

メキシコの沙漠土壌の物理性に関する研究

竹内芳親*・遠山 柁雄*・筑紫二郎**

Investigation of Physical Properties of Mexican Desert Soils

Yoshichika TAKEUCHI*, Masao TOYAMA* and Jiro CHIKUSHI**

Summary

The physical properties of soils in Mexican deserts (Baja California, Mexico) were investigated in a laboratory. Soil samples were taken from the inside and the outside of the field (Guerrero Negro Desert) located near the coast, and from surface and deeper zones of soil in an inland area (Vizcaino Desert). Investigated properties were as follows: hydraulic conductivity of saturated soil, soil-moisture characteristic curve, hydraulic diffusivity, particle density, dry bulk density, and particle size distribution. Results showed that there is little difference between soil properties inside and outside of the field in spite of vegetable production (6 times during 3 years). Furthermore, soils in the Vizcaino Desert were considered to be suitable for agriculture from the viewpoints of water retention and water infiltration.

ま え が き

土壌は、作物の支持媒体としての役割を持つばかりでなく、作物が利用する水分や養分の供給及び貯留の役割を持っている。このような役割は、土壌の物理性によって規定される。また土壌の物理性は、通気性や根の伸長と大きな関わりを持っている。

以上の観点から、メキシコ国バファ カリフォルニア半島の沙漠地域の農業開発のための基礎資料として、土壌の物理性を調査した。ここでは、とくに飽和透水係数、pF水分特性、水分拡散係数、真比重、粒度組成について調べ、鳥取砂丘砂に対する既報の

データとの比較を試みた。

試料及び方法

土壌の物理性に関する試験を現地で行うのは、測定装置、滞在日数が制限されているため困難であった。したがって、現地では、土壌の採取及びその状況の把握にとどめ、土壌の分析は日本で行った。対象とした土壌は次の4種類である。

本学術調査では、カリフォルニア半島の中央部の太平洋岸に近いゲレロネグロで栽培試験を行った。圃場は、最初は農地でなかったが、表層20cmを除去し、ブルドーザで整地し、耕起したものである。こ

*砂丘利用研究施設乾地生態部門

**九州大学生物環境調節センター

*Division of Arid Land Agro-ecology, Sand Dune Research Institute, Tottori University

**Biotron Institute, Kyushu University

ここでは、3年間作物の栽培試験が行われてきたが、耕起および風による微細粒子の堆積によって、地表土は原土とは異質なものになっているかも知れなかった。この圃場の土壌を以下では「圃場土」と呼ぶことにする。このように圃場土は、攪乱した土壌であるため、攪乱以前の土壌として、圃場の外の土壌も採取した。以下、この土壌を「未圃場土」と呼ぶことにする。圃場土も未圃場土も海岸に近い土壌であるため、貝殻が含まれていた。その含有量は、未圃場土の方が多少多かった。

これら2つの海岸砂丘の土壌とは別に、カリフォルニア半島の内陸部にあるビスカイノの土壌を採取した。この内陸部の土壌は、地表から22cmの深さまでは比較的緩やかな詰まり方をしているが、それ以上の深さでは堅く固結している。この上・下層の土壌をそれぞれ略して「VIZ上層土」、「VIZ下層土」と呼ぶことにする。

土壌の物理性の測定方法は、次の通りである。

1) 飽和透水係数

市販の器具を用いて、定水頭による試験を行った。

2) 真比重

真比重は、JIS A1202-70に準拠して求めた²⁾。

3) 粒度分析

粒度分析は、JIS A1204-70に準拠した²⁾。土壌の分散剤として、NaOH 1N液20ccを用いた。

4) 土壌水分特性曲線

吸水過程の曲線に対しては、土柱法を用いた。内径5.5cm、高さ5cmのアクリル・カラムを1mの高さまで接続し、土壌を詰め、下端を定水頭の水に浸し、

水を毛管上昇させた。このまま約1ヶ月間放置した後、カラムを分解し、含水比を測って、各高さに対する体積含水率を求めた。一方、脱水過程の曲線に対しては、遠心法と吸引法を用いた。遠心法では、pF2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0に相当する水分量を求め、吸引法ではpF1.0, 1.3, 1.7, 2.0に相当する水分量を求めた。

5) 土壌水分拡散係数

水分拡散係数は、不飽和土壌中における水分の移動を規定する係数である。この係数を求めるため、Bruce and Klute法¹⁾を用いた。この方法では、水分拡散係数は、水平に置いた土壌カラムにおいて、一方の端から水を水平浸潤させて得られる水分分布から、次式を用いて求められる。

$$D(\theta) = \frac{1}{2t_0} \frac{dx}{d\theta} \int_{\theta_0}^{\theta} x d\theta \quad (1)$$

