

한라산 자연휴식년제 등산로구간의 토양특성

Soil Properties of Restricted Trail in Mt. Halla National Park

고석형¹ · 고정균¹ · 강순석² · 박원표³ · 현해남³

¹제주특별자치도 환경자원연구원, ²제주지질연구소, ³제주대학교 생명자원과학대학

I. 서론

한라산 천연보호구역은 천연기념물 제182호(1966년) 및 국립공원(1970년)으로 지정되어 관리되고 있다. 또한 2002년에는 유네스코 생물권보전지역으로 지정되었으며, 2007년 6월에는 제31차 세계자연유산위원회에서 우리나라 최초로 세계자연유산으로 등재된 바 있다. 한라산국립공원 내 등산로 중 일정구간에 대한 자연휴식년제 도입은 지난 1986년 5월부터 서북벽등산로 2.0km를 시작으로 2008년 기준으로 총 14.8km가 지정되어 관리되고 있다. 지금까지도 이들 자연휴식년제 등산로구간에 대한 조사는 등산로유형에 따른 훼손 현황, 식생 및 식물상 연구가 수행되고 있으나 지질 및 토양분야에 대한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구를 위해서 제주도 정밀토양도와 기존 자료를 바탕으로 ArcGIS를 이용하여 한라산국립공원에 분포하는 토양통의 종류와 면적을 파악하였고, 한라산 자연휴식년제 등산로구간에 분포하는 토양의 이화학적 특성에 대하여 분석하였다. 조사항목으로는 토양 pH, 전기전도도, 유기물, 총질소, 유효인산, 치환성 K, 치환성 Ca, 치환성 Mg, 치환성 Na 등과 같은 화학적 성질과 용적밀도, 입자밀도, 공극률, 투수계수, 토양경도 등의 물리적 성질이다. 따라서 본 연구는 한라산국립공원 내 자연휴식년제 등산로구간의 토양조사를 통해 등산로의 효율적인 관리방안을 위한 기초 자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

II. 조사 및 분석 방법

1. 시료채취

본 조사를 위한 토양시료는 2009년 5월에 윗세오름~서

북벽 등산로(A), 정상순환로(B), 남벽 구 등산로~남벽분기점(C), 남벽분기점~남벽순환로(D) 및 돈내코 등산로(E) 자연휴식년제 구간을 대상으로 등산로 구간과 비등산로 구간으로 나누어서 표토(0~15cm)를 채취하였다(그림 1). 등산로 구간은 과거에 등산 출입이 허용되었던 곳으로 훼손된 지역을 말하며, 비등산로 구간은 훼손된 지역 주변 5m 이내의 훼손이 안 된 지역을 의미한다. 토양시료를 채취한 지점의 좌표는 표 1과 같다.

토양의 물리성을 측정하기 위한 용적밀도, 용적수분함량 및 투수계수의 토양시료는 100cm³ 스테인레스 원통을 이용하여 core sampler로 채취하였으며 밀봉을 한 후 실내에서 분석하였다. 토양의 화학성을 측정하기 위한 토양시료는 core sampler로 채취한 동일지점 내에서 표토를 채취하였다.

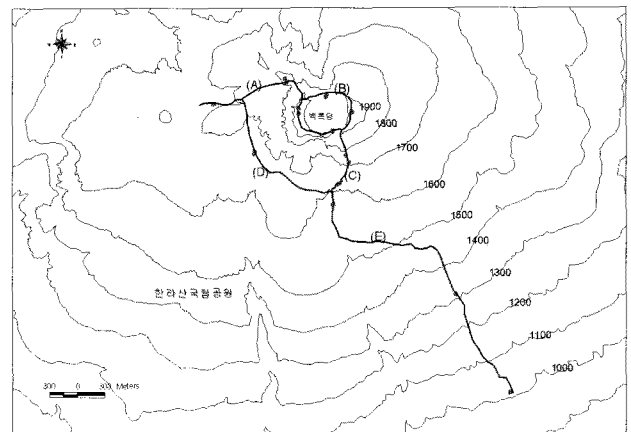


그림 1. 한라산 자연휴식년제 등산로구간 토양조사 및 시료채취 지점.
(— : 토양조사 구간, ● : 토양시료 채취지점)

