

# 九州の森と林業

No.137 2021.9

## 森林に降る雨の蒸発 —マイクロからアマゾンへの降雨へ—

産学官民連携推進調整監 村上 茂樹

### はじめに

雨が降り始めたとき、よく茂った木の下は濡れずに乾いています。その後、雨が本降りにならずに止めば、木の下は乾いたままです。このことから、森林の中に降る雨（林内雨）は森林の外に降る雨（林外雨）に比べて少ないことが分かります。つまり、森林に降った雨のうち、林外雨と林内雨の差の分だけ蒸発が起きているのです。この降雨にともなう蒸発を樹冠遮断と呼びます。樹冠遮断は小雨のときだけではなく大雨の最中にも発生しており、年間雨量の約2割を占めています。



図1 林外雨（左）と林内雨（右）の測定

### 樹冠遮断の不思議

樹冠遮断は林外雨と林内雨の差から求めます。林外雨は裸地に設置した雨量計で測定します（図1左）。林内雨は樋で集水した雨水（樹冠通過雨）と幹に沿って流下する雨水（樹幹流）を足し合わせたもので、どちらも量水計を使って測定します（図1右）。雨量は雨水が流れ去らずに貯まったときの水の深さ（単位mm）で表し、樹冠遮断（蒸発）も同様に、蒸発する前の水の深さで表します。

図2は2020年7月5日から7月8日の大雨（総量247.5mm）の際、九州支所構内の2つ

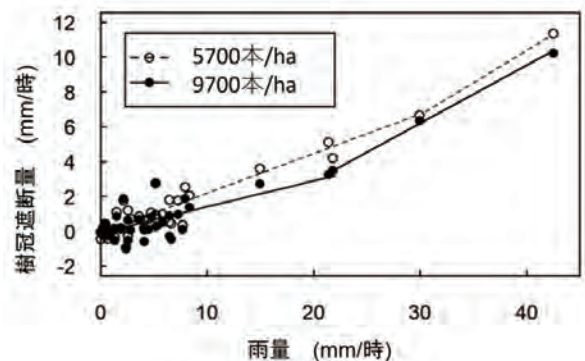


図2 1時間当たりの雨量と樹冠遮断量の関係  
負の値は測定誤差によるもの



国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 九州支所

Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

のスギ林で測定した樹冠遮断の例です<sup>1)</sup>。これらのスギ林の植栽密度は5700本/haと9700本/haで、通常の2～4倍も密に植栽されています。図2は降雨強度（1時間雨量）が強いほど樹冠遮断、すなわち蒸発が多いことを示しています。いったい何が起きているのでしょうか？

さらに、図2では降雨強度と樹冠遮断の関係が途中で折れ曲がって2本の直線で表され、雨がより強いときに傾きが急になっています。このような折れ曲がりとは、これまでの研究では報告例がありません。

### 飛沫蒸発説

降雨中は湿度が高く、蒸発は起きにくいはずなのに、前述のように大量の蒸発が測定されています。この現象は降雨中の濡れた枝葉表面からの蒸発では説明が付きません。なぜなら、完全に濡れた枝葉からの蒸発（表面蒸発）は、降雨強度とは無関係だからです。

そこで表面蒸発に加えて、雨滴が枝葉に衝突して発生する飛沫が蒸発するメカニズムが提唱されました<sup>2)</sup>。雨が強いときには雨滴の平均粒径と個数が増加するので、雨滴の持つ運動エネルギーが大きくなり、飛沫が多く発生します。飛沫は単位質量当たりの表面積が大きいので、高い湿度の下でも短時間で蒸発して消滅します。これは、霧吹き器で発生するミストが蒸発しやすいのと同じ現象です。飛沫蒸発を考慮すると、樹冠遮断が雨量とともに増加することの説明が付きます。最近の研究では、飛沫蒸発は樹冠遮断全体の8割以