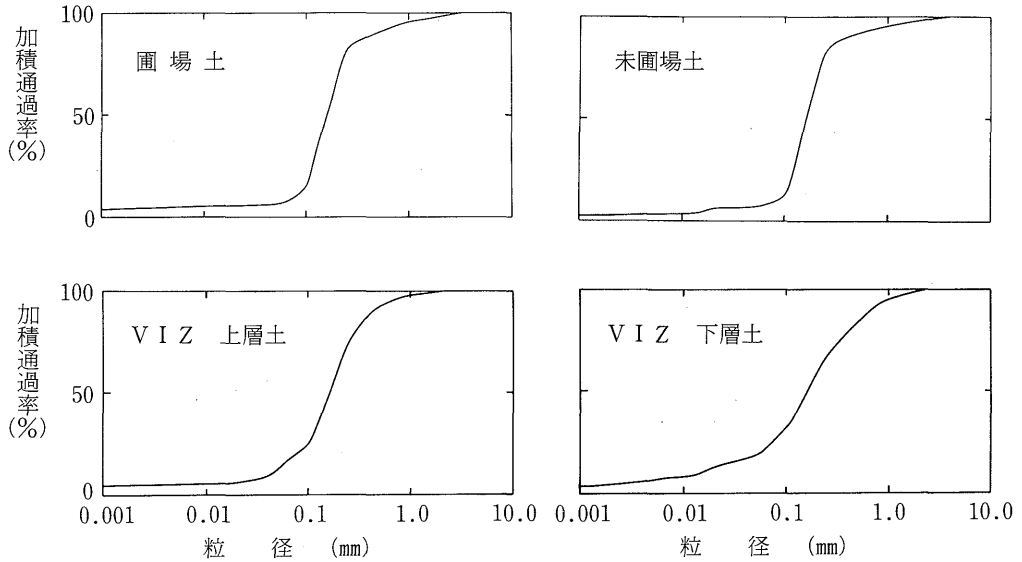
ここで、 t_0 は浸潤時間、 $dx/d\theta$ は任意の水分量 θ の値における土壌水分分布曲線の勾配、 θ_0 は、初期水分量である。

測定結果及び考察

まず、真比重、乾燥密度、飽和透水係数の値を第1表に示す。真比重についてみると、鳥取砂丘の値2.6に比べて³⁾、4つの土壌はいずれも多少大きな値を示している。4つの土壌の中では、最も値の小さいVIZ下層土を除くと他は大体同じ値を示している。乾燥密度を見ると、圃場土、未圃場土、VIZ上層土は、鳥取砂丘砂の値1.5に近い値を示したが、VIZ下層土は1.34と小さな値であった。実際のVIZ下層土

第1表 土壌の乾燥密度、真比重、飽和透水係数の値

	圃場土	未圃場土	VIZ上層土	VIZ下層土
乾燥密度 (g/cm ³)	1.56	1.58	1.57	1.34
真比重	2.707	2.715	2.697	2.652
飽和透水係数 (×10 ⁻² cm/sec)	0.80	0.76	0.11	0.23



第1図 土壌の粒径加積曲線

では、固結層をなしているのので、乾燥密度はもう少し大きくなるであろう。

メキシコの4種の土壌の飽和透水係数は、 10^{-3} cm/secのオーダーであった。鳥取砂丘砂の飽和透水係数は、一般に 10^{-2} cm/secのオーダーと言われているので³⁾、メキシコ土壌よりも多少大きめである。ピスカイノの上層土と下層土の飽和透水係数を比較すると、下層土の方が大きい、この場合の理由も、VIZ下層土に対しては乱した試料で測定したためであると思われる。VIZ下層土の固結層は、スコップでも容易に掘れないほど堅いが、一旦耕起すれば、VIZ上層土よりも透水性、通気性がよくなる可能性が示唆される。

