

# 한라산국립공원 자연자원조사

2012. 12

제주특별자치도 한라산연구소

# 토양

조사위원 : 고석형, 강태우

## 1. 서론

## 2. 조사범위 및 방법

가. 시료채취

나. 분석방법

## 3. 결과 및 고찰

가. 한라산국립공원의 토양분포

나. 한라산국립공원의 토양통별 특성

다. 한라산국립공원 등산로별 토양특성

## 4. 요약

## 5. 참고문헌

## 1. 서론

제주도는 신생대에 형성된 섬으로 대한해협을 서남측에 위치하며 면적은 약 1,848km<sup>2</sup>에 달한다. 단면상으로는 해발고도 1,950m의 한라산 정상 중심을 한 원추형이며 한라산의 남·북사면은 경사가 급한 반면, 동·서사면은 비교적 완만한 경사를 이룬다(정과 양, 2006; 제주특별자치도, 2006).

제주도의 토양에 관한 조사는 농촌진흥청이 1962년부터 전국토양 개략조사의 일환으로 시작되었다. 이 조사는 정밀토양조사를 위한 기초 자료를 얻기 위해 개략 조사사업을 시작한 것이며, 1969년에 중산간지역 일부와 서귀포시를 대상으로 진행되었다. 본격적인 정밀토양조사는 1974년에 제주도청과 제주도농촌진흥원의 협조 하에 시작되어 해발 400m 이하의 토양을 대상으로 조사하였고, 1975년에 해발 700m 이상인 산악지와 추자군도를 대상으로 정밀토양조사를 실시하였다. 1975년에 완료된 제주도 정밀토양조사 결과에 의하면 제주도의 토양은 5목 10아목 12대군 30아군 47속 64통으로 분류하였다(류와 송, 1984). 그 후 1999년에 Soil Taxonomy 개정판 발간으로 토양 분류단위와 분류기준이 대폭적으로 수정되면서 우리나라에서는 2000년에 Taxonomical classification of Korean soil을 발간하였으며, 제주도 토양을 Andisols 분류체계에 따라 재분류하였다(NIAST, 2000). 따라서 NIAST(2000)에 의한 제주도 토양은 6목 12아목 15대군 63통으로 분류되고 있다. 그러나 제주도 토양에서 Soil Taxonomy의 분류기준을 충족할 수 있는 자료가 부족한 실정이어서 이에 대한 추가 조사 및 연구가 진행되고 있다.

또한 산림청과 국립산림과학원은 1995년부터 2004년까지 전국의 산림을 대상으로 산림지리정보시스템(FGIS) 구축사업을 실시하였다. 제주도의 2005년말 임야면적은 907km<sup>2</sup>로서 약 67%에 해당하는 605km<sup>2</sup>의 산림토양을 조사하여 암석지를 제외한 10개 토양형이 분포하고 있는 것으로 보고하였다(정 등, 2004; 제주특별자치도, 2006).

우리나라에서의 토양조사는 개인 연구에 의하여 자료가 확보되는 것은 거의 불가능하여 국가적인 사업으로 진행되며, 부분적으로 여러 연구자들에 의해 부분적으로 수정되고 보완되는 것이 일반적이다. 과거의 제주도 토양조사는 경작지를 대상으로 조사하는 과정에서 일부 한라산국립공원 지역이 포함되었으나, 한라산국립공원에 한정되어 정밀토양조사를 진행시킨 연구는 드물다고 할 수 있다.

본 보고서는 제주도 정밀토양도와 기존 자료를 바탕으로 ArcGIS를 이용하

여 토색에 따른 제주도의 토양분포, 한라산국립공원에 분포하는 토양통의 면적과 비율 및 한라산국립공원에 분포하는 토양통의 특성에 대하여 파악하였다. 분석항목으로는 토양 pH, 전기전도도, 토양유기물, 총질소, 유효인산, 치환성 K, 치환성 Ca, 치환성 Mg, 치환성 Na, 양이온치환용량과 같은 화학적 성질과 토성을 파악하기 위한 입도분석의 물리적 성질이다. 따라서 본 조사 연구의 목적은 한라산국립공원 내 등산로 구간을 중심으로 한 토양조사 및 토양의 이화학적 성질을 통하여 한라산국립공원 자연자원의 효율적인 관리체계를 위한 기초 자료를 제시함에 있다.

## 2. 조사범위 및 방법

### 가. 시료채취

본 토양조사는 2012년 3월부터 수행되었으며 한라산국립공원에 위치한 어리목, 영실, 성판악, 관음사 및 돈내코 등산로를 중심으로 낙엽층을 제거한 후에 표토(0~15cm)와 심토(15~30cm)를 채취하였다. 시료채취 지점은 그림 1과 같으며 좌표는 표 1과 같다. 등산로 구간은 한라산국립공원에 한정하였으며 해발고도 100m 간격으로 토양시료를 채취하였다. 가급적이면 시료를 채취할 때 오차가  $\pm 10m$ 를 넘지 않도록 하였다. 등산로는 침목 및 석분 등으로 인하여 사실상 시료채취가 불가능한 지역이 많았으며 등산로를 주변으로 가급적이면 훼손이 안 된 지역에서 토양시료를 채취하였다. 토양시료는 총 102점을 채취하였다.

성판악 등산로 구간은 12지점에서 토양을 채취했으며 26격자에는 12번, 25격자에는 11, 10번, 24격자에는 9, 8번, 33격자에는 7, 6번, 32격자에는 5, 4, 3, 2번, 31격자에는 1번이 해당된다. 관음사 등산로 구간은 14지점에서 토양을 채취했으며 5격자에는 26, 25번, 14격자에는 24, 23번, 13격자에는 22, 21번, 22격자에는 20, 19, 18번, 31격자에는 17, 16, 15, 14, 13번이 해당된다. 어리목 등산로 구간은 10지점에서 토양을 채취했으며 20격자에는 44, 43번, 21격자에는 42, 41, 40번, 30격자에는 39, 38번, 31격자에는 37, 36, 35번이 해당된다. 영실 등산로 구간은 7지점에서 토양을 채취했으며 46격자에는 51번, 38격자에는 50, 49번, 39격자에는 48번, 30격자에는 47, 46, 45번이 해당된다. 돈내코 등산로 구간은 8지점에서 토양을 채취했으며 50격자에는 34번, 41격자에는 33, 32, 31, 30번, 40격자에는 29, 28번, 31격자에는 27번이 해당된다.

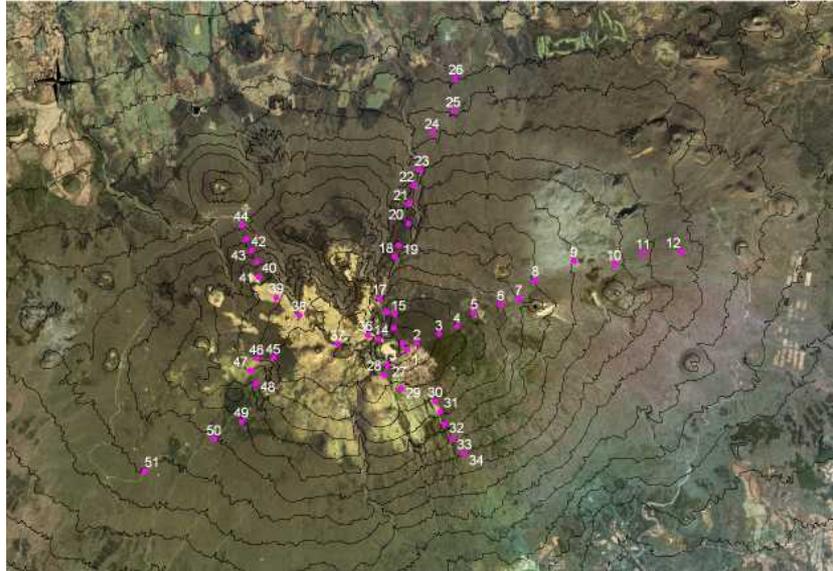
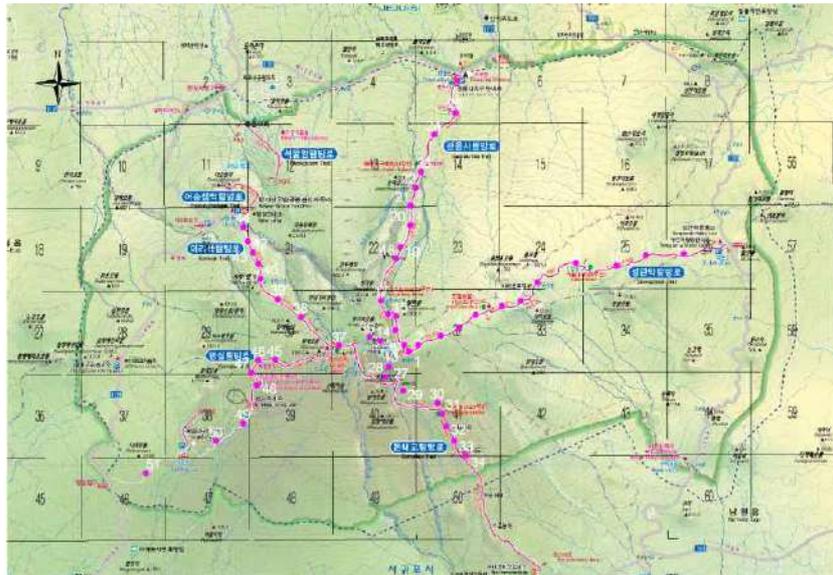


그림 1. 한라산국립공원 등산로 토양시료 채취지점

표 1. 시료채취 지점의 해발고도 및 좌표

시료채취 지점	표 기	해발고도(m)	TM좌표	
			X 좌표	Y 좌표
성판악 1900M	S-19	1903m	156850	35090
성판악 1800M	S-18	1808m	157087	35237
성판악 1700M	S-17	1702m	157624	35463
성판악 1600M	S-16	1603m	158051	35638
성판악 1500M	S-15	1514m	158465	35978
성판악 1400M	S-14	1408m	159106	36182
성판악 1300M	S-13	1309m	159546	36310
성판악 1200M	S-12	1204m	159942	36772
성판악 1100M	S-11	1111m	160877	37236
성판악 1000M	S-10	1022m	161856	37159
성판악 900M	S-9	927m	162558	37424
성판악 800M	S-8	838m	163472	37455
관음사 1900M	K-19	1905m	156741	35236
관음사 1800M	K-18	1800m	156542	35615
관음사 1700M	K-17	1698m	156548	35944
관음사 1600M	K-16	1597m	156354	35992
관음사 1500M	K-15	1511m	156189	36324
관음사 1400M	K-14	1401m	156551	37335
관음사 1300M	K-13	1326m	156654	37610
관음사 1200M	K-12	1203m	156885	38146
관음사 1100M	K-11	1108m	156902	38622
관음사 1000M	K-10	1008m	157012	39065
관음사 900M	K-9	897m	157149	39447
관음사 800M	K-8	801m	157459	40351
관음사 700M	K-7	707m	157979	40875
관음사 600M	K-6	596m	158015	41658
돈내코 남벽분기점	D-N	1607m	156378	34709
돈내코 1600M	D-16	1579m	156301	34474
돈내코 1500M	D-15	1528m	156714	34130
돈내코 1400M	D-14	1391m	157540	33835
돈내코 1300M	D-13	1321m	157652	33582
돈내코 1200M	D-12	1216m	157757	33271
돈내코 1100M	D-11	1116m	157941	32922
돈내코 1000M	D-10	1016m	158239	32562

표 1. 계속

시료채취 지점	표 기	해발고도(m)	TM좌표	
			X 좌표	Y 좌표
어리목 1900M	A-19	1908m	156171	35339
어리목 1800M	A-18	1796m	155912	35436
어리목 1700M	A-17	1692m	155180	35224
어리목 1600M	A-16	1587m	154261	35924
어리목 1500M	A-15	1493m	153705	36353
어리목 1400M	A-14	1388m	153289	36850
어리목 1300M	A-13	1291m	153233	37217
어리목 1200M	A-12	1194m	153101	37494
어리목 1100M	A-11	1096m	152971	37766
어리목 1000M	A-10	1009m	152864	38100
영실 1600M	Y-16	1387m	153080	34571
영실 1500M	Y-15	1507m	153233	34869
영실 1400M	Y-14	1613m	153631	34883
영실 1300M	Y-13	1298m	153198	34267
영실 1200M	Y-12	1201m	152858	33339
영실 1100M	Y-11	1104m	152202	32917
영실 1000M	Y-10	1004m	150520	32138

나. 분석방법

1) 토양의 화학적 성질

토양의 화학적 성질 조사를 위한 토양 시료는 채취한 시료를 풍건시킨 후 2mm 체에 통과된 것을 분석시료로 하여 다음과 같이 분석하였다. 토양 pH는 토양 : 증류수의 비를 1 : 5로 하여 토양 5g에 증류수 25ml를 첨가한 다음 진탕하여 pH meter(inoLab pH 730, Germany)를 이용하여 측정하였다. 전기전도도는 pH를 측정하고 남은 여액을 Conductivity Meter(CM-11P TOA Electronics Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였다. 토양 유기물함량은 Walkley and Black법으로 분석하였고, 유효인산은 Lancaster법으로 분광광도계 (Genesis-5, USA)를 이용하여 분석하였다. 질소함량은 토양시료를 황산으로 분해한 다음 Kjeldahl법으로 자동질소분석장치(Kjeltec analyzer unit, Foss, USA)를 이용하여 분석하였다. 치환성양이온은 1N ammonium acetate(pH 7.0)용액을 토양 : 침출액의 비를 1 : 10으로 하여 토양 5g에 1N ammonium

acetate용액 50ml를 가하여 30분간 진탕한 다음 여과하여 얻어진 여액을 원자 흡광분광광도계(SpectraA 220 FS, Varian, Australia)를 이용하여 분석하였다. 양이온치환용량은 1 N-NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0)로 포화하고 80% ethyl alcohol로 세척한 후 토양을 Kjeldahl 증류장치에 의해 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 함량을 정량하여 산출하였다.

## 2) 토양의 물리적 성질

입도분석은 풍건토양 10g을 평량하여 500ml Tall beaker에 담고, Tall beaker에 증류수를 300ml씩 가하고 30% 과산화수소를 25ml씩 가한 뒤 90℃로 가열된 전열판 위에서 가열하면서 유기물을 분해하였다. 원심분리병에 분산제 5% Sodium hexametaphosphate 10ml를 가한 후 약 18시간 정도를 진탕시키면서 완전히 분산시켰다. 이 후 Pipette법과 체분석을 이용하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 한라산국립공원의 토양분포

현재 전 세계적으로 토양분류체계가 하나로 확립되지 않고 있는 가운데 우리나라의 토양분류는 미국에서 창안된 방식을 사용하고 있다. 신토양분류법(Soil Taxonomy)에 의한 토양 분류체계는 목(order), 아목(suborder), 대군(great group), 아군(subgroup), 속(family), 통(series)으로 구성된다. 전 세계의 토양을 12개의 목으로 분류하였는데, 한라산 국립공원의 토양 목은 화산 분출물에 의해 형성된 토양으로 Andisols에 속한다. 아목은 Udands로 습윤 화산회토에 속하며 연중 대부분이 습윤한 상태를 유지하는 토양이다. 대군은 Fluvudands, Hapludands, Melanudands가 속한다. Fluvudands로 분류되는 토양통은 군산통, 흑악통, 토산통이며, Hapludands로 분류되는 토양통은 논고통, 노로통, 적악통이 있다. 이 외에 저지대에 많이 분포하는 Melanudands에 평대통과 한경통이 소규모로 분포되어 있다(표 2).

토양통은 토양분류 체계에서 가장 하위단위이며, 모재와 퇴적양식이 거의 같고 생성학적으로도 거의 같은 단면특성을 갖는 토양개체들은 토양통으로 분류된다. 토양통 이름은 그 토양통이 최초로 발견된 지역의 이름을 붙이는 것이 일반적이며, 한라산 국립공원 지역의 토양통도 최초 발견지점의 이름

이름을 사용한 것이 대부분이다.

