



Title	ジャーガルとその母材に関する研究：(第8報)沖縄本島，知念村安座間および宜野湾市普天間土壌(層)断面の理化学性と粘土鉱物(生産環境学科)
Author(s)	渡嘉敷, 義浩; 知念, 尚; 志茂, 守孝
Citation	琉球大学農学部学術報告 = The Science Bulletin of the Faculty of Agriculture. University of the Ryukyus(38): 211-221
Issue Date	1991-12-04
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3839
Rights	

ジャーガルとその母材に関する研究

(第8報) 沖縄本島、知念村安座間および
宜野湾市普天間土壌(層)断面の理化学性と粘土鉱物

渡嘉敷義浩*・知念尚**・志茂守孝*

Yoshihiro Tokashiki, Hisashi Chinen and Moritaka Shimo :
Studies on the "Jahgaru" soils and their parent materials,
8. Physical and chemical properties and clay minerals of soil
and sediment profiles at Azama, Chinen-son and Futenma,
Ginowan-shi, Okinawa Island

Physical, chemical and mineralogical properties both soil and sediment were investigated in two sediment profiles. Those two profiles consisted of reddish brown soil, Ryukyu limestone and marl in descending order. The marl and its weathering materials distribute in Okinawa Island occupying a predominant part of agricultural land. Reddish brown soil showed a good deal of similarity in the physical and chemical properties of "Shimajiri mahji" which is locally called on dark-red soil derived from limestone. Futenma (O-38) soil showed a great deal of similarity in the mineral constituents of "Shimajiri mahji". Azama (O-35) soil included illite, vermiculite and smectite as the major clay minerals which suggested contamination with marl. At Azama profile the unique light gray colored sediment underlay soft Ryukyu limestone of powder to granular materials. The pH and the value for organic and inorganic carbon were considerably higher and the CEC and exchangeable bases were less than half in the sediment than those in the other similar sediment. Illite, smectite, vermiculite and quartz were the major crystalline minerals of the sediment. It was considered that the dark gray colored marl had a tinge of white receiving an effect from Ryukyu limestone. At Futenma profile both the unique dark brown and yellowish brown colored sediments underlay hard Ryukyu limestone. The second was observed as a transitional horizon of first. Quantitatively calcite was identified larger than quartz in the silt fraction of the second. In the clay fraction both sediments included illite, smectite and vermiculite as the main crystalline minerals which showed a great deal of similarity in those of the marl.

*琉球大学農学部生産環境学科

**沖縄県農林水産部

Physical and chemical properties both sediments showed almost same tendency with the marl. It was assumed that the weathering materials derived from the marl may turn dark reddish color which resemble in soil color of "Shimajiri mahji". It is satisfactory to consider that changes of the sediments and sedimentation conditions had caused the difference in the marl which keep the certain mineralogical properties constant.

緒 言

これまでに著者らは、暗灰色～黄灰色を呈する泥灰岩（クチャ）やその風化土壌の“ジャーガル”には、海成堆積物としての泥（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のあることを推察した¹⁵⁾。そして、沖縄島に分布する島尻層群地帯の“ジャーガル”とその母材、およびその他の土壌や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、土壌や堆積物の理化学性および粘土鉱物組成などの特徴を明らかにしてきた^{11,13-17)}。

本研究では、沖縄本島の中、南部に分布する泥（灰）岩層の上部に直接第4紀琉球石灰岩層が堆積し、さらにその上部に赤褐色～暗褐色を呈するいわゆる“島尻マーヅ”が堆積した土壌（層）断面の土壌や堆積物について、それらの理化学性やシルトおよび粘土部分の鉱物組成などの特徴を調べ、類似する堆積層序の土壌や堆積物などの特徴とも比較した。そして、両断面中の琉球石灰岩層直下の灰白色および茶褐色の際だつ両土層の堆積物について、それらの理化学性や鉱物組成の特徴を明らかにすると共に、両土色に影響を及ぼす要因についても考察を行った。

土壌（層）断面の特徴

沖縄本島南部の知念村安座間（O-35）および中部の宜野湾市普天間（O-38）の両土壌（層）断面の特徴について調べた。それらの堆積層序および堆積物の土色や反応などの特徴については、柱状図（Fig. 1）および土壌（層）断面の記載（Table 1）にそれぞれ示した。断面中の土層区分は、土色や土層の構造などの肉眼的特徴に基づいて、これまでと同様に行った。

知念村安座間の断面では、暗灰色～黄灰色を呈する泥灰岩層（O-35-3～-5）の上部に厚さ約18m程の粉状～粒状の末団結琉球石灰岩層が堆積した。その粒状堆積物は希塩酸溶液で著しく発泡した。石灰岩層直下と泥灰岩層上部との間には厚さ約20cmの灰白色の際立つ土層（O-35-2）が観察された。また泥灰岩層中の深さ約21.8mには厚さ1cm程の鉄盤層の集積も観察された。石灰岩層上部の表層には厚さ35cm程の褐色～暗褐色のいわゆる“島尻マーヅ”（O-35-1）が堆積し、主としてスキの植生が見られた。

