

# 琉球大学学術リポジトリ

## 沖縄地方の細粒土の物理的性質について(1)

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 琉球大学理工学部 公開日: 2013-05-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 砂川, 徹男, 上原, 方成, Sunagawa, Tetsuo, Uehara, Hosei メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/26099">http://hdl.handle.net/20.500.12000/26099</a>

# 沖縄地方の細粒土の物理的性質について（I）

砂川徹男\* 上原方成\*

## Physical Properties of Fine Soils in Okinawa

by

Tetsuo SUNAGAWA and Hosei UEHARA

### Synopsis

In this paper, physical properties of fine soils developed in southern and central part of Okinawa Island are reported. Fine soils in this area are predominantly silty clays and silty sands in the Shimajiri formation and brown clays developed on upland limestone plains.

Physical tests performed in laboratory are of specific gravity, moisture content, grain-size analysis, liquid limit and plastic limit of those soils, and the results are cited in relation to the Japanese Unified Soil Classification.

### I まえがき

土の物理的性質を知るということは、土が分類上どのような位置づけにあるかを知り、さらに土木材料として用いる場合の適否を判断するのに重要である。このようなデータを得る目的で、沖縄地方に分布する細粒土（ $2000\mu$  フルイを通過する土）の物理的性質について総括的調査をすすめているが、今回は沖縄本島中南部における細粒土について報告する。

この地域での細粒土は新世代第三紀中新世の島尻層と第三紀鮮新世から第四紀洪積世にかけての琉球石灰岩の風化残積土層（残積土という論には異見もあるが、ここではそのように通称して論をすすめる）から得られる。前者は俗称クチャあるいはジャーガルと呼ばれる泥岩層とニービあるいはウジマと呼ばれる砂岩層からなり、後者は島尻マージと呼ばれている。

なお本論文は昭和47年度土木学会全国大会及び西部支部研究発表会にてそれぞれ一部発表してある。

### II 試料及び試験方法

#### 1 試 料

試料の採取は沖縄本島中南部で島尻層及び石灰岩風

受付：1973年10月31日

\* 琉球大学理工学部土木工学科

化残積土の分布する地域に限定し、島尻層からの採取の場合は、泥岩層あるいは砂岩層のいずれにもかたよらないようにできるだけ両者から採取するようつとめた。石灰岩風化残積土の場合は、場所によって石灰岩等の未風化のレキあるいは砂（白色あるいは乳白色）がかなり混入しているところがあり、肉眼で判別できるほどレキあるいは砂の混入があれば採取しないことにした。この理由は、同じ石灰岩風化残積土であってもレキあるいは砂の混入があれば試験結果に大きく影響すると判断したからである。

採取方法としては、深さ約50cmまでの表土をショベルで取り除きその下から約2~3kgの土を採取し、ビニール袋に入れて実験室へ持ち帰った。ショベルで掘削不可能なところは、深さ20~30cmで採取した試料土もあり、又機械ボーリングにより採取した試料土も一部含まれている。

実験室へ持ち帰った試料土はただちに含水比を求め、これを自然含水比とした。試料土は室内で自然乾燥させ土粒子を分離した後 $2000\mu$  フルイ及び $420\mu$  フルイを用いてふるい、前者を比重試験及び粒度試験に、後者を液性限界試験及び塑性限界試験に供した。

なおこれら土壤の一次鉱物及び粘土鉱物組成や化学組成の一般的なことがらについては他の文献に発表されているので参照されたい。<sup>1)</sup>

## 2 試験方法<sup>2)</sup>

試験の種類は比重試験、含水量試験、粒度試験、液性限界試験及び塑性限界試験でそれぞれ JISA1202, JISA1203, JISA1204, JISA1205 及び JISA 1206 に従うことを原則とした。

試験の過程において JIS に一致しない部分や付加した部分は次のようにある。

1) 比重試験の試料土は 2000  $\mu$  フルイを通過した試料土である。

2) 石灰岩風化残積土の粒度試験の場合は綿毛化を防ぐためケイ酸ナトリウム結晶の代わりにトリポリリン酸ナトリウム 1 g を用いる（これまでの実験結果からトリポリリン酸ナトリウムを用いた場合比較的良好な結果を得ている）。

