

韓國의 赤色土 風化過程의 特性

姜 永 福

〈目 次〉

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1. 序 論 | 3. 土壤生成化 作用과 珪礬
比·珪鉄礬比와의 關係 |
| 2. 土壤膠質物의 化學分析
結果 및 考察 | 4. 結 論 |

1. 序 論

韓國의 生成의 土壤型¹⁾ (Genetic soil type) 을 研究함에 있어서 他地域의 生成의 土壤型과 의 相互比較나 土壤生成에 대한 過去의 成果와 業績을 關聯시켜서 考察하는 것은 매우 重要하다. 韓國에 있어서 生成의 土壤型에 관한 研究는 일찌기 日本人인 川村-水²⁾가 氣象 資料를 土臺로 計算한 雨量計數에 根據를 두어 韓國에 赤色土가 生成하고 있다는 것을 主張한 이래 農村振興序의 愼錫華³⁾, 嚴基泰⁴⁾, 최대웅⁵⁾ 등에 의하여 赤色土에 대한 調查研究가 農業 利用面

에서 形態的, 物理化學的인 分析과 土壤分類學의 位置에 대한 약간의 考察이 있어 왔을 뿐이다. 筆者⁶⁾는 生成의 土壤研究의 立場에서 우리나라의 赤色土에 대한 研究結果 世界의 濕潤垂熱帶地域에 分布하는 成帶性 土壤인 赤色土와 類似함을 밝힌바 있다. 愼은 韓國의 現在의 氣候狀態로 보아 赤色土가 生成되기에는 氣溫이 낮다는 것을 내세워 過去의 氣候條件下에서 生成되었다고 推定하는데 대하여 嚴⁷⁾은 우리나라의 氣候가 美國 및 日本의 赤色土 分布地域에 比하여 多小 乾燥한 편이나 高溫多濕한 夏季氣候 條件下에서 風化가 급격히 일어나고 있

* 本 論文은 明知學園 設立者와 關東大學에서 補助하여준 研究費에 의하여 이루어진 것임.

** 本 論文은 1978年度 大韓地理學會 秋季學術大會에서 發表한 것임.

- 1) Dokuchayev 土壤學의 概念으로 土壤을 하나의 自然體로 보고 生成·進化·發達面에서 研究하려는 生成論的인 自然環境의 形成物로서의 土壤을 일컫는다 (Cited from Gerasimov, I. P. and Glazovskaya, M. A., 1965, *Fundamental of soil science and soil geography*, (Israel program for scientific translations Jersalem). pp. 4-5.
- 2) 川村-水, 1936, "土壤分類及 野外調查研究法", 土壤肥料 講議錄, 朝鮮農學會, pp. 2-84.
- 3) 愼錫華, 1970, "洪積層에 基因된 赤黃色土의 形態 및 物理化學의 特性에 關한 研究", 韓國土壤肥料學會誌, 第3卷 1號, pp. 61-66.
- 4) 嚴基泰, 1971, "酸性岩 및 中性岩의 殘積層에 發達된 赤黃色土의 生成 및 分類", 韓國土壤肥料學會誌, 第4卷 2號
- 5) Choi, D. U. 1970, "Study on the clay minerals of some representative soils in Korea. I, Clay minerals in red yellow soils derived from granite and granite gneiss." *The Research Reports of the O. R. D. Korea*. 13 pp. 19-13.
- 6) 姜永福, "花崗片麻岩에 發達한 赤色土에 關한 研究", 地理學研究, 創刊號, pp. 64-92.
- 7) 嚴基泰, 1971, op. cit., pp. 187-192.

다는 것을 根據로 現在의 氣候狀態下에서 赤色土의 生成이 可能하다고 했다. 그러나, 年平均 氣溫 및 降水量 등의 一般의인 大氣 氣候狀況만 을 가지고 土壤 生成을 論하는 데는 무리가 있 다고 본다. 土壤生成에서 氣候要素를 가지고 考察할 때에는 土壤溫度, 土壤의 濕潤狀態와 그 地域의 排水狀態 등 土壤의 微氣候의인 側面 에서의 考察이 이루어져야하며 또한 土壤 生成 因子중에서 氣候因子만 가지고 論하는 것은 피 해야 할 일이다. 따라서 우리 나라에 分布하는 赤色土가 現在의 氣候狀態下에서 生成되고 있는가 아니면 過去의 氣候生成物인가를 究明 하 기 위해서는 土壤生成因子인 氣候, 植生, 地形, 母村狀態, 生成期間 등을 綜合的으로 考察 하 여야 한다고 본다. 本 研究에서는 南韓의 여러 地域에 分布하는 赤色土의 生成에 作用하는 風 化過程과 土壤生成化作用에 어떠한 差異성이

있는가를 土壤膠質物(2μ 以下)의 化學的 分析 結果에서 나타난 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 / R_2O_3 比, SiO_2 / Al_2O_3 比를 통하여 考察함으로써 赤色土生成의 自然環境 狀態를 알고자 한다. 研究對象土壤은 南部地方에서 부터 中部 地方에 이르는 丘陵地, 平野地帶, 山麓緩斜面上에 發 達하고 있는 14개의 代表土壤斷面(그림 1)이다.

1. Gwangsan silt loam (granitic saprolite)
2. Gwangju clay loam (coarse fragment derived from granite, gneiss, schist and andesite porphyry.)
3. Songjeong silty clay loam (granitic saprolite)
4. Wlsan silt loam (andesite porphyry)
5. Wlju clay loam (granitic saprolite)
6. Weolseong sandy loam (granitic saprolite)
7. Daegu silt loam (shale)
8. Buyeo loam (granitic saprolite)
9. Yesan loam (granite)
10. Cheonwon silt loam (granite gneiss)
11. Anseong loam (granite gneiss)
12. Pucheon loam (granite gneiss)
13. Gimpo silty clay loam (granite gneiss)
14. Gimpo clay loam (granite gneiss)