上を占めることがあるとされています<sup>3)</sup>。

図2の折れ曲がりも飛沫蒸発で説明が付きます。5700本/haと9700本/haの林分は、林分密度が通常よりも極端に大きいため、樹木1本が占める樹冠投影面積が小さく、枝の角度が小さく上向きとなり（図3）、雨水を効率的に集水します。雨量に占める樹幹流の割合は、通常の林分密度では2割以下ですが、5700本/haと9700本/haの林分ではそれぞれ4割と6割もあります。そのため、雨が強いときには樹幹流が枝からあふれ（図4）、雨量に占める樹幹流の割合が減少します。ところが、その結果増加するはずの雨量に占める樹冠通過雨の割合は、逆に減少することさえあります。これは、あふれた樹幹流が落下途中で枝葉に衝突し、飛沫となって蒸発しているためと考えられます。

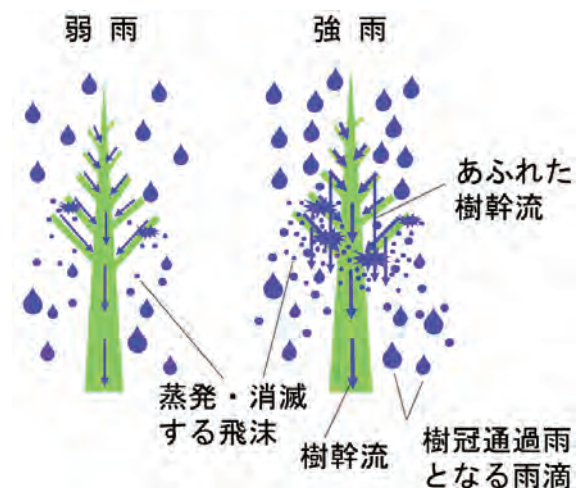


図4 図2の折れ曲がり原因の説明

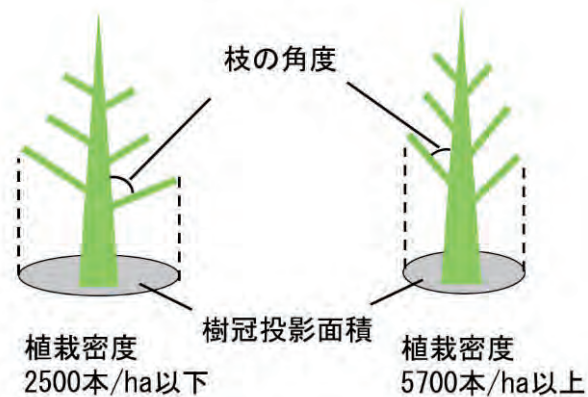


図3 樹冠投影面積と枝の角度の植栽密度による違い

### ミクロからアマゾンへ

ここまでは飛沫というミクロの現象について考えてきました。次に、大陸の雨量について考えてみましょう。沿岸に降る雨水の起源は海洋です。沿岸に降った雨水の一部は河川水や地下水として海に流れ出ますから、その場所からの蒸発は元の雨量よりも少なくなります（図5上）。内陸に降る雨は、主に沿岸で蒸発した水が起源ですから、内陸の雨量は沿岸よりも少なくなります。これが繰り返されると、雨量は内陸ほど少なくなります。実際に大陸の多くの場所でこのことが確認されています（図6の南緯36°）。

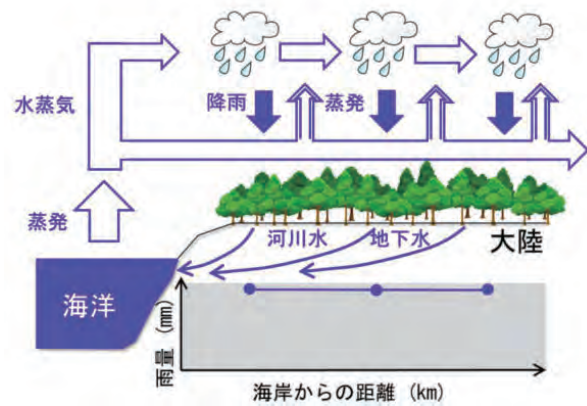
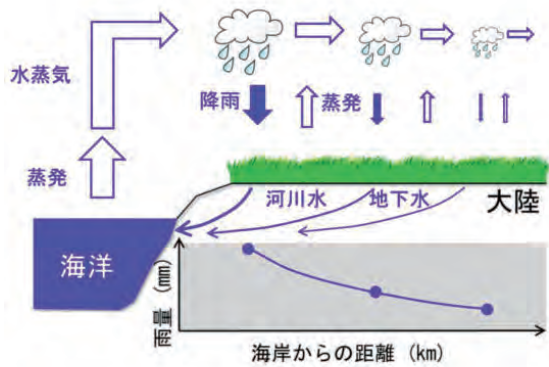