3) 液性限界試験の場合は試料をためしねりし、最初の注水量を粘性の高低に応じて 30~50cc の範囲にし、注水後は 30 分間湿った布でおおって放置する。

### III 試験結果及び考察

#### 1 試験結果

試験結果を示したものが表-1 及び表-2 である。表で試料番号 1~43 は島尻層から採取した試料であり、44~53 は石灰岩風化残積土である。均等係数及び曲率係数の欄で一印は実験上求められなかったことを意味する。すなわち比重浮ヒヨウによる粒度試験結果から得られる最小粒径が 0.001mm となっているため、試料土の D<sub>10</sub>, D<sub>30</sub> あるいは D<sub>60</sub> のうちいずれかが 0.001mm 以下にあることを示している。液性限界及び塑性限界の欄で一印は実験上測定不可能なことを示している。又日本統一土質分類の欄で \* 印は分類上不可能なことを示している。これについては後で詳述したい。

島尻層土の自然含水比は風化土で一般に 30~50% であり、未風化の層でのそれは約 20% あるいはそれ以下である。泥岩層は砂岩層に比較して大きい傾向にあるが採取位置がどのような環境にあったかによっても左右される。例えば湿地帯付近では砂岩層であれ大なる

含水比となっている。また、自然含水比は一般に液性限界と塑性限界の間にあるが、泥岩の風化土ではどちらかといえば液性限界に近い状態にあり、砂岩の風化土では塑性限界に近い状態にある。石灰岩風化残積土の自然含水比は島尻層の未風化の層より大きく、風化土にだいたい類似しているが、液性限界と塑性限界の間にあり、どちらかといえば塑性限界に近い状態にある。

比重は島尻層土でだいたい 2.65~2.80 の範囲にあり、粘土分の多い土は砂分の多い土に比較して大きく出る傾向にある。すなわち泥岩は砂岩に比較して大きい傾向にある。石灰岩風化残積土はさらに大きく 2.70~2.85 の範囲にある。

粒度試験結果によると、島尻層土においては大まかにわけて均等係数及び曲率係数が得られるものと得られないものの二者があり、前者が砂岩層、後者が泥岩層すなわちニービとクチャにだいたい一致しているようである。石灰岩風化残積土においては砂分が少なく、島尻層土に比較して粘土分の多いのが特徴である。これは前述のように石灰岩の未風化のレキあるいは砂が混入している場所での試料採取をできるだけ避けたことや自然堆積層（島尻層）と風化残積層の風化ともかかわりがあるかもしれない。

コンシスティンシー試験結果によると、液性限界は島尻層土の上限でだいたい 80% であり、下限は約 20% でそれ以下は測定不可能となっており、これはすなわち砂質土を示している。また、石灰岩風化残積土の上限はさらに大きく約 110% で下限は約 55% である。石灰岩風化残積土が島尻層土に比較して液性限界が大きいことは、粘土分含有量が多いことによるものと思われる。塑性限界においても島尻層の粘性土は砂質土より大きい値を示し、石灰岩風化残積土は島尻層土よりさらに大きくなっている。流動指数は島尻層土においては一般に 20 以下であるが、20 を越える場合もあり得る。石灰岩風化残積土はさらに大きく 30 を越える場合もある。一般に「粘土分の多い土ほど流動指数が大きい。」ことがここでもいえる。