14개 斷面의 形態의 特性에 대하여는 별도로 相 互比較研究하였고(未發表) 本 論文에서는 農村 振興庁 植物 環境 研究所에서 實驗한 9個斷面 의 粘土部分의 化學分析 結果와 筆者가 分析한 5個斷面의 粘土部分의 分析值를 가지고 珪礬 比(SiO_2 / Al_2O_3)와 珪鐵礬比(SiO_2 / R_2O_3)를 計 算⁸⁾하여 그의 特性을 比較 考察하였다. 여기에서 全体 土壤 細土의 分析值를 使用하지 않고 粘土部分의 化學分析을 試行하여 그 分析值를 採擇한 根據는 細土를 열강염산으로 處理하는 境遇, 溶解하는 成分은 주로 粘土를 이루고 있는 成分이며, 여기에는 충분히 風化되지 않은 鑛物粒子까지도 얼마간 溶解하는 까닭에 土壤 의 風化狀態를 規明하려면 粘土部分을 分離 採 取하여 分析하는 것이 보다 適當하다고 생각하여 上記의 土壤斷面에서 採取한 試料土壤中 에서 粘土部分을 分離하여 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , C. E. C. 등을 定量하였다. 粘土의 分離

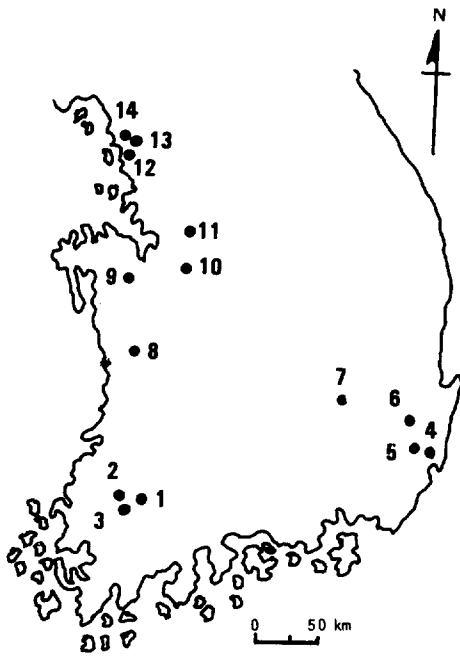


그림 1. 赤色土의 調査地点과 母材

8) Hess, P. R. 1971, *A textbook of soil chemical analysis*. Chemical Publishing Co., INC., New York, pp. 362 - 370.

와 그 化學的 分析은 다음과 같은 方法으로 實施하였다. 즉 試料土壤중에서 粘土의 分離採取는 沈低法인 Egawa, D. J. and Y. Watanabe,⁹⁾ Jackson¹⁰⁾ 등의 方法에 의하여 事前 脫鐵處理를 하지 않고 2 μ 以下の 粒子를 分離 採取하였다. 粘土의 化學分析은 Jin and kato,¹¹⁾ N. I. Belyayeva¹²⁾ 등의 方法으로 NaOH-Fuson에 의하여, SiO₂는 ammonium molybdate에 의한 比色法으로, Al 및 Fe는 ferron에 의한 比色法으로, K는 監光分析法으로, 監基置換 容量은 E. B. Firman¹³⁾ 과 A. J. Metson¹⁴⁾ 의 ammonium acetate method에 의하여 測定하였다.

2. 土壤膠質物의 化學分析 結果 및 考察

표 1에서 보는바와 같이 土壤反應은 PH(H₂O, 1:1)는 4.7-5.9로서 強酸性 내지 中間 程度의 酸性을 보이며 調査土壤 사이에서 PH 差는 크게 나타나지 않고, 各土壤断面内の 土層間에도 PH 差異는 작은편이다. 표 1 과 그림 2에서 나타난 바와같이 2 μ 以下の 粘土部分의 SiO₂/R₂O₃比는 全體土壤에서 약 2.0 内外를 보이고 있으며, 光州埴壤土(断面 2), 天原 微砂質壤土(断面10), 安城壤土(断面11), 富川 壤土(断面12), 金浦微砂質埴壤土(断面13), 金浦 埴壤土(断面14)에서는 모두 2.0 以下로서 各土層을 通하여 큰 差異가 없으며, 松江微砂質埴壤土(断面 3), 蔚山微砂質壤土(断面 4), 蔚州 埴壤土(断面 5), 扶餘微砂質壤土(断面 8)에서는 珪鐵簪比가 A層에서 2.0을 약간 넘으나, 下層에서는 2.0以下로서 A. B 양층 사이의 SiO₂/R₂O₃比 差異는 매우 작아서 전체적으로 보아

2.0 以下인 토양들과 큰 差異가 없다. 光山微砂質埴壤土(断面 1), 月城砂質壤土(断面 6), 禮山壤土(断面 9)에서는 이 比가 2.0~2.32 로서 2.0을 약간 웃돌지만 土層間的 差異는 大差가 없다. 그러나 大邱 埴壤土(断面 7)에서는 2.84-4.01로 비교적 높아서 調査土壤断面 中에서 가장 높은 值를 보여준다. 따라서 이 大邱 埴壤土를 粘土의 化學的 組成으로 보아 다른 調査土壤과 다른 風化程度를 보여준다고 생각된다. SiO₂/Al₂O₃比도 SiO₂/R₂O₃比와 같은 傾向을 보여서 大部分의 調査土壤이 1.90-2.50 로서 SiO₂/R₂O₃比가 높은 土壤断面에서는 SiO₂/Al₂O₃比가 2.0内外를 나타내며, 이것은 1:1 型 粘土鉍物인 Kaolin 鉍物이 優位를 차지하고 있음을 보여준다.¹⁵⁾ 또한 粘土의 SiO₂/Al₂O₃比가 2.5内外인 것은 2:1 型 粘土의 이 比가 3.5이고, Halloysite의 이 比가 2.0인것¹⁶⁾에 比較하여 보면 Kaolin 鉍物中에서도 Halloysite가 主라는 것이 推定되며 상당량의 2:1 型 鉍物도 함유함을 예상할 수 있다. SiO₂/R₂O₃比와 SiO₂/Al₂O₃比에 관해서는 項目을 달리하여 考察하겠지만 各土層間的 이 比들의 差異가 적다는 것은 Podzol化 作用의 存在가 否定되는 것이며 그렇다고 laterite 化 作用이 탁월하게 作用했다고는 볼 수 없다. 陽ion 置換容量(CEC)은 조사토양 단면간에 큰 差異를 나타내어 共通的인 傾向을 찾을 수가 없으며 다만 扶餘, 禮山, 蔚山土壤断面들은 CEC가 20.0~27.58 me/100g으로서 全層을 通하여 큰 差異가 없으며 Halloysite를 主로하는 赤色土의 粘土^{17) 18)}부분의 그것과 類似하다. 調査土壤의 大部分이 K₂O 함량¹⁹⁾(1.30-3.08)으로 보아 약 20%-30%内外의 illite가 포함되어 있음을 알 수

9) 江川友治, 渡邊裕, 1960, 粘土鉍物 實驗法, 續作物 試驗法, pp. 301-359.