図5 森林の有無と大陸の降雨分布

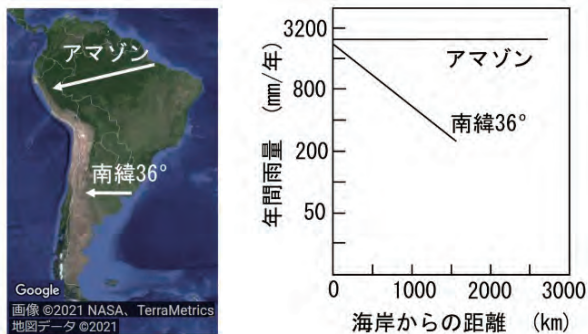


図6 森林の有無による大陸降雨分布の違い  
文献 5) に基づいて作成

ところが、これに反して数千kmに渡って沿岸と内陸で雨量が一定に保たれている場所があります。それはアマゾンなど大面積が森林で覆われた大陸です<sup>4), 5)</sup>。樹冠遮断による蒸発が大きいために、森林は陸上で最大の蒸発が生じる場となっています。蒸発が大きいと、その水蒸気の不足分を補うために海洋から水蒸気を引き込む力が作用します (図5

下)。このため、森林で覆われた大陸奥地では雨量も河川流量も沿岸と同じレベルに保たれ、海洋から数千kmの奥地に至るまで広い面積に渡って豊かな生態系が維持されているのです。このことはまだ仮説ではありますが、森林が大陸規模で水蒸気を輸送するポンプとして作用し、飛沫蒸発がそのメカニズムの中心にあると考えられます。

### おわりに

飛沫蒸発は確実に起きています。しかし、森林と飛沫の関係には未知の部分が多く、飛沫蒸発は水蒸気の輸送や気候の計算などには取り込まれていません。樹冠遮断の計算には、表面蒸発だけが考慮されているのが現状です。今後も飛沫蒸発の詳細解明に向けた研究を続けていく必要があります。

### 参考文献

- 1) 村上茂樹、北村兼三 2021 水文・水資源学会／日本水文学会2021年度研究発表会要旨集 (印刷中) .
- 2) Murakami, S. 2006 Journal of Hydrology, 319, 72–82.
- 3) Murakami, S. 2021 Hydrological Sciences Journal, 66, 1248–1264.
- 4) Makarieva, A. M. and Gorshkov, V. G. 2007 Hydrology and Earth System Sciences, 11, 1013–1033.
- 5) Makarieva, A. M. et al. 2009 Ecological Complexity, 6, 302–307.

# 令和2（2020）年の九州地域の森林病虫獣害発生状況

チーム長（生物多様性担当）	佐山 勝彦
森林動物研究グループ	後藤 秀章
森林微生物管理研究グループ	高畑 義啓
森林動物研究グループ長	安田 雅俊

令和2（2020）年の九州地域（九州7県と沖縄県）の森林病虫獣害発生状況を報告します。この報告は、九州地区林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会および著者らに寄せられた情報などを集約したものです。

なお、各県からの情報は、私信として引用を明記すべきところですが、紙面の都合上割愛させていただきました。九州地域は外来生物が侵入する頻度が高く、病虫獣害の被害拡大を阻止するためにも、今後も引き続き関係各位の情報収集・提供へのご協力をお願いします。本報告に先立ち、情報をお寄せいただいた関係各位にお礼申し上げます。

