

研究情報

Research Information

No.158 Nov 2025

森林研究はコスパが悪い？

森林環境研究グループ長 溝口 康子

昨今のコスパ・タイパ、すなわち費用・時間対効果を重視する風潮からすると、森林を対象とした研究分野の大半は人気のない分野かもしれません。森林を構成する木の寿命は一般に数十年から数百年、時には千年を超えることもあり、人間の寿命をはるかに超えます。そのため一人の研究者が新しい品種の木や森林の施業方法を開発し、その最終結果を見届けることはなかなかできません。これは短期間で収穫できる農作物などを対象とした研究との大きな違いです。

林業的な視点だけではなく、森林の機能を研究する際にも、大きな苦労があります。例えば、大気中のCO₂濃度が上昇した場合の植物の反応を調べるために、人工的にCO₂濃度を高めて成長量などの変化を見ます。木は草などよりサイズが大きいため、設備は大規模なものになります。また、木以外の植物の大半は半年から一年でその一生を終えるため、一生を対象とする実験が可能ですが、木の場合は短期間に一生をとらえることができないので、成長段階の違いによる反応の違いを見るために様々な成長段階の木を用意する必要があります。試料集めだけでも大掛かりになります。

このようにコスパ・タイパの悪そうな森林研究ですが、昔からこの分野の研究者たちはデータやサンプルの蓄積を大事にしてきました。個人の成果だけでなく、次世代に引き継ぐことでさらに良い成果を目指す多くの研究者の心意気に支えられ、継続されています。

森林総合研究所でもさまざまなデータおよびサンプルの収集・保存を行っています。例えば、全国の国有林内に設定している試験地において、

個々の木に番号を付けて木の太さや高さを定期的に測定することにより、木の成長量、すなわち林業的な収穫量を求めるための基礎データの収集を長年行っており、このデータは適切な施業方法開発に用いられています。また、森林の構成要素である土についても、炭素蓄積量を把握するため、2006年から大規模な全国調査を多くの機関と連携しながら継続的に行っています。調査のために採取された土のサンプルは整理して保管されています。炭素蓄積量調査目的で採取されたサンプルですが、これらサンプルの放射性同位体分析を行い、山の斜面の動きを知る手掛かりに活用されました。この研究成果は今夏の森林総合研究所関西支所公開講演会で紹介されました。

全国的なデータ収集にとどまらず、近年のグローバル化の波は森林研究でも無縁ではありません。森林の炭素収支を日変化～年々変動まで計測できる「フラックス観測」と呼ばれる方法で得られたデータは、早くから様々な分野の研究者が利用できるようにデータのオープン化が進められ、最近構築された広域の炭素収支の再解析データベースにも森林総合研究所が取得したデータが活用されています。

このように森林研究は計画的に長期・広域的な視点でデータやサンプルの取得・整理・保管が行われていることが多いため、これらのデータ等を様々な研究に活用することで新たな発見が可能な、実は案外コスパのいい研究分野とも言えます。

とはいえ、自然環境が激変している今、これまでに蓄積された過去のデータだけでは不十分で、先人たちと同様、将来を見据えて今後のデータ取得整備の充実も求められています。



土壌水分観測の今昔

産学官民連携推進調整監 小林 政広

はじめに

森林土壌中の水分は、降雨、浸透、植物による吸水の過程でその量とエネルギー状態（ポテンシャル）が刻々と変化しており、植物の成長や微生物の活性を左右しています。また、水の浸透、吸収にともなって土壌中の水に溶解している物質も移動します。このため様々な研究分野において土壌水分は重要な観測項目になっています。

土壌水分の量としては、単位体積中の水の体積である体積含水率（単位： m^3/m^3 ）が多く用いられています。土壌水分のポテンシャルは、単位体積あたりの水のエネルギーとして圧力の単位 Pa（パスカル）で表すことが一般的です。こちらは、毛細管現象をひきおこす表面張力や土粒子への吸着の効果により、土が乾くほどマイナスの値の絶対値が大きくなります。試験研究の目的に応じて、量とポテンシャルのどちらを測るのが決まります。

水分量を測る方法としては、現在は一度設置したらメンテナンスがほぼ不要なセンサが広く使われるようになっていますが、私が研究を始めた 30 数年前には現地での水分量の測定に適したセンサはまだ存在しておらず、現地ではポテンシャルの観測をしていました。ここでは、土壌水分観測の変遷を振り返ってみたいと思います。

