

研究情報

Research Information

No.144 May 2022

85年目を迎えた竜ノ口山の水源涵養機能試験

チーム長（森林水循環担当） 細田 育広

森林が降雨による増水（直接流出）を抑制し、降雨後の流出（基底流出）への分配を増やす（平準化）機能を、森林の水源涵養機能といいます。この機能の実態を明らかにするには、流域を単位とした降水量と流出水量の観測がまずは必要です。瀬戸内海式気候下におけるアカマツ林の水源涵養機能解明を目指して、我々の先輩が岡山県岡山市内の竜ノ口山における流域試験地の設置に着手したのは1935年のことでした。1936年末までに施設等の準備を整えて試験的に観測を始め、そのまま翌年から本格的に観測を開始しました。この時代、研究面では流域試験の方法に関する知見が世界的に増えつつあり、国内では第2期森林治水事業が準備されていました。岡山に試験地を設置した経緯については、本誌第106号の概説をご参照頂ければと思います。

試験開始当初のアカマツ林は、1940年頃の激甚なマツ枯れで失われ、その後も山火事やマツ枯れで植生を繰り返し消失しました。結果的に、上述の水源涵養機能が森林の消失で減退し、再生に伴って回復する傾向を定量的に検出することとなりました。しかし一方で、植生状態にかかわらず基底流出は常に少ない傾向があり、同量の降雨に対する直接流出の変動幅が大きいという特徴も明らかとなりました。これは試験流域の基岩の大部分が古生層なので、他の地質では透水性がある風化した基岩（風化帯）でも透水性が低く、地中に浸透した雨水の大半が風化帯を覆う薄い土壤を通過して流出してしまうためと考えられていました。ところが、2007年から流域内の斜面で10mを超える深さの風化帯の水動態を観測してみる

と、厚い風化帯も降雨の流出過程に関与し、その湿潤度合いが直接流出に大きな影響を与えていることがわかりました。また、風化帯の水の通る隙間は狭く、降雨終了後はすぐに水が移動しにくくなるため、連動して基底流出も少なくなることもわかりました。一方、地中には水が保持されるため、植生には好都合です。この特性が、かつて山陽道で古生層の山がハゲ山になりにくかった要因のひとつではないかと考えています。

ここまで説明してきたように、地質により水源涵養機能の現れ方には特徴があるものの、その端緒は地表面から地中へのスムーズな雨水の浸透にあることには変わりはありません。この機能発揮には、根系が深く発達するとともに多種多様な生物が共生し、粗孔隙が地表面付近に発達する森林土壌が不可欠です。森林では樹体に付着した降雨の蒸発などで地下に浸透する水量は減少しますが、雨水が地表面を流れないことで地表面浸食が抑制され、蒸発散により地中の過湿化を防ぎ、洪水軽減や地盤安定といった防災的機能も発揮されます。水源涵養機能は森林の防災的機能の出発点でもあるのです。竜ノ口山での森林の利用の歴史は古墳時代にまで遡り、最近85年の間でもマツ枯れや山火事、松根の堀取りなどを経験しているので、土壌を含めた森林生態系の成熟にはまだまだ時間がかかると考えられます。長期的にはそうした成熟過程や気候変動が水流出に及ぼす影響を明らかにしながら、透水性が低いにもかかわらず降雨に敏感に反応する厚い風化帯の水移動の実態を明らかにしていくことが、今後の課題と考えています。



フラスを手掛かりに カシナガを探し出す

生物被害研究グループ 濱口 京子

どんぐりの木が大量に枯れる「ナラ枯れ」は、カシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*) (以下カシナガ) がナラ菌 (*Raffaelea quercivora*) という病原菌を媒介することによって生じます (図1)。ナラ枯れは、1980年代後半に日本海側を中心に広がりはじめ、今なお全国的な広がりを見せています。林野庁の統計資料によれば、令和3年度の被害報告(速報値)は42都府県にわたります。最近では関東地方の被害の急激な拡大が問題となっており、また、これまでナラ枯れやカシナガとは無縁であった北海道でも初めてカシナガが捕獲されるなど、新たな局面も見られます。



図1 ナラ枯れで真っ赤に枯れたどんぐりの木(遠景)とそれを引き起こしたカシノナガキクイムシ

このような状況の中、ナラ枯れ被害地のカシナガについては、様々な角度からの研究が行われてきました。一方、これまであまり目を向けてこられなかったナラ枯れが起きていない場所、つまり無被害地にも、実はカシナガが存在し、ごく低密度でひっそりと暮らしているのではないかとする見方があります。カシナガの遺伝的な個体群構造を解析した研究でも、無被害地に潜在的にカシナガが分布する可能性が示唆されています。しかし実証データは大変少なく、近隣地域にも被害が見られないような無被害地でカシナガの捕獲例があるのは、沖縄本島、石垣島、三宅島(2005年の被害発生以前)や北海道(本州から侵入した可能性もある)などに限られ、それ以外の島嶼や九州～本州各地の無被害地では、分布の実態がまだ全くわかっていません(=全然いない可能性もあります)。

