

赤色土、赤色系褐色森林土および黄色系褐色森林土の 生成過程における化学的組成の変化

西 田 豊 昭⁽¹⁾

Toyoaki NISHIDA : Changes of Chemical Composition of the Red Soil,
Reddish and Yellowish Brown Forest Soils in Forming Process

要 旨：西南日本には、赤色土、赤色系褐色森林土および黄色系褐色森林土が広く分布しているが、これらの土壌の相互の関連の程度については、まだ不明瞭な点が少ない。この報告では、花崗岩質岩石に由来するこれらの土壌5断面について、 TiO_2 を基準成分と仮定して化学的諸成分の相対的な減少または増加量を求め、さらに、塩基の流亡、珪酸の溶脱および三二酸化物の相対的な増加などについて比較検討を行った。その結果、これらの土壌におけるラテライト化作用の影響を明らかにするとともに、赤色風化と黄色風化の相違について見通しをつけることができた。

供試した赤色土、赤色系褐色森林土および黄色系褐色森林土の母岩成分の風化残留率は、風化土層の深浅によって層断面における分布状態が異なるが、黄色系褐色森林土>赤色系褐色森林土>赤色土の順に減少する傾向が認められた。脱塩基作用は、赤色土、赤色系褐色森林土および黄色系褐色森林土のいずれも、きわめて強く受けていた。脱珪酸作用は、ラテライト的な生成作用の進行にともなって増大しており、黄色系褐色森林土は、赤色系褐色森林土および赤色土と比較すると、その程度がかなり弱いようであった。三二酸化物の相対的な増加は、いずれの土壌にも認められた。

I は じ め に

西南日本には、赤色土(R型土壌)ならびにこれと類縁関係にある赤色系褐色森林土(rB型土壌)および黄色系褐色森林土(yB型土壌)が広く分布している。わが国のR型土壌は、旧期洪積世の温暖期に、ラテライト化作用によって生成された古土壌であることが明らかにされている^{(14)~(17)(23)}。rB型およびyB型土壌は、どちらも現気候下の環境諸因子の影響のもとに生成された褐色森林土的な生成作用が主体をなしているが、同時に、R型土壌と同様の古期のラテライト化作用を受けたことが明瞭に認められる土壌と考えられている。yB型土壌におけるラテライト化作用が、R型およびrB型土壌と年代、その他の面で同一であるか否かは、なお今後の研究課題として残されている。

R型土壌は、産状、生成時期、理化学的性質など種々の観点からかなり検討がなされているが、yB型土壌ばかりでなく、rB型土壌も上述の見解は十分に裏付けられているとはいいい難い。

筆者は、これらの土壌についてラテライト化作用を裏付けるために、土壌の無機成分中、化学的な風化作用を受け難い成分である TiO_2 を基準にして、諸成分の溶脱集積の過程を明らかにすることを試みた。その結果、ラテライト化作用にともなう土壌の化学的組成の変化を明瞭に裏付けることができた。

さらに、これらの土壌の遊離鉄の形態、その他の諸性質を総合した結果、赤色風化*と黄色風化*の土壌

に及ぼす影響の相違と、*r*B 型および *y*B 型土壤の区分、分類上の位置づけなどについて資料を得ることができた。しかし、このような問題点については、分析点数が少ないので今後さらに調査研究を続けなければならないが、以上の諸点について報告して批判を仰ぎたい。

II 分 析 方 法

C および N は C-N コーダー MT 500 (柳本製作所) による乾式燃焼法を用い、塩基置換容量は PEECH 法⁴⁾、置換性 Ca および Mg は EDTA 滴定法²⁹⁾ を用いて定量した。pH (H₂O) はガラス電極を用いて測定し、置換酸度 (γ_1) は常法通り行った。

粒径組成は、H₂O₂ で有機物を分解してから、NaOH 溶液を分散剤として、ピペット法²⁷⁾ で定量した。

粘土は渡辺²⁴⁾ に準じて、生土を H₂O₂ で処理し有機物を分解したのち、NaOH 溶液で分散させ、沈底法によって 2 μ 以下の粘土を分離してから飽和 NaCl 溶液で凝沈させて調整した。

示差熱分析は、理学電機製卓上形示差熱分析装置を用い、脱鉄処理を行わない粘土について、感度 250 μ V、温度上昇率 10°C/min. で行った。

細土および粘土の分析は次のとおり行った。SiO₂ は NaOH と溶融し、HCl で微酸性としたのちモリブデン青法で比色定量²⁰⁾ した。Fe₂O₃、Al₂O₃、TiO₂、CaO および MgO は、常法に従って Na₂CO₃ と溶融し、SiO₂ を分離したのち、TiO₂ は硫酸酸性で H₂O₂ を作用させる比色法¹⁸⁾、Fe₂O₃ と Al₂O₃ は ferron による比色法²³⁾、CaO と MgO は日本ジャーレル、アッシュ社製原子吸光分光分析装置 AA-1 型を使用して定量した。

TAMM 法および MEHRA-JACKSON 法可溶の遊離鉄および遊離アルミニウムは、河田および西田¹³⁾ と同様に行った。

III 供 試 土 壤

供試した土壤は、花崗岩質岩石に由来する、R 型土壤および *r*B 型土壤が各 2 断面、*y*B 型土壤が 1 断面、計 5 断面である。これらの採取地および採取箇所の立地条件は Table 1 に示すとおりであり、採取した土壤は、いずれも丘陵性地形の斜面上部の平坦または緩斜面に位置していた残積性土壤である。

Table 1 に示すように、亀岡土壤 (*y*B 型土壤) は、A 層は 10YR4/6 で褐色であるが、その下層が 10YR5/6~7/6 の黄褐~明黄褐色を呈しており、黄色風化の影響を受けているものと考えられる。吉井-1 および吉井-2 土壤 (*r*B 型土壤) は、A または A-B 層は 10YR3/4 または 7.5YR5/6 で暗褐色または明褐色であるが、その下層には 5.0YR4/8~5/8 の赤褐~明赤褐色の色調が認められ、赤色風化の影響を受けているものと考えられる。三次土壤 (R 型土壤) は、B 層が 5.0YR5/8 の明赤褐色を呈し、その下層には 2.5YR5/8~6/8 の明赤褐色~橙色の色調を呈する風化殻があり、また、吉井-3 土壤 (R 型土壤) も、B 層が 5.0YR5/8 または 2.5YR4/6~5/8 の赤褐~明赤褐色を呈しており、どちらも、かなり強い赤色風化の影響を受けているものと考えられる。

