Bonggye, Mudeung
	Colluvium	Gagog
Grayish shale	Residium	Daegu, Sirye, Guisan
	Colluvium	Yuga, Banho, Bigog
Redish Shale	residium	Buyeo
Fluvio-marine plains		Honam, Baeggu, Haecheog, Mangyeung

는 $(SiO_2 / (Al_2O_3 + SiO_2))$ 비에 가까워지며, 순수한 석영은 1의 값을 갖으며, 김사이트는 0의 값을 갖는다.

Results and Discussion

주요 모암의 풍화 지수 우리나라 대표 토양의 모암에 대한 자료는 제주도 화산회 토양인 송악통의 자료밖에 없다. 따라서 Um (1990)의 자료로부터 산출된 화학 변화 지수 W1값과 W2값을 Fig. 1에서 보면 석회암의 W1 값은 0.949-0.965, W2 값은 0.955-0.969로 가장 높다. 그 다음은 혈암

으로 W1 값이 0.508-0.555, W2 값이 0.820-0.851을 보인다. 편마암의 W1 값은 0.411-0.470, W2 값은 0.746-0.826, 화강암의 W1값은 0.435-0.411, W2값은 0.816-0.818을 보인다. 현무암의 W1 값은 0.409-0.458, W2 값은 0.755-0.773의 값을 보인다. 이들을 FfitzPatrik (1983)의 주요 광물에 대한 화학 조성으로부터 산출된 W1과 W2 값의 분포를 비교해 보면 그 분포 양상이 비슷하다.

모암의 W1 값이 0.41 이상, W2 값이 0.74 이상으로 장석의 풍화 지수보다 높다. 점토 광물의 경우 풍화가 극단적으로 진행된 김사이트 W1 값이 0과 W2 값 0을 향하여 몽모리로나이트-카올리나이트-김사이트의 순으로 풍화가 진행되는 것을 알 수 있다. 석영의 W2 1.0을 향하는 풍화는 화학적 풍화보다는 암석의 물리적 풍화의 진전으로 보는 양상이다 (Kronberg and Nesbitt, 1981).

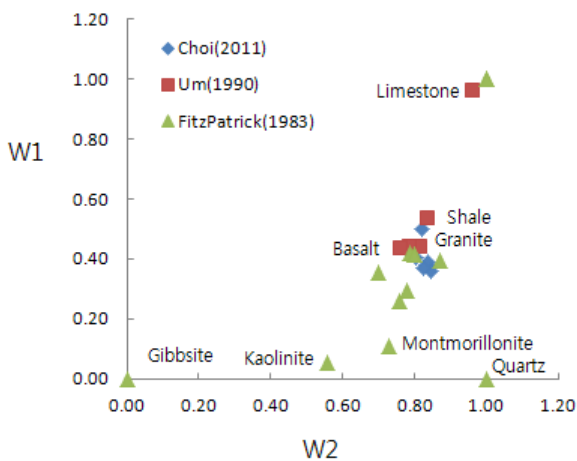


Fig. 1. Weathering index of parent rocks. Data were obtained from Choi (2011), Um(1990) and compared with PitzPatrick (1983).

모재에 따른 대표 토양의 풍화 지수 Table 2, 3과 4는 토양 단면의 A, B 및 C 층의 화학 조성과 풍화 지수이다. 대표 토양 A층의 SiO₂의 함량은 평균 42.32로 19.45에서 52.45의 범위를 보이며, Al₂O₃와 Fe₂O₃인 R₂O₃의 함량은 40.18로 30.20에서 52.50의 범위를 보인다. 이에 따른 규산-철반비 (SiO₂/R₂O₃)는 0.40에서 1.64의 범위를 보인다. W1 값은 평균 0.09로 0.01에서 0.18의 값을, W2 값은 평균 0.60으로 0.40에서 0.73의 범위를 보인다. B 층 토양의 SiO₂의 함량은 평균 44.28로 20.96에서 53.46의 범위를 보이며, Al₂O₃와 Fe₂O₃의 합인 R₂O₃의 함량은 39.48로 31.21에

Table 2. Chemical composition and weathering index of the A horizon clay of the typical soils of Korea.