표 2. 미국 농무부의 신토양분류법(Soil Taxonomy)에 의한 한라산국립공원의 토양분류(NIAST, 2000)

Order	Suborder	Great group	Sub group	Textural family	Soil series
Andisols	Udands	Fluvudands	Lithic Fluvudands	Ashy	군산통 (Gunsan series)
			Typic Fluvudands	Ashy	흑악통 (Heugag series)
			Typic Fluvudands	Ashy	토산통 (Tosan series)
		Hapludands	Typic Hapludands	Ashy	논고통 (Nongo series)
				Ashy	노로통 (Noro series)
				Ashy over cindery	적악통 (Jeogag series)
		Melanudands	Typic Melanudands	Ashy	평대통 (Pyeongdae series)
				Ashy over cindery	한경통 (Hangyeong series)

\* Cited from Taxonomical classification of Korean soils(NIAST, 2000).

제주도의 토양은 63개의 토양통이 분포되어 있으며 한라산국립공원 내에 분포된 토양통은 총 17개이다. 그 중에서 분포비율이 큰 토양은 흑악통, 노로통, 토산통, 군산통, 적악통, 논고통 순이며 6% 이상의 분포비율을 차지하고 있다. 이 중에서 흑악통, 노로통 및 토산통이 전체의 67% 이상을 차지하고 있으며, 이 외에 한경통과 평대통이 각각 2.5%, 2.0%가 분포되어 있다. 일부 국립공원 저지대에는 제주통, 중문통, 남원통 등이 분포하지만 분포면적은 2% 미만으로 극히 적다(표 3).

그림 2는 제주도 토양을 토색에 따라 분류한 것이다. 제주도 정밀토양도(농업기술연구소, 1976)에서는 제주도의 토양을 암갈색토, 농암갈색토, 흑색토 및 갈색산림토로 구분하였으며 현재까지도 널리 이용되고 있다(농업기술연구소, 1976; 류와 송, 1984; 박 등, 1985). 이 중에서 암갈색토는 비화산회토이며 농암갈색토, 흑색토, 갈색산림토는 화산회토로 구분된다. 토양의 분포지역을 보면 암갈색토는 제주, 조천, 애월, 한림, 대정 등 주로 북부와 서부지역의 해발고도 200m 이하 해안지대에 분포한다. 가장 넓은 분포면적을 보이는 농암갈색토는 동부지역을 제외한 중산간지역과 남부 해안지대에 분포한다. 흑색

토는 구좌, 성산, 표선 등 주로 동부지역의 중산간지역에 분포하며, 해발고도 600m 이상에서는 갈색산림토가 주를 이루고 있으며 한라산국립공원 일대가 이에 속한다.

표 3. 한라산국립공원 토양통의 분포와 면적

토양통	면적 (km <sup>2</sup> )	분포 (%)	Remarks
흑악통	67.6	44.0	갈색산림토
노로통	18.8	12.2	암적색산림토
토산통	17.3	11.2	갈색산림토
군산통	13.5	8.8	갈색산림토
적악통	12.4	8.1	갈색산림토
논고통	9.4	6.1	갈색산림토
한경통	3.8	2.5	흑색화산회토
평대통	3.1	2.0	흑색화산회토
하천범람지	5.9	3.8	
기 타	1.9	1.3	

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

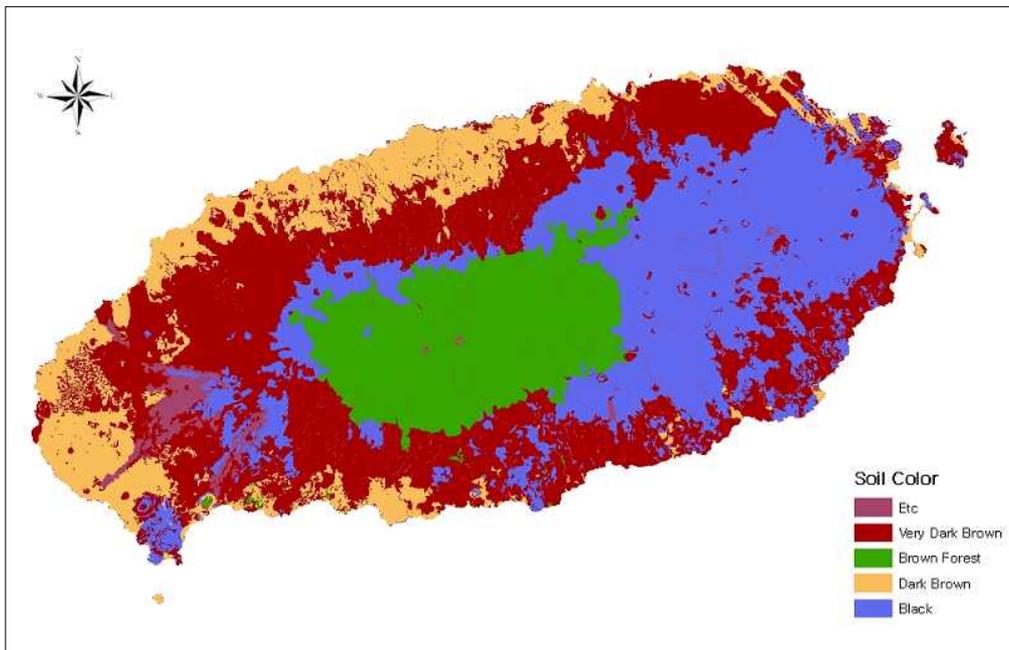


그림 2. 토색에 따른 제주도의 토양분포

그림 3은 한라산국립공원 지역의 토양통을 GIS로 나타낸 것이다. 이 자료는 제주도 중산간지역 종합조사(1997)에서 작성된 것 중에서 한라산국립공원 부부만 발췌한 것이다. 제주도 토양도의 GIS는 전국에서 최초로 농촌진흥청 정밀토양도를 근거로 GIS를 구축한 것이다. 이 GIS에 사용된 토양조사 자료가 오래된 것이어서 수정·보완해야 될 부분은 많지만 특정지역에 대한 토양을 이해하는데 매우 중요한 자료로 사용될 수 있겠다.

그림 3에서 보는 것과 같이 흑악통은 동쪽 지역을 제외하고는 전체 지역에 골고루 분포되어 있으며 그 주변으로 노로통, 토산통, 논고통 등이 서로 겹쳐져서 분포하고 있다. 군산통은 백록담 북벽에서 관음사와 어리목 등산로 방향으로 분포되어 있음을 알 수 있다.

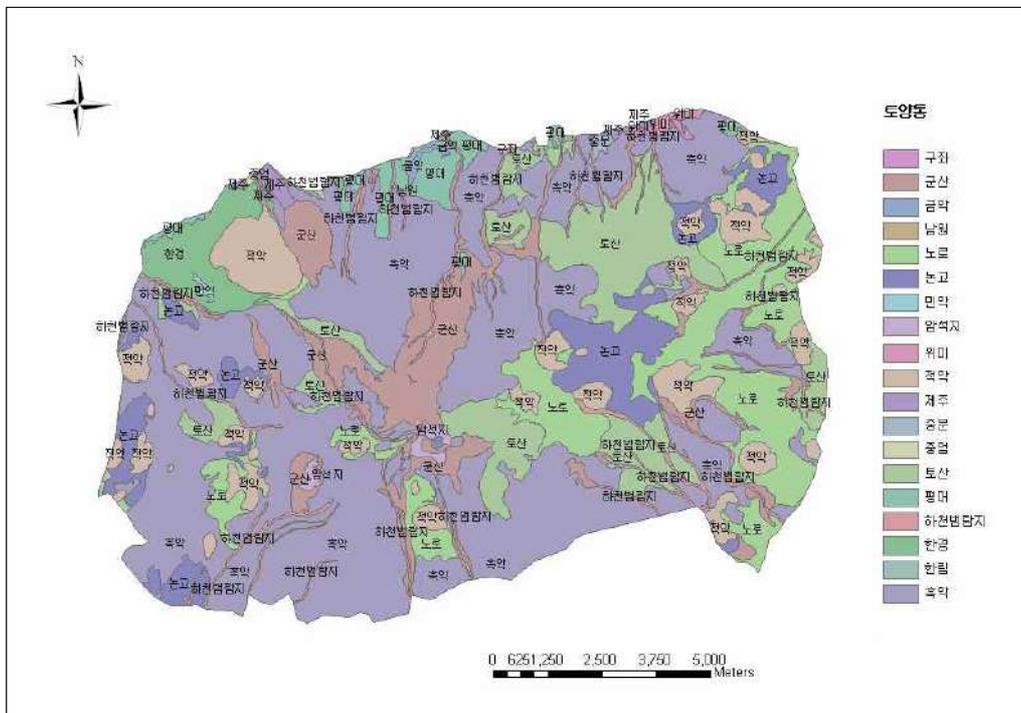


그림 3. 한라산국립공원에 분포하는 토양통

#### 나. 한라산국립공원의 토양통별 특성

흑악통은 산악지에 분포하는 갈색산림토로 미국 농무성의 신분류방법에 의하면 ashy, mesic family of Typic Fulvudands에 속한다. 토심은 약 40cm 내외로 그 밑에 기층이 있다. 표토는 농암갈색의 돌과 둥근바위가 있는 미사

질양토이며 심토는 암갈색 돌이 있는 미사질양토, 기층은 갈색의 양토이다. 군산통은 속칭 뜰땅으로 알려진 산악지에 분포하는 갈색산림토로 미국 농무성의 신분류방법에 의하면 *ashy, nonacid, thematic family of Lithic Fulvudands*에 속한다. 표토에서 암반까지의 깊이는 30cm 내외이다. 표토는 농암회갈색 바위가 있는 미사질식양토이며 기층은 암갈색의 미사질양토, 기층하부는 조면암층이다. 토산통은 산악지에 분포하는 갈색산림토로 미국 농무성의 신분류방법에 의하면 *ashy, mesic family of Typic Fulvudands*에 속한다. 표토는 농암갈색 자갈이 있는 미사질식양토이며 층의 두께는 10cm 내외이고 심토는 암황갈색 잔돌이 있는 미사질양토 또는 미사질식양토이다.

논고통은 해발 700~1950m의 산악지에 분포하는 갈색산림토로 미국 농무성의 신분류방법에 의하면 *ashy, mesic family of Typic Hapludands*에 속한다. 표토는 암적갈색의 잔돌이 있는 미사질양토이며 심토는 적갈색의 스킨리아가 있으며, 기층은 황적색의 잔돌이 있는 미사질양토이다. 적악통은 고산지 분석구의 산악지에 분포하는 갈색산림토로 미국 농무성의 신분류방법에 의하면 *ashy over cindery, mesic family of Typic Hapludands*에 속한다. 표토는 암적갈색의 분석이 있는 양토이며 기층은 적갈색의 분석(스킨리아)이 많은 양질조사토이다. 노로통은 산악지에 분포하는 갈색산림토로 미국 농무성의 신분류방법에 의하면 *ashy, mesic family of Typic Hapludands*에 속한다. 표토는 적갈색의 둥근바위가 있는 미사질양토이며 심토는 황적색의 스킨리아가 있는 미사질양토, 기층은 황적색 돌이 있는 양토이다.

이와 같이 토양분류 측면에서 보면 흑악통, 군산통 및 토산통이 거의 같은 생성학적 동질성을 갖고 있다고 할 수 있으며 논고통, 노로통 및 적악통이 같은 동질성을 갖고 있다고 할 수 있다.

#### 다. 한라산국립공원 등산로별 토양특성

##### 1) 토양 pH

토양 pH는 토양의 중요한 화학적 성질의 하나로서 토양과 식물의 생육을 진단하는데 필요한 성분이다. 한라산국립공원 영실 등산로의 토양 pH는 4.5~5.3 범위였다(그림 4). 영실 표토의 pH는 4.5~5.2, 심토의 pH는 4.7~5.3의 범위를 보였다. 관음사 등산로의 토양 pH는 4.2~5.6 범위였다(그림 5). 관음사 표토의 pH는 4.2~5.2, 심토의 pH는 4.6~5.6의 범위를 보였다. 성판악 등산로의 토양 pH는 4.1~5.3 범위였다(그림 6). 성판악 표토의 pH는 4.5~5.3, 심

토의 pH는 4.1~5.3의 범위를 보였다. 어리목 등산로의 토양 pH는 4.2~5.4 범위였다(그림 7). 어리목 표토의 pH는 4.2~5.2, 심토의 pH는 4.3~5.4의 범위를 보였다. 돈내코 등산로의 토양 pH는 4.4~5.6 범위였다(그림 8). 돈내코 표토의 pH는 4.4~5.6, 심토의 pH는 4.9~5.6의 범위를 보였다. 전체적으로 한라산 국립공원 등산로 표토의 평균 토양 pH는 4.8, 심토의 평균 토양 pH는 5.0이었다. 한라산국립공원의 토양 pH도 일반토양에서 나타나는 현상과 마찬가지로 대체적으로 표토보다 심토에서 높았다. 이와 같이 토양깊이가 깊어짐에 따라 토양 pH가 높아지는 현상은 많은 경우에 의한 염기의 용탈 때문이라고 판단된다.

