

濟州道 土壤에 關한 研究 (1)

— 火山灰土壤의 理學性에 對하여 —

金 滢 玉

Kim Hyeohg-ok: A Study on the Soils of Cheju-do (1)

SUMMARY

This study has included a somewhat detailed analysis of the physical properties of volcanic ash soils which are typical of Cheju-do.

The soil colors suggest a high concentrations of humus in volcanic ash soils and enable us to infer the formation period of volcanic ash that was a parent material of the soil.

Volcanic ash soils are generally characterized by a small bulk density and a large porosity. The three composition phases of soils are characterized by the special distribution range, black and very dark-brown volcanic ash soils and association with undulating to rolling terrain, small solid ratio, and a very porous and large soil water distribution range.

During the weathering process of dark-blown volcanic ash soils on the north-west area, massive structures developed and the permeability of natural soil profiles gradually decreased. However, in intermountainous areas the permeability is high. The behavior of individual weathered ejecta acting similar to the sand grains of appropriate size should be considered the essential reason for high permeability.

1. 序 論

土壤은 그 組成이 Heterogeneous하고 熱力學的인 작용에 대하여는 Hysteresis 現象을 나타내어 마치 생물체와도 같이 恒時 變化하고 있으면서도 비교적 安定한 상태를 維持하고 있는 이른바 動的 平衡狀態에 있다. 長久한 세월에 걸쳐 각 지역의 土壤母材는 기상 지형들의 與件에 따라 動的 平衡狀態를 유지하면서 그 지방 特有的의 토양형으로 발전되어 왔으니 토양의 종류는 千差萬別하여 매우 다양하다.

濟州道の 主島인 濟州島는 전형적인 火山性 島嶼로서 火山噴出은 地質年代 新生代 第三紀末 푸라이오세(Plioceneepoch)에 地盤大變動으로 海退가 이어나 세계적인 陸化現象이 있었을 때

隆起噴出되었다. 이때 東西로 뻗어있는 제주도 中央地質構造線에 따라 粗面岩이 분출되어 중앙에 主峰인 한라산을 이루고 어느 정도 현재의 지형에 가까운 모양으로 되었으니 五百羅漢을 위시하여 곳곳에 柱狀節理가 발달되었다. 또한 지질년대 第三紀는 세계적으로 화산활동이 활발하여 지금의 대륙의형이 거의 완성되어 해륙의 분포가 현재와 거의 같게 된 때이기도 하다. 지구상에는 活火山이 400座 第四紀末까지 활동하였든 死火山이 約 1,000座 分布되고 있는데 活火山은 아직도 주기적으로 莫大한 量의 熔岩 火山灰 火山 glasses 등을 噴出하면서 그 土壤生成過程을 변경시키고 있다.

제주도의 火山活動은 間歇的이었으나 第三紀의 火山性堆積物이 다소 풍화되다가 第四紀初에 安山岩의 분출로 화산활동이 再開되었고 그 뒤를 이어 玄武岩의 大噴流가 있었는데 玄武岩은 분출기에 따라 岩相이 달라지고 있다. 濟州道의 화산활동은 역사시대에 까지 繼續이 되어 A.D 1,002年 高麗七代 穆宗 五年에는 飛揚島가 해저로부터 隆起噴出되었고 A.D. 1,007年 同穆宗拾年에는 軍山이 분출하였다. 이렇게 화산활동이 일어나는 사이에 그 數 300余의 寄生火山이 생겼고 火山성 토양지방으로 된 것이다.

火山灰는 일본, 월남, Hawaii, Newzealand, Philippine, Indonesia, Italy, Ethiopia, Chile Peru등지에 분포되고 近年에는 국제적인 火山灰土壤會議마저 개최되어 火山灰土에 對한 연구는 국제적인 협력체계가 만들어진 段階이며 국제토양학회의 Dr. V.A. Kobda 같은 인사들은 世界土壤圖를 작성하려고 하고 있다. 여기에 筆者가 調査하여 오던 結果중 물리적인 면의 일부를 보고 하고자 한다.