Table-1 Test results for Specific gravity and grain-size analysis

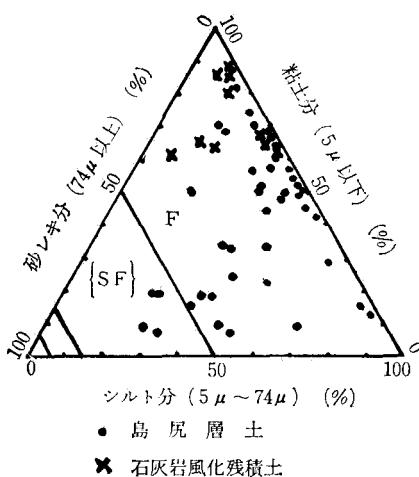
試番 料号	採取地 (市町村)	比 重	砂分(%) 74μ以上	シルト分 (%) 5~74μ	粘土分(%) 5μ以下	粘土分(%) 2μ以下	均 係	等 数	曲 係	率 数
1	糸 满	2.74	4.0	12.0	84.0	80.0	—	—	—	—
2	具 志 頭	2.75	32.3	18.9	48.8	42.0	—	—	—	—
3	"	2.71	42.3	50.8	6.9	6.0	2.7	0.8	—	—
4	玉 城	2.70	2.5	49.5	48.0	28.0	—	—	—	—
5	大 里	2.76	1.1	32.4	66.5	44.0	—	—	—	—
6	東 風 幸	2.68	2.4	49.6	48.0	30.0	—	—	—	—
7	知 念	2.76	1.4	34.6	64.0	33.0	—	—	—	—
8	南 風 原	2.76	1.2	46.8	52.0	30.0	—	—	—	—
9	"	2.76	0.2	41.8	58.0	33.0	—	—	—	—
10	那 霸	2.71	44.7	45.8	9.5	7.5	12.8	3.8	—	—
11	"	2.70	6.9	65.1	28.0	16.5	18.2	1.4	—	—
12	"	2.70	49.6	37.4	13.0	11.0	60.0	11.9	—	—
13	"	2.73	26.8	52.4	20.8	14.6	36.6	3.0	—	—
14	"	2.71	13.5	31.4	55.1	38.0	—	—	—	—
15	"	2.71	0.6	35.4	64.0	40.0	—	—	—	—
16	"	2.76	16.6	18.4	65.0	61.0	—	—	—	—
17	"	2.74	2.8	15.3	81.9	75.0	—	—	—	—
18	"	2.72	17.1	14.4	68.5	66.5	—	—	—	—
19	"	2.71	46.7	38.0	15.3	10.5	50.0	4.6	—	—
20	"	2.70	64.8	27.2	8.0	6.5	13.5	4.2	—	—
21	"	2.70	56.8	34.2	9.0	7.5	11.9	4.0	—	—
22	"	2.71	56.3	34.7	9.0	6.5	17.5	5.2	—	—
23	"	2.71	5.4	36.6	58.0	45.0	—	—	—	—
24	"	2.71	12.3	37.7	50.0	32.5	—	—	—	—
25	"	2.74	5.5	26.5	68.0	48.0	—	—	—	—
26	"	2.69	14.0	41.4	44.6	28.0	—	—	—	—
27	"	2.73	24.8	67.7	7.5	3.5	8.9	2.1	—	—
28	"	2.69	9.2	34.3	56.5	46.0	—	—	—	—
29	"	2.77	31.3	35.6	33.1	22.5	—	—	—	—
30	西 原	2.76	9.0	44.0	47.0	41.8	—	—	—	—
31	"	2.74	5.0	23.0	72.0	62.3	—	—	—	—
32	宜 野 湾	2.79	1.4	52.6	46.0	16.0	2.2	8.8	—	—
33	中 城	2.70	3.6	81.2	15.2	12.0	—	—	—	—
34	美 里	2.78	0.4	45.6	54.0	30.0	—	—	—	—
35	コ ザ	2.78	0.3	57.5	42.2	25.0	—	—	—	—
36	美 里	2.71	61.3	30.7	8.0	6.0	7.6	1.5	—	—
37	具 志 川	2.79	1.0	86.0	13.0	10.0	9.2	4.3	—	—
38	与 那 城	2.74	4.0	33.5	62.5	49.0	—	—	—	—
39	"	2.70	20.0	47.5	32.5	24.0	—	—	—	—
40	"	2.70	42.5	40.0	17.5	12.5	63.9	3.0	—	—
41	"	2.70	35.0	42.0	23.0	16.5	—	—	—	—
42	"	2.74	30.0	37.0	33.0	28.0	—	—	—	—
43	"	2.73	3.0	30.0	67.0	52.0	—	—	—	—
44	糸 满	2.82	0.8	10.1	89.1	82.8	—	—	—	—
45	"	2.82	0.1	10.9	89.0	82.6	—	—	—	—
46	"	2.76	3.8	35.7	60.5	50.7	—	—	—	—
47	"	2.72	18.6	18.9	62.5	54.3	—	—	—	—
48	玉 城	2.71	5.5	13.5	81.0	59.0	—	—	—	—
49	"	2.75	3.1	31.9	65.0	50.5	—	—	—	—
50	知 念	2.76	5.9	8.6	85.5	80.9	—	—	—	—
51	佐 敷	2.80	32.1	6.6	61.3	59.5	—	—	—	—
52	宜 野 湾	2.80	6.2	29.6	64.2	53.0	—	—	—	—
53	"	2.80	20.4	13.1	66.5	61.0	—	—	—	—