虫害：令和2（2020）年に九州地域で確認された主な虫害を表1に示しました。令和元（2019）年に引き続き表にあげられたのは、

サカキブチヒメヨコバイ（これまでの「ヒメヨコバイの一種（*Stictotettix cleverae*）」に命名された和名）、ヨコバイの一種（*Coloana arcuata*）、ケブカトラカミキリ、カシノナガキクイムシ、キオビエダシヤク、ホウオウボククチバでした。

サカキブチヒメヨコバイ（写真1）の吸汁によってサカキの葉に白点が生じる被害（写真2）は、令和元（2019）年に引き続き佐賀県と鹿児島県で発生したほか、熊本県菊池市でも確認されました。今後の被害拡大に注意が必要です。本種を対象とした農薬が登録されましたので、幼虫の時期に効くように散布すると効果的です。

カシノナガキクイムシの成虫による幹への穿孔被害は、これまでの九州南部から北部に移り、被害が拡大しています。長崎県本土で

表1 令和2（2020）年に九州地域で確認された主な虫害

害虫名	発生地	樹種	環境
<b>カメムシ目</b>			
サカキブチヒメヨコバイ ( <i>Stictotettix cleverae</i> )	佐賀県基山町、*熊本県菊池市、鹿児島県 (13市町)	サカキ	植栽木
ヨコバイの一種 ( <i>Coloana arcuata</i> )	沖縄県沖縄島全域	アカギ	街路樹
<b>コウチュウ目</b>			
ケブカトラカミキリ	鹿児島県	イヌマキ	植栽木
タイワンハムシ	沖縄県沖縄島北部	ハンノキ	天然林
カシノナガキクイムシ	福岡県糸島市・福岡市、佐賀県唐津市、 長崎県長崎市・*西海市・*雲仙市・*平戸市、 熊本県熊本市・*天草市・*阿蘇市・*宇土 市・*宇城市・*八代市・*人吉市、*宮崎県 椎葉村、鹿児島県	マテバシイ、 ツブラジイ（コジ イ）、スダジイ、 コナラ	天然林 植栽木
<b>チョウ目</b>			
キオビエダシヤク	鹿児島県、沖縄県沖縄島全域	イヌマキ	植栽木
ホウオウボククチバ	沖縄県沖縄島全域	ホウオウボク	街路樹
<b>ハチ目</b>			
デイゴヒメバチ	沖縄県全域	デイゴ	街路樹

\*被害が初めて確認された発生地

は平成29（2017）年に長崎市で初めて確認された被害が、ほぼ県下全域で確認されています。福岡県（糸島市、福岡市）と佐賀県唐津市でも、昨年を引き続き、マテバシイでの被害が確認されました。熊本県では熊本市以外に、天草市、阿蘇市、宇土市、宇城市、八代市、人吉市で被害が確認されました。宮崎県では標高の高い椎葉村で、コナラでの被害が確認されました。鹿児島県では霧島市などで被害がみられました。本種の被害樹種はマテバシイ以外に、ツブラジイ（コジイ）、スダジイ、コナラなどが確認されています。

以上の虫害のほかに、福岡県宗像市のクロマツ枯損被害では、マツノシンマダラメイガによることが判明しました。

鹿児島県で一昨年にスギ幼齢林で発生した穿孔被害（折損）は、アワノメイガの幼虫によることが判明しました。

沖縄県では昨年引き続き、以下の虫害が発生しています。キオビエダシャクが沖縄島全域で発生し、被害が多発する傾向にあります。沖縄県全域では、幼虫がデイゴの葉と実を食害するベニモンノメイガと幼虫がデイゴの茎に食入するオオエグリノメイガが、年中発生しています。昨年、沖縄島南部のアカギの街路樹で多発したヨコバイの一種が、沖縄島の中部および北部でも確認されました。なお本種は、*Coloana arcuata*（和名未定）と同定されました。