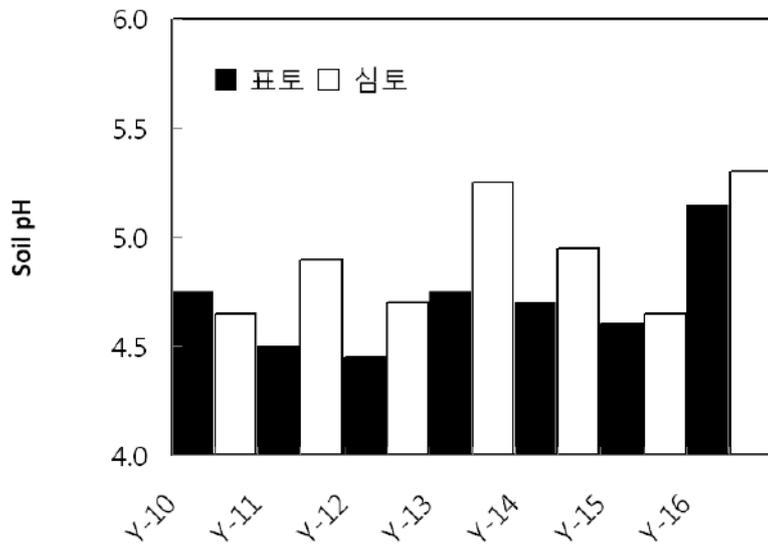


그림 4. 한라산국립공원 영실 등산로의 토양 pH

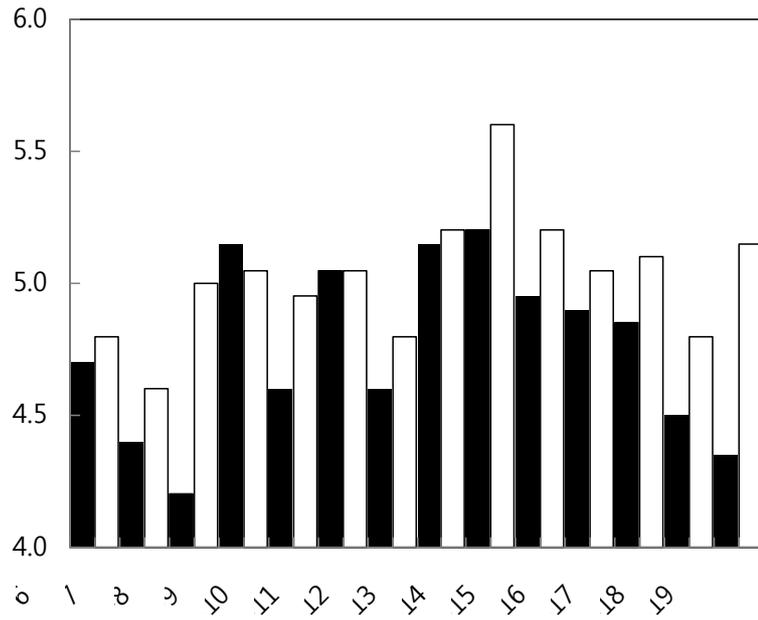


그림 5. 한라산국립공원 관음사 등산로의 토양 pH

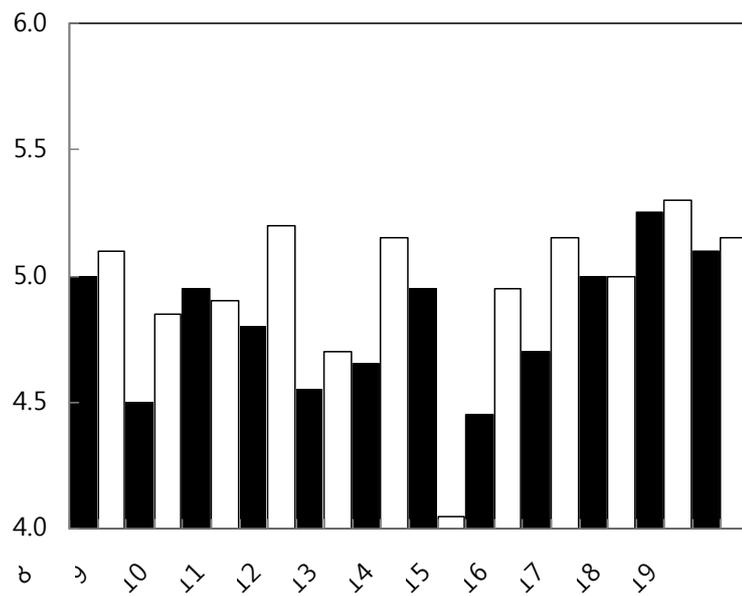


그림 6. 한라산국립공원 성판악 등산로의 토양 pH

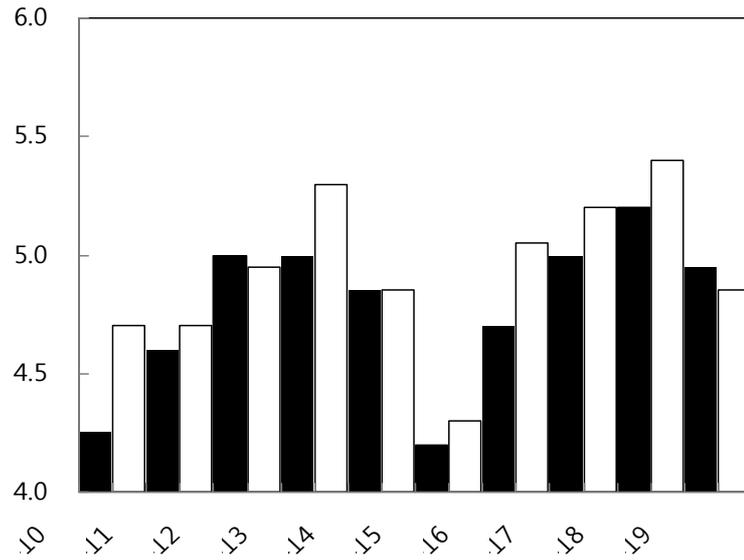


그림 7. 한라산국립공원 어리목 등산로의 토양 pH

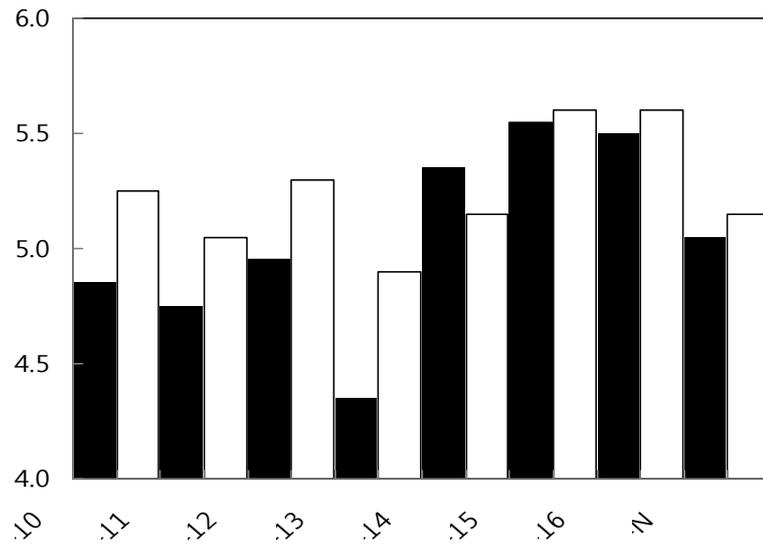


그림 8. 한라산국립공원 돈내코 등산로의 토양 pH

## 2) 전기전도도

전기전도도는 용액 중 전해질 이온의 세기를 나타내며 이온의 종류에 따라 다르지만 대체적으로 염류농도에 비례한다. 따라서 전기전도도가 높으면 이온이 집적된 것을 의미하며 이는 염류집적을 나타낸다. 한라산국립공원 영실 등산로의 전기전도도는 0.18~0.85dS/m범위였다(그림 9). 영실 표토의 전기전도도는 0.53~0.85dS/m, 심토의 전기전도도는 0.18~0.71dS/m 범위를 보였다. 관음사 등산로의 전기전도도는 0.13~1.27dS/m범위였다(그림 10). 관음사 표토의 전기전도도는 0.18~1.27dS/m, 심토의 전기전도도는 0.13~0.50dS/m 범위를 보였다. 성판악 등산로의 전기전도도는 0.22~2.14dS/m 범위였다(그림 11). 성판악 표토의 전기전도도는 0.22~1.43dS/m, 심토의 전기전도도는 0.22~2.14dS/m 범위를 보였다. 어리목 등산로의 전기전도도는 0.05~1.44dS/m범위였다(그림 12). 어리목 표토의 전기전도도는 0.21~1.44dS/m, 심토의 전기전도도는 0.05~1.07dS/m 범위를 보였다. 돈내코 등산로의 전기전도도는 0.04~0.75dS/m범위였다(그림 13). 돈내코 표토의 전기전도도는 0.21~0.77dS/m, 심토의 전기전도도는 0.04~0.49dS/m 범위를 보였다. 전체적으로 한라산국립공원 등산로 표토의 평균 전기전도도는 0.59dS/m, 심토의 평균 전기전도도는 0.37dS/m였다. 이와 같은 농도는 식물생육에 대한 염류의 영향을 거의 무시할 수 있다고 판단된다.

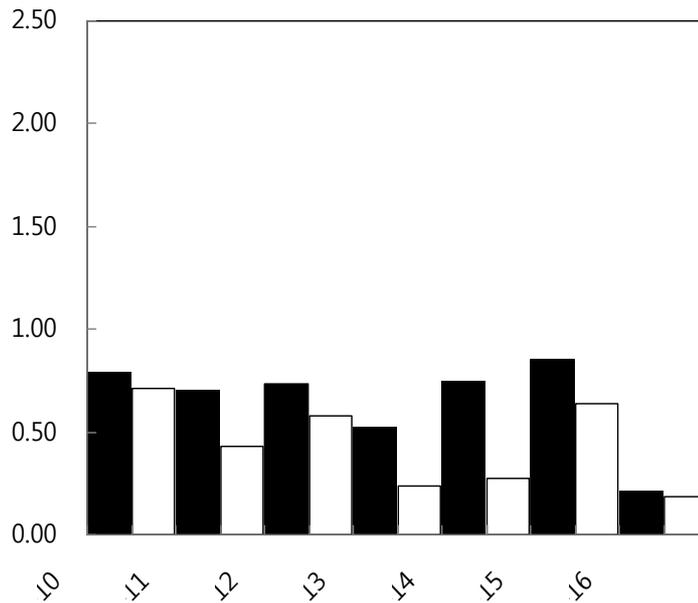


그림 9. 한라산국립공원 영실 등산로의 전기전도도

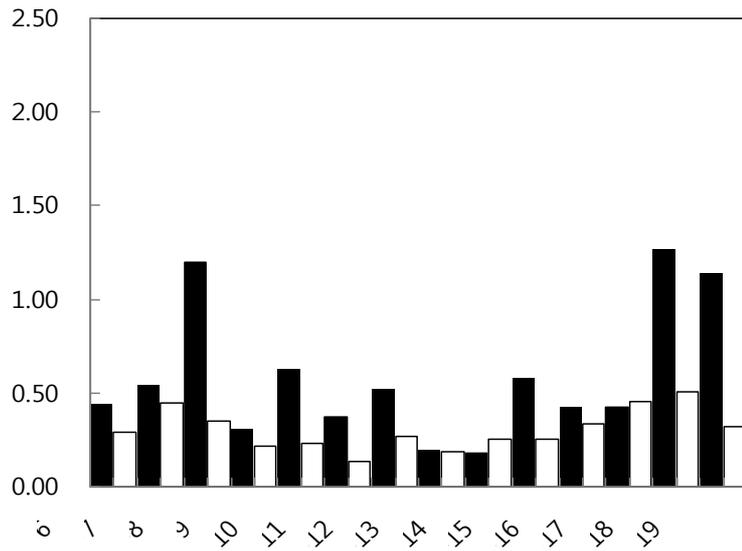


그림 10. 한라산국립공원 관음사 등산로의 전기전도도

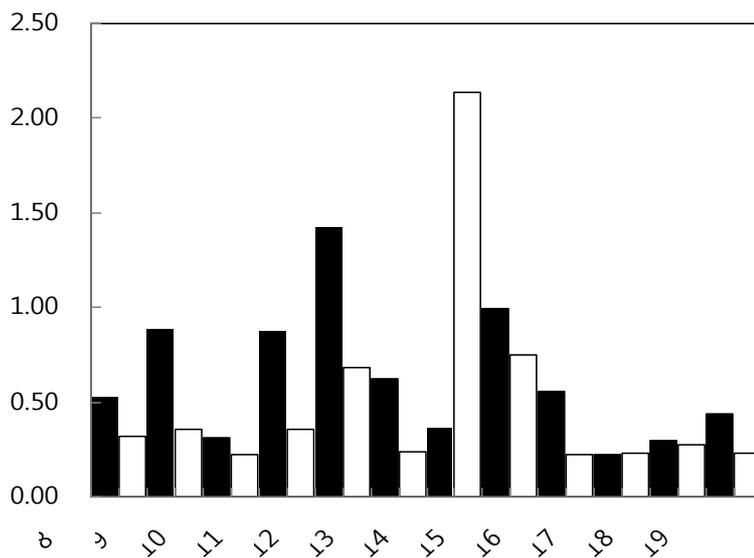


그림 11. 한라산국립공원 성판악 등산로의 전기전도도

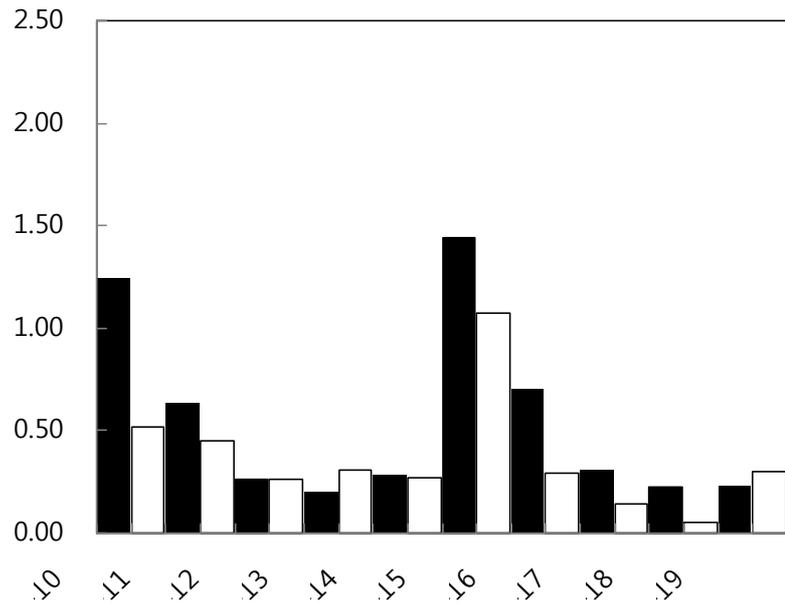


그림 12. 한라산국립공원 어리목 등산로의 전기전도도

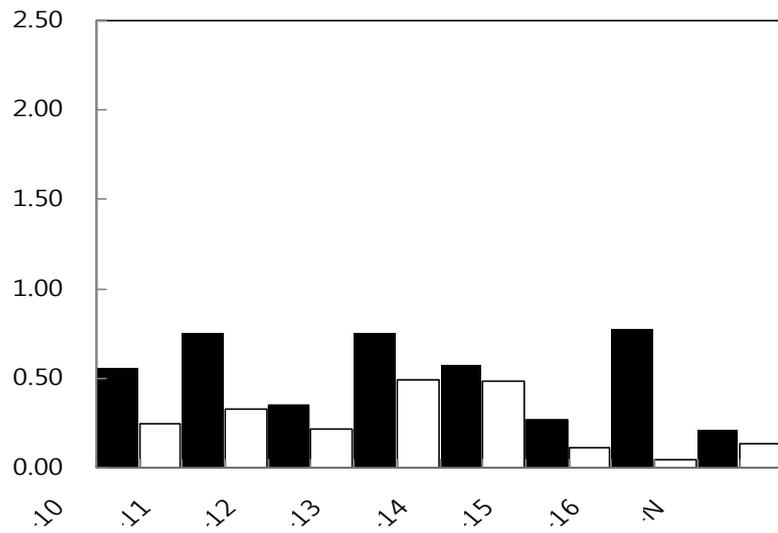


그림 13. 한라산국립공원 돈내코 등산로의 전기전도도

### 3) 유기물함량

제주도 토양은 화산폭발시 분출된 화산재와 동식물의 유체로부터 유래된 유기물이 결합하여 일반적으로 육지부 토양에 비하여 유기물함량이 높다. 특히 한라산국립공원은 제주도 연평균 강우량보다도 많고 기온도 낮아 유기물 분해가 잘 이루어지지 않고 집적될 수 있는 환경을 갖고 있다. 한라산국립공원 영실 등산로의 유기물함량은 12.56~33.95%범위였다(그림 14). 영실 표토의 유기물함량은 14.51~33.95%, 심토의 유기물함량은 12.56~27.59% 범위를 보였다. 관음사 등산로의 유기물함량은 5.94~36.20%범위였다(그림 15). 관음사 표토의 유기물함량은 12.73~36.20%, 심토의 유기물함량은 5.94~24.90% 범위를 보였다. 성판악 등산로의 유기물함량은 1.48~36.14%범위였다(그림 16). 성판악 표토의 유기물함량은 1.48~36.14%, 심토의 유기물함량은 4.67~29.12% 범위를 보였다. 어리목 등산로의 유기물함량은 3.38~25.42%범위였다(그림 17). 어리목 표토의 유기물함량은 7.49~22.64%, 심토의 유기물함량은 3.38~25.42% 범위를 보였다. 돈내코 등산로의 유기물함량은 1.56~43.34%범위였다(그림 18). 돈내코 표토의 유기물함량은 2.96~43.34%, 심토의 유기물함량은 1.56~28.82% 범위를 보였다. 전체적으로 한라산국립공원 등산로 표토의 평균 유기물함량은 21.45%, 심토의 평균 유기물함량은 15.79%였다. 이와 같이 유기물함량은 토양 pH와는 반대로 심토보다 표토에서 함량이 높았으며 표토에 유기물함량이 집적되는 현상을 보였다.