Parent material	n	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	W1	W2	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃
Granite	10	42.05 (38.29-45.01)	31.54 (25.48-35.42)	9.01 (6.86-10.82)	1.76 (0.05-3.54)	1.09 (0.32-2.44)	0.86 (0.02-2.56)	0.077 (0.03-0.11)	0.587 (0.54-0.65)	1.349 (1.14-1.77)	1.044 (0.83-1.26)
Gneiss	6	41.41 (40.31-43.93)	34.53 (31.02-35.93)	8.70 (6.74-11.01)	2.09 (0.18-3.10)	1.15 (0.63-2.20)	0.69 (0.05-3.65)	0.075 (0.05-0.11)	0.562 (0.54-0.60)	1.205 (1.13-1.42)	0.959 (0.91-1.05)
Porphyry	5	48.24 (45.10-52.09)	28.41 (20.89-31.20)	8.42 (7.40-10.93)	0.82 (0.12-3.44)	2.04 (0.82-2.70)	1.59 (0.04-3.10)	0.081 (0.01-0.14)	0.641 (0.60-0.73)	1.750 (1.45-2.49)	1.322 (1.17-1.64)
Shale	5	49.15 (45.19-52.45)	26.89 (23.93-30.03)	9.15 (6.27-11.37)	2.95 (0.16-4.23)	1.98 (1.05-2.90)	0.56 (0.03-2.56)	0.12 (0.07-0.14)	0.66 (0.62-0.70)	1.85 (1.54-2.19)	1.37 (1.22-1.61)
Limestone	3	45.75 (41.06-48.55)	25.96 (22.07-29.92)	10.02 (7.31-11.48)	2.64 (0.11-4.72)	2.49 (0.85-4.39)	0.92 (0.05-2.66)	0.12 (0.08-0.18)	0.66 (0.63-0.67)	1.77 (1.62-1.86)	1.27 (1.22-1.30)
Acidic rocks	6	44.08 (39.48-50.0)	30.32 (25.62-34.22)	9.91 (6.76-13.09)	1.45 (0.04-4.23)	1.70 (0.89-2.90)	1.83 (0.05-3.17)	0.10 (0.07-0.14)	0.61 (0.56-0.68)	1.48 (1.22-1.95)	1.11 (0.88-1.40)
Diluvial	4	42.58 (34.82-47.72)	29.86 (26.18-32.66)	12.30 (8.17-18.66)	0.84 (0.04-2.80)	1.45 (0.46-1.84)	1.49 (0.07-2.60)	0.07 (0.04-0.10)	0.60 (0.55-0.66)	1.44 (1.18-1.82)	1.03 (0.72-1.23)
Alluvial	3	43.67 (42.94-44.21)	31.00 (29.54-32.22)	8.79 (8.41-9.23)	0.10 (0.04-0.13)	1.41 (1.22-1.61)	2.34 (2.06-2.61)	0.07 (0.06-0.08)	0.60 (0.58-0.61)	1.41 (1.33-1.48)	1.10 (1.04-1.15)
Fluvio marine	11	46.45 (43.27-49.00)	28.77 (23.50-34.55)	8.69 (6.81-10.71)	0.30 (0.00-1.72)	1.22 (0.09-1.80)	2.57 (tr-3.80)	0.09 (0.05-0.14)	0.63 (0.57-0.69)	1.66 (1.29-2.07)	1.26 (1.07-1.48)
Ar. FMT*	1	43.95	29.88	8.22	1.86	1.49	1.86	0.11	0.62	1.47	1.15
Volcanic ash	9	27.83 (19.45-39.24)	30.26 (28.15-32.95)	15.92 (12.11-22.51)	0.23 (0.04-0.66)	1.01 (0.30-3.31)	1.68 (0.47-3.21)	0.06 (0.02-0.11)	0.49 (0.42-0.60)	0.92 (0.69-1.38)	0.61 (0.40-0.92)
Basaltic terrace	3	36.26 (23.80-44.42)	32.77 (29.80-38.50)	11.43 (10.94-12.11)	1.20 (0.12-2.32)	1.19 (0.28-2.29)	1.34 (0.12-2.88)	0.07 (0.05-0.09)	0.54 (0.40-0.61)	1.15 (0.62-1.48)	0.84 (0.48-1.05)
Mean	66	42.32 (19.45-52.45)	29.99 (20.89-38.5)	10.02 (6.75-22.51)	1.27 (tr-4.72)	1.44 (0.09-4.39)	1.49 (tr-3.80)	0.09 (0.01-0.18)	0.60 (0.40-0.73)	1.48 (0.62-2.49)	1.08 (0.40-1.64)

* Ar. FMT : archeo fluvio marine terrace (Chundo series)

