

## 沖縄の畑地土壌の物理性

翁 長 謙 良\* 吉 永 安 俊\*

Physical Properties of Major Okinawan Upland Soils

Kenryo ONAGA and Anshun YOSHINAGA

College of Agriculture, University of the Ryukyus

### I. はじめに

沖縄諸島、先島諸島、大東諸島を包含する琉球列島は、地帯構造上「琉球孤」と呼ばれ、1000kmにも達する島孤である。沖縄島はほぼその中間に位置している。この島孤の列に含まれる島はそれぞれ特徴的な地形、地質を形成しており、そのため土壌や地下水は他県にみられない特殊な分布、賦存形態をもっている。

沖縄県に分布する主な畑地土壌は後述するように灰色土、赤色土、黄色土、暗赤土などと大分類されているが、その分布する地域や土色が反映して、それぞれジャーガル、国頭マージ（赤色土、黄色土）、島尻マージの呼称で親しまれている。

史書にはマージは真地（マージ）と記されており<sup>1)</sup>、我が国の江戸時代の農書にみる真土－生産力の高い土の意（土の真のあるべき姿）－との関連はジャーガルの方が土地生産性が高いので矛盾があり、その呼称の由来は明らかでない。これらの土壌の分布を全耕地面積および県土面積の比率で見るとそれぞれFig. 1, Fig. 2のとおりであり<sup>2)</sup>、国頭マージが沖縄島北部の山岳地帯や、石垣島、西表島に多く分布している。これらの地域は地形急峻なため農地造成が自然的、社会的および経済的に抑制されている。

これらの地帯の林地土壌や山成畑の土壌は古くから風化や残積によって生成されたものでその層位がかく乱されず、また、急激な土地環境の改変がない限り理化学性の変化は極めて緩慢であると考えられる。これに対し改良山成畑工による造成畑土壌はもとの層位や土壌構造が機械施工により破壊され、土層や地形が大きく改変されるので、その理化学性の変化が予想される。

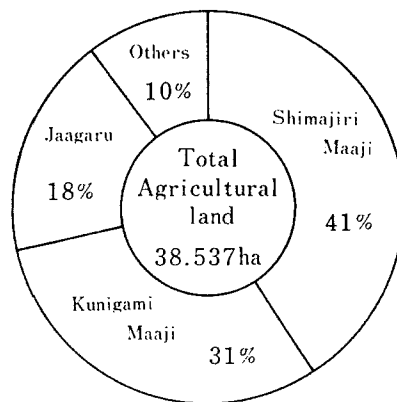


Fig. 1 Distribution of Agricultural land in Okinawa

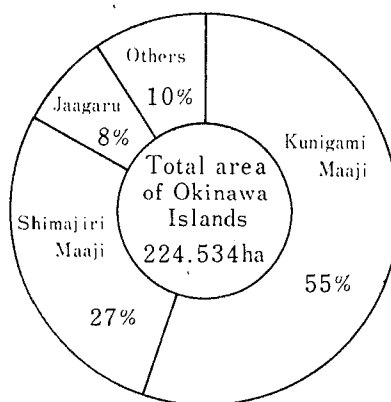


Fig. 2 Area of main Okinawan soil

\* 琉球大学農学部

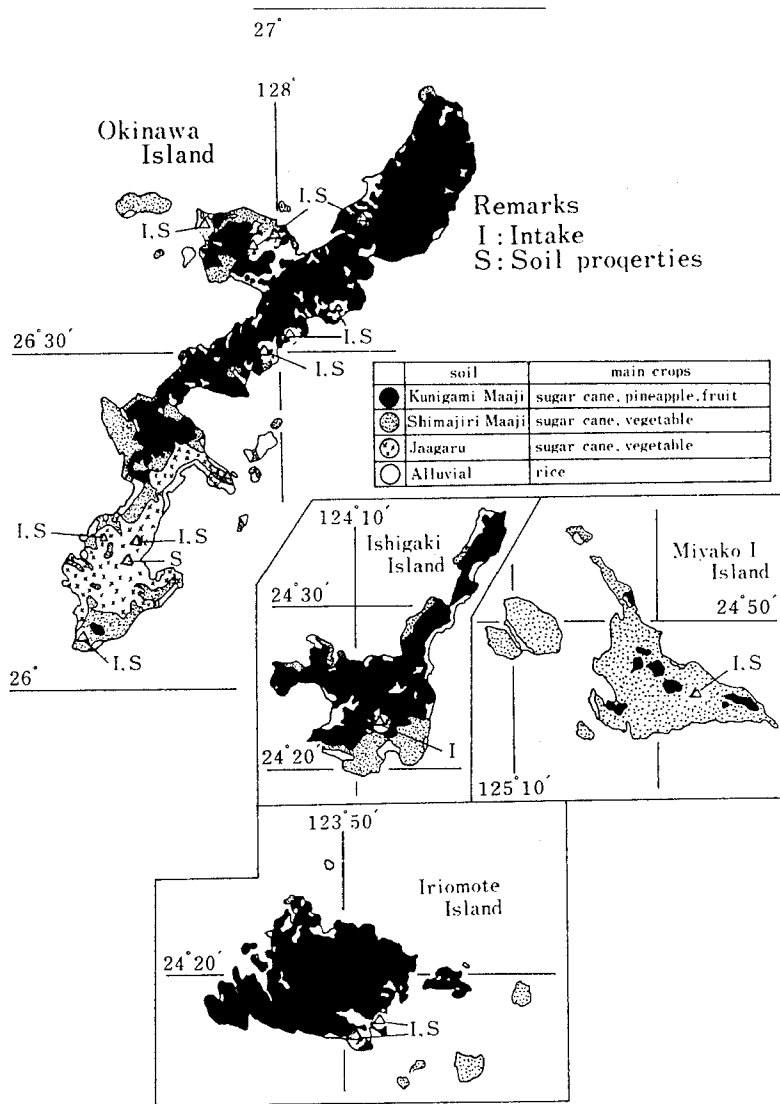


Fig. 3 Soil map and site for investigation

本研究は沖縄の主要土壌の国頭マージ、島尻マージ、ジャーガルについて、その物理性を解明し土壌、土質分類、土壌保全に資するためのものである。Fig. 3は沖縄の土壌図と主な試験地点と土壌サンプリング箇所を示す。

II. 試験方法

Fig. 3に示す調査ヶ所の1~3地点で2個のシリン

ダーによる侵入能試験、その近傍で土層ごとに土壌のサンプリングを行った。サンプラーの供試土を実験室に持ち帰り、以下に示す土壌物理性の測定を行った。測定等にあたっての留意事項および試験方法はつぎのとおりである。