水分ポテンシャルの観測に用いるテンシオメータ

素焼きのカップの内外で連続するきわめて微細な穴を通じて土壌水とカップ内の水を連結させて、カップ内の水に生じる負の圧力から観測部位の水分ポテンシャルを測る装置がテンシオメータです。図 1 は昔のテンシオメータの模式図です。圧力測定には水銀柱を使っていました。ガラス管内で水と連結した水銀が土壌乾燥で生じる負の圧力により引き上げられるというものです。学生時代の所属研究室では、この水銀柱式のテンシオメータを水文観測流域内にたくさん設置して、地中の水の動きと川への流出の関係を調べていました。大雨の予報があると動員がかかり、1 時間交代で水銀柱の高さを目視で記録して回る作業をしていました。水銀柱は土壌が乾いているときは引き上げられて高くなるので読み取りが楽ですが、雨が降って湿ると地面付近まで下がってしまうので読み取りが大変でした。その後、水銀を使うことが問題となった一方で、圧力センサが利用できるようになったことから、現在では全く使われていません。

写真 1 は現在の圧力センサ式テンシオメータと呼ばれるものです。こちらは私が森林総合研究所に入所したころから現在まで基本的に変わっていません。水銀柱ではなく水の圧力を電圧に変換するセンサで圧力を測定し、データ記録装置につないで好きな時間間隔で自動記録できます。データ記録装置は 30 年前に比べて、小型化、高性能化、低価格化が進みました。

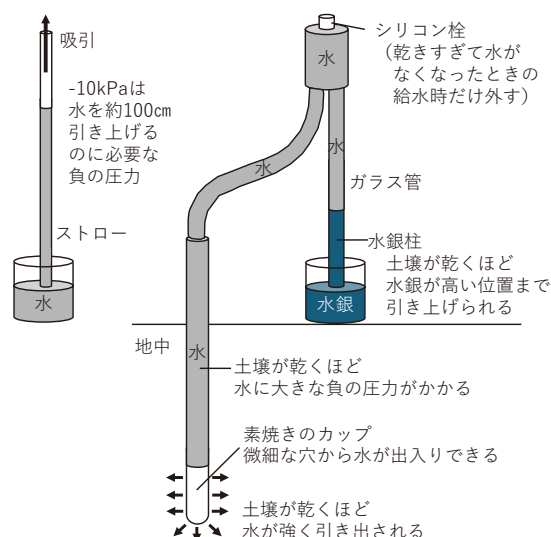


図 1 ポテンシャルの単位 Pa（パスカル）と昔のテンシオメータの測定原理



写真 1 現在の圧力センサ式テンシオメータ（部材から自作したもの）

水分量の観測に用いる誘電率式水分計

土壌の水分量を測るには、その昔は決まった体積の土壌を採取し、乾燥させて水分を無くしたときの質量差から水の量を求めるという方法しかありませんでした。この方法は誰でもできますが、試料の採取でその場所を壊してしまうので、同じ地点で繰り返し測ることはできませんでした。その代わりに、現地では前述のテンシオメータで水分ポテンシャルを観測し、別に特別な装置を用いた実験で求めておいた水分量とポテンシャルの関係から現地の水分量を推定する方法もありましたが、装置は大がかり、かつ高価なものであり、誰でもできるものではありませんでした。手軽に現地土壌中の水分量を連続観測することは土壌水分

研究者にとって、長い間の悲願だったと言えます。

これが現在のように簡単に測定できるようになったきっかけは、1980 年ごろに行われた電磁波を用いた土壌水分量測定技術の開発研究でした。電磁波は真空中では光速で伝わりますが、物質中では電気のため込みやすさの度合い（誘電率）が大きいほど、遅くなります。水は土壌を構成する物質の中でも特に大きい誘電率であり、混合物である土壌の誘電率は含まれている水の量に大きく左右されます。このことを利用して、観測対象の土壌の誘電率を電磁波の伝わる速度から測定し、あらかじめ実験で求めておいた誘電率と水分量の関係を使って水分量を求めることができました。