표 1. 시료채취 지점의 좌표

조사 구간	표 기	시료채취 지점	좌 표					
			위 도		경 도			
(A)	A1	윗세오름 등산로	33°	21'	32."	126°	31'	17.7"
	A2	윗세오름 비등산로	33°	21'	32.3"	126°	31'	18.3"
	A3	장구목 등산로	33°	21'	39.5"	126°	31'	48.3"
	A4	장구목 비등산로	33°	21'	40.8"	126°	31'	47.8"
(B)	B1	서벽 등산로	33°	21'	30.7"	126°	31'	53.6"
	B2	서벽 비등산로	33°	21'	29.0"	126°	31'	53.5"
	B3	남벽 등산로	33°	21'	23.1"	126°	32'	07.6"
	B4	남벽 비등산로	33°	21'	23.4"	126°	32'	07.5"
	B5	동릉정상 등산로	33°	21'	29.6"	126°	32'	15.9"
	B6	동릉정상 비등산로	33°	21'	29.7"	126°	32'	15.4"
	B7	북벽 등산로	33°	21'	35.5"	126°	32'	05.1"
	B8	북벽 비등산로	33°	21'	34.7"	126°	32'	04.9"
(C)	C1	남벽(구) 등산로	33°	21'	15.1"	126°	32'	13.2"
	C2	남벽(구) 비등산로	33°	21'	12.5"	126°	32'	14.3"
(D)	D1	남벽분기점 등산로	33°	21'	05.3"	126°	32'	10.6"
	D2	남벽분기점 비등산로	33°	21'	05.0"	126°	32'	09.8"
	D3	남벽순환 등산로	33°	21'	16.1"	126°	31'	35.1"
	D4	남벽순환 비등산로	33°	21'	15.4"	126°	31'	35.0"
(E)	E1	돈내코 1,600m 등산로	33°	20'	58.1"	126°	32'	08.1"
	E2	돈내코 1,600m 비등산로	33°	20'	58.3"	126°	32'	08.2"
	E3	돈내코 1,300m 등산로	33°	20'	28.0"	126°	32'	59.2"
	E4	돈내코 1,300m 비등산로	33°	20'	27.9"	126°	32'	59.3"
	E5	돈내코 1,000m 등산로	33°	19'	54.7"	126°	33'	22.2"
	E6	돈내코 1,000m 비등산로	33°	19'	54.6"	126°	33'	22.1"

2. 분석방법

토양의 화학적 성질 분석은 채취한 시료를 풍건시킨 후 2mm 체에 통과된 토양시료를 사용하였다. 토양 pH는 토양 : 증류수의 비를 1 : 5로 하여 pH meter로 측정하였고, 전기 전도도는 pH를 측정하고 남은 여액을 Conductivity Meter를 이용하여 측정하였다. 토양 유기물함량은 Walkley and Black 법, 유효인산은 Lancaster법, 질소함량은 Kjeldahl법, 치환성 양이온은 1N ammonium acetate(pH 7.0)로 추출하여 원자 흡광분광광도계를 이용하여 측정하였다. 토양의 물리적 성질인 용적밀도는 core법, 입자밀도는 pycnometer법을 이용하여 측정하였다. 공극률은 용적밀도와 입자밀도를 이용하

여 구하였으며, 투수계수는 투수속도 측정기(DAIKI Co. Ltd.)를 사용하여 변수위법으로 측정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 토양분포 특성

제주도의 토양은 63개의 토양통으로 분류하고 있으며, 한라산국립공원에는 17개의 토양통이 분포되어 있는 것으로 파악되었다. 본 연구에서는 ArcGIS의 자료상의 153.656 m²의 면적을 이용하였으며 이 중에서 분포비율이 3% 이상인 토양통은 6개로 흑악통, 노로통, 토산통, 군산통, 적악통

및 논고동이었다. 전체적으로 흑악통과 노로통이 56%의 면적을 차지하고 있었으며, 일부 저지대에 토양통이 분포하지만 분포면적은 극히 적었다(표 2).

표 2. 한라산국립공원에 분포하는 토양통의 종류와 면적

토양통	면적(m ²)	분포(%)	비고
흑악통	67,566	44.0	갈색산림토
노로통	18,754	12.2	암적색산림토
토산통	17,263	11.2	갈색산림토
군산통	13,508	8.8	갈색산림토
적악통	12,388	8.1	갈색산림토
논고동	9,448	6.1	갈색산림토
한경통	3,834	2.5	흑색화산회토
평대통	3,137	2.0	흑색화산회토
하천범람지	5,853	3.8	
기타	1,905	1.3	