1. 侵入能の試験に際してはシリンダーの打ち込み深さをチェックした。これは土層によっては比較的浅いところに難透水性層が存在するからである。またさとうきび畑については畦間、株間別について行った。

沖縄の畑地土壌の物理性

2. 土層ごとの採土は表層(0~10cm), 中層(10~20cm), 下層(20~30cm)とした。サンプラーの持ち運びにはショックを与えないよう留意した。特に空輪の際は機内持込みを実行した。

3. 耐水性団粒の測定は土壌団粒分析装置により, 分散率はMiddlton法に従った。pF測定は遠心法により行った。透水性は透水性測定装置, 三相分布は実容積測定装置を用いて測定した。浸入能試験における散水インテークは, ポータブル降雨装置(面積50cm×50cm, 高さ160cm)により雨滴を落下させ, シリンダーの壁面に小穴(下端から15cm)を空けシリンダー外で表流水を捕捉できるようにし, 降雨量と表流水により浸透量を算出した。硬度は貫入抵抗試験機を用いて測定した。

### III. 試験結果および考察

#### 1) 比重・粒度

Table 1に各地の畑地土壌の比重を示した。沖縄の三種の土壌の試料は主として筆者ら<sup>3)</sup>によるものであるが, Kの48試料中8個は他の調査事例<sup>4)</sup>によるものである。土の真比重は, 石英, 長石類の真比重に近く, 土の種類によってもあまり大差はないといわれている<sup>5)</sup>が沖縄の畑地土壌は本土のそれよりも若干大きい範囲にある。真比重はFig. 4の(a)<sup>6)</sup>, (b)<sup>7)</sup>に示すように土壌の有機物含量とも関係が深く, また粒子の小さな程真比重が大きいとされており, <sup>5)</sup>沖縄の土壌は微細粒子の含有率が比較的高いので<sup>6)</sup>これらのことが真比重が比較的大きい主な原因と思われる。仮比重は土の固相率, 間隙率など三相分布の状態を推定する目安となることはFig. 5によってもわかる。乾燥密度は普通の土で1.0g/cm<sup>3</sup>前後, よく締まった土では1.5g/cm<sup>3</sup>, 火山灰心土では0.5g/cm<sup>3</sup>程度が事例としてあげられているが<sup>6)</sup>, 沖縄の畑地土壌は一般によく締まった状態を示している。被侵食性の観点から沖縄の土壌は真比重, 仮比重の点からみて浸透性が低くなり, 表流水の増加を招き掃流による土粒子の運搬能を高める結果となっている。

土の粒度組成は土壌の分散性, 運搬性のほかに浸透能に関与する。粒度からみると一般に砂が分散され易く, 粘度が分散されにくい。運搬性はその逆である。また粗砂質の土壌は透水性が高く, 土を移動させるには比較的高速の速い表流水が必要となる。

国頭マージ, ジャーガル, 島尻マージの畑地土壌の粘土含有特性をそれぞれ48, 31, 41個の試料につき調査した結果はFig. 6のとおりである。粘土分が40%以下の試料の頻度は国頭マージ, ジャーガル, 島尻マージでそれぞれ66%, 42%, 20%となっており, このことから国頭マージは粒度組成的にも受食性土壌であることがわかる。

Table 1 Comparison of specific gravity of Soils

Soils Specific gravity	K	S	J	I		F		M	
				A	B	A	B	A	B
2.30 ~ 2.35	—	—	—	—	4	—	—	—	—
2.36 ~ 2.40	—	—	—	4	1	—	—	—	—
2.41 ~ 2.45	—	—	—	8	6	—	—	—	1
2.46 ~ 2.50	—	—	—	9	6	—	1	—	2
2.51 ~ 2.55	1	—	—	6	5	—	2	—	4
2.56 ~ 2.60	—	—	—	6	2	—	2	—	4
2.61 ~ 2.65	9	—	—	1	2	2	—	3	3
2.66 ~ 2.70	11	4	—	1	—	2	1	3	1
2.71 ~ 2.75	16	2	5	1	—	3	—	5	1
2.76 ~ 2.80	19	3	3	—	—	—	—	5	1
2.81 ~ 2.85	5	—	—	—	—	—	—	3	3
2.86 ~ 2.90	—	—	—	—	—	—	—	1	—

K: Kunigami Maaji. S: Shimajiri Maaji. J: Jaagru.

I, F, M: Soils of mainland Japan. Ishikawa, Fukuoka.

Mie prefecture respectively.

A: Reclaimed field. B: Forest.

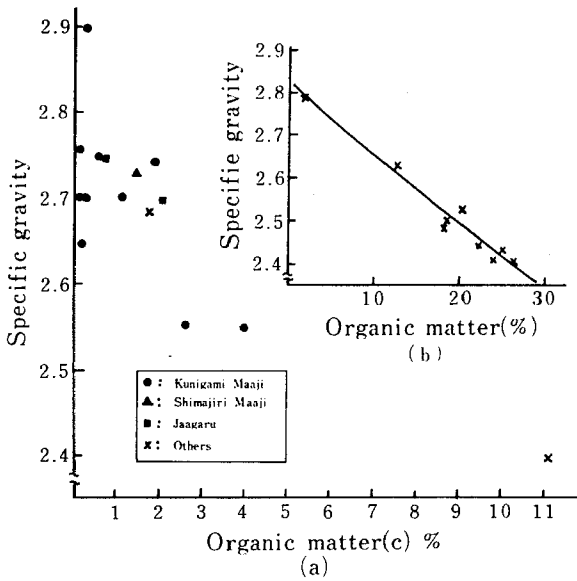


Fig. 4 The relationships between Specific gravity and organic matter contents.