Table—2 Test results for Liquid limit and Plastic limit

試料号	採取地 (市町村)	自然含水比 Wn (%)	液性限界 WL (%)	塑性限界 WP (%)	塑性指数 IP = WL - WP	流動指数 If	日本統一 土質分類
1	糸 满	41.0	68.3	31.1	37.2	17.9	C' H
2	具 志 頭	24.8	46.7	26.5	20.2	24.4	CL
3	"	20.3	34.8	21.1	13.7	4.2	"
4	玉 城	29.5	54.4	27.3	27.1	8.8	CH
5	大 里	30.6	64.9	25.3	39.6	10.9	"
6	東 風 平	27.4	69.1	26.4	42.7	19.2	"
7	知 念	28.5	53.0	24.4	28.6	15.3	"
8	南 風 原	24.8	48.7	22.5	26.2	13.0	CL
9	"	27.9	67.2	25.8	41.4	11.7	CH
10	那 順	12.3	24.1	—	—	10.0	*
11	"	26.4	35.6	20.7	14.9	4.0	CL
12	"	13.7	23.4	—	—	7.1	*
13	"	20.3	34.8	19.0	15.8	14.1	CL
14	"	42.9	57.1	24.0	33.1	14.2	CH
15	"	53.9	64.6	25.6	39.0	15.6	"
16	"	31.1	60.8	29.2	31.6	17.2	"
17	"	33.0	73.4	30.8	42.6	19.9	"
18	"	22.9	58.4	26.3	32.1	8.7	"
19	"	21.9	27.0	20.3	6.7	7.9	CL
20	"	25.7	—	—	—	—	SM
21	"	27.0	21.8	—	—	6.6	"
22	"	26.1	—	—	—	—	"
23	"	48.1	53.3	24.2	29.1	11.4	CH
24	"	46.7	45.0	28.3	16.7	9.8	MH
25	"	30.9	67.2	29.3	37.9	17.8	CH
26	"	40.7	62.2	38.7	23.5	11.9	C'H
27	"	42.6	—	—	—	—	*
28	"	43.1	58.7	27.2	31.5	14.3	CH
29	"	22.6	32.5	12.7	19.8	9.2	CL
30	西 原	40.8	55.0	25.2	29.8	17.0	CH
31	"	44.4	67.3	30.3	37.0	13.6	"
32	宜 野 湾	27.2	53.1	27.7	25.4	13.0	"
33	中 城	25.1	48.7	19.8	28.9	10.7	CL
34	美 里	23.3	57.6	23.1	34.5	8.5	CH
35	コ ザ	27.4	75.1	27.9	47.2	28.0	"
36	美 里	13.8	23.1	—	—	6.4	SM
37	具 志 川	30.6	65.5	27.1	38.4	14.3	CH
38	与 那 城	35.7	69.2	29.2	40.0	23.7	"
39	"	40.1	45.0	30.0	15.0	13.7	ML
40	"	30.1	38.4	26.4	12.0	6.1	"
41	"	40.8	42.9	28.1	14.8	13.3	"
42	"	29.9	34.1	20.3	13.8	17.0	CL
43	"	39.3	68.9	30.2	38.7	21.4	CH
44	糸 满	40.2	97.1	38.1	59.0	22.3	"
45	"	38.4	96.8	40.1	56.7	22.3	"
46	"	30.5	69.0	26.5	42.5	17.5	"
47	"	24.3	58.6	29.1	29.5	31.0	"
48	玉 城	46.3	105.9	37.2	68.7	33.3	"
49	"	30.1	74.5	31.4	43.1	18.9	"
50	知 念	37.9	91.9	38.1	53.8	22.6	"
51	佐 敷	45.0	66.8	33.5	33.3	16.7	C' H
52	宜 野 湾	41.2	79.8	34.4	45.4	21.7	CH
53	"	31.8	56.2	28.6	27.6	13.9	"