2. 研究材料 方法

火山灰土壤이 分布돼 있는 全域을 연구 대상으로 하고 그중 실제 조사한 곳은 土壤群域 별로 생성요인으로 보아 대표가 될 수 있는 몇 곳을 선정하여 採土供試 하였으며 해발고도에 대하여도 留意하였다. 단면층위를 조사하였고 수분함량은 105°C법으로 5시간 乾燥시킨 후 秤量하였으며 灼熱損失量은 650°C~950°C에서 태워서 정량하였다. 기계분석은 篩別法과 Pipet법을 대비하면서 並用하였는데 Pipet法에서는 유기물을 제거하였다. 土壤粒徑區分은 국제토양학회법을 따랐으며 孔隙量과 三相分布는 容重과 비중으로부터 계산하였다.

3 研究 結果

濟州道의 火山灰土壤은 토양색으로 4個의 토양군 즉 黑色火山灰土壤, 濃暗褐色火山灰土壤, 暗褐色火山灰土壤과 低山丘陵地火山灰土壤群 등으로 분류되고 있는데 이중 암갈색화산회토양은 그 理學性과 토양형태에 있어 타토양군역의 화산회토양과 판이하게 다르다. 이들 각토양의 理

Table1. State of sampling

| soil association | Distribution | Horizon | Depth | Collected sample |
|--------------------------------------|---|---------|--------|------------------|
| Black volcanic ash soils | Southeast area of Cheju isl | 1 | 0-35cm | 50 |
| | | 2 | 35-59 | 50 |
| | | 3 | 59-120 | 50 |
| very dark brown volcanic ash soils | north inermountainous area of Cheju isl | 1 | 0-23 | 60 |
| | | 2 | 23-50 | 60 |
| | | 3 | 50-70 | 60 |
| Dark brown volcanic ash soils | northwest coastal area of Cheju isl | 1 | 0-25 | 75 |
| | | 2 | 25-50 | 75 |
| | | 3 | 50-75 | 75 |
| volcanic ash soils on hilly terraccj | parasitic volcanoes | 1 | 0-22 | 25 |

Table2. Specific gravity

| Soil association | Horizon | specific gravity | Loss by combustion |
|-------------------------------------|---------|------------------|--------------------|
| Black volcanic ash soil | 1 | 2.50 | 16.0% |
| | 2 | 2.70 | 7.1 |
| | 3 | 2.81 | 3.2 |
| Very dark brown volcanic ash soils | 1 | 2.59 | 11.0 |
| | 2 | 2.70 | 7.0 |
| Dark brown volcanic ash soils | 3 | 2.76 | 4.9 |
| | 1 | 2.72 | 4.5 |
| | 2 | 2.80 | 1.0 |
| Volcanic ash soils on hilly terrain | 3 | 2.82 | 1.0 |
| | 1 | 2.60 | 8.9 |

學性은 Table1~Table5에 걸쳐 記述되어 있다.

암갈색 화산회토양은 북제주군 조천면 함덕리 西境으로부터 북제주군 한경면 판포, 조수, 청수리境을 이르는 본도 북서부 지역의 해발 200~3 m 이하 해안지대에 분포되어 있으며 본도에 서는 농업이 제일 집약화되고 있으며 비옥도가 가장 높은 지역이다. 지형은 북향 及至 西北向으로 緩傾斜를 이루는 곳과 비교적 平坦한 곳으로 되어 있으나. 起伏도 다소 있다. 기후는 이 土壤

群域中の 제주시 연평균 기온이 14.5°C(30년평균), 강수량 연 1,439.9mm (30년평균) 증발량은 이와 비슷하여 1,500mm 가량이 된다. 最高極溫 36.4°C, 最低氣溫 -4.1°C 冬節 서북계절풍이 甚하고 온도도 낮아 體感溫度는 기온보다 훨씬 下降한다. F. Linke의 體感溫度式은 다음과 같다.