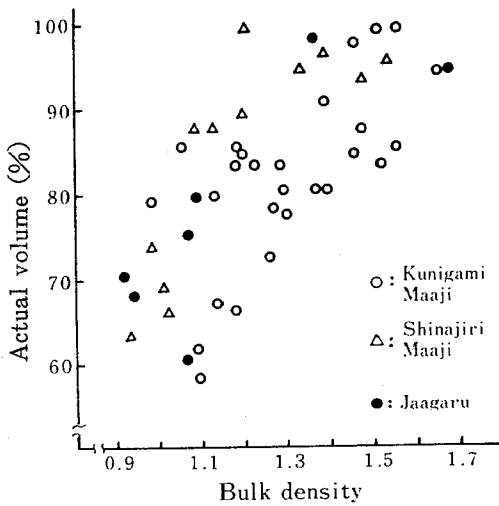


Fig. 5 Bulk density vs. Actual Volume

2) 耐水性団粒・分散率

受食性に関する土壌の物理性要因の一つに川村<sup>9)</sup>は毛管飽和状態での0.25~0.50mmの耐水性集合体の重量と風乾状態におけるそれとの比率(耐水性集合体の風乾率)

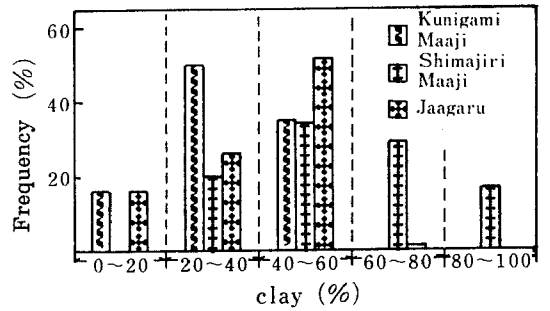


Fig. 6 Frequency of clay content of each percentage

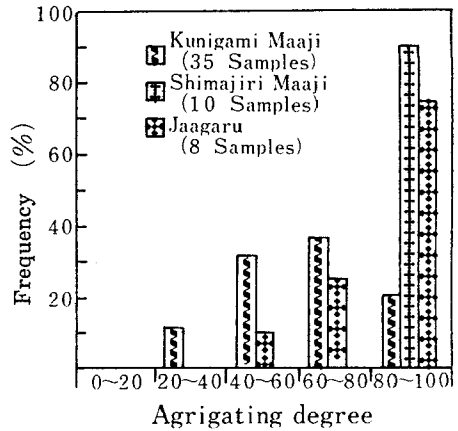


Fig. 7 Frequency of agrigating degree of each Percentage

をあげ、風乾率の小なる程受食性は大きであると指摘している。このことは受食性が土壌の耐水性団粒の含有量に支配されることを意味する。

Fig. 7は団粒分析の結果から団粒化度を土壌別にそれぞれの頻度で示したものである。図によると耐水性団粒は、島尻マージ、ジャガルで多く、国頭マージで少ないことがわかる。

侵食性の指標としての分散率は、基準粒子にMiddletonの0.05mmを用いて求めた。その結果Fig. 8に示す。Middletonはアメリカの土壌について分散率が13.6~66.0を受食性土壌、5.2~15.1を耐食性土壌として分類している。しかしわが国では40以上を受食性、20以下を耐食性土壌としているのでFig. 8はわが国の分類に従ったものである。図をみるとそれぞれの土壌は異なった分

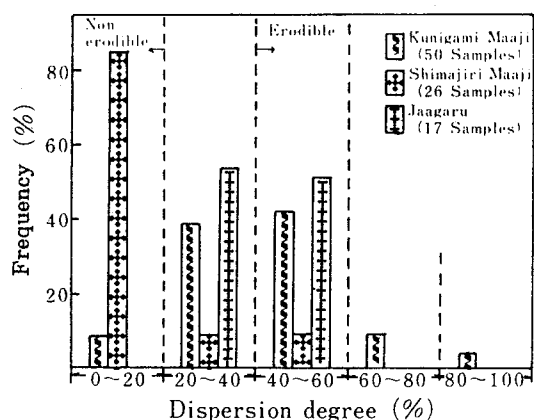


Fig. 8 Frequency of dispersion ratio of each percentage

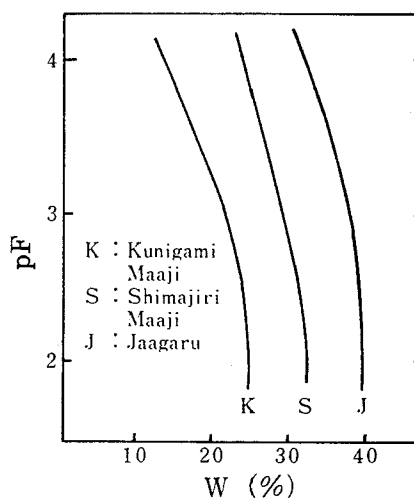


Fig. 10 pF-moisture curve

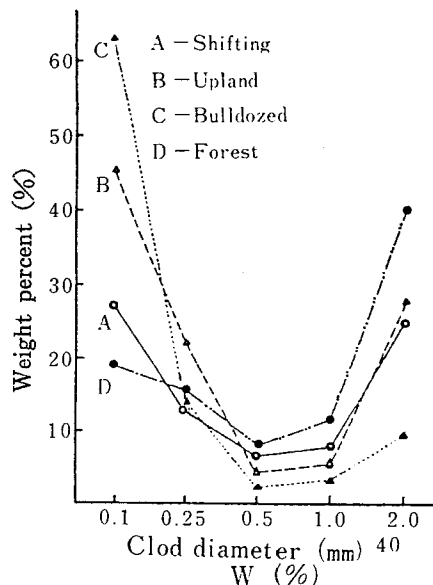


Fig. 9 Size distribution of clods sieved in water of surface soils at upper parts of slopes (Jun. 1980)

散特性を示し、国頭マージに最も分散率の高い土壌が多く、島尻マージでは分散率の低い土壌が多く存在する。このことは、国頭マージは一般に他の土壌に比べ耐水性団粒が少なく、島尻マージは多いことを実証している。

また耐水性団粒が土壌、土層の改変に伴いどのように変化するかを西表島の砂壤土ないし埴壤土でみると、原

植生時 (D区) には表層の耐水生団粒は 2mm より大きい部分が 40% 以上と最も多く、次いで多い 0.1mm 粒径部分の 2 倍以上もあった。しかし、1 年後 (C区) には逆に 0.1mm 未満部分が増え、それにみあうだけ 2mm 以上の部分が減少した。しかもその傾向は Fig. 9 に示すように焼畑改良区、ブル開墾区で顕著であった。<sup>10)</sup>

### 3) 保水性

造成農地の保水性は造成前の林地の心土が露出するので林地の表層土の保水性より低くなり、初期流出が大きくなる。pF2.0 以下の水分量は降雨～流出特性に大きな影響をもつとされている<sup>11)</sup>が、筆者らの調査では林地における表土と心土では pF2.0 における両者の含水比の間に 7～8% の差 (心土が少ない) が認められた<sup>9)</sup>。このことは造成地において初期流出が大であることを意味する。

西表の試験区でも表層の改変により流出特性が著しく変化することを実証している<sup>10)</sup>。即ち焼畑によって植生を除くと、林地に比しピーク流量が大きく降雨に対する応答も早い。これは斜面における雨水流下速度の増大を意味し、また流出率も顕著に増大している。このため焼畑区、表層を耕起施肥した焼畑改良区とも土砂流亡が著しく、それぞれ 1 年間に 120ton/ha、170ton/ha に達しているのに対し、対照林地ではほとんどゼロであった。