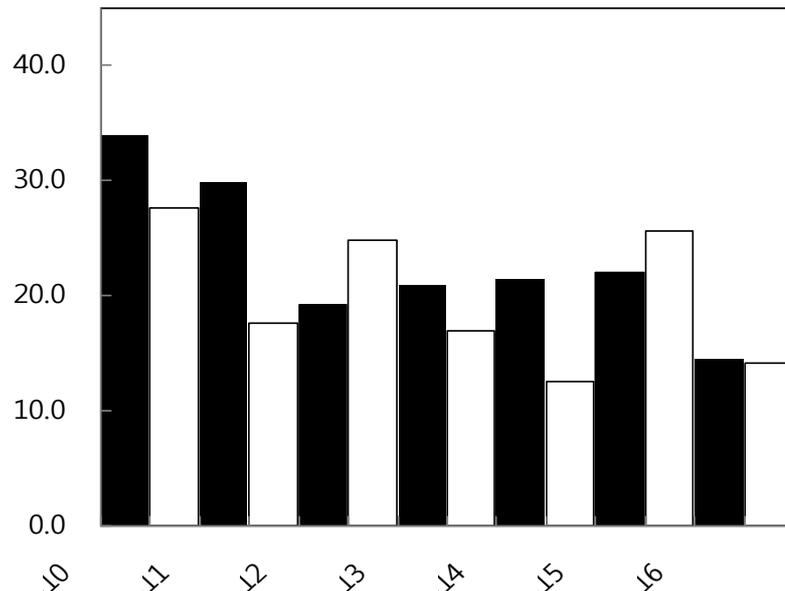


그림 14. 한라산국립공원 영실 등산로의 유기물함량

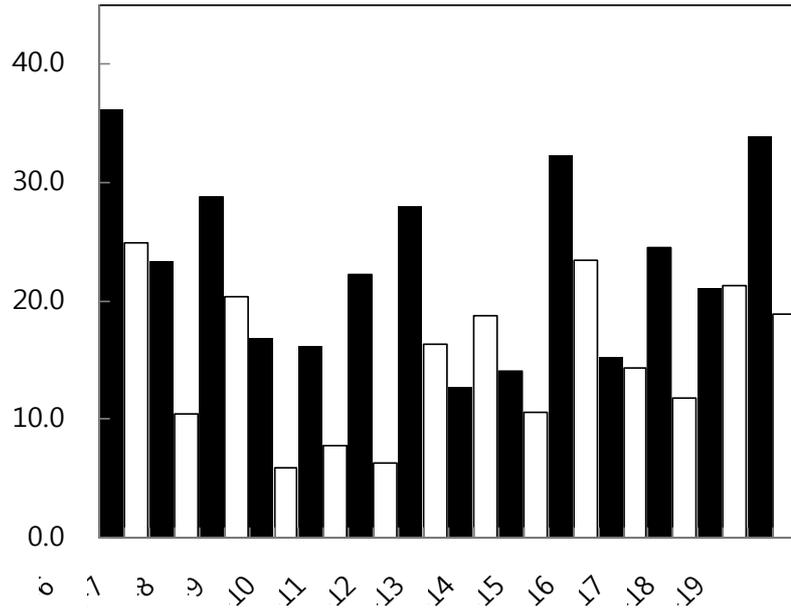


그림 15. 한라산국립공원 관음사 등산로의 유기물함량

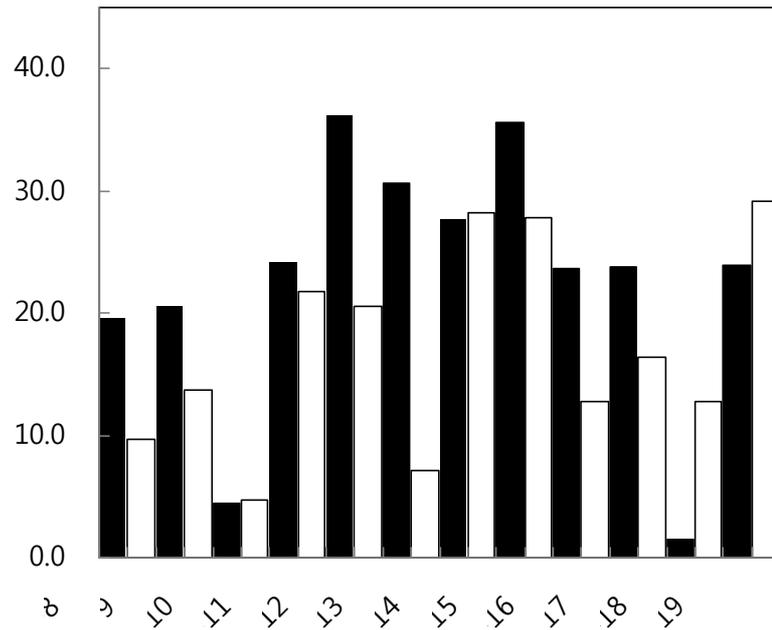


그림 16. 한라산국립공원 성판악 등산로의 유기물함량

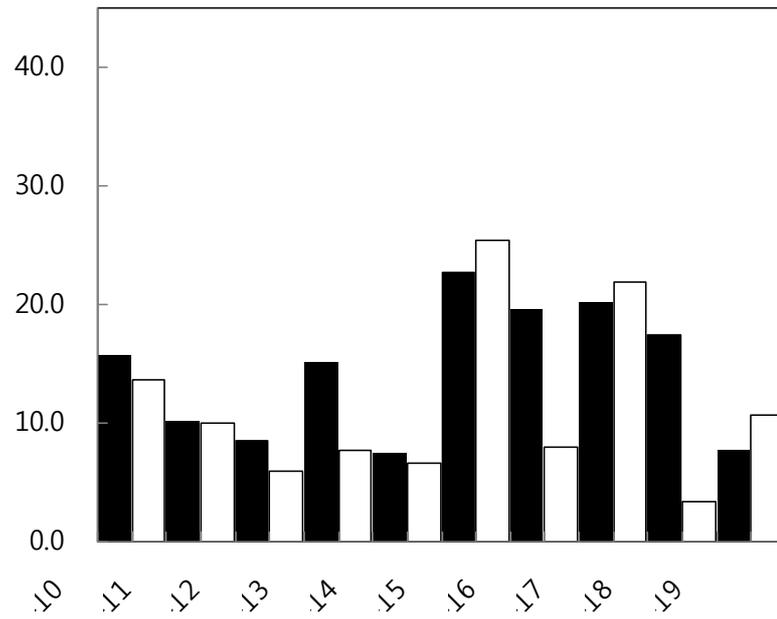


그림 17. 한라산국립공원 어리목 등산로의 유기물함량

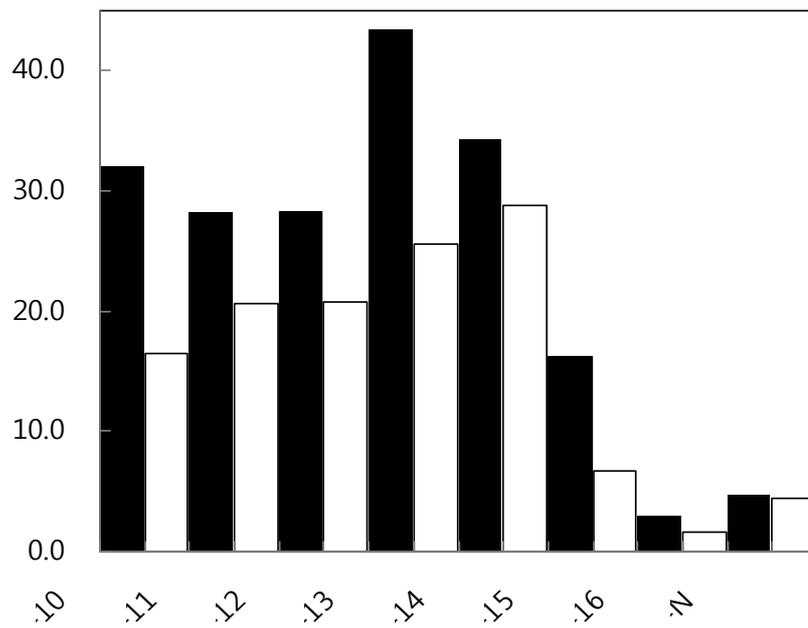


그림 18. 한라산국립공원 돈내코 등산로의 유기물함량

#### 4) 유효인산함량

유효인산은 토양에 흡착된 인산을 약산으로 용출시킨 인산을 의미한다. 인산은 화산재가 함유된 화산회성 토양에서 강하게 흡착하여 고정시키는 능력이 매우 크다. 따라서 화산회토양은 유효인산함량이 매우 낮아 토양비옥도가 낮은 원인으로 알려져 있으며 식물이 성장하는데 제한요소로 작용할 수 있다. 한라산국립공원 영실 등산로의 유효인산함량은 2.9~13.0mg/kg범위였다(그림 19). 영실 표토의 유효인산함량은 3.1~13.0mg/kg, 심토의 유효인산함량은 2.9~9.2mg/kg 범위를 보였다. 관음사 등산로의 유효인산함량은 0.5~30.3mg/kg범위였다(그림 20). 관음사 표토의 유효인산함량은 0.2~30.3mg/kg, 심토의 유효인산함량은 0.8~20.1mg/kg 범위를 보였다. 성판악 등산로의 유효인산함량은 불검출~20.8mg/kg범위였다(그림 21). 성판악 표토의 유효인산함량은 불검출~20.8mg/kg, 심토의 유효인산함량은 0.2~12.4mg/kg 범위를 보였다. 어리목 등산로의 유효인산함량은 불검출~24.9mg/kg범위였다(그림 22). 어리목 표토의 유효인산함량은 불검출~24.9mg/kg, 심토의 유효인산함량은 불검출~14.3mg/kg 범위를 보였다. 돈내코 등산로의 유효인산함량은 2.4~87.2mg/kg범위였다(그림 23). 돈내코 표토의 유효인산함량은 4.9~39.4mg/kg, 심토의 유효인산함량은 2.4~87.2mg/kg 범위를 보였다. 전체적으로 한라산국립공원 등산로 표토의 평균 유효인산함량은 9.7mg/kg, 심토의 평균 유효인산함량은 7.3mg/kg였다. 이와 같이 한라산국립공원 토양의 유효인산함량은 매우 낮았다.

