

## 日韓マサ土の特性

田熊勝利\*・河野 洋\*・姜 又黙\*\*

平成元年5月31日受付

### On the Characteristics of Masa Soil in Japan and Korea

Katsutoshi TAKUMA\*, Hiroshi KOUNO\* and Yea Mook KANG\*\*

Physical properties, mineral compositions and ignition losses of weathered soils of granite in Japan and Korea were investigated based on various literatures. No features were observed in primary minerals between Masa soil's of Japan and Korea, but as secondary minerals, kaolinite, sericite and muscovite were found in Masa soils of Korea and kaolin minerals, vermiculite, while illite were found in Masa soils of Japan. No remarkable difference in the specific gravity of soil aggregates was found in both Masa soils, and their specific gravities were 2.6-2.7. From the data of specific gravities and amounts of colored minerals, Korean Masa soil has a similarity to granite of Ryokey type and the amount of colored mineral is relatively large. In regard to ignition losses and optimum moisture contents, Masa soils of Japan and Korea show good correlation as a whole. Moreover, consistencies and pF-soil moisture curves of both countries also show similar nature to each other.

Because of a general tendency, Masa soils of Japan and Korea are considered to have their origin to similar granitic bedrock, and show a close resemblance between the nature of soil. However, Masa soils which are belonging to sandy soil group show some resemblance to above soils, and the appearance and nature are supposed to change following the progress of argillization.

#### 緒 言

日韓両国の花崗岩質風化土、すなわちマサ土の物理的性質について、若干の資料によりマサ土の一般的特性に

ついて比較検討を行った。また、韓国農村振興廳農業技術研究所内実験圃場の4試料のマサ土について2、3の土質実験を行い、韓国マサ土の物理的特徴に言及した。

\* 鳥取大学農学部農林総合科学科生存環境科学講座

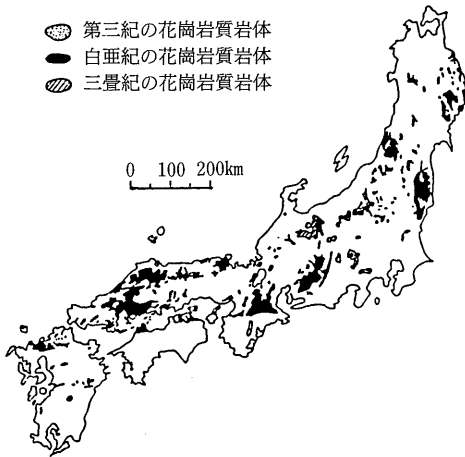
\* *Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University*

\*\* 忠南大農科農工學科

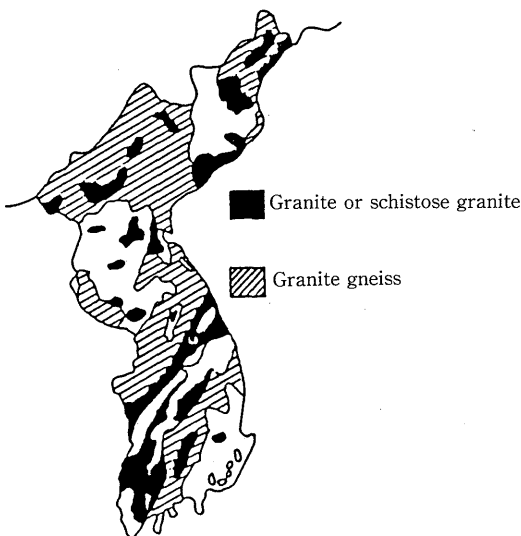
\*\* *Department of Agricultural Engineering, College of Agriculture, Chungnam National University*

花崗岩質風化土の分布

わが国における花崗岩質風化土の分布を第1図に示す。花崗岩質風化土は日本の国土面積の13%を占め、1種類の岩種では最大の面積と言われている。全国各地に分布するが規模の大きい岩体としては、北上山地の花崗岩、領家花崗岩、広島花崗岩、鈴鹿花崗岩及び山陰地方の花崗岩があり、特に神戸以西の六甲山、岡山、広島、山陰に広く分布する広島型花崗岩(白亜紀型花崗岩)、中部地



第1図 日本の花崗岩質岩体の分布(都城<sup>8)</sup>による)



第2図 韓半島における花崗岩質岩体の分布(姜・趙<sup>9)</sup>による)