## 2 考 察

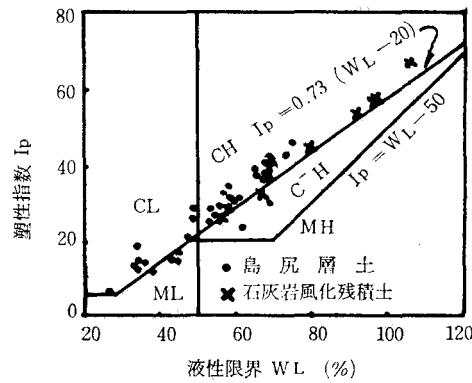
図一1は粒度組成を三角座標（日本統一土質分類）<sup>3)</sup>に示したものである。島尻層土の場合は細粒土と砂質土に分類され、粗粒分（ $74\mu$ ～ $75\text{mm}$ ）が85%以上、つまり細粒分（ $74\mu$ 以下）が15%未満の土はないものと考えられる。従って、日本統一土質分類による砂（S）に属するものではなく、砂質土（S F）と細粒土Fに



図一1 Triangular Classification Chart

分類されるものと考えられる。石灰岩風化残積土はすべて細粒土Fに入り、しかも三角座標では上部に位置し、粘土分が多いことを示している。石灰岩風化残積土は砂分が少なく粘土分が多いということは、島尻層土の砂岩層土と対称的である。

コンシスティンシー試験結果の関係を塑性図（日本統一土質分類）にプロットしたものが図一2である。この場合は三角座標における砂質土と液性限界や塑性限界のいずれかが測定不可能な土が除かれている。分類特性から見れば、島尻土は一般にCH, C' H, MH, CL, ML, SM, SCに分類されることになるが、この中でもCH, CL, ML, SMが主で他はごくまれであろう。石灰岩風化残積土はCHとC' Hに分類されるが、CHが主でC' Hはまれであろう。C' Hに分類される土は、例えば試料を準備する段階で土の粒子を分類する際誤って未風化の石灰岩粒子をつぶす場合、これが試験結果に影響し、C' Hに分類されることも考えられる。



図一2 Plasticity Chart

島尻層土で粘土分（ $5\mu$ 以下）含有量が約8%以下の土の液性限界及び塑性限界試験はほとんど不可能で、粘土分約8%付近での液性限界は約20%である。これが測定し得る液性限界の下限であろう。粘土分が8%付近でも粗粒分（ $74\mu$ 以上）が50%以上の場合は問題なく分類上粗粒土とし、さらに細分類すればよいが、粗粒分が50%以下で液性限界が20%以下となり、液性限界及び塑性限界が測定不可能となる。従って分類できない結果となる。このような結果は、砂分（ $74\mu$ 以上）が50%に近く、シルト分（ $5\mu$ ～ $74\mu$ ）が粘土分（ $5\mu$ 以下）に比較して特に多い土に生ずる。前述の\*印の試料土（試料番号10, 12, 27）がこのような状態の土である。このような土、すなわち砂分が50%以下にもかかわらず液性限界が20%あるいはそれ以下で測定不可能な土（他の報文によれば砂分が50%以上であっても測定されたケースもあり、実際に可能かどうか、あるいは含有細粒分の性質の如何によるのか、いずれにしても今後の問題としたい）はMLに分類することが妥当ではないかと考える。

