

研究情報

Research Information

No.152 May 2024

発行開始から 38 年

産学官民連携推進調整監 軽部 正彦

1986年8月に第1号を発行した本紙「研究情報」も、今号が第152号となりました。森林総合研究所関西支所の前身の林業試験場関西支場時代から38年間、毎年4回の発行を継続して到達できた「快挙」と自負しております。各号4頁の構成は当初より変わらない体裁で、全608頁、総記事数は707を数えています。記事の内訳を見ると、巻頭言が140、研究紹介が275、連載が125、などとなっています。

記念すべき最初の記事は、当時の小林富士雄支場長の巻頭言「発行のことば 地域にひらく研究活動を!」でした。その冒頭には、関西支場が産声を上げてほぼ40年、伏見桃山に落ち着いて丁度30年目にあたり、この季刊新聞を通じて地域にとけこむキッカケにしたい、と記されています。以降の記事も、そのほとんどが地域への研究紹介や解説で占められており、それぞれの時代や世相を反映した内容がある一方で、今読んでも色褪せない、易しい言葉で普遍的な真実・本質に切り込んだ解説を数多く掲載してきました。

10年目となる1995年8月発行の第37号のお知らせに「10月よりWWWで情報提供」とあるように、インターネットを介した発信も並行して行うようになりました。1999年5月の第52号からは、掲載写真や図がカラーになりました。

表紙のデザインも変化してきました。創刊時から第99号までは、上部と下部に毎号異なる地色に白抜きイラストを重ねて、題字等の背景にしていました。2011年5月の第100号からは、毎号異なる写真を背景にするようになり、現在に至っております。

前述のように、関西支所ホームページでは現在、

第1号から最新号まで全ての記事をご覧いただけます。そのうちの第79号以降は、発行当時の紙面（PDFファイル）で提供していますので、その時々で紹介してきた京都の景色や様々な研究対象の写真をお楽しみいただけます。

継続は力なり。地域に向けて発信してきた「研究情報」の積み重ねを引き継ぎ、多くの人にその価値を再発見していただける仕掛けも提供していきたいと思ひます。



「研究情報」表紙イラストの変遷



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

Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

大気と森林の間のモノの流れをずっと測る

森林環境研究グループ 高梨 聡

はじめに

森林で生活するさまざまな植物は大気との間でいろいろな物質をやり取りしています。その代表的なものが、生命活動に必要な酸素や二酸化炭素です。植物は光合成により二酸化炭素を吸収し、酸素を作り出しています。また一方で、夜間など光合成が行われない時や根などの光合成を行わない器官では呼吸により酸素を消費して二酸化炭素を放出し、生命を維持しています。このように森林は、二酸化炭素を吸収しており、地球温暖化防止に貢献していますが、それは、いつ・どのように・どれだけなのかということを明らかにすることが、これからの地球環境変動を予測していく上で必要です。ではどうやって、森林が吸収した二酸化炭素の量を求めるのでしょうか？

伝統的に行われている手法は、森林の毎木調査（木の胸高直径や高さを測り木のサイズを測る調査）などから炭素が蓄積されている量を定期的に算出し、その期間前後の差し引きから吸収量を求める方法で、生態学的手法と呼ばれます。森林では大気中の二酸化炭素を吸収できるのは、ほぼ植物体だけです。労力がかかりますが、とにかく植物体（有機物）のサイズを測っていけば吸収量を算出することができます。しかしながら、少なくともその吸収量は年単位でしか求めることができません。また、直接測定できない地下部や土壌炭素などは推定することになります。

一方、近年では、微気象学的手法の一種である乱流変動法と呼ばれる手法により、森林における二酸化炭素の吸収・排出量を直接測定できるようになってきました。この方法を用いれば、数百メートル四方程度の土地の30分間の大気―森林間の二酸化炭素輸送量を連続的に観測することができます。ここでは、少し専門的にはなりますが、この微気象学的手法による二酸化炭素吸収量の測定法について、実際に観測を行っている現場から紹介したいと思います。

渦相関法によるフラックス測定法

生態学的手法では、森林側の炭素が増えた量を測って、吸収量を求めていましたが、微気象学的手法では大気側で炭素が減った量を測って、二酸化炭素吸収量を算出します。しかしながら、空気

は樹木の様にその場にとどまっておらず、常に移動していますから、測定には工夫が必要です。地表面付近の大気は空気があちこちに移動する乱流状態にあるため、空気が混合することによって大気中の成分物質（以下、物質）が輸送されています。そこで、水平方向には一様であると仮定し、垂直方向の物質の輸送量（フラックス）を測定します。



図1 森林の中に建てられた観測タワー
(山城水文試験地：京都府木津川市)