方から九州西部に分布する領家型花崗岩類が有名である。なお、露出面積が100km<sup>2</sup>以上にも及ぶ大バソリスとして広島花崗岩、均質な黒雲母花崗岩体の鳥取花崗岩がある。

花崗岩風化土、即ちマサ土とは西田<sup>9)</sup>によると「マサ土とは花崗岩質岩石(花崗岩、花崗閃緑岩など)の結晶性深成岩及びこれと同質の片麻岩が風化してその場所に残留している残積土、及びこれからもたらされた崩積土(崖錐)などである」としている。

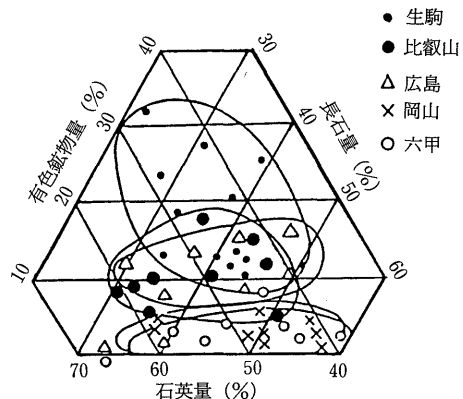
マサ土は風化土であるのでその風化の程度により砂から粘土まで様々に分類される。

一方、韓半島における花崗岩質土の分布を第2図に示す。韓半島の大部分は花崗岩質の地質である。この花崗岩質類の分布は、慶尚道一帯を除く、湖南、中部に至る南韓一帯に分布し、それら地域の大部分は花崗岩と剝状花崗岩が大規模に分布している。また、北韓の北部一帯は花崗岩と花崗片麻岩が分布しているが、大部分は花崗片麻岩に属する。

マサ土の工学的指標

(1) 一次鉱物の組成

一次鉱物組成を第3図、第1表に示す。有色鉱物量は、生駒(領家型)が多く、広島型の岡山・六甲は少ない分布となっている。韓国アサ土においても、31.3%から1.3%までと広く分布しており、特徴的なものは見られず、日本と同様である。二次鉱物は、都ら<sup>2)</sup>によると、カオリナイト、絹雲母、白雲母となっている。また吉永ら<sup>13)</sup>の韓国マサ土10試料によると主要粘土鉱物が主にカオリナイト、パーミキュライトであり、1試料イライトとなっている。日本では一般的にカオリン鉱物、パーミキュライト、イライトであり、あまり違いはないようである。



第3図 一次鉱物組成(松尾・西田<sup>6)</sup>による)

第1表 一次鉱物の組成 (姜・趙<sup>4)</sup>, 都・姜<sup>2)</sup>による)

No.	石英量 (%)	長石量 (%)	有色鉱物量 (%)	採取場所
A	55.0	43.7	1.3	Sangdaeri Yuseong
B	30.8	39.6	29.6	Gungdong Yuseong
C	47.6	46.0	6.4	Munwhadong Daejeon
D	33.2	43.5	23.3	Anyeongdong Daejeon
E	38.1	55.0	6.9	Eoryangri Mangseong IKsan
F	42.7	47.4	9.9	Daebyeolri Sannae Daedeog
<hr/>				
G	49.7	36.8	13.5	Seoul 城北區
H	40.1	44.2	15.7	Seoul 東大門區
I	31.2	45.6	24.2	忠南 禮山郡新岩面
J	33.8	34.9	31.3	忠南 大田
K	39.6	37.7	22.7	忠北 清州

(2) 自然含水比その他

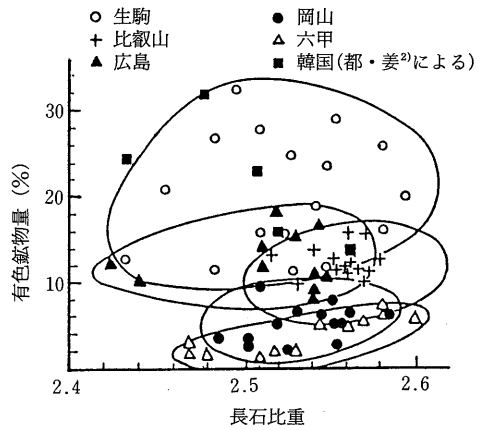
韓国光州地域の測定結果では、自然含水比は、深さ6mで黒雲母花崗岩の約10%、花崗岩土の約5%から地表においてそれぞれ13.5%と9.2%と増加しており、空隙率も22%と16%から35%と31%へと大きく増加している。一方、北部九州地方における9試料のマサ土の表層における自然含水比は、7.9%から17.4%となっており、韓国光州地域のマサ土より高い値を示している。これは北部九州地方のマサ土の方が細粒分が多いことがその一因である。