では無被害地のカシナガの分布状況が不明だと何か困ることがあるのでしょうか?あります!被害地のカシナガの由来を辿れなくなるのです。新しい被害が発生した時、被害を起こしたカシナガは別の被害地から来たのでしょうか?それともそのエリアに潜在的に分布していたカシナガが大発生したのでしょうか?飛び地的な場所や島嶼で被害が発生した際には、特にこれが疑問として残ります。しかし、被害発生前の周辺の潜在的なカシナガ分布状況がわかっているならば、被害の由来がわかり、今後の被害動向の予想もしやすくなるはずですよ。

以上のことから、無被害地のカシナガ分布状況を把握することは、極めて重要です。しかし無被害地のカシナガ探しには2つのハードルがあります。一つ目は、分布したとしても非常に低密度と予測されることです。これまで大勢の昆虫マニアや研究者が様々なトラップを森に仕掛けてきたにも関わらず、完全なる無被害地からカシナガが捕れた例はほぼないのですから(キクイムシが採集のターゲットになることが少ないせいもありますが)。二つ目は、手続きと労力が半端ではないということです。カシナガは生活史のほとんどを立木や新鮮な倒木の材内で過ごすために、カシナガを捕獲するためには、成虫が羽化脱出して新たな寄主樹木に穿孔するまでの短期間を狙って羽化トラップを仕掛けて待つ以外は、伐倒するなどして被害材を持ち帰って割材するという力技を使うしか手はありません。しかしカシナガが入っているかもしれないからと、無被害地の樹木を次々と切り倒すわけにもいきませんよね。

そこで、無被害地のカシナガ探索を効率的に進めるため、樹の中にカシナガがいるかどうかをフ



図2 フラス
(左) カシノナガキクイムシのフラス
(右) 根際にたまったフラス(矢印)

ラスを使って判別する方法を開発しています。フラスとは、穿孔性の昆虫が樹にあけた孔から排出する粉です（図2）。その中には孔道を掘るときに出る木くずや菌などとともに糞などの虫体由来の成分も混じります。そこに含まれる虫のDNAを分析することにより、フラスを出した『主』の正体をつきとめるわけです。無被害地でカシナガのいそうな場所を絞り込むのは経験と根気に頼るしかなさそうですが、いざカシナガっぽい孔やフラスを見つけたときに、フラスを採取し分析するだけでカシナガかどうか判定できれば、伐倒や運搬などの労力は大幅に削減され、より網羅的な探索が可能になると考えています。

フラスを用いた判別法にはいくつかの手法が用いられますが、ここではオーソドックスなPCR法でDNAの特定領域を増幅する方法について説明します。日本のカシナガは大きく二つの遺伝的グループに分けられるので（図3）、各グループに特異的なプライマーを設計してDNAを増幅しました。判定は、電気泳動によるバンドの有無から行います。カシナガのパサパサに乾いたようなフラスを相手に、うまく判定できるのか不安でしたが、やってみると8割以上の確率で、わずか耳かき一杯のフラスサンプルから虫のDNAを増幅できました（図4、図5）。根際にたまったフラスからでも増幅可能でした。実際の調査に用いるためには、増幅成功率をもっとあげる必要がありますが、無被害地でフラスが得られた場合にそれがカシナガのものかどうか、さらにはカシナガのどちらの遺伝的グループのものかを、この方法によって判別することができそうです。フラスの採取時期による検出率の違いや採取後の輸送・保存

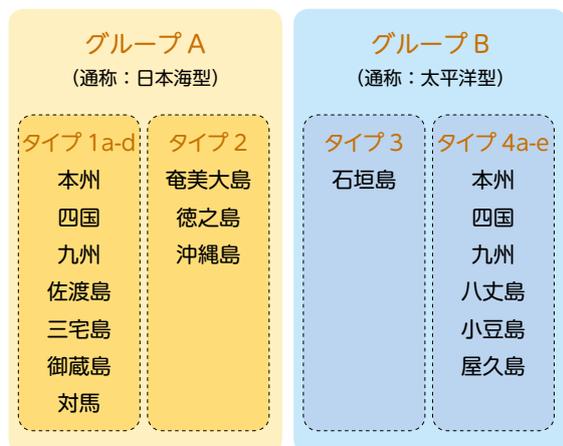


図3 カシナガキクイムシの遺伝的グループと、それぞれの分布が確認された地域

方法、DNAの抽出方法などを検討することで、どのくらい簡便性や判定精度を高められるかを明らかにするのも今後の課題です。

上記の方法を使って、フラスを手掛かりに無被害地からカシナガを探し出すことはできるでしょうか？そこから何が来て来るでしょうか？被害拡大に伴って、無被害地そのものが減少しつつある今、調べるチャンスが失われないうちに、無被害地でカシナガ探索を試みたいと考えています。

(参考文献)

林野庁(2021) 都道府県別ナラ枯れ被害量(被害材積)の推移(総数). (2022.03.31 参照；

https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/attach/pdf/naragare_R3-6.pdf)

Hamaguchi & Goto (2010) Appl. Entmol. Zool., 45, 319-328.