他方、宜野湾市普天間の断面では、暗灰色～黄灰色

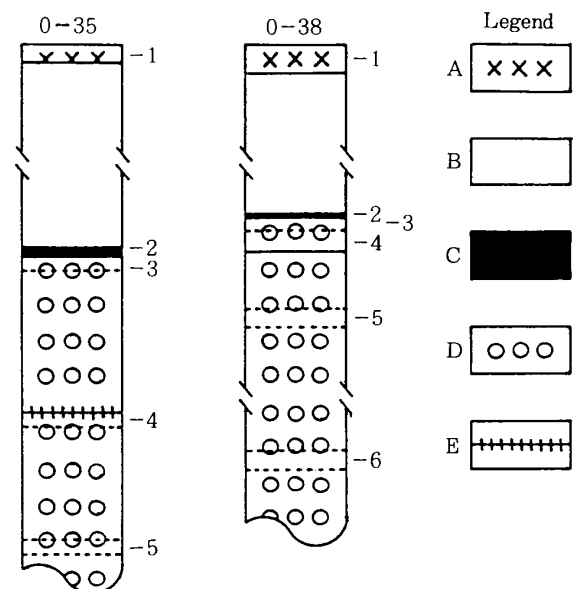


Fig. 1 Columnar sections both Azama (O-35) and Futenma (O-38) sediment profiles
Legend: A=reddish brown soil, B=Ryukyu limestone, C=unique sediment in soil color, D=marl, E=iron pan

を呈する泥灰岩層（O-38-4～-6）の上部に厚さ約5m程の固結したいわゆる琉球石灰岩層が堆積し、先の安座間の石灰岩層の状態とは異なった。石灰岩層直下には水平に4cm程度の間隙が形成され、それと泥灰岩層上部との間には厚さ約20cmの黄褐色の土層（O-38-3）が堆積した。その土層は土色の漸移状態から、その上層の潮移層の特徴が認められた。そして、その表層部には厚さ3cm程の茶褐色の際立つ土層（O-38-2）が観察された。また、安座間の石灰岩層上部と同様に最表層には厚さ30cm程の赤褐色のいわゆる“島尻マーヅ”（O-38-1）が堆積し、主としてギンネムやススキの植生が見られた。

Table 1. A brief description of samples and their chemical properties both Azama (O-35) and Futenma (O-38) profiles

Sample No.	Depth (m)	Soil color	pH		Carbon(%)*		CaCO ₃ (%)*
			H ₂ O	KCl	Org.	Inorg.	
O-35-1	0.0-0.35	Brown Dark brown 10YR4 3	6.87	5.96	1.71	0.07	0.55
〃-2	18.3-18.5	Pale olive 5Y6 3	8.50	7.74	1.28	2.19	18.22
〃-3	18.5-18.8	Dark gray 5Y4 1	7.90	7.48	0.65	1.69	14.05
〃-4	21.8-22.1	〃	7.99	7.52	0.81	1.90	15.84
〃-5	24.5-24.8	Olive gray 5Y4 2	8.03	7.63	1.50	2.17	18.05
O-38-1	0.0-0.3	Reddish brown 5YR4 4	7.39	6.81	0.54	0.39	3.25
〃-2	5.3-5.33	Light olive brown 2.5Y5 6	8.17	7.38	0.76	0.30	2.53
〃-3	5.33-5.5	Light yellowish brown 2.5Y6 4	8.55	7.37	1.80	3.12	25.60
〃-4	5.5-5.7	Olive 5Y5 3	8.32	7.29	0.39	0.81	6.74
〃-5	6.3-6.5	Gray 5Y5 1	7.97	7.70	0.64	1.11	9.48
〃-6	10.3-10.5	〃	7.87	7.45	0.49	1.24	10.33

* On the oven-dry basis of the material

供試試料および分析方法

表層の土壤試料だけはいずれも深さ20cmまでを採取し、その他の各試料はいずれも各土層のほぼ中央付近から採取した。全ての試料は粒径2mm以下の風乾細土に調整して用いた。

土色は、マンセル土色帳により半湿状態で判定した。pH³⁾は、試料と溶液の比が1:2.5の条件で攪拌しながらpH計により測定した。有機および無機炭素含量⁴⁾は、小坂・本田・井積法の湿式燃焼重量分析法を用い、風乾細土（粒径0.25mm以下）から発生する炭酸ガスをアスカライトに吸収させて求めた。炭酸カルシウム含量は、無機炭素量に8.3339を乗じて算出した。

粒径組成³⁾は、過酸化水素水で有機物除去した後、篩別法と沈定法の繰り返しで各々の重量%を求め、土性も国際法により求めた。交換性塩基含量は、著者らの方法¹⁸⁾を用い、風乾細土（粒径0.25mm以下）の80%メタノール液浸出可溶性塩類（Ca, Mg, K, Na）と80%メタノール中1規定塩化ストロンチウム（PH8.2）溶液浸出の交換性塩基類（Ca, Mg, K, Na）とを測定して含量で示し、CECも同様に、90%アセトン液で過剰塩除去後の1規定塩化ナトリウム溶液浸出のSrを測定して示した。溶液中の元素類（Ca, Mg, K, Na, Sr）は、いずれも原子吸光法で測定した。りん酸吸収係数³⁾は、24時間後の濾液の一部をモリブデン黄法で比色定量して示した。

粘土鉱物組成は、和田の方法²³⁾により、脱鉄処理後の粘土部分を定方位X線回析法で、また、1次鉱物組成は、シルト部分をそのまま乱方位X線回析法で²⁾で各々同定した。そして、各鉱物の回析線の強度や面積により、各鉱物の優勢度を推定して不等号で示した。

結 果

1. 知念村安座間（O-35）の土壤（層）断面

1) 理化学性

褐色～暗褐色の最上層の“島尻マーヅ”（1層）は、中性に近い微酸性の反応および約3%の有機物含量を示した（Table 1）。そして、粘土含量が約43%の軽植土の特徴の他に、りん酸吸収係数が1150

Table 2. Physical and chemical properties of soils and sediments both Azama (O-35) and Futenma (O-38) profiles

