

研究情報

Research Information

No.100 May 2011

破竹の勢い

- 竹林の拡大と、いま必要な研究分野 -

産学官連携推進調整監 鳥居厚志

「破竹の勢い」とは、竹の最初の一節を割るとあとは一気に割れるように、勢いが激しく止められない様子を表す語で、中国の故事に由来するとされています。いま西日本各地の里山で、竹はまさに「破竹の勢い」で拡大しています。竹のサイズは樹木に近いのですが、その生活スタイルは雑草に似て、地下茎を伸ばした先から筍を発生させ、分布を拡大する性質を持っているのです。拡大の実態は次第に明らかになってきましたが、竹という植物は元々筍や竹材を採るための栽培植物という性格が強く、生態的な特徴は意外と研究が進んでいません。竹林が放置されて「自然に広がる」ことは想定外で、竹を自然の生態系の一員と捉える研究者が少なかったからです。

竹について様々な角度からの研究が求められています。大きく分けると以下の4つです。

1. 竹林の多面的機能の評価、拡大が生態系に及ぼす影響
2. 竹資源の利用
3. 竹林管理、伐採・搬出技術と生産性・コスト、流通
4. 邪魔な竹の駆除と植生誘導

1は、竹林の多面的機能が一般的な森林と比べて大きいのか小さいのかという疑問です。仮に、その機能が小さいとすれば、無視できない問題です。たとえば、竹林内に生育する植物は限られていることが多いので、生物多様性の面ではあまり期待できそうに思えませんが、水土保持や炭素貯留など様々な機能についてあまり解明されていません。

2は、増加している竹資源を有効利用する試みです。伝統的利用法を含め用途は無限にあると言って良いのですが、コストの問題から簡単

には産業として独り立ちできません。つまり利用法の研究は、3とセットで考えなければなりません。利用法に応じて、管理方法や伐出プロセスも変わってくるからです。これまでの研究結果では、生産性やコストを樹木と比較すると竹は旗色が悪いようです。これは、竹の稈は中空なので、どうしても伐出や輸送の効率が悪くなるためで、なかなか妙案はないようです。

4は、邪魔な竹をなくす試みです。竹林を維持して循環利用するのは大切なことですが、耕作地や人工林に侵入し住民の生活空間を脅かす例が多発しています。その場合竹を駆除する、あるいは拡大を食い止めるなどの措置が必要です。竹は伐採しても再生するので除草剤で枯殺するか、地下茎ごと除去するなどの方法がよいだろうと漠然とは考えられます。ただ現実には、どのような場合にどんな方法を使えば有効かという処方箋はほとんどありません。

このように見てくると、一口に「竹」の研究といっても内容は多岐にわたります。問題解決のためには、造林や林業経営はもちろん、森林土壌、林業工学、防災、森林生物、林業薬剤など多様な分野の研究者の協力が欠かせないことがわかります。



写真 放置され鬱蒼とした竹林



独立行政法人 森林総合研究所関西支所

Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

カシノナガキクイムシの温度と明るさへの反応

生物被害研究グループ 衣浦晴生

ミズナラやコナラなどのドングリの木が集団的に枯れていくナラ枯れ（ブナ科樹木萎凋病）は、病原菌を媒介するカシノナガキクイムシが、集中的に樹の中に入りトンネルを掘っていくことで起こります。このカシノナガキクイムシについては、これまでの「研究紹介」のなかで、鳴き声による交尾行動や、フェロモンによる集中加害について紹介してきました。今回は、本種の温度や明るさへの反応についてお話ししましょう。

越冬したカシノナガキクイムシは、新しい住みかとなる樹木や丸太に穿入するため、6月中旬頃から（地域や年によって異なります）、生まれ育った材内から外の世界へ飛び出します。このとき彼らは、いつでも勝手に飛び出しているわけではありません。ある決まった条件の時に飛び立っていくのです。では何をきっかけにして外界へ飛び立つのでしょうか。