濱口ら(2021) 日林誌, 103, 237-241.



図4 耳かき一杯ほどのフラス

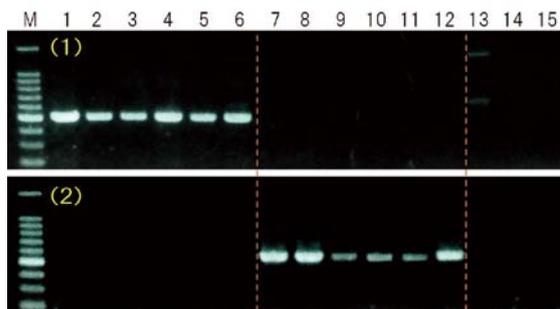


図5 PCR法によるフラスの分析結果

(1)はカシナガのグループAに特異的なプライマーで、(2)はカシナガのグループBに特異的なプライマーでPCR法による増幅を行った結果。1-2:グループAの虫体、3-6:グループAのフラス、7-8:グループBの虫体、9-12:グループBのフラス、13-15:別種(ヨシブエナガキクイムシ、ヤチダモナガキクイムシ、ソトハナガキクイムシ)から抽出したDNAを鋳型とした。プライマーごとに、目的とするグループだけが増幅された。

近畿中国森林管理局管内の収穫試験地 その1

関西支所が測定している 収穫試験地の紹介

森林資源管理研究グループ 齋藤 和彦
田中 邦宏

収穫試験地は、現行あるいは将来普及しそうな施業で管理した林分が、実際にどのように推移するかを測定する固定試験地です。設置年は大きく2時期に分かれ、戦前は1935年頃、戦後は1960年頃に設置されました。森林総合研究所は各森林管理局と共同で、全国約200箇所の試験地を、林齢50年までは5年、それ以上は10年間隔を基本に継続調査しています。この連載では、関西支所

が担当する近畿中国森林管理局管内の収穫試験地を紹介します。

現在、近畿中国森林管理局管内にある収穫試験地は、表1の12箇所で、国有林の収穫表に対応して設置しています。以前はアカマツの試験地もありましたが、マツノザイセンチュウ病で壊滅しました。設定年は前述の通りの2時期ですが、2014年には特に成長の良いNo.4の白見は無間伐区を、2017年には雪害や風害で対応する試験地が無くなっていた中国ヒノキ収穫表のためにNo.9の入開山試験地を追加しています。

大部分の試験地は、最終調査時点で林齢80～100年超になっています。国有林の収穫表にも林齢80～100年の値が載っていますが、60年以上は外挿した推定値なので、その部分の実測値が得られる全国的にも貴重な試験地となっています。

表1 近畿中国森林管理局管内の収穫試験地

試験地名(県) その他の樹種	国有林 収穫表	分区	面積 (ha)	試験地 設定年	調査 回数	最終 調査年	最終調査時点のデータ				
							林齢	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	本数密度 (本/ha)	幹材積合計 (m ³ /ha)
高取山(奈良)		1分地	0.20	1935	13	2019	99	42.7	30.6	480	986.2
		2分地	0.20					42.2	30.5	505	1017.1
高野山(和歌山)	紀州 スギ	—	0.17	1935	13	2014	101	42.7	30.6	480	986.2
滝谷(兵庫)		普通間伐	0.63	1936	13	2016	117	40.5	25.3	428	774.0
		上層間伐	0.79					32.2	20.0	677	825.3
		ナスビ伐	0.76					23.7	16.4	1075	595.3
白見(和歌山)		間伐 無間伐	0.20	1962 2014	12	2020	69	47.7 39.8	32.4 27.8	465 823	1151.9 1398.3
篠谷山(鳥取)	山陰 スギ	—	0.20	1960	11	2014	86	47.3	31.2	460	1118.5
高取山(奈良)	紀州	1分地	0.20	1935	13	2019	122	40.1	25.2	545	860.6
		2分地	0.20					38.7	24.8	565	820.5
高野山(和歌山)	ヒノキ	1分地	0.25	1935	13	2014	101	40.1	25.2	545	860.6
茗荷淵山(三重)		—	0.20	1960	12	2017	67	29.5	22.0	795	612.9
入開山(岡山)	中国 ヒノキ	準無間伐	0.06	2017	1	2017	48	20.1	17.7	2117	674.9
		定性間伐	0.06					24.2	19.2	1200	547.2
		列状+定性	0.10					23.4	18.0	1320	535.9
遠藤(岡山) 裏スギ天然林	—	無施業	0.28	1937	13	2015	178	41.3	21.8	350	709.4
		択伐	0.35					24.6	13.9	546	403.3
地獄谷(奈良) ヒノキ・スギ混交	—	ヒノキ択伐	0.26	1940	14	2018	96	32.2	20.3	729	864.0
		スギ択伐	0.34					29.8	19.0	784	871.6
		自由施業	0.36					24.7	16.8	936	614.2
奥島山(滋賀) アカマツ→ヒノキ	—	—	0.29	1958	8	2017	80	28.5	20.4	996	721.3

巻頭帯写真について：シラカシの開花（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144号

令和4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/>