기타 : 구좌통, 금악통, 남원통, 민악통, 위미통, 제주통, 중문통, 중엄통, 한림통, 암석지

한라산 자연휴식년제 등산로구간에 분포하는 토양통을 살펴보면, 논고동은 백록담일대에 분포하며 그 주변으로는 암석지가 자리하고 있다. 군산통은 백록담 북벽에서 관음사, 어리목 및 남벽 구 등산로 방향으로 분포되어 있음을 알 수 있다. 흑악통은 동쪽 지역을 제외하고는 전체 지역에 골고루 분포되어 있으며 그 주변으로 노로통, 토산통, 적악통 및 군산통이 서로 겹쳐져서 분포하고 있다. 토산통은 백록담을 중심으로 동쪽 지역인 성판악 등산로 방향으로 분포하고 있으며, 노로통과 적악통은 서로 인접하여 남서 방향에 분포하고 있다.

2. 토양의 이화학적 특성

표 3에 한라산 자연휴식년제 등산로구간 토양의 이화학적 특성을 나타내었다. 전체적인 조사지의 토양 pH는 4.7~5.9 범위였다. 등산로의 평균 pH는 5.2, 비등산로는 5.1로 등산로의 평균 pH가 다소 높았으나 전국 산림토양의 평균 pH 5.5보다는 낮은 경향을 보였다. 전기전도도는 0.02~0.07 dS/m 범위였으며 등산로의 평균 전기전도도는 0.03 dS/m, 비등산로는 0.04 dS/m로 큰 차이가 없었다. 이와 같

은 농도는 작물생육에 대한 염류의 영향을 무시할 수 있다고 판단된다.

유기물함량은 1.6~34.5%, 질소함량은 0.15~1.60% 범위로 조사지점 간에 큰 차이를 보였다. 등산로의 평균 유기물함량은 9.4%, 비등산로는 13.3%로 비등산로의 평균 유기물함량이 높았다. 또한 등산로의 평균 질소함량은 0.50%, 비등산로는 0.65%로 비등산로의 평균 질소함량이 다소 높았다. 일반적으로 유기물함량이 높으면 질소함량도 높아지는 경향이 있는데 낙엽활엽수림대인 돈내코 1,300m 및 1,000m 지점은 유기물함량이 가장 높았던 곳으로 질소함량도 가장 높게 나타났다. 화산회토양은 유효인산함량이 매우 낮아 토양비옥도가 낮은 원인으로 알려져 있다. 조사지의 유효인산함량은 2~81 mg/kg 범위로 조사지점 간에 큰 차이를 보였다. 치환성 K, Ca, Mg 및 Na의 함량은 조사지점 간에 차이는 있었으나 대체적으로 함량이 매우 낮았다.

조사지의 용적밀도는 0.33~1.41 g/cm³ 범위였다. 등산로 및 비등산로의 평균 용적밀도는 0.84 g/cm³로 일반적인 화산회토의 용적밀도를 보였으며 전국 산림토양의 평균 용적밀도와도 차이가 없었다. 입자밀도는 1.77~2.70 g/cm³ 범위였으며 등산로의 평균 입자밀도는 2.42 g/cm³, 비등산로는 2.25 g/cm³로 등산로의 평균 입자밀도가 다소 높았다. 공극률은 일반토양에서 대체적으로 50% 내외이지만 화산회토양의 경우 70~80%에 달한다. 조사지의 공극률은 44~84% 범위였으며 등산로 및 비등산로의 평균 공극률은 64% 내외로 비슷한 수치를 나타냈다.

투수계수는 25~4752 cm/day 범위로 조사지점 간에 큰 차이를 보였다. 등산로의 평균 투수계수는 972 cm/day, 비등산로는 1726 cm/day로 비등산로의 평균 투수계수가 높았다. 이와 같이 비등산로의 투수계수가 높은 것은 등산객에 의한 답압이 없었으며 용적밀도가 낮고 공극률이 높아 물의 하향침투가 빠르기 때문이라고 판단된다. 토양경도는 9~21 mm 범위였으며 등산로의 평균 토양경도는 14.4 mm, 비등산로는 11.7 mm로 등산로의 평균 토양경도가 높았다. 일반적으로 山中식 경도계로 25 mm 이상이면 식물의 뿌리생육이 저해되고 18 mm 내외가 식물의 생육에 적합한 것으로 알려져 있다.