粒度分布の結果を第1図に示す。粒度分布の広がりや形状を数値的に表わす指標として、均等係数 U_c と曲率係数 U_c' とがあり(第2表)、それぞれ次式で定

義されている。

$$U_c = D_{60}/D_{10} \quad (2)$$

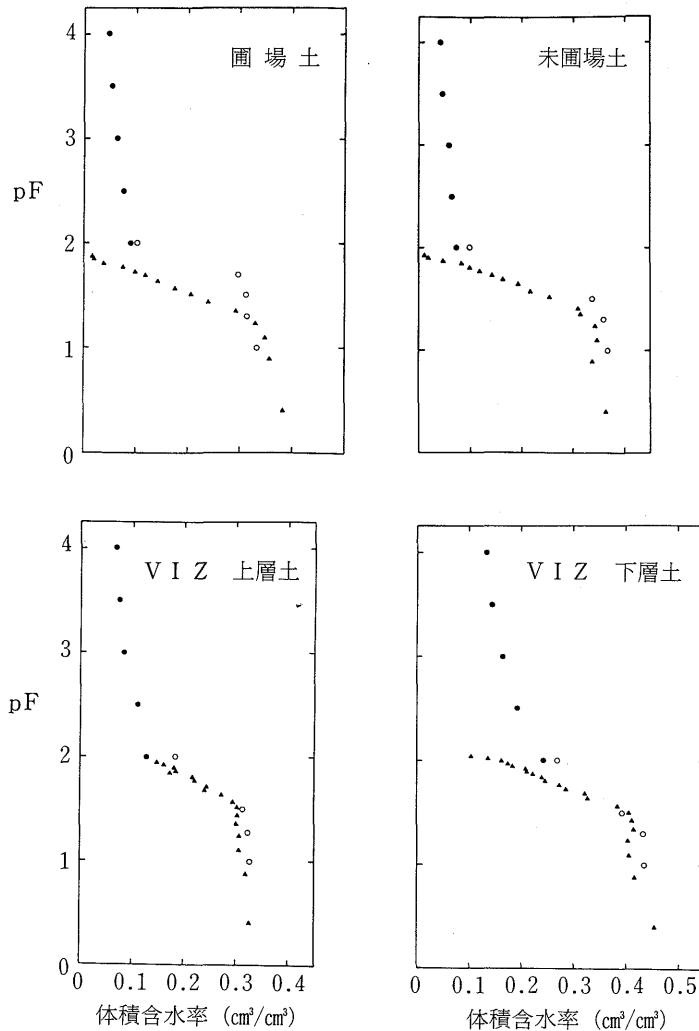
$$U_c' = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60}) \quad (3)$$

ここで、 D_{10} 、 D_{30} 、 D_{60} はそれぞれ10、30、60%粒径である。結果を一見すると、圃場土及び未圃場土よりもVIZ上・下層土の方が粒度組成がよいのがわかる。とくに、VIZ下層土の場合、 U_c が14と最も高い。一般に、 U_c が10以上であると「粒度がよい」とされているので、VIZ下層土だけそれに相当する。鳥取砂丘砂の場合、 $U_c=1.55$ 、 $U_c'=1.08$ とされている³⁾から、ここでの圃場土や未圃場土は鳥取砂丘砂に比べて粒の揃い具合が多少劣ると判断できる。

土壌水分特性曲線を第2図に示す。遠心法と吸引法による脱水過程の結果では、いずれの土壌の場合も大体滑らかな曲線で結合できる。pF1.0から1.8の

第2表 土壌の粒度分布における均等係数及び曲率半径

	圃場土	未圃場土	VIZ上層土	VIZ下層土
均等係数	2.7	2.2	4.3	14.0
曲率半径	1.3	1.1	1.6	2.8



第2図 土壤水分特性曲線：▲ 土柱法；
○ 吸引法；● 遠心法

範囲では、圃場土、未圃場の場合多少のヒステリシスが現われたが、VIZ上・下層土の場合はほとんど現われなかった。吸水過程（土柱法）では、pF2.0以上の値は得られていないが、この部分では、いずれの土壌の場合もヒステリシスが存在しそうである。飽和の体積含水率の値は、VIZ下層土で0.45と最も大きく、以下圃場土の0.38、未圃場土の0.35、VIZ上層土の0.32の順であった。VIZ下層土よりVIZ上層土の方が締めりがよい土であるように思われる。また、pF4.0の体積含水率は、VIZ下層土で0.13と最も大き

く、以下VIZ上層土の0.065、圃場土の0.05、未圃場土の0.04であった。土壌の保水性を表わす指標はいろいろあるが、pF 2 から pF 3 までの水分量とすると、圃場土や未圃場土は、保水性がよい土とは言えず、むしろVIZ上層土やVIZ下層土の方が比較的保水性がよい土といえる。鳥取砂丘砂では、圃場含水量が約10%、有効水分量（圃場含水量－永久しおれ点）が6－7%であり³⁾、保水性がよくない。それに比べると、ここでの4種の土壌は多少保水性がよい。例えば、圃場土の場合でも、圃場含水量（pF1.8）が