서 55.84의 범위를 보인다. 이에 따른 규산-철반비 (SiO₂/R₂O₃)는 0.78에서 1.09의 범위를 보인다. 이에 따른 W1 값은 평균 0.10로 0.01에서 0.17의 값을, W2 값은 평균 0.62로 0.37에서 0.71의 범위를 보인다. C층의 SiO₂의 함량은 평균 43.69로 19.00에서 52.03의 범위를 보이며, Al₂O₃와 Fe₂O₃인 R₂O₃의 함량은 40.67로 30.69에서 54.63의 범위를 보인다. 규산-철반비 (SiO₂/R₂O₃)는 0.35에서 1.46의 범위를 보인다. 이에 따른 W1 값은 평균 0.09로 0.01에서 0.16의 값을, W2 값은 평균 0.60으로 0.35서 0.69의 범위를 보인다. 이 조사 결과 풍화 지수의 평균 값만 보면 B 층의 풍화 지수는 C 층의 풍화 지수와 큰 차이가 없고, A 층의 풍화 지수는 B 층의 풍화 지수보다 조금 낮으나, 그 차이는 크지 않다.

용탈 화강암을 모재로 한 잔적 토양의 풍화 지수 W1 값과 W2 값은 각각 0.08, 0.59를 보인다. 화강 편마암을 모재로 한 토양도 이와 비슷한 0.09, 0.58의 값을 보이며, 반암을 모재로 한 토양의 W1 값은 0.07로 이들보다 낮고, W2 값은 0.61로 조금 높다. 석회암을 모재로 한 토양의 경우 W1 값과 W2 값이 각각 0.12, 0.66으로 높고, 혈암의 경우도 이

와 비슷하다. 산성암에서 유래한 봉적, 층적 토양의 W1 값과 W2 값은 각각 0.10과 0.61로 화강암 또는 화강 편마암 잔적 토양보다 높다. 홍적 대지 토양과 하성 층적토의 W1 값과 W2은 각각 0.07과 0.60으로 비슷하고, 하해혼성토의 W1 값과 W2 값은 각각 0.09와 0.63으로 이들보다 조금 높다. 용암류 대지 토양의 W1 값과 W2 값은 0.07과 0.54로 낮으며, 화산회토의 W1 값과 W2 값이 0.06과 0.49로 가장 낮다. 이러한 W1과 W2 값의 경향은 모재의 풍화 정도를 전형적으로 나타내고 있는 것으로 보인다.

토양의 풍화 과정은 토층의 발달이 위에서부터 A - B 층의 순서로 이루어지는 토양 생성 작용과 달리, 모암으로부터 풍화되어 모재인 C 층에서 시작하여, 위 방향으로 진행되는 특성이 있다. 이의 특성을 Fig. 2에서 보면 기울기가 크면 물리적 풍화가 강하게 작용하며, 기울기가 작으면 화학적 풍화가 강하게 작용하는 것으로 해석할 수 있다. 이 그림에 의하면 기울기의 크기가 C 층, B 층, A 층의 순서로 커서, 위 경향을 반영하고 있다고 볼 수 있다.

토양 생성 발달에 의한 토층 분화가 이루어지고 있는 B

Table 3. Weathering index of the B horizon clay of the typical soils of Korea.

