

琉球大学学術リポジトリ

ジャーナルとその母材に関する研究：(第7報)沖縄本島，
西原町棚原および佐敷町新里土壌(層)断面の理化学性と粘土鉱物(農芸化学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 渡嘉敷, 義浩, 田里, 明, 志茂, 守孝, Tokashiki, Yoshihiro, Tasato, Akira, Shimo, Moritaka メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4049

ジャーガルとその母材に関する研究

(第7報) 沖縄本島, 西原町棚原および佐敷町新里
土壌(層)断面の理化学性と粘土鉱物

渡嘉敷義浩* · 田里 明* · 志茂守孝*

Yoshihiro TOKASHIKI, Akira TASATO and Moritaka SHIMO:
Studies on the "Jaagaru" soils and their parent materials
VII. Physical and chemical properties and clay minerals of
soil profiles at Tanahara, Nishihara - cho and Shinzato,
Sashiki - cho, Okinawa Island

I 緒 言

沖縄本島の中, 南部一帯には, 第3紀島尻層群の青灰色~灰(黄緑)色泥灰岩が広範囲に分布している。そしてその泥灰岩の上部には, それを母材とする同色系の土壌化した堆積物や第4紀琉球石灰岩, あるいは赤(黄)色~赤褐色の土壌化した堆積物やそれらの母材なども堆積している。これらの母材や土壌について, 沖縄地方の方言では泥灰岩を“クチャ”, それが風化した土壌を“ジャーガル”と称している。^{6,7,11)}この土壌は県内における作物生産力が最も高い肥沃な土壌として知られている。他方, 赤(黄)色~赤褐色系の堆積物のうち, 琉球石灰岩を母材とする土壌を“島尻マーヅ”中, 古生紀の粘板岩や千枚岩, 結晶質石灰岩および第4紀国頭礫層などを母材とする土壌を“国頭マーヅ”と称して, それぞれ区別もしている。^{6,7,11)}

最近, 沖縄県内では土壌改良資材の一つとして泥灰岩を用い, 農耕地の造成や改良, 基盤整備などが盛んに実施されている。例えば, 泥灰岩やその風化土壌地帯の劣悪な透水性や物理性を改良するために, 第3紀砂岩を客土しさらにその下層土に暗渠を設置したり, あるいは土層が浅く保水力の弱い“島尻マーヅ”および肥沃度の低い酸性土壌の“国頭マーヅ”地帯などの理化学性を改良するために, 肥沃で軟質の泥灰岩を客土したりすることが行なわれている。⁹⁾他方, これらの泥灰岩やその風化土壌をこれまでの経験や観念的判断にたより, 安易に同一視したために, 外見上泥灰岩やその風化土壌によく類似する

* 琉球大学農学部農芸化学科

本研究は, 昭和55年度文部省科学研究費補助金による「ジャーガルの母材の特徴づけとその分類試案」の一部として行なわれた。

琉球大学農学部学術報告 28 : 57 ~ 72 (1981)

青灰色の泥岩や酸性硫酸塩土壌の理化学性に気がつかず，農耕地の基盤整備地帯に著しい生育障害が発現し，失敗した実施例もある。^{4,8)}

著者らは，泥灰岩やその風化土壌の“ジャーガル”が海成堆積物の泥（灰）岩の質的差異や，それらが堆積している環境因子の差異によって，種々の性質を有する可能性があることを推察した。¹³⁾そしてこれまで，島尻層群地帯の土壌の風化生成および“ジャーガル”とその母材の知見を得る目的で，またさらに各種堆積物の諸性質に関する基礎的知見を得る目的で，第3紀泥灰岩層を中心にその上部に堆積する各種の堆積物と，それらに由来する風化土壌からなる土壌（層）断面について調査し，それらの堆積層序の様式，理化学性および鉱物組成などの特徴を明らかにしてきた。^{10,13,14,16,17,18)}

本研究では，沖縄本島の中，南部に分布する(1)泥（灰）岩層の上部に直接第4紀琉球石灰岩層および“島尻マージ”が堆積する層序様式について調査し，(2)土壌（層）断面の理化学性や1次および2次鉱物組成の特徴を調べ，(3)両断面における泥（灰）岩層と既往のそれとの諸性質を比較検討し，さらに(4)泥（灰）岩層中の灰白色土層の生成や(5)各土層中における諸性質の発現，および(6)粘土鉱物組成，特にモンモリロナイトの起源などを推察することを目的として行なった。

II 供試土壌および土層断面

供試々料は，沖縄本島中部の西原町棚原（O-32）および南部の佐敷町新里（O-33）の両土壌（層）断面から，それぞれ採取して用いた。断面の土層区分はこれまでと同様に，土色や構造などの肉眼的特徴に基づいて行なった。そして，表層土壌を除く各試料はいずれも各土層のほぼ中央附近から採取し，全ての試料は2mm以下の粒径に揃えて用いた。両土壌（層）断面の特徴は，柱状図（Fig. 1）および断面の記載（Table 1）にそれぞれ示した通りである。なおTableでは，“島尻マージ”と泥灰岩層とは破線で区別して示した。

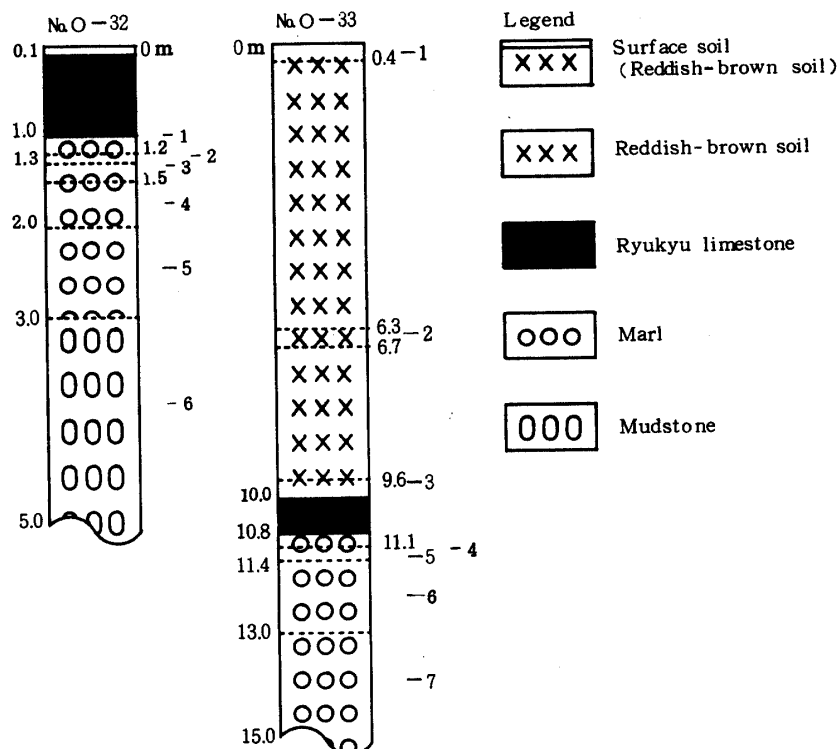


Fig. 1. Columnar sections of Tanahara (NaO-32) and Shinzato (NaO-33) soil profiles

Table 1. Depth, Soil color, pH, Contents of Calcium carbonate, Gravel and Fine soil at Tanahara (NaO-32) and Shinzato (NaO-33) soil profiles.