Sample No.	Particle-size distri. (%)*				Texture	CEC (me/100g)	Exchangeable base				Base satu. (%)	P ₂ O ₅ ab. coef. (mg/100g)
	Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay			Ca	Mg (me/100g)	K	Na		
O-35-1	0.20	34.02	22.47	43.31	LiC	28.44	13.48	2.88	0.09	0.65	60.13	1148
〃-2	2.36	44.21	34.64	18.79	CL	10.18	7.46	1.51	0.09	0.82	97.05	1529
〃-3	6.52	14.46	52.87	26.15	SiC	23.84	9.69	4.83	0.45	0.53	65.02	1716
〃-4	8.25	23.46	50.45	17.83	SiCL	23.35	9.11	5.20	0.51	0.38	65.96	1738
〃-5	19.68	17.00	31.29	32.03	LiC	17.19	7.57	4.95	0.51	0.46	78.48	1632
O-38-1	4.58	30.28	10.99	54.15	HC	26.27	11.00	1.78	0.06	0.13	49.37	1260
〃-2	0.72	19.54	45.40	34.33	SiC	42.99	22.64	2.88	0.04	5.81	72.97	2175
〃-3	5.30	9.48	69.62	15.60	SiCL	16.98	12.17	1.48	0.01	2.26	93.76	1808
〃-4	1.61	26.80	50.36	21.22	〃	25.17	17.51	2.51	0.05	2.65	90.27	2124
〃-5	0.19	15.31	61.91	22.59	〃	16.85	7.19	3.82	0.50	0.61	71.93	1102
〃-6	0.32	37.60	46.28	15.79	〃	21.59	10.39	3.00	0.57	0.49	66.93	1277

*On the oven-dry basis of the material.

mg/100g、CECが28.4me/100g、交換性Ca含量が13.5me/100gのそれぞれの値を示した (Table 2)。

琉球石灰岩層直下の土層 (2層) は、他の土層に比べて灰白色の土色が際立ち、pHがアルカリ性で、無機炭素量から算出した炭酸カルシウム含量が18%でいずれも土層断面中で最も高い特徴を示した (Table 1)。また、粘土含量が約19%の埴土の特徴の他に、CECが10.2me/100g、交換性のCa、Mg、Kの各量がそれぞれ7.5、1.5、0.1me/100gでいずれも土層断面中で最も低い特徴を示したが、逆に塩基飽和度は、土層断面中で最も高い97%の特徴を示した (Table 2)。りん酸吸収係数が1530mg/100gの値を示し (Table 2)、灰白色土層の理化学性の特徴は、最上層の“島尻マージ”の理化学性の特徴とは著しく異なった。

他方の泥灰岩層の灰色堆積物 (3、4、5層) 間では、pHが7.9~8.0のアルカリ性でいずれも近似した (Table 1)。そして、3層と4層では土性がシルト質埴土とシルト質埴壤土を示して異なったが (Table 2)、両層間の無機炭素含量は約1.8% (Table 1)、CECは約23.6me/100g、交換性のCa、Mg、K、Naの含量はそれぞれ約9.4、5.0、0.5、0.5me/100g、りん酸吸収係数は1730mg/100gの値を示していずれも近似した (Table 2)。しかし、3、4層の両層の理化学性に比較して、5層のそれにはかなり異なる特徴が認められ、土性は粗砂の多い軽埴土 (Table 2)、無機炭素含量は2.2%で高い (Table 1)、CECは17.2me/100g、交換性Ca含量は7.6me/100g、りん酸吸収係数は1630mg/100gのいずれも低い値をそれぞれ示した (Table 2)。

2) 粘土および1次鉱物組成

最上層の“島尻マージ” (1層) の粘土部分 (Fig. 2、A) では、Mg飽和、風乾試料の14 Å付近の回折線は、グリセロール処理でその一部が18 Å付近に移行したことより、その回折線の一部はスメクタイトによるとみなした。そして、その14 Å付近の回折線の一部は、K飽和、風乾試料の10 Å付近の回折線と7 Å付近の回折線との強度比が、Mg飽和、風乾試料での両強度比に比較して約2.7倍程大きいことより、パーミキュライトによるとみなした。またMg飽和、風乾試料の14 Å付近の回折線の一部は、K飽和、風乾試料および105~550℃加熱処理後、徐々に10 Å付近に収縮して低角側にゆるやかに傾斜し、10 Å付近の回折線への移行が不完全であることより、パーミキュライトークライト中間種鉱物によるとみなした。さらに、MgおよびKの両飽和、風乾試料の14 Å付近の回折線はいずれも明瞭で、その回折線はK飽和、550℃加熱処理後も存在し、2次や3次の回折線が明瞭でなく4次に相当する3.6 Å付近の回折線が明瞭であることより、Al-クォーライトによるとみなした。他方、Mg飽和、風乾試料の10 Å付近の回折

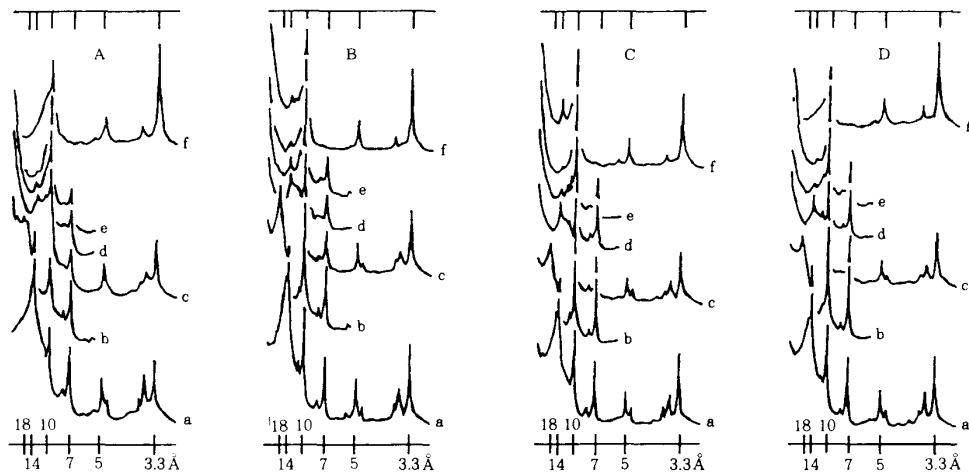


Fig. 2 Oriented X-ray diffractograms of deferrated Azama clay fraction

Sample : A=O-35-1, B=O-35-2, C=O-35-3, D=O-35-5

Treatment : a=air-dried Mg-clay, b=saturated Mg-clay with glycerol, c=air-dried K-clay, d=heated K-clay to 105°C, e=heated K-clay to 300°C, f=heated K-clay to 550°C,