(3) 比重

土粒子の比重は、長石、雲母の風化の度合により異なる。韓国マサ土は概ね2.6~2.7の範囲に入り、日本のマサ土と大差はない。また、長石、雲母等の比重は風化に伴って変化する。日韓各地域のマサ土の長石比重と有色鉱物量の関係を第4図に示す。韓国のマサ土はデータが少ないが一応領家型花崗岩に属する生駒、比叡山と同様な分布範囲に入っており、有色鉱物量が比較的多い。

(4) 粒度分布

花崗岩質岩石が風化して形成されたマサ土は、顕著な粒子破碎特性を有することは一般に知られている。また粒度分布はその風化の程度により、砂質土系から粘土質



第4図 長石比重と有色鉱物量

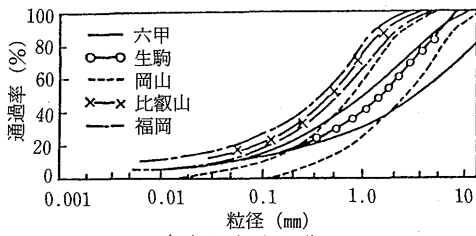
系まで様々に変化する。一般に取り扱われているのは砂質土系のマサ土である。そして、韓国の土木方面の文献で見ると砂質土系を取り扱っているのが普通である。一方、土壌学分野の文献から、吉永<sup>13)</sup>によると韓国の10測点、46試料では、粘土含量 (<2μm) が14.7~74.6%の範囲にあり、かなり粘土質系のマサ土が存在していることを示しているが、一つには粒度分析の分散方法の違いがあることが考えられる。日韓マサ土の粒度分布の一例を第5図に示す。同様な粒径加積曲線の傾向を示している。

(5) 強熱減量

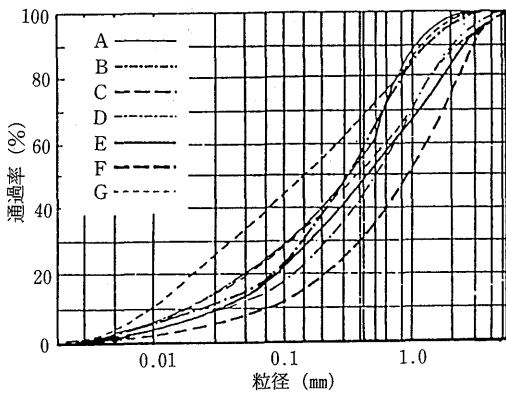
マサ土は風化の進行とともに結晶水を含んだ粘土鉱物が増大する。この結晶水を測定する方法として強熱減量があり、この量は風化度測定の指標となる。強熱減量は土の物理的・力学的性質と極めて関係が深いと言われていた。この強熱減量とファイネスナンバー、pF3.0含水比との間にかなり有意な正の相関があることが示されている<sup>11)</sup>。第6図に強熱減量と最適含水比との関係を示す。両者には日韓両国のマサ土を包含して考えると良い相関関係がある。

(6) コンシステンシー

前述のように、砂質土系のマサ土を取扱っているのが、液性限界、塑性限界の値はN.P.となっているのが大部分である。そのような粗粒分が多い土に適する実験としては、フォールコーンによる液性限界、スランプ試験等がある。第7図にスランプ高さ3cmの時の含水比である流動限界と突固め試験により求められた最大乾燥密度との関係を示す。大体同じ流動限界に対し、韓国土の方が大きな最大乾燥密度を示している。

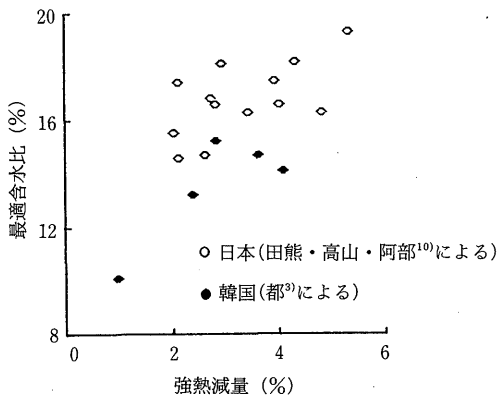


(a) 日本 (西田<sup>9)</sup>による)



(b) 韓国 (姜・趙<sup>4)</sup>による)