亀岡土壤を除くほかの *r*B 型および R 型土壤の表層では、下層よりも赤味がうすれている。前述のように、わが国の R 型土壤は古土壤と考えられるところから、これらの土壤の赤色味の退色している表層は、過去にラテライト化作用を受けたものが、その後の自然環境の変化にともない、現気候下における褐色森林土と同様の土壤生成作用を受けて生成されたものと考えられる。

Table 1. 試料採取個所の立地条件

Site conditions of sampling plots

試料名 Sample name	採取地 Location	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	層厚 Thickness (cm)	土色 Soil color	標高 Altitude (m)	方位 Direction 傾斜 Inclination	地形 Topography	植生 Vegetation
亀岡 Kameoka	京都府亀岡市 Kameoka C., Kyoto Pref.	yB _B	A A-B B ₁ B ₂ B ₃	12 11 22 25 30+	10YR4/6 10YR5/6 10YR6/6 10YR7/6 10YR7/6	500	N40°E 6°	Gentle slope of hill top	Natural Pine forest (<i>Pinus densiflora</i>)
吉井-1 Yoshii-1	岡山県吉井町 Yoshii T., Okayama Pref.	rB _B	A B ₁ B ₂ C ₁ C ₂	10 25 15 20 45+	10YR3/4 10YR4/6 7.5YR5/6 7.5YR5/8 5.0YR5/8	290	S30°E 8°	Ibid.	Ibid.
同上-2 Ibid.-2	同上 Ibid.	rB _A	A-B B B-C C ₁ C ₂	13 29 23 45 30+	7.5YR5/6 5.0YR4/8 5.0YR5/8 7.5YR6/6 5.0YR7/6	280	S45°W 5°	Flat part of hill top	Ibid.
三次 Miyoshi	広島県三次市 Miyoshi C., Hiroshima Pref.	R _B	A B C ₁ C ₂ C ₃ C ₄	11 19 22 38 30 20+	7.5YR7/8 5.0YR5/8 2.5YR5/8 2.5YR6/8 2.5YR6/8 10YR8/4	300	S60°E 10°	Gentle slope of hill top	Ibid.
吉井-3 Yoshii-3	岡山県吉井町 Yoshii T., Okayama Pref.	R _D (d)	A-B B ₁ B ₂ B ₃ B-C	14 16 36 24 30+	7.5YR4/6 5.0YR5/8 2.5YR4/8 2.5YR4/6 2.5YR5/8	270	S80°W 12°	Ibid.	Hinoki plantation (<i>Chamaecyparis obtusa</i>)

注) 土壌型の区分は、林野土壌の分類(1975)²⁶⁾に準拠する。Remark) Classification of soil is based upon Classification of forest soil in Japan (1975)²⁶⁾.

IV 結果および考察

1. 粒 径 組 成

供試土壤の粒径組成は Table 2 に示すとおりである。

亀岡および吉井-1 土壤は、粗砂および細砂を合わせた砂部分の含有率が細土の含有率と比較すると高く、粘土の生成があまり進んでいない、やや砂質な土壤である。吉井-2 および吉井-3 土壤は、B 層における粘土含有率が 37~56% を示し、粘土化はかなり進んでいる。とくに吉井-3 土壤は、1 m 以上の深層まで粘土含有率が比較的高く、粗砂の含有率がきわめて小さい、かなり粘土化の進行している土壤であ

Table 2. 土 壤 の 粒 径 組 成
Mechanical composition of analysed soils (% on dry basis)

試 料 名 Sample name	土 壤 型 Type of soil	層 位 Horizon	粗 砂 Coarse sand (2~0.2 mm)	細 砂 Fine sand (0.2~0.02mm)	微 砂 Silt (0.02~0.002 mm)	粘 土 Clay (<0.002 mm)	土 性 Texture
亀 岡 Kameoka	yB _B	A	22.8	30.7	17.6	28.9	LC
		A-B	23.4	31.2	19.9	25.5	LC
		B ₁	31.6	36.7	19.5	12.2	SL
		B ₂	31.5	34.2	22.9	11.4	SL
		B ₃	26.8	36.9	25.4	10.9	L
吉 井-1 Yoshii-1	rB _B	A	46.4	22.3	18.3	13.0	SL
		B ₁	35.9	23.6	19.3	21.2	SCL
		B ₂	33.9	20.9	17.0	28.2	SCL
		C ₁	35.5	18.0	8.5	38.0	LC
		C ₂	38.2	19.4	9.4	33.0	SC
同 上-2 Ibid.-2	rB _A	A-B	30.9	19.9	24.8	24.4	CL
		B	18.7	9.9	15.8	55.6	HC
		B-C	20.6	15.5	23.0	40.9	LC
		C ₁	27.6	16.6	27.5	28.3	LC
		C ₂	27.4	18.8	33.3	20.5	CL
三 次 Miyoshi	R _B	A	20.4	23.2	28.9	27.5	LC
		B	16.3	16.7	23.8	43.2	LC
		C ₁	15.6	19.6	32.9	31.9	LC
		C ₂	30.2	26.0	28.9	14.9	L
		C ₃	40.4	27.3	19.0	13.3	SL
		C ₄	48.2	28.3	12.9	10.7	SL
吉 井-3 Yoshii-3	R _D (d)	A-B	8.6	19.6	35.0	36.8	LC
		B ₁	6.1	17.1	31.5	45.3	HC
		B ₂	6.2	19.9	31.4	42.5	LC
		B ₃	7.3	23.2	32.4	37.1	LC
		B-C	9.0	28.7	31.4	30.9	LC

注) HC : 重埴土, LC : 軽埴土, CL : 埴質壤土, L : 壤土, SCL : 砂質埴壤土, SL : 砂質壤土, SC : 砂質埴土

Remarks) HC : Heavy clay, LC : Light clay, CL : Clay loam, L : Loam, SCL : Sandy clay loam, SL : Sandy loam, SC : Sandy clay.