線は、同一試料のグリセロール処理後も11 Å付近に移行せず、さらにK飽和、風乾試料およびその加熱試料でもそのまま残存することよりイライトによるとみなした。また、Mg飽和、風乾試料の7 Åおよび3.5 Å付近の両回折線は、K飽和、風乾試料ではそのまま残存してK飽和、550°C加熱処理後にいずれも消失すること、およびハロイサイト（7 Å）の回折線の数値より小さいことよりカオリナイトによるとみなした。そして、各回折線の強度から、ほぼ同量ずつのイライト、パーミキュライト、スメクタイトがいずれもパーミキュライトークロライト中間種鉱物やカオリナイトより優勢で、これらの他にAl-クロライトが随伴することを推定した（Table 3）。

他の試料のX線回折図についてもそれと同様にして調べ、土壌や堆積物中の粘土鉱物組成を同定し、各鉱物種の回折線の強度からそれらの優勢度も推定して、それぞれTable 3にまとめて示した。

琉球石灰岩層直下の堆積物（2層）では、そのX線回折図（Fig. 2、B）の特徴は、最上層のX線回折図（Fig. 2、A）の特徴にほぼ類似した。しかし、その回折図では、パーミキュライトークロライト中間種鉱物の存在を示唆する回折線の特徴が認められないことから、ほぼ同量ずつのイライト、スメクタイトが、いずれも随伴するほぼ同量ずつのパーミキュライト、パーミキュライトークロライト中間種鉱物、カオリナイトより優勢であることを推定した（Table 3）。

他の泥灰岩層の3層（Fig. 4、C）と4層の両X線回折図の特徴はいずれも類似し、そして、その上層（2層）の回折図の特徴にもほとんど類似することから、先と同様の鉱物組成を推定した（Table 3）。しかし、最下層の泥灰岩層（5層）では、そのX線

Table 3. Summary of mineralogical analysis in the clay and silt fractions both Azama (O-35) and Futenma (O-38) profiles

Sample No.	Mineral Constituent	
	Clay	Silt
O-35-1	It,Vt,Sm>Vt-Ch,Kt>Ch	Qz>>>Fd,Cb
〃-2	It,Sm>Vt,Ch,Kt	Qz>>Ca>Fd,Cb
〃-3	〃	Qz>Fd>Cb
〃-4	〃	〃
〃-5	It>Sm>Vt,Ch,Kt>Vt-Ch	Qz>>>Fd>Ca,Cb
O-38-1	It,Vt-Ch,Ch,Kt	Qz>Fd
〃-2	It,Sm,Vt>Ch, Kt	Qz>>
〃-3	〃	Ca>Qz
〃-4	〃	Qz>>>Fd,Ca>Cb
〃-5	It>Sm>Vt, Ch, Kt	〃
〃-6	〃	〃

* Abbreviations: Ca=calcite, Cb=cristobalite, Ch=chlorite, Fd=feldspar, It=illite, Kt=kaolinite, Qz=quartz, Sm=smectite, Vt=vermiculite, Vt-Ch=vermiculite-chlorite intergrade

回折図 (Fig. 2, D) の特徴は、Mg飽和、グリセロール処理後の10 Å付近の回折線が比較的にかなり強いことを除けば、最上層のX線回折図 (Fig. 2, A) の特徴によく類似することから、イライトが最も優勢で、次ぎにスメクタイトが優勢で、その次にほぼ同量ずつのパーミキュライト、クロライト、カオリナイト、パーミキュライト-クロライト中間種鉱物がそれぞれ随伴することを推定した (Table 3)。

シルト部分のX線回折図 (Fig. 3) では、先に同定した層状珪酸塩鉱物の主要回折線 (14 Å、10 Å、7 Åの各付近) がいずれの試料でも低角側に認められ、粒径分別の際における粘土部分の混入が示唆された。いずれの試料でも石英 (4.26 Åと3.34 Å) による回折線が最も強く、その他に長石 (3.20 Å) やクリストバル石 (4.04 Å) のかなり弱い回折線も伴った。泥灰岩層の3層と4層の石英による回折線は、土層断面中の他の土層に比較して、いずれもその含有量がかなり低いことを示唆した (Fig. 3, C)。なお、3層と4層のX線回折図の特徴は類似したので、3層目のそれを代表で示した。また、これらの3鉱物種に随伴して、琉球石灰岩層直下の2層目 (Fig. 3, B) および最下層 (Fig. 3, D) の泥灰岩層では、いずれも方解石 (3.04 Å) の明瞭な回折線も認められた。

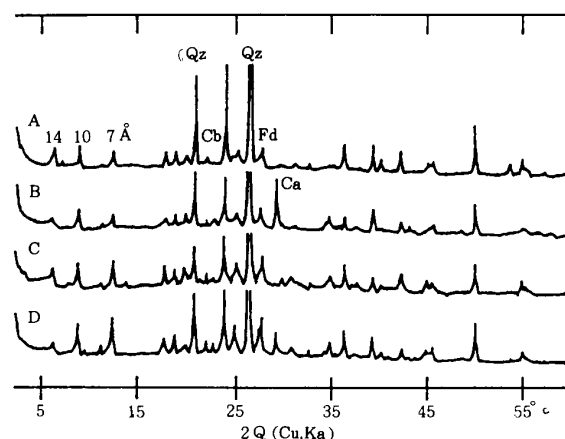


Fig. 3 Random oriented X-ray diffractograms of Azama silt fraction

Sample: A=O-35-1, B=O-35-2, C=O-35-3, D=O-35-5

For Abbreviations see Table 3.