$$(\text{Sensible temperature}) = (\text{temperature}) - 4\sqrt{V} + 12J \dots \dots (1)$$

V ; 風速 m/sec

J ; 每cm²當 /min에 받는 日射強度 Calorie

Table3. some physical properties

| Soil association | Horizon | Bulk density | specific gravity | Porosity |
|-------------------------------------|---------|--------------|------------------|----------|
| Black | 1 | 0.70 g / 1cc | 2.50 | 72% |
| Volcanic ash soils | 2 | 0.66 | 2.70 | 76 |
| | 3 | 0.70 | 2.81 | 75 |
| Very dark brown volcanic ash soils | 1 | 0.90 | 2.59 | 64 |
| | 2 | 0.94 | 2.70 | 65 |
| | 3 | 0.99 | 2.76 | 64 |
| Dark brown Volcanic ash soils | 1 | 1.22 | 2.72 | 55 |
| | 2 | 1.21 | 2.80 | 54 |
| | 3 | 1.30 | 2.82 | 54 |
| Volcanic ash soils on hilly terrain | 1 | 0.91 | 2.60 | 65 |

植生은 田으로 일반작물이 재배되고 있다. 토층 단면은 1층의 두께 14~25cm, 灼熱損失量 3~4%, 中礫이 3~17% 함유되어 있으며 未風化礫이다. 곳에 따라서는 지렁이의 管道가 흩어져 있고 토양구조는 粒狀이 주이나 粒塊狀인 곳도 많다. 作土는 평균 10cm 내외, 토성은 微砂 質壤土, 토색은 암갈색을 나타내나 곳에 따라서는 회갈색인 곳도 間或 있다. 2層은 40~50 cm까지의 두께인데 灼熱損失量이 적어 1% 내외, 礫은 함유돼 있는 곳과 없는 곳이 있다. 氣水 透過性은 다소 불량하고 塊狀構造를 갖고 있다. 重植土이며 갈색 내지 적갈색을 띄고 있다. 3층은 45~95cm까지의 범위이며 灼熱損失量 1%이하, 礫含量도 줄어들고 塊狀構造이며 緻密하다. 곳곳에 岩塊가 있는데 岩塊는 鐵銹로 둘러싸여져 있다. 토색은 황갈색, 土壤母材는 非固結 火性岩이며 堆積樣式은 洪積世堆積 농암갈색화산회토양은 본도의 북부역에서 暗褐色火山灰土壤 群域의 남쪽으로 連이어 해발이 높은 지역을 점유하고 있으며 남부역에서는 해안지대에 분포되어 있다. 비속도가 다소 떨어지며 북부에서는 완경사 지형이며 기후는 기온이 고도에 따른 遞減率이 100m에 約 5°C가 되니 북부 지역에서는 제주도보다 1~3°C下降한다. 물론 체감온도도 내려간다. 강수량은 井上榮一의 近似式으로 부터 어느 정도 추정할 수 있다.

$$V_h = V_o + 0.557h \dots \dots (2)$$

V_h: -높이 (海抜) hm에서의 강수량mm

V_o: -山麓에서의 강수량

h: -山麓으로부터의 높이

따라서 해발고도가 높아질 수록 강수량이 증가하고 氣候因子로 보아 증발량은 감소하니 암갈색 화산회토양구역 보다 冷濕한 기후가 된다. 남부지역의 토양은 해발이 낮으니 溫暖하다. 이 土壤구역의 서귀포의 기온은 年평균 15.5°C (5년평균) 강수량 年 1,816.5mm (5년평균) 토양母

濟州道 土壤에 關한 研究 (1)

材는 非固結火成岩이며, 風積되었다. 植生은 田, 草園, 임야등으로 다양하다. 토양단면층위는 1층 두께가 12~23cm 灼熱損失量이 10% 이하, 礫은 함유되지 않은 곳으로 부터 50%까지 함유된 곳이 있다. 토성은 경식토 토색은 농암갈색, 粒團이 안정하지 않고 作土 깊이는 10cm 가량 된다. 2층은 36~50cm, 灼熱損失量은 상층보다 줄어들고 토색은 암황갈색, 礫含量도 상층보다 적다. 3층은 49~60cm로 粘性이 強하고, 암갈색이며 조적이 치밀하다. 전층에 걸쳐 암회갈색인 곳도 있으며 腐植層이 두텁다.