Sample no.	Depth cm	Soil color	pH		CaCO ₃ %*	Gravel 2mm< %**	Fine soil 2mm> %**
			H ₂ O	KCl			
0-32-1	100-120	Light olive brown 2.5Y5/4	8.18	7.25	13.3	25.8	74.2
"-2	120-130	Pale olive 5Y6/4	8.20	7.06	3.2	5.4	94.6
"-3	130-150	Pale yellow 5Y7/4	8.26	7.18	11.3	0.0	100.0
"-4	150-200	Olive gray 5Y5/2	8.24	7.20	13.2	0.0	100.0
"-5	200-300	Gray 5Y5/1	7.64	7.27	12.8	0.0	100.0
"-6	300-500	Olive 5Y4/3	5.83	4.64	0.4	0.0	100.0
0-33-1	0-40	Strong brown 7.5Y5/6	7.64	7.05	1.4	2.3	97.7
"-2	630-670	"	4.53	3.72	0.3	0.0	100.0
"-3	960-1000	Yellowish brown 10 YR5/6	6.46	6.23	1.3	2.9	97.1
"-4	1080-1110	Light brownish gray 2.5Y6/2	7.44	6.23	0.5	0.0	100.0
"-5	1110-1140	Olive yellow 5Y6/6	8.12	7.04	7.3	0.0	100.0
"-6	1140-1300	Dark gray 5Y4/1	7.85	7.36	6.7	0.0	100.0
"-7	1300-1500	"	7.23	7.01	4.1	0.0	100.0

* On the oven-dry basis of the whole soil material.

** On the air-dry basis of the whole soil material.

0-32の断面では、下層ほど土性が粗い様相の泥(灰)岩層の上部に1mほどの琉球石灰岩が直接堆積し、その岩石上の表層には主としてススキと低樹木類の植生が見られた。そこには風化土壌の土層がほとんど堆積せず、試料採取が困難だったので“島尻マージ”は採取しなかった。1~5層は弱アルカリ性を呈し、希塩酸溶液で発泡した。炭酸カルシウムは若干少ない2層を除けば12%前後含有され、いずれも泥灰岩層の特徴を示した。また、1~2層は石灰岩礫を含有し、1層では26%も含まれた。さらに2~3層は灰白色の際立つ土色を呈し、特に3層では灰白色が顕著に現われた。この特徴はこれまでの堆積様式で観察された泥(灰)岩層のそれとは著しく異なった。これらに対して、最下層の6層は黄緑色の酸性反応を示し、炭酸カルシウムをほとんど含有せず、希塩酸溶液では発泡が認められない、いわゆる泥岩層の特徴を示した。

他方、0-33の断面では、泥灰岩層の上部に80cmの琉球石灰岩が直接堆積し、さらにその上部にかなり厚い赤褐色土壌(層)の“島尻マージ”が堆積した。こゝでは、周囲の様相から推察して最表層土の削除された痕跡が観察され、若干の若いススキや雑草類の他はほとんど植生が見られなかった。1層と3層はいずれも石灰岩礫を2%ほど含有し、炭酸カルシウムを多少含み、中性附近の反応を呈しいわゆる“島尻マージ”の特徴を示した。これに対して、2層は礫を含有せず、強酸性を呈し主として県内の中、北部に分布するいわゆる“国頭マージ”の特徴を示した。石灰岩層下の4~7層は、先の0-32断

面と同様いずれもいわゆる泥灰岩層の特徴を示した。しかし、いずれの土層も石灰岩礫は含有せず、4層を除けば炭酸カルシウム含量がO-32断面のそれらの約半分量に相当した。また、6層と7層では表面がなめらかな固くて緻密なシルト岩様のかかなり大きな岩石が、土層中に混在する特徴を有した。そして、4~5層は灰白色の際立つ土色を呈し、特に4層では顕著に現われた。

III 分析方法

供試々料についての分析測定は、いずれも前報^{17,18)}に従って行なった。

1. 土色、土壌(層) pH および炭酸カルシウム含量

土色は半湿状態の土壌について、マンセル土色帳により判定した。pHは土壌：溶液比が1：2.5の条件で、攪拌しながらpH計で測定した。炭酸カルシウム含量は、下記の湿式燃焼重量分析法³⁾で測定した無機炭素量に8.3339を乗じて求めた。

2. 粒径組成、粘土鉱物および1次鉱物組成

粒径組成は過酸化水素水による有機物除去処理後の試料について、沈定法の繰り返しと篩別法¹⁾で各粒径部分に分別してそれぞれの重量%を求め、そして、国際法により三角図表から土性を調べた。粘土鉱物組成は脱鉄処理(ジチオナイト処理)後の粘土部分を定方位X線回折法¹⁹⁾で、また1次鉱物組成はシルト部分をそのまま乱方位X線回折法²⁾でそれぞれ同定した。

3. 置換性塩基(Ca, Mg, K, Na)量およびCEC

著者らが提案した方法¹⁵⁾を用いて測定した。風乾細土(<0.25 mm)を先ず80%メタノール液で遠心分離後、上澄液中の可溶性塩類(Ca, Mg, K, Na)を測定し、次に80%メタノール中1規定塩化ストロンチウム溶液(pH 8.2)で遠心分離後、上澄液中の置換性塩基のCaとMgを原子吸光法、KとNaを蛍光法でそれぞれ測定した。その後90%アセトン液で過剰塩を除去した後、1規定塩化ナトリウム溶液で再び遠心分離し、上澄液中のSrを蛍光法で測定してCECを求めた。

4. 有機および無機炭素量、リン酸吸収係数

有機および無機炭素量の測定には、小坂・本田・井礦法の湿式燃焼重量分析法³⁾を用いた。先ず風乾細土(<0.25 mm)に重クロム酸カリウム粉末、硫酸・リン酸混液を加え、燃焼分解して発生する炭酸ガスをアスカライト(原法ではソーダライム)に吸収させ、重量法で全炭素量を求めた。次に、これとは別の同試料に硫酸・硫酸第一鉄溶液で試料中の炭酸塩を除去した後、重クロム酸カリウム・硫酸・リン酸混液を加え、上述と同様にして有機炭素量を求めた。そして先の全炭素量と有機炭素量との差を無機炭素量とした。リン酸吸収係数は関谷の方法³⁾で測定した。風乾細土(<2 mm)に2.5%リン酸アンモニウム液(pH 7)を加えた24時間後の濾液の一部について、バナドモリブデン酸法により440 m μ でPを比色測定して求めた。そして、吸着処理前後の溶液中のPの差を吸着量とした。

IV 結果

1. 棚原(O-32)土層断面

供試土壌(層)の理化学性と粘土およびシルト部分の鉱物組成の特徴は、Table 2およびTable 3にそれぞれまとめて示した。

Table 2. Physical and chemical properties of Tanahara (No. O-32) and Shinzato (No. O-33) soil profiles.