Table 3. 供試土壌の化学的性質

Chemical property of analysed soils

(On dry basis)

試料名 Sample name	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	pH (H ₂ O)	置換酸度 Exchan- geable acidity (γ_1)	C (%)	N (%)	C/N	C. E. C. (m. e./100 g soil)	置換性 Exchangeable		飽和度 Rate of saturation (%)	
									CaO	MgO	CaO	MgO
亀岡 Kameoka	yB _B	A	4.68	16.3	2.42	0.11	22	14.1	0.53	0.36	3.8	2.6
		A-B	4.80	15.0	0.62	0.03	21	10.1	0.50	0.28	5.0	2.8
		B ₁	4.91	13.1	0.17	0.01	17	6.91	0.34	0.40	4.9	5.8
		B ₂	4.82	16.6	0.08	0.005	16	6.94	0.34	0.46	4.9	6.6
		B ₃	4.79	17.9	0.08	0.002	40	6.94	0.38	0.30	5.5	4.3
吉井-1 Yoshii-1	rB _B	A	4.50	11.9	1.97	0.06	33	6.63	0.41	0.06	6.2	0.9
		B ₁	4.99	14.4	0.41	0.02	21	5.35	0.35	0.07	6.5	1.3
		B ₂	5.10	16.3	0.23	0.01	23	7.52	0.50	0.43	6.6	5.7
		C ₁	5.20	19.4	0.21	0.01	21	8.00	0.60	0.55	7.5	6.9
		C ₂	5.35	20.6	0.14	0.01	14	10.1	0.66	0.44	6.5	4.4
同上-2 Ibid.-2	rB _A	A-B	4.32	21.9	1.30	0.04	33	9.26	0.29	0.02	3.1	0.2
		A	4.92	36.9	0.31	0.03	10	14.9	0.43	0.22	2.9	1.5
		B-C	5.10	46.3	0.24	0.02	12	16.5	0.49	0.33	3.0	2.0
		C ₁	5.11	39.4	0.20	0.02	10	13.1	0.46	0.32	3.5	2.4
		C ₂	5.33	50.6	0.11	0.01	11	7.84	0.31	0.32	4.0	4.1
三 次 Miyoshi	R _B	A	4.92	12.5	1.62	0.06	27	10.0	0.70	0.53	7.0	5.3
		B	5.18	20.0	0.40	0.02	20	11.8	0.87	0.61	7.4	5.2
		C ₁	5.00	25.6	0.25	0.01	25	12.0	0.77	0.60	6.4	5.0
		C ₂	5.10	18.1	0.11	0.01	11	9.73	0.61	0.55	6.3	5.7
		C ₃	5.32	13.8	0.05	tr.	—	8.09	0.45	0.45	5.6	5.6
		C ₄	5.42	11.3	0.03	tr.	—	7.59	0.49	0.45	6.5	5.9
吉井-3 Yoshii-3	R _D (d)	A-B	4.62	24.4	2.43	0.13	19	11.3	1.83	0.81	16.2	7.2
		B ₁	4.90	42.5	1.03	0.05	21	13.0	1.30	0.92	10.0	7.1
		B ₂	5.20	46.3	0.40	0.02	20	14.0	1.14	1.03	8.1	7.4
		B ₃	5.40	33.8	0.24	0.01	24	13.9	1.16	1.09	8.3	7.8
		B-C	5.54	30.6	0.20	0.01	20	15.3	1.32	1.15	8.6	7.5

赤色土、赤色・黄色系褐色森林土生成過程における化学的組成の変化(西田)

る。三次土壌は、C 層の赤色味は強いが、この層は風化殻であり、まだかなり砂質な土性を示しているが、B 層は粘土含有率が 43% 以上を示す埴質な層となっている。

このように、yB 型土壌と比較すると、R 型土壌では多少埴質になる傾向が認められる。

2. 化学的性質

供試土壌の化学的性質は Table 3 に示すとおりである。

いずれの土壌も腐植の含有率は非常に少なく、その下層への浸透がきわめて悪い。置換性 Ca および Mg は、吉井-3 土壌では多少認められるが、そのほかの土壌はきわめて少なく、供試した yB 型、rB 型および R 型土壌は、いずれも塩基の流亡が非常に進んでいるものと考えられる。

3. 粘土の化学的組成と DTA 曲線

粘土 ($< 2\mu$) の化学的組成は Table 4 に示すとおりである。

Table 4. 粘土 ($< 2\mu$) の化学的組成
Chemical composition of analysed clay ($< 2\mu$) (% on dry basis)

試料名 Sample name	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	分子比 Molecular ratio		
							$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$
亀岡 Kameoka	yB _B	A	40.6	9.91	36.6	0.72	1.89	10.9	1.61
		A-B	44.2	6.48	38.7	0.61	1.94	18.1	1.75
		B ₁	42.9	6.26	39.0	0.61	1.87	18.2	1.69
		B ₂	41.7	7.39	39.0	0.74	1.82	15.0	1.62
		B ₃	42.1	8.59	37.0	0.77	1.93	13.0	1.68
吉井-1 Yoshii-1	rB _B	A	40.7	10.7	33.3	1.32	2.08	10.1	1.72
		B ₁	42.0	9.80	34.8	1.20	2.05	11.4	1.74
		B ₂	44.3	9.24	37.1	0.91	2.03	12.8	1.75
		C ₁	41.6	8.34	38.0	0.75	1.86	13.3	1.63
		C ₂	41.8	8.23	38.4	0.72	1.85	13.5	1.62
同上-2 Ibid.-2	rB _A	A-B	51.7	8.10	35.6	0.99	2.46	17.0	2.15
		B	47.3	9.74	37.0	0.85	2.17	12.9	1.86
		B-C	47.3	10.2	37.3	0.73	2.16	12.3	1.83
		C ₁	47.3	9.61	36.9	0.66	2.18	13.1	1.87
		C ₂	47.1	9.01	36.0	0.66	2.22	13.9	1.91
三次 Miyoshi	B _B	A	38.4	7.49	31.9	0.74	2.05	13.6	1.78
		B	42.5	7.18	36.4	0.73	1.98	15.7	1.76
		C ₁	44.6	8.42	36.5	0.63	2.08	14.1	1.81
		C ₂	44.4	8.07	38.2	0.55	1.97	14.6	1.74
		C ₃	44.5	9.01	36.8	0.53	2.06	13.1	1.78
		C ₄	44.6	7.66	39.1	0.43	1.94	15.5	1.72
吉井-3 Yoshii-3	R _D (d)	A-B	44.0	14.2	30.5	1.20	2.45	8.2	1.89
		B ₁	40.3	16.6	31.1	1.06	2.20	6.4	1.64
		B ₂	37.7	17.3	29.7	0.94	2.15	5.8	1.57
		B ₃	38.7	19.0	30.0	0.88	2.19	5.4	1.56
		B-C	38.5	18.5	30.2	0.86	2.16	5.5	1.55