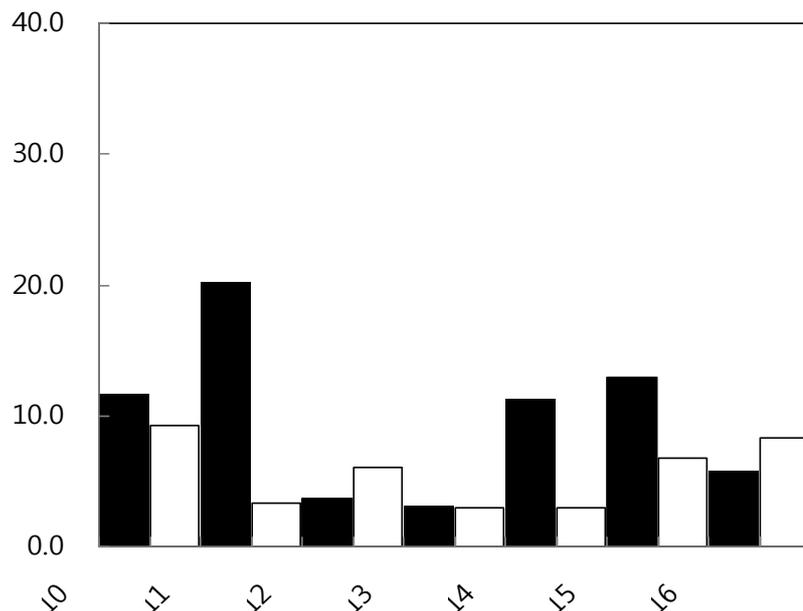


그림 19. 한라산국립공원 영실 등산로의 유효인산함량

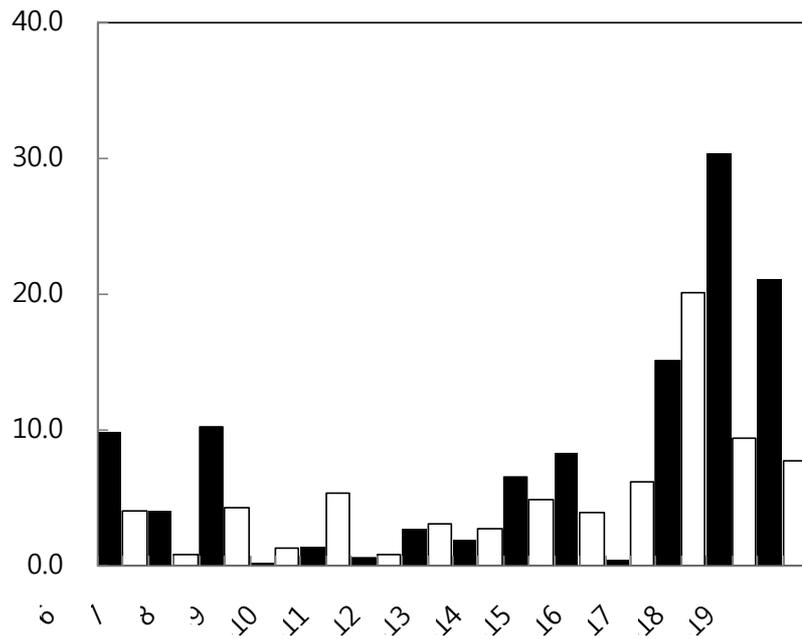


그림 20. 한라산국립공원 관음사 등산로의 유효인산함량

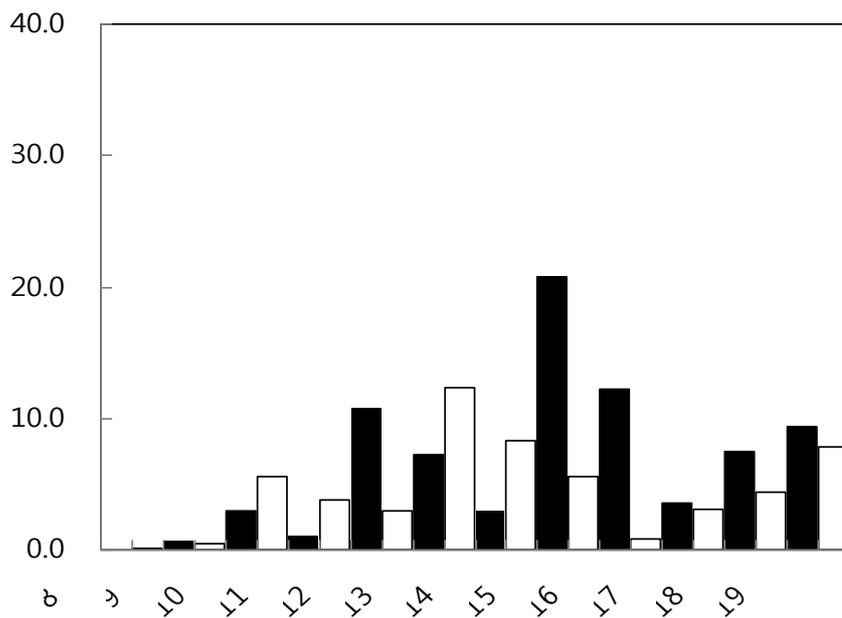


그림 21. 한라산국립공원 성판악 등산로의 유효인산함량

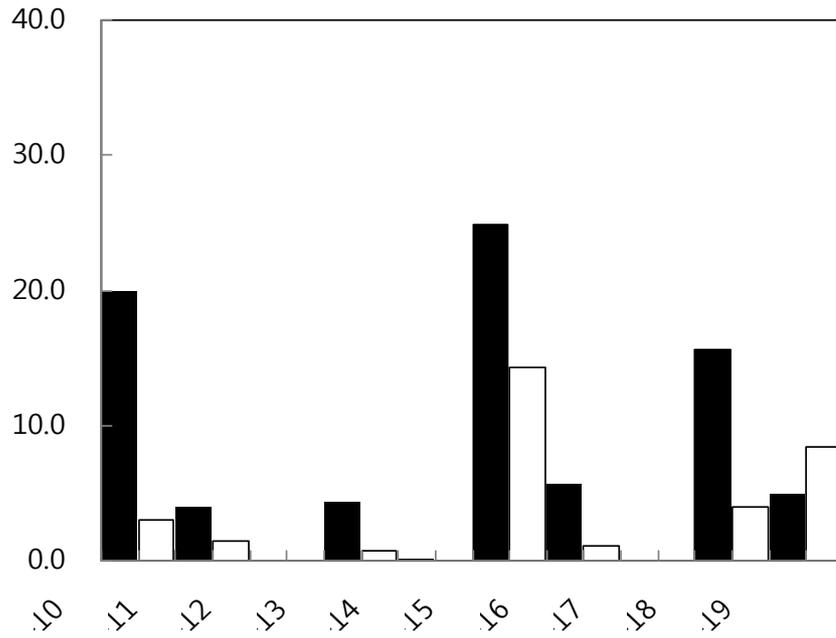


그림 22. 한라산국립공원 어리목 등산로의 유효인산함량

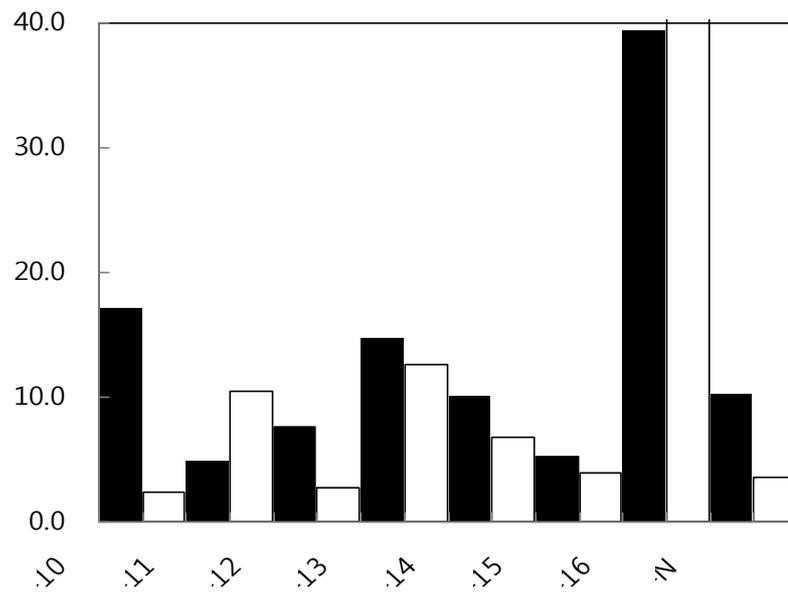


그림 23. 한라산국립공원 돈내코 등산로의 유효인산함량

### 5) 총 질소

한라산국립공원 영실 등산로의 총 질소함량은 0.50~1.23%범위였다(그림 24). 영실 표토의 총 질소함량은 0.64~1.23%, 심토의 총 질소함량은 0.50~0.98% 범위를 보였다. 관음사 등산로의 총 질소함량은 0.36~1.71%범위였다(그림 25). 관음사 표토의 총 질소함량은 0.42~1.71%, 심토의 총 질소함량은 0.36~0.92% 범위를 보였다. 성판악 등산로의 총 질소함량은 0.36~1.79% 범위였다(그림 26). 성판악 표토의 총 질소함량은 0.56~1.06%, 심토의 총 질소함량은 0.36~1.79% 범위를 보였다. 어리목 등산로의 총 질소함량은 0.25~4.04%범위였다(그림 27). 어리목 표토의 총 질소함량은 0.48~3.60%, 심토의 총 질소함량은 0.25~4.04% 범위를 보였다. 돈내코 등산로의 총 질소함량은 0.48~1.68%범위였다(그림 28). 돈내코 표토의 총 질소함량은 0.53~1.68%, 심토의 총 질소함량은 0.48~1.51% 범위를 보였다. 전체적으로 한라산국립공원 등산로 표토의 평균 총 질소함량은 1.16%, 심토의 평균 총 질소함량은 0.94%였다. 이와 같은 함량은 정 등(2002)이 보고한 제주도 산림토양표토와 심토에서의 평균 질소함량 0.43, 0.25mg/kg 보다 약 3배정도 높게 나타났다. 어리목 등산로 1500m 지점에서는 총 질소함량이 4.04%로 매우 높아 특이한 현상을 보였다. 일반적으로 유기물함량이 많을수록 질소함량이 많아지는데 유기물이 화산재에서 유래된 AI과 결합하면 용탈에 대한 저항성이 있기 때문에 화산재가 많이 집적된 토양에서 질소함량도 높게 나타난다. 그러나 본 연구결과에서는 유기물함량과 총 질소함량과는 상관관계가 없었다.

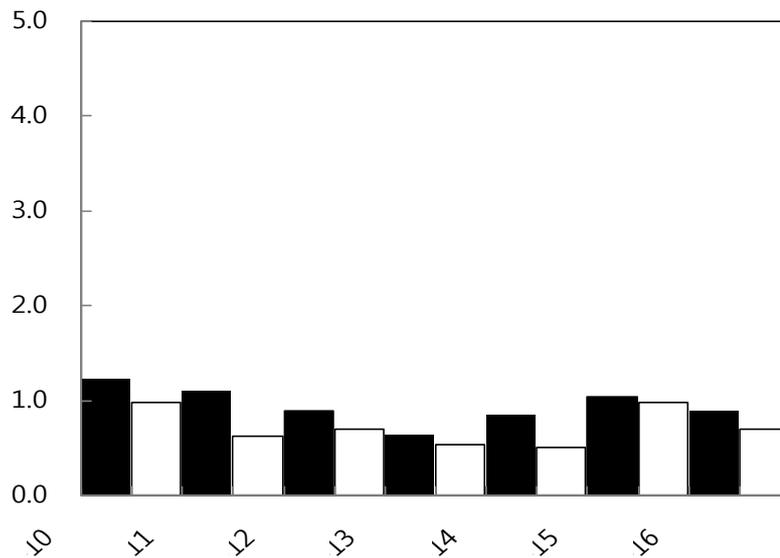


그림 24. 한라산국립공원 영실 등산로의 유효인산함량

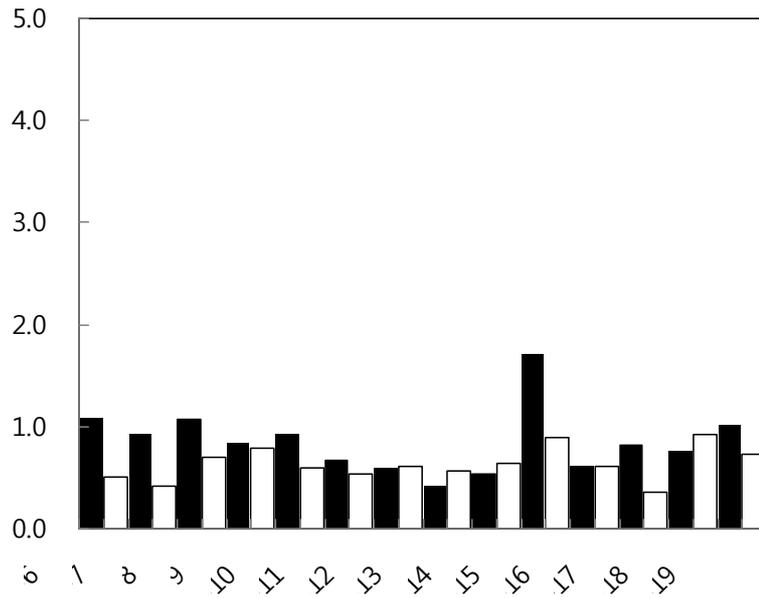


그림 25. 한라산국립공원 관음사 등산로의 유효인산함량

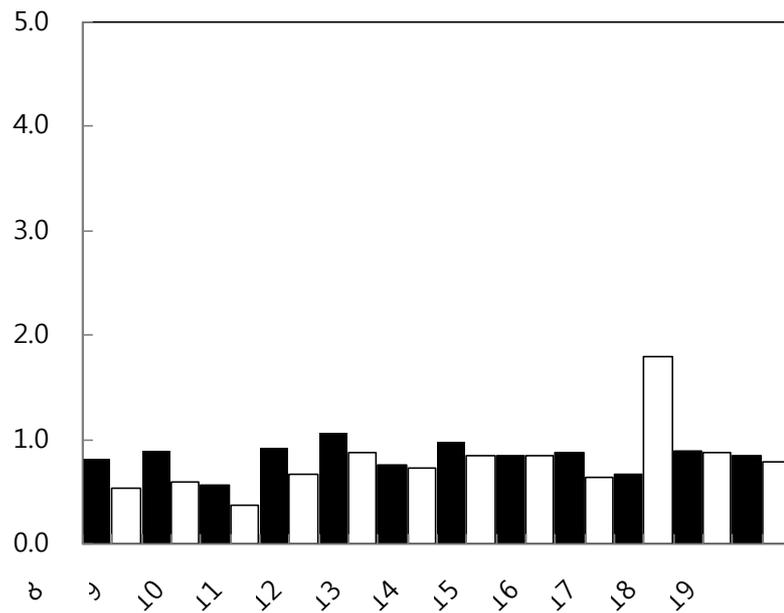


그림 26. 한라산국립공원 성판악 등산로의 유효인산함량

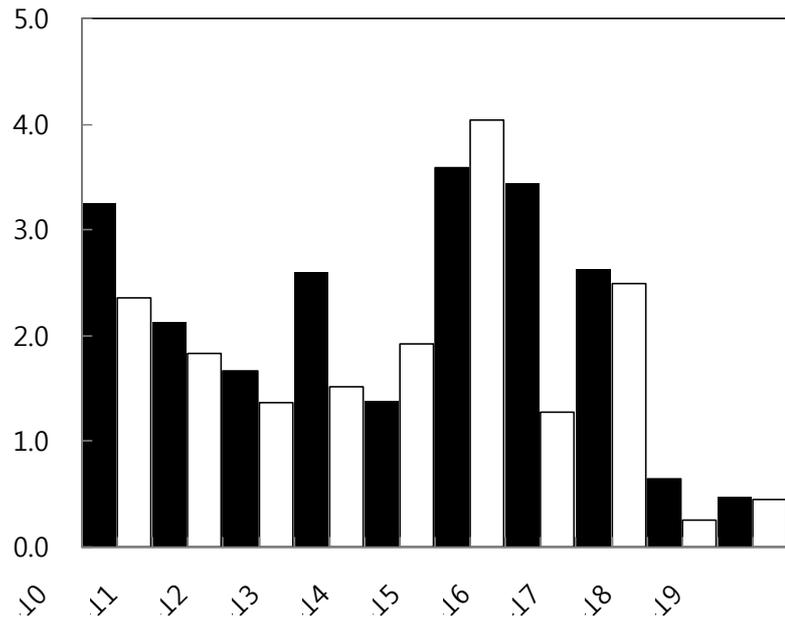


그림 27. 한라산국립공원 어리목 등산로의 유효인산함량

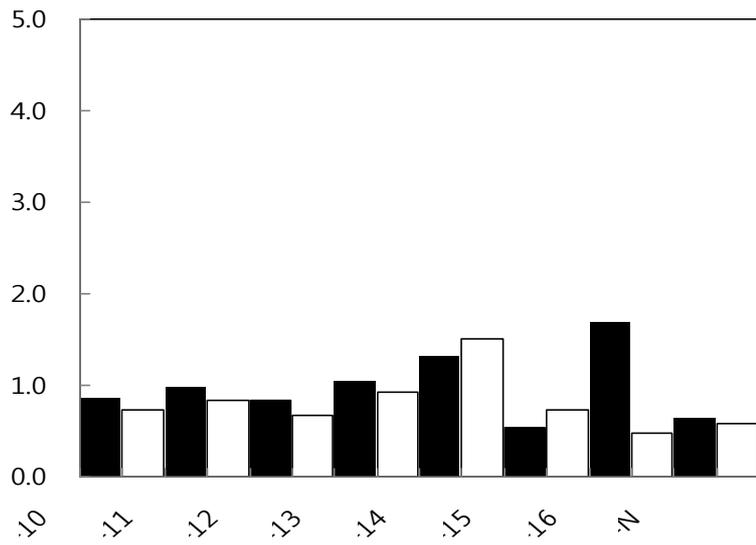


그림 28. 한라산국립공원 돈내코 등산로의 유효인산함량

## 6) 치환성 K

치환성 K, Ca, Mg 및 Na는 토양 pH와 밀접한 관계가 있으며, 심토보다 표토에서 치환성양이온 함량이 높다는 보고가 있다(정 등, 2002; 류와 송, 1984). 한라산국립공원 영실 등산로의 치환성 K 함량은 0.07~0.53cmol+/kg 범위였다(그림 29). 영실 표토의 치환성 K 함량은 0.13~0.53cmol+/kg, 심토의 치환성 K 함량은 0.07~0.25cmol+/kg 범위를 보였다. 관음사 등산로의 치환성 K 함량은 0.08~0.42cmol+/kg 범위였다(그림 30). 관음사 표토의 치환성 K 함량은 0.13~0.42cmol+/kg, 심토의 치환성 K 함량은 0.08~0.22cmol+/kg 범위를 보였다. 성판악 등산로의 치환성 K 함량은 0.06~0.41cmol+/kg 범위였다(그림 31). 성판악 표토의 치환성 K 함량은 0.09~0.41cmol+/kg, 심토의 치환성 K 함량은 0.06~0.41cmol+/kg 범위를 보였다. 어리목 등산로의 치환성 K 함량은 0.02~0.45cmol+/kg 범위였다(그림 32). 어리목 표토의 치환성 K 함량은 0.04~0.45cmol+/kg, 심토의 치환성 K 함량은 0.02~0.44cmol+/kg 범위를 보였다. 돈내코 등산로의 치환성 K 함량은 0.02~0.43cmol+/kg 범위였다(그림 33). 돈내코 표토의 치환성 K 함량은 0.07~0.43cmol+/kg, 심토의 치환성 K 함량은 0.02~0.20cmol+/kg 범위를 보였다. 전체적으로 한라산국립공원 등산로 표토의 평균 치환성 K 함량은 0.25cmol+/kg, 심토의 평균 치환성 K 함량은 0.13cmol+/kg였다. 이와 같이 평균 치환성 K 함량은 표토에서 심토보다 약 2배 정도 높았으나 대체적으로 함량이 낮았다.

