

## 熱帯の土壌（Ⅱ-5）

八木久義\*・山家富美子\*\*

### ヴァーティソル（Vertisols）

#### 1) はじめに

熱帯地方、特に半乾燥気候やモンスーン気候のように明瞭な乾季を持つ気候地域にはヴァーティソル（Vertisols）と呼ばれる特殊な土壌が発達している。この土壌は、その名前がラテン語の“verto”（反転する）に由来することから推察されるように「動く」ことがその最大の特徴であり、わが国でも「反転土壌」（続熱帯土壌学提要（1981）：菅原道太郎・尾中健二郎訳）と訳されている。

土壌が動くといってもそれは肉眼で識別できるような速さでは勿論ない。しかし、「不動の大地」とたとえられる程安定しているはずの土壌の中で唯一動く土壌であり、しかもその動きは極めて緩慢ではあるが道路や建物、あるいはパイプラインなどの建造物を破壊する程強烈な力を秘めているため、農林業のみならず土木や建築関係者からも一目置かれている、極めて珍しい土壌である。

コーネル大学の土壌学者オルソン博士によると、かつてガテマラ高地からユカタン半島にかけて高度の文明を築いたマヤ人も、寺院の建設などに際してはこのヴァーティソル地帯だけは避けたという。

#### 2) 生成および特徴

このような土壌が生成されるためには、幾つかの前提条件が満たされる必要がある。

その先ず第一は、土壌に含まれる粘土鉱物の種類と量である。乾燥すると収縮し、湿ると膨脹する性質の強い2:1型の膨潤性の粘土鉱物が、深い土層（50 cm 以上）に多量（30% 以上）に含まれていることが必須条件である。この膨潤性の粘土鉱物の代表的な存在であるモンモリロナイトは、乾燥状態のものを湿らせた場合25～50%も体積が増加するといわれている。

このようなモンモリロナイトが生成されるためには、Mg や Ca イオンに富んだ風化環境が不可欠である。そのため、ヴァーティソルはいずれも玄武岩などの塩基性岩か、石灰岩あるいは石灰質の堆積物などからなる地域にのみ特徴的に発達する。

次に必要なのは気候条件である。半乾燥地帯、サバンナ地帯、および降水量が500～1000 mm 程度の熱帯～亜熱帯のように、4か月以上の乾季を持つことが必要条件である。そのような地域では、乾季に土壌が乾燥すると粘土鉱物が収縮するため地表面に多角形網目状のクラックが発達する。このクラックは幅が1 cm、深さは50 cm 以上に達するのが普通である。雨季に入り土壌が湿り粘土鉱物が膨脹すると、乾季の間に風や

---

YAGI, Hisayoshi & YAMBE, Fumiko: Soils in the Tropics (II-5) Vertisols

\* 東京大学農学部, \*\* 農林水産省森林総合研究所森林環境部

動物などの作用により崩落した土砂や礫がクラック内に詰まっているため、必然的に土壤内部に強い応力が発生する。そのためクラックの両サイドの土壤が押されて側方へ移動する。このような土壤の移動により、土塊の表面にスリックンサイド (slickensides) (わが国では「鏡肌」と訳されている) (菅野, 1970) と呼ばれる光沢のある面や、くさび型の土壤構造 (wedge-shaped structure) が土壤内部に形成されるとともに、土壤表面にはギルガイ (gilgai) と呼ばれる凹凸の起伏をもった微地形が形成される。

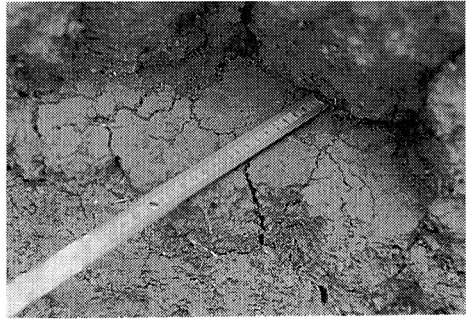


写真-1 スリックンサイド (Slickensides)  
(スケールを当てた光沢のある平らな面がスリックンサイドである)