10) Jackson, M. L., 1956, *Soil chemical analysis advanced course*, pp. 31-100.

11) 淺秀雄, 加藤敏郎, 1958, "窯業原料としての珪酸鹽 鉍物の 迅速定量法," 窯業, No. 5, pp. 17-2561

12) Belyayeva, N. I., 1966, *Soviet soil science*, No. 2, pp. 218-220.

13) Firman, E. B., 1956, *Chemistry of the soil*, pp. 497-498.

14) Metson, A. J., 1961, "Method of chemical analysis for soil survey samples," *Newzealand, P. S. I. R. R. Soil Bull.*, vol. 12, pp. 99-105.

15) 菅野一郎, 1961, "日本の 主要 土壤型の 生成・分類學的 研究, II 赤黃色土", 九州農試彙報, 第7卷 第2号, pp. 187-292.

16) 加藤芳朗, 1962, "静岡県三方原 および東嶽丘群の土壤(第3報)", 日本土壤肥誌, 第33卷 第5号, pp. 247-249.

표 1. Chemical composition of colloid extracted from Red soils of various parts in South Korea.

	Horizon	Depth cm	PH Elemental Analysis of Clay							
			H ₂ O 1 : 1)	SiO ₂ / R ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	CEC me/100g
Gwang-san silt loam (Profile 1)	A	0 - 6	4.9	2.15	2.56	46.48	9.27	30.79	2.36	-
	B ₁	6 - 18	5.2	2.06	2.48	45.08	9.96	30.82	2.46	42.54
	B ₂₁ t	18 - 35	5.5	-	-	-	-	-	-	-
	B ₂₂ t	35 - 67	5.0	2.23	2.78	46.40	10.93	28.36	2.54	52.55
	B ₃₁ t	67 - 94	4.9	-	-	-	-	-	-	-
	B ₃₂ t	94 - 140	5.0	-	-	-	-	-	-	47.54
Gwangju clay loam Profile 2)	A _p	0 - 9	5.4	-	-	-	-	-	-	-
	B ₂₁ t	9 - 43	5.0	1.68	1.97	46.61	10.74	40.11	1.58	27.58
	B ₂₂ t	43 - 89	4.8	-	-	-	-	-	-	-
	B ₃	89 - 100	4.9	1.77	1.98	48.51	9.65	40.43	1.30	26.07
Songjeong silty clay loam (Profile 3)	A	0 - 10	4.9	2.12	2.52	45.83	9.28	30.86	2.32	-
	B ₁ t	10 - 22	5.1	-	-	-	-	-	-	-
	B ₂₁ t	22 - 54	5.1	1.99	2.41	44.17	10.30	31.05	2.10	-
	B ₂₂ t	54 - 93	5.1	-	-	-	-	-	-	-
	B ₂₃ t	93 - 150	5.1	1.70	2.10	41.33	11.68	33.90	2.07	-
Wlsan Silt loam (Profile 4)	A ₁	0 - 5	5.3	2.53	2.98	55.37	8.73	31.49	-	30.4
	A ₃	5 - 16	5.3	2.53	2.98	54.36	8.73	30.89	-	16.6
	B ₁	16 - 28	5.0	2.50	2.89	55.88	8.14	32.73	-	15.6
	B ₂₁ t	28 - 47	5.1	2.20	2.57	52.56	9.13	34.58	-	20.4
	B ₂₂ t	47 - 56	5.0	2.00	2.35	52.11	10.11	37.60	-	29.4
	B ₃ t	56 - 87	5.2	-	-	-	-	-	-	17.3
	C	87 - 168	5.0	2.09	2.51	52.93	6.90	35.70	-	19.2
Wlju clay loam (Profile 5)	A ₁₁	0 - 5	4.8	2.08	2.56	50.46	12.32	33.41	-	7.8
	A ₁₂	5 - 15	4.8	2.02	2.48	49.65	12.48	33.87	-	2.3
	B ₂₁ t	15 - 55	5.0	1.87	2.27	49.00	12.44	36.63	-	2.9
	B ₂₂ t	55 - 69	5.2	1.88	2.28	49.35	12.34	36.61	-	5.4
	B ₂₂ b	69 - 115	5.4	1.88	2.30	49.03	12.81	36.16	-	13.7
	B ₂₄ b	115 - 170	5.3	1.87	2.31	48.76	13.15	38.78	-	9.6
	B ₃ b	170 - 200	5.6	-	-	-	-	-	-	8.0
Weolseong Sandy loam (Profile 6)	A	0 - 12	4.7	2.07	2.33	52.39	7.57	38.11	-	9.1
	B ₁	12 - 23	5.2	2.32	2.55	56.76	5.62	37.78	-	7.5
	B ₂	23 - 32	5.3	2.20	2.40	55.76	5.35	39.53	-	26.5
	C ₁	32 - 65	5.4	1.96	2.11	54.98	5.12	44.26	-	43.2