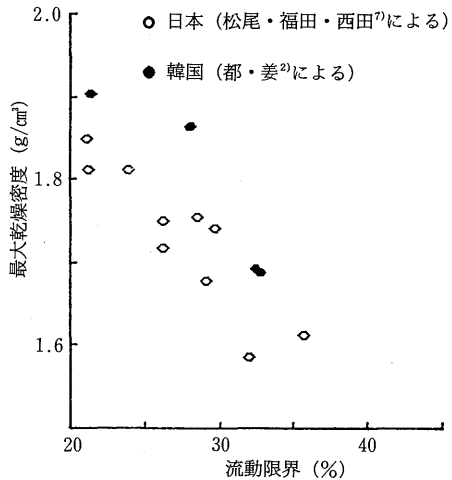
第5図 粒径加積曲線



第6図 強熱減量と最適含水比

(7) pF-水分曲線

第8図に日韓両国のマサ土におけるpF-水分曲線の一例を示す。pF-水分曲線,すなわち土の保水性は風化が進むにつれて増大することが考えられる。第8図(a)において,同pF値における含水比の最大・最小の値を示す2試料を比較すると比表面積で約5倍の違いがある。韓国のマサ土においても,比表面積の値は示されていないが,



第7図 流動限界と最大乾燥密度

0.074mm以下の粒径分をみると,1.0%と47.5%とかなりの開きがあり,第8図(b)がその結果を示しているものとする。

韓国農技研土

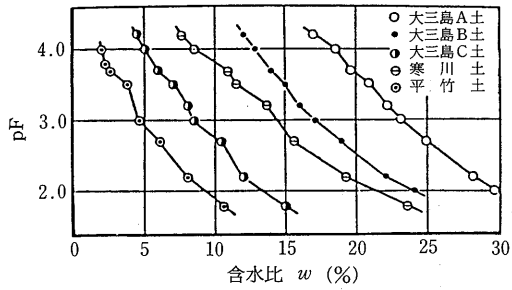
日本に持ち帰った韓国農村振興廳農業技術研究所の実験圃場の4試料について若干の土質実験結果から考察を加える。

(1) 物理的性質

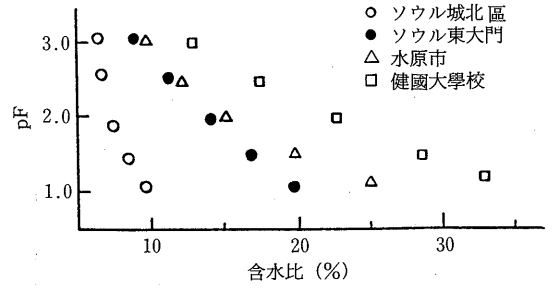
第2表に韓国農技研土の物理性を示す。前節で述べたマサ土とはかなり違う粒径組成を示している。0.005mm以下の粘土分を見ても15~36%となっており,かなり粘土分を含むマサ土である。特に, C, D土はかなり風化が進んでいるものと思われる。土粒子の比重は石英の標準的な比重である2.65より少し大きい値を示している。各土とも風化が進んでいることを反映してコンシステンシーがN.P.とはなっていない。なお,土色帳によるとA, B, D土は黄色土であり, C土は赤色土に分類できると考える。

供試土のX線回折図(粉末法)を第9図に示す。4試料土の回折図は同傾向を示しており,回折図のピーク強度から主要鉱物は石英,正長石,斜長石であるが, C土だけは図に見られるように31.5°付近の斜長石の強い強度が見られない。C土は他の土に比べ風化がかなり進んでいることを示している。

次に,第10図に,韓国農技研土の塑性図を示す。供試土はA線付近かそれ以下に位置しており,また液性限界



(a) 日本(青柳・石井・横瀬<sup>1)</sup>による)



(b) 韓国(李・都<sup>2)</sup>による)

第8図 pF—水分曲線

第2表 韓国農技研土の物理性

No.	粒 径 組 成 (mm)				比重	液性限界(%)	塑性限界(%)	透水係数 (cm/s)
	>2.0	2.0~0.074	0.074~0.005	0.005>				
A	18.0	54.0	13.0	15.0	2.658	37.5	30.0	1.41×10 <sup>-3</sup>
B	20.0	38.0	25.0	17.0	2.683	37.2	24.1	1.06×10 <sup>-3</sup>
C	9.0	18.0	37.0	36.0	2.714	44.0	27.1	9.62×10 <sup>-4</sup>
D	10.0	20.0	41.0	29.0	2.699	46.9	30.1	1.61×10 <sup>-3</sup>