Table 4. Distribution of three phases

| Soil association | Horizon | Solid phase | Liquid phase | air phase | Porosity |
|-------------------------------------|---------|-------------|--------------|-----------|----------|
| Black volcanic ash soils | 1 | 27.8% | 47.1% | 25.1% | 72.2% |
| | 2 | 24.0 | 53.0 | 23.0 | 76.0 |
| | 3 | 25.0 | 53.0 | 22.0 | 75.0 |
| Very dark brown Volcanic ash soils | 1 | 36.0 | 43.8 | 20.2 | 64.0 |
| | 2 | 35.0 | 46.0 | 19.0 | 65.0 |
| | 3 | 36.0 | 46.0 | 18.0 | 64.0 |
| Dark brown Volcanic ash soils | 1 | 45.0 | | | 55.0 |
| | 2 | 46.0 | | | 54.0 |
| | 3 | 53.4 | | | 46.6 |
| Volcanic ash soils on hilly terrain | 1 | 35.0 | 33.5 | 32.5 | 65.0 |

Table 5. Mecanical composition

| Soil association | Horizon | Gravel | Co. S. | F. S. | Silt | Clay | Texture |
|-------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| black volcanic ash soils | 1 | 6.50% | 9.25% | 17.20% | 31.00% | 42.05% | Sic |
| | 2 | 5.20 | 16.15 | 22.34 | 36.50 | 25.00 | Iic |
| | 3 | 5.00 | 14.90 | 17.05 | 32.05 | 36.00 | Lic |
| very dark brown volcanic ash soils | 1 | 11.50 | 8.79 | 15.26 | 36.05 | 39.00 | Lic |
| | 2 | 9.50 | 9.00 | 23.90 | 34.25 | 32.85 | Lic |
| | 3 | 5.0 | 14.00 | 30.50 | 31.00 | 25.50 | Lic |
| dark brown volcanic ash soils | 1 | 2.00 | 9.79 | 6.21 | 53.05 | 30.95 | Sic |
| | 2 | 6.05 | 7.05 | 6.00 | 40.60 | 46.30 | Hc |
| | 3 | 9.23 | 6.21 | 4.79 | 33.20 | 55.80 | Hc |
| volcanic ash soils on hilly terrain | 1 | 12.05 | 30.05 | 26.25 | 28.65 | 15.05 | L |

黑色火山灰土壤은 本島의 東部와 남부의 대부분의 地域에 걸쳐 있어 火山灰土壤 分布地域의

태반을 넘는다. 地形은 緩傾斜인 곳도 있으며, 기후는 近似式으로 計算하여 어느 程度 推定된다. 土壤母材는 非固結火成岩이며 堆積양식은 風積이다. 식생은 田, 목초원, 林野地 등으로 다양하다. 斷面은 1層이 35cm 灼熱損失量은 10% 以上이며 間或 礫質인 곳도 있다. 粉狀, 粒狀 構造이며 作土는 20cm, 風蝕 받기 쉬운 狀態이다. 土色은 흑갈색, 黑色이며 限界가 뚜렷하지 않다. 2層은 59cm 까지이고 灼熱損失量이 上層보다 減少되며 土色은 暗赤褐色, 未風化小礫이 含有된 곳도 있다. 弱한 塊狀構造로 細孔隙도 많다. 氣水의 透過性이 良好하고 境界는 漸變하고 있다. 3層은 120cm을 넘는데 土色은 黃赤色, 塊狀構造로 치밀하다.