自然含水比に対する粘土分（ $5\mu$ 以下）の関係を示したものが図一3である。島尻層土の場合同一自然含水比に対する粘土分のバラツキが著しい。また、石灰岩風化残積土についても一様な相関性はみられず、両者の試料土について実験式を導くことは無理のようである。ここで言えることは同一含水比に対する粘土分の量は石灰岩風化残積土が島尻層土より多いということである。

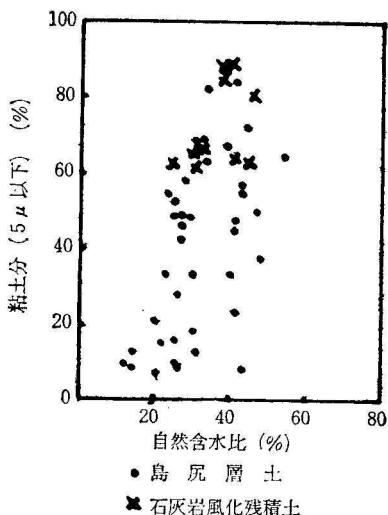


図-3 Relationship between Clay Content and Natural Moisture Content

図-4は自然含水比に対する液性限界の関係を示している。いずれの試料土においても自然含水比の増加につれて液性限界が増加していることは明らかであるが、その増加の割合は一様でなくバラツキが大きい。また、同一自然含水比に対する液性限界は、石灰岩風化残積土が島尻層土より大きいことが顕著に現われている。

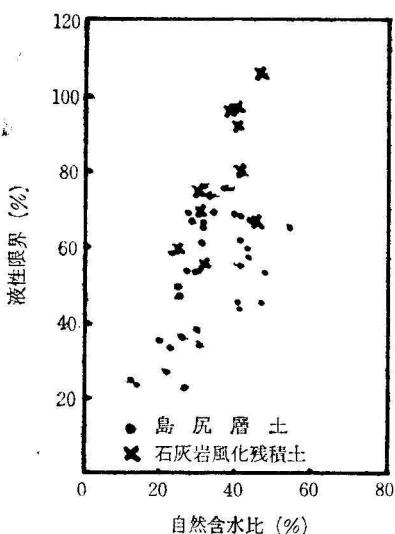


図-4 Relationship between Liquid Limit and Natural Moisture Content

粘土分（5 μ以下）に対する液性限界の関係を示したもののが図-5であるが、粘土分に対する液性限界の増

加の割合は、石灰岩風化残積土が島尻層土に比較して大きくなっている。島尻層土について一つの実験式でなく、ある範囲を与えれば例外を除いて、だいたい図に示した2式の範囲におさまるようである。石灰岩風化残積土については、島尻層と異なった傾向を示しているが、島尻層土よりもっと勾配の急な式となるであろう。