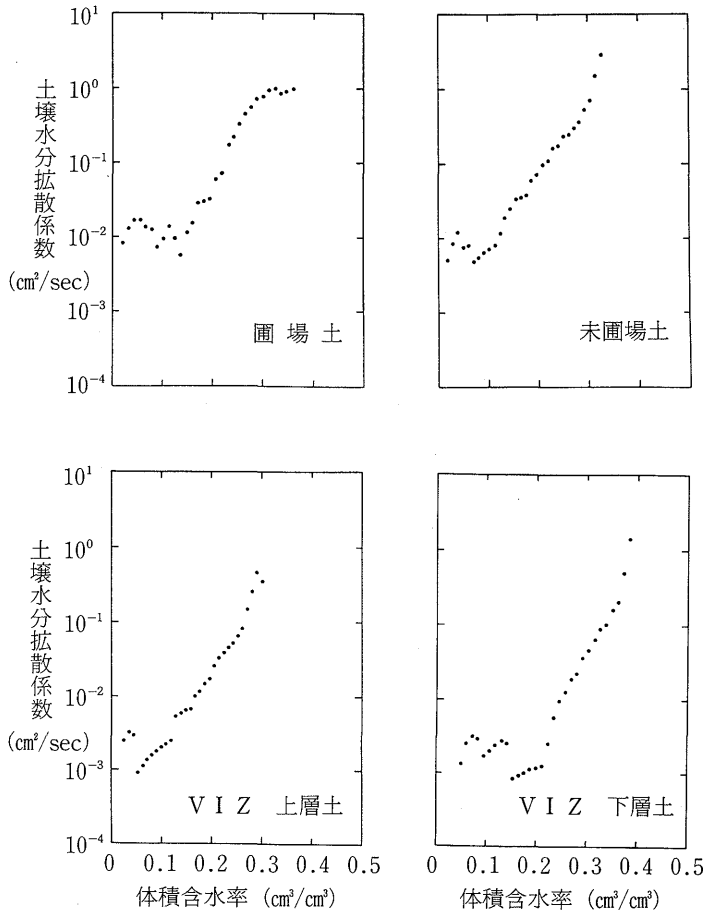
25%, しおれ点 (pF4.0) が5.0%なので有効水分が20%程度あるものと考えられる。

第3図には、土壌水分拡散係数の測定結果を示す。水分拡散係数は不飽和水分条件下での水分の移動のしやすさを示すものである。いずれの土壌の場合も、測定結果は水分の少ない範囲で多少の乱れが存在するものの、全体的には片対数紙グラフ上で直線に近い

い変化をしている。各測定曲線を比較すると、未圃場土、圃場土、VIZ上層土、VIZ下層土の順に高い値になっている。土壌水分拡散係数 $D(\theta)$ は、土壌水分特性曲線(吸水過程)を用いて不飽和透水係数 $K(\theta)$ に変換することも可能である。つまり、

$$K(\theta) = D(\theta) \cdot (d\theta/d\phi) \quad (4)$$

ここで、 ϕ は、マトリックサクションである。



第3図 土壌水分拡散係数

ま と め

圃場土と未圃場土とは、本質的に同じ土壌であろうが、圃場土はここ3年間農地として用いられ、この期間に通算6回作物が栽培されているため、土壌の物理性に多少の変化が生じた可能性が考えられた。しかし、調査の結果、2つの土壌の物理的特性には

それほど差がないことが明らかになった。

一方、内陸沙漠に属するビスカイノの土壌は、圃場土に比べて粒度分布がよく、砂土よりは砂壤土に近かった。ビスカイノの土壌は、現地では22cmの深さまで緩やかな締まりの土壌で手掘も可能であるが、それ以上の深さでは非常に堅く、スコップを用いても掘削は容易でなかった。このため、一部サボテン

類の根は下層まで侵入しているものの、一般作物ではこの固結層への根の伸長は不可能であると考えられる。ビスカイノ沙漠で農業開発を行おうとすれば、上層土を利用しなければならないが、上層土の厚さが小さいところでは、下層土を耕起して利用する必要がある。調査の結果、下層土を乱した土は上層土に匹敵する土壤であることがわかった。いずれにしても、ビスカイノの土壤は、砂壤土に近いので、土壤の物理性から判断すると、透水性が小さく保水性が大きい、農業利用に適した土壤であると考えられ

る。

文 献

1. Bruce R.R. and A. Klute. 1956. The measurement of soil moisture diffusivity, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **20**: 458-462.
2. 土質工学会編. 1975. 土の試験・調査実習書, 土質工学会: 21-32.
3. 小谷佳人. 1984. 日本の特殊土壤(その10)一砂丘地一, *農土誌*, **52**: 409-416.