

土壌モノリス (薄層土壌断面標本) の作製について

田中義浩*・本名俊正*・山本定博*・高田秀夫*

平成元年5月31日受付

A Procedure for the Preparation of Soil Monoliths

Yoshihiro TANAKA*, Toshimasa HONNA*, Sadahiro YAMAMOTO*
and Hideo TAKATA*

We developed the method for preparation and preservation of soil monolith. Our improved method appeared to be better than conventional methods in the following aspects.

- (1) As to the detouching of soil peel from soil profile, simultaneous use of two kinds of resin, i.e. the first application of polyurethane resin (Tomack NS-10) and second application of epoxy resin (Tomack NR-51 : Tomack NR-51W : Syntaron # 370=5:3:1) were most effective to obtain the enough strength of joining with soil so that detouching could be done completely. Furthermore, the detouched soil peel was soft and flexible and could be wound into a roll easy to carry.
- (2) Spraying with 50% EtOH on to the soil peel as pretreatment was effective to penetrate surface fixation resin into the soil.
- (3) Soil monolith gave the similar appearance to that in its natural condition by spraying with 50% polyethylene glycol solution (M. W. 200) finally.

緒 言

様々な研究分野においてその研究の対象を自然に近い状態で収集し保存することは重要なことである¹⁾。地質学、動植物学などの分野で岩石や動植物の標本が収集され比較研究に用いられているように、土壌学の分野でもそれに相当するものがある。自然状態の土壌の断面をそのままの状態に標本にしたもの、すなわち『土壌モノリス』がそれであり、近年、土壌学の研究、教育などの面から

その重要性が高まりつつある。

土壌モノリスの作製の歴史は古く19世紀末のロシアまでさかのぼる²⁾。その後改良を重ねられ今日では化学樹脂により土壌を薄層で固定化して作製する方法が広く普及している。しかしながら、これらの方法は作業性、保存性の面からみてまだ十分とは言えず、簡易にしかもより自然状態に近い土壌モノリスを作製するにはまだいくつかの問題点を克服せねばならない。

本実験では土壌モノリスの作製過程において従来よく

* 鳥取大学農学部農林総合科学科資源利用化学講座

* Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Tottori University

用いられている2種の断面採取法（木箱法，ラックフィルム法）を行い，それらの問題点，改善策を検討するとともに，さらにより望ましい土壌断面標本を作製するために様々な検討を行い改良を加えた。