フラックスは空気塊の移動量である風速と大気中の物質の濃度から算出することができます。実際の現場では、乱流状態の空気を測定するために、森林上空に突き出るほどの高さのタワーを建てて（図1）、その上の一点で風速と物質の濃度を高頻度で測定して算出しています。本来は測定対象領域の森林上空において面的に測定を行うとフラックスを測定できるのですが、それはほぼ不可能であるため、30分程度測定し、30分間の時間的なばらつきが測定対象領域の空間的なばらつきを表すものとして、風速と物質の濃度それぞれの乱流成分（平均値からのずれ）の掛け合わせ、すなわち共分散からフラックスを算出します。これが、乱流変動法の一つであり世界中で二酸化炭素吸収量の測定に用いられている渦相関法（渦共分散法：Eddy covariance method）と呼ばれる手法の原理です。

渦相関法の測定では、毎秒10回程度で風速と物質の濃度を精度よく測定する必要があります。風速の測定には超音波風速計と呼ばれる測定機器を用いており、音波の移動時間から空気塊の移動量を三次元的に測定します。二酸化炭素濃度は非分散型赤外分光法とよばれる手法により測定します。二酸化炭素などの気体分子は、分子構造により特定の波長の光を吸収しています（これが温室効果のもとでもあります）。二酸化炭素による赤外光の減衰量を測定することにより、二酸化炭素

濃度を高頻度かつ連続的に測定できます。図2に示すような、これらの観測機器と測定法により、大気と森林の間の二酸化炭素の移動量を30分という時間スケールで刻一刻と自動的に測定でき、昼夜を問わず連続的に（観測機器のメンテナンスを怠らなければ長期的に）森林の二酸化炭素吸収量を測定できるようになりました。



図2 渦相関法のための超音波風速温度計とガス濃度計

フラックス研究の発展

渦相関法により30分間隔で連続的に測定した二酸化炭素吸収量を、同じ場所で同時に測定した気温や湿度、日射量などの環境データと比較することにより、環境の日変化や季節変化などに対する森林の応答特性の研究等が可能となりました。それにより、世界中の植生タイプや気候における森林の二酸化炭素吸収量が見積もられています。図3に私たちのグループが測定してきた二酸化炭素吸収量の月ごとに平均化した日変化の図を示します。札幌の落葉広葉樹林では、夏季の昼間に吸収が大きく冬季は放出ばかりになり、マレーシアの常緑広葉樹林では、季節変化はなく、昼間の吸収も夜間の放出も大きいことが見て取れます。そし

て、関西支所で測定を担当している京都の山城水文試験地はコナラが主要構成樹種の広葉樹林なのですが、夏季は暑すぎて呼吸による放出が増えるため吸収量は札幌ほどには大きくありません。その一方冬季でもソヨゴやアラカシなどの常緑樹も混じっているため吸収している様子が分かります。

札幌では2004年に台風被害に遭い、樹木がほとんど倒れてしまいましたが、そこからの森林の回復過程で二酸化炭素吸収量がどのように変化するのか、今も観測が続けられています。山城水文試験地では、2015年ごろからのナラ枯れによりコナラの3割ほどが枯死するなど、コナラからソヨゴやアラカシなどの常緑樹へと植生が変化してきており、その影響を明らかにするためにも観測を継続しています。

二酸化炭素以外の気体でも、濃度を高頻度で測定できれば、渦相関法により同様にフラックスを測定できます。大気中にたくさんあり、赤外光をよく吸収する水蒸気は、二酸化炭素と同時に測定されています。現在ではランプ光源の代わりに、レーザー光を用いることによって濃度測定の高感度をあげて、メタンのフラックスの測定も行われてきています。また、濃度を高頻度に測定できなくてもフラックスを測定できる手法として、渦集積法と呼ばれる方法があります。これは、30分の間の空気塊の上下移動毎に上用のバッグと下用のバッグにそれぞれ大気サンプリングし、2つのバッグの濃度をあとから測定し、フラックスを算出する方法です。この方法であれば、微量ガスなどの濃度の測定に時間がかかってしまう場合でもフラックスの計算ができるので、大気と森林の間のさまざまな物質のやり取りの詳細を明らかにする手法として期待されています。