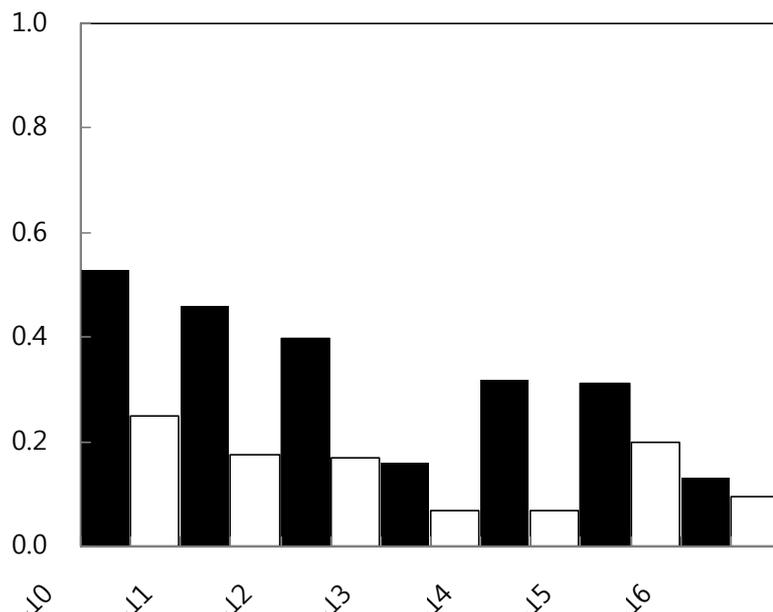


그림 29. 한라산국립공원 영실 등산로의 치환성 K 함량

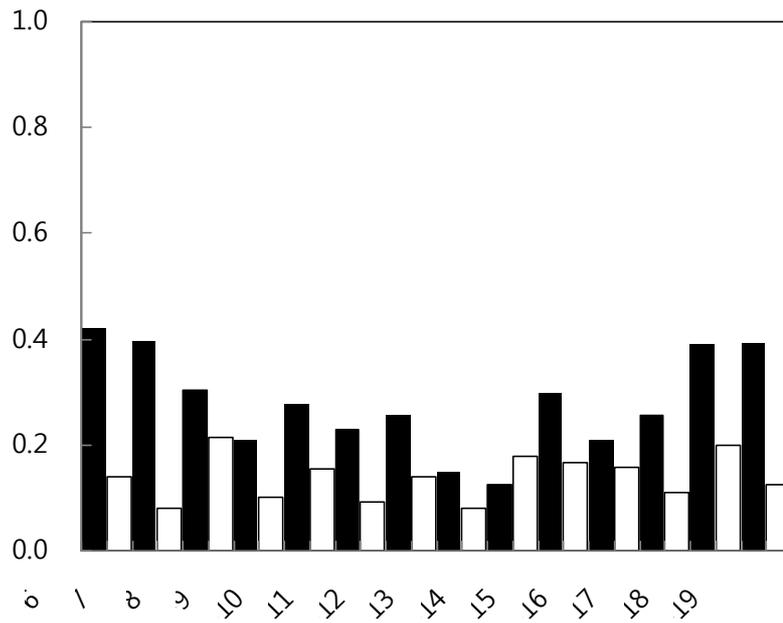


그림 30. 한라산국립공원 관음사 등산로의 치환성 K 함량

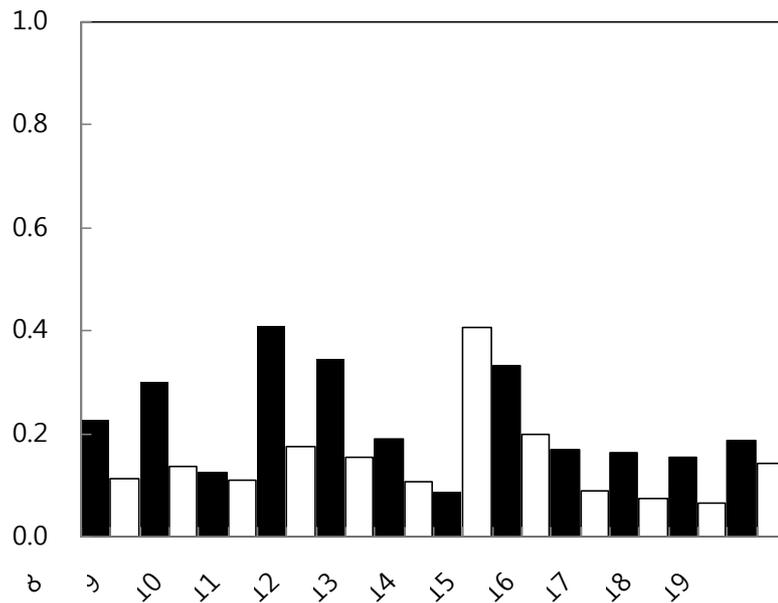


그림 31. 한라산국립공원 성판악 등산로의 치환성 K 함량

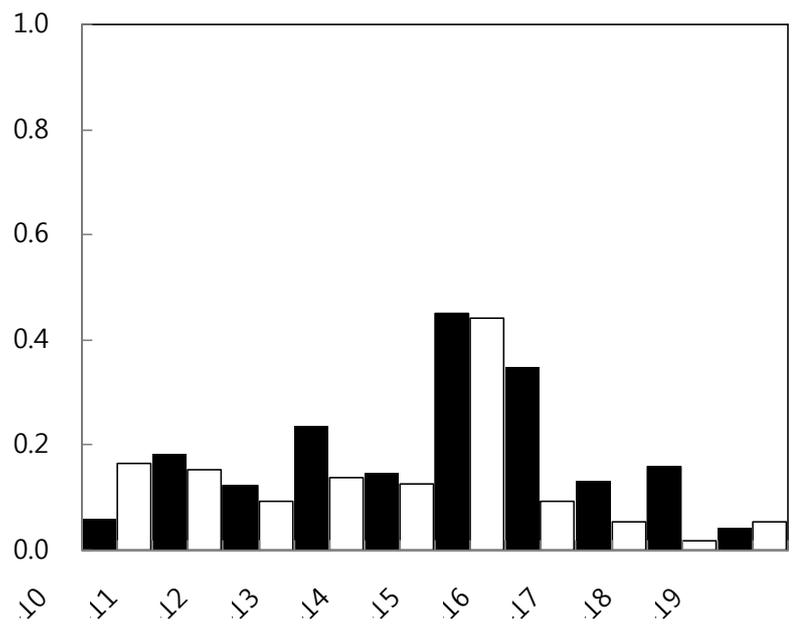


그림 32. 한라산국립공원 어리목 등산로의 치환성 K 함량

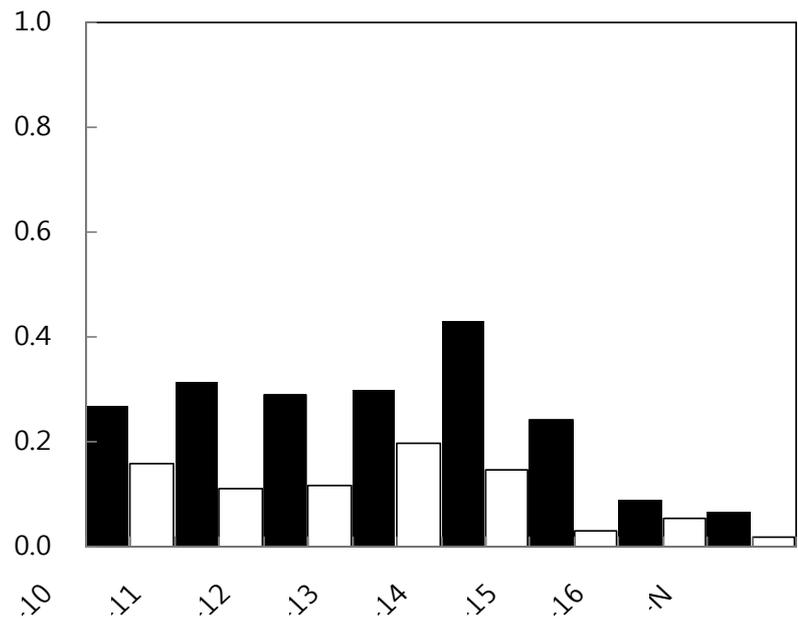


그림 33. 한라산국립공원 돈내코 등산로의 치환성 K 함량

### 7) 치환성 Ca

한라산국립공원 영실 등산로의 치환성 Ca 함량은 0.20~2.39cmol+/kg 범위였다(그림 34). 영실 표토의 치환성 Ca 함량은 0.50~2.39cmol+/kg, 심토의 치환성 Ca 함량은 0.07~0.45cmol+/kg 범위를 보였다. 관음사 등산로의 치환성 Ca 함량은 0.14~2.48cmol+/kg 범위였다(그림 35). 관음사 표토의 치환성 Ca 함량은 0.20~2.48cmol+/kg, 심토의 치환성 Ca 함량은 0.14~0.46cmol+/kg 범위를 보였다. 성관악 등산로의 치환성 Ca 함량은 0.14~1.56cmol+/kg 범위였다(그림 36). 성관악 표토의 치환성 Ca 함량은 0.09~0.41cmol+/kg, 심토의 치환성 Ca 함량은 0.14~0.53cmol+/kg 범위를 보였다. 어리목 등산로의 치환성 Ca 함량은 0.03~0.69cmol+/kg 범위였다(그림 37). 어리목 표토의 치환성 Ca 함량은 0.07~0.69cmol+/kg, 심토의 치환성 Ca 함량은 0.03~0.46cmol+/kg 범위를 보였다. 돈내코 등산로의 치환성 Ca 함량은 0.12~1.47cmol+/kg 범위였다(그림 38). 돈내코 표토의 치환성 Ca 함량은 0.17~1.14cmol+/kg, 심토의 치환성 Ca 함량은 0.12~1.47cmol+/kg 범위를 보였다. 전체적으로 한라산국립공원 등산로 표토의 평균 치환성 Ca 함량은 0.69cmol+/kg, 심토의 평균 치환성 Ca 함량은 0.28cmol+/kg로 대체적으로 함량이 낮았다.

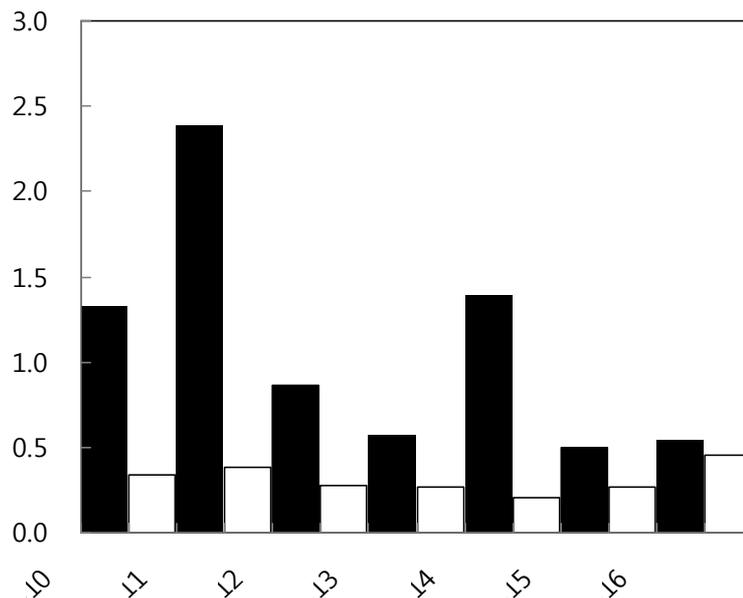


그림 34. 한라산국립공원 영실 등산로의 치환성 Ca 함량

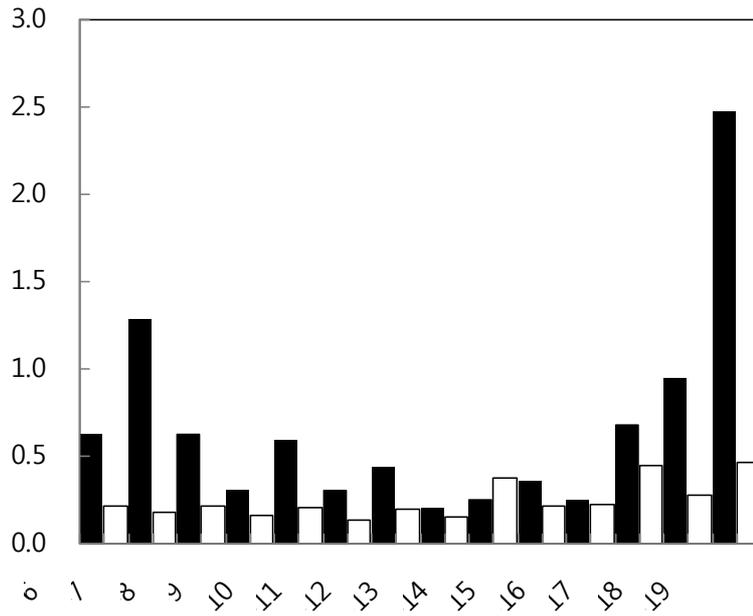


그림 35. 한라산국립공원 관음사 등산로의 치환성 Ca 함량

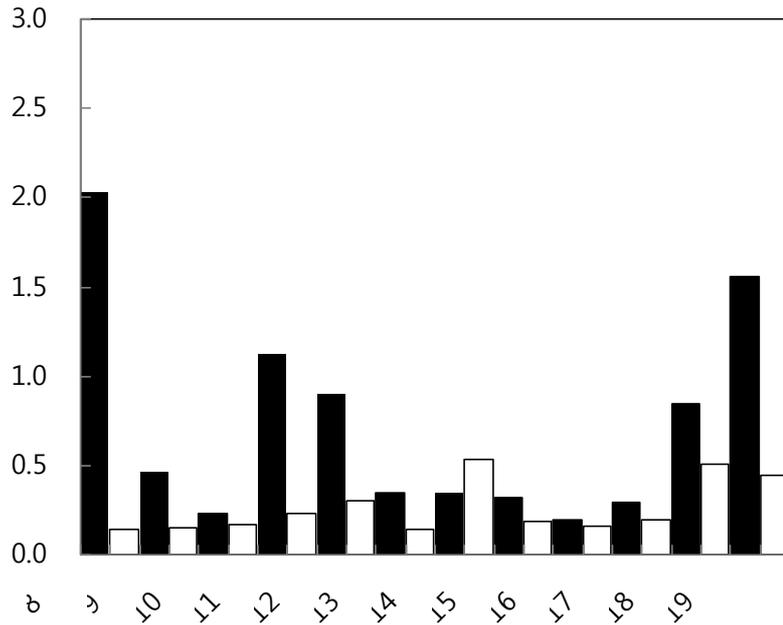


그림 36. 한라산국립공원 성판악 등산로의 치환성 Ca 함량

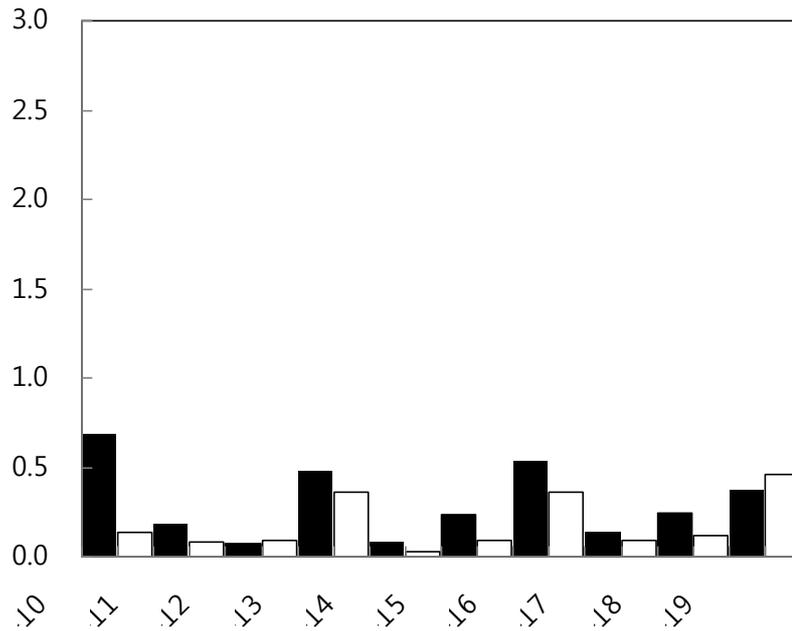


그림 37. 한라산국립공원 어리목 등산로의 치환성 Ca 함량

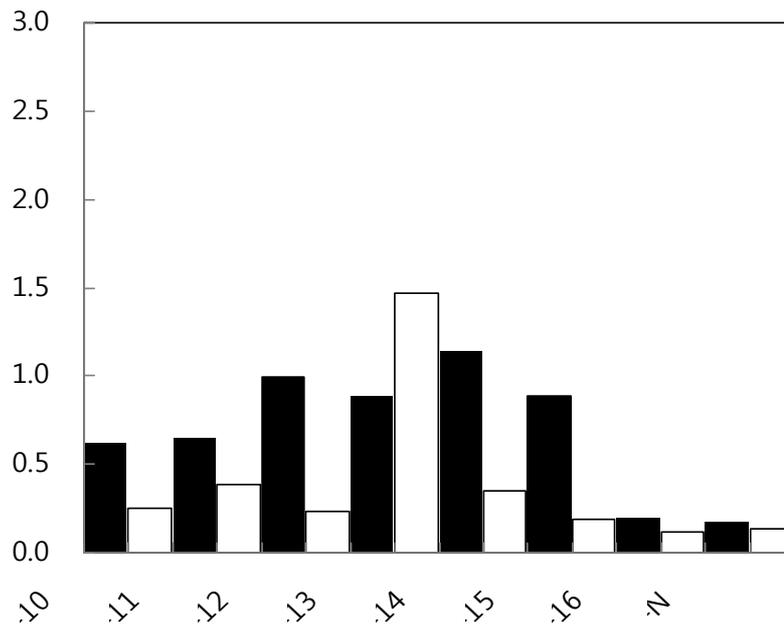


그림 38. 한라산국립공원 돈내코 등산로의 치환성 Ca 함량

### 8) 치환성 Mg

한라산국립공원 영실 등산로의 치환성 Mg 함량은 0.11~1.79cmol+/kg 범위였다(그림 39). 영실 표토의 치환성 Mg 함량은 0.15~1.79cmol+/kg, 심토의 치환성 Mg 함량은 0.11~0.33cmol+/kg 범위를 보였다. 관음사 등산로의 치환성 Mg 함량은 0.07~1.35cmol+/kg 범위였다(그림 40). 관음사 표토의 치환성 Mg 함량은 0.13~1.35cmol+/kg, 심토의 치환성 Mg 함량은 0.07~0.27cmol+/kg 범위를 보였다. 성판악 등산로의 치환성 Mg 함량은 0.07~0.80cmol+/kg 범위였다(그림 41). 성판악 표토의 치환성 Mg 함량은 0.12~0.80cmol+/kg, 심토의 치환성 Mg 함량은 0.07~0.58cmol+/kg 범위를 보였다. 어리목 등산로의 치환성 Mg 함량은 0.04~0.76cmol+/kg 범위였다(그림 42). 어리목 표토의 치환성 Mg 함량은 0.07~0.76cmol+/kg, 심토의 치환성 Mg 함량은 0.04~0.41cmol+/kg 범위를 보였다. 돈내코 등산로의 치환성 Mg 함량은 0.04~0.86cmol+/kg 범위였다(그림 43). 돈내코 표토의 치환성 Mg 함량은 0.07~0.86cmol+/kg, 심토의 치환성 Mg 함량은 0.04~0.54cmol+/kg 범위를 보였다. 전체적으로 한라산국립공원 등산로 표토의 평균 치환성 Mg 함량은 0.46cmol+/kg, 심토의 평균 치환성 Mg 함량은 0.19cmol+/kg이었다. 치환성 Mg 함량은 치환성 Ca 함량과 마찬가지로 대체적으로 낮은 경향을 보였다.