土壌および実験方法

1. 実験土壌

黒ボク土（鳥取市湖山町）について各種の検討を行い，さらに赤黄色土（鳥取市良田），砂丘未熟土（鳥取市浜坂），干拓地土壌（鳥根県安来市）について適用性を検討した。

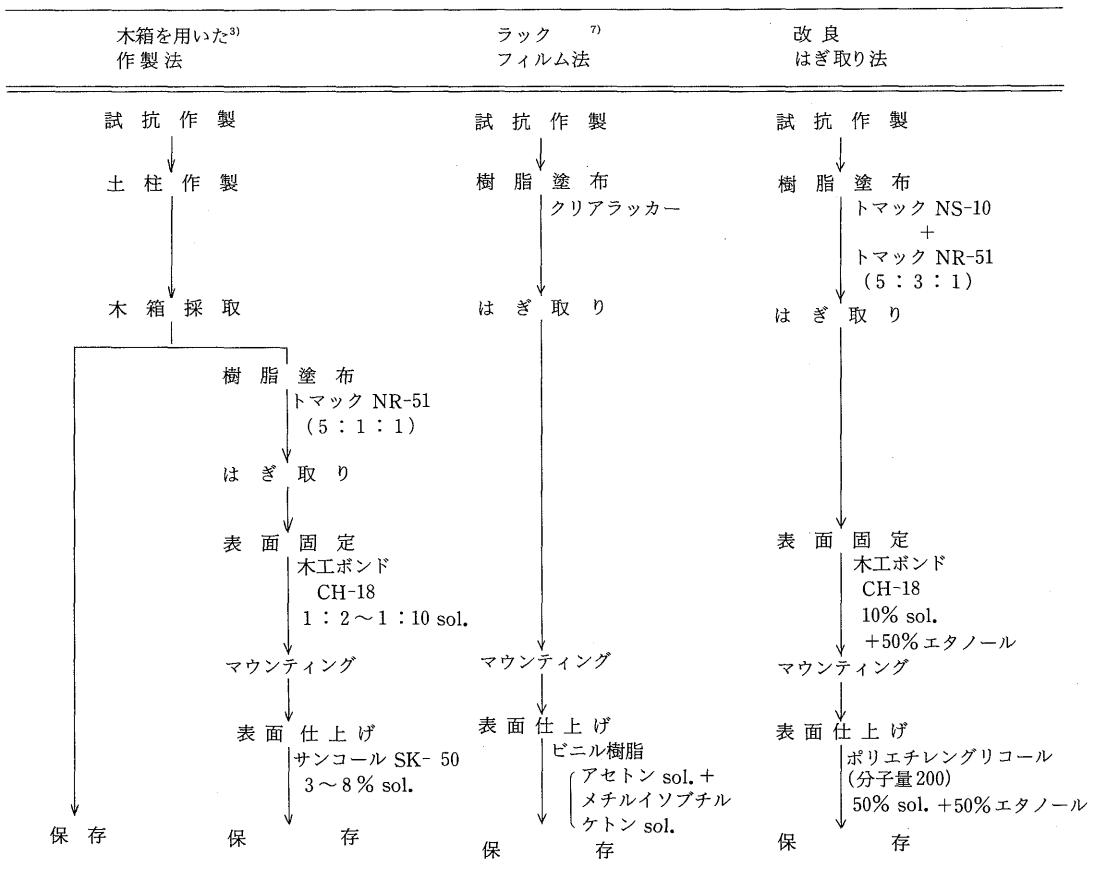
2. モノリス作製法（第1図）

1) 木箱を用いての土壌モノリスの作製

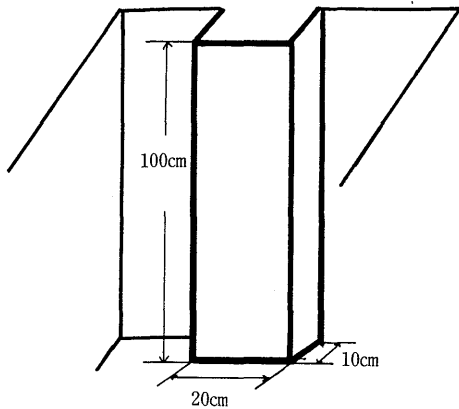
この方法は古くから行われている方法であり，土壌断面を厚く切り取って木箱などにいれて採取し保存する方

法である。農業技術研究所（浜崎・三土³⁾，林業試験場（鷹見・的場¹⁰⁾）は，木箱に採取した土壌からさらに薄層土壌断面標本を作製している。本実験では農業技術研究所が行った方法に準じて行った。

まず，土壌調査を行う際と同様な試坑を準備し木箱に収まる大きさの土柱（第2図）を作製し，木箱に土柱を納め土壌断面標本の採取を行った。採取した土壌断面標本を室内に持ち帰り，裏打ち樹脂トマックNR-51（主剤トマックNR-51：硬化剤トマックNR-51W：可塑剤シタロン#370=5：1：1で混合したもの，以下トマックNR-51（5：1：1）と呼ぶ）で土壌断面標本をはぎ取り薄層の土壌断面標本とし，表面を木工ボンドCH-18で固定した後，土色を自然状態に近付けるためサンコールSK-50で濡れ色を出す処理を行った。



第1図 土壌モノリスの作製過程



第2図 木箱法で採取した土柱

2) ラックフィルム法

この方法は野外で直接土壌断面を薄層土壌断面標本として採取する方法である。本実験では永塚⁷⁾の行った方法に準じて行った。

野外において、試坑を作製し土壌断面を平滑にした。そして、裏打ち樹脂としてクリアラッカーまたはトマックNR-51（5：1：1）を塗布した。一晩放置し樹脂が硬化してから、薄層土壌断面標本をはぎ取り、2-1)の方法と同様に表面固定、表面仕上げの処理を行った。