次に土壌別の水分保持特性についてみると Fig. 10 に示すとおりである。上 (10～20cm)、中 (10～20cm)、下 (10～20cm) の各層位の平均的なものについて比較した

ものであるが、国頭マージは保水性が低く、ジャーガルが最も高い。そのことは他の試料についてもいえることで、例えばpF3の含水比を比較すると国頭マージは他の12の試料についても16~27%の範囲にあり、島尻マージ、ジャーガルはそれぞれ3, 4の試料で30~38%, 30~52%の範囲にありFig. 10と殆ど同じ傾向を示している。

登川<sup>12)</sup>らは国頭マージ、島尻マージの層位別の水分保持特性について、国頭マージの場合は未耕地と既耕地ではほぼ同じ形の曲線を示すが、既耕地のAP(作土)層で重力水の顕著な増加を認めている。これは畑地化により粗孔隙が多量に生成されたためとしているが、地帯条件により一時的な現象になることがあるとしている。島尻マージの場合は未耕地と既耕地の違いがA・B層位でみられ、未耕地の方が既耕地に比べて保水力が高い上に、pF0~2.5の間の保水力が未耕地でとくに変化量が大きいことを指摘している。このことは未耕地の方ほど孔隙がよく発達しており、耕地化によってこれらの孔隙が減少して土壌のチ密化を引き起こすと推察している。このようなことは前述の西表の試験区の事例にもみられるように国頭マージ畑でもよくみられる現象である。

#### 4) 透水性および侵入能

畑地の土壌の透水係数や侵入能の値が小さいほど、降雨は土壌中に浸透する部分が少なく、表面滞留や表面流出が多くなって流出率も高くなる。Table 2は国頭マージ、島尻マージ、およびジャーガルの各土壌について透水係数を示したものである<sup>13)</sup>。同表によると一般に国頭マージは透水係数が小さい。なおNO. ob. の1, 2, 3, 4はさとうきび畑であり、土層が比較的膨軟であったため、大きな値を示したと思われる。造成直後の裸地状態の畑では一般に $10^{-3} \sim 10^{-5}$  (cm/sec)の範囲で<sup>14)</sup>あるが、以後次第に小さくなる傾向がある。Table 3からもそのことがわかる。これは雨滴や表流水による分散土粒子の目詰まりや、クラスト形成等によるものと思われる。このことも国頭マージ造成畑の土壌特性の一つである。また登川<sup>12)</sup>らによる測定事例をTable 3でみると岩屑土未耕地、耕地いずれの場合もB層で $10^{-6}$ のオーダーでかなり低い。赤黄色土ではいずれの土壌でも下層ほど低く $10^{-7}$ のオーダーを示している。また赤褐色土はC層でいずれも $10^{-7}$ のオーダーで極めて低い値を示す。島尻マージは一般に層の厚いところでは、土層分化により下層は心土化し、このような傾向を示す。

Table 2 Permeability of three Soils

Kunigami Maaji Soil			Shimajiri Maaji Soil			Jaagaru Soil		
No.,ob	Sampling site	COM (cm/sec)	No.,ob	Sampling site	COM (cm/sec)	No.,ob	Sampling site	COM (cm/sec)
1	Kunigami (U)	$2.786 \times 10^{-3}$	16	Iriomote (U)	$2.42 \times 10^{-2}$	25	Tomishiro(U)	$1.761 \times 10^{-2}$
2	" (L)	$2.43 \times 10^{-2}$	17	" (M)	$6.82 \times 10^{-3}$	26	" (M)	$1.307 \times 10^{-5}$
3	Ginoza (U)	$2.687 \times 10^{-3}$	18	" (L)	$6.60 \times 10^{-3}$	27	" (L)	$2.783 \times 10^{-5}$
4	" (L)	$7.091 \times 10^{-3}$	19	Itoman (U)	$5.08 \times 10^{-2}$	28	Haeban (U)	$4.05 \times 10^{-3}$
5	Iriomote (U)	$4.96 \times 10^{-3}$	20	" (M)	$5.48 \times 10^{-2}$	29	" (M)	$1.42 \times 10^{-3}$
6	" (M)	$3.38 \times 10^{-3}$	21	" (L)	$7.87 \times 10^{-3}$	30	" (L)	$6.00 \times 10^{-3}$
7	" (L)	$1.54 \times 10^{-3}$	22	Motobu (U)	$7.85 \times 10^{-2}$	31	Nakagusuku	
8	Ginoza (U)	$7.31 \times 10^{-3}$	23	" (M)	$3.01 \times 10^{-2}$		(U)	$1.49 \times 10^{-2}$
9	" (M)	$1.08 \times 10^{-3}$	24	" (L)	$1.12 \times 10^{-2}$	32	" (M)	$7.11 \times 10^{-2}$
10	" (L)	$7.04 \times 10^{-3}$				33	" (L)	$3.58 \times 10^{-2}$
11	Nago (U)	$3.25 \times 10^{-3}$	COM : Coefficient of Permeability U : Upper Layer (0~10cm), M : Middle Layer (10~20cm) L : Lower Layer (20~30cm) No., ob : Number of observation					
12	" (M)	$4.67 \times 10^{-3}$						
13	" (U)	$1.05 \times 10^{-3}$						
14	" (M)	$3.31 \times 10^{-4}$						
15	" (L)	$1.40 \times 10^{-3}$						

Table 3 Soil Properties of reclaimed field and forest

	Soil Properties		Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )		Saturated Permeability (cm/sec)		Moisture Content (%) (pF <sub>0</sub> ~pF <sub>2</sub> )	
			Upper layer	Middle layer	Upper layer	Middle layer	Upper layer	Middle layer
	Sampling date							
Forest	1979.	May	1.01	1.20	10 <sup>-2</sup> ~ 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup> ~ 10 <sup>-4</sup>	19.0	7.3
	1981.	Dec	0.89	1.19	10 <sup>-2</sup> ~ 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> ~ 10 <sup>-4</sup>	—	—
Reclaimed field	1979.	May	1.51	1.52	10 <sup>-2</sup> ~ 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup> ~ 10 <sup>-5</sup>	8.0	6.5
	1980.	May	1.25	1.47	—	—	10.0	7.5
	1981.	Dec	1.14	1.48	10 <sup>-2</sup> ~ 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup> ~ 10 <sup>-4</sup>	—	—