このことは、水を観測対象とする環境科学分野でのひとつの革命だったと私は思っています。

とはいえ、革命直後はやはりまだ誰でも手軽に、というものではありませんでした。写真 2 は、土壌分野で多く用いられていた測定器です。これは「TDR ケーブルテスタ」と呼ばれるもので、本来は建物や施設内の電線（ケーブル）の長さや断線している位置を電磁波の往復速度から推定するための測定器です。幸運なことに私にもこのケーブルテスタが与えられ、土壌の水分量測定に使用していた時期がありました。2 本の金属の棒を土壌に挿入し、ケーブルテスタにつながるテレビ用アンテナ線のような同軸ケーブルの芯線と外周のシールド線をそれぞれの金属棒につないでケーブルテスタの電源を入れ、ツマミを調整してロッド部に相当する波形を探し、感熱紙プリンタで印刷記録しました。写真 3 はそうして記録した波形の例です。平坦な線が落ち込む位置と立ち上がる位置の距離は、電磁波が金属棒に達して反射して戻ってくるまでの時間に比例し、これが水分量の増加にともない長くなっていきます。当時はひとつひとつ、物差しをあてて読み取りました。土壌に人工的に雨を降らせる実験では、深さを変えて設置した複数の金属棒を一台のケーブルテスタに何度も繰り返し繋ぎ変えて印刷する作業を実験終了まで素早く行い続け、後からまとめて波形を読み取る作業を行っていました。現在では、それらの作業を名刺より小さい電子回路で全て行ってくれる一体型のセンサが、当時のケーブルテスタの 1 / 30 くらいの価格で購入できるようになりました。また、誘電率の測定原理が異なる、より安価なセンサも各種販売されており、いくつもの深さに設置して自動記録することが手軽にできるようになっています。

注意点と課題

こうして水分量の観測に誘電率式センサが広く



写真 2 TDR ケーブルテスタ

装置右側のパネル部分に感熱紙プリンタが入っていた。写真ではデータ記録装置につなぐための端子が装着されている。

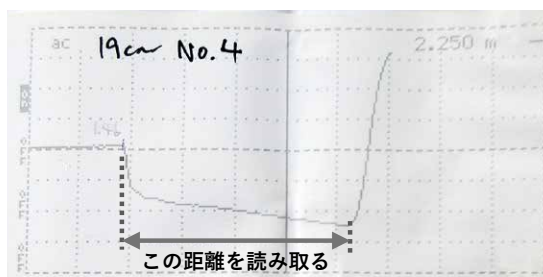


写真 3 感熱紙プリンタで印刷した波形

使われるようになっていきましたが、実は注意点があります。

そのひとつは、基本的には使用場所の土壌を用いて水分量とセンサ出力の関係を個別に求めることが必要であるということです。特に粘土分が多い土壌の場合、メーカー提供の関係式では水分量を実際よりも小さく評価しがちです。これは、土粒子表面に強く束縛された水の誘電率が小さくなるため、質量あたりの表面積が大きい粘土分が多いほどその影響が顕著になります。もうひとつの注意点は、水分量で乾き具合を比較できるのは、土壌の構成が同じと見なせる場合に限られるということです。砂と粘土では同じ水分量のときのポテンシャルが大きく異なるため、土壌中の割合が異なればそれに合わせて水分を推定する関係式を変える必要があります。

ポテンシャル観測の課題もあります。テンシオメータは水分ポテンシャルが -50 kPa 程度以下になると素焼きカップの微細な穴から空気が入り始めて、その先は測れなくなってしまう。気候変動によるこれまでにない土壌の乾燥が樹木に及ぼす影響を調べるといった研究では、-1500 kPa 程度までのポテンシャル観測が必要になります。現在ではそのような測定が可能な、テンシオメータとは異なる原理のセンサも市販されていますが、使用例はまだ少ないようです。

今後は、これらのセンサの性能を見極めながら、より乾燥した土壌のポテンシャル観測が進み、新しい発見につながることを期待されます。

竹の生態理解に迫る道すがら その3

竹を求めて地域を巡る

森林生態研究グループ 小林 慧人

竹の生態研究に携わって10年—第3回は「竹を求めて地域を巡る」です。前回は120年ぶりとも言われるハチクの開花を取り上げました。その実態を明らかにするため、全国的な調査と並行して、地域の中をじっくり巡る調査も進めています。対象は、1世紀前の開花記録が残る地域やハチクの産地として知られた地域など、全国で今のところ60か所ほどあります。すでにハチクの分布図が整っていれば研究はぐっとはかどりますが、全国的にはほとんど存在していないため、自分で作るしかありません。いまのところ、現地を自分の目で見て記録することがもっとも確実な方法です。