3) 改良はぎ取り法

本法は、2-2)の方法に準じて、はぎ取り条件、表面固定及び表面仕上げ処理条件について改良を加えた方法である。使用した樹脂は第1表に示した通りである。

(1)土壌断面の採取

野外で直接薄層土壌モノリスを採取するための試坑は、土壌調査を行う際の試坑の作製法に準じて行った。ただ

し、作業を行いやすくするため、幅1m以上、深さは目的の長さよりも10cm以上深いものとした。また断面を直接はぎ取るため、採取を行う断面は垂直よりも若干(10°程度)傾けて作製し、木の根などを取り除きできるだけ平滑にし、樹脂の流下が円滑になるようにした。

作製した土壌断面にまず裏打ち用の樹脂の塗布した。裏打ちは2回に分けて行った。まず調整した土壌断面に裏打ち樹脂トマックNS-10を土壌断面上部から断面の半分程度の高さまで塗布し、それ以下は自然流下させ、土壌断面全体に広げた。次に、採取する土壌断面よりも長さ、幅とも10cm程度大きい裏打ち用のガーゼを樹脂上にはりつけ手で密着させ、さらにその上から2回目の裏打ち剤として混合比率を変えたトマックNR-51（主剤トマックNR-51：硬化剤トマックNR-51W：可塑剤シントロン#370=5：3：1,以下トマックNR-51（5：3：1）と呼ぶ）の塗布を行った。つまり、裏打ち用のガーゼを2種類の裏打ち樹脂で挟み込んだ。そして樹脂硬化のために一晩放置した。

樹脂が硬化した後、採取する土壌断面上部にスコップを差し込み、断面上部の根を切断した。そして、土壌断面標本の上部を片手に持ち、もう一方の手で鋸またははさみを使って根を切断しながら徐々にはぎとり、土壌断面標本の1/3程度がはぎ取れたら根が切断されていることを確認しながら、はぎ取った土壌断面標本を両手に持ち、力任せに土壌断面からはぎ取った。はぎ取った土壌断面標本は巻取って持ち帰り、室内での作業を行った。

(2)表面固定処理

室内に持ち帰った土壌断面標本は、はじめに刷毛とはさみで標本の表面を整えた。そして、はぎ取った土壌断面標本の表面の土を固定するため、全面に表面固定樹脂（中性洗剤を1～3%混ぜた木工ボンドCH-18の10倍溶

第1表 改良はぎ取り法で使用した樹脂および試薬

処理	樹脂名	備考
裏打ち	トマックNS-10	原液で使用
	トマックNR-51（主剤） トマックNR-51W（硬化剤） シントロン#370（可塑剤）	主剤：硬化剤：可塑剤 = 5：3：1の比で混合使用
表面固定	木工ボンドCH-18	10%溶液 中性洗剤1～3%添加
	エタノール	50%溶液
表面仕上げ	ポリエチレングリコール	50%溶液
	エタノール（分子量200）	50%溶液

液)を噴霧し、そして乾燥させた。この操作を土壌断面標本から土が落ちなくなるまで数回繰り返した。なお一旦乾燥させた土壌の場合は表面へ樹脂の浸透を良くするため、表面固定樹脂噴霧前に50%エタノールを噴霧した。

(3)表面仕上げ処理

表面固定処理終了後、土壌断面標本をマウンティングボードに合わせて端を切断し、裏打ち樹脂(トマックNS-10)を用いて固定した。

最後に、表面固定樹脂が乾燥したのち、土色を自然な土色に近付けるため、表面固定処理と同様に50%エタノールを土壌断面標本表面に噴霧した後、表面仕上げ樹脂として加熱したポリエチレングリコール(分子量200)50%水溶液を噴霧し、土壌断面標本に濡れ色を与えた。

結 果

木箱を用いて土壌断面標本を採取する方法では、まず土柱を作製する必要がある。この際、下層土ほど土柱の崩落が起こりやすく、正確に木箱に合わせて土柱を作製するには相当の熟練が必要であった。また砂質土壌や干拓地土壌などのように、土壌断面が崩落しやすい土壌では、土柱の作製が困難であり、木箱法の適用は非常に難しかった。また採取できる土柱の大きさは木箱の大きさによって決定され、その運搬も非常に重く不便であった。

そして、木箱に採取された土壌断面標本は以前はそのまま保存していたため、水分の蒸発にともなって土壌断面標本に歪みや亀裂を生じ、さらに土色も明度、彩度ともに変化した。特に、水田土壌や干拓地土壌のように水分含量が多く、還元状態で生成した土壌では、これらの問題が大きく現れた。