	Horizon	Depth cm	H ₂ O (1:1)	PH Elemental Analysis of clay						
				SiO ₂ /R ₂ O	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	CEC me/100g
Daegu silt loam (Profile 7)	A	0-15	5.4	3.84	3.95	53.79	10.75	23.07	3.01	-
	B ₁	15-40	4.9	4.01	4.07	57.76	6.46	24.03	2.61	27.02
	B _{1t}	40-60	5.0	2.97	3.53	54.22	7.72	26.06	1.94	-
	B _{1t}	60-80	5.0	2.84	3.32	53.12	7.12	27.18	2.30	43.79
Buyeo loam (Profile 8)	Ap	0-7	5.2	2.24	2.30	39.20	11.15	28.95	2.35	24.0
	B _{11t}	7-15	5.5	1.79	2.17	38.66	10.01	30.19	2.23	25.0
	B _{12t}	15-30	5.6	1.81	2.23	37.52	10.44	28.51	2.17	25.5
	B _{1t}	30-55	5.5	1.82	2.25	39.12	10.72	29.53	2.29	25.5
Yesan loam (Profile 9)	C	55-125	5.5	1.73	2.22	38.22	13.15	29.15	2.03	26.0
	Ap	0-24	4.5	2.20	2.43	45.84	5.40	31.88	1.80	26.5
	B ₁	24-44	4.7	2.01	2.22	44.98	5.50	34.43	2.56	21.0
	B ₂	44-66	5.0	2.01	2.28	43.48	6.89	32.27	2.71	21.0
Cheonwon Silt loam (Profile 10)	C	66-130	5.2	2.04	2.31	44.00	6.79	32.17	3.01	20.0
	Ap	0-16	5.3	1.88	2.41	41.04	12.90	28.85	2.97	9.90
	B _{11t}	10-30	5.1	1.93	2.40	40.86	10.90	28.90	2.46	12.60
	B _{12t}	30-90	5.1	1.93	2.44	40.68	11.25	28.30	3.22	13.00
Anseong loam (Profile 11)	C	90-130	5.0	1.92	2.40	40.74	11.25	28.80	3.22	10.10
	Ap	0-18	7.2	1.85	2.27	41.46	10.90	31.00	3.08	8.10
	B ₂	18-63	4.8	1.90	2.34	41.20	10.90	29.90	3.08	6.75
	B ₃	63-83	4.8	1.74	2.16	39.54	11.65	31.05	2.72	9.00
Pucheon loam (Profile 12)	C	83-110	5.3	1.73	2.15	39.12	11.15	30.85	2.72	8.20
	Ap	0-8	5.1	1.76	2.44	39.42	13.30	29.51	2.79	9.40
	B ₁	8-25	5.3	1.72	2.22	38.88	13.39	29.79	2.72	7.60
	B _{1t}	25-50	5.7	1.75	2.22	39.58	12.68	30.27	2.89	8.40
Gimpo Silty Clay loam (Profile 13)	B ₂	50-100	5.6	1.68	2.08	39.20	11.96	31.94	2.58	0.29
	C	100-150	5.5	1.56	2.12	37.16	16.52	29.78	2.19	5.60
	A ₁	0-11	5.3	1.94	2.42	41.61	11.25	29.25	2.68	10.30
	B ₁	11-29	5.8	1.94	2.44	42.18	11.65	29.40	2.58	9.95
Gimpo Clay loam (Profile 14)	B ₁₁	29-40	5.6	1.95	2.45	41.84	11.65	29.05	2.51	10.90
	B ₁₂	40-55	5.9	1.98	2.49	42.11	11.65	28.60	2.58	10.30
	B ₁₃	55-85	5.7	1.89	2.35	41.15	11.25	29.70	2.51	10.00
	B ₁₄	85-130	5.8	1.81	2.21	40.51	10.90	31.13	2.58	12.00
Gimpo Clay loam (Profile 14)	Ap	0-15	4.7	1.89	2.38	40.82	11.65	29.08	2.83	9.00
	B ₂	15-40	5.0	1.86	2.29	40.86	10.90	30.23	2.83	9.15
	B ₃	40-100	4.9	1.75	2.17	39.98	11.65	31.28	2.01	7.00
	C	100-150	5.2	2.02	2.42	40.52	8.83	28.47	3.11	5.60

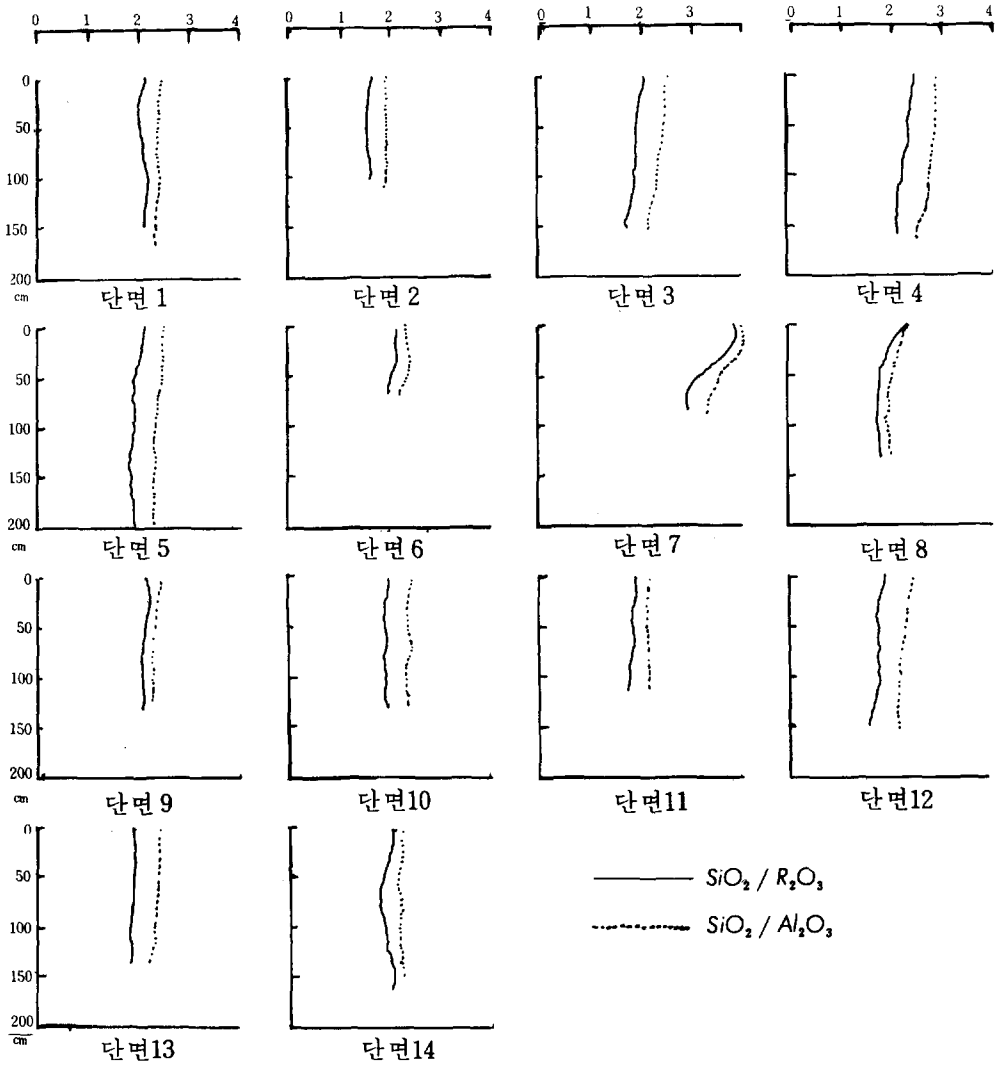


그림 2. Silica-alumina ratios and silica-sesquioxide ratios of red soil colloid.