Parent material	n	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	W1	W2	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃
Granite	13	42.23 (34.68-47.48)	31.61 (27.20-34.43)	9.48 (5.43-13.04)	2.03 (0.02-3.65)	1.00 (0.26-1.87)	0.11 (tr-0.60)	0.60 (0.04-2.48)	0.08 (0.04-0.11)	0.59 (0.52-0.65)	1.35 (1.03-1.75)	1.01 (0.81-1.24)
Gneiss	5	42.06 (38.77-45.18)	32.56 (28.98-34.47)	8.64 (7.15-10.38)	2.23 (0.29-3.14)	1.12 (0.61-1.63)	0.08 (0.01-0.14)	0.80 (0.07-3.55)	0.09 (0.05-0.10)	0.58 (0.54-0.62)	1.30 (1.12-1.56)	1.02 (0.89-1.15)
Porphyry	8	45.95 (43.13-50.30)	31.32 (28.15-33.90)	8.13 (7.80-8.76)	0.16 (0.02-0.43)	1.68 (0.41-2.51)	0.08 (0.04-0.12)	2.10 (1.22-3.00)	0.07 (0.04-0.09)	0.61 (0.57-0.64)	1.47 (1.31-1.67)	1.17 (1.06-1.31)
Shale	12	48.53 (38.51-53.46)	27.72 (22.50-31.98)	9.85 (7.10-12.57)	2.84 (0.13-4.88)	1.91 (0.88-2.64)	0.27 (0.01-0.68)	0.65 (0.03-2.57)	0.11 (0.01-0.17)	0.65 (0.56-0.71)	1.79 (1.20-2.32)	1.31 (0.86-1.64)
Lime stone	5	46.15 (44.82-49.03)	27.13 (22.08-36.61)	11.83 (9.13-14.15)	2.37 (0.24-4.16)	2.15 (0.81-3.17)	0.23 (0.12-0.47)	0.97 (0.06-2.39)	0.11 (0.06-0.16)	0.65 (0.56-0.69)	1.76 (1.22-2.06)	1.19 (0.98-1.30)
Acidic rocks	8	45.36 (38.64-51.40)	29.57 (24.13-34.40)	9.44 (5.21-13.74)	2.12 (0.09-4.55)	1.71 (1.02-2.64)	0.34 (0.05-0.61)	1.13 (0.11-2.61)	0.10 (0.04-0.16)	0.62 (0.57-0.68)	1.57 (1.23-1.98)	1.18 (0.86-1.45)
Diluvial	6	45.75 (35.35-48.89)	27.23 (24.95-30.06)	12.23 (8.86-17.39)	1.44 (0.15-2.88)	1.37 (0.44-1.90)	0.25 (0.00-1.16)	1.02 (0.09-2.70)	0.08 (0.04-0.11)	0.64 (0.55-0.67)	1.69 (1.18-1.95)	1.18 (0.74-1.31)
Alluvium	3	45.42 (43.51-47.25)	29.48 (28.91-30.39)	7.94 (7.32-9.01)	0.43 (0.09-1.05)	1.60 (1.50-1.78)	0.02 (tr0-0.03)	2.49 (2.35-2.61)	0.09 (0.08-0.10)	0.62 (0.61-0.63)	1.54 (1.43-1.62)	1.22 (1.10-1.30)
Fluvio marine	17	46.99 (43.05-51.00)	25.88 (21.20-32.96)	11.28 (5.04-18.40)	0.22 (0.00-1.59)	1.07 (0.05-2.24)	0.08 (0.00-0.56)	2.88 (0.06-4.40)	0.11 (0.05-0.17)	0.66 (0.59-0.71)	1.85 (1.37-2.23)	1.28 (1.01-1.54)
Ar. FMT	2	44.16 (43.74-44.58)	30.36 (29.82-30.90)	8.31 (8.04-8.57)	2.51 (2.35-2.66)	1.38 (1.25-1.51)	0.07 (0.06-0.07)	2.51 (2.35-2.66)	0.14 (0.14-0.15)	0.62 (0.61-0.62)	1.46 (1.42-1.49)	1.14 (1.12-1.16)
volcanic ash	6	29.57 (20.96-40.53)	32.36 (28.91-36.72)	13.88 (12.04-19.12)	0.08 (0.02-0.24)	0.83 (0.15-1.25)	0.07 (0.01-0.22)	2.22 (0.37-3.51)	0.07 (0.01-0.10)	0.49 (0.37-0.60)	0.93 (0.57-1.40)	0.65 (0.38-0.95)
Basaltic AC	5	40.05 (31.72-42.87)	29.78 (28.70-31.52)	11.18 (10.15-12.36)	0.63 (0.01-2.16)	1.13 (0.30-2.06)	0.04 (0.02-0.09)	2.16 (0.10-3.32)	0.09 (0.05-0.11)	0.59 (0.52-0.62)	1.35 (1.01-1.49)	0.98 (0.75-1.09)
Mean	80	44.28 (20.96-53.46)	29.98 (29.18-36.72)	10.30 (5.04-19.12)	1.44 (tr-4.88)	1.40 (0.05-3.17)	0.15 (tr-1.16)	1.59 (0.03-4.40)	0.10 (0.01-0.17)	0.62 (0.37-0.71)	1.56 (0.57-2.32)	1.14 (0.38-1.64)

* Ar. FMT : Archeo fluvio marine terrace (Chundo series)

층의 풍화 지수를 모재별로 구분하여 보면 Fig. 3과 같은 전형을 나타내고 있다. 즉, W1과 W2의 기울기 크기가 잔적토 중에서 석회암을 모재로 한 토양이 가장 크며, 화강암을 모재로 한 토양의 가장 낮으며 (Fig. 3(a)), 하성 충적토나 하해 혼성 충적토는 이들의 중간을 보인다 (Fig. 3(b)).

이러한 정형을 보인다는 것은 같은 모재 내에서 일정한 풍화 연쇄 계열을 보인다는 것을 의미하며, 시간 계열의 존재를 시사하는 것이다. 이 논문에서 각 토양의 개별 자료는 제시하고 있지 않으나, 예를 들어 지형 카테나의 하나로 (NIAST, 2001), 삼각-송정-전남-광산으로 이어지는 화강암 유래토 카테나의 풍화 지수의 크기는 전남 ≈ 광산>송정>예산≈삼각의 경향을 보인다. 홍적 대지 토양의 카테나의 경우 풍화 지수 크기의 순서가 장파>화동>극락>용수의 순서를 보인다. 산성암 봉적토의 경우에는 연곡>부곡>각화>월곡의 순서를 보인다. 이러한 점은 우리나라 토양에서 W1 값과 W2 값으로 보았을 때, 풍화 계열 연쇄의 존재를 의미하는 것으로 해석된다.