一方、土壌断面から直接土壌断面標本を採取するラックフィルム法では、木箱を用いて土壌断面標本を採取する方法に比べて、土柱を作製する必要がないため、砂質土壌など土壌断面が崩落しやすい土壌にも有効であり、運搬も木箱法よりも著しく軽く取扱は便利になった。しかし、クリアラッカーやトマックNR51(5:1:1)で固定されはぎ取られた土壌断面標本は、柔軟性がなく固い板状に採取されるため、運搬及びその後の仕上げ作業に問題が残った。

また土壌の湿潤状態が、はぎ取り強度に大きく影響し、湿った土壌では樹脂の接着力が弱くなった。さらに赤黄色土のように緻密な固く締まった土壌では、樹脂の浸透が不十分で完全に土壌断面標本をはぎ取ることができなかった。

作業面でみると、野外で薄層にする作業を行ったため

室内での作業はかなり簡略化された。しかし、表面固定処理や自然の土色に近付けるための表面仕上げ処理の際、従来の樹脂と処理方法では樹脂の土壌への浸透が不十分で、樹脂が土壌表面に残り光沢を生じてしまう原因となった。また濡れ色を出す際従来の表面仕上げ樹脂では土壌標本表面の色が実際よりも濃く、焦げたような色合いになり、色合いの調節も難しかった。このことは自然に近い状態を保持して仕上げるという意味で、大きく改善を要する点である。

以上のように従来の方法では、①採取法に起因する運搬性の問題、②土壌断面から直接はぎ取る際にはぎ取り強度の問題、③土壌断面標本保存処理における樹脂の土壌への浸透性の問題、④表面仕上げ処理における濡れ色の問題、の4点を改善する必要が生じた。

改良はぎ取り法は、一部適用が難しい土壌があったものの、上の4つの問題点を解消し、さらに土壌構造、孔隙等の面からも自然状態の土壌断面をより良く反映した土壌モノリスを容易に作製することが可能であった。

考 察

土壌断面の採取において、野外から直接土壌断面標本を採取する方法は、木箱を用いて採取する方法にくらべて、土柱を作製する必要が無いため熟練性が求められず、かつ作業性に優れていた。また、保存処理の大きな仕事である薄層化を野外で済ましてしまうため屋内での作業が簡略化された。土壌モノリスの作製において改良はぎ取り法と従来法を比較すると第2表に示すようになる。

土壌断面を薄層としてはぎ取る場合、その良否は裏打ち樹脂の特徴に負うところが大きい。裏打ち樹脂に求められる重要な条件としては、接着力の強さ、樹脂皮膜の強さ、硬化時間、はぎ取った断面の収縮抵抗性等があげられる。従来から用いられている酢酸ビニル樹脂エマルジョン^{5,6,10)}、膠¹⁾、クリアラッカー^{2,7)}などの樹脂は、直接土壌断面をはぎ取るには上記の条件を満たさず不適であった。そこで、本実験では奈良国立文化財研究所埋蔵文化財センターで開発され、農業技術研究所で土壌モノリス作製に採用されたトマックNR-51(5:1:1)³⁾を裏打ち樹脂として使用し、その有効性をさらに検討した。エポキシ系樹脂であるトマックNR-51(5:1:1)は、接着力が強く、硬化に伴う収縮もほとんどなく、従来の樹脂よりも硬化時間が短いという特徴を持っている。トマックNR-51(5:1:1)を適用した結果、かなり強い樹脂皮膜が形成されたが、この樹脂単独でははぎ取りに耐えうるだけの十分な接着力が得られず、はぎ取れな

第2表 土壌モノリス作製法の比較

	採取 作業	採取 時間	断面 サイズ	運搬性	適用可能 土壌	作製可能 標本数
木箱を用いた作製法	△	○	△	△	△	◎
ラックフィルム法	◎	△	◎	○	△	◎
改良はぎ取り法	◎	△	◎	◎	○	◎

