

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 29 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580162

研究課題名（和文）カシノナガキクイムシの寄主木及び穿孔部位選択様式の解明

研究課題名（英文）Host tree and borehole site selection by the ambrosia beetle *Platypus quercivorus*

研究代表者

山崎 理正（YAMASAKI MICHIMASA）

京都大学・大学院農学研究科・助教

研究者番号：80263135

研究成果の概要（和文）：病原菌を運搬することでブナ科樹木の集団枯死を引き起こすカシノナガキクイムシについて、寄主木及び穿孔部位選択様式を調査した。直近に寄主木候補が集中している方が、より大きなスケールでは逆に寄主木候補の密度が低い方が、ブナ科樹木がカシノナガキクイムシの攻撃を受ける確率は高くなっていった。また、周囲の穿孔され始めた木の密度が高いほど、その後集中加害を経て枯死に至る確率が高くなっていった。更に、カシノナガキクイムシは初期には樹幹下部に集中して穿孔するものの、下部の穿孔密度が高くなっていくに従い穿孔箇所は上部に移行していくことが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：Host tree and borehole site selection by the ambrosia beetle *Platypus quercivorus*, the vector beetle of pathogenic fungi which cause Japanese oak wilt, were studied. A field study revealed that the effect of stem density on the probability of attack by *P. quercivorus* was positive at a small spatial scale, and negative at larger scales. A positive effect of attacked trees' density on the probability of mortality of attacked trees was also shown by a field study. Continuous observation of attacked trees revealed that *P. quercivorus* preferred the basal part of the tree as their borehole site in an early stage of attack, however, they changed the site of hole boring to the higher place with increasing density of holes at the basal part.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：森林生態・保護・保全

1. 研究開始当初の背景

一般にキクイムシ類は、寄主として衰弱木を利用する。森林内で低密度に分布する衰弱木を探す際、ランダムに飛行していれば適応度が低下すると考えられる。実際、キクイム

シ類は視覚や嗅覚を利用して寄主を探索している。このようなキクイムシ類は、個体数密度が上昇したときに健全木も攻撃し寄主として利用し始めることが知られており、近年日本海側の各地で問題となっているブナ科樹木の集団枯死（ナラ枯れ）も、何らかの

原因で個体数密度が上昇したカシノナガキクイムシが健全木を攻撃することによって引き起こされている。

寄主の範囲が健全木にまで広がったとしても、温帯の多様な森林内で繁殖に適した樹種を探し出すためには、ランダムな飛行は適応的ではないだろう。カシノナガキクイムシが樹木に着地し穿孔する前の段階で樹種や穿孔履歴を判別していることが明らかにされているが、これらの結果もランダムな飛行を否定するものである。羽化脱出後限られたエネルギーで寄主木を探索するために、カシノナガキクイムシはランダムではなくある程度定位して飛翔しているに違いない。本研究ではカシノナガキクイムシが羽化脱出してから新しい寄主木に穿孔するまでを3段階に分けて考え、各段階について仮説を構築した。

2. 研究の目的

- (1) 前年穿孔木より羽化脱出したカシノナガキクイムシは、まずどこに向かって飛翔するのだろうか。寄主木候補であるブナ科樹木の密度が比較的低い天然林でミズナラを対象に行った研究では、同じ太さの個体であれば周囲に同種他個体が存在した方が、すなわち密度が高い方がカシノナガキクイムシの穿孔を受ける確率が高いことが明らかとなっている。しかし、ブナ科樹木の密度が高い二次林ではランダムな飛行でも適応度が落ちていない可能性があり、検証が必要である。
- (2) カシノナガキクイムシは検出した寄主木の“群れ”の中でどのような個体を選択する確率が高いのだろうか。これについては多くの先行研究が示しているように、利用可能性に優れる太い個体を選んでいるようである。しかし、地形の複雑性のため微環境が不均一な森林においては、全ての樹木がカシノナガキクイムシにとって自由に選択できる状態にあるとは限らない。穿孔個体の選択には立地などサイズ以外の要因も影響している可能性があり、この点を明らかにするためには、GIS等を利用した被害木の解析が必要である。
- (3) 寄主木に着地した後、カシノナガキクイムシはどのように穿孔部位を決めるのだろうか。カシノナガキクイムシの穿孔は樹幹下部に集中的に分布することが知られており、繁殖成功度が樹幹下部の方が高くなっていることが予想される。また、カシノナガキクイムシは繁殖に至る可能性が高い地際部から順に穿孔していくが、