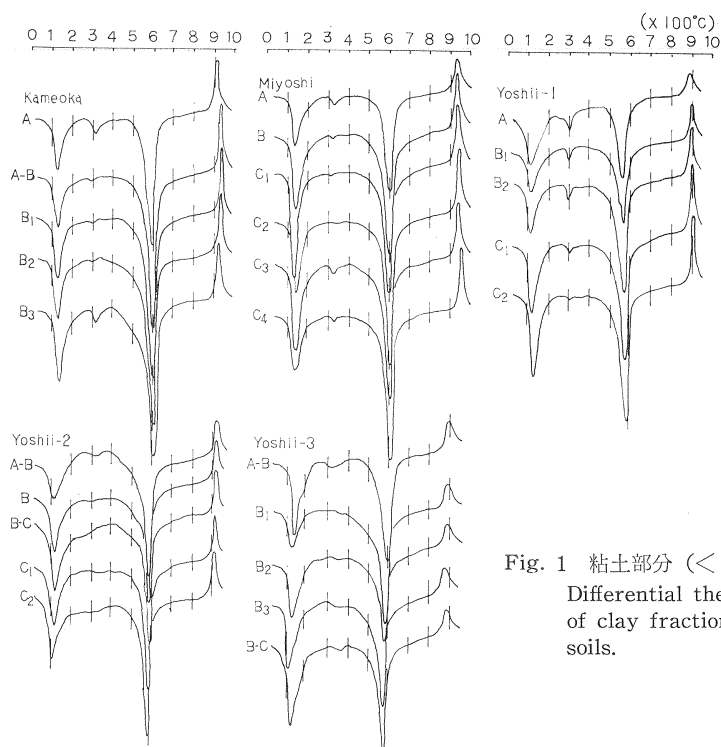


Fig. 1 粘土部分 ($< 2\mu$) の示差熱分析曲線
Differential thermal analysis curves
of clay fraction ($< 2\mu$) of analysed
soils.

SiO_2 および Al_2O_3 の含有率は、供試した各土壌の間にとくに差異は認められず、珪ばん比は、吉井-2 および吉井-3 土壌の A-B 層が 2.45~2.46 と幾分大きい値を示しているが、そのほかはいずれも 1.82~2.20 の範囲の値を示している。 Fe_2O_3 含有率は、吉井-3 土壌を除くと同程度の値を示しており、その珪鉄比も大きな差異は認められない。これらの土壌と比較すると、吉井-3 土壌は Fe_2O_3 含有率がかなり高く、珪鉄比は小さくなっている。珪鉄ばん比は、吉井-2 土壌の A-B 層がやや大きく 2.15 を示しているほかは 1.55~1.91 の範囲に入っている。

以上のように、供試した νB 型、 $r\text{B}$ 型および R 型土壌の粘土は、いずれもアリット化の傾向を示しているといえよう。

粘土の DTA 曲線は Fig. 1 に示すように、いずれの土壌でも 120°C~130°C および 600°C 付近に深い吸熱ピークが認められる。また、吉井-2 土壌は不明瞭であるが、ほかの各土壌では 300°C~310°C 付近にも浅い吸熱ピークが認められるところから、供試土壌の粘土鉱物は、加水ハロイサイトを主体とし、それにギブサイトを混入しているものと考えられる。

このような DTA 曲線からは、供試した νB 型、 $r\text{B}$ 型および R 型土壌相互の区別はきわめて不明瞭であり、各土壌の間にとくに異質な点は認められないようである。

4. 遊離鉄の形態

わが国の主要な自然土壌を相互に識別する指標として、土壌の遊離鉄の形態的特徴が有効であると考えられており、赤色土の場合には、すべての鉄化合物のなかで、結晶質の遊離鉄が優占し、遊離鉄の活性度が低く、結晶化指数が大きいことによって特徴づけられている¹³⁾¹⁹⁾²²⁾。

Table 5 に示した供試土壌の遊離鉄の形態的特徴をみると、各土壌とも MEHRA-JACKSON 法可溶の非晶

Table 5. 土 壌 の 遊 離 酸 化 物
Free sesquioxides of analysed soils (On dry basis)

試 料 名 Sample name	土壌型 Type of soil	層 位 Hori- zon	T 法 可 溶 TAMM's acid oxalate soluble (%)		M-J 法 可 溶 MEHRA-JACKSON'S citrate- dithionite soluble (%)		遊離鉄の 活性度	遊離鉄の結 晶化指数
			Fe ₂ O ₃ (A)	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ (B)	Al ₂ O ₃	$\frac{(A)}{(B)}$	$\frac{(B)-(A)}{\text{Total Fe}_2\text{O}_3}$
亀 岡 Kameoka	yB _B	A	0.17	0.45	0.86	1.00	0.20	0.32
		A-B	0.14	0.41	0.93	1.02	0.15	0.27
		B ₁	0.04	0.23	0.56	0.56	0.07	0.38
		B ₂	0.04	0.23	0.47	0.51	0.09	0.26
		B ₃	0.03	0.18	0.44	0.53	0.07	0.25
吉 井-1 Yoshii-1	rB _B	A	0.18	0.20	1.02	0.45	0.18	0.24
		B ₁	0.05	0.25	1.54	0.74	0.03	0.37
		B ₂	0.05	0.25	2.18	0.87	0.02	0.45
		C ₁	0.08	0.36	2.91	1.08	0.03	0.54
		C ₂	0.09	0.36	2.97	1.09	0.03	0.52
同 上-2 Ibid.-2	rB _A	A-B	0.12	0.24	1.81	0.72	0.07	0.53
		B	0.07	0.45	4.66	1.76	0.02	0.83
		B-C	0.06	0.45	3.47	1.21	0.02	0.61
		C ₁	0.04	0.34	2.19	0.83	0.02	0.54
		C ₂	0.03	0.35	1.20	0.94	0.03	0.40
三 次 Miyoshi	R _B	A	0.13	0.21	1.15	0.91	0.11	0.60
		B	0.05	0.27	1.78	1.39	0.03	0.47
		C ₁	0.04	0.28	1.81	1.36	0.02	0.38
		C ₂	0.03	0.28	1.59	1.19	0.02	0.46
		C ₃	0.03	0.19	1.18	0.88	0.03	0.41
		C ₄	0.03	0.19	0.75	0.63	0.04	0.50
吉 井-3 Yoshii-3	R _D (d)	A-B	0.36	0.33	3.72	0.99	0.10	0.36
		B ₁	0.22	0.43	5.36	1.42	0.04	0.45
		B ₂	0.21	0.46	6.04	1.43	0.03	0.46
		B ₃	0.24	0.42	5.45	1.17	0.04	0.38
		B-C	0.23	0.39	4.98	1.14	0.05	0.39