한편, 고(古) 하해 혼성토 (Archeo fluvio marine soil)인 춘도통의 B 층의 풍화 지수 W1 값과 W2 값이 각각 0.14,

0.62로 다른 하해 혼성토의 계열로부터 떨어져 나와 있다 (Fig. 3(b)). 이는 춘도통의 풍화 환경이 다른 적황색 포드졸성 토양과 달랐음을 의미한다. 즉, 다른 대지 토양이나 잔적 토양들의 생성 연대가 길고, 고온 다습 환경에서 용탈 작용을 장기간 받아 철 및 알루미늄 함량이 낮아진데 반하여, 춘도통은 바닷물의 영향을 받으면서 퇴적된 뒤, 지표면과 해면과의 표고차가 크지 않고, 안정 지면을 장기간 유지했기 때문에 용탈 기회가 적었다고 볼 수 있다. 춘도통은 대지 지형을 이루고 있으나, 토성으로 보아도 다른 홍적토보다는 퇴적 연대가 짧고, 풍화 정도가 미진한 토양이다. 이 토양은 다른 홍적토와 같이 대지에 발달한 토양으로 전형적인 홍적토는 홍적세 하성 퇴적층 적색 또는 적갈색이거나 혹은 담수에 의한 황색화된 중식질에 비하여 춘도통은 홍적세에서 현세층보다는 오래된 해성 또는 하해 혼성 퇴적층 또는 갯벌층이 약간 융기되어 현재 대지를 이룬 형태의 특이한 토양이다. 춘도통은 점토 함량이 약간 낮으며, 특히 표토의 점토 함량이 다른 홍적 대지 토양보다 낮고, 칼슘 함량이 높

Table 4. Weathering index of the C horizon clay of the typical soils of Korea.

Parent material	n	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	W1	W2	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃
Granite	8	43.10 (39.49-46.09)	32.38 (28.76-34.64)	8.62 (4.86-13.72)	1.59 (0.19-4.10)	1.14 (0.40-1.74)	0.16 (tr-0.60)	1.04 (0.05-2.84)	0.07 (0.04-0.12)	0.59 (0.55-0.63)	1.34 (1.17-1.60)	1.06 (0.85-1.16)
Gneiss	9	40.76 (37.56-44.96)	35.48 (31.61-39.05)	9.01 (5.76-11.04)	1.49 (0.21-3.25)	0.85 (0.28-1.39)	0.11 (0.01-0.23)	0.92 (0.04-4.03)	0.06 (0.03-0.11)	0.55 (0.52-0.60)	1.16 (1.03-1.42)	0.92 (0.81-1.08)
Porphyry	2	47.60 (44.70-50.50)	31.20 (29.60-32.80)	7.60 (7.50-7.70)	0.10 (0.08-0.11)	1.75 (1.70-1.80)	0.05 (0.04-0.06)	3.10 (2.80-3.40)	0.09 (0.08-0.11)	0.62 (0.59-0.65)	1.53 (1.36-1.71)	1.23 (1.11-1.35)
Shale	4	50.30 (47.38-52.03)	26.85 (23.93-31.46)	9.11 (6.76-11.11)	3.77 (2.79-4.83)	2.20 (1.71-2.57)	0.14 (0.01-0.34)	0.07 (0.04-0.12)	0.13 (0.10-0.15)	0.67 (0.62-0.69)	1.90 (1.51-2.14)	1.40 (1.24-1.46)
Acidic	1	44.83	29.73	10.67	0.05	2.51	0.09	3.14	0.10	0.62	1.51	1.11
Limestone	1	44.27	23.32	14.97	4.46	3.07	0.26	0.06	0.16	0.68	1.90	1.16
Fluvio-marine terrace	1	44.09	28.04	13.60	2.37	1.50	0.19	0.10	0.08	0.62	1.57	1.06
Alluvium	1	44.40	30.45	11.05	0.03	1.38	0.03	176	0.06	0.60	1.46	1.07
Fluvio marine	13	46.66 (44.25-48.90)	26.65 (22.70-31.30)	10.87 (7.83-13.90)	0.37 (tr-3.52)	1.70 (0.08-2.61)	0.07 (tr-0.23)	2.88 (0.03-3.90)	0.11 (0.06-0.15)	0.65 (0.60-0.69)	1.78 (1.44-2.06)	1.25 (1.07-1.46)
Ar. FMT	1	46.84	34.60	4.54	2.31	0.98	0.19	2.31	0.12	0.60	1.35	1.20
Volcanic ash	2	21.37 (19.00-23.73)	34.38 (32.68-36.08)	16.77 (14.99-18.55)	0.11 (0.02-0.19)	0.69 (0.25-1.12)	0.07 (0.04-0.10)	1.20 (0.35-2.05)	0.04 (0.01-0.06)	0.40 (0.35-0.44)	0.63 (0.53-0.73)	0.42 (0.35-0.50)
Mean	48	43.69 (19.00-52.03)	30.08 (22.70-39.05)	10.49 (4.54-18.55)	1.34 (tr-4.83)	1.48 (0.08-3.07)	0.12 (tr-0.60)	1.57 (0.03-4.03)	0.09 (0.01-0.16)	0.60 (0.35-0.69)	1.48 (0.53-2.14)	1.09 (0.35-1.46)