있다. 以上の分析結果에서 본 바와같이 Al, Fe의加水酸化物, R_2O_3 , Kaolin 광물 (Halloysite) 등이本調査土壤의粘土部分에存在하고 있는것은 세계의赤色土와 그리고 이와類似的한土壤型의粘土鉱物組成과比較하여 보아共通的인特徵이 있음을 알 수 있고 이러한特徵들은 laterite化作用의進行程度를 나타내 주는 것이라推定된다.

3. 土壤生成化作用과 珪礬比 珪鐵礬比와의關係

本研究土壤의粘土部分의 SiO_2/Al_2O_3 比와 SiO_2/R_2O_3 比를關聯시켜赤色土의風化過程이 어떠한環境下에서 어떠한作用에 의하여生成되었는가를 알아보고자 한다. Mattson²⁰, Ma-

17) 菅野一郎, 本藏吉男, 有村玄洋, 1956, "洪積層に由來する赤黄色の粘土鉱物", 日土肥誌, 第27卷 pp. 288-292.

18) 加藤芳郎, 1962, op. cit., pp. 248-249.

19) 菅野一郎 編, 1977, "日本の土壤型-その生成・性質・研究法", 農山漁村文化協會, 東京, p. 209.

rbut²¹, Lyon²² 등에 의하면 高温多湿한 熱帶氣候地域에서는 岩石의 風化가 급격하게 進行되어 監基成分은 쉽게 溶脫 移動되지만, 反面에 岩石의 分解가 빠르고 植物의 遺體나 落葉의 分解가 급속도로 進行되기 때문에 土層에 多量の 監基가 供給되고 腐植의 集積이 적어진다. 따라서 表層土壤의 反應은 中性 또는 알칼리性을 띤다. 이러한 溶液狀態에서는 珪酸礬土의 複合物은 分解되어서 SiO_2 는 可溶性으로 되어 溶脫되는데 대하여, Al, Fe는 不溶性으로 되어 土層에 殘留集積되기 때문에 珪酸含量이 적은 土壤이 生成된다. 이 結果 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比와 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 比는 아주 낮게 된다고 하였다. J. S. Joffe²³는 亞熱帶地域의 土壤生成과 關係깊은 laterite化 作用을 다음과 같이 要約하고 있다. ① 母岩의 급격한 分解와 崩壞로 인하여 風化의 最終生成物質의 形成, ② SiO_2 의 解離와 移動, ③ 断面内에서의 2,3酸化物의 分離와 固定, ④ 풍부한 植生下에서도 有機物의 集積이 이루어지지 않는 것, ⑤ 赤色을 띠는 土壤의 生成. 이와같은 laterite化 作用의 程度에 따라 laterite 土壤의 亞型에 該當하는 土壤들이 多樣하게 나타난다. 珪酸監 鉍物이 中性 또는 알칼리성 加水分解(alkaline hydrolysis, laterization, allitization)에 의하여 生成된 最終物質인 Fe, Al의 水酸化粘土를 生成하는 過程을 laterite 또는 laterite化 作用이라 하는데, 이 作用으로 生成된 laterite 土壤이 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 比가 낮다는 事實은 等電의 沈澱에 관한 Mattson^{24, 25}의 研究에 의해서 쉽게 說明된다. 즉, Mattson에 의하면 알칼리性 加水分解로 인하여 生成된 物質은 監基性體(B)가 비교적 많은

$\text{HA} \left\langle \begin{matrix} \text{B}(\text{OH})_2 \\ \text{B}(\text{OH})_3 \end{matrix} \right\rangle$ 라는 새로운 複合體를 形成하고, 土壤中에 鹽基가 不足한 狀態에서는 弱鹽基인 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 와 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 가 직접 珪酸과 結合하여 粘土를 生成하며, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 와 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 는 다같이 陽性物質(amphoteric material, ampholytoid)이기 때문에, 土壤溶液의 PH 值가 커질수록 鹽基로서의 性質은 減小한다. 따라서 PH 值가 增加됨에 따라 2,3酸化物과 結合하고 있는 珪酸 또는 腐植酸의 量은 減小하며, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 의 경우 PH 8.1, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 의 경우 PH 7.1의 等電點에서는 鹽基로서의 性質은 없어져서 珪酸과 腐植酸과의 結合은 하지않게 되며, 結合하지않은 珪酸은 溶脫 除去되어 그 量은 점점 減小하게 된다. 一般的으로 이와같은 高温多湿한 熱帶氣候下에서 행해지는 鹽基性 加水分解로 인하여 土壤膠質 複合體의 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 比는 매우 낮게 된다는 事實을 Mattson은 發見하였다. 土壤의 化學的 風化作用은 주로 수소 ion濃度에 의하여 支配되는 것이 분명해서 Mattson²⁶은 自然狀態下의 土壤PH가 그 等電點과 一致하는 方向으로 化學的 風化가 進行된다는 說을 밝혔다. 즉 風化作用은 物理 化學的으로 가장 安定한 狀態의 化合物을 生成하는 方向으로 항상 作用하는 것을 特徵으로 하며 이러한 安定한 狀態 또는 最小의 活動을 나타내는 것은 陽性物質의 等電狀態에 의하여 決定된다. 이러한 陽性物質의 等電的 組成은 PH에 의하여 變化하는 까닭에 土壤溶液의 H^+ 의 增加와 土壤膠質 複合體의 化學的 組成과의 相互關係하에서 決定되며 이러한 相互關係는 溶脫을 일으킬 수 있는 充分한 降雨가 있는 狀態에서만 일어난다. 이러한 現象은 氣候, 地質 등의

20) Mattson, S., 1932, "The laws of soil colloidal behaviour. IX. Amphoteric reaction and isoelectric weathering", *Soil Science*, vol. 34, No. 3, pp. 209-240.