まず初めに必要なのは明るさです。24℃の恒温室内で連続的に照度を変化させて、捕獲したカシノナガキクイムシ成虫の行動を観察したところ、0.01lux（ルクス）以下では飛翔行動は起こさず、緩やかに歩行するか正位（じっと静止している）状態ですが、1luxになると飛翔する個体が現れはじめ、100～1000luxでは活発に行動するのが観察されました。また、一定の明暗サイクル（明期：暗期=10時間：14時間）の日長制御恒温室内（25℃）に、カシノナガキクイムシが穿入・生育している丸太を置いて、そこから脱出する個体数を調査したところ、丸太からの脱出時間は明暗サイクルに同調しており、暗から明に変化した後の2～3時間に集中していました（写真）。これらのことから、カシノナガキクイムシの飛翔行動には、暗から明への明るさの変化が重要であると思われました。このことは、野外の網室で活動しているカシノナガキクイムシの捕獲数を時間毎に調査すると、夜明け直後から午前中にかけて活動していることか



写真 カシノナガキクイムシ行動観察システム

らも分かります。

では明るさの変化が十分あれば常に飛翔行動を起こすのでしょうか。実は温度も鍵を握っています。捕獲したカシノナガキクイムシ成虫を、今度は照度一定の室内条件下で温度を変化させて観察したところ、活動温度帯は22～38℃で、18℃以下にするとほとんどの個体が動かなくなりました（逆に42℃以上にすると過度な興奮状態となり転倒症状を起こします）。これらのことから一定の範囲内の温度で活動が可能になると考えられます。次に、野外の網室での捕獲数と温度との関係を時間毎に調査すると、日の出時刻の午前4時過ぎにおいて既に18℃を超えた日（7月3日～10日）では、4時30分から捕獲が始まりましたが、最低気温が低かった7月13日～17日では、気温が18℃前後を超えた時刻から脱出が始まりました（表）。つまり、照度条件が十分な状態で温度条件が満たされることで、初めてカシノナガキクイムシの分散飛翔が起きていました。また、実際の野外におけるカシノナガキクイムシの飛翔と温度・照度との関係は、より詳細なデータが報告されており、温度条件が十分に満たされているときに、曇天状態から急激に日が射すことによって、大量飛翔が起きることも観察されています（上田明良・小林正秀、2000）。これらの結果を総合すると、カシノナガキクイムシは初夏の暖かい明るい午前中に分散飛翔していく、特に強い日差しが射すことによって大量飛翔が起きる、と行うことができるでしょう。

参考文献：上田明良・小林正秀（2000）カシノナガキクイムシの飛翔と気温・日照の関係，森林応用研究9（2），93-98。

表 30分毎のカシノナガキクイムシ捕獲数と気温変化（1998年、盛岡）

	4:30	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00
7/3	10	52	67	13	16	5	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0
7/4	6	27	38	30	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7/5	3	7	11	29	30	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
7/9	10	40	30	11	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7/10	18	79	32	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7/13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	22	21	6	10	4
7/14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10	9	7	7	8	8
7/15	0	0	0	0	0	0	0	0	7	44	34	25	10	12	8	5
7/16	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	9	12	17	6	2	2
7/17	0	0	0	0	3	16	23	45	30	9	6	0	0	0	0	0
	4:30	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00
7/3	21.0	21.0	20.5	20.8	21.0	21.0	21.2	21.5								
7/4	19.6	19.8	20.0	20.2	21.0	22.0	22.3	23.0								
7/5	18.6	18.6	18.5	19.8	20.1	20.7	21.6	22.9								
7/9	21.0	21.0	21.6	22.1	22.8	23.0	23.8	24.2								
7/10	20.6	20.9	21.1	22.0	22.2	22.9	23.3	23.2								
7/13	12.0	12.1	13.0	13.5	14.0	13.8	15.0	16.0	17.0	18.0	18.3	19.2	19.8	20.1	21.1	21.1
7/14	11.0	11.0	11.0	11.0	12.2	13.2	14.4	15.5	16.5	17.3	18.0	19.0	20.0	20.8	21.6	22.1
7/15			13.0	13.9	14.4	15.1	15.5	16.1	17.4	18.5	19.2	20.8	22.0	22.0	22.5	24.0
7/16			11.2	12.0	13.5	14.0	15.4	16.6	17.8	19.0	20.0	20.8	22.0	22.2	23.1	23.5
7/17			16.5	16.8	17.8	18.0	18.4	19.2	20.0	21.3	22.0					