* Ar. FMT : Archeo fluvio marine terrace (Chundo series)

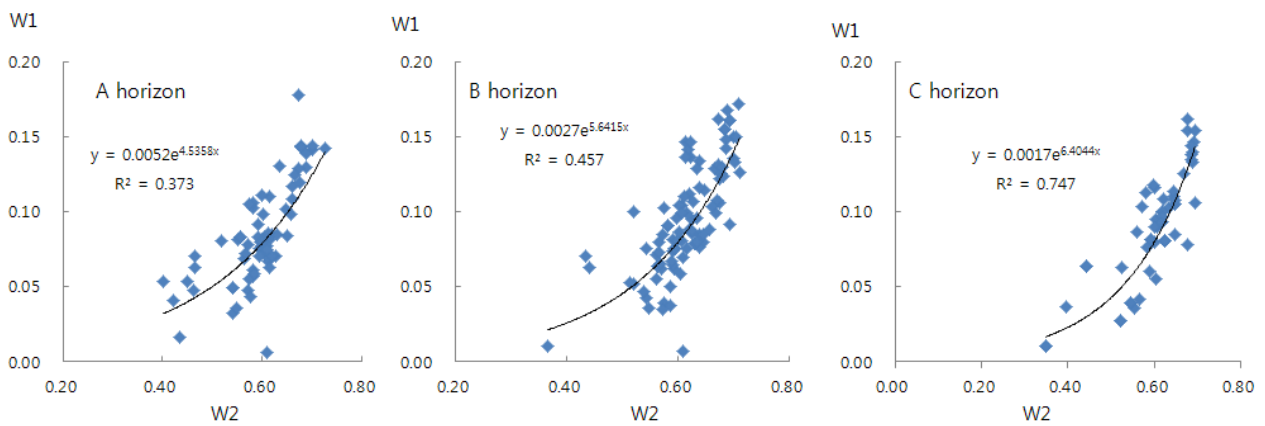


Fig. 2. Relationship between W1 and W2 for different soil horizons of the typical pedons of Korean soils.

다. 이 토양의 형태 및 생성학적 특징이 Um (1978)의 보고에 잘 나타나 있는데, 이 자료에 의하면, 다른 홍적 대지에서 발달한 적황색토들은 점토의 이동에 의해 미사/점토의 비가 1 이하인 층이 존재하는데, 춘도통에서는 전층위를 통해 거의 일정한 비율을 보인다. 또한, A층에서 B 층으로 이동한 점토의 양과 A 및 B 층에 형성된 점토의 양의 관계가 평창, 평안, 시레, 반천 등 전형적인 홍적대지 토양의 특성이 아닌, 각화 송정, 오산 등 붕적층 토양의 특성에 가까운 특징을 보이고 있다. 그러나, 점토 함량에 따른 양이온 교환

용량도 다른 적황색토와는 다른 양상을 보이고 있다. 이 연구에서 풍화 지수가 다른 토양과는 전혀 다른 모양에 가까운 특징을 보인 것과 함께, 토양 생성학적 연구 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

따라서, 우리나라 전체 토양의 생성학적 특징을 알아내고, 특이한 해석하기 위해 우리나라 대표 토양의 추가적인 분석 항목의 새로운 분석이 필요할 것으로 생각된다. 또한, 이 연구에서 검토된 바 있는 풍화 계열의 존재로부터, 시간 계열의 재확인을 이룬 새로운 분석 자료로부터 구체적으