質および結晶質の鉄の含量に対する TAMM 法可溶の非晶質な鉄の割合が小さく、遊離鉄の活性度は低い傾向を示している。

rB 型および R 型に属する各土壌の遊離鉄の活性度と結晶化指数は、吉井-2 土壌の B 層で結晶化指数がやや大きい以外は、きわめて近似した値を示している。これらの rB 型および R 型土壌と比較すると、yB 型土壌に属する亀岡土壌は、遊離鉄の活性度がやや高く結晶化指数がやや小さい点で相違が認められる。

木立および大政¹⁴⁾は、赤色土の中の含水酸化鉄鉱物は赤鉄鉱が優占し、黄色土では針鉄鉱が優占していることを明らかにしている。また、河田および西田¹³⁾は、赤色土と黄色土を比較すると、MEHRA-JACKSON 法可溶の鉄およびアルミニウムは、赤色土の方が明瞭に高く、遊離鉄の活性度は、赤色土の方が多少低い

ことを指摘している。これらの報告を 考え合わせると，黄色風化の影響を受けたと考えられる 亀岡土壌と，赤色風化を受けたと考えられる他の土壌との間に認められた遊離鉄の形態的な特徴の相違は，黄色風化と赤色風化の相違を示唆しているものと思われるが，この点については試料が少ないので，なお今後の検討に待ちたい。

5. 細土および母岩の化学的組成と土壌の生成過程における変化

(1) 細土および母岩の化学的組成

供試土壌の細土および母岩の化学的組成は Table 6 に示すとおりである。

細土の SiO_2 含有率は，母岩の含有率と比較すると，最表層の A または A-B 層では母岩の値よりもやや大きいものもあるが，そのほかの大部分は小さい値を示している。しかし，細土の Fe_2O_3 および Al_2O_3 含有率は，大部分が母岩の含有率よりも大きい値を示している。細土の CaO 含有率は，母岩の含有率よりもきわめて小さく， MgO 含有率も，吉井-3 土壌では母岩の含有率よりも全本に大きい，そのほかの土壌では，大部分がやや小さい値を示している。

珪ばん比および珪鉄ばん比は，吉井-1，吉井-2 および三次土壌の A または A-B 層が母岩の珪ばん比および珪鉄ばん比よりも大きい，そのほかはすべて母岩の値よりも小さい。また，珪鉄比も，吉井-1 および吉井-2 土壌の A または A-B 層，ならびに，三次土壌の A および C₄ 層が母岩の珪鉄比よりも大きい，そのほかは母岩の値よりも小さくなっている。

このような分析成績から，黄色風化および赤色風化のどちらも， SiO_2 の溶脱とそれにともなう Fe_2O_3 および Al_2O_3 の相対的な増加ならびに塩基の流亡を示しているといえるが，この点をさらに明瞭にするために，Table 6 の分析値から，NIKIFOROFF and DROSDOFF²¹⁾ の方法を用いて，化学的諸成分の減少または増加について計算を行った。

(2) 計算式および基準成分

NIKIFOROFF and DROSDOFF の示している計算式は次のとおりである。

$$x = S_0 - \frac{S_h \cdot R_0}{R_h}$$

x : 与えられた成分の減少または増加量， S_0 : 母岩におけるこの成分の含有率 (%)，

S_h : 与えられた層位におけるこの成分の含有率 (%)， R_0 : 母岩における基準成分の含有率 (%)， R_h : 与えられた層位における基準成分の含有率 (%)。

この式の中で， $\frac{S_h \cdot R_0}{R_h}$ は風化が起こる前にあった母岩を基準とした時の各成分の含有率を示しているから，この値が母岩の含有率よりも小さい時は，母岩から供給された成分の減少を意味し，反対にこの値が大きい時は，相対的に増加したことを示している。そこで，求められた減少または増加量の符号は，NIKIFOROFF and DROSDOFF と同様に， $S_0 > \frac{S_h \cdot R_0}{R_h}$ の時は (-)， $S_0 < \frac{S_h \cdot R_0}{R_h}$ の時は (+) を付して表すことにした。そうして計算した結果は Table 7 に示すとおりである。なお， $\frac{R_0}{R_h} \times 100$ の値を母岩成分の風化残留率として示してある。

用いた基準成分は TiO_2 である。 TiO_2 は化学的に安定な成分であるから，基準成分として適当と思われる。

岩生¹⁰⁾によると TiO_2 は，生成された粘土中に母岩の化学的組成に対応して残り，母岩の性質を反映し

Table 6. 細土および母岩の化学的組成
Chemical composition of analysed fine soils and parent rock

(Per cent on dry basis)