つぎに侵入能について検討してみる。侵入能の測定はシリンダ法、散水インテーク法を用いた。前者はシリンダ内で湛水状態で測定であり、後者は人工降雨により散水を行い、地表水が流出している状態での測定である。Fig. 11は3種の土壌の積算浸入量曲線を比較したものである。ジャーガルは熟畑で収穫前のさとうきびが生育しているが、侵入量が極めて少ない。また侵入能は作付体系にも左右される。たとえば株出栽培\*を続けると、特にジャーガル畑は土層が締め固まり、不透水層を形成する傾向がある。しかし造成直後の畑や、乾燥により亀裂が生じているジャーガル畑は一般に侵入能が高い。

島尻マージは土層が浅く、かつ下層に多孔質の琉球石灰岩が存在する場合は一般に侵入能は高い。一方国頭マージの造成畑において侵入能の経時変化を調べた事例<sup>15)</sup>では、裸地において明らかに浸透能は経時的に減少している。これは造成中にこね返された土壌が、降雨の度に締め固まり粗孔隙が減少するためであり、裸地状態の土壌条件ではこの現象が助長される。従って、Fig. 10は土壌・作付条件が殆ど同じ場合の一般的な傾向として把握すべきである。

つぎに散水インテークレートの試験結果をFig. 12に示す。侵入強度は、人工降雨装置を用いて雨滴を発生させ、それを160cm程度の高さから土壌に打ち込んだ直径30cmの円筒内の土壌面に落下させて、その地表面流出強度を計測して、降雨強度との差から求めたものである。土壌条件の違いによる影響をみるために、一方は2年放置の造成畑、他方はそれを25cmの深さまで耕起した状態で行った。なお、円筒内土壌面勾配は造成勾配と同じく3°である。Fig. 12から明らかなように裸地面にお

る雨水の浸入強度(単位時間当りの浸入量)は経過時間と共に著しい低下過程をみせる。降雨強度は65mm/hr程度で、全てが浸透するのは僅か数分であり、直ちに降雨余剰が起こり、不耕起土壌では約2分、耕起土壌では約5分で表面流出水が発生する。すなわち、それぞれ2mm、5mm余の雨量で表面流出水が出現することになり、きわめて浸透の悪い土壌であると言える。浸入強度低下の原因はいろいろ考えられるが、裸地状態においては、雨滴の衝撃力による土壌表面の目詰まり現象が最も大きな原因と思われる。これはFig. 12に示される浸入強度(あるいは表面流出強度)の経過過程からも説明される。例えば、耕起及び不耕起土壌における散水開始から終了時までの60分間の積算浸入量は、それぞれ26.1mm、21.2mmであり、前者が僅か5mmほど多いのみである。耕起土壌の土壌空隙量は不耕起土壌に比べてはるかに大きく、保水容量も大きい。しかし積算浸入量にそれほど差がないということは、土壌表面における浸透能が不耕起土壌とほぼ同じほどに低下したことにほかならない。いわゆる土壌表面の目詰まり現象によるものである。

雨滴による目詰まり現象は、一般的に分散性が高く、粘土分の多い土壌で多くみられる。国頭マージはそれに類するため目詰まり現象の発生しやすい土壌といえる。

Fig. 12において、耕起、不耕起それぞれの土壌で、降雨開始から13分、20分で浸入強度と表面流出強度が交差する。これは浸透量と表面流出量が等しいことを意味する。すなわちこの時間においてすでに流出率は50%達することになる。流出率は経過時間と共に増加し、60分後にはそれぞれ、89%、87%に達する。圃場整備等における、排水の設計降雨強度は名議で88mm/hrである