Sample no.	Fine soil (<2mm) % *			Texture	SrCl ₂ Exchangeable-bases me / 100g				CEC me / 100g	Org. carbon % *	P ₂ O ₅ ab. coef. me / 100g	
	Coarse sand	Fine sand	Silt		Clay	Ca	Mg	K				Na
O-32-1	11.90	21.09	41.24	25.77	LiC	21.06	2.54	0.27	0.74	30.00	1.7	1710
"-2	2.69	30.76	47.02	19.53	SiCL	25.05	2.67	0.17	0.84	39.50	0.6	1929
"-3	1.25	40.09	41.73	16.94	CL	21.47	2.58	0.19	0.81	25.54	0.2	1997
"-4	7.59	35.92	36.93	19.55	"	16.52	2.44	0.46	0.94	24.05	0.4	1709
"-5	4.85	46.69	31.59	16.86	"	17.89	2.60	0.42	0.79	24.25	0.5	1475
"-6	32.00	36.35	20.51	11.13	SL	40.44	7.18	0.25	0.73	63.85	0.2	2182
O-33-1	3.98	27.89	22.78	45.35	HC	15.22	0.29	0.23	0.37	29.50	0.4	1242
"-2	7.58	6.10	10.43	75.89	"	3.77	1.96	0.28	0.41	22.40	0.2	1215
"-3	3.11	13.96	24.72	58.21	"	15.66	1.61	0.22	0.42	30.85	0.4	1116
"-4	3.04	4.86	48.66	43.44	SiC	14.18	2.09	0.83	0.59	22.30	0.1	809
"-5	4.94	12.22	54.39	28.46	"	17.89	2.28	0.41	0.63	20.50	0.1	1505
"-6	0.49	5.28	56.71	37.53	"	10.20	0.96	0.30	0.27	15.58	0.4	957
"-7	1.13	6.94	57.62	34.31	"	8.88	3.86	0.36	0.35	16.43	0.4	744

* On the oven-dry basis of the whole soil material.

Table 3. Summary of mineralogical analysis in the clay and silt fractions at Tanahara (No. O-32) and Shinzato (No. O-33) soil profiles,

Sample no.	Mineral constituent*	
	Clay fraction	Silt fraction
O-32-1	Vt-Ch > Mt, It > Vt, Kt	Qz >> Ca > Fd
" - 2	Mt > Vt - Ch, It, Vt > Kt	Qz >>> Fd
" - 3	Mt > It, Vt > Vt - Ch, Kt	Qz >> Ca > Fd
" - 4	Mt, It > Vt, Kt > Vt - Ch	Qz > Ca >> Fd, Cb
" - 5	Mt, It > Vt, Kt, Ch	Qz > Ca > Fd, Cb
" - 6	Mt >>> It	Qz, Fd > Cb
O-33-1	Ch > It, Vt > Vt - Ch	Qz >>>> Fd
" - 2	It, Vt, Kt > Vt - Ch	Qz >>>> Fd, Cb
" - 3	"	Qz >>>> Fd
" - 4	It > Mt, Vt > Vt - Ch, Kt	"
" - 5	"	Qz >> Ca > Fd, Cb
" - 6	It > Mt, Vt, Ch > Kt	Qz >> Ca, Fd > Cb
" - 7	"	Qz >>>> Fd, Cb

* Abbreviations : Ca=calcite ; Cb=cristobalite ; Ch=chlorite ; Fd=feldspar ; It=illite ; Kt=Kaolin minerals ; Mt=montmorillonite ; Qz=quartz ; Vt=vermiculite ; Vt-Ch=vermiculite-chlorite intergrade

1) 理化学性

O-32断面では、琉球石灰岩片礫を含有する1層と2層はいずれも弱アルカリ性を示した。特に赤褐色を帯びた1層は礫が26%も含有され、5%の2層に比べて炭酸カルシウムが4倍以上の13%、有機炭素量が約3倍の1.7%も含有された。両層とも砂含量が33%前後を示したが、細砂部分は下層で10%多かった。また、上層の粘土部分は26%で全層を通じて最も多かった。土性は軽塩土とシルト質塩土、CECはいずれも30me/100g前後、置換性塩基のCaがそのほとんどを占め、Mgが3me/100g前後、NaとKはいずれも1me/100g以下を示し、それらの特徴は前報^{10,14,18)}にも見られた。リン酸吸収係数は他方のO-33断面の泥灰岩層や前報¹⁸⁾のそれに比べ1.5倍以上も高く、1700と1900mg/100gを示し下層で若干高かった。

3~5層の塩土質で礫を含まない弱アルカリ性の泥灰岩層は、先の1層と同様いずれも炭酸カルシウムが12%前後含有され、前報^{14,18)}の泥灰岩層のそれより数倍~10数倍多い特徴を示した。またリン酸吸収係数も1500~2000mg/100gを示し、1.5~2倍ほど大きかった。これらの特徴の他に、CECはいずれも25me/100g前後、有機炭素量も1%以下をそれぞれ示し各々の置換性塩基量もほとんどよく類似した。そして上層から下層へ砂含量が増加し、シルト含量が減少する傾向を示した。また、3層の土色は他の泥灰岩層とは異なり特に際立つた灰白色を呈し、これまでに報告した別の堆積様式の泥(灰)岩層^{10,13,14,16,17,18)}では観察されなかった。

6層は炭酸カルシウムをほとんど含有せず酸性を呈し、先の報告と同様黄緑灰色の泥岩の特徴を示した。土性は砂土を示し、この断面に近い距離にある西原町千原の泥灰岩層¹⁴⁾に類似した。千原では

68%の砂部分のほとんどを細砂が占めたが、こゝでは粗砂と細砂がほぼ同量含まれO-32断面中で最も砂含量が多かった。一方、粘土含量は最も少なく11%を示した。CECおよび置換性塩基のCaおよびMg量はいずれも同断面や他の断面の泥灰岩層、既往^{5,7,9,10,11,14,15,18)}のそれらよりも数倍大きく、それぞれ64, 40および7me/100gの著しい特徴を示した。これは後述のように、主として粘土部分のほとんどをモンモリロナイトだけが占めることに起因していると思われる。またリン酸吸収係数も2200me/100gとかなり大きな値を示した。しかし、有機炭素量は他の泥灰岩層と同様1%以下でかなり小さかった。

2) 粘土および1次鉱物組成

供試土層の粘土部分のX線回折図(Fig. 2, 3, 4および5)は、特徴的な1, 3, 5および6層の代表でそれぞれ示し、シルト部分のはFig. 6にまとめて示した。そして同定した鉱物組成はまとめてTable 3に示した。