同種他個体による穿孔密度も鑑みて穿孔部位を決めているので、結果として繁殖成功度は高さによって変わらなくなっている可能性もある。

以上より、本研究ではカシノナガキクイムシとその寄主木について、下記の3点を明らかにすることを目的とした。

- ・穿孔対象とされる可能性が高い樹木の特性集中分布している樹木個体を選んでいるのか？どの程度の集中斑を検出しているのか？
- ・穿孔されて枯死する可能性に影響する要因低密度でしか穿孔されず生き残る個体とマスタックを受けて枯死する個体の違いは？
- ・穿孔部位の探索決定様式とその適応的意義寄主木に着地してから穿孔するまでの行動は？その行動は繁殖成功度を高めているか？

3. 研究の方法

- (1) 京都府東部に位置する八丁平湿原周辺の二次林で3つのプロットを設定し、2008年から2011年にかけてミズナラとクリを対象にカシノナガキクイムシの穿孔被害状況を継続調査した。各個体がカシノナガキクイムシに穿孔される確率に影響を及ぼす要因として、樹種・穿孔履歴・ブナ科樹木の各変数（個体の胸高断面積合計・直近及び直近より外側の本数密度・樹冠密度）・標高・斜面傾度・凹凸指数を候補としてあげた。DGPSとレーザーレンジファインダーを組み合わせることで、プロット内のミズナラとクリの位置を正確に測定し、同様に樹冠投影図も作成した。これらのデータから各樹木個体の周囲の本数密度と樹冠密度を複数のスケールで計算した。斜面傾度等の地形変数はGISで準備した。候補としてあげた変数のうち何が穿孔確率に影響を及ぼしているのかを明らかにするため、モデルの構築と変数選択を行った。
- (2) 八丁平の二次林93haを踏査し、2008年から2010年のカシノナガキクイムシ穿孔木の樹種・胸高直径・生死を記録し、位置をGPSで測位した。穿孔木の生死に影響を及ぼす要因として、樹種・胸高直径・周辺の穿孔木の胸高断面積合計・標高・斜面傾度・凹凸指数・斜面方位を候補としてあげた。斜面傾度等の地形変数

は GIS で準備した。候補としてあげた変数のうち何が穿孔木の枯死確率に影響を及ぼしているのかを明らかにするため、モデルの構築と変数選択を行った。周辺の穿孔木の胸高断面積合計は複数のスケールについて計算し、最も説明力が高いスケールを探索した。

- (3) 2009年にカシノナガキクイムシのマスアタックを受け枯死した八丁平のミズナラ3個体を対象に、地上高1.5m以下の穿孔すべてに羽化トラップを仕掛けた。2010年に羽化脱出してきた成虫数をカウントし、羽化脱出成虫の総数を穿孔ごとの繁殖成功度とした。穿孔部位特性（地上高・樹幹表面の凹凸指数・樹幹表面の傾斜角）と穿孔密度を説明変数の候補としたモデルを構築し、繁殖成功度に何が影響を及ぼしているのかを評価した。また、2012年には八丁平の二次林でミズナラ116個体の樹幹上に形成されるカシノナガキクイムシの穿孔を継続調査し、どの時期にどの高さに穿孔が形成されるかを追った。穿孔を確認した9個体について、地上高2m以下の穿孔の高さを測定し、各穿孔の周囲の穿孔密度を3つのスケールで測定した。各穿孔から排出されるフラスの形状から坑道内の幼虫の存在を確認し、繁殖成功の指標とした。穿孔形成週・高さ・穿孔密度を説明変数の候補としたモデルを構築し、カシノナガキクイムシの繁殖成功に何が影響を及ぼしているのかを評価した。

4. 研究成果

- (1) ブナ科樹木がカシノナガキクイムシの穿孔対象となるか否かにおいては、樹種や穿孔履歴以外に森林内における寄主木候補の密度も重要で、小さなスケール（周辺5m）では寄主木候補が集中している方が、大きなスケール（周辺5~17.5m）では寄主木候補の密度が低い方が、穿孔確率は高くなっていることが明らかになった。カシノナガキクイムシは、半径5mぐらいのスケールで集中的に分布しているブナ科樹木を検出していることが示唆された。寄主木の密度が穿孔確率に影響を及ぼしていることについては既に報告があるが、異なったスケールで評価するとその影響の仕方が変化することを示したのは本研究が初めてである。直上のブナ科樹木の樹冠密度（周辺2.5m）もアタックを受ける確率に影響を及ぼしており、カシノナガキクイムシが何らかの方法で樹冠密度が高い場所を検出している可能性が示唆された。