\*サトウキビの作型の一つで収穫後の切株から発芽させる方法

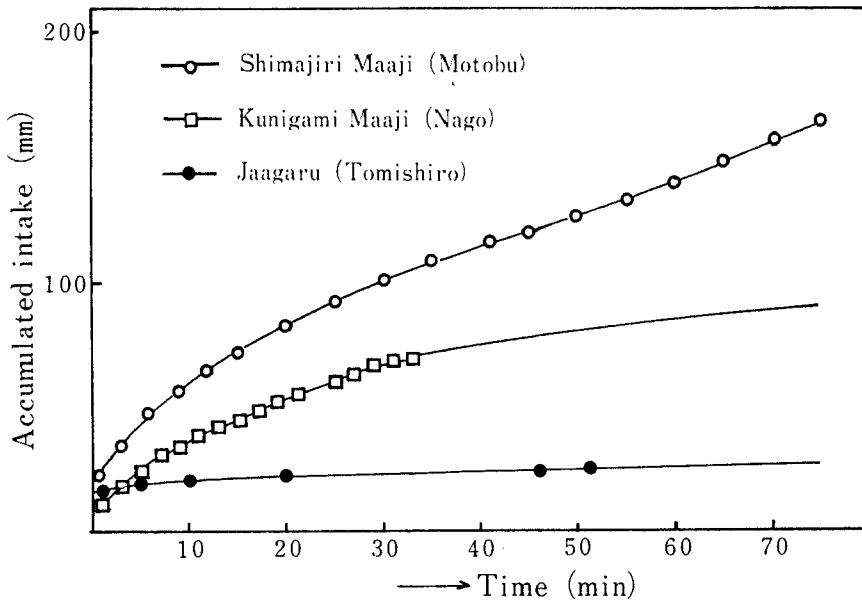


Fig. 11 Accumulated intake of three soils

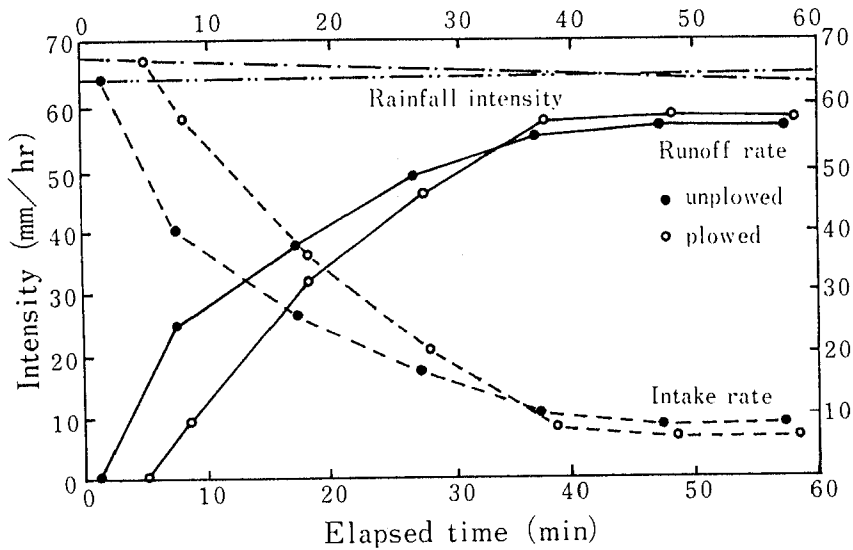


Fig. 12 Intake, runoff rate by artificial rainfall



沖縄の畑地土壌の物理性

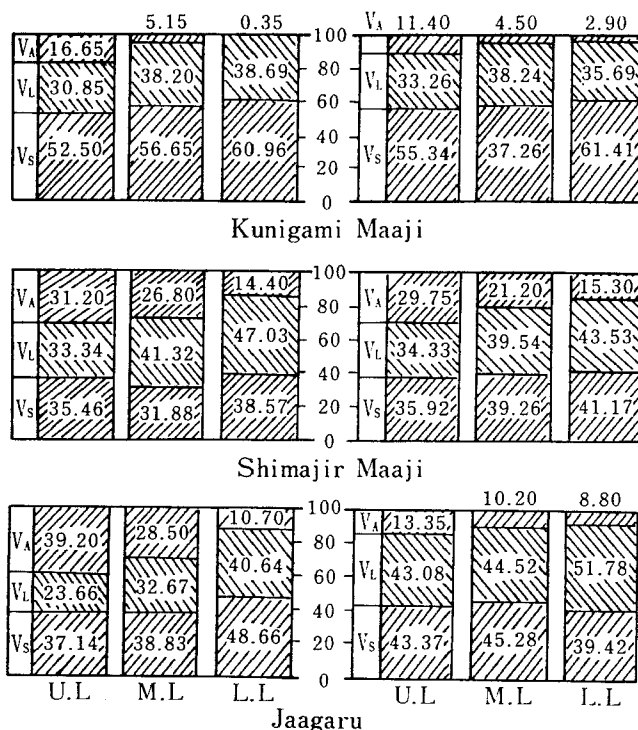


Fig. 13 Three phases of the three soils

U. L.: Upper Layer (0~20cm)

M. L.: Middle Layer (10~20cm)

L. L.: Lower Layer (20~30cm)

から、試験に用いた65mm/hrは決して大きな強度ではなく、比較的発生頻度の高い強度である。したがって、この試験結果は、国頭マージ地帯の流出率の高さと、土壌侵食の危険度の高いことを示す好例であるといえよう。

国頭マージでの他の散水の実験の結果でも、地表流出を起こす降雨強度（限界降雨強度）は本土の最も地表流出を起こし易い土壤よりもさらに小さな値であり、受食性の極めて大きい土壤であることが指摘されている<sup>4)</sup>。

#### 5) 三相分布

三相分布の測定は24地点の上(0~10cm)、中(10~20cm)、下(20~30cm)の各層の68サンプルについて行ない、Fig. 13にその一事例を示す。また上・下層について各土壤の三相分布を全試料の平均値で示すとTable 4のとおりである。Fig. 13とTable 4より国頭マージは各層で固相率が高く、島尻マージでは上層の気相率が高いことが特徴的である。ジャールの二事例において気相率が高いのは圃場整備によりクチャ（泥岩）が破碎、風化して膨軟になったためであり、熟畑のサトウキビ畑

では一般的でない。他の多くの観測事例も殆ど同じ傾向を示すが、同じ土壤でも作目によって異なってくる。例えば国頭マージ（屋我地）において下層の気相率は4~5%未満だが、さとうきび畑では10~17%の事例がある。このことは肥培管理の踏圧の程度にもよるが、作物の根群域や根による粗大孔隙の形成作用の程度如何によるものと推察される。さらに土地利用の態様によっても異なるものと思われる。登川<sup>12)</sup>らは耕地化による三相分の変化についての2つのタイプが見いだされると指摘している。即ち第1は岩屑土と赤黄色土にみられる耕地化により空気率の増加する普通のタイプ、第2は赤褐色土、石灰質未熟土にみられる耕地化による固相率の増加と空気率の低下するタイプである、としているが前述したように逆の現象もしばしば見られることにも留意する必要がある。

#### 6) 土壤硬度

土壤断面調査において各土層の硬さを直接現地で把握するには土壤硬度計が用いられるが、圃場の垂直方向の

深さごとに同時に測定するために硬度計の代わりに貫入抵抗試験機を用い硬度 (mm, およびkg/cm<sup>2</sup>) として表した。Fig. 14は国頭マージの作目別の圃場の貫入抵抗値を示すものだが、深さ毎に増減がくり返されている。他地区の観測事例でもこのような傾向がみられ、土層の不均一性を実証している。同図では、深さ25~40cmで最大抵抗値を示すケースが多いが、地区によっては10~20cm, 50~60cm付近でピークを示す場合がある。又前述したように作目によって三相分布が異なるのと同様、貫入抵抗値も図に示すように45cm以上の深さにおいてもピーク値より下回る例が、さとうきび畑や、かぼちゃ畑でみられる。

7) 土層断面

一般に土壌の断面は表層から下層まで一様でなく、色彩、形態、理化学的性質などが層によって異なるものである。そして断面の土色は気候によって異なり、熱帯、亜熱帯地方では赤色、黄色さらにそれらの色の混じりあった色である。これは高温多雨の地方では、地表の有機物

が急速に分解され、その結果迅速かつ継続的に供給される塩基で土が中性化され、赤黄色土ができるといわれている。<sup>16)</sup> 沖縄地方もこのような土壌 (化学性は別として) が卓越しており、腐植層が殆どなく、層位がはっきりしないのが一般的な特徴としてあげることができる。

IV 適 要

国頭マージ地帯は全般にミクロ的には谷密度が高く急峻な山地をなしている。このような地形条件を改変して造成された圃場は、元の地山のもつオリジナルな土壌、土層特性の殆どが変わっている。

粒度組成に関しては前述したように調査試料を総合すると粘土分が6.0%~80.0%と多岐にわたっているが、造成前 (表層土) の土壌と造成後 (混層土) の土壌を比較するとTable 5のとおりであり物理性が多少変わってくる。