◎：優れている ○：良い △：劣る

い箇所が生じることがあった。特に土壌断面が湿っていた場合この問題が大きく認められ、水との親和性を改善する必要が生じた。

そのため、親水性変性ウレタン樹脂であるトマックNS-10⁸⁾の使用を試みた。この樹脂は土壌中の水分と結合して樹脂皮膜を形成するため土壌断面がかなり湿っていても接着力は強化できた。しかし、樹脂皮膜の強度が弱く、溶媒分の揮発にともない収縮が生じるという特性を持ち合わせているため、単独では目標を達しなかった。

そこで、トマックNS-10の接着力、トマックNR-51の樹脂強度に着目し両者を併用した。その結果、まずトマックNS-10を土壌断面に塗布後、ガーゼをはり、トマックNR-51（5：1：1）を裏打ちしたところ、両者の欠点を補充し合う形で良好な結果を得ることができた。しかも、従来のトマックNR-51（主剤）に添加する硬化剤、可塑剤の割合を変えて5：3：1としたことにより、はぎ取った土壌断面標本は柔軟となり、小さく巻き取ることができ、運搬性は著しく改善された。また、本法で採取した土壌断面標本は、土壌構造の破損が小さく、はぎとり時に亀裂が小さく分散されてしまうため、保存中に亀裂が生じることが少なくなり、より自然な状態を維持するという点で非常に優れていた。

表面固定処理において、水溶性の酢酸ビニルエマルジョン^{6,9,10)}である木工ボンドCH-18の5倍希釈液を用いる従来の方法では、何回も噴霧処理しているうちに標本表面への表面固定樹脂の浸透性が低下し、表面に光沢を生じることが認められた。この時点で表面に光沢を生じると、その後の表面仕上げ処理に悪影響を及ぼすことになるため、この点について検討した。

まず、水の表面張力を低下させるために界面活性剤として中性洗剤を1～3%添加した場合、土壌が自然の水分状態を保持していたときは問題なかったが、一旦土壌が乾燥してきまると浸透性が低下し光沢を生じてしまった。また、木工ボンドCH-18の10倍希釈液でも光沢が生じてしまった。このことから、一旦乾燥した土壌では表

面活性を湿状態のレベルにまであげることが必要であると考えられた。そこで、水に変わるものとして種々の検討した結果50%エタノールを噴霧することにより樹脂の土壌への浸透が大きく改善されることが認められた。

次に表面仕上げにおいては、従来の方法に準じてサンコールSK-50⁹⁾の10%溶液を使用したところ、土壌表面に残存し光沢を生じてしまった。より低濃度に希釈し、上述したように50%エタノールによる土壌表面の活性化処理を併用し、土壌表面に残る樹脂分を減少させることを試みたが、やはり光沢を生じ良好な結果は得られなかった。

そこで、泥炭の土壌断面標本作製において土色保持、収縮防止のために用いられているポリエチレングリコール⁴⁾の使用を検討した。分子量1500, 200のものを種々の濃度で検討した結果、分子量200の50%水溶液を加熱し、噴霧処理したときに最も良好な結果が得られ、土壌表面は長期間にわたって自然状態に近い濡れ色を保持することができた。なお、過剰量を処理すると土色の暗色が強まる傾向があった。また、一旦乾燥した土壌表面に対しては上述した50%エタノール処理を行ってから本処理を行った方が良好な結果が得られた。

上述したはぎ取り方法、使用する樹脂及び処理方法についての検討は主に黒ボク土について行ってきた。そこで、この方法の他の土壌型への適用性を試みた。その結果、堆積状態の緻密な赤黄色土や、もろく崩れやすい砂質土壌についてもまったく問題なく適用でき、特に後者のように土柱の作製ができない場合、本法の有効性が大きく認められた。また本法により、大型のモノリス（1.5m×2.5m）の採取を試みたところ、容易に大型土壌断面標本の作製を行うことができた。

しかし、本法では干拓地土壌にみられるような強固な大型の角柱状構造や、その下層の水分が過飽和状態にある重粘な壁状構造に対しては、はぎ取りに耐えるだけの十分な接着力が得られず採取できなかった。今回は、水田土壌には適用しなかったが、同様に下層の水分過飽和