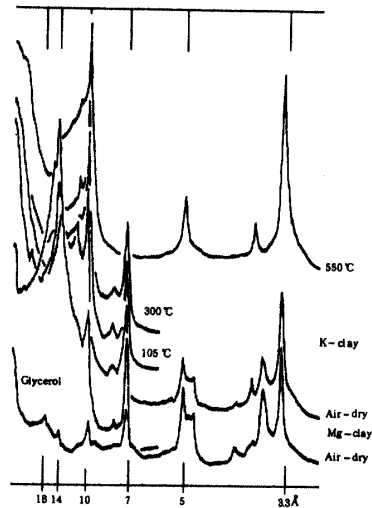


Fig. 2. Oriented X-ray diffractograms of deferrated O-32-1 clay fraction

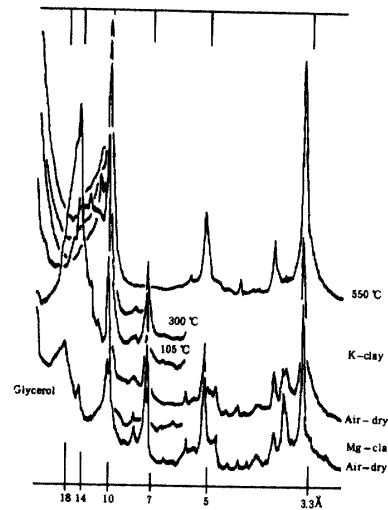


Fig. 3. Oriented X-ray diffractograms of deferrated O-32-3 clay fraction

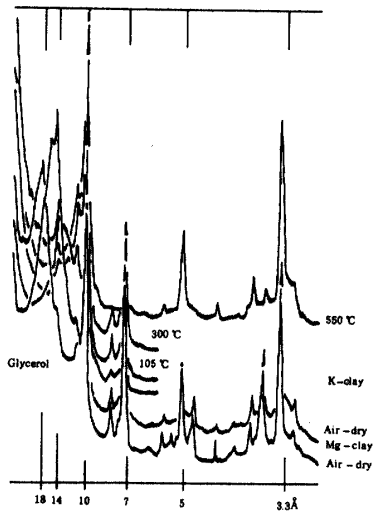


Fig. 4. Oriented X-ray diffractograms of deferrated O-32-5 clay fraction

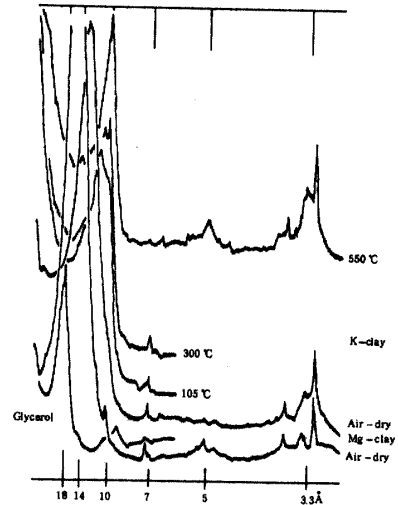


Fig. 5. Oriented X-ray diffractograms of deferrated O-32-6 clay fraction

1層と2層の泥灰岩層のX線回折図の特徴は、各回折線の強度が若干異なった。1層の主要粘土鉱物 (Fig. 2) は、K粘土風乾で約14~10Åの幅広い回折線がMg粘土風乾で見られず、K粘土加熱処理後に徐々に約10Åへ肩を有しながら移行する特徴のパーミキュライト-クロライト中間種 (以下Vt-Chで表示) で、他に、Mg粘土グリセロール処理後約18Å附近に明瞭な回折線が存在する特徴のモンモリロナイト (以下Mtで表示) と、MgおよびK粘土の各処理後に約10Åの回折線が消失しない特徴のイライト (以下Itで表示)、さらに少量の、Mg粘土風乾で約14Åの回折線強度がK粘土風乾で約10Åの回折線強度に増大し移行する特徴のパーミキュライト (以下Vtで表示) や、K粘土風乾で約7Åの回折線がK粘土550℃加熱処理後消失する特徴のカオリン鉱物 (以下Ktで表示) が随伴した。2層のX線回折図は次の3層の特徴 (Fig. 3) に類似し、Mtが主要鉱物で他にIt, Vt, Vt-Chが随伴しさらに少量のKtが付随した。

3層のX線回折図 (Fig. 3) では、2層よりもVt-Chの回折線強度が若干減少した。他の4層と5層では、前者は3層の回折図に類似したがItの回折線強度が若干増大し、MtおよびItが主要粘土鉱物で他にVt, Ktが随伴しさらにVt-Chが少量付随する特徴を示した。5層のX線回折図 (Fig. 4) では、K粘土風乾で約14Åの回折線が550℃加熱処理後に消失せずに存在する特徴のクロライト (以下Chで表示) が付随し、Vt-Chの存在は同定できなかった。この層ではMtとItが主要粘土鉱物で他にVt, KtおよびChが随伴した。

なお、これらのX線回折図には上述の主要および随伴粘土鉱物の回折線の他に、いずれもMgおよびK粘土に11Å附近と8Å附近の弱いかなり明瞭な回折線が認められ、それらは550℃加熱処理後に消失した。また、3.7Å附近にも同様に弱い回折線が存在したが、これは550℃加熱処理後も消失しなかった。これらの特徴は、先の2つの回折線がMtとKtとの混合層鉱物⁽¹²⁾を、後者のそれが1次鉱物の長石^(2,12) (以下Fdで表示) に起因することを示唆するように思われた。

一方、6層の泥岩層のX線回折図 (Fig. 5) は同断面の泥灰岩層や他の断面の泥灰岩層、これまでの泥 (灰) 岩層^{10,13,14,16,17,18)} の回折図とは著しく異なる特徴を示し、粘土部分のほとんどがMtである特徴を示した。この他にごく少量のItも存在し、またKtらしい非常に弱い7Åの回折線も存在するように思われた。このようにMg粘土風乾の14Å附近の回折線だけが存在し、その全部がグリセロール処理後18Å附近に移行する特徴は、これまでの一連の研究を通じて初めて得られた。

他方、1~6層のシルト部分中の1次鉱物組成は、その回折線の特徴 (Fig. 6) からいずれも4.26Åおよび3.35Å附近の石英 (以下Qzで表示) が主要鉱物で、これに3.20Å附近のFdが随伴した。これらの他にFdよりも強い回折強度を示す3.04Å附近の方解石 (以下Caで表示) が、2層と6層以外に存在し、4.04Å附近のクリストバル石 (以下Cbで表示) が、1~3層以外の土層にそれぞれ存在した。シルト部分のQzの回折線強度 (Fig. 6) は、相対的に下層ほど減少する傾向を示し上層ほどQzが濃縮されていることを示唆した。またこれまでの報告^{10,13,14,16,17,18)} ではほとんど観察されなかったかなり回折強度の強い、明瞭な

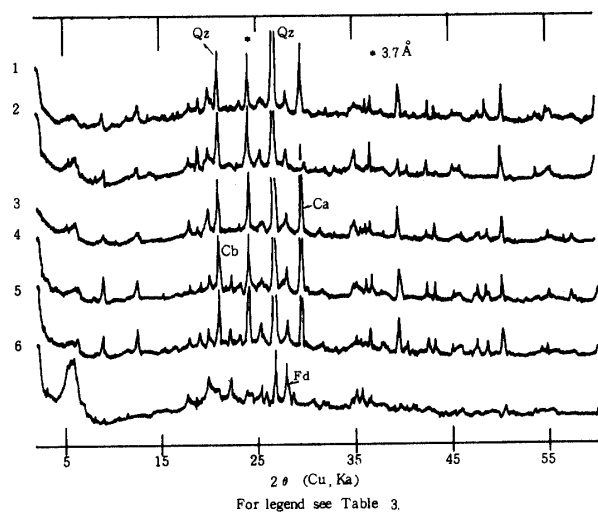


Fig. 6. X-ray diffraction patterns of the Tanahara (O-32-1 ~ 6) silt fractions (Random orientation)