A, B, D . . . . . 黄土色

C . . . . . 赤色土

も50%以下であるので、日本統一土質分類法によると、(ML)である。風化が進んでくるとA線に沿ってA, B土ともC, D土の方へ移行すると考える。

(2) 団粒分析

風乾土を24時間毛管飽和し水中篩別法による団粒分析実験結果を第11図に示す。やはり、第2表の物理性結果でも表れていたように、風化の進んでいる試料ほど細粒化が進んでいる。団粒係数値を次式で求めてみる。

$$\text{団粒係数} = \frac{1 \times 10^6}{\sum \frac{\text{各階級の団粒百分率}(\%)}{\text{各階級の団粒平均直径}(\text{cm})}}$$

A土は240.1, B土は153.1, C土は123.2, D土は135.5となる。B, C, D土は同じ様な団粒化度を示しているが、A土は4試料土の中で一番細粒化が進んでいないにもかかわらず、団粒化が一番進んでいるという結果がでている。これを集合体の安定度からみると、やはりA土が一番団粒化が進んでいることが分かる。花崗岩質土は風化が進み、細粒化されても団粒化が進むとは限らないことを表している。

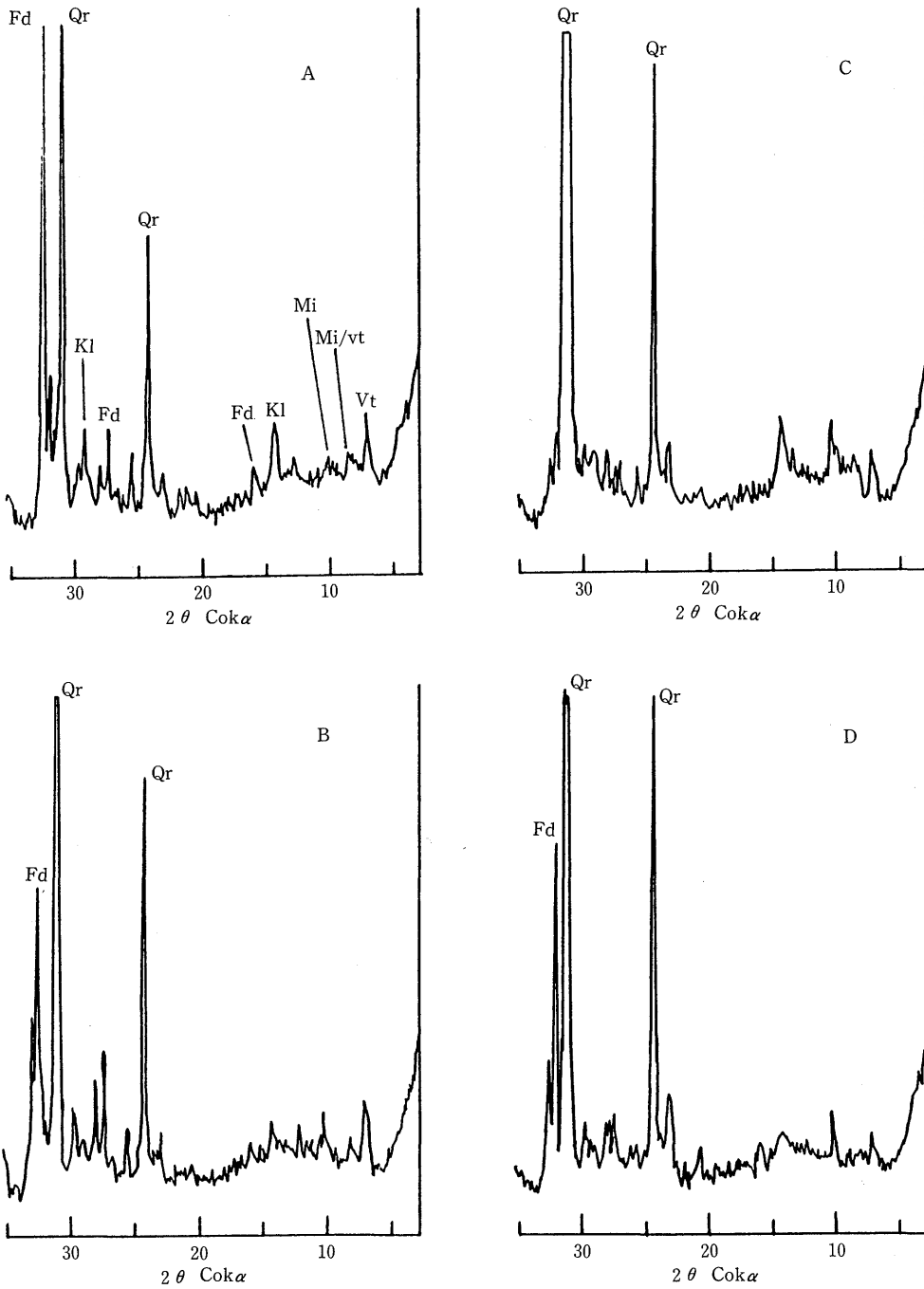
(3) pF-水分曲線