2. 宜野湾市普天間 (O-38) 土壌 (層) 断面

1) 理化学性

赤褐色の最上層の“島尻マージ” (1層) は、先の安座間土層断面の“島尻マージ” (O-35-1) に比較して、赤色の度合いがやや強く、pHがやや高い弱アルカリ性、有機物含量が3分の1程度の約0.9%を示した (Table 1)。そして、重植土で粘土含量が約10%程、りん酸吸収係数が約110mg/100g程それぞれ高く、CECや交換性Caおよび交換性Mg含量が約2me/100gおよび1me/100g程いずれも低い特徴を示した (Table 2)。

琉球石灰岩層直下の土層 (2層) は、断面中で厚さ3cm程の茶褐色の土色が際だち、安座間土層断面では同様の土層は観察されなかった。この特異的な土層は、pHがアルカリ性で、有機物含量が約1.3%と断面中ではその下層 (3層) の次に高く、炭酸カルシウム含量が約3%と断面中で最も低く、むしろ最上層の“島尻マージ”の炭酸カルシウム含量に近似した (Table 1)。また、琉球石灰岩層下の土層では粘土含量が最も多いシルト質植土の特徴の他、CECが著しく高い約43me/100g、交換性CaとMg含量がそれぞれ約23me/100gと約3me/100g、およびりん酸吸収係数が約2180mg/100gでいずれも高い特徴をそれぞれ示した (Table 2)。特にこの土層では、交換性Na含量は著しく高い約6me/100gを示し、同一土層の交換性Mg含量に比較しても約2倍多く、また、その下層 (3層) および安座間土層断面の琉球石灰岩層直下の土層 (2層) の両交換性Na含量に比較しても約2倍以上および約7倍以上多く、他の土層とは著しく異なる特徴が認められた (Table 2)。

その特異的な土層直下の堆積物 (3層) は、土色がその上層 (2層) の漸移層的な黄褐色を呈し、pHが8.6のアルカリ性、有機物含量が約3%、炭酸カルシウム含量が約26%といずれも断面中で最も高い特徴を示した (Table 1)。また、シルト含量が約70%と断面中で最も多いシルト質植土の特徴の他、

CECが約17me/100g、りん酸吸収係数が約1800mg/100g、および交換性塩基類の各含量がその上層のそれぞれ約2分の1程度の含量の特徴をそれぞれ示した (Table 2)。

他方の泥灰岩層の暗灰色～黄灰色堆積物 (4、5、6層) では、安座間土層断面の泥灰岩層堆積物 (3、4、5層) に比較して、pHは8.3～7.9のアルカリ性でかなり近似したが、炭酸カルシウム含量は最下層程若干高い約2分の1程度の7～10%の値を示した (Table 1)。そして、土性は安座間土層断面の4層目の泥灰岩層堆積物に類似して、いずれもシルト質埴土の特徴を示した (Table 1)。その他、CECは約17～25me/100gの範囲で、安座間土層断面の泥灰岩層堆積物 (3、4、5層) 間のその範囲にほぼ近似した (Table 2)。同様に比較して、5層と6層の両泥灰岩層の各交換性塩基類含量の範囲もそれぞれほぼ近似したが、両層のりん酸吸収係数は約1100～1280mg/100gでかなり低い値を示した。また4層目の泥灰岩層の交換性CaとNa含量はそれぞれ約18me/100gと約3me/100g、りん酸吸収係数は約2120mg/100gでいずれもかなり高く、交換性K含量は0.1me/100g以下のかなり低い特徴を示した (Table 2)。

2) 粘土および1次鉱物組成

最上層の“烏尻マージ” (1層) の粘土部分 (Fig. 4, A) では、先の安座間土層断面の“烏尻マージ” (O-35-1) の粘土部分 (Fig. 2, A) に比較して、粘土鉱物組成は著しく異なる特徴を示した。すなわち、Mg飽和、風乾試料の14 Å付近の回折線は、グリセロール処理後も18 Å付近への移行が認められず、また、K飽和、風乾試料の10 Å付近と7 Å付近の両回折線の強度比は、Mg飽和、風乾試料での両強度比に比較してほとんど変化が認められず、それぞれスメクタイトやパーミキュライトの存在を示す特徴は認められなかった。その両鉱物種以外の他の鉱物種の回折線の特徴は、安座間土層断面の最上層 (O-35-1) の粘土部分に認められた鉱物種の回折線の特徴に類似して、それぞれイライト、パーミュライト・クロライト中間種鉱物、Al-クロライト、およびカオリナイトによるとみなした。そして、粘土鉱物種の各回折線の強度はほぼ同じ程度の強度を示し、各鉱物種の含量がほぼ同じであることを推定した (Table 3)。

琉球石灰岩層直下の特異的な土層の堆積物 (2層) では、その粘土部分のX線回折図 (Fig. 4, B) の特徴は、安座間土層断面の琉球石灰岩層直下の2層目のX線回折図 (Fig. 2, B) の特徴にかなり類似