21) Marbut, C. F., 1951, *Soils. their genesis and classification*, Soil Science Society of America, pp. 106-108.

22) Lyon, T. L. et al, 1951, *The nature and properties of soil*, 4 th. ed., McMillan co., New York, p. 86.

23) Joffe, J. S., 1949, *Pedology*, 2nd. ed. Pedology Publications, New Brunswick, New Jersey, p. 459.

24) Mattson, S., 1932, op. cit., pp. 226-229.

25) Mattson, S., 1930, "The laws of soil colloid behaviour. III isoelectric precipitates," *Soil Science*, vol. 30, No. 6, pp. 459-495.

26) Mattson, S., 1932, op. cit., pp. 218-236.

地域의 差異에 基因한다고 하며 上述한 바와같은 陽性物質의 等電的 風化說을 提唱하게 된 것이다. Mattson²⁷⁾은 有機物의 急速한 分解는 無機화된 有機磷山 化合物로부터 PO_4 ion과 活性 hunate ion이 解離되어 나오기 때문에 이들 ion으로부터 이루어진 複合物은 PH價가 낮아 지더라도 알칼리성 加水分解가 일어날 수 있다. 이들 陰 ion들은 等電的 沈澱으로 下層으로 移動하여 PH價의 變動을 가져온다. 따라서 알칼리성 加水分解가 減小됨에 따라 Laterite化作用은 약하게 된다. 이러한 現象은 濕潤亞熱帶地域의 赤色土와 黃色土에 일어나고 있다. 土壤 溶液이 더욱 酸性으로 되면 結局에는 Podzol化作用이 나타나는 酸性 加水分解地域에 接近하게 된다. 이와같이 鹽基性 加水分解 즉 laterite化作用에서는 珪素含量이 적고 酸性物質이 缺之되어 있기 때문에 C. E. C.가 매우 적은 것이 特色이며 podzol의 B層에서는 腐植酸에 起因하는 상당량의 酸性物質을 가지고 있어 C. E. C.가 높다고 하였다. Podzol B層에서 SiO_2/R_2O_3 比는 Fe, Al 酸化물이 腐植酸과 結合하여 複合體를 이루어 沈澱한 까닭에 매우 낮지만 The ratio acid activity/basic activity는 높다고 Mattson은 말하였다. Kanno²⁸⁾에 의하면 赤色土에서 粘土部分의 SiO_2/R_2O_3 比가 A, B 양층에 큰 差異가 없는 것은 Podzol化作用이 일어나지 않았음을 나타내는 것이라 하였다. 土壤 膠質의 陽性的 行爲에 대한 研究를 한 Mattson은 膠質物의 陽 ion 置換容量(Cation Exchange Capacity)은 一次的으로 acidoid (SiO_2)/basoid(R_2O_3)比에 달려있다고 하였다. PH狀態, 電解質量 등 모든 條件이 同一할 경

우 이 比가 增加한 것은 置換性 陽 ion이 많고 陰 ion이 적은 것을 意味하며 이 比가 낮을 경우에는 置換性 陽 ion이 적고 相對的으로 陰 ion이 많다. laterite와 lateritic 土壤은 SiO_2 (Acidoid)가 적고 2.3 酸化物(Basoid)이 많이 含有되어 있다. 따라서 laterite에서는 陽 ion 置換容量은 적고 相對的으로 陰 ion 置換容量은 많다. Marbut²⁹⁾은 laterite 토양에 관한 연구에서 2.3 산화물은 laterite 토양의 가장 뚜렷한 형태적 특징을 이루는 지표가 되며 2.3 산화물이 토층에 積積하는 것은 化學 분석에서 나타난 바와 같이 명백한 사실이라 하였다.

Harrison³⁰⁾을 비롯한 몇몇 토양학자 들은 laterite 토양의 표층에 2.3 산화물이 積積하는 것은 건기에 있어서 지하수의 모세관운동에 의한 상승작용에 기인한 것이라고 주장하고 있다.

Harrassowitz³¹⁾은 laterite는 열대지방의 가장 특징 있는 토양으로서 乾濕이 交代로 나타내는 Savanna 지역에서 생성되는 토양으로서 雨期의 높은 湿度와 高溫으로 인하여 규산염은 급격하게 가수분해되어 下層으로 이동되고, 건기에는 반대현상이 일어나서 溶液이 上昇하여 集積된다고 하였다.

Hardy³²⁾도 laterite 土壤의 特殊한 物理的 特性을 考察하고 소위 SiO_2/R_2O_3 比가 낮고 특히 Al_2O_3 의 含量이 높다는 事實을 發表하였다. Bennett³³⁾은 24개의 friable tropical soil은 選定하여 調査한 結果 이 土壤들의 平均 SiO_2/R_2O_3 比가 最小 0.15~1.25이고 최대 1.96 이라고 했다. 熱帶土壤의 粘土部分의 特別한 性質으로서 空隙이 많고 물의 透水性이 많고 粘着

- 27) Mattson, S., 1934, "The laws of soil colloid behaviour. VI amphoteric behaviour", *Soil Science*, vol. 32, pp. 343-365.
- 28) 菅野一郎, 1961, op. cit, pp. 189-234.
- 29) Marbut, C. F., 1932, "Morphology of laterites," *Proceed. and Papers Second Inter. Cong., Soil Science*, vol. 5, pp. 72-80.
- 30) Harrison, J. B., 1910, "The residual earths of British Guiana Comonly termed "laterite", *Geol. Mag. n. s.* vol. 7, pp. 439-488.
- 31) Joffe, J. S., 1936, *Pedology*, p. 370.
- 32) Hardy, F., 1923, "The physical significance of the shrinkage coefficient of clay and soils", *Journal of Agr. Sci.* vol. 13, pp. 243-264.
- 33) Bennett, H. H., 1926, "Some comparisons of the properties of humid tropical and humid temperate american soils, with special reference to indicated relations between chemical composition and physical properties", *Soil Science*, vol. 21, pp. 349-374.