これらスリックンサイド、くさび型の土壤構造およびギルガイは、現在世界の多くの国々で使われるようになった Soil Taxonomy (USA, 1975) や FAO/Unesco の世界土壤図 (FAO/Unesco, 1971~1978) において、ヴァーティソルを区分するための重要な識別特徴として採用されている。

### 3) 分布

以上のようにヴァーティソルは非常に特異な土壤ではあるが、面積的にはかなり分布が広く、北緯 45 から南緯 45 度までの間に 2 億 5 千 7 百万 ha 分布しており (DUDAL, 1965), その 90% 近くが北緯 30 度から南緯 30 度までの間に集中的に分布しているといわれている。このようにヴァーティソルはその分布に多少の偏りはあるがかなり汎世界的に分布しており、しかもその特異性の故に、各地でいろいろな名前が付けられている。例えば、Black earths, Black cracking clays, Black cotton soils, Regur (インド), Gilgai soils (オーストラリア), Grumusols (米), Paleosols (独) などである。地域的にはオーストラリア東部、インドのデカン高原、スーダン、エチオピア、チャドなどで分布が広いことが知られている。

### 4) 理化学的性質

ヴァーティソルの特異性は、その理化学的性質にもよく表れている。

まず化学的な性質では、モンモリロナイトの生成とも関連することであるが、一般に置換性の Ca や Mg の含有量が高いので、pH も全層的に高く微酸性~中性~微アルカリ性を示すのが普通である。

表-1 はフィリピン共和国ヌエバエシハ州パンタバンガンで行われている日比森林造成技術協力プロジェクトの植栽試験地において調査した、標高 300 m の凹型斜面に分

表-1 ヴァーティソルの化学的性質

| 層位(深さ)<br>(cm)          | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | C%   | N%   | C/N | CEC<br>me/<br>100g | ex. Ca<br>me/<br>100 g | ex. Mg<br>me/<br>100 g | $\frac{\text{ex. (Ca + Mg)}}{\text{CEC}}\%$ |
|-------------------------|--------------------------|------|------|-----|--------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------|
| A (0-19)                | 6.2                      | 3.12 | 0.18 | 17  | 21.4               | 6.86                   | 2.43                   | 43                                          |
| B <sub>1g</sub> (19-34) | 6.4                      | 1.75 | 0.11 | 16  | 31.5               | 9.07                   | 6.89                   | 51                                          |
| B <sub>2g</sub> (34-51) | 6.8                      | 1.05 | 0.07 | 15  | 42.8               | 12.9                   | 11.1                   | 56                                          |
| BC (51-68)              | 6.9                      | 0.80 | 0.06 | 13  | 44.7               | 12.8                   | 12.9                   | 57                                          |
| C (68 +)                | 7.0                      | 0.64 | 0.06 | 11  | 46.1               | 13.6                   | 14.3                   | 60                                          |

g : その層位内に斑紋や斑鉄が形成されていることを示す ; CEC : 塩基置換容量 (Cation exchange capacity) ; ex. Ca : 置換性カルシウム

表-2 ヴァーティソルの理学的性質

| 採取<br>部位<br>(cm) | 細孔隙<br>率(%) | 粗孔隙<br>率(%) | 全孔隙<br>率(%) | 固相率<br>(%) | 液相率<br>(%) | 気相率<br>(%) | 透水速度<br>cc/min. |       |
|------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-----------------|-------|
|                  |             |             |             |            |            |            | 5 分後            | 15 分後 |
| 0~10             | 31          | 27          | 58          | 42         | 30         | 28         | 5               | 4     |
| 35~40            | 54          | 4           | 58          | 42         | 55         | 3          | 1               | 1     |
| 70~75            | 50          | 7           | 57          | 43         | 51         | 6          | 1               | 1     |