第12図に各試料土のpF-水分曲線を示す。4試料土とも前出の第8図(a), (b)に示した試料土のpF-水分曲線に比べ、含水比が大であり、土の保水性がかなり向上している。この4試料土は、日本で称されている”真砂土”とは違って、いわゆる赤黄色土に近い性質を有している事が推定できる。そこで、北九州に分布している赤黄色土及び玄武岩風化土(オンジャク)との比較を行う。

(4) 主成分分析による土の分類

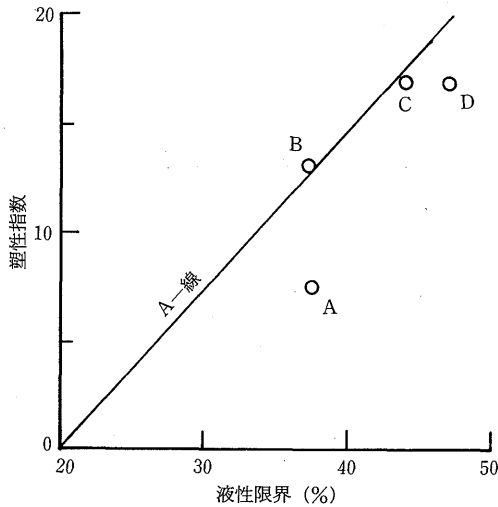
試料土は頁岩・結晶片岩・安山岩・玄武岩等各種の岩石に由来する赤色土12試料土と黄色土8試料土、並びに佐賀県上場地区に産出するオンジャクの4試料土として、韓国農技研土の4試料土の計30試料土を選んだ。農技研土以外の試料土は末耕地から採土した。

各試料土に対して第3表に示す土の水食性に関連が有ると考えられる土壤因子12変数(X<sub>1</sub>~X<sub>12</sub>)を選び、これらの変数により30試料土を韓国農技研土、赤黄色土及びオンジャクのグループに分けることが可能かどうか、またグループ分けできるとすればどのような変数が支配しているのかを求めるために主成分分析を行う。この分析

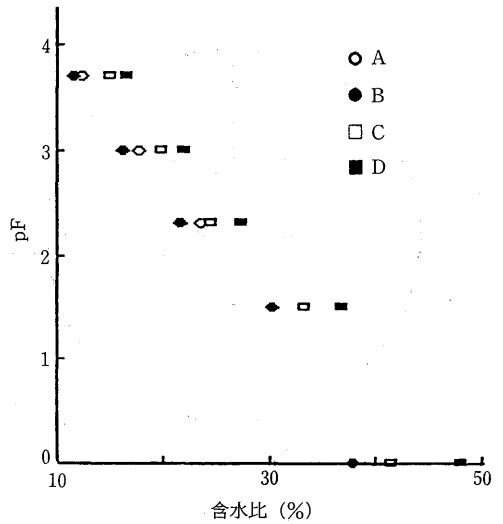


第9図 X線回折図

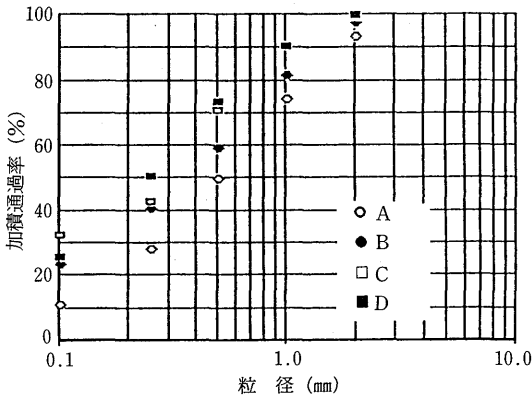
Fd: 長石, Qr: 石英, Vt: パーミキュライト, Kl: カオリン鉱物  
 Mi: 雲母, Mi/Vt: 各成分の混層鉱物