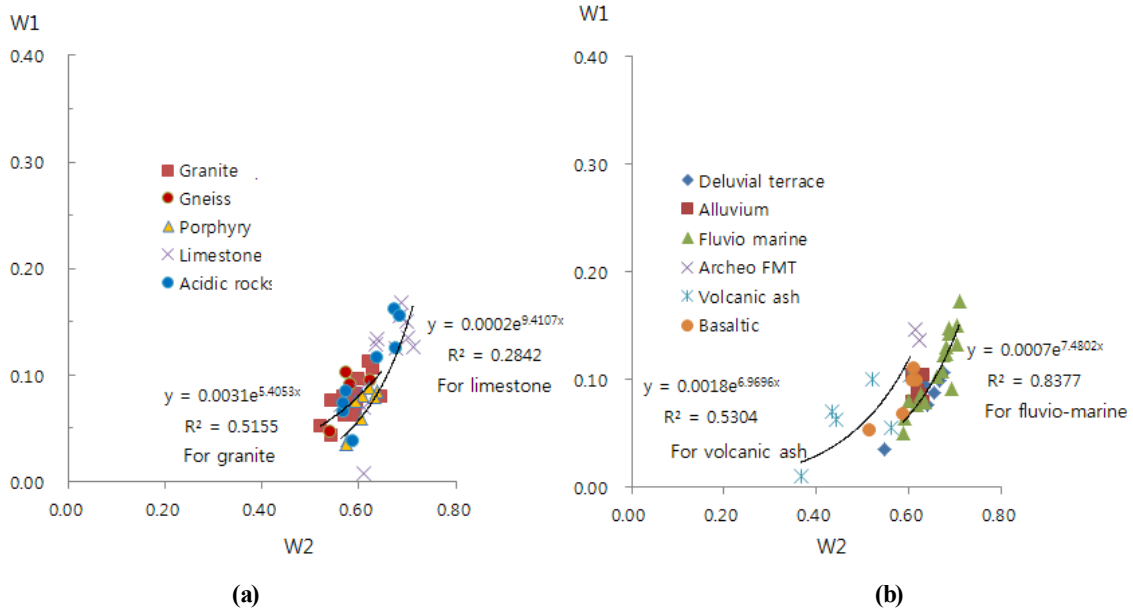


Fig. 3. Weathering index W1 and W2 of the B horizon soils derived from different parent materials.

로 검토될 수 있을 것으로 생각된다.

Conclusion

토양의 풍화 정도 파악은 토양의 생성 발달을 이해하는데 중요한 실마리가 된다. 우리나라에서 지질학 분야에서 암석의 풍화에 대해서는 많이 연구 되어 왔지만, 지표의 토양에 대한 풍화에 대한 분석은 아직 없다. 이 연구에서 우리나라 토양의 풍화 정도를 이해하기 위하여 주요 대표 토양 단면에 대한 점토의 화학 조성으로부터 Kronberg and Nesbitt (1981)의 방법에 의하여 풍화 지수를 산출하여 풍화 정도를 분석 평가해 보고자 하였다. 분석 자료는 한국의 대표 토양 단면에 대한 분석 성적이 수록되어 있는 Taxonomical Classification of Korean Soils (NIAST, 1999)에서 점토의 화학 조성 자료가 제시되어 있는 49개 토양통의 단면 분석 자료를 추출하였다. 이로부터 Kronberg and Nesbitt (1981)의 화학 변화 지수 W1과, 규소 산화물 우점 지수 W2를 산출하여 모암별로 비교 분석하였다. 그 결과 풍화 지수 W1과 W2의 관계를 도표로 구성해 보면, A층과 B 층 그리고 C 층에서 각각 일정한 관계를 보인다. 풍화 지수가 가장 높은 토양은 하해 혼성토인 김해룡이었다. 모재별로 보면, 석회암을 모재로 발달한 토양들에서 가장 높았고, 반암 유래 잔적토에서 가장 낮았다. 같은 모재에서 발달한 토양 사이에 일정한 계열성을 나타내고 있다. 이 결과로 보아 우리나라 대표 토양 폐둔 사이에 풍화 계열성을 볼 수 있어 이에 대한 보다 구체적인 연구가 필요하며, 지형 카테나와의 관련성을 밝혀내야 할 것으로 판단된다. 특히 우리나라 토양 중 풍화 지수가 특이한 형태를 보이는 춘도동에 대한 토양 생성학적 해석이 요구된

다. 이를 위하여, 전반적으로 우리나라 391개 전체 대표 단면의 표준 시료에 대한 분석이 이루어져야 할 것을 제안한다.

References

Baek, H. and J.C. Kwak. 2000. Changes in the engineering geological properties of domestic gneiss due to weathering. J. Kor. Soc. Min. Energy Res. Eng. 37(4):262-271.