低山 및 丘陵地 火山灰土壤은 한라산 중북에 散在돼 있는 低山과 丘陵地 土壤인데 지형은 경사지이다. 母材는 非固結火成岩이며 層位가 알다. 暗赤色을 띠고 單粒構造에 가까우며 表層下에는 Scoria層으로 된 곳이 많다. 過透水性이다.

4. 考 察

濟州道에는 全面積의 80%에 達하리 만큼 넓은 지역에 걸쳐 火山灰土壤이 分布되어 있으며, 物理性은 土壤群의 土壤色과 土性等에 따라 多少間에 차이성을 보이고 있다.

해안 지역에서는 雨量(P)와 蒸發量(E)의 量比가 1에 가까우나 계절에 따라서 다우기에는 그 값이 1을 넘으니 各層位로 부터 양분이 洗脫되고, 해발 고도가 높아져서 中산간 지역에 이르던 年中 P/E 值가 1을 훨씬 넘어 塩類가 繼續 溶脫되고 있다. 이렇게 脫塩基 脫珪酸作用이 進展되면 非晶質인 알미노 珪酸 即 Allophane의 생성이 활발하여 지고 이 Allophane과 R_2O_3 특히 Al_2O_3 는 Humus와 結合되어 Humus의 集積을 돕고 있다. 有機物의 堆積은 2價 Cation이 적은 條件에서 進行되며 여기서 生成된 腐植酸은 乾燥할 때 重縮合되어 漸漸 高分子腐植으로 變化되어서 獨特한 腐植이 生成되고 있다. 이러한 土壤腐植은 土壤을 더욱 多孔性으로 만들어 特有의 組織과 構造를 형성하고 있다. Kanno (1962)에 依하면 火山灰土壤의 風化過程과 風化程度를 腐植含量과 主要 粘土礦物로서 알 수 있다. 風化가 相當히 進行되어서 結晶化作用을 받으면 Allophane이 減少된다.

따라서 黑色火山灰土壤은 土壤色으로 보아 腐植含量이 많고 Allophane의 結晶化作用이 別로 進行되지 않은 것으로 推定되어 噴出年代가 가장 가까운 火山灰土壤임을 알 수 있다. 本稿에서는 腐植含量을 연구방법의 便宜上 不得已 灼熱損出量으로부터 미루어 對比 考察하고 있다. 反面 土壤色이 가장 淡色인 암갈색화산회토양은 主要 粘土礦物이든 Allophane이 結晶化하여 Halloysite, montmorillonite 등으로 바뀌어져 腐植含量도 감소되고 있어 母材의 噴出年代가 가장 오래임을 말하여 주고 火山灰土壤으로서의 특성도 잃고 있다.

Table 3에서 알 수 있듯이 客重은 대단히 낮으며 孔隙量은 커서 土壤粒子의 堆積은 형태상 다공성으로 형성하게 퇴적풍화되고 있다. 黑色火山灰土壤과 濃暗褐色火山灰土壤이 99g/100cc

이하로 가벼우며 暗褐色火山灰土壤은 100g/100cc 이상이다. 灼熱損失量은 容積重과 反比例의 量的 상관성을 나타내고 있다. 低山 및 丘陵地火山灰土壤은 豪雨時 表層으로 부터 微細土壤粒자를 流失시켜 토양침식을 일으키니 표층토는 대단히 얇다, Regosol인 곳이 많다.

凝集力은 Puchner에 의하면 토성과 수분함량에 따라 左右되는데 火山灰土壤은 수분함량이 30~35%인 때가 가장 強하다. 따라서 이때 경운하면 農機具에 對한 저항성이 增加되어 土壤反轉이 충분히 이루어 질 수 있다. 수분함량이 줄어 들어 0%에 가까워져 가면 凝集力은 아주 떨어져 토양구조는 黑色火山灰土壤에서 거의 粉狀으로 되어 바람이 심할 때 土壤粒자가 衝天하여 黑塵萬丈을 이루는 것은 가끔 목도할 수 있으며 濃暗褐色火山灰土壤도 같은 성질을 가진다.