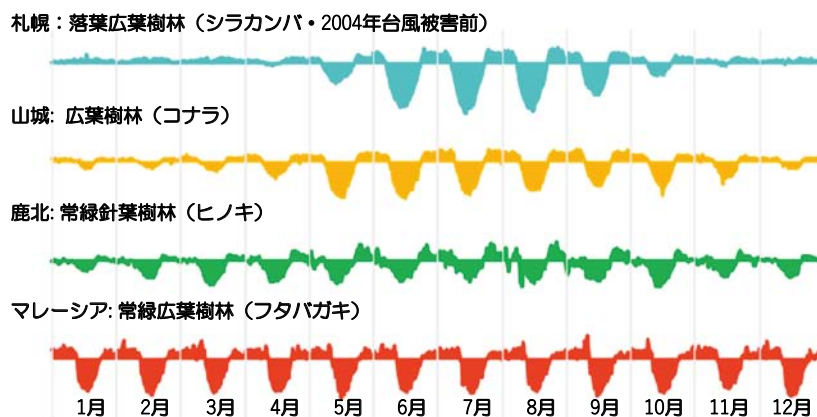


図3 森林の二酸化炭素吸収量の月ごとに平均化された日変化
灰色縦線の区切りが月ごとの日変化(0時から23時)を表しており、上側が放出、下側が吸収を示す。

樹病探訪～木の病気を探し歩いて～その1

スギ雄花の病気

生物被害研究グループ長 市原 優

樹木の病気を研究する学問を樹病学と言っていました。大学には樹病学の講義があり、教科書も樹病学、新規採用時の配属先も東北支所保護部樹病研究室でした。その後研究室の名前から樹病がなくなり、学会の樹病部門の名称も変更されました。また樹病研究の受け皿の学術雑誌「森林防疫」と「林業と薬剤」が先ごろ相次いで休刊しました。樹病学は森林病理学や樹木医学にとって代わりましたが、「樹病学」は幅広い対象と手法をおおらかに包み込む言葉だったと思っています。本連載は愛着を込めて樹病探訪にしました。短い連載の中で、木の病気をいくつか紹介したいと思います。

最近有名な木の病気は、スギの雄花だけが病気になるスギ黒点病です。黒点病菌に感染するとスギ雄花は枯死して開花しなくなるため、花粉飛散防止剤として研究開発が進められています（詳細は森林総合研究所ホームページにて「花粉飛散防止剤」で検索）。黒点病菌は前年感染した雄花で

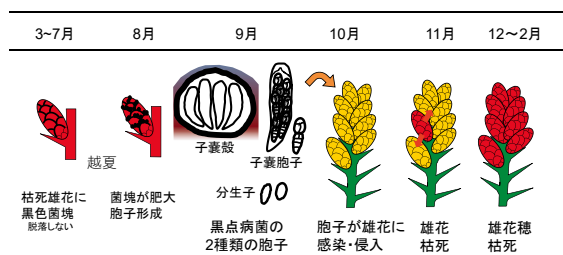


図 1 スギ黒点病菌の伝染環

秋に胞子を出し、今年の雄花に感染します（図1）。

冬の間に枯死した雄花は春には外観的に判別しにくいですが、お盆過ぎに黒く目立つようになります（図2）。この黒い塊から胞子が出て感染できるのは長くても次の秋までと考え感染しないと黒点病

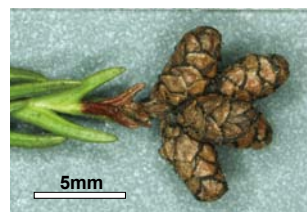


図2 スギ黒点病菌で黒くなった雄花

研究当初、秋の中国山地でこの黒い雄花を探し歩いたことがあります。瀬戸内では見つけれませんでしたでしたが、山間から日本海までで見つかり、山間部で雄花のほとんどが黒くなっている場所がありました。この時の分布地点と気候データを基に黒点病菌分布確率図を作成しました（図3）。

高い分布確率になったのは胞子感染時期に日照時間が短い地域で、朝霧が濃い地域です。黒点病菌の生存に関係する環境要因のひとつが霧なのかもしれません。

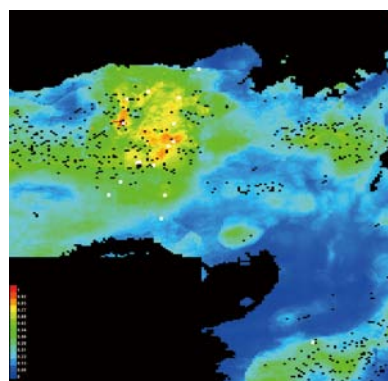


図3 近畿地方のスギ黒点病菌分布確率

市原・升屋 (2015) 応用森林学会大会 66: 19 を改変。全国分布確率図は Masuya *et al.* (2018) Mycoscience 59:392-396、または森林総合研究所ホームページ

お知らせ

森林総合研究所関西支所 令和6年度公開講演会

快適な春につなげる森林づくりー花粉症対策技術開発の現在ー

日時：令和6年7月10日（水） 開場 12:30 講演 13:30～16:30

場所：京都市呉竹文化センター ホール（「丹波橋駅」|「近鉄丹波橋駅」|西口前）

入場は無料です。みなさまのご参加を心よりお待ちしております。申し込み方法等の詳細につきましては、ホームページ、チラシ、ポスター等をご確認ください。

巻頭帯写真について：カンヒザクラとメジロ（構内にて撮影）

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。



研究情報 第152号

令和6年5月31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.affrc.go.jp/fsm/>