回折線が認められ、 3.7 \AA 附近に位置した。この特徴的な回折線は先の粘土部分の回折図にも見られたように、Fdの(111, 130, 131)に基づく結晶面に起因すると思われる。また6層では、低角側の 14 \AA 附近にかなり強い幅広い回折線が存在し、粘土部分のMtがシルト部分にもかなり混入していることが推察された。

2. 新里(O-33) 土壌(層) 断面

1) 理化学性

赤褐色の1~3層はいずれも重塩土質、有機炭素含量1%以下およびリン酸吸収係数が $1100 \sim 1200 \text{ mg/100 g}$ の特徴をそれぞれ示した。しかし、2層は1層および3層に対して他の性質にかなりの差異が認められた。中間の2層は石灰岩片礫をほとんど含有せず、他のはそれを2~3%含有した。2層の反応は強酸性を呈し、1層は弱アルカリ性、3層は中性近くをそれぞれ示した。また1層と3層とを比べると、下層より上層の細砂部分が15%ほど多く粘土部分が13%ほど少なかった。そして両層の間の2層の粘土含量は76%の著しく大きい値を示した。炭酸カルシウム含量は2層で1%以下、他の両層では1.5%弱含まれた。また2層のCECは 22 me/100 g 、両層は約 30 me/100 g 前後を示した。置換性塩基量も1層と3層とはよく近似し、その大部分をCaが占めて 15 me/100 g を示したが、2層のは両層の約 $1/3$ に相当した。2層での置換性CaとMg量は 4 me/100 g と 2 me/100 g をそれぞれ示した。これらの理化学的特徴の差異は、最表層の1層がその下の2~3層の堆積時期と異なり、両者の起源が異なることを示唆するように思われた。

琉球石灰岩層下の4~7層の泥灰岩層は、いずれも弱アルカリ性のシルト質塩土、有機炭素含量0.5%以下を示した。そしてこゝでも先のO-32断面と同様、特に4層の土色は際立った灰白色を呈した。その4層では炭酸カルシウム含量は1%以下、同断面の他の層では4~7%を示し、これらのいずれの値も前報^{14,18)}の泥灰岩層のに近似した。しかし、その含量は先のO-32断面の泥灰岩層のとは異なり、約 $1/2$ 以下であった。また先の断面のに比べて、上層から下層にかけて粒径組成の増減の傾向は見られず、シルトと粘土部分でそれぞれ約20%多かった。CECは $16 \sim 22 \text{ me/100 g}$ 、置換性塩基量のほとんどはCaが占め、KとNaはいずれも 1 me/100 g 以下を示し、このことはこれまでの報告^{14,15,18)}の泥灰岩層のにいずれもよく近似した。7層では置換性Ca量が若干少なくその量の約 $1/2$ をMgが占めた。全体的にリン酸吸収係数は先のO-32断面のそれらよりもかなり小さく、5層の 1500 mg/100 g を除けばいずれも $700 \sim 1000 \text{ mg/100 g}$ を示した。

2) 粘土および1次鉱物組成

供試土壌(層)の粘土部分のX線回折図(Fig. 7~10)は、1, 2, 4および6層の特徴的なので代表して示し、シルト部分のそれ(Fig. 11)は全層にわたって示した。

1~3層の赤褐色を呈する土壌(層)にはいずれもMtの回折線は見られなかった。1層ではK粘土 550°C 加熱処理後の 7 \AA 附近の回折線の特徴から、蛇紋石^{12,19)}の存在が若干示唆されたが 14 \AA 附近の特徴から(Fig. 7)Chが主要粘土鉱物で、これにItやVtが付随しさらにVt-Chが随伴した。これに対して2層と3層のX線回折図(Fig. 8)は、いずれもK粘土 550°C 加熱処理後に 7 \AA 附近の回折線が消失し、主要回折線の特徴からはIt, Vt, Ktが主要粘土鉱物で、これらの他に1層と同様Vt-Chが随伴した。こゝでもO-32断面の6層以外の回折図に見られた 3.7 \AA 附近のFd^{2,12)}と思われる弱い回折線が認められた。

赤褐色土層の1次鉱物組成は、X線回折図(Fig. 11)の特徴から、1~3層のいずれもQzが主体で他にFdが少量付随した。そしてこれらの他に2層ではCbも少量随伴した。O-32断面のシルト部分と同様、こゝでもFdと思われる 3.7 \AA 附近の回折線が存在した。