ここでは一例として、関西支所からほど近い京都府南西部の乙訓（おとくに）地域を紹介します。現在の市町村でいえば大山崎町から京都市の一部にかけての地域にあたります。近野英吉（1937）山林局出版の記載によれば、この地域では1904～1905年にハチクが大規模に一斉開花し、1916年頃にも開花があったようです。また川村（1912）植物学雑誌25巻296号の記事「竹類開花ノ原因ニ就テ（其三）」には、京都府農事試験場（当時の技師が1903年より乙訓郡向日町（現在の向日市）で開花した淡竹・黒竹の回復を促すための試験を実施していたことが書かれています。

現在この地域の竹分布や開花の状況はどうなっているでしょうか。実際に公道から見える範囲で竹林の種類や位置を記録し、地図に整理すると図1のようになり、2025年10月現在、700か所ほどの竹林が確認でき、そのうちハチク林は2割弱を占めました（速報値）。2019年頃から開花がみられ、前回の大规模開花から120年あまりが経った今年までに、すでに6割ほどのハチク林が開花・枯死済みとなっています。実際、地域のとある農業組合では2020年頃からハチク筍の集荷量が急減したと言われていました。まだ咲いていない竹林もありますので、このままならあと5～10年ほどかけて順次開花していくのかもしれませんが、とはいえ、本当にそうなるのかは分かりません。開花した後の様子は多様で、管理の手が入った場所では開花程が伐採された後に回復

が進みつつある場所や別の土地利用に転じた場所、管理放棄された場所では徐々に竹林が消えつつある場所や自然回復しつつある場所などがみられます。

実はこのように竹の分布を記録することが、単なるハチクの開花把握や記録に留まらず、その地域ごとの竹資源の基盤情報になり、将来にわたって「長い目で見続ける」観察サイトの地図として活かせるものにもなります（本連載の第1回目参照）。地域をじっくり巡って見聞きしていると、ハチクの開花以外にも気づかされることが多々あります。乙訓地域であれば、管理されている竹林（筍畑）と同じくらいの数の放置竹林があり、景観悪化などの影響が懸念されます。モウソウチク林では、ここ数年ノメイガ類の食害により葉枯れが目立ち、遠目には開花後のように見える状況が発生しています。さらにマダケ林の多くが天狗巢病にかかっており、河岸を除けば小面積の林ばかりとなっています。歴史的には日本の竹文化の主役となっていたマダケですが、この地域では美しいマダケ林を探すのが難しくなっているのです。一連の調査からはそんな状況が垣間見えてきます。

以上の取り組みに関心を持たれた方がいれば、ぜひ身近な地域で竹の分布図を作っていただけませんか。その際には、その地域で竹がいつ頃から植えられ、どのように利用されてきたのかという歴史や文化もあわせて調べることもお勧めします。それにより、その土地ならではの竹の事情や課題が浮かび上がり、美しい竹林に向けてのこれからの関わり方を考えるために重要な手がかりが得られるのではないかと思います。

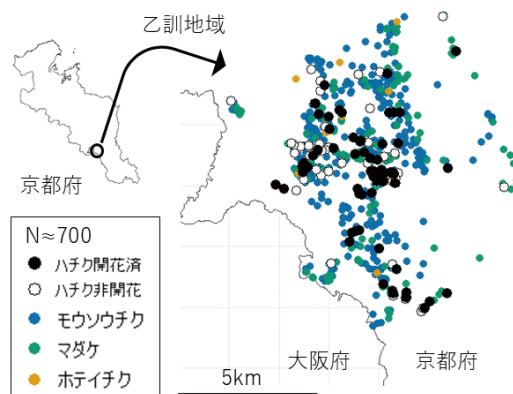


図1 2025年10月現在、乙訓（おとくに）地域の竹林分布図とハチク開花状況

巻頭写真について：顕微鏡の世界（マツタケのひだと胞子を青く染色、撮影：市原優）

本誌を含む関西支所刊行物は
こちらからご覧になれます。



リサイクル適性(A)
この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。

R60
この印刷物は再生紙を使用しています。

VEGETABLE
OIL INK

研究情報 第158号

令和7年11月30日発行

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所関西支所

京都市伏見区桃山町永井久太郎 68 番地

〒612-0855 Tel. 075(611)1201 (代表)

E-mail: contact_fsm@ml.affrc.go.jp

ホームページ <https://www.ffpri.go.jp/fsm/>