試料名 Sample name	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	分子比 Molecular ratio		
									$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$
亀岡 Kameoka	yB _B	A	66.7	2.19	18.3	0.57	0.13	0.30	6.20	81.0	5.78
		A-B	72.9	2.98	17.0	0.54	0.12	0.32	7.29	65.1	6.58
		B ₁	69.5	1.36	18.1	0.48	0.08	0.27	6.50	135	6.22
		B ₂	69.1	1.68	18.2	0.44	0.07	0.23	6.46	110	6.12
		B ₃	72.3	1.61	19.0	0.44	0.06	0.27	6.45	120	6.12
		Parent rock	72.4	1.42	13.9	0.41	1.93	0.45	8.82	136	8.33
吉井-1 Yoshii-1	rB _B	A	77.2	3.36	13.1	0.54	0.82	0.14	10.0	61.0	8.59
		B ₁	68.1	4.06	16.7	0.53	0.65	0.21	6.93	44.5	6.01
		B ₂	65.6	4.75	21.5	0.52	0.39	0.21	5.19	36.7	4.56
		C ₁	63.5	5.28	25.1	0.52	0.37	0.14	4.27	31.8	3.76
		C ₂	63.2	5.51	24.0	0.48	0.34	0.10	4.47	30.4	3.90
		Parent rock	68.1	3.77	15.2	0.39	2.41	0.33	7.58	47.9	6.57
同上-2 Ibid.-2	rB _A	A-B	77.5	3.21	13.7	0.60	0.86	0.18	9.55	63.7	8.31
		B	60.0	5.51	27.9	0.60	0.33	0.18	3.66	28.9	3.25
		B-C	62.1	5.63	25.7	0.58	0.36	0.14	4.09	29.3	3.59
		C ₁	65.8	3.95	24.0	0.53	0.27	0.14	4.64	44.1	4.21
		C ₂	72.0	2.96	22.1	0.50	0.31	0.14	5.51	64.3	5.09
		Parent rock	72.6	3.10	14.5	0.34	1.82	0.21	8.45	61.9	7.45
三 次 Miyoshi	R _B	A	66.7	1.70	15.5	0.57	0.34	0.21	7.30	105	6.85
		B	55.9	3.72	21.0	0.56	0.28	0.25	4.54	40.1	4.08
		C ₁	55.0	4.64	23.5	0.51	0.10	0.18	3.98	31.6	3.53
		C ₂	60.7	3.42	21.0	0.44	0.10	0.12	4.93	47.2	4.47
		C ₃	62.4	2.83	17.6	0.36	0.09	0.09	5.99	58.2	5.45
		C ₄	66.3	1.43	17.6	0.34	0.10	0.09	6.40	124	6.11
吉井-3 Yoshii-3	R _D (d)	Parent rock	64.6	2.28	15.2	0.30	1.74	0.22	7.18	75.4	6.56
		A-B	61.8	9.23	21.1	1.17	0.41	0.79	4.95	17.7	3.88
		B ₁	59.8	11.5	25.7	1.00	0.42	0.85	3.95	13.8	3.07
		B ₂	58.8	12.8	25.3	0.93	0.43	1.03	3.94	12.2	2.98
		B ₃	57.0	13.6	25.1	0.88	0.38	1.18	3.85	11.1	2.86
		B-C	55.2	12.3	24.6	0.84	0.50	1.17	3.81	11.9	2.89
		Parent rock	68.6	3.50	15.2	0.39	1.72	0.43	7.65	52.1	6.71

Table 7. 化学的成分の減少または増加
Loss or gain of chemical component

試料名 Sample name	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	風化残留率 Weathering residual ratio (%)	減少または増加 Loss or gain (g/100 g of parent rock)				
				SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
亀岡 Kameoka	yB _B	A	71.9	-24.4	+0.15	-0.70	-1.84	-0.23
		A-B	75.9	-17.1	+0.84	-1.00	-1.84	-0.21
		B ₁	85.4	-13.0	-0.26	+1.60	-1.86	-0.22
		B ₂	93.2	-8.0	+0.15	+3.10	-1.86	-0.24
		B ₃	93.2	-5.0	+0.08	+3.80	-1.87	-0.20
吉井 Yoshii-1	rB _B	A	72.2	-12.4	-1.34	-5.74	-1.82	-0.23
		B ₁	73.6	-18.0	-0.78	-2.90	-1.93	-0.18
		B ₂	75.0	-18.9	-0.21	+0.90	-2.12	-0.17
		C ₁	75.0	-20.5	+0.19	+3.60	-2.13	-0.22
		C ₂	81.3	-16.7	+0.71	+4.30	-2.13	-0.25
同上-2 Ibid.-2	rB _A	A-B	56.7	-28.7	-1.28	-6.70	-1.33	-0.11
		B	56.7	-38.6	+0.02	+1.30	-1.63	-0.11
		B-C	58.6	-36.2	+0.20	+0.60	-1.61	-0.13
		C ₁	64.2	-30.4	-0.56	+0.90	-1.65	-0.12
		C ₂	68.0	-23.6	-1.09	+0.50	-1.61	-0.11
三次 Miyoshi	R _B	A	52.6	-29.5	-1.39	-7.05	-1.56	-0.11
		B	53.6	-34.6	-0.29	-3.90	-1.59	-0.09
		C ₁	58.8	-32.3	+0.45	-1.40	-1.68	-0.11
		C ₂	68.2	-23.2	+0.05	-0.90	-1.67	-0.14
		C ₃	83.3	-12.6	+0.08	-0.50	-1.67	-0.15
		C ₄	88.2	-6.1	-1.02	+0.30	-1.65	-0.14
吉井-3 Yoshii-3	R _D (d)	A-B	33.3	-48.0	-0.43	-8.17	-1.58	-0.17
		B ₁	39.0	-45.3	+0.99	-5.20	-1.56	-0.10
		B ₂	41.9	-44.0	+1.86	-4.60	-1.54	±0
		B ₃	44.3	-43.3	+2.52	-4.10	-1.55	+0.09
		B-C	46.4	-43.0	+2.21	-3.80	-1.49	+0.11

ていることが多いという。

生成された粘土中に TiO₂ が残留している ことについて，一國⁹⁾ は，火成岩中の TiO₂ の大部分は Ilmenite (FeTiO₃) として存在しているためと，輝石や角閃石に含有されている TiO₂ も，風化によって溶出したときには，その場で不溶性の水和酸化物になるためであろうと説明している。JACKSON ら¹²⁾ によると，Ilmenite の粘土粒径鉱物での風化順位は，Zircon などとならんで最も風化し難い段階の一つであるという。

Al₂O₃ もまたポリノフの風化理論²⁵⁾によると相対的に可動性がきわめて小さいとされており，これを基準成分と仮定した計算例⁸⁾²⁴⁾²⁸⁾もあるが，土壌中における SiO₂，Fe₂O₃ および Al₂O₃ などの相対的な含有率の変化過程について検討する場合には，TiO₂ を基準成分にみなすと都合が良い。

(3) 母岩成分の風化残留率と化学的成分の減少または増加

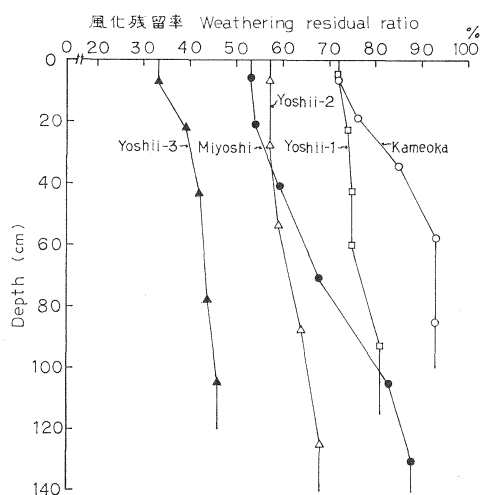


Fig. 2 母岩の風化残留率の層断面分布
Distribution of weathering residual ratio
of parent rocks in the soil profiles.