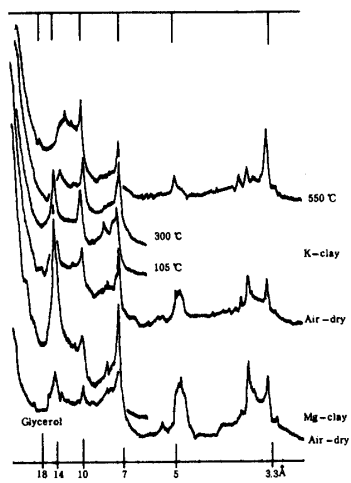


Fig. 7. Oriented X-ray diffractograms of deferrated O-33-1 clay fraction

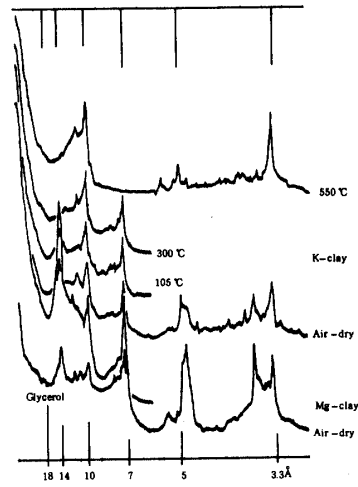


Fig. 8. Oriented X-ray diffractograms of deferrated O-33-2 clay fraction

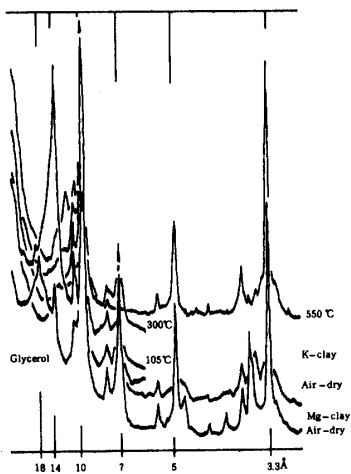


Fig. 9. Oriented X-ray diffractograms of deferrated O-33-4 clay fraction

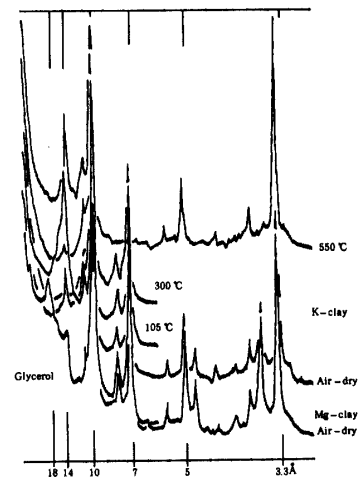


Fig. 10. Oriented X-ray diffractograms of deferrated O-33-6 clay fraction

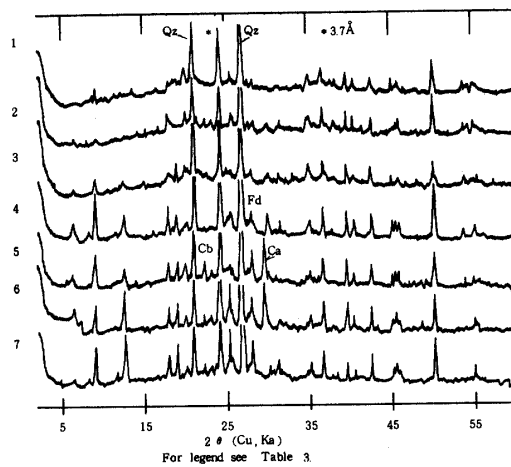


Fig. 11. X-ray diffraction patterns of the Shinzato (O-33-1~7) silt fractions (Random orientation)

一方、石灰岩層下の4～7層の泥灰岩層の粘土鉱物組成は、10Å附近のItの回折線強度が相対的に著しく強い(Fig. 9,10)ことからItが主要鉱物で、他にMtやVtが随伴しこれらにKtが付随する特徴を示した。そしてこれらの他に4～5層にはさらにVt-Ch、6～7層にはChがそれぞれ随伴した。鉱物組成の特徴は先のO-32断面の泥灰岩層のそれと若干異なった。しかし、先の断面と同様11Å附近と8Å附近のMtとKtの混合層鉱物¹²⁾および3.7Å附近のFd^{2,12)}と思われる回折線が、いずれも明瞭に共存した。

O-33断面の泥灰岩層の1次鉱物組成は、X線回折図(Fig. 11)の特徴からいずれもQzが主要鉱物で、他に少量のFdが随伴し、先のO-32断面の泥灰岩層および前報^{10,13,14,16,17,18)}のそれらと同様であった。またこれらの他に5層と6層にはCaが含まれ、4層以外にはさらにCbも随伴した。こゝでもFdと思われる3.7Å附近の明瞭な回折線がシルト部分に判別された。なお、低角側の10Åや7Å附近に回折線がみられシルト部分への粘土部分の混入が若干示唆された。こゝでは粘土鉱物および1次鉱物組成に先のO-32断面のような上層から下層へ、一連の鉱物組成の変化する傾向はなかった。

V 考 察

棚原(O-32)および新里(O-33)土壌(層)断面では、80～100cmの琉球石灰岩層の下の泥灰岩層にいずれも灰白色の特に際立つ土色層が存在した。このような土色を呈する泥(灰)岩層は、これまでに報告^{10,13,14,16,17,18)}した別の堆積様式の土壌(層)断面では認められなかった。いずれも灰白色の顕著な土色を呈するO-32-3層とO-33-4層では、堆積環境の差異を反映して理化学性や鉱物組成にかなり著しい相違がみられた。例えば両層の性質を比較してみると、pHは前者が若干高くいずれも弱アルカリ性、炭酸カルシウム含量は前者が10%以上で後者が1%以下、粒径組成は前者が細砂とシルトに富む粘土含量17%の壇壤土で後者がシルトに富む粘土含量43%のシルト質壇土、主要粘土鉱物は前者がMtで後者がIt、1次鉱物組成は前者がQzとFdの他にCaで後者がQzの他にFd、リン酸吸収係数は前者が約2.5倍大きく後者が800me/100gであった。これらの差異からは、泥灰岩層中に灰白色の土層が生成する原因を明らかにすることは困難であった。しかし、上述の因子も含めて別の因子の関与も推察されるが、琉球石灰岩層下の泥灰岩層に出現する現象面から推察して、この石灰岩層が灰白色層の発現にかなり重要な役割を果たしていることはまちがいないと思われる。

また両断面では、石灰岩層上部にいわゆる“島尻マージ”の堆積物があるか否かで雨水等の浸透速度と量に著しい差異が生じ、その下の泥灰岩層の理化学性はかなり著しく影響されることが示唆された。“島尻マージ”が石灰岩層上部にほとんど堆積していない環境条件下のO-32断面では、それが堆積している環境条件下のO-33断面に比べて、炭酸カルシウム含量が10数倍も多かった。その高い含量が諸性質に影響を及ぼして、pHや置換性Ca量、リン酸吸収係数、有機炭素量などがいずれも高い値を示すことを推察した。そしてO-32断面では上層から下層へ粒径組成が漸次粗くなる傾向とともに、上層にQzが濃縮される傾向が示された。また粘土鉱物組成も上層ほど2:1型鉱物やその中間種などの種類が多く、下層ほど2:1型鉱物の中間種は減少しそれらの種類も少なかった。このような一連の鉱物組成の変化する傾向から、O-32断面の泥灰岩層の堆積当初は砂壤土質のMtに富む泥岩層からなり、それが石灰岩層下で風化生成を受けて現在の泥灰岩層の性質を有することを推察した。なお、同断面の1層と2層に混入する石灰岩礫は前報¹⁸⁾の国頭礫層の堆積方法の推察と同様、泥岩層が水中にある焼成過程に混入されたものと思われる。

一方、O-32-6の泥岩層は粘土部分のほとんどがMtからなり、この種の土壌(層)や堆積物に関する報告はこれまでに見られない。この6層のCECは64me/100gもあった。このような特徴は他のO-33断面には見られず、石灰岩層下の泥(灰)岩層に必然的に発現される傾向ではないことを示唆し、

単に起源の異なる堆積物であることを推察させた。

また、著者らのこれまでの研究^{10,13,14,16,17,18)}では、泥(灰)岩層の主要粘土鉱物組成はItやMtである。本研究では粘土部分のほとんど全部がMtである泥岩層が発見されたが、これとは反対に、別の堆積様式下の泥炭岩層の粘土部分にほとんどMtが検出されない土層も確認している(渡嘉敷・比嘉, 未発表)。これらのことから泥(灰)岩層中に存在するMtは、泥(灰)岩層の起源の質的差異の影響に起因することが示唆され、土層中のMtは堆積後の続成過程で風化生成されるのではなく、海底で堆積する時に含有されていた当初のMtが、種々の堆積環境条件下で風化生成を受けていることが推察される。