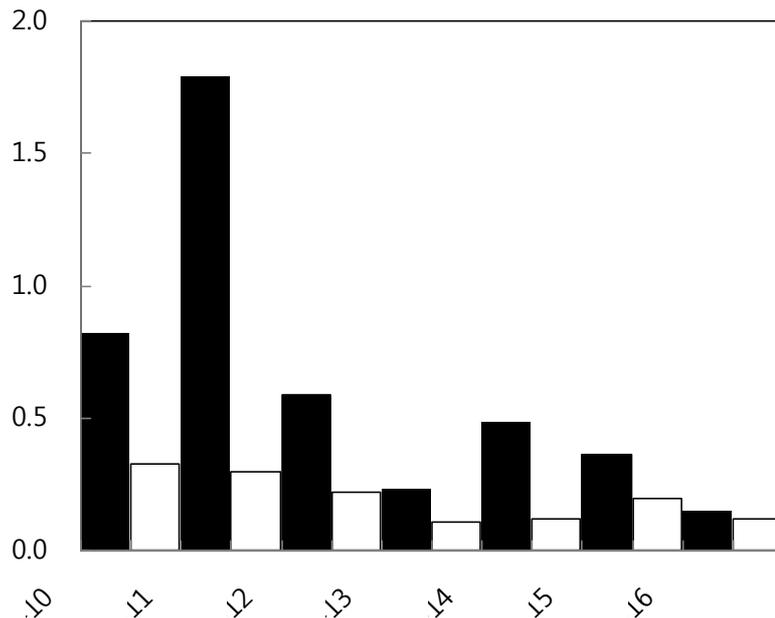


그림 39. 한라산국립공원 영실 등산로의 치환성 Mg 함량

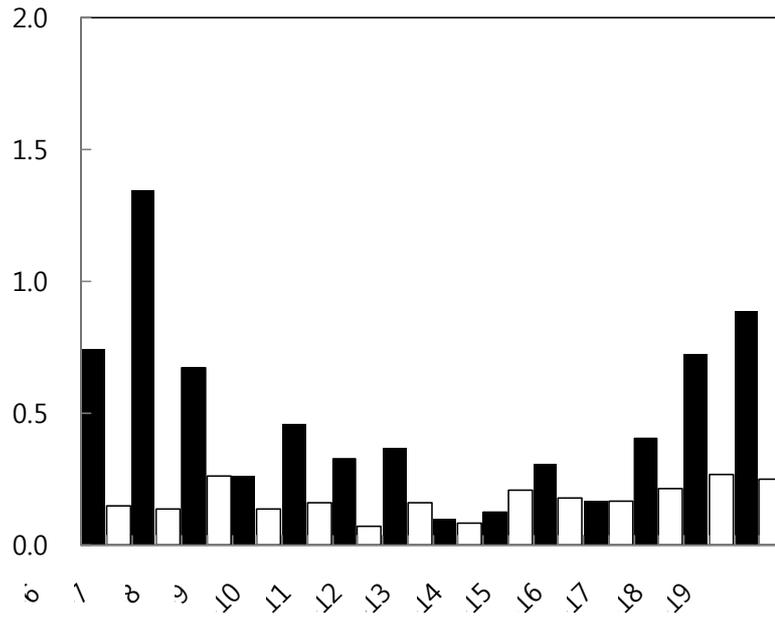


그림 40. 한라산국립공원 관음사 등산로의 치환성 Mg 함량

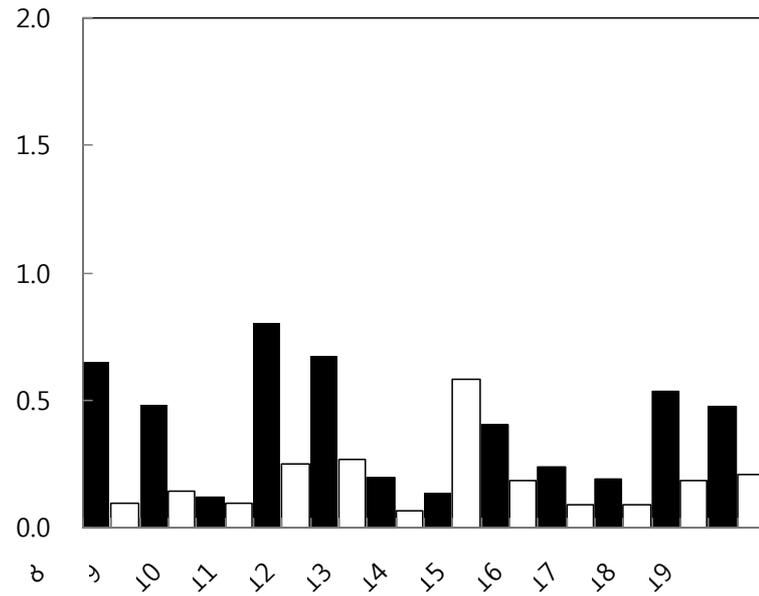


그림 41. 한라산국립공원 성판악 등산로의 치환성 Mg 함량

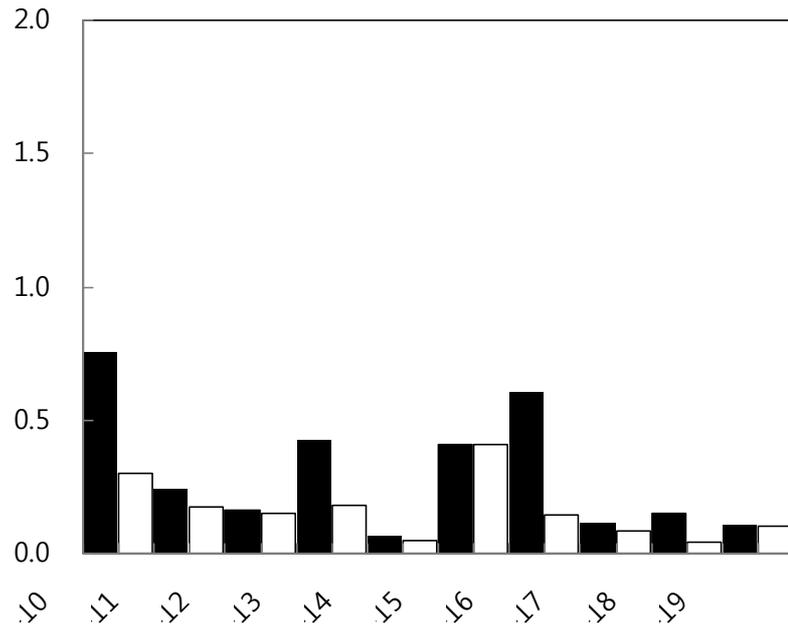


그림 42. 한라산국립공원 어리목 등산로의 치환성 Mg 함량

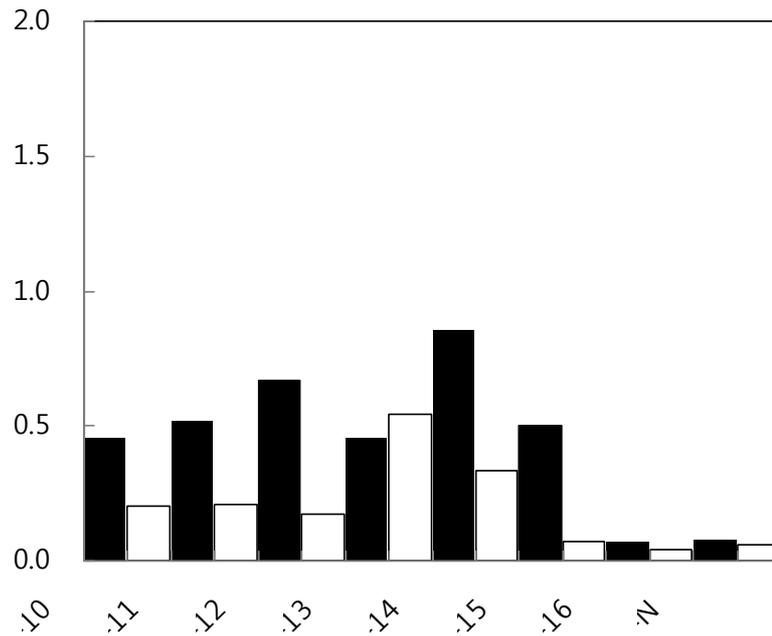


그림 43. 한라산국립공원 돈내코 등산로의 치환성 Mg 함량

## 9) 치환성 Na

토양에서 Na 함량은 인위적 요인이 가해지지 않았을 때 기준이 되는 원소로 이용되며, 인위적인 요인이 가해졌을 때 함량의 변화가 크게 나타난다. 전체적인 한라산국립공원 등산로의 치환성 Na 함량은 불검출~0.26cmol+/kg 범위였다. 표토의 평균 치환성 Na 함량은 0.06cmol+/kg, 심토의 평균 치환성 Na 함량은 0.03cmol+/kg으로 매우 낮았다.

## 10) 양이온치환용량

양이온치환용량은 토양비옥도를 나타내는 하나의 지표인자이다. 양이온치환용량이 클수록 양분보유능이 커지고 토양의 완충능이 커지며 양분을 보관하여 식물이 필요시에 공급할 수 있는 능력이 더 커지는 특성을 갖고 있으므로 꽃자왈 식생의 효율적 관리나 보호를 위한 중요한 지표라 하겠다. 제주도 화산회토는 난분해성 유기물의 집적으로 유기물 함량이 매우 높고 양이온치환용량도 매우 높다. Shin(1978)은 제주도 화산회토가 양이온치환용량은 높으나 염기 용탈이 일어나는 토양특성으로 치환성양이온 함량은 낮다고 보고한 바 있다.

한라산국립공원 영실 등산로의 양이온치환용량은 15.05~49.19cmol+/kg 범위였다(그림 44). 영실 표토의 양이온치환용량은 16.18~40.42cmol+/kg, 심토의 양이온치환용량은 15.05~49.19cmol+/kg 범위를 보였다. 관음사 등산로의 양이온치환용량은 11.78~39.26cmol+/kg 범위였다(그림 45). 관음사 표토의 양이온치환용량은 11.78~36.62cmol+/kg, 심토의 양이온치환용량은 13.69~39.26cmol+/kg 범위를 보였다. 성판악 등산로의 양이온치환용량은 14.04~50.35cmol+/kg 범위였다(그림 46). 성판악 표토의 양이온치환용량은 21.18~50.35cmol+/kg, 심토의 양이온치환용량은 14.04~24.43cmol+/kg 범위를 보였다. 돈내코 등산로의 양이온치환용량은 5.68~27.38cmol+/kg 범위였다(그림 47). 돈내코 표토의 양이온치환용량은 5.68~27.38cmol+/kg, 심토의 양이온치환용량은 8.76~24.20cmol+/kg 범위를 보였다. 전체적으로 한라산국립공원 등산로 표토의 평균 양이온치환용량은 20.98cmol+/kg, 심토의 평균 양이온치환용량은 20.91cmol+/kg로 표토와 심토 간에 차이가 없었다.

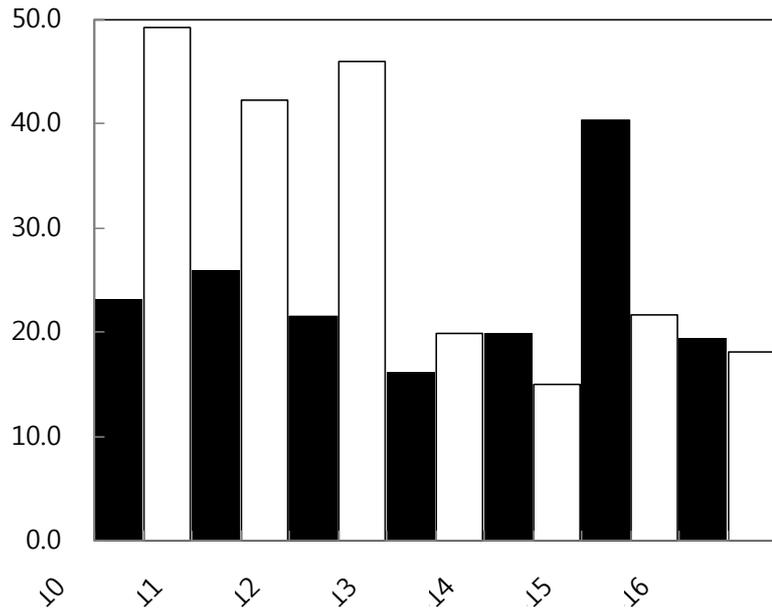


그림 44. 한라산국립공원 영실 등산로의 양이온치환용량

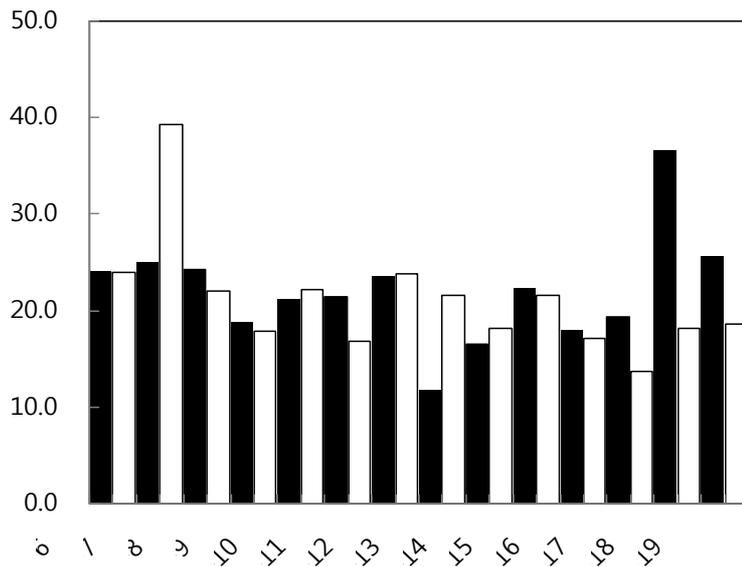


그림 45. 한라산국립공원 관음사 등산로의 양이온치환용량

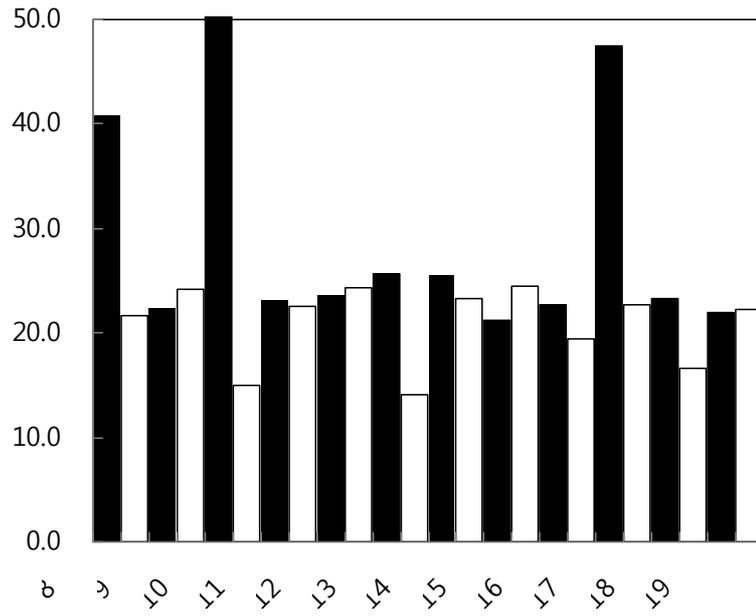


그림 46. 한라산국립공원 성판악 등산로의 양이온치환용량

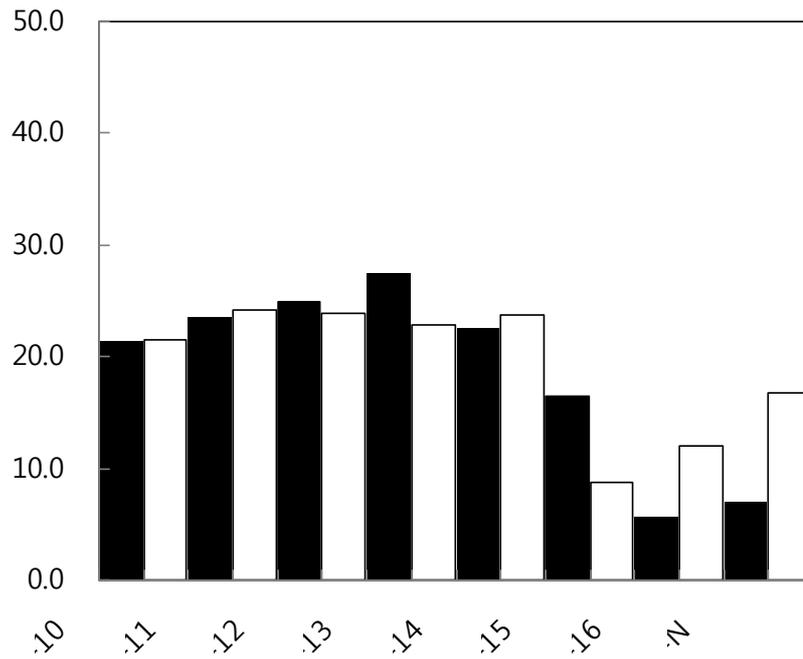


그림 47. 한라산국립공원 돈내코 등산로의 양이온치환용량

## 11) 토성

토양의 입도(입경)는 흙을 이루고 있는 입자의 굵기에 따라 모래, 미사 및 점토로 구분이 되며 토성이란 모래, 미사, 점토의 상대적인 비율을 의미한다. 따라서 토성을 파악하기 위해서 입도분석을 수행하였으며, 그 결과는 부록 1에 삽입하였다. 한라산국립공원 등산로의 토양은 다양한 토성명으로 구분이 되었으며 영실 및 관음사 등산로의 토성은 식토와 사질식양토가 우세하였고 성판악 등산로의 토성은 사질식양토, 식토, 사양토, 식양토 등으로 다양했으며 돈내코 등산로의 토성은 식토가 우세하였다. 정 등(2002)에 의하면 제주도 산림토양은 대부분이 미사질양토로서 미사함량이 높다고 보고하였다. 하지만 본 연구 결과에서는 식토가 우세하였으며 미사보다도 점토함량이 높은 것으로 나타났다. 표토와 심토간의 모래, 미사 및 점토함량은 평균적으로 차이가 없었다.