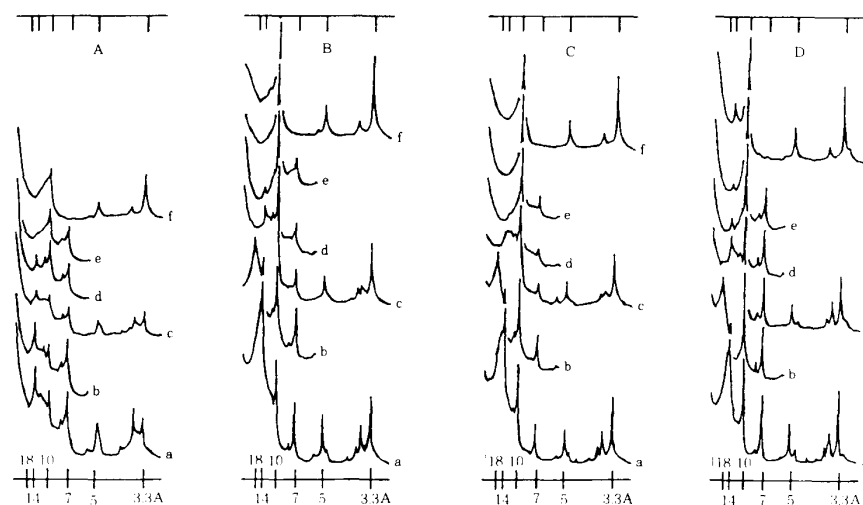


Fig. 4 Oriented X-ray diffactograms of deferrated Futenna clay fraction
Sample : A=O-38-1, B=O-38-2, C=O-38-3, D=O-38-6
Treatment : a～f=see Fig.2.

することが認められ、ほぼ同量づつのイライト、スメクタイトおよびパーミキュライトがいずれもAl-クロライトやカオリナイトより優勢であることを推定し、その傾向は下層の堆積物3～4層の鉱物組成にも同様に認められた (Table 3)。なおX線回折図の特徴は、2～4層の試料間でいずれも類似したので、4層目のそれを省いてFig. 4にまとめて示した。

他の泥灰岩層の5層と6層のX線回折図の特徴は両試料間でいずれも類似したので、ここでは5層のそれ (Fig. 4, D) を示した。その粘土部分のX線回折図は、K飽和、550℃加熱処理後も明瞭に存在するAl-クロライトの回折線の特徴が認められ、パーミキュライト-クロライト中間種鉱物の回折線の特徴が認められないことを除けば、安座間土層断面の最下層 (5層) のX線回折図 (Fig. 2, D) の特徴にかなり類似することから、イライトが最も優勢で、次にスメクタイト、その次にほぼ同量づつのパーミキュライト、Al-クロライトおよびカオリナイトが随伴することを推定した (Table 3)。

シルト部分のX線回折図 (Fig. 5) では、先の安座間土層断面のシルト部分 (Fig. 3) と同様に、層状珪酸塩鉱物の主要回折線 (14 Å、10 Å、7 Åの各付近) がいずれの試料でも低角度側に認められ、ここでも粒径分別における粘土部分の混入が示唆された。最上層の“島尻マージ” (Fig. 5, A) では、同一断面中で最も弱い石英 (4.26 Åと3.34 Å) とかなり弱い長石 (3.20 Å) の回折線が認められ、安座間土層断面の“島尻マージ”の一次鉱物組成とはかなり異なった。また、琉球石灰岩層直下の特異的な土層 (Fig. 5, B) では、ほとんど石英 (4.26 Åと3.34 Å) だけの回折線が認められ、そして、その下層 (Fig. 5, C) では、方解石 (3.87 Å、3.04 Å、2.50 Å、2.29 Å、2.10 Å、1.91 Å、および1.88 Å) の回折線が著しく強くて、それに付随した石英の回折線より優勢で、安座間土層断面の琉球石灰岩層直下の試料 (Fig. 2, B) の特徴に比較しても著しく異なることが認められた。なお、4層～6層のX線回折図の特徴は類似したので、4層 (Fig. 5, D) のそれを代表で示した。その試料 (4層) では、石英 (4.26 Åと3.34 Å) による回折線が最も強く、その他に長石 (3.20 Å) や方解石 (3.04 Å) のかなり弱い回折線とクリストバル石 (4.04 Å) の極く弱い回折線が付随し、これらの特徴は安座間土層断面の最下層 (5層) の一次鉱物組成にかなり類似することが認められた。

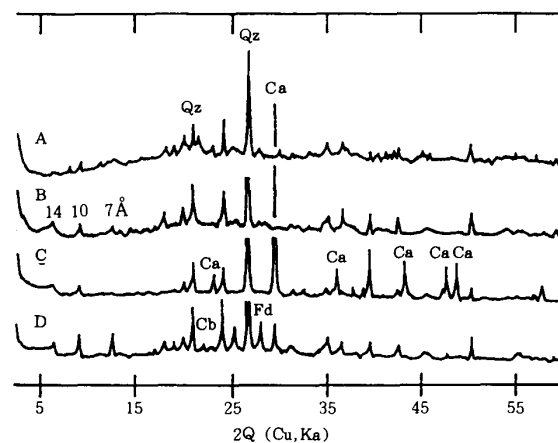


Fig. 5 Random oriented X-ray diffractograms of Futenma silt fraction
Sample: A=O-35-1, B=O-35-2, C=O-35-3, D=O-35-4
For Abbreviations see Table 3.