注）上表：カシノナガキクイムシ捕獲数（初めて捕獲された時刻を強調）

下表：気温（日出時以降で18℃を超えた時刻を強調）

森林と水流出の関係を 定式化する

森林水循環担当チーム長 細田育広

水源かん養や洪水緩和は森林に期待される重要な機能です。これらの機能は、森林にもたらされる降水が、林床に到達して地中に浸透し、斜面土層中を通過して河川に流出するまでの過程で発揮されます。まず、森林は遮断蒸発（降水の一部が樹冠・樹幹に付着して蒸発すること）により林床に到達する量を減らし、ひいては出水による流出量を減らします。また、森林の土壌は、落葉等有機物の供給と生物活動によって孔隙に富む表土層が形成されているという特徴があります。この表土層は、林床に到達した降水をすみやかに浸透させるため、通常の降雨強度の範囲であれば林床面を水が流れることはありません。林床に到達した水が地中を通過することで流出が遅延し、洪水流出を緩和するとともに降水終了後の流量の減少を緩やかにします。一方、降水終了後は蒸散により地中の水分を大気に戻すため、遮断蒸発と合わせて水源かん養総量を減らします。水源かん養機能と洪水緩和機能は相反する面を持ちますが、両者をバランス良く発揮させる森林状態の模索、またその状態を誘導し維持するための施業方法の確立が永年の課題となっています。

さて、ひとくちに森林といっても針葉樹・広葉樹などの樹種構成、立木密度、樹高分布などによって見た目の印象（林相）は大きく異なります。それらすべてが同程度の水源かん養・洪水緩和機能を有するとは、直感的にも思えません。このため、森林と水流出の関係は、前提となる森林状態を定量的に明らかにして議論する必要があります。森林の状態を表す数値としては、単位面積に生立する樹木の幹の材積（立木幹材積、 m^3 / ha ）が林業では一般的といえるでしょう。材積は直接測ることが難しいので、多くの場合、胸高直径・樹高との関係を近似した関数で推定されます。生態学では、森林のバイオマスの乾燥重量（現存量、 t / ha ）が用いられます。現存量も樹高と幹直径の関数で近似することができます。また、森林の蒸発散と関連性が深そうな単位面積当たりの総葉面積（葉面積指数、 m^2 / m^2 ）は、葉乾重（葉の乾燥重量）

の関数で、葉乾重は幹直径の関数で近似できます。幹直径は、樹高の関数で近似できるので、結局のところ、森林の状態としては樹高を知ることが重要であるといえます。

ただし、森林の水源かん養・洪水緩和機能は、面的な広がり为背景として発揮されるので、森林状態も面的な把握が必要です。流域全体を毎木調査するのが最も正確ですが、流域面積が大きくなると困難です。プロット調査と空中写真による推定が次善の策と考えられます。多様な林相で覆われる関西支所の竜ノ口山森林理水試験地（写真）を対象に、ステレオペア空中写真から林冠高モデル（DCHM: Digital Canopy Height Model、単位平面における林冠の平均的な高さの分布を表す）を作成し、各プロットの立木幹材積とDCHM平均値（平均林冠高）の関係を調べると、プロット毎に林相が異なるにも関わらずひとつのS字型曲線で近似できることがわかりました（細田、2009）。また、過去に撮影された空中写真からDCHMを作成し、撮影時における流域平均林冠高と年蒸発散量の関係を解析したところ、両者には良好な相関関係が認められました。この相関関係を基に蒸発散量を推定し、それを年降水量から差し引いて流出水量を推定してみると、過去の年流出率（年降水量に対する年流出水量の割合）の経過と概ね一致する変動を示すことがわかりました（図）。

ところで、流域平均林冠高と年蒸発散量の関係は、流域毎に異なります。これは、広葉樹二次林であるとか、針葉樹が植栽されたとか、施業履歴と構成樹種の違いが反映されるためと考えられます。したがって、さらにさまざまな林相の流域にこの方法を適用して、S字型曲線のパラメータと林相の関係を明らかにできれば、年単位ではありますが、森林と水流出の関係をより明確に示すことができると考えています。しかし、気候条件や流域の地形・地質も水流出に大きく影響するため、森林以外の条件が変わらないひとつの流域で検証できれば理想的です。竜ノ口山森林理水試験地では、1937年から70年以上にわたり観測を継続し、その間に森林状態の大きな変化が生じたからこそ、流域平均林冠高と蒸発散量の関係をひとつの流域で定式化することが可能でした。近畿中国森林管理局岡山森林管理署の協力を得て、引き続き観測を継続して瀬戸内海式気候地域森林の水源かん養・洪水緩和機能の実態を明らかにしていきたいと考えています。