国頭マージの比重についても2.54~2.89の広範囲にわ

Table 4 Physical Properties of main Okinawan Soils

Soil group	land utilization	Layer	Depth (cm)	PH (H <sub>2</sub> O)	Apparent (S.g)	Solid ratio (%)	Great pore (%) <sub>1)</sub>	RAM (%) <sub>2)</sub>	S. P (cm/sec) <sub>3)</sub>	Hardness (mm)	
Kunigami Maaji	Lithosol	Non arable	A <sub>2</sub>	2-7	5.8	1.39	52.8	5.8	0	7.2×10 <sup>-4</sup>	28
			B	7-35	5.8	1.43	54.0	1.4	0	2.9×10 <sup>-6</sup>	30
			C	35-	5.8	1.46	55.4	4.5	0	2.9×10 <sup>-5</sup>	28
	arable	Ap	0-15	8.0	1.39	51.3	10.5	6.2	1.4×10 <sup>-4</sup>	22	
		B	15-35	6.2	1.57	60.1	0	0	6.4×10 <sup>-6</sup>	27	
	Red-yellow	Non arable	A <sub>1</sub>	0-35	6.5	1.32	49.7	10.2	5.5	3.9×10 <sup>-3</sup>	22
			A <sub>2</sub>	-55	4.9	1.37	51.2	4.0	4.2	1.7×10 <sup>-6</sup>	22
			B	55-	4.8	1.35	50.8	1.8	0	1.8×10 <sup>-7</sup>	25
arable		Ap	0-35	4.1	1.04	37.8	26.5	4.7	2.0×10 <sup>-2</sup>	11	
B	35-40	4.3	1.39	51.8	1.8	2.1	3.9×10 <sup>-7</sup>	28			
Shimajiri Maaji	Dark-Red	Non arable	A	0-25	7.3	1.22	46.2	13.0	8.1	9.1×10 <sup>-4</sup>	30
			B	25-60	7.8	1.30	48.6	8.4	3.2	7.7×10 <sup>-4</sup>	30
			C	60-	7.8	1.32	50.0	0.9	1.1	4.7×10 <sup>-7</sup>	28
	arable	Ap	0-30	7.6	1.37	51.1	8.8	8.5	6.4×10 <sup>-4</sup>	31	
B	30-40	7.4	1.43	53.9	9.6	3.6	2.2×10 <sup>-3</sup>	30			
Jaagaru	Calcareous Regosol	Non arable	A <sub>1</sub>	2-25	8.0	1.35	51.3	3.3	0	3.0×10 <sup>-3</sup>	26
			B	25-50	8.2	1.34	49.3	2.3	0	3.9×10 <sup>-7</sup>	25
			C	50-	8.2	1.34	49.3	2.3	0	3.9×10 <sup>-7</sup>	25
		arable	Ap	0-35	7.4	1.40	52.0	2.6	0	1.4×10 <sup>-5</sup>	22
B	35-50	7.4	1.27	47.6	1.1	5.0	3.4×10 <sup>-7</sup>	21			

1) pF 0~1.5    2) pF 1.5~2.7 Readily Available Moisture.

3) Saturated permeability

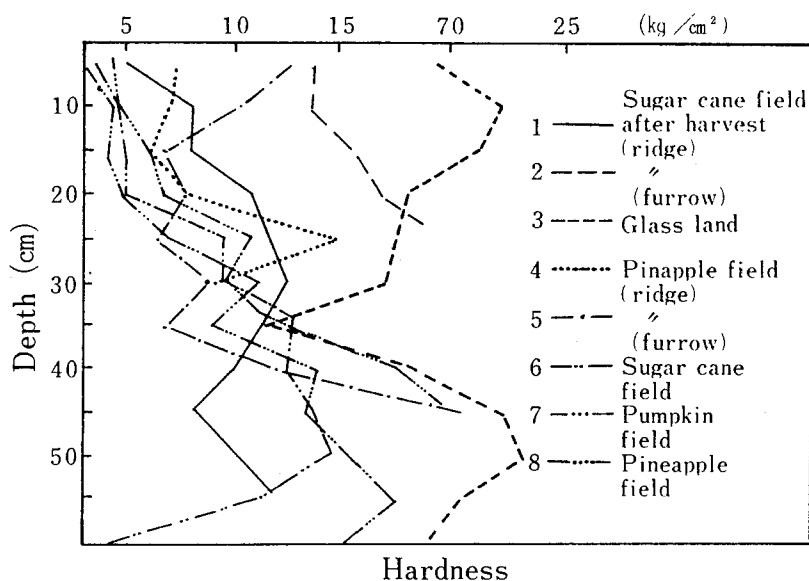


Fig. 14 Soil hardness of each different Crop fields, (1 ~5 Ginoza district, 6-8 Teniya district)

たっており、島尻マーヅや、ジャガールにない特性を示している。

土壌の耐水性に関しては国頭マーヅは一般に耐水性団粒が少なく<sup>17)</sup>、分散率も、36.81~83.52 (屋名座統, 安田統)と高く<sup>4)</sup>、受食性土壌に属することが明らかである。国頭マーヅ地帯でシルト質土壌の卓越するところは特に雨滴、雨水による土壌の分散、運搬が容易であり、緩傾斜に造成した圃場面でも平坦に近くなるまで侵食が止まないケースが多く、造成勾配の点で特に留意する必要がある。

造成農地の水分保持力は造成前の林地の心土が露出するので、林地の表層土のそれより低くなる。したがって造成地においては初期流出が大となる。

透水性に関しては造成直後の裸地状態の畑でも、 $10^{-3}$ ~ $10^{-5}$ の範囲を示すが、透水係数や浸透能が比較的高い土壌でも、雨滴や表流水による分散土粒子の目詰まりや、クラスト形成により透水性が著しく減少するのが国頭マーヅ造成畑の土壌特性の一つである。

沖縄の畑地土壌の浸入特性に関してはその下層の状態や、造成方法、ジャガールは乾湿履歴に左右される。特にジャガール畑では浸入能測定の際は亀裂の深さと、シリンダーの打ち込み深さが問題となるので注意を要する。林地における場合は樹木の枯死根による大孔隙が問題と

なる。

前述したように沖縄の主要土壌の呼称は土色を反映した大分類であり、このような呼称では土壌の諸性質が特定されないので、地力保全基本調査の分類基準<sup>18)</sup>によると国頭マーヅの畑地土壌は、7土壌統群、13土壌統に分類されている。これらの土壌統の診断結果<sup>19)</sup>をもとに、主な特徴を列挙すると①表層腐植層がない(全土壌統)②侵食に弱くガリが生じ易い(8土壌統)ことである。①の特性は灰色台地土(ジャガール)、暗赤色土(島尻マーヅ)の全ての土壌統に共通的なものであるが、②は赤黄色土の特徴的なものである。

なお国頭マーヅ(母岩:変成岩,非固結堆積岩)、島尻マーヅ(母岩:琉球石灰岩,古生層石灰岩)についての有機質含量は①を反映して、上層でそれぞれ1.26(8土壌統の平均)、1.46(6土壌統の平均)であるが今回の調査では国頭マーヅ11試料、島尻マーヅ7試料、ジャガール3試料の平均値は上層においてそれぞれ0.74, 0.9, 1.8であった。