第10図 塑性図



第12図 pF—水分曲線



第11図 団粒分析 (水分散)

変量を作り出す方法である。

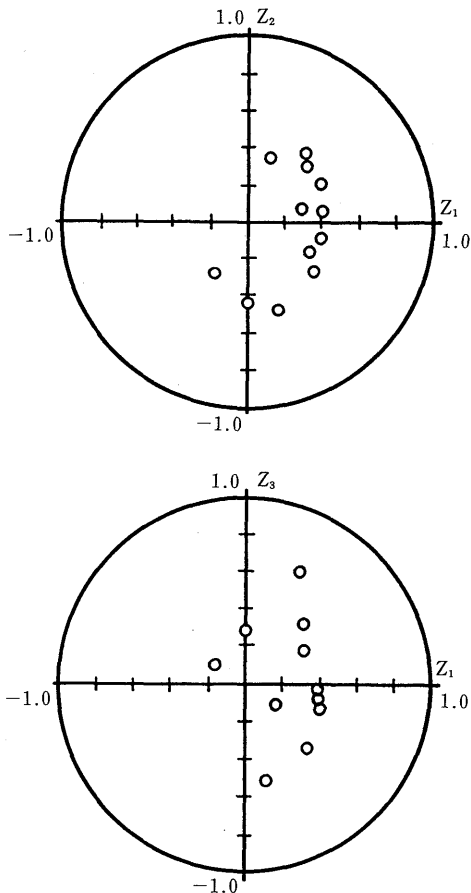
第1, 第2主成分までで累積寄与率を計算すると73% (固有値=3.1) であり, 第3主成分までだと84% (固有値=1.3) となっている。主成分の数の決め方には決定的な方法はないが, 一つの目安として累積寄与率が80%以上大きくなること, そして固有値が1.0以上であることとすると第3主成分まで考慮に入れる必要がある<sup>12)</sup>。

いま各変数の因子負荷量を第13図に示す。因子負荷量において, 二つの主成分だけでその変量をもつ変動を提供している変数は半径1の円周に近い位置にプロットされる。第1, 2, 3主成分で変動を提供している変数は認められない。これら12変数において特徴ある変数が存在しないということになる。次にこれら変数による土の分類を行う。各試料土の主成分スコアを第14図に示す。

第3表 土壌因子とその値

記号	変数	A	B	C	D
X <sub>1</sub>	< 5 μm (%)	15.0	17.0	36.0	29.0
X <sub>2</sub>	< 20 μm (%)	22.0	33.0	59.0	54.5
X <sub>3</sub>	< 200 μm (%)	33.5	48.5	78.0	78.0
X <sub>4</sub>	粘土比	0.176	0.205	0.563	0.408
X <sub>5</sub>	集合体の安定度	81.1	61.9	63.4	75.7
X <sub>6</sub>	分散率	4.5	34.8	37.3	22.9
X <sub>7</sub>	液性限界 (%)	37.5	37.2	44.0	46.9
X <sub>8</sub>	自然含水比 (%)	34.3	29.3	39.6	42.4
X <sub>9</sub>	pF1.5 (%)	32.9	30.0	33.1	36.7
X <sub>10</sub>	pF3.0 (%)	17.5	16.1	19.6	21.7
X <sub>11</sub>	pF4.2 (%)	9.1	8.7	12.0	13.5
X <sub>12</sub>	比重	2.658	2.683	2.714	2.699

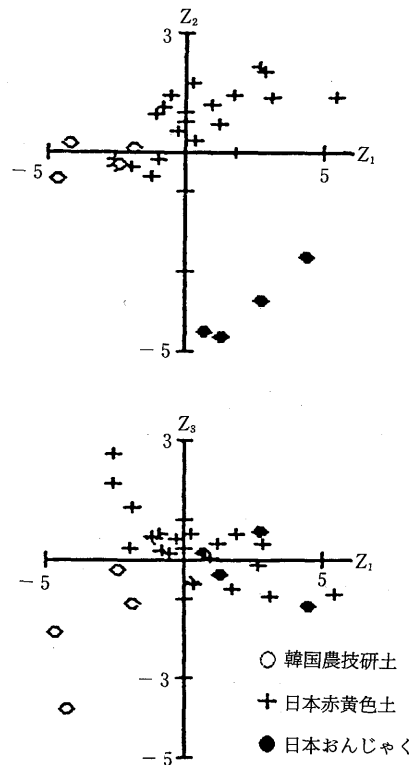
第1主成分軸 (Z<sub>1</sub>) はpF含水比並びに分散率の土の性質の指向を表していると考えられ, 砂質土系が負の方に位置している。第2主成分軸 (Z<sub>2</sub>) の負は集合体の安定度と比重の土の性質の指向を示しており, オンジャクがこの分類に属する。オンジャクでは, 集合体の安定度も大きく, 比重も大きい試料土が第1主成分軸の正, 第2主成分軸の負の強い指向がある。韓国農技研土は, 黄色土に近い土であり, 一応赤黄色土に包含されるようである。韓国農技研土自体では12変数からほとんど違いがみられないが, 砂分が増えるほど第1主成分軸の負が強い指向