附着力은 수분함량에 比例하여 증가하고 있다. 粒子徑이 작을 수록 증가하며 경운과 關係가 깊다.

透水性은 토양의 특성에 따라 다른데 黑色火山灰土壤과 濃暗褐色火山灰土壤은 透水가 잘 되어 지하수면이 아주 낮아지고 있다. 地下水位面은 噴出期를 달리하는 熔岩들의 接觸面으로 된 流路를 따라 더욱 낮아지니 本道 農業用水가 甚하게 不足한 根本的인 理由는 여기에 있는 것이다.

三相分佈는 固相이 적고, 孔隙量 바꾸어 말하면 液相과 氣相이 크다. 이 土壤三相의 分佈量과 孔隙構造는 吸收水와 膨潤水의 結合度를 높이고 保水性을 크게 하고 있다. 그리고 토양實質(固相) 自体가 적으니 식물양분의 함유량도 같은 입체기하학적 範圍에서 다른 토양보다 半減돼 있다. 火山회토양의 특성이 뚜렷하게 나타나 있는 대부분의 지역에서는 降雨時 수분의 浸透가 容易하여 雨水의 地表面 溢流現象을 暴雨時 外에는 거의 볼 수가 없다. 冬節 氣溫이 下降하여 地表面 溫度가 0°C에 이르면 通水性이 良好하니 霜柱가 普通 5cm 假量 성장한다.

5. 摘 要

本 研究에서는 濟州道 土壤의 代表 토양인 火山회토양에 對하여 그 理學的의 일부를 분석 기술하였다. 토양색은 火山회토양의 腐植含量을 暗示하고 母材인 火山灰의 生成年代를 推定할 수 있게 하고 있다.

火山회토양은 大体로 容重이 적고 孔隙量이 많다. 黑色과 濃暗褐色台地火山灰土壤은 三相分佈에서 固相이 적고 多孔質이며 液相分佈가 많다.

北西부의 암갈색火山회토양은 風化過程에서 塊狀構造가 發達되고 滲透性이 減少하고 있다. 그러나 산간지역의 火山회토양은 滲透性이 크다. 添透性이 큰 중요한 理由는 個個의 風化 火山噴出物이 나타내는 마치 砂粒과도 같은 특성 때문으로 思量된다.

— 參 考 文 獻 —

- 1) 國立中央觀象臺, 1966. 氣象年報
- 2) " 1967. (同上)
- 3) 坪井八十二, 1957. 氣象環境測定法, 農技協, 東京, 作物試驗法.
- 4) 原口九萬, 1931 濟州島の地質, 朝鮮總督府地質調査所.
- 5) 慎鍾華, 蔡序錫, 李炯兌, 金明華, 1964. 濟州道概略土壤調査報告, 農振廳, 農事試驗研究報告.
Vol. 7 No. 1
- 6) Soil Survey Staff, 1960. *Soil classification-A comprehensive system*. SCS, USDA.
- 7) Robinson, G. W. 1947. *mother earth* 2nd print, Thomas Murby, London.
- 8) Yoshinaga, N. and Aomine, S. 1952. Allophane in some ando soils. *Soil sci. & plant nutr.*
Vol. 8 No. 2
- 9) Kanno, I. 1962, Genesis and classification of Humic allophane soil in Japan. *Transa Joint mtg. Comm. IV and V, Int. Soc. Soil Sci.*, New Zealand.
- 10) Baldwin, M., Kellogg, C. E. and Thorp, J. 1938. Soil classification, Yearbook of agriculture. Soils and men, USDA.
- 11) Mückenhausen, E. 1956, Die Einteilung der wasserbeeinflussten Böden, Deutshland, Rapp. VI Congr. Int. Sci. Sol.
- 12) Jackson, M. L. and Sherman, G. D. 1953, *Chemical weathering of minerals in soils, advances in agron.*, 5, academic press.