改良はぎとり法の製作過程



写真1 樹脂塗布

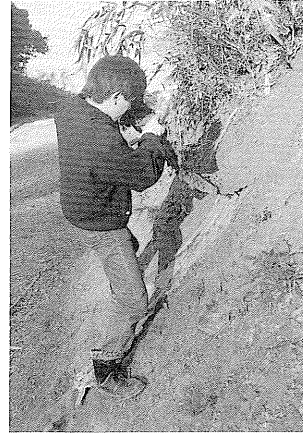


写真2 土壌断面標本の採取



写真3 採取後巻き取った土壌断面標本

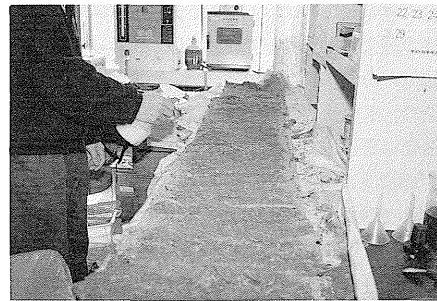


写真4 表面固定処理



写真5 マウントし完成した土壌断面標本

の層が問題になると思われる。水分の極めて多いこの種の土壌を野外で直接はぎ取るためには、裏打ち樹脂および裏打ち布などにさらに検討を加える必要があると考えられた。

ま と め

薄層土壌断面標本の作製について、従来の方法の問題点である採取、運搬、保存の3つの点について検討を行った。得られた結果を要約すると以下の通りである。

1) 裏打ち樹脂にトマックNS-10、組成を変えたトマックNR-51（主剤トマックNR51：硬化剤トマックNR51W：可塑剤シントロン#370=5：3：1）を併用することによりはぎ取り強度が増大したばかりでなく、従来のようにトマックNR-51（5：1：1）単独で用いた場合と異なり、柔軟でコンパクトに巻取れる土壌断面標本を得ることができ、運搬性、作業性が改善された。

2) 表面固定樹脂は、木工ボンドCH-18を水で10倍に希

積し、中性洗剤を混合したものを使用した。なお乾燥した土壌への表面固定樹脂の浸透性は、50%エタノールを噴霧することにより大きく改善された。

3) 濡れ色を出すための表面仕上げ処理は50%エタノール液を噴霧し、さらにポリエチレングリコール（分子量200）の50%溶液で処理した。その結果、土壌を自然状態に近い土色で長時間保存することが可能となった。

4) 改良はぎとり法は、採取作業、採取できる断面サイズ、運搬の容易さ、採取可能土壌の点で従来法より優れていた。さらに、孔隙、構造、土色等の土壌の形態を、従来法にみられない自然に近い状態で仕上げ保存することができた。

5) 黒ボク土、赤黄色土、砂丘未熟土についてはこの方法は非常に有効であった。しかし干拓地土壌のような多量の水分を含む土壌に対しては樹脂、裏打ち材の検討が必要であった。

文 献

- 1) Bushnell, T. M. : The purdue technique for taking and mounting monolithic soil profile samples. *Soil Sci*, 29 395-399(1930)
- 2) 土壌調査法編集委員会編：野外研究と土壌図作製のための土壌調査法。博友社、東京（1978） 479-484
- 3) 浜崎忠雄，三土正則：土壌モノリスの作製法。農技研資B, 18 1-27（1983）
- 4) Hammond, R. F. : The preservation of peat monoliths for permanent display. *J. Soil Sci*, 25 63-68（1974）
- 5) Martov, L. B. : A method for sampling film monoliths on clay soil varieties. *Soviet Soil Sci*, 2 263-264（1967）
- 6) 的場節子：再び，土壌断面薄板標本の作製について（土壌断面柱状標本からの作製）。森林立地，29(2) 38-46（1987）
- 7) 永塚鎮男：ラックフィルム（薄層土壌断面標本）の作製法。ペドロジスト，15 103-107（1971）
- 8) ペドロジスト懇談会編：多摩丘陵の歴史と土壌—土壌標本（モノリス）の作製—。第33回ペドロジスト野外見学会資料，105-124（1986）
- 9) 佐々木清一・谷口末吉：土壌断面モノリスの作製法について。ペドロジスト，11 109-114（1967）
- 10) 鷹見守兄・的場節子：土壌断面薄板標本の作製について。森林立地，24(1) 24-30（1982）

付 録

本実験に使用したトマックNR-51, トマックNR-51W, シンタロン#370およびトマックNS-10は三恒商事K.K. (TEL 06-538-0571)より購入した。なお、詳細については浜崎・三土³⁾を参照されたい。