考 察

安座間 (O-35-1) および普天間 (O-38-1) の両土層断面 (Fig. 1) の最上層では、赤褐色～暗褐色の中性～弱アルカリ性を呈する、いわゆる“島尻マージ”の堆積物が第4紀琉球石灰岩層上部に観察された。先に述べたように、最上層の両堆積物の理化学的性や鉱物組成の特徴 (Table 1、2、3) は、両断面間ではかなり異なった。しかし、両堆積物の理化学的性の特徴 (Table 1、2) は、著者ら^{13,17)}および既往^{1,5,7,8)}のいわゆる“島尻マージ”の理化学的性の特徴に概ね類似することを示している。粘土やシルト部分の鉱物組成 (Table 3) の特徴も、普天間の堆積物では著者ら、^{13,17)}および既往^{5,7,8)}のいわゆる“島尻マージ”の鉱物組成の特徴に概ね類似することを示している。

しかし、安座間の堆積物では、2:1型珪酸塩鉱物や中間種鉱物の他にスメクタイトが優勢で、これ

らの鉱物組成の特徴は、著者ら^{13,17} および既往^{7,8}のいわゆる“島尻マーヅ”の鉱物組成の特徴にはほとんど認められていない。沖縄本島では、スメクタイトが“ジャーガル”やその母材の泥灰岩中の主要粘土鉱物であることはよく知られている^{9,10,11,17}。そして、“島尻マーヅ”の分布する地域では、その第3紀泥灰岩層を客土資材として混合利用していることが多い¹⁸。また、第4紀後半に形成された琉球列島の琉球石灰岩段丘は、「うま変動」と呼ばれる地殻変動や海面変動によって、様々の高度に変位させられていることもよく知られている¹⁹。最近、低位段丘面を形成する琉球石灰岩層間に埋没した褐色土について調べ、その粘土部分にスメクタイトが存在することより、いわゆる“島尻マーヅ”の母材の一部として泥灰岩の混入が推察されている¹⁹。これらのことから、安座間の最上層に堆積する“島尻マーヅ”中の鉱物組成の特徴、特にスメクタイトは泥灰岩の混入によることが考えられる。

固結状態の異なる琉球石灰岩層直下の堆積物の理化学性や鉱物組成の特徴も、両断面間ではかなり異なった。安座間の粉状～粒状の未固結琉球石灰岩層直下では、灰白色の際だつ土層（O-35-2）が認められた（Fig. 1）。そのような土色の土層は、それより前に著者ら¹⁷の別の土層（西原町棚原と佐敷町新里）にも観察されている。既往¹⁷の両堆積物の特徴に比較して、安座間では、pHが若干高く土性が異なり、有機態炭素含量が約10倍程高く炭酸カルシウム含量もかなり高く、CECが約半分程度で交換性塩基類の含量も約半分以下、およばりん酸吸収係数が約中間程の値をそれぞれ示した（Table 1、2）。また、粘土やシルト部分の鉱物組成は、既往¹⁷の両堆積物の特徴と同様にイライト、スメクタイトおよびパーミキュライトや石英が優勢であることを示した（Table 3）。これらの理化学性における差異や鉱物組成における類似性、および既往¹⁷の土層でも灰白色土層の厚さはせいぜい20～30cm程度で相対的に薄いことなどから、琉球石灰岩層がその下の泥灰岩層の灰白色土層の生成に影響を及ぼす一要因であると考えられる。

他方の普天間の固結琉球石灰岩層直下では、約4 cm程の水平な隙間と厚さ約3 cm程の茶褐色の際だつ土層（O-38-2）および約15 cmの黄褐色の漸移層（O-38-3）が認められた（Fig. 1）。両土層のような土色は、これまでに著者らが調査した堆積様式¹¹⁻¹⁷の土層断面には一度も観察されていない特徴である。それらの土色は、いわゆる“島尻マーヅ”の土色に類似して、泥灰岩層が褐色を呈する可能性も有り得ることを示唆しており、非常に興味深い。その琉球石灰岩層直下の土層（2層）では、その漸移層（3層）に比較して、粘土含量、CEC、交換性塩基類の各含量がいずれも約2倍程多い傾向を示した（Table 2）。そして、交換性Na含量が高いことから、琉球石灰岩層と土層の隙間に入り、あるいは生息する小動物類の糞尿による交換性塩基類への影響が考えられる。また、漸移層（3層）では、pHや炭酸カルシウム含量のいずれも土層断面中では最も高いこと（Table 1）、および方解石の含量が石英含量に優ること（Fig. 5、C）などから、琉球石灰岩層の構成成分である炭酸塩の影響を最も強く受けていると考えられる。一方、粘土部分の鉱物組成は、いずれも類似してイライト、スメクタイトおよびパーミキュライトが優勢であることを示し（Table 3）、既往^{6-8,11-17}の泥灰岩層の特徴に類似することが認められた。しかし、両堆積のシルト部分の鉱物組成は、既往^{6,7,11-17}の泥灰岩層の特徴に比較して著しく異なる。すなわち、2層では石英の他にたいてい共存している他の一次鉱物類が付随しないこと、また、3層ではほとんど石英に付随していた方解石が石英より優勢であることをそれぞれ示した（Table 3）。これらのことから、不透水層の泥灰岩層に接する琉球石灰岩層下部が水によって溶出され、その結果隙間が形成されて小動物類の生息との関わりが生じ、溶出成分と小動物類の糞尿が、茶褐色～黄褐色を呈する泥灰岩層の土層の生成に影響を及ぼす要因であると考えられる。

安座間（O-35-3、-4、-5）および普天間（O-38-4、-5、-6）の両泥灰岩層（Fig. 1）の各堆積物は、いわゆる暗灰色～黄灰色の弱アルカリ～アルカリ性を呈し、先に述べたように、それらの理化学性や鉱物組成の特徴（Table 1、2、3）は、同一土層間および両断面間ではかなり異なった。しかし、両堆積物の理化学性の特徴（Table 1、2）は、普天間（O-38-4）の堆積物の高い交換性Na含量だけを除けば、著者ら¹¹⁻¹⁷および既往^{7,8}のいわゆる“ジャーガル”の母材の泥灰岩層の理化学性の特徴に概ね類

