

熱帯の土壌 (II-18)

八 木 久 義*

堅 密 度 及 び 固 結 層

1. は じ め に

本講座も回を重ねて今回で 18 回目を迎え、そろそろこの辺で一応の区切りをつけることとなりました。

土壌の性質は、pH や塩基飽和度などの養分的なものに関する化学的性質と、通気透水性などの水分環境に関する理学的性質に大別され、いずれも樹木の生育と密接な関わり合いをもっている。

そのうち化学的性質の主なもの及び理学的性質の一部については既に述べてきたとおりである。本稿では、熱帯における土壌の水分環境や樹木の根系の伸長を大きく支配する堅密度及び固結層に関する幾つかの例を紹介して、本講座の締め括りと致します。

2. 堅 密 度

土壌の堅さや緻密度は、一般に堅密度と総称されている。

土壌の堅密度は、前稿の土性（粒径組成）や、構造、孔隙量、容積重、水分状態などを総合的に反映したものであり、通気透水能や保水能、及び樹木の根系の発達の難易などと密接な関係をもつ大変重要な性質である。

野外における土壌の堅密度を調べる簡単な方法としては、親指で土壌断面内の各土層を押して、表面のへこみ具合からそれらの堅密度を判定する方法と、硬度計を用いて直接各土層の堅密度を測定する方法とがある。

硬度計としては、その先端の円錐部が土壌に押し込まれると、円錐部が受ける抵抗に比例してそれを支えているバネが縮むため、土壌の堅密度に応じて円錐部が後退するので、その後退量の大きさ（mm）で土壌の堅密度を知ることができる山中式硬度計が、最も一般的に用いられている。

実際の土壌断面内における各土層の土粒の結合状態と、親指で土層を押した時の表面のへこみ具合、堅密度の区分、及び山中式硬度計で測定した指標硬度との相互関係は、およそ表 1 のとおりである。

一般に山中式硬度計の指標硬度が 20 を越え、堅密度が「堅」の状態になると植物の根系の伸長が抑制され始め、25 以上の「すこぶる堅」の状態になると伸長が阻害されるといわれている。

YAGI, Hisayoshi : Soils in the Tropics (II-18) Compactness and Indurated Layer

*東京大学農学部附属演習林

表 1 土粒の結合状態、堅密度、及び指標硬度

土粒の結合状態	親指で土層を押しした時の表面のへこみ具合	堅密度の区分	山中式硬度計の指標硬度 (mm)
隙間が多く土粒の結合が弱い	指が土層内にたやすく深く入る	粗	10 以下
土粒は比較的密に結合している	指で押すとはっきりした深い指の跡が容易にできる	軟	10～20
土粒が密に結合している	土層を指で強く押しても指の跡がわずかしかなかった	堅	20～25
土粒が非常に密に結合している	断面を指で強く押しても指の跡が残らない	すこぶる堅	25 以上
土粒が極めて密に結合している	やっと土壌コテを入れうる	固 結	

熱帯の土壌、特に明瞭な乾季と雨季のある半乾燥あるいはモンスーン気候下の土壌は概して堅密であるが、中でも森林が伐採された後、収奪的な焼畑や粗放な放牧のための火入れが繰り返して行われてきたような荒廃草地の土壌は非常に堅密なものが多く、乾季には指標硬度が 30 前後を示すものも少なくない。

写真 1 は、フィリピンのパンタバンガン森林造成プロジェクトサイトにおいて、植栽後数年経過してもほ

とんど樹高成長の認められないマホガニー (*Swietenia macrophylla*) を、乾季の終わりに掘り取り調査したものである。植栽木の根系は、ほとんどが育苗時のポットの外形をそのまま残した粘土質の堅い土壌の中に集中しており、一部土壌の外に出たものも植穴の壁面が指標硬度 30 前後と堅密なため、植穴より外へ伸長した根系は皆無であり、植穴の内部でしか発達していなかった。

そのように根系の発達が全く不十分なため、地上部は 5 月～10 月にわたる雨季にもそれ程成長できず、また、11 月～4 月にわたる乾季には相当な水分欠乏となるため、樹体を保護すべく極端に葉を落としていたものと推定された。