O-33断面の石灰岩層上部に堆積するかなり厚い赤褐色土壌(層)では、最表層と3層との理化学性および鉱物組成は、1層の主要粘土鉱物がChであることを除けばいずれもよく類似した。それに対して、両層に挟まれた2層は礫や炭酸カルシウムを含有せず強酸性で、粘土含量が76%の重埴土を示し、CECや置換性塩基量が小さい特徴を示し1層と3層とはかなり異なった。例えば1層と3層では、前者が弱アルカリ性で後者が中性近くを示し、いずれも炭酸カルシウムを1.5%弱、石灰岩礫を2~3%含有し、下層より上層に細砂部分を15%ほど多く含有し、いずれもCECを約30me/100g前後示した。また、O-33断面の最表層部は造成された痕跡が推察された。これらのことから、この断面には当初かなり溶脱が進行したいわゆる“島尻マージ”が石灰岩層上部に堆積していたことが示唆され、最表層の1層はこの断面近くの別の場所の下層土が移動・運搬され、もともとの表層土(2層)の上部に堆積された土壌であることを推察した。

いずれにせよ、沖縄本島の棚原および新里土壌(層)断面の泥(灰)岩層とその上部の堆積物は、それぞれの諸性質にかなりの質的差異が認められることから、さらに同堆積様式の土壌(層)断面の調査・研究も必要であると思われる。

VI 要 約

泥(灰)岩層の上部に琉球石灰岩層および“島尻マージ”が堆積する、沖縄本島中部の西原町棚原(O-32)および南部の佐敷町新里(O-33)土壌(層)断面について、理化学性や粘土鉱物および1次鉱物組成などの特徴を調べた。そして、土層間に堆積する特異的な灰白色土層の生成および諸性質の発現を考察し、さらに粘土部分中の鉱物の起源を推察した。

棚原(O-32)断面では、泥(灰)岩層の上部に約1mの琉球石灰岩層だけが堆積した。1~5層の泥炭岩層は11~13%の炭酸カルシウムを含有し、軽埴土やシルト質埴土および埴土質の弱アルカリ性を示した。CEC、置換性塩基量およびリン酸吸収係数はいずれも新里(O-33)断面の泥炭岩層よりかなり高い特徴を示した。有機炭素量は1層では約2%、他の層では0.5%以下をそれぞれ示した。主要粘土鉱物はMtやItで、他にVt、Kt、Vt-Chが随伴した。5層だけはVt-Chの代わりにChが随伴した。1次鉱物組成は主にQzと少量のFdで、他にCaとCbの随伴が土層によって異なった。

同断面の泥岩層(6層)は、既往の報告には見られない特徴を示した。最下層部の6層は酸性で、リン酸吸収係数が2200mg/100gの砂壤土質を示した。CEC、置換性CaおよびMgは64、40および7me/100gをそれぞれ示した。置換性KとNaおよび有機炭素量は1me/100gおよび0.5%以下をそれぞれ示した。粘土鉱物はMtだけがほとんど主体を占め、他にごく少量のItが随伴した。1次鉱物はQzが主で、他にFdとCbが付随した。

棚原(O-32)断面では上層から下層へ粒径組成が粗く、上層ほど粘土部分にはMtが減少し、シルト部分にはQzが濃縮される傾向の鉱物組成の量的変化が示唆された。そのことから、同断面の堆積当初は粘土鉱物がほとんどMtからなる砂壤土質の泥岩層であって、その後石灰岩層下の堆積環境条件の

もとで当初の泥岩層が風化生成作用を受け、その上層部分が泥灰岩層の特徴を帯びるようになったことを推察した。

新里(〇-33)断面では、泥灰岩層(4~7層)上部の約80cmの石灰岩層上にさらに厚い“島尻マージ”(1~3層)が堆積した。泥灰岩層は4~7%の炭酸カルシウムを含有し、シルト質埴土の弱アルカリ性を示した。CECおよび置換性Caは16~22および9~18me/100g、置換性MgおよびKとNaは4および1me/100g以下をそれぞれ示した。リン酸吸収係数は700~1500mg/100g、有機炭素量は0.5%以下をそれぞれ示した。主要粘土鉱物はItで、他にMt, Vt, Ktが随伴し、さらに上層ではVt-Ch, 下層ではChが随伴した。1次鉱物組成は主にQzと少量のFdで、他にCaとCbの付随が土層間で異なった。

他方、琉球石灰岩層上の有機炭素量0.5%以下、リン酸吸収係数1100~1200mg/100gの重埴土質の“島尻マージ”では、1層と3層との諸性質がよく類似し2層とはかなり異なった。1層と3層の反応は中性付近(2層では強酸性)、炭酸カルシウム含量は1%前後(2層では0.5%以下)、粘土含量は50%前後(2層では76%)、CECは30me/100g(2層では22me/100g)および置換性Caは15me/100g(2層では4me/100g)をそれぞれ示した。It, Vt, Kt, (1層ではCh)が主要粘土鉱物で、他にVt-Chが随伴した。1次鉱物のほとんどがQzで、他にごく少量のFd(2層ではCbも共存)を付随した。

新里(〇-33)断面では、長期間の土壌生成作用を受けて溶脱の激しく進行した古い“島尻マージ”の堆積物が、石灰岩層上部に堆積することを推察した。そして、表層の“島尻マージ”は別の場所から運搬・堆積された土層として推察した。

両土層(層)断面では、琉球石灰岩層下の泥灰岩層にいずれも際立つた灰白色の土層が存在した。その灰白色土層の生成に及ぼす特定の因子は、両土層の理化学的性質や鉱物組成の特徴だけからは明らかにできなかった。しかし、石灰岩層が重要な1つの因子であることはまちがいないと思われる。

またこれまでの研究成果も考慮して、泥(灰)岩層中に存在するMtは、泥(灰)岩層の起源の質的差異に起因することが大きく、その当時のMtが種々の堆積環境条件下で風化生成を受けていることを推察した。

引用文献

1. 青峰重範, 原田登五郎 1977 土壌肥科学実験ノート, P 9~12, 養賢堂
2. Brown, G. 1961 The X-ray identification and crystal structures of clay minerals, P 473, 474, 476, 480, 484, Mineralogical Society
3. 土壌養分測定法委員会編 1970 土壌養分分析法, P 127~135, 251~253, 養賢堂
4. 川崎弘, 銘苅敏夫 1978 沖縄における酸性硫酸塩土壌, 九州農試報告, 19: 383~404
5. 小林嵩, 品川昭夫 1966 南西諸島の土壌に関する研究(1) 琉球列島の土壌について, 鹿大農学術報告, 16: 11~55
6. 国土庁土地局 1977 土地分類図附属資料(沖縄県), P 6~7
7. 松坂泰明, 音羽道三, 山田裕, 浜崎忠雄 1971 沖縄本島・久米島の土壌の分類について, 農技研報告, B 22: 305~404
8. 沖縄県農林水産部南部農林土木事務所 1979 基盤整備畑土壌の調査概要報告書 P 1~14
9. 大城喜信 1973 ジャーガル(石灰質重粘土層)の改良に関する研究, 沖縄農試報告, 1: 1~43
10. 大屋一弘, 渡嘉敷義浩, 高江洲均, 多喜和彦, 西垣晋, 1976 ジャーガルとその母材に関する研