성이 낮은 것이 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 비가 낮은 것과 關聯하고 있다고 하였다. 또한 Bennett 는 熱帶地方의 土壤을 区分하는데 있어서 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 비 2.0을 境界로 잡았다. Harrassowitz³⁴⁾ 는 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 비의 代用으로 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 비를 使用하였는데 珪礬比를 計算하는데 Fe_2O_3 를 除外하는 理由는 Fe_2O_3 , FeO 와 같은 鐵酸化物로도 存在하며 이 酸化物들이 珪酸鹽이외의 다른 化合物과도 結合하고 있기 때문이라고 했다. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 비는 Harrassowitz 의 Ki Ratio 로 알려졌으며 Joseph³⁵⁾ 도 土壤膠質物로서 粘土의 特性을 研究하는데 이 비를 使用 하였다. laterite 化作用의 強度에 따라서 laterite 土壤과 laterite 的 土壤을 區別하는데 있어서 Martin 과 Doyné³⁶⁾ 은 土壤膠質의 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki 直) 비에 準據하여 Ki 值가 1.33이하인 土壤을 laterite 라 하고 1.33~2.0인 土壤을 lateritic soil 이라 하였다. Martin 과 Doyné 에 의하여 提示된 lateritic soil 에 대한 Ki 值가 土壤膠質物의 組成에 대한 資料의 不足과 遊離 Al_2O_3 와 Fe_2O_3 에 대하여 不明確한 점이 있으나 赤色土의 特性에 符合되는 점도 많이 있다고 Joffe³⁷⁾ 는 말하였다. Gerasimov 는 Red soil 이 年降水量이 1000~2500 mm 인 亞熱帶濕潤氣候地域에 分布하는 土壤으로 여름에 最高氣溫을 보이고 年中 土壤形成이 이루어져서 一次 鈹物뿐 아니라 二次 鈹物까지도 비교적 급격하게 風化過程이 進行된다는 것이다. 따라서 可溶性鹽類(珪酸鹽, 炭酸鹽)들이 土壤體 內에서 溶解되고 비교적 安定한 遊離 Al, Fe 의 水酸化物들이 土層에 集中하게되는 laterization 의 營力이 일어난다. 이때 2.3 水酸化物은 일부분은 Colloid 로 되고 一部分은 hydrogoethite ,

goethite (FeO, HO), hydrogillite ($\text{Al}(\text{OH})_3$), boehmite (AlO, OH) 등과 같은 第二次 鈹物을 形成하고 이것들은 水和程度에 따라 赤色~黃色을 나타낸다고 하였다. 또한 Gerasimov 는 Laterite 와 Loteritic Soil 의 差異는 風化作用과 土壤生成化作用에서 熱的狀況(thermal regime)과 關聯있으며 質的인 差異보다는 量的 差異에 있다고 보았다. laterite 化作用은 生成物의 깊이로 보아서 熱帶地方에서도 이 두께가 수 10m 이지만 亞熱帶地方은 수 m 에 지나지 않는다고 하였다.

이와같이 土壤의 特性을 考察하는데에 하나의 手段으로서 粘土部分의 化學的組成에 대한 関心이 매우 높아졌다. 이러한 重要한 情報은 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 分子比에 의하여 나타난다. Robinson, G. W.³⁸⁾ 은 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 비에 重要性을 두었는데 그 根據는 다음과 같다. 즉, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 비를 使用하는 것은 粘土에 존재하는 것으로 알려진 酸化鐵이 SiO_2 와 化合하고 있지 않고, 酸化鐵이 外來的(adrenititious) 인 것을 의미하는 것이라는데 있다. 그러나 粘土 鈹物은 珪礬酸鹽 뿐만아니라 珪鐵鹽도 포함되어 있기 때문에 이러한 根據는 잘못된 것이라 하였다. 또한 Robinson³⁹⁾ 은 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 비의 值가 同一한 두개의 粘土가 그 性分面에서는 현저하게 다르다는 것이다. 그러나 一般的으로 濕潤 熱帶地域의 粘土部分의 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 가 낮은 傾向을 보이며, 이러한 現象은 laterite 化作用을 나타내는 것이며, 反面에 冷帶地域 土壤의 粘土部分의 이 비가 높은 傾向을 나타낸다고 말하고 있다. Robinson & Holmes⁴⁰⁾ 는 美國의 土壤에서 粘土分析을 實施하여 土壤膠質 組成과 降雨量과 사이에 약간의 相

34) Harrassowitz, H. 1930. "Boden der tropischen Regionen", *Blank's Handbuch der Bodentehre*, vol. 3 : pp. 362-436 (Cited from J. S. Joffe's *Pedology*, 2 nd. ed., pp 475-477. 1949)

35) Joseph, A. F., 1925, *Clay as Soil Colloids. Soil Sci.*, vol. 20, pp. 89-94.

36) Martine, F. J. and Doyné, M. A., 1927, "Laterite and lateritic soils in Sierra Leone", *Journal of Agr. Sci.*, vol. 17, pp. 530-547, vol. 20, (1930), pp. 135-143.

37) Joffe, J. S., 1949, op. cit., p. 489.

38) Robinson, G. W., 1936, *Soils - Their origin, Constitution and Classification. An Introduction to Pedology*. Thomas Murby & Co., London, pp. 101-103.

39) Robinson, G. W., 1936, loc. cit., pp. 101-102.

40) Robinson, G. W., and Holmes, R. S., 1924, *The Chemical Composition of soil Colloids*, U. S. D. A., Bull. 1311.

互關係 있음을 밝혔지만 土壤膠質體의 組成과 氣溫과는 關聯性이 없다고 하였다. 類似한 濕潤 地域들 사이에서 土壤膠質物의 分析值를 比較 할 때에는 溫度效果는 分明히 關係 있음을 보여준다. NS 係數(300-400)가 같은 地域에 있어서 表層土에서 抽出한 土壤膠質物의 SiO_2 / Al_2O_3 比와 base/alumina 의 比는 溫度가 增加함에 따라 작아진다고 하였으며, 北部의 podzol 土壤에서는 SiO_2 / R_2O_3 比가 3-4로 높지만 美國 西南部의 赤色土에서는 이 比가 그보다 저다고 하였다. 또한 $16^\circ C$ ($60.8^\circ F$) 이상 일때는 2.0 이하라고 하였다. L. D. Baver & G. D. Scareseth⁴¹는 美國의 alabama 州의 土壤断面에서 土壤膠質物의 組成에 對한 研究에서 SiO_2 / R_2O_3 比와 SiO_2 / Al_2O_3 比가 높은 非固結性 母材에 基因하는 土壤을 調查分析한 結果 表層部에서 下層으로 내려갈수록 이 比가 높아진다는 것을 밝혔는데 이것은 鈣산의 溶脫을 나타내는 것으로서 이러한 風化 型式이 나타내는 北限界는 年平均 等溫線 $16^\circ C$ ($61^\circ F$)에 위치한다고 하였다. 이와같이 Baver와 Scareseth는 Robinson과 Holmes의 見解를 再確認하였다. E. M. Crowther⁴²는 SiO_2 / R_2O_3 比가 濕潤狀態가 一定할때에 溫度가 增加함에 따라 커진다고 하였다. Robinson과 Crowther와는 다른 反對現象으로 보이지만 이러한 差異는 根本的인 것이 아니다. Crowther가 一定한 降雨量을 갖는 地域에서 溫度와 粘土組成과는 相互關聯이 있다고 한것은 다만 降雨 效果를 蒸發散에 依하여 影響을 받는다는 것에 根據를 두어 만들어진 NS 計數가 一定한 곳을 意味하고 있다. 수많은 土壤學者들이 이러한 論爭에 參與하고 있지만 아직 뚜렷한 結論을 얻