る。MgO も吉井-3 土壌の B₃ および B-C 層で増加しているが、ほかの土壌は全層位で減少している。Al₂O₃ は、いずれの土壌も相対的に表層が減少し下層が増加しているところから、表層から下層に移動集積しているものと考えられる。Fe₂O₃ の増減には、はっきりした傾向が認められない。

つぎに、各成分の母岩の成分含有量に対する減少または増加した割合を知るために、Table 7 の減少または増加量を、それぞれの母岩の成分含有量を 100 とした場合の値に換算し、その値を各成分の減少または増加率として、それと母岩成分の風化残留率との直線相関関係を示したのが Fig. 3 である。

各土壌の SiO₂ の減少または増加率は、母岩成分の風化残留率との間にきわめて有意な正の直線相関関係が認められる。Al₂O₃ および MgO の減少または増加率も、SiO₂ と比較するとかなりばらつきはあるが、母岩成分の風化残留率との間に、Al₂O₃ は正の、MgO は負のきわめて有意な直線相関関係が認められる。また、MgO は CaO と比較すると、母岩から減少している割合がやや小さい結果を示している。

原田が報告している花崗岩⁶⁾、花崗閃緑岩⁶⁾および石英粗面岩⁷⁾の風化にともなう MgO の移動をみても CaO より小さい傾向を示している。岩佐¹¹⁾は、黄橙色を呈する花崗閃緑岩に由来する土壌の細土の CaO、MgO の含有率はほぼ同一であるが、粘土では MgO の含有率が CaO よりも高い値を示すことを指摘している。

このようなことから、MgO は CaO と比較すると、土壌中における可動性がやや小さいものと考えられる。

Fe₂O₃ および CaO の減少または増加率と母岩成分の風化残留率との間には、相関性がほとんど認められない。また、CaO はほとんどが 80% 以上の減少を示しており、yB 型、rB 型および R 型土壌の間に、とくに差異は認められない。このことは、CaO は化学的風化の初期に急速に失なわれることを示しているものと考えられる。

Table 7 に示すように、C 層を除く、A または B 層における母岩成分の風化残留率は、yB 型の亀岡土壌が 72~93%、rB 型の吉井-1 土壌が 72~75%、同じく吉井-2 土壌が 57~59%、R 型の三次土壌が 53~54%、同じく吉井-3 土壌が 33~46% を示しており、yB 型 > rB 型 > R 型土壌の順に減少の傾向が認められる。

また、母岩成分の風化残留率の層断面における分布状態は、Fig. 2 に示すとおりである。

当然のことながら、いずれの土壌も風化にともなって母岩から失われた化学的諸成分の総量は表層ほど多く、土壌の生成作用は表層ほど進んでいることを示している。

各成分の減少または増加をみると、SiO₂ および CaO は、いずれの土壌も全層位で減少してい

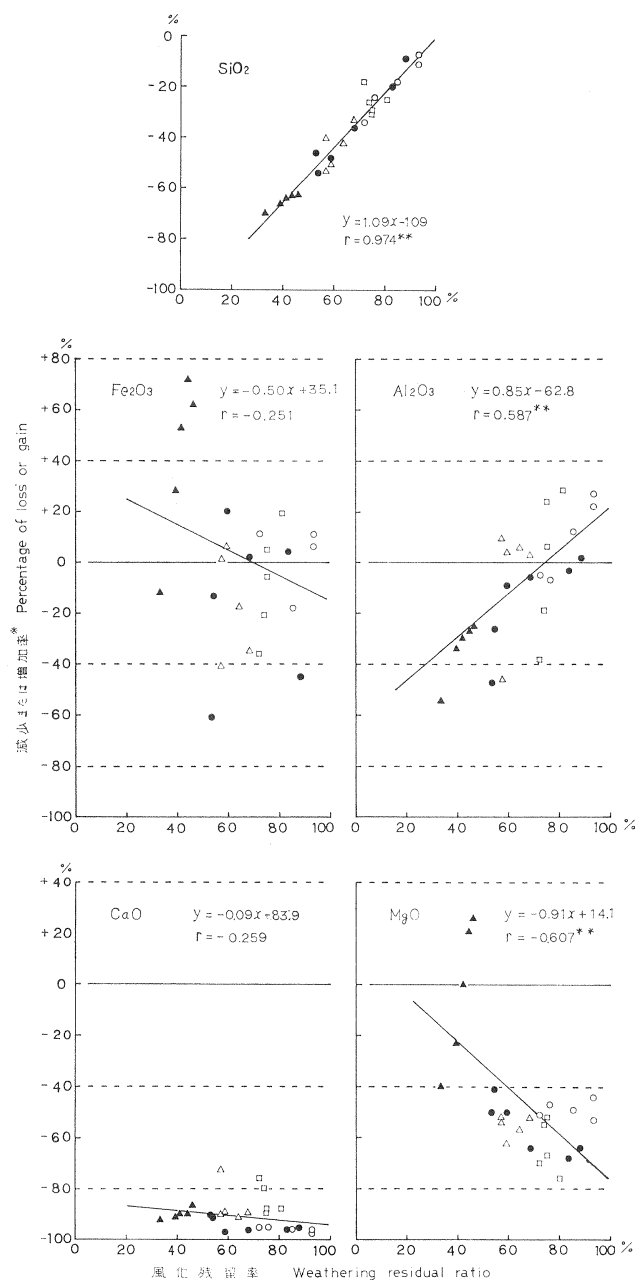


Fig. 3 母岩の風化残留率と化学的諸成分の減少または増加率との直線相関関係

(1% 有意水準における $r = 0.496$)
(5% 有意水準における $r = 0.388$)

Linear correlation between weathering ratio of parent rocks and percentage of loss or gain of the chemical constituents.