## 4. 요약

본 조사연구의 목적은 한라산국립공원 내 등산로 구간을 중심으로 한 토양조사 및 토양의 이화학적 성질을 통하여 한라산국립공원 자연자원의 효율적인 관리체계를 위한 기초 자료를 제시함에 있다.

한라산국립공원 내에 분포된 토양통은 총 17개 이며 그 중에서 흑악통, 노로통 및 토산통이 전체의 67% 이상을 차지하고 있다. 한라산국립공원 등산로 표토와 심토의 평균 토양 pH는 각각 4.8, 5.0으로 대체적으로 표토보다 심토에서 높았다. 평균 전기전도도는 표토와 심토가 각각 0.59, 0.37 dS/m였다. 이와 같은 농도는 식물생육에 대한 염류의 영향을 거의 무시할 수 있다고 판단된다. 평균 유기물함량은 표토와 심토가 각각 21.45, 15.79%였다. 유기물함량은 토양 pH와는 반대로 심토보다 표토에서 함량이 높았으며 표토에 유기물함량이 집적되는 현상을 보였다. 평균 유효인산함량은 표토와 심토가 각각 9.7, 7.3mg/kg로 한라산국립공원 토양의 유효인산함량은 매우 낮았다. 평균 총 질소함량은 표토와 심토가 각각 1.16, 0.94%였다. 어리목 등산로 1500m 지점에서 총 질소함량이 4.04%로 매우 높아 특이한 현상을 보였다. 한라산국립공원 토양의 치환성 K, Ca, Mg 및 Na는 매우 낮은 함량을 보였으며 염기의 용탈과 관련이 있을 것으로 판단된다. 인위적 요인이 가해지지 않았을 때 기준이 되는 원소인 치환성 Na 함량은 불검출~0.26 cmol+/kg 범위

였다. 표토의 평균 치환성 Na 함량은  $0.06\text{cmol}^+/\text{kg}$ , 심토의 평균 치환성 Na 함량은  $0.03\text{cmol}^+/\text{kg}$ 으로 매우 낮았다. 전체적으로 한라산국립공원 등산로 표토의 평균 양이온치환용량은  $20.98\text{cmol}^+/\text{kg}$ , 심토의 평균 양이온치환용량은  $20.91\text{cmol}^+/\text{kg}$ 로 표토와 심토 간에 차이가 없었다. 한라산국립공원의 토양은 다양한 토성명으로 구분이 되었으며 영실 및 관음사 등산로의 토성은 식토와 사질식양토가 우세하였고 성판악 등산로의 토성은 사질식양토, 식토, 사양토, 식양토 등으로 다양했으며 돈내코 등산로의 토성은 식토가 우세하였다. 향후 토양 분석결과와 토양미생물 분석결과를 종합하여 해석한다면 한라산국립공원 토양특성을 이해하는데 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

## 5. 인용문헌

- Bray, R.H., and L.T. Kurtz. 1945. determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Gunjigake, N. and Wada, K. 1981. Effects of phosphorous concentration and pH on phosphate retention by active aluminum and iron of Ando Soils. *Soil Sci.* 132: 347-352.
- Imai, H. 1981. Phosphate adsorption on volcanic ash soils, The effect of equilibrium pH on phosphate adsorption. *Jap. Soil Sci. Plant Nutr.* 52:11-19.
- 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.
- Shin, J.S. 1978. Composition and genesis of volcanic ash soils derived from basaltic materials in Jeju Island(Korea). Ph.D.Thesis. State Univ. of Ghent, Belgium.
- Walkley, A., and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.
- 농촌진흥청 농업기술연구소. 1976. 제주도토양정밀도. 광명인쇄사.
- 농촌진흥청 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법.
- 박창서, 김이열, 조성진. 1985. 화산회토 분류 및 CEC에 대한 유기물과 점토

- 의 기여도. 1985. 한국토양비료학회. 18(2):161~168.
- 류순호. 2000. 토양사전. 서울대학교출판부. p.237~238.
- 류순호, 송관철. 1984. 입지토양의 특성. 서울대 아열대농업연구. p.73~104.
- 정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회. 91(6):694~700.
- 정진현, 원형규, 김인호. 2004. 한국의 산림입지 - 산림토양. 산림청 · 국립산림과학원. p.3~30.
- 정차연, 양경희. 2006. 한라산 총서 II - 한라산의 지형 · 지질. 제주도 · 한라산 생태문화연구소. p.18~28.
- 제주도. 1997. 제주도 중산간지역 종합조사 보고서. 제주도. p.387~479.
- 제주도민속자연사박물관. 2000. 제주토양 원색도감. 제주도. p.118~131.
- 제주특별자치도. 2006. 제주통계연보 2006. 제주특별자치도. pp.48.
- 제주특별자치도. 2006. 제주산림 어제와 오늘 제주산림 60년사. 제주도. p.37~40.

**한라산국립공원  
자연자원조사  
(부록)**

2012. 12

제주특별자치도 한라산연구소

# 토 양

---

조사위원 : 고석형, 강태우

부록 25. 한라산국립공원 등산로별 입도(입경)분석 결과

	극조사 (2.0~1.0mm)	조사 (1.0~0.5mm)	중사 (0.5~0.25mm)	세사 (0.25~0.1mm)	극세사 (0.1~0.05mm)	미사 (0.05~0.002mm)	점토 (0.002mm 이하)
영실 1000M(표)	3.78	2.88	4.24	5.60	1.66	39.47	42.37
영실 1100M(표)	2.00	0.71	1.43	4.13	1.28	33.42	57.03
영실 1200M(표)	5.43	5.55	5.67	7.15	2.22	29.59	44.39
영실 1300M(표)	12.70	9.27	6.22	13.97	5.97	1.07	50.80
영실 1400M(표)	24.45	8.40	5.86	9.04	3.18	18.51	30.56
영실 1500M(표)	6.41	2.31	3.59	12.18	4.10	35.49	35.91
영실 1600M(표)	7.38	4.07	4.58	18.84	7.89	38.51	18.71
영실 1000M(십)	1.15	1.41	3.72	8.98	3.46	37.09	44.18
영실 1100M(십)	3.33	7.42	8.78	21.19	9.23	25.79	24.27
영실 1200M(십)	5.56	13.40	14.11	10.98	2.57	26.94	26.44
영실 1300M(십)	15.41	13.69	8.39	10.98	4.44	13.38	33.72
영실 1400M(십)	8.64	9.65	9.02	14.60	4.70	25.93	27.46
영실 1500M(십)	3.18	3.31	4.46	12.35	4.58	39.95	32.17
영실 1600M(십)	5.52	4.49	5.26	22.57	9.49	29.40	23.28
관음사 600M(표)	4.97	1.15	1.27	2.29	0.89	26.60	62.83
관음사 700M(표)	1.28	0.13	0.26	1.41	0.64	38.86	57.42
관음사 800M(표)	2.12	0.76	1.06	5.75	2.88	42.44	45.00
관음사 900M(표)	5.13	4.13	4.28	9.55	4.28	48.57	24.06
관음사 1000M(표)	1.11	1.36	1.97	9.13	3.82	44.43	38.18
관음사 1100M(표)	1.14	1.65	1.41	5.84	3.94	55.20	30.82
관음사 1200M(표)	1.15	2.04	4.97	22.79	7.89	27.87	33.29

부록 25. 계속

	극조사 (2.0~1.0mm)	조사 (1.0~0.5mm)	중사 (0.5~0.25mm)	세사 (0.25~0.1mm)	극세사 (0.1~0.05mm)	미사 (0.05~0.002mm)	점토 (0.002mm 이하)
관음사 1300M(표)	8.98	11.03	12.44	21.16	5.90	8.42	32.07
관음사 1400M(표)	12.86	8.79	10.19	22.03	6.24	16.66	23.24
관음사 1500M(표)	6.16	2.82	2.82	6.54	2.44	37.90	41.32
관음사 1600M(표)	17.25	16.50	16.19	17.10	4.24	19.27	9.45
관음사 1700M(표)	14.26	18.25	16.54	16.54	4.99	8.27	21.16
관음사 1800M(표)	5.18	13.69	15.78	18.99	4.32	11.69	30.35
관음사 1900M(표)	7.62	4.19	5.59	10.03	2.54	9.62	60.41
관음사 600M(십)	0.51	0.51	1.53	19.74	9.04	33.35	35.33
관음사 700M(십)	4.62	8.54	8.65	14.95	6.67	25.36	31.21
관음사 800M(십)	0.51	0.38	0.89	10.06	4.84	38.12	45.20
관음사 900M(십)	12.18	17.19	13.08	11.16	2.95	17.93	25.51
관음사 1000M(십)	1.21	2.27	3.48	39.35	13.47	22.87	17.35
관음사 1100M(십)	2.14	6.84	15.40	33.22	6.99	5.57	29.84
관음사 1200M(십)	0.25	1.36	3.82	28.24	10.24	22.62	33.48
관음사 1300M(십)	4.06	8.00	10.79	22.22	6.86	23.41	24.64
관음사 1400M(십)	10.70	9.04	10.31	20.50	5.73	16.88	26.84
관음사 1500M(십)	5.77	3.72	2.95	4.87	1.54	55.00	26.15
관음사 1600M(십)	17.19	17.95	13.88	8.53	1.66	31.45	9.34
관음사 1700M(십)	13.47	16.29	18.85	24.11	5.90	3.48	17.90
관음사 1800M(십)	9.84	13.17	17.40	19.37	4.84	20.14	15.24
관음사 1900M(십)	13.97	15.11	17.82	20.39	4.42	3.67	24.62

부록 25. 계속

	극조사 (2.0~1.0mm)	조사 (1.0~0.5mm)	중사 (0.5~0.25mm)	세사 (0.25~0.1mm)	극세사 (0.1~0.05mm)	미사 (0.05~0.002mm)	점토 (0.002mm 이하)
돈내코 1000M(표)	4.93	3.21	5.43	13.81	5.30	20.26	47.06
돈내코 1100M(표)	4.57	2.29	4.06	9.78	3.56	31.15	44.60
돈내코 1200M(표)	11.46	6.24	7.26	11.97	2.80	21.20	39.08
돈내코 1300M(표)	2.82	1.15	2.31	8.21	3.46	25.78	56.26
돈내코 1400M(표)	3.82	0.64	1.78	7.13	2.04	35.87	48.72
돈내코 1500M(표)	12.95	13.34	18.73	20.70	6.16	4.22	23.90
돈내코 1600M(표)	29.81	22.32	18.16	14.82	8.63	2.32	3.94
돈내코 남백분기점(표)	25.52	32.36	19.82	14.26	3.71	-8.25	12.59
돈내코 1000M(심)	2.10	3.58	6.17	16.15	5.43	42.66	23.92
돈내코 1100M(심)	4.70	3.94	6.22	16.64	5.97	27.28	35.26
돈내코 1200M(심)	4.84	8.53	12.86	20.88	5.98	31.76	15.15
돈내코 1300M(심)	5.00	2.57	5.26	12.31	4.10	29.23	41.53
돈내코 1400M(심)	4.46	2.16	3.82	9.29	3.44	4.29	72.54
돈내코 1500M(심)	12.95	24.63	26.54	15.28	4.49	3.25	12.86
돈내코 1600M(심)	18.46	22.68	16.94	13.30	9.84	4.25	14.53
돈내코 남백분기점(심)	18.39	18.58	13.25	15.54	3.99	5.21	25.03
성관악 800M(표)	5.55	7.28	7.40	17.02	7.15	25.76	29.84
성관악 900M(표)	4.32	2.79	2.16	3.56	1.52	30.61	55.03
성관악 1000M(표)	3.56	5.33	10.67	34.67	7.87	16.98	20.91
성관악 1100M(표)	7.24	2.79	3.81	5.97	1.78	30.97	47.44
성관악 1200M(표)	4.19	2.03	2.92	6.98	2.79	24.74	56.34

부록 25. 계속

	극조사 (2.0~1.0mm)	조사 (1.0~0.5mm)	중사 (0.5~0.25mm)	세사 (0.25~0.1mm)	극세사 (0.1~0.05mm)	미사 (0.05~0.002mm)	점토 (0.002mm 이하)
성판악 1300M(표)	4.70	3.30	2.79	6.48	2.54	34.13	46.06
성판악 1400M(표)	1.40	3.68	3.56	18.67	8.38	31.12	33.20
성판악 1500M(표)	2.16	0.38	1.78	9.02	3.30	21.28	62.08
성판악 1600M(표)	3.94	1.78	3.56	8.00	2.67	64.34	15.72
성판악 1700M(표)	0.25	0.25	1.27	12.45	5.97	58.83	20.98
성판악 1800M(표)	2.54	4.57	10.03	24.51	6.60	23.31	28.43
성판악 1900M(표)	8.00	8.00	17.14	19.94	3.43	11.94	31.54
성판악 800M(십)	3.05	9.65	18.54	40.51	9.91	5.06	13.28
성판악 900M(십)	1.52	5.97	9.91	32.77	10.79	15.86	23.18
성판악 1000M(십)	0.63	1.02	3.81	31.24	8.00	34.31	20.99
성판악 1100M(십)	4.83	6.86	6.22	13.59	6.10	26.59	35.82
성판악 1200M(십)	3.05	2.67	3.30	18.03	8.13	24.54	40.28
성판악 1300M(십)	7.49	6.86	5.84	27.56	6.98	19.45	25.81
성판악 1400M(십)	2.16	1.02	1.14	4.57	2.54	38.59	49.98
성판악 1500M(십)	0.76	1.14	3.17	10.92	3.17	58.61	22.21
성판악 1600M(십)	1.40	1.14	3.56	19.30	6.73	58.70	9.17
성판악 1700M(십)	0.63	2.79	12.32	29.34	8.51	32.05	14.36
성판악 1800M(십)	4.70	7.49	12.95	23.49	6.73	21.71	22.92
성판악 1900M(십)	9.27	5.97	10.41	15.62	3.30	32.83	22.59