지 못하고 있다. 이러한 問題는 laterite 風化와 podzolic 風化의 生成原因 問題와 密接한 關係를 갖고 있기 때문에 매우 重要한 것이라고 Jenny Hans⁴³는 말하고 있다. 그러나 R. Maignien⁴⁴은 SiO_2 / Al_2O_3 比는 大氣의 氣候條件보다는 地域的인 排水狀態에 더욱 依存하는 것으로서 그 證據를 다음과 같은데 두고 있다. 年平均 氣溫 $25^\circ C$ 인 熱帶雨林의 花崗岩 地域에 發達하는 Africa의 土壤에서는 이 比가 普通 2.0보다 약간 작은데 對해서 降雨量은 비슷하나 年平均 氣溫이 $18^\circ C - 20^\circ C$ 인 Madagascar의 土壤에서는 이 比가 1.0以下로 떨어진다고 R. Maignien은 말하고 있다. 이와같이 SiO_2 / R_2O_3 比를 氣候要素 하나만 가지고 考察하는 것은 精確하지 못하며 여기에는 母材의 影響이 考慮되어야 한다고 Robinson G. W.⁴⁵는 말했다. A. Reifenberg⁴⁶는 土壤膠質物의 組成에 關한 調查研究에서 主要 土壤群을 SiO_2 / R_2O_3 比로 区分하였는데 이 比의 平均值를 가지고 다음과 같이 区分하고 있다.

Grey desert solis	3.62
Red desert soils	2.08
Alkali soils	3.01
Prairie soil and Chernozems	3.17
Podzol(A Horizon)	2.84
Terra Rossa	2.43
Brown earth	1.98
Tropical red earth	1.78
Lateritic soils	1.28

- 41) Baver, L. D., and Scareseth, S. D., 1930, "Subtropical weathering in Alabama as evidenced in the Suequehanna sandy loam profile," *Soil Research*, vol. 2, pp. 288-307.
- 42) Crowther, E. M., 1930, "The relationship of climatic and geological factors to the composition of soil clay and the distribution of soil types", *Proc. Roy. Soc.* vol. 107, pp 1-30.
- 43) Jenny, H., 1941, *Factors of Soil formation*, McGraw-Hill, New York. pp. 155-157
- 44) Maignien, R., 1966, *Review of Reserch on Laterites*, National Resources Reserch, IV, UNESCO, pp. 58-61.
- 45) Robinson, G. W., 1936, op. cit., pp. 103-104.
- 46) Reifenberg, A., 1933, "Die Klassifikation der Boden auf Grund der Zusammensetzung ihrer Kolloidfraktion. V. Versuch einer allgemeiner Bodenklassifikation", *Zeit. Pflanz. Düng. Bodenk.*, 31A, pp. 287-303 (Cited from Robinson, G. W., 1936, op. cit., p. 104,)

4. 結 論

이상에서 調査分析한 結果와 考察을 통하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 赤色土의 粘土部分의 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比와 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{NO}_3$ 比는 약 2.0내외를 보인다. 이것으로 보아 粘土鉍物은 kaolin 鉍物이 主라고 推定되며 土壤膠質物의 化學的 特性和 珪礬化 珪鉄礬比의 特性으로 보아 laterite 化 作用의 風化生成物로 보아진다.

2) 本調査 土壤들은 相互間 土壤膠質物의 化

學的 特性이 매우 類似하여서 同一한 風化過程과 土壤生成化 作用을 받았다고 思料된다. 따라서 地理的인 分布의 差異를 나타내는 14個斷面을 調査한 赤色土가 그 生成作用面에서 類似한 自然狀態下에서 이루어진 것으로 看做된다.

3) 本調査土壤들이 現在의 生物, 氣候狀態下에서 生成되고 있는 것인지 아니면 地質學的인 時期로 보아 過去에 生成된 化石土의인 것인지에 대하여는 더욱 細密한 調査가 필요할 것으로 생각된다.

(關東大學 專任講師)

The Characteristics of Weathering Processes of Red Soils in South Korea.

Young Pork Kang*

Summary:

In this paper author deals mainly with the chemical composition of the colloidal fraction (less than 2 microns) of the Red soils derived from quartz-rich granitic rock and granite gneiss of the gentle slope surface and rolling relief in the central and southern parts of Korea. The chemical composition of the colloidal fraction indicated that silica-alumina molecular ratios varied between 1.98 and 2.60. Silica-sesquioxide ratios were less than 2.0. This may be due to the accumulation of the sesquioxides of iron and aluminum in the top soil horizons(solum). These ratios resemble those of Red earth, Lateritic soils, Red-Yellow-Podzolic Soils in the United States, Red-Yellow Soils in Japan, some of Non-

Podzolic Red Soils in South China, and Krasnozem(sacid red loams) in Australia of the humid subtropical regions. No marked differences in the silica-aluminum and the silica-sesquioxide ratios of the clay fractions are found between these studied soils. According to analysis of the chemical characteristics of the colloids of Red Soils in central and southern parts of Korea, it is considered that the soils have been subjected to the intensive leaching process of silica and bases, and to illimerization. The degree of weathering processes in the soils resemble each other. It is assumed that these soil materials are allitic products of weathering.