**病害：**昨年と同様に令和2（2020）年も、ブナ科樹木萎凋病（ナラ枯れ、虫害の項を参照）とマツ材線虫病以外に、森林において大きな被害をもたらすような病気は確認されて

いません。庭木などでは様々な病害が発生していますが、特定の病気が大きな広がりを見せるようなことは起きていません。

大きな規模にはなっていませんが、令和2（2020）年にもスギ苗木の病虫害その他の被害は散見されており、拡大傾向が生じていないかなどには注意を払っていく必要があります。

近年、福岡県でヒノキの伐採時に根株心材腐朽が確認される事例があります。九州では過去にも各地域でヒノキの腐朽被害が報告されています。腐朽菌は下刈りや林内作業機械の通過時などに根株に付いた傷から侵入することが多いので、被害を回避するには、作業時に充分注意を払う、ヒノキの腐朽が確認されている林分ではヒノキの再生林は避ける、といった方法が考えられます。

**獣害：**獣害については、例年通り、ニホンジカとニホンノウサギによる林業被害の報告があがっており、両種に対する防除は今後も重要です。長崎県北部の佐世保市周辺において、近年みられるようになったニホンジカ個体群については、遺伝子解析の結果、タイワンジカではなく九州産のニホンジカであることが明らかになりましたが、その具体的な由来については不明です。今後、ニホンジカが分布しないとされてきた佐賀県への侵入が危惧されます。農林業被害や森林生態系への被害が懸念され、特定外来生物に指定されているクリハラリス（別名タイワンリス）の令和2年（2020）年度における行政による捕獲数は、長崎県壱岐市41,843頭、五島市2,658頭、熊本県宇土半島15頭でした。



写真1 サカキブチヒメヨコバイの成虫  
（体長約3mm）



写真2 サカキブチヒメヨコバイの吸汁によるサカキの葉の白点被害

# 立田山の昆虫シリーズ（7）

## オオスズメバチ

オオスズメバチは世界最大のスズメバチで、体長は女王バチで最長45mm、働きバチでも最長40mmなります。東アジアとその周辺地域に分布しており、日本国内では、北海道、本州、四国、九州などでみられます。立田山では、春から秋遅くまで、よくみられるスズメバチです。

攻撃性もスズメバチの中では最大級です。土中に巣をつくるのが多く（写真1）、遊歩道や土手などの近くで刺傷被害が生じることがあります。巣を離れて活動しているスズメバチは、ふつう攻撃してくることはありません。しかし、オオスズメバチだけは例外で、樹液が出ている場所に集まっている働きバチ（写真2）に近づくと、攻撃されることがあります。



写真1 土中から掘り出した巣

危険な生物とみなされるオオスズメバチですが、コガネムシやカミキリムシの成虫を狩って幼虫の餌にするので、林業害虫の天敵としての役割も果たしています。また、キイロスズメバチなどの巣を襲って、巣の中の幼虫や蛹を自分たちの幼虫の餌にすることから、他種のスズメバチの天敵にもなっています。

最近、このオオスズメバチが北アメリカ（アメリカ合衆国とカナダ）に侵入して問題となっています。本種が定着してしまうと、刺傷被害の危険性や在来生態系への悪影響のほか、ミツバチの巣を襲って全滅させるので、養蜂業（ハチミツ生産）における被害が危惧されるからです。



写真2 樹液に集まる働きバチ

チーム長（生物多様性担当） 佐山 勝彦

## 地域連携推進室から

### 令和3年度九州地域公開講演会の開催について

奄美大島、徳之島、沖縄島北部及び西表島（鹿児島、沖縄）が、7月26日に世界自然遺産へ正式登録されました。

これを記念して本年度の公開講演会では、「沖縄の生物多様性保全と人の暮らし」と題し、12月にYouTubeチャンネルにて公開を予定しております。

詳細は、HPで発信していきます。

九州の森と林業 No. 137

令和3年9月1日

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所九州支所

熊本県熊本市中央区黒髪4丁目11番16号

〒860-0862 Tel 096(343)3168(代)

Fax 096(344)5054

ホームページ

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/kys/>



この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。