Choi, J. 1986. The surface properties of major clay mineralogy produced in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 19(3):195-203.

Choi, E., K. 2011. A Study on the chemical index of alteration (CIA) and geotechnical properties of igneous rocks by weathering. Ph. D. Thesis. Department of Geology, Graduate School, Pusan National University.

Choi, D.U., K.T. Um, and Y.H. Shin. 1973. A study on clay mineralogical characteristics of Jeondanto. Korean J. Soil Sci. Fert. 6(1):32-34.

FitzPatrick, E.A. 1983. Soils, their formation, classification and distribution. Longman. pp353.

Hwang, J.V, M. I. Jang. 1994. Characterization and Genesis of the clay minerals in weathering products from the Guweol Mountain area, Pusan. Korean J. Soil Sci. Fert. 27(3):148-167.

Jung, Y.S. 1992. Soil science inference obtained from the Jeongog-Ri old stone age excavation site. In Soil and Archeology (Choi and Jung, 1992). Kangwon Nat. University Press: 243-256.

Jung, Y.S., and S.K. Ha. 2013. Fundamental and Application of Soil Science for Agriculture and Environment. Kangwon National University Press. pp368.

Jung, P.K. and S.H. Yoo. 1994. Genesis and mineralogical characteristics of acid sulfate soils in Kimhae plain. II. Genesis

- and distribution of the clay minerals. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 27(3):168-178.
- Jung, S.J, T.S. Kim, Y.H. Kim, and J. Moon. 1990. Topographical characteristic, formation and classification of soils developed in limestone. II. Clay mineralogical properties, formation and classification of limestone soils from Yeongweol area of Gangweon-do. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 23(1):1-7.
- Kim, Y. R. 2012. Chemical weathering trend of granitic rock in Hwangtohyun, Korea. *J. Korean Association of Regional Geography.* 18(1):17-26.
- Kim, T.S. 1985. Study on the clay minerals in the basaltic soil. *KSSSF* 18(3):233-239
- Kronsberg B.I. and, H.W. Nesbit. 1981. Quantification of weathering, soil geochemistry and soil fertility. *J. Soil Sci.* 32(3):453-459.
- Lee, G.R. 2004. Weathering properties in deposits of fluvial terrace at Bukhan River, Central Korea. *J. Kor. Geogr. Soc.* 39(3):425-443.
- Lee, S.H. and S.J. Kim. 2001. 2001. Element mobility during the weathering of granitic gneiss in the Yoogoo area, Korea. *J. Mineralogy Soc. Korea* 14:39-51.
- Lee, C.H., M.S. Lee, and M. Suh. 2005. Safety interpretation of the discontinuity and weathering characteristics of Gaheungri triple Buddha statue, Korea. *J. Geol. Soc. Kor.*4(1):401-413.
- NIAST. 1999. Taxonomical classification of Korean soils. National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration:pp.809.
- NIAST. 2001. Soil Environment Information System - Training Text for Information Project:pp 239.
- NIAST, KSSSF. 2013. Dictionary of soil science and fertilizer terms, NIAST, RDA:376.
- Park, S.Y. and S.K. Lee. 2009. Probing atomic structure of quaternary aluminosilicate gneiss using solid state NMR. *J. Min. Soc. Kor.* 22(4):343-352.
- Shim, S.C., T.S. Kim, H.K. Lee, and K.T. Song. 1974. The clay mineralogy of some low productive soils in Gyeonggi-Do. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 7(3):127-135.
- Um, M.H. 1991. Genesis and characteristics of the soil clay minerals derived from major parent rocks in Korea. Ph. D. Thesis. The Graduate School, Kangweon N. University: pp103.
- Um, M.H., P.K. Jung, K.T. Um, and H.S. Lim. 1993. Clay mineralogy of the soils derived from gray shale. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 26(1):1-9.
- Um, M.H., and T.S. Kim. 1991. Genesis and characteristics of the soil clay minerals derived from major parent rocks in Korea. II. Physical and chemical properties of the whole soils. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 24(2):79-85.
- Um, M.H., H.S. Lim, Y.H. Kim, and K.T. Um. 1991. Genesis and characteristics of the soil clay minerals derived from major parent rocks in Korea. I. Rock forming minerals and mineralogical characteristics of the parent rocks. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 24(1):1-9
- Zhang, Y.S., P.K. Jung, S.K. Kim, and I.S. Jo. 2001. The weathering and chemical composition of Young Residual Entisols in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34(6):373-379.
- Zhang, Y.S., Y.K. Sonn, C.W. Park, and B. K. Hyun. 2010. Clay activity and physical and properties of Korean soils with different clay minerals. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(6):837-843.