布する, Ca に富んだ第三系泥岩を母材とするヴァーティソルの化学的な性質である。

モンモリロナイトが多量に存在することを反映して陽イオン交換容量 (Cation Exchange Capacity, CEC) が大きく, しかも置換性 Ca や Mg の含有量も高いことから置換性 Ca および Mg の飽和度 (置換性 Ca および Mg の合計/CEC×100%) も高く, pH も 6.2~7.0 と微酸性から中性となっている。

また, 理学的な性質に関しては, 一般に土層が非常に埴質で, しかも内部応力により締め固められているので極めて緻密であり, 一定の体積当たりの重さ即ち容積量が 1.8~2.0 と土壌の中では最高の値を呈することが多い。表-2 は, 表-1 と同じヴァーティソルの理学的な性質であるが, 特に下層土では全孔隙の中に占める細孔隙の割合が非常に高く, 気相率は小さく, 透水速度も極めて小さいなど理学的性が極めて不良であることを示している。このような土壌では雨季になると湿ってねば土となるとともに, 通気透水性が極めて不良となるため通常土層内が還元状態となり, 断面内に斑紋や斑鉄が形成されていることが多い。

熱帯の土壌には, 前号までに述べた赤色土のように鉱物の風化や塩基の流亡が進み非常に酸性化した土壌の分布が概して広いため, 熱帯の土壌という一般に塩基含有量の低い痩せた土壌を連想しがちであるが, 本土壌のような極めて塩基に富んだ土壌も熱帯, 亜熱帯地域には分布しているのである。

## 5) 植生および利用

このように、化学的な性質は比較的良いが、理学的な性質が極めて悪いのと、乾季に土層が非常に乾燥し、しかもクラックの発達により根が切断されることがあるなどのため、多年性植物の生育にとっては極めて厳しい土壌環境条件であるので、植生は一般に貧弱で草原か耐乾性の棘のある低木の疎林になっているところがほとんどである。

そのためヴァーティソルが発達しているようなところでは、一般に人工林の造成は非常に困難であり、パンタバンガンプロジェクトの植栽試験地でもこの土壌のところでは、各種早生樹を主とする植栽木の活着率や初期の成長状態が軒並み不良であった。

農業的には、土壌が極めて埴質・緻密であるため、発展途上国で従来から使用されてきたいわゆる原始的な農具では耕耘が困難であり、水管理も難しいことなどから利用開発があまり進んでいないのが現状である。しかし、ヴァーティソルは比較的浸蝕を受けやすい関係上、その分布が台地、高原、平原、谷底平野などの緩斜面や平坦面などに限られているなど分布している地形が一般に良好であり、また、水保持力が高く、化学性も比較的良好であるから、畜力や機械力などを導入することによって、灌漑および耕耘・施肥（特に窒素やリン酸）などの適切な土壌管理を行えば非常に良好な農耕地となるため、そのような所では綿、さとうきび、小麦、米などの生産が盛んに行われている。

## 《お知らせ》

### 公益信託四方記念地球環境保全研究助成基金

標記基金の助成対象者が平成4年度も募集されます。

大学等の研究機関の研究者または研究グループ（大学院生や研究生を含む）で、1) 熱帯雨林の減少、砂漠化の進行等の地球規模の自然環境問題、2) 絶滅の恐れのある生物等の生態及びその保護・回復、3) 人間の生活と両立する自然環境、野生生物等の管理手法に関する調査・研究に対し、3件程度、総額150万円が助成される予定です。応募締切は、平成4年5月下旬（予定）。募集要項、申請書等は平成4年4月以降に配布されます。

#### 【申請書の請求先】

〒113 東京都文京区湯島2-29-3 財団法人日本野生生物研究センター内  
標記基金事務局 電話 03-3812-1881（担当：茨城康弘）

（助成の例）第1回（平成2年度）

「ヒマラヤ地域の湿原植物の種の保全についての基礎的研究」

東京農業大学農学部助手 宮本 太（助成金額：35万円）