## V. おわりに

沖縄における山間地(国頭マーヅ地帯)の農地造成は殆ど改良山成工法が採用されている。そのため一般に大

Table 5 Three phases properties of three Soils by each depth

Soils	Depth (cm)	V <sub>A</sub> (%)	V <sub>L</sub> (%)	V <sub>S</sub> (%)
Kunigami Maaji Soil 48 Samples (Average)	0 ~ 10	23.65	26.25	50.10
	20 ~ 30	15.17	30.93	53.90
Shimajiri Maaji Soil 21 Samples (Average)	0 ~ 10	32.64	28.89	38.47
	20 ~ 30	18.06	37.40	44.54
Jaagaru Soil 13 Samples (Average)	0 ~ 10	27.42	35.46	37.12
	20 ~ 30	15.54	43.20	41.26

型機械により施工されるので下層土が固くなり、表層土はリッパーなどによって破碎後に耕起する。また表層には施工前の下層土が用いられるために、土壌物理性は著しく変化する。

佐藤<sup>14)</sup>は改良山成工法による造成地における土壌特性の変化をTable 3のように示し、このような明らかな土壌環境の変化は、当然のことながら地下水循環系に変化をもたらすものと推察している。このことは前述した西表島における調査でも確認されている。主要な畑土壌地帯における物理調査の対象農地は、国頭マージは殆どが改良山成工法による造成農地で島尻マージ、ジャーガルは山成工による熟畑が主である。従ってこれらの畑地も今後農地整備などで重機類による施工で土壌、土層がかく乱され、当然土壌の物理性の変化が予想される。沖縄の土壌は新期造成畑、熟畑を問わず土層断面の層位が歴然としないのが大きな特徴の一つとして取り上げることができる。

## 引用文献

- 1) 大井浩太郎 (1976) : 沖縄農村社会文化史勁文社 那覇市。
- 2) 大城喜信, 浜川謙 (1959) : よみがえれ土 琉球新報社。
- 3) 翁長謙良, 吉永安俊 (1983) : 赤土流出機構調査結果 (昭和56年度) 沖縄県環境保健部。
- 4) 沖縄県農林水産部 太陽コンサルタンツ株式会社 (1975)

: 沖縄県農地保全事業指針 (案)

- 5) 土の理工学実験ガイド編纂委員会 (1983) : 土の理工学性実験ガイド農業土木学会
- 6) 財団法人日本農業土木総合研究所 (1984) : 昭和58年度 : 農地造成に伴う流出変化量調査および農用地開発調査 資料編 (土壌調査結果)
- 7) 国古 清 (1987) : 土壌侵食 (水食) の要因解析 特に沖縄土壌の侵食特性について - 第1報土壌の侵食特性と物理的性質 - 沖縄県農業試験場
- 8) 竹中肇教授追悼事業委員会 (1985) : 農地工学の展開を求めて - 竹中教授論文集 - 公共事業通信社
- 9) 川村秋男 (1972) : 土壌の耐水食性 土壌物理性測定法 養賢堂。
- 10) 焼畑農耕とその常畑化過程に関する農地生態学的研究 研究代表者 久馬 剛 昭和55年度特定研究 温帯地域における生物生産の比較農学的研究 3~11
- 11) 愛媛大学農学部土地改良学研究室 大州喜多開拓建設事業流出機構とその他調査業務 (中間報告)。
- 12) 登川伸, 寺沢四郎 (1982) : 沖縄県本島の主要土壌の物理性について 土壌の物理性第46号 土壌物理研究会。
- 13) 翁長謙良 (1986) : 沖縄島北部地方における土壌侵食の実証的研究
- 14) 佐藤巖 (1984) : 森林の農地開発に伴う地下水循環系の変化と国土保全 第二屆「水興農業」研究会論文集 国立台湾大学 漢頭營林區

沖縄の畑地土壌の物理性

- |  |  |
|--|--|
| <p>15) 翁長謙良 (1983) : 沖縄県の造成畑土壌 農地工学へのエンジニアリングペドロロジーの適用 昭和57年度科学研究費 (総合B) 研究報告書 (研究代表者 須藤清次)</p> <p>16) 大政正隆 (1977) : 土の科学 NHKブックス274</p> <p>17) 翁長謙良 (1976) : 沖縄本島土壌の侵食特性について 沖縄</p> | <p>の特殊土 第47回農業土木学会九州支部講演会 (シンポジウム)</p> <p>18) 沖縄県 (47) (1979) : 地力保全調査総合成績書</p> <p>19) 沖縄県農業試験場 (1976) : 昭和50・51年度地力保全調査 (北部編)</p> |
|--|--|

**Summary**

Investigations on soil physical properties were carried out in order to establish criteria and guidelines applicable to field problems in Okinawa. Okinawan soils are classified into three major groups, called Kunigami Maaji (Red-yellow soil), Shimajiri Maaji (dark-red soil) and Jaagaru (grey terrace soil) in reference to the locality and the local dialect.

Investigation sites for the soil samples and infiltration test are shown in Fig. 1. Some of the physical properties that were identified are summarized as follows.

- 1) The clay content of Kunigami Maaji soil ranged from 6.0 to 80.0%, indicating that the soil texture ranges from sand to clay.
- 2) Measurement of the aggregating degree of the main soils of Okinawa shows that the Kunigami Maaji soil has the lowest aggregating capacity. By setting an aggregating degree of more than 80% as criterion, the soils were ranked as follows: Shimajiri Maaji, Jaagaru, and Kunigami Maaji, with 9 samples out of 10, 6 out of 8, and 7 out of 35 meeting this requirement, respectively.
- 3) Based on the Japanese criteria for dispersion ratios, the degree of dispersion was found to be in the order of Kunigami Maaji, Jaagaru, and Shimajiri Maaji, with 29 out of 50, 9 out of 17, and 3 out of 26 samples having the dispersion ratio of more than 40.
- 4) In intake rate measurements using artificial rainfall on a field with plowed and non-plowed plots, runoff occurred after 2 min. and 5 min., respectively, for a 3° inclination of the plots and a rainfall intensity of 65mm/hr.
- 5) Kunigami Maaji soil exhibited a larger solid phase and was less porous especially in the reclaimed fields. It cannot be worked easily and has a low water holding capacity.
- 6) Most Okinawan soils are low in organic matter because of the nature of the original material of the soil and the humid and warm environment which promotes the weathering of the soil and decomposition of organic matter.