第13図 各変数の因子負荷量

法は全説明変数（土壌因子）の変動を代表できる数個のがある。

第14図の第1主成分—第2主成分軸では韓国農技研土は赤黄色土に含まれているが第1主成分—第3主成分軸ではオンジャクが赤黄色土に含まれ、韓国農技研土は赤黄色土とは別の土と分類できる。これは、粘土含量（ $< 0.005\text{mm}$ ）と液性限界因子によるものであり、これらの値が特異なのかもしれない。韓国農技研土、赤黄色土及びオンジャクはこれら12変数を使用してグループ分けが可能である。これらのことより各グループ分けされた土はそれぞれ特徴ある性質を有しているので、これらの土の侵食性を一つの土壌因子にて判定を下すことは困難であると考えられる。



第14図 各試料土の主成分スコア

### 総 括

日韓両国における花崗岩質風化土について、種々検討したわけであるが、一般的な傾向からすると、日韓のマサ土は同じ花崗岩体に属するものであり、非常に似通った土の性質を示していたと考える。しかし、韓国農技研土の実験結果からはかなり違った値がでてきており、砂質土系の花崗岩風化土では日韓両国のマサ土は類似しているが、粘土質化してくると様相が異なってくることが考えられる。ここでは、水食に関連する土壌因子についてのみしか検討を加えなかったため明確な事は言えないがより多くの資料を集めること、並びに多くの試料による実験を行うことにより、さらに、日韓マサ土の特性が判明してくるものと考えられる。

### 引用文献

- 1) 青柳省吾, 石井秀明, 横瀬廣司: 花崗岩風化残積土の基本的性質と二次的性質について. 香川大学農学部学術報告, 26 (1) 25-36 (1974)



- 2) 都 徳鉉, 姜 义黙: 花崗岩質風化土の破碎性に関する研究. 韓国農工學會誌, 21 (2) 81—103 (1979)
- 3) 都 徳鉉: 花崗岩質風化土のC B R特性. 大韓土木學會論文集, 27 (2) 67—78 (1979)
- 4) 姜 义黙, 趙 成燮: 花崗岩質風化土盛土斜面の安定検討에關한研究. 忠南大學校農業技術研究報告, 9 特輯號別刷 88—104 (1982)
- 5) 李 臺薰, 都 徳鉉: 花崗土의風化도가水分吸着 및 浸透性에미치는影響, 韓國農工學會誌, 26 (3) 81—89 (1984)
- 6) 松尾新一郎, 西田一彦: Physical and chemical properties of the decomposed granite soil grains, *Soils and Foundations*, 8 (4) 10—20 (1968)
- 7) 松尾新一郎, 西田一彦, 福田 護: Consistency of decomposed granite soils and its relation to engineering properties, *Soils and Foundation*, 10 (4) 1—9 (1970)
- 8) Miyasiro, A.: Evolution of metamorphic belts. *Journal of Petrology*, 2 (3) 277—312 (1961)
- 9) 西田一彦: マサ土の工学的性質とその取扱い指針—基本的性質—土質工学会マサ土研究委員会, 土質工学会, 東京 (1970) pp. 9—31
- 10) 田熊勝利, 高山昌照, 阿部 篤: 締固め土の粒子破碎と侵食性—飛散侵食の場合—昭和58年度農土九州支部講演集, 231—232 (1983)
- 11) 田熊勝利, 高山昌照: 花崗岩風化土の侵食性とその性質. 昭和60年度農土大会講演集, 326—327 (1985)
- 12) 田中 豊, 垂水共之, 脇本利昌: パソコン統計解析ハンドブックII. 共立出版, 東京 (1984) p. 163
- 13) Yoshinaga, N., Kato, Y. and Nakai, M.: Clay mineralogy of red and yellow-colored soils from Korea. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 32 (1) 113—133 (1986)