- (2) カシノナガキクイムシに穿孔され始めた個体がその後枯死に至る確率には、樹種・胸高直径・周辺の穿孔木の胸高断面積合計・標高が影響を及ぼしていた。枯死確率は、クリに比べてミズナラの方が、細い木よりも太い木の方が高いという結果は、太いミズナラが寄主として良質であることを示す既往の研究と矛盾しない。また、周辺（半径10m）の穿孔され始めた木の密度が高いほど、その後マスアタック（キクイムシ類が集合フェロモンで同種他個体を誘引し、集団で穿孔することで寄主の抵抗性を打破する現象）を経て枯死に至る確率が高いことが明らかになった。本研究によって、マスアタックが個木単位でなく寄主木集団単位で起こっていることが示唆された。穿孔木密度が影響を及ぼしていた半径10mというスケールは、先行研究で穿孔確率に影響を及ぼしていた寄主木の密度のスケールと比べると小さく、穿孔対象を絞り込んでいく過程がみてとれた。また、標高は枯死確率に負の影響を及ぼしており、カシノナガキクイムシが低標高地から寄主探索を始める結果、長期間攻撃にさらされる低標高地で枯死確率が高くなっていることが示唆された。

- (3) ミズナラ樹幹上で地上高が低く凹んだ部位ほど一匹以上のカシノナガキクイムシ成虫が脱出する確率は高くなっていることが明らかになった。また、穿孔密度が低い段階では密度の増加とともに繁殖成功度は増加したが、穿孔密度が高くなると密度の増加とともに繁殖成功度は減少した。穿孔密度の上昇に伴う繁殖成功度の増加はアリー効果（個体群密度が増加することによって各個体の適応度が上昇する効果）と考えることができるが、樹幹上のわずか10cm圏内という小さなスケールでこのような効果が働いていることを示したのは本研究が初めてである。また、樹幹上に形成される穿孔の追跡調査では、カシノナガキクイムシは初期には樹幹下部に集中して穿孔するものの、下部の穿孔密度が高くなっていくに従い穿孔は上部に移行していくことが明らかになった。これらの結果から、カシノナガキクイムシは寄主木を選択する段階だけでなく、樹幹上で穿孔部位を選択する段階においても、生息地を密集させることによる正の効果（生息環境の最適化）と負の効果（生息地間競争）を鑑みながら生息地決定をしていることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 7 件)

- ① 山崎理正, 伊東康人 (2013 年 3 月 27 日) 周辺の穿孔木密度がカシノナガキクイムシ穿孔木の枯死率に及ぼす影響. 第124回日本森林学会大会 (盛岡)
- ② 田下直人, 山崎理正, 伊東康人 (2013 年 3 月 26 日) カシノナガキクイムシの穿孔部位選択様式. 第124回日本森林学会大会 (盛岡)
- ③ 山崎理正, 伊東康人 (2012 年 3 月 28 日) ブナ科樹木の樹冠密度がカシノナガキクイムシの寄主木選択に及ぼす影響. 第123回日本森林学会大会 (宇都宮)
- ④ Yamasaki M (2012 年 3 月 18 日) Spatiotemporal variation in reproductive success of the ambrosia beetle *Platypus quercivorus*. Joint Meeting of The 59th Annual Meeting of ESJ and The 5th EAFES International Congress, "Ecosystem Services and Biodiversity under the Changing World" (大津)
- ⑤ 小田崇, 山崎理正, 伊東康人 (2011 年 3 月 11 日) カシノナガキクイムシの穿孔部位による繁殖成功度のばらつき. 第58回日本生態学会大会 (札幌)
- ⑥ 山崎理正, 小田崇, 伊東康人, 安藤信 (2011 年 3 月 9 日) カシノナガキクイムシ穿孔木の枯死確率は空間的に不均一. 第58回日本生態学会大会 (札幌)
- ⑦ Yamasaki M (2010 年 8 月 25 日) Host selection by *Platypus quercivorus* in primary and secondary forests of Japan. XXIII IUFRO World Congress, "Forests for the Future: Sustaining Society and the Environment" (Seoul, Korea)

[図書] (計 1 件)

- ① 山崎理正 (2012 年 4 月 1 日) 探索は闇雲じゃなく精確に - 微小な昆虫による宿主木の探し方. 二井一禎, 竹内祐子, 山崎理正編「微生物生態学への招待 - 森をめぐるミクロな世界」, pp. 265-278, 京都大学学術出版会.

[その他]

ホームページ

http://www.forestbiology.kais.kyoto-u.ac.jp/risei/kakenhi_22580162/index.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎 理正 (YAMASAKI MICHIMASA)
京都大学・大学院農学研究科・助教
研究者番号 : 80263135

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

伊東 康人 (ITO YASUTO)
兵庫県立農林水産技術総合センター・森林
林業技術センター資源部・研究員
研究者番号 : 70510923