参考文献：細田育広（2009）立木材積の変化から水流出の長期的な変動を再現する，森林総合研究所平成21年版研究成果選集，26-27。

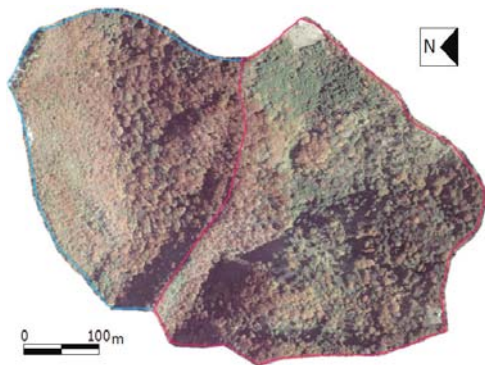


写真 2007年11月の竜ノ口山森林理水試験地の林相（近畿中国森林管理局撮影空中写真を基に作成したオルソフォトから調製）

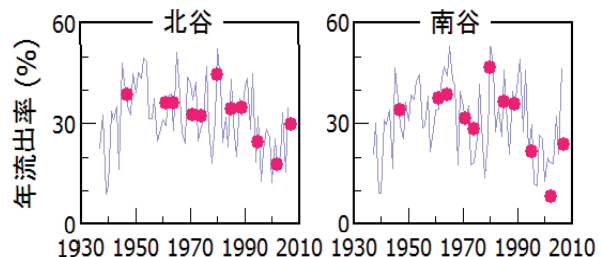


図 竜ノ口山森林理水試験地において実測された流出率（ \sim ）の経過と流域平均林冠高から推定した流出率（ \bullet ）の分布

森林の炭素収支を観測する機材たち(1)

PTR-MS (陽子移動反応質量分析計)

森林環境研究グループ 深山貴文

私達は京都府南部に位置する山城試験地（木津川市）で森林の炭素収支を観測しています。これから4回にわたって森林の炭素収支を観測している機材の一部をご紹介します。と思います。

今回、ご紹介するのはPTR-MS (Proton Transfer Reaction Mass Spectrometer: ピーティーアール・マス) です。PTR-MSはアルコールやアルデヒド、テルペン類といった揮発性有機化合物 (VOC) の濃度を数秒間隔で測定可能な装置です。森林は様々なVOCを放出しており、その一部は森の香り成分やフィトンチッド等とも呼ばれています。通常、これらの希薄な物質の濃度の分析には1サンプルごとに濃縮や分析に1時間以上を要するのですが、このPTR-MSを使用した場合にはこれが数秒間隔で分析可能になります。そのため、PTR-MSは野外での自動連続観測に非常に適した測器と言えます。

山城試験地ではPTR-MSをVOCの一種であるイソプレンの観測に主に用いています。この試験地の主要樹種であるコナラは、光合成時に葉面から多くのイソペン（天然ゴムはイソペンが多数重合したものです）を放出しています。植生からのイソペン放出量は地球上の人為起源を含めた全VOC放出量の約半分を占め、植生起源のVOC放出量は熱帯湿潤林で森林と大気の間で交換される炭素量の10%を占めているとの推定例もあることから、森林の炭素固定量の評価には、二酸化炭素だけでなくこのような森林起源の揮発性有機化合物の定量化も必要とされています。また近年では、イソペンが大気中で急速に酸化して有機エアロゾルを形成して地球の冷却や雲の形成に寄与する一方、その酸化過程で大気中の温室効果ガスを除去している可能性が指摘されています。したがって、PTR-MSを用いた森林起源のVOC放出量の観測と、その放出を通じた森林の持つ地球温暖化の緩和効果を評価していくことが強く望

まれています。

山城試験地では土壌や葉面、群落上におけるイソペン放出量を同時に多点で連続観測することを目的として、土壌面や葉群を取り込んだ自動開閉式のチャンバー（内部の濃度変化を測定するための密閉容器）や微気象観測タワー上の採気口を、PTR-MSに接続しています。一方で京都大学との共同研究によって有機エアロゾルの観測も進めています。このような観測の組み合わせによって、森林内でいつ、どこで、どのくらいのイソペンが放出され、酸化され、有機エアロゾルが形成されているのかの情報を解析しています。



写真 PTR-MS

研究情報 第100号

平成23年5月31日発行

独立行政法人 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)

Fax. 075 (611) 1207

ホームページ <http://www.fsm.affrc.go.jp/>