写真 2 は、パンタバンガンプロジェクトサイトにおける非常に堅密な土壌が広く分布する地域において、林道開設の際に、ブルドーザで削り取られた下層土が積み上げられた路肩に植栽されたヤマネ (*Gmelina arborea*) の、やはり乾季の終わり頃のものである。一般に腐植の浸透・集積により暗色系統の土色を呈し比較的肥沃な表層土壌と比べ、明らかに肥沃度が低いと考えられる明褐色の下層土だけのところに植栽されたにも

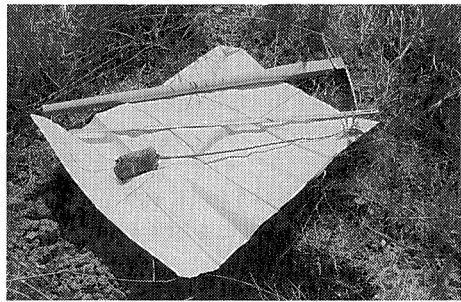


写真 1 根係部に育苗時のポットの外形をそのまま残した固い土塊をつけて掘り出された植栽木（マホガニー）



写真 2 ブルドーザで削り取られた下層土からなる路肩に
植栽されたヤマネ

かかわらず、ヤマネは6か月にもわたる乾季の終わり近くでも樹葉が青々としていた。

ブルドーザで積み上げられた下層土からなる厚い堆積物を構成する土粒の結合が比較的弱いため、堅密度が低く、孔隙率が高く、通気透水性

が良好であるなど理化学性が適していたため、植栽された雨季の間に根系の発達が十分に進み、その結果、乾季の終り近くでもそれほど極端な水分欠乏に陥っていないためではないかと思われる。

このように、熱帯モンスーン地帯の荒廃草地における早生樹の造林に際しては、土壤の化学的性質もさることながら、理学的性質、特に植栽初期の根系の発達の良否を左右する堅密度が、極めて重要な要因であることを示している。

そこで、パンタバンガンプロジェクトサイトではブルドーザの後部に長さ約1mのリップパーを3本装着し、そのように堅密な土壤を耕起してから(写真3)植栽したところ、ほとんどの樹種で活着率や初期成長の著しい向上が認められた。

特に耕起地に植栽されたアウリカリホルミスアカシア (*Acacia auriculiformis*) の成長は抜群に良好で、植栽後6~7年で既に結実を始め、大量の苗木生産用の種子の自給が可能となった程である(写真4)。

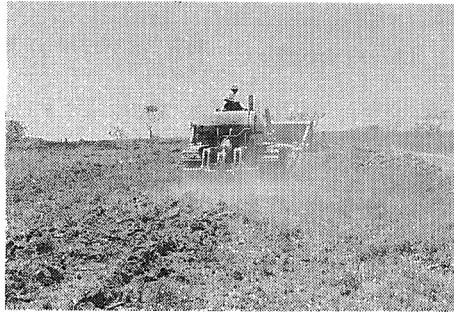


写真 3 リッパーを装着したブルドーザによる堅密土壤の耕起作業

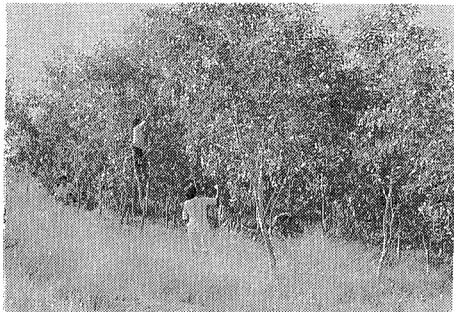


写真 4 アウリカリホルミスアカシア林における種子採取作業

3. 固 結 層

熱帯地方の荒廃草地の土壌の中には、あまり深くない下層に固結層をもつものも少なくない。

固結層の中には、ケイ酸、遊離酸化物、炭酸石灰、粘土などにより膠結されたものもあるが、未風化の基岩あるいは古期の堆積物由来のものも少なくない。

わが国のように年降水量が比較的多く、しかも降雨が比較的通年にわたるような所では、ある程度の厚さの土壌層が発達していれば森林の生育や生存にそれ程致命的な問題は生じないようである。しかし、数か月にもわたるほとんど降雨のない乾季をもつような所では、有効土層の厚さ、即ち、固結層の出現する深さも大変重要な問題となる。