- 究(第2報)沖縄本島,糸満市阿波根および西原村棚原土壌断面における粘土鉱物と水溶性成分について,琉大農学術報告, 23 : 165 ~ 176
11. _____ 1976 ジャーガルとマージの化学性と粘土鉱物について, 沖縄の特殊土壌, P 1 ~ 13
 12. 須藤俊男 1974 粘土鉱物学 P 148, 369 ~ 373, 岩波書店
 13. 渡嘉敷義浩, 大屋一弘, 鎮西忠茂 1975 ジャーガルとその母材に関する研究(第1報) 沖縄本島, 具志頭村白土原の土壌粘土鉱物について, 琉大農学術報告, 22 : 177 ~ 190
 14. _____, 比嘉靖, 大屋一弘, 西垣晋 1977 ジャーガルとその母材に関する研究(第3報) 沖縄本島, 西原村千原土壌断面における理化学性と粘土鉱物について, 琉大農学術報告, 24 : 205 ~ 215
 15. _____, 大屋一弘, 西垣晋 1977 ジャーガルおよびマージの陽イオン置換容量と置換性塩基測定の一考察, 日本土壌肥料学会講演要旨集 23 : P 12
 16. _____, 名城敏, 大屋一弘, 西垣晋 1978 ジャーガルとその母材に関する研究(第4報) 沖縄本島, 具志頭村具志頭および中城村新垣土壌(層)断面の粘土鉱物, 琉大農学術報告, 25 : 159 ~ 170
 17. _____, 大屋一弘 1979 ジャーガルとその母材に関する研究(第5報) 沖縄本島, 那覇市具志および具志頭村安里土壌(層)断面の粘土鉱物, 琉大農学術報告, 26 : 69 ~ 82
 18. _____, 仲村 健 1980 _____ (第6報) 沖縄本島, 具志川市具志川および名護市為又原土壌(層)断面の理化学性と粘土鉱物, 琉大農学術報告, 27 : 27 ~ 41
 19. 和田光史 1966 粘土鉱物の同定および定量法, 土肥誌, 37 : 9 ~ 17

Summary

Two soil profiles were selected in two places of Okinawa Island in order to characterize physical, chemical and mineralogical properties of the soil in relation to the underlying deposit materials. And special attentions were paid to the unique light gray colored layers interlain for their genesis. Furthermore conjectured were the appearance of physico-chemical properties and the origin of minerals in the soil layers. These two profiles consisted of reddish brown soils which were locally called 'Shimajiri maaji', Ryukyu limestone and marl (or mudstone) in descending order. One soil profile (No. O-32) was located at Tanahara, Nishihara-cho of the middle part of Okinawa Island and the other profile (No. O-33) was at Shinzato, Sashiki-cho of the southern part.

At Tanahara profile (No. O-32) the marl (or mudstone) deposit was overlain by an about 1 m thick layer of Ryukyu limestone on which 'Shimajiri maaji' accumulated little. The marl deposit from the 1st to the 5th layers contained 11 to 13 percent calcium carbonate. They showed slightly alkaline reaction, and had textures of light clay to clay loam. The CEC, exchangeable bases and phosphorus absorption coefficient were considerably higher in these layers than those in marl deposit of the other soil profile (No. O-33). The 1st layer contained 2 percent organic carbon, and the other layers were less than 0.5 percent. The major crystalline minerals in the clay fraction were montmorillonite and illite accompanied by a minor

amount of vermiculite, kaolin minerals and vermiculite-chlorite intergrade which was replaced by chlorite only in the 5th layer. The primary mineral in the silt fraction was mainly consisted of quartz accompanied by a small amount of feldspars, calcite and/or cristobalite.

A new information of the data for the mineralogy and physico-chemical properties was given in the lowest mudstone deposit at Tanahara soil profile (No. O-32). The mudstone (6th layer) showed acid reaction, 2200mg/100g of phosphorus absorption coefficient, and sandy loam texture. The CEC, and exchangeable calcium and magnesium were 64, 40 and 7me/100g, respectively. And this 6th layer contained less than 1me/100g of exchangeable potassium and sodium, and 0.5 percent organic carbon. It was a new observation in a series of studies that the most of the major crystalline minerals in the clay fraction was montmorillonite accompanied by only illite in an extremely minor amount. The primary mineral in the silt fraction was mainly consisted of quartz accompanied by a small amount of feldspars and cristobalite.

At Tanahara profile (No. O-32) the texture of the marl and mudstone deposit became gradually coarse from the upper layers to the lower layers. And montmorillonite in the clay fraction relatively increased with the depth, and quartz in the silt fraction concentrated in the upper deposit than the lower one. From these tendency it was assumed that the upper marl deposit was formed from the lower mudstone by receiving effects of overlying Ryukyu limestone in the weathering process.

On the other hand, at Shinzato profile (No. O-33) the marl deposit overlain by an about 80cm thick layer of Ryukyu limestone on which 'Shimajiri maaji' was formed with considerable thickness. The marl deposit from the 4th to the 7th layers contained 4 to 7 percent calcium carbonate, and were slightly alkaline in reaction and silty clay in texture. The value for CEC and exchangeable calcium was 16 to 22 and 9 to 18me/100g, respectively, and for phosphorus absorption coefficient 700 to 1500mg/100g. And these marl deposit were less than 4me/100g in exchangeable magnesium, 1me/100g in the both of exchangeable potassium and sodium, and 0.5 percent in organic carbon. The main crystalline minerals in the clay fraction were illite accompanied by a moderate amount of montmorillonite, vermiculite and a minor amount of kaolin minerals, in addition, vermiculite-chlorite intergrade in the upper layer and chlorite in the lower. In the silt fraction identified were quartz in a large quantity, and feldspars, calcite and/or cristobalite.

The 'Shimajiri maaji' deposit which was lying on the Ryukyu limestone showed a great deal of similarity in the physico-chemical properties to the both of the 1st and the 3rd layers in comparison with the 2nd layer. The both layers had neutral reaction, about 1 percent calcium carbonate, about 50 percent clay fraction, 30me/100g of CEC and 15me/100g of exchangeable calcium (The 2nd layer was strongly acidic, below 0.5%, 76%, 22me/100g and 4me/100g in the corresponding features.) While all of the three layers were heavy clay in texture, 1100 to 1200mg/100g in phosphorus absorption coefficient and less than 0.5 percent in organic carbon. The major crystalline minerals in the clay fraction were illite, vermiculite

and kaolin minerals which were replaced by chlorite in the 1st layer accompanied by a minor amount of vermiculite-chlorite intergrade. In the silt fraction the primary mineral quartz was the major constituent, and also found were feldspars and/or cristobalite in a minor quantity.

From these findings it was assumed that at Shinzato profile (No. O-33) the original deposit was up to the 2nd layer which was exposed to remarkable leaching of the bases and afterward the 1st layer was translocated from another place of 'Shimajiri maaji' deposit to the present position.

At the two soil profiles (No. O-32 and O-33) a peculiar light gray colored layer about 30cm thick was found between the Ryukyu limestone and the marl deposit. Although it was difficult to explain the genesis of the light gray layer by the data obtained in this study, it could be considered that the layer received an important effect from the Ryukyu limestone.

It was assumed that changes of substances and sedimentation conditions had caused the difference in the deposits of marl (or mudstone) by taking the past study in consideration. It was also assumed that montmorillonite which existed together with the other crystalline minerals in the interlain layers was originated in the marl (or mudstone) deposit.