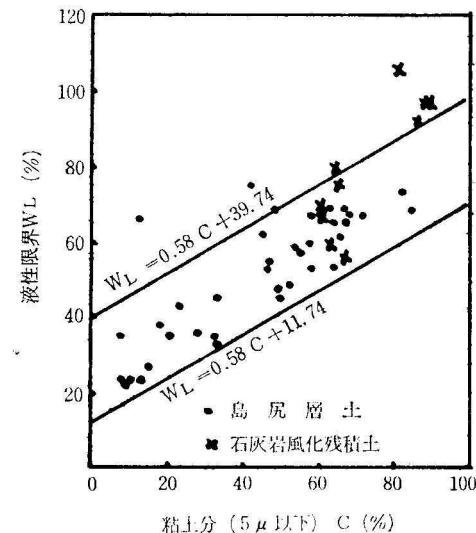


図-5 Relationship between Liquid Limit and Clay Content

図-6の粘土分（5 μ以下）に対する塑性限界の関係において島尻層土の場合一様な相関々係を見い出すことは無理のようである。石灰岩風化残積土は割合一

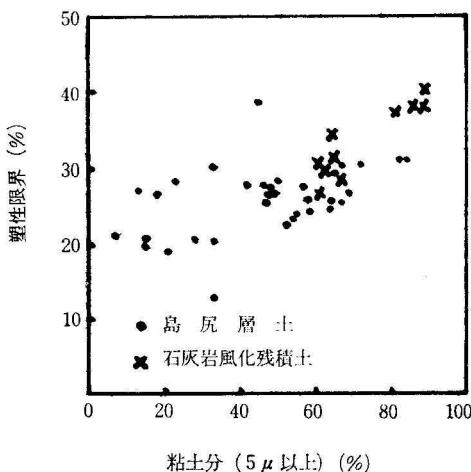


図-6 Relationship between Plastic Limit and Clay Content

様な相関々係を示しているようであるが、今回は結論を得られない。

Skempton)によると、粘土の活性度( $A$ ) = 塑性指数( $I_p$ ) / 粘土分含有量( $2\mu$ 以下の重量%)であり、この関係を図示したものが図-7である。また、比較検討のため、Ca モンモリナイト、イライト、カオリナイトについても図示してある。Skempton は活性度により、活性度 0.75 以下は不活性粘土、0.75~1.25 は通常粘土、1.25 以上は活性粘土と分類している。この分類法から検討した場合、島尻層土の活性度はだいたい 0.5~1.5 の範囲にあり、不活性粘土から活性粘土までの広い範囲にわたっている、これは試料土の採取場所が広範囲にわたっていることによるものようである。一般にはイライトに近いと言えるようである。石灰岩風化残積土の活性度の範囲は島尻層土ほど大きくないが、だいたいイライトとカオリナイトの中間的性質を示している。

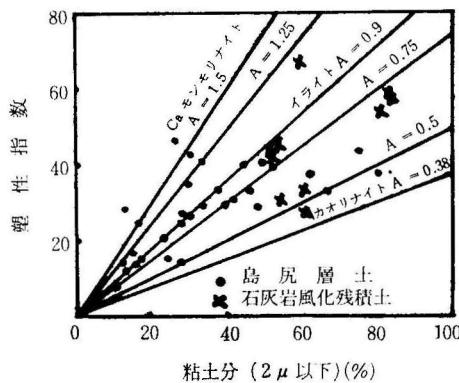


図-7 Relationship between Plasticity Index and Clay Content

#### IV あとがき

物理試験結果から数種の関係を図示してみたが、いずれの関係においてもバラツキが大きくなっている。これは試料土の採取が広範囲にわたっており、地質学的に同一地層から採取した試料土でも異なった物理的性質を示すことに起因していると考えられる。従って、ある限られた地域、例えば一つの工事現場における土の性質についてはもっとはっきりした相関々係が得られるのではないかと考える。

今回の報告は沖縄本島中南部について行なったが次回は沖縄本島北部及び宮古島を予定している。

最後に、琉大土木工学科の学生赤嶺勝実君による実験等の協力があったことを記し、謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) たとえば  
鶴下、横井、兼松；沖縄県土性調査報告、琉球政府農業改良局、1952
- 松坂、出井、音羽、浜崎；沖縄本島土壤調査報告、琉球政府、1963
- 小林、品川；南西諸島の土壤に関する研究、鹿児島大学農学部学術報告16号、p.p 11~55、1966
- 2) 土質工学会；土質試験法、昭和48年
- 3) 土の判別分類基準化委員会；土質分類法ならびに分類結果表示法、土と基礎、Vol. 20 No. 5 1972 5
- 4) たとえば  
内田、村田、上原；カオリンと標準砂混合土の性質、土木学会西部支部昭和47年度研究発表会論文集、昭和48年、2月
- 5) Skempton A. W. ; The Colloidal Activity of Clays, Proc. 3rd. Inter. Conf. Soil Mech. Found. Eng. Vol. 1 1953