이와 같은 결과를 종합하면 한라산 자연휴식년제 등산로구간의 이화학적 성질은 조사지점 간에 다소 차이를 보였으나, 등산로와 비등산로 간에는 투수계수를 제외하고는 평

표 3. 한라산 자연휴식년제 등산로구간 토양의 이화학적 특성

Soil Sample	Bulk density (g/cm ³)	Particle density (g/cm ³)	Porosity (%)	Hydraulic conductivity	pH (1:5)	EC (uS/cm)	OM (%)	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol/kg)			
										K	Ca	Mg	Na
A1	0.94	2.70	65	83	5.36	23.0	4.57	0.25	2.0	0.04	0.13	0.03	0.15
A2	1.01	2.40	58	328	5.33	29.2	18.00	0.92	1.8	0.10	0.14	0.12	0.16
A3	1.00	2.55	61	25	5.78	27.2	3.12	0.44	81.3	0.33	3.96	0.80	0.37
A4	0.92	2.32	60	61	4.80	26.1	2.79	0.29	5.2	0.07	0.12	0.06	0.13
B1	1.10	2.54	57	731	4.66	19.5	5.21	0.26	11.4	0.06	0.07	0.04	0.14
B2	1.09	2.41	55	1358	5.89	30.4	7.49	0.34	10.7	0.16	1.53	0.54	0.13
B3	0.74	2.09	65	864	4.87	44.0	19.04	0.86	17.1	0.20	0.17	0.40	0.12
B4	1.17	2.41	51	1901	5.51	20.9	6.45	0.32	32.6	0.05	0.24	0.10	0.08
B5	0.84	2.60	68	731	5.07	27.1	13.33	0.58	10.8	0.07	1.20	0.10	0.13
B6	0.75	2.17	65	1901	4.67	38.5	11.99	0.70	17.3	0.15	0.05	0.12	0.13
B7	1.41	2.51	44	792	5.19	16.5	1.61	0.15	33.8	0.06	0.11	0.04	0.17
B8	1.22	2.53	52	1188	5.26	27.1	5.74	0.25	10.7	0.13	0.33	0.20	0.09
C1	1.03	2.69	62	864	5.28	17.9	3.39	0.21	8.9	0.04	0.09	0.03	0.11
C2	0.39	2.21	82	4752	5.07	50.3	16.19	0.79	16.7	0.21	1.12	0.34	0.27
D1	-	-	-	-	5.46	46.6	5.54	0.24	7.1	0.06	0.16	0.08	0.25
D2	-	-	-	-	5.27	36.5	16.89	0.66	5.7	0.10	0.10	0.10	0.12
D3	0.40	2.01	80	31	5.06	28.7	8.26	0.38	3.1	0.06	0.05	0.05	0.13
D4	0.84	2.15	61	1901	4.94	41.3	7.35	0.40	8.8	0.11	0.08	0.10	0.13
E1	0.94	2.40	61	238	5.13	23.8	5.91	0.34	5.1	0.04	0.05	0.03	0.11
E2	0.92	2.36	61	4752	5.20	26.8	8.66	0.40	5.3	0.09	0.08	0.07	0.22
E3	0.41	2.60	84	1584	4.92	48.8	22.87	1.04	17.9	0.24	0.09	0.29	0.13
E4	0.50	1.77	71	413	4.74	55.5	23.84	1.19	18.3	0.32	0.46	0.69	0.16
E5	0.39	1.93	80	4752	5.32	53.5	19.81	1.21	11.8	0.36	1.93	1.11	0.36
E6	0.33	1.98	83	432	4.79	67.9	34.49	1.60	21.0	0.57	0.47	0.62	0.23

균적으로 차이가 크지 않았다. 이는 자연휴식년제 실시로 인한 등산객의 통제와 지속적인 식생복원으로 인해 일부 지역을 제외한 등산로의 토양안정화가 이루어지고 있는 것으로 생각된다. 하지만 본 연구는 표토층만을 대상으로 한 것이므로 앞으로도 토양침식 방지 및 토양보전을 위해서 지속적인 모니터링 및 조사가 필요하다고 판단된다.

IV. 인용문헌

National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000.

Taxonomical classification of Korean soils. National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea.

고정근. 2005. 한라산의 훼손지 복구에 대한 재고. 조사연구보고서. 한라산연구소. 4:3~17

농촌진흥청 농업기술연구소. 1976. 제주도토양정밀도. 광명인쇄사.

이수욱. 1981. 한국의 삼림토양에 관한 연구(II). 한국임학회지. 54:25~35

제주도. 2000. 한라산 기초조사 및 보호관리계획수립. p.17~200

제주도민속자연사박물관. 2000. 제주토양 원색도감. p.118~131