似することを示している。普天間 (O-38-4) の堆積物に交換性Na含量が高いのは、その上層で先に推察したのと同様に、小動物類の糞尿による交換性塩基類への影響が及んでいると考えられる。理化学性と同様に鉱物組成も、普天間 (O-38-3) 堆積物の石英より方解石が優勢であることを除けば、既往^{7,8,11-17)}のそれに概ね類似して、粘土部分ではイライト、スメクタイトが優勢で、他にパーミキュライト、クロライト、カオリナイトが随伴し、また、シルト部分では石英が優勢で、他に長石、方解石、クリストバル石が随伴することを示した (Table 3)。普天間 (O-38-3) 堆積物中にみられる優勢な方解石は、琉球石灰岩から溶出した炭酸カルシウムが影響を及ぼして、特にその深さに濃縮・沈積されていると考えられる。これらの理化学性および鉱物組成についての差異や類似性の特徴などに認められる一定の傾向、および沖縄本島南部の地表に露出する烏尻層群の大部分が新里層や与那原層の泥岩からなること^{20,21)}などから、泥灰岩層の堆積物は、海成堆積物としての泥 (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、一定の傾向を有しながら種々の性質を有する可能性が高いと考えられる。

要 約

沖縄本島南部の安座間 (O-35) および中部の普天間 (O-38) 両地点から、泥灰岩層の上部に琉球石灰岩層と“烏尻マージ”が堆積した層序の土壌 (層) 断面を選定し、土壌や堆積物の理化学性および鉱物組成などの特徴を調べた。

最上層の土壌の理化学性の特徴は両断面間でかなり異なったが、いずれも“烏尻マージ”の理化学性の特徴には概ね類似した。また、粘土およびシルト部分の鉱物組成の特徴は、普天間では“烏尻マージ”の特徴に類似したが、安座間ではイライトやパーミキュライトに加えてスメクタイトが優勢で異なり、烏尻層群の泥 (灰) 岩が混入したことを推察した。

安座間の粉状～粒状の未固結琉球石灰岩層直下では、灰白色土層が認められた。他の類似する土層の特徴に比較して、その土層はpHや有機および無機炭素含量がかなり高く、CECや交換性塩基類の含量がいずれも約半分以下の特徴を示した。また、粘土やシルト部分の鉱物組成は、イライト、スメクタイトおよびパーミキュライトや石英が優勢の類似性が認められ、上部の琉球石灰岩層が泥灰岩の灰白色土層の生成に影響を及ぼす要因であることを推察した。

普天間の固結琉球石灰岩層直下では、茶褐色土層とその漸移層の黄褐色土層が認められた。黄褐色土層のシルト部分では石英より方解石が優勢で、両堆積物の理化学性は泥灰岩層の特徴に概ね類似した。粘土部分の鉱物組成も、イライト、スメクタイトおよびパーミキュライトが優勢で泥灰岩層の特徴に類似し、“烏尻マージ”の土色に類似する泥灰岩層風化物が生成する可能性を推察した。

両断面の他の堆積物の理化学性や鉱物組成は、いずれも泥灰岩層堆積物の特徴にかなり類似した。泥灰岩層堆積物は、海成堆積物としての泥 (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、一定の傾向を有しながら種々の性質を有する可能性が高いと考えられる。

引用文献

1. 足立嗣雄、興古田幹也 1981 主要土壌群の生産的特性、 p14～15、沖縄県に分布する特殊土壌の生産的特性、農水省九州農試
2. Brindley, G.W. and Brown, G. 1980 Crystal structures of clay minerals and X-ray identification, p346～356, Mineralogical Society
3. 土壌標準分析・測定法委員会編 1986 土壌標準分析・測定法、 p14～22、70～71、124～127、博友社

4. 土壤養分測定法委員会編 1970 土壤養分分析法、 p127～135、養賢堂
5. 浜崎忠雄 1979 南西諸島の母材と土壤、ペドロジスト、 23：43～57
6. 川崎 弘、銘苺敏夫 1978 沖縄における酸性硫酸塩土壤、九州農試報告、 19：383～404
7. 小林 嵩、品川昭夫 1966 南西諸島の土壤に関する研究（1）琉球列島の土壤について、鹿大農学術報告、 16：11～55
8. 松坂泰明、音羽道三、山田 裕、浜崎忠雄 1971 沖縄本島・久米島の土壤の分類について、農技研報告、B 22：305～404
9. 前門 晃 1990 琉球石灰岩の地形学、 p107～117、沖縄の自然—地形と地質、琉球大学公開講座委員会
10. 大城喜信、浜川 謙 1980 よみがえれ土—沖縄の土壤とその改良—、 p98～105、新報出版
11. 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壤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
12. 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壤粘土鉱物について、琉大農学術報告、 22：177～190
13. —————、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、西原村千原土壤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
14. —————、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壤（層）断面の粘土鉱物、琉大農学術報告、25：159～170
15. —————、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壤（層）断面の粘土鉱物、琉大農学術報告、 26：69～82
16. —————、仲村 健、 1980 ジャーガルとその母材に関する研究（第6報）沖縄本島、具志川市具志川および名護市為又原土壤（層）断面の理化学性と粘土鉱物、琉大農学術報告、27：27～41
17. —————、田里 明、志茂守孝 1981 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壤（層）断面の理化学性と粘土鉱物、琉大農学術報告、28：57～72
18. —————、志茂守孝 1983 沖縄地方に分布する石灰質土壤の交換性塩基および陽イオン交換容量の測定法、琉大農学術報告、 30：155～166
19. —————、—————、山田隆弘、山田一郎 1991 低～中位段丘面の琉球石灰岩層中に埋没する褐色土の特徴、土肥学会講演要旨集、37：141
20. 氏家 宏 1986 琉球弧の海底—底質と地質—、 p40～44、63～70、新星図書出版
21. —————、1990 島尻層群の地質学、 p119～127、沖縄の自然—地形と地質、琉球大学公開講座委員会
22. 和田光史 1966 粘土鉱物の同定および定量法、上肥誌、 37：9～17