(Significant r at 1% level = 0.496)
" " at 5% level = 0.388

* 母岩の成分含量に対するパーセント (Percent of the component content of parent rocks)
(○: Kameoka, □: Yoshii-1, △: Yoshii-2, ●: Miyoshi, ▲: Yoshii-3)

稿を終えるに際し、取りまとめに当たって懇切なご指導をいただいた本場土壌肥料科長河田 弘博士、さらに、試料採取に際し多大のご配慮をいただいた広島県林業試験場企画調整部長戸田春光氏ならびに岡山県林業試験場河室公康技師（現本場土壌部）に対し心から謝意を表します。また、この研究を遂行するに当たって種々ご指導いただいた前関西支場土壌研究室長（故）小島俊郎氏に感謝の意を表するとともに、心からご冥福をお祈り致します。

文 献

- 1) 浅見輝男・北岸確三・木立正嗣・渡辺 裕：土壌成分のサンプリング，32～56，講談社，(1971)
- 2) BELYAEVA, N. I. : Determination of aluminum in the presence of iron : Spectrophotometric method using the reagent ferron. Soviet Soil Sci., 2, 218～220, (1966)
- 3) DAVENPORT, W. H. : Determination of aluminum in the presence of iron. Anal. Chem., 21, 710～711, (1949)
- 4) 土壌養分測定法委員会編：土壌養分分析法，38～41，養賢堂，(1970)
- 5) 原田 光：火成岩の風化に関する研究（第9報）花崗岩の風化（1），日農化誌，26，519～523，(1952)
- 6) ————：同 上（第11報），花崗閃緑岩の風化，同上，27，106～109，(1953)
- 7) ————：同 上（第12報），石英粗面岩の風化（1），同上，27，327～330，(1953)
- 8) 林 剛・小坂文予：口永良部島における堆積火山灰の風化と粘土鉱物の生成（I），粘土科学，14，20～33，(1974)
- 9) 一国雅己：無機地球化学，53～56，培風館，(1972)
- 10) 岩生周一：粘土の成因（I），概説および風化作用，粘土科学，12，31～44，(1972)
- 11) 岩佐 安：花崗岩質岩石に由来する黄橙色の土壌—山口県大島の花崗閃緑岩に由来する土壌—，ペドロジスト，11，170～180，(1967)
- 12) JACKSON, M. L., PENNINGTON, R. P. and MACKIE, W. Z. : Crystal chemistry of soils : I. The fundamental structural groups and families of silicate minerals, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 13, 139～145, (1948)
- 13) 河田 弘・西田豊昭：森林土壌の遊離酸化物について，林試研報，275，1～22，(1975)
- 14) 木立正嗣・大政正隆：赤色土の研究 III，本邦赤色土の生成に関する地質学的ならびに鉱物学的研究，林野土調報，14，1～126，(1963)
- 15) 黒鳥 忠・大政正隆：赤色土の研究 II，九州地方の赤色土とこれにともなう黒色土壌について，林野土調報，13，1～88，(1963)
- 16) 松井 健：筑後平野周辺の赤色土の産状と生成時期，資源研彙報，60，1～12，(1963)
- 17) 松井 健・加藤芳朗：中国，四国地方およびその周辺における赤色土の産状と生成時期，資源研彙報，64，31～48，(1965)
- 18) 武藤義一：比色分析法，170～171，共立出版，(1961)
- 19) 永塚鎮男：西南日本の黄褐色森林土および赤色土の生成と分類に関する研究，農技研報，B，26，133～257，(1975)
- 20) 日本鉱物学会編：実験鉱物学，587 pp.，共立出版，(1966)
- 21) NIKIFOROFF, C. C. and DROSDOFF, M. : Genesis of a claypan soil. I. Soil. Sci., 55, 459～482, (1943)
- 22) 西田豊昭・小島俊郎：沖縄地域における赤色土，黄色土，赤黄色土，表層グライ系赤・黄色土および暗赤色土の遊離酸鉄の形態，林試研報，285，29～42，(1976)
- 23) 大政正隆・黒鳥 忠・木立正嗣：赤色土壌の研究 I，新潟県に分布する赤色の森林土壌の分布，

- 形態的性質および生成について, 林野土調報, 8, 1~23, (1957)
- 24) OLLIER, C. D.: 風化—その理論と実態, 松尾新一郎監訳, p. 380, ラティス, (1971)
- 25) POLYNOV, B. B.: The cycle of weathering, 227 pp., Thomas Murby, (1937), [菅野一郎: 土壌調査法, 20~23, 古今書院, (1966) から引用]
- 26) 林業試験場土じょう部 (Forest Soils Division): 林野土壌の分類 (1975) [Classification of forest soil in Japan (1975)], 林試研報 (Bull. Gov. For. Exp. Sta.), 280, 1~28, (1976)
- 27) 林野庁・林業試験場: 国有林林野土壌調査方法書, 47 pp., (1955)
- 28) 佐伯秀章: 農林地質学, 106~134, 朝倉書店, (1950)
- 29) 上野景平: キレート滴定法, 434 pp., 南江堂, (1962)

**Changes of Chemical Composition of the Red Soil,
Reddish and Yellowish Brown Forest Soils in Forming Process**

Toyoaki NISHIDA⁽¹⁾

Summary

In order to verify the laterization of yellowish brown forest soil, reddish brown forest soil, and red soil which are widely distributed in the Southwest Japan, the loss or gain of the chemical constituents in these soils was discussed by means of TiO_2 as a constant matter.

The results are as follows.

1) In yellowish brown forest soil, reddish brown forest soil, and red soil, leaching out of base, eluviation of SiO_2 , and enrichment of sesquioxide were clearly recognized although there was difference among them to a certain extent.

2) The weathering residual ratio of parent rock obtained by means of TiO_2 as a constant matter were decreased in the following order; yellowish brown forest soil > reddish brown forest soil > red soil.

3) The eluviation of SiO_2 increased in accordance with the advancement of lateritic weathering. The eluviation of SiO_2 of yellowish brown forest soil decreased in comparison with that of reddish brown forest soil and red soil.

4) As for Al_2O_3 , movement and accumulation of it from upper horizon to lower one was clearly recognized in yellowish brown forest soil, reddish brown forest soil, and red soil. As for Fe_2O_3 , the movement of it in soil was strictly irregular.

5) Leaching out of CaO and MgO had been well advanced in all soils, and there was no remarkable difference as with the leaching out among yellowish brown forest soil, reddish brown forest soil, and red soil.