写真5は、同じくパンタバンガンプロジェクトサイトにおいて、雨季にはある程度地上部が上長成長するが、乾季になるとその分ダイバック（die-back）するため、通年的にはほとんど上長成長の認められない樹木の掘り取り調査を行ったものである。

掘り取った樹木の直根は50 cm 深前後の所で直角に曲がり、それ以深の層への侵入は全く認められなかった。

写真6は、掘り取り調査を行ったところの土壌断面である。表層から50 cm 深前後までは比較的堅密ではあるが、土壌化が進んでいたのに対して、それ以深は腐れ礫に富み、堅密度が「固結」の状態である堆積物層となっており、そのため樹木の根系の50 cm 以深への侵入が妨げられていたことが判明した。

従って、パンタバンガンプロジェクトサイトのように6か月近くにも及ぶ乾季のある所では、ある程度成長した樹木は、通気透水性や保水能がほとんど零に近い固結層の上に載る50 cm 深前後の埴壤土層の土層が蓄える水分だけでは長い乾季を乗り越えることができず、そのため乾季たけなわともなると水分不足となり、樹体保護のためダイバックを起こすものと推定された。

そのようなところでも山火事や土壌浸蝕を防ぎ、できるだけ深根性の植生の存続を図

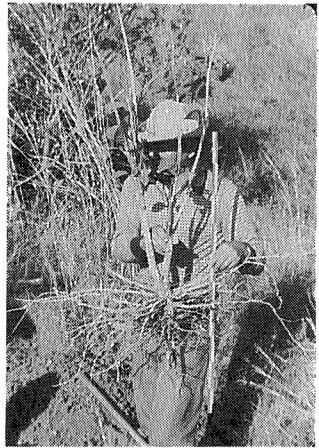


写真5 ダイバックを繰り返す樹木の根系

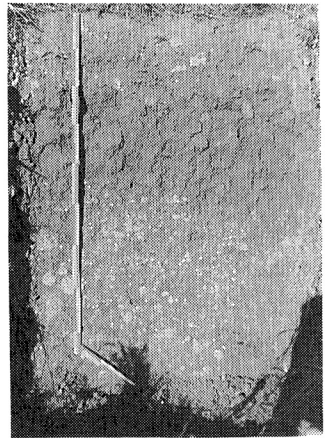


写真6 ダイバックを繰り返す樹木根元の土壌断面

◎熱帯林業講座◎

り、徐々にではあるが生態的な自然の力による固結層の破壊、即ち、土壌化を促すことによって、有効土層がさらに厚くなれば、そのようなダイバックの繰り返しもなくなることであろう。

しかし、そのためには当然のことながら、極めて長時間を必要とする。もし、そのような所で国土保全や木材資源培養などのための森林造成を急ぐのであれば、あらかじめなんらかの手段を講じて下層の固結層を破壊しておく必要があるだろう。

4. お わ り に

熱帯モンスーン地帯や半乾燥地帯のように長期間にわたる明瞭な乾季があるなど、気候的に大きな問題のあるところでの森林造成に際しては、土壌の水分環境や植栽木の根系の発達を支配する堅密度や固結層の有無などの理学的性質が、その成績を大きく左右する場合が多い。

従って、そのようなところでは、年間をとした水分環境や根系の発達などを支配する理学的性質に重きをおいた適地判定を行うことが大切である。

また、堅密な土壌や固結層は、生態的な自然の力によって改善することは勿論可能ではあるが、それには大変な長時間を必要とする。森林破壊などの人為に起因する荒廃草地を早急に緑化・修復することは、国土の有効利用、環境保全、水源涵養、木材資源培養などの面からも大変重要なことであり、荒廃草地の早期緑化のために有効な手段があるのであれば、できるだけそれを利用するのは、育苗・植栽・育林のための莫大な投資を無効にしないためにも、至極当然のことである。

要は、現在の人為による地球環境の破壊の速度が、自然回復力を遙かに上回っているという現実を強く認識し、荒廃草地を初めとする森林破壊跡地の早期緑化・修復に関しいろいろな面から真剣に検討を加え、適切に対処していかなければならないということである。

おわりになりましたが、長期間にわたり駄文を書き連ねてきましたにもかかわらず、辛抱強くお読み下さいました読者の皆様に心から感謝申し上げますとともに、編集委員の方々にはいろいろと御迷惑をおかけしてきましたことを深くお詫び申し上げ、筆をおくことと致します。