

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 農 学 )	氏名	山本 優一
論文題目	Studies on ecology and control measures against the invasive wood-boring beetle <i>Aromia bungii</i> (Coleoptera: Cerambycidae) (樹木穿孔性侵入害虫クビアカツヤカミキリの生態と防除に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、第1章の総合緒言、第2章～7章のクビアカツヤカミキリの生態と防除に関する調査・研究、並びに第8章の総合考察で構成されている。</p> <p>第1章は、本研究の背景、目的、並びに概要からなる。本来の分布域を超えて新たな地域に侵入し、侵入地域の生態系等に大きな影響を及ぼす侵略的外来生物は世界的な問題となっている。例えば、カミキリムシ類等の樹木穿孔性昆虫は、都市部や森林地域に侵入し、地域固有の樹木類に壊滅的な被害を与えている。近年、日本国内では、中国等に自然分布しバラ科樹木を寄主とする一次性の樹木穿孔性昆虫クビアカツヤカミキリ (<i>Aromia bungii</i>) が侵入・定着した。侵入地域では都市部のサクラ類等で枯損被害が発生しており、有効な対策が求められている。一方で、本種の生態には未だ不明な点が多く、また生活環 (化性など) は緯度や気候等に応じて変動するとされており、地域に応じた防除対策を検討する上で有用な基礎的情報が不足している。</p> <p>本研究は、侵入地域である大阪府を調査地、国内の主要な寄主であるサクラを対象に、クビアカツヤカミキリの被害を受けやすいサクラの特徴の把握、また野外における成虫および幼虫の活動時期の調査、幼虫の発育段階に応じた穿孔 (活動) 部位や蛹室形成過程の解明を通して、大阪府内における本種的生活環を推定するとともに、薬剤の樹幹注入によるクビアカツヤカミキリ幼虫駆除技術の開発に取り組んでいる。</p> <p>第2章では、クビアカツヤカミキリの被害を受けやすいサクラ類の特徴を明らかにした。都市部の公園を調査地、事前調査 (2017年) で本種の寄生が確認されなかったサクラを調査木にし、調査木における事後調査 (2018年) での寄生の有無 (目的変数) に影響した要因について、調査木の4つの特徴 (樹皮の粗さ、樹木の大きさ、樹種、樹勢) を説明変数、調査地をランダム変数とする一般化線形混合モデルと赤池情報量規準 (AIC) によるモデル選択を用いて評価した。その結果、最適な予測モデルにおいて、樹皮が粗く、樹木のサイズが大きく、樹勢が低下しているほど本種に寄生されやすいことを明らかにした。</p> <p>第3章では、大阪府におけるクビアカツヤカミキリ成虫の野外での活動時期および寄生木からの脱出時期を明らかにした。大阪府内の3地点で、各2もしくは3年にわたり、5月下旬または6月上旬から8月下旬に、サクラ等の寄主木樹上における成虫目撃数を週に1回以上調査した。その結果、成虫は6月上旬～8月上旬に野外で目撃され、目撃数が最大となる時期は6月下旬であることを明らかにした。また、寄生木からの成虫脱出期間は6月上旬～7月上旬のおよそ1ヶ月であることを明らかにした。加えて、成虫の体サイズ (前翅長) は、雄14.36-27.31mm、雌15.13-27.37mmであり、最大でおよそ2倍程度あり、変異が大きいことを明らかにした。</p> <p>第4章では、クビアカツヤカミキリ幼虫の樹木内部の摂食部位 (材組織) を明らかにした。野外でサクラ寄生木を伐採し横断面 (木口) を直接観察するとともに、卵を人工接種したサクラおよびベニスモモ枝の内部をX線CT装置で観察した。その結果、幼虫は形成層周辺 (内樹皮～木部表層) を摂食し、成熟すると木部に穿入することを確認した。この成果は、本種の幼虫の発育段階に応じた防除を検討する上で役立つ。</p>			

第5章では、クビアカツヤカミキリ幼虫や近縁種に特徴的な蓋（主成分：炭酸カルシウム）が付いた蛹室の形成過程を推測した。卵を人工接種した後、28℃長日条件下で100日間飼育したベニスモモ枝の内部をX線CT装置で観察した。その後、枝内部の幼虫を取り出し、腹部を解剖したのち、エネルギー分散型蛍光X線分析装置を用いて消化管周辺に局在する元素を分析した。その結果、幼虫は摂食活動を通して、6本中2本のマルピーギ管（中腸と後腸の境界から分岐した浸透圧調節や物質排出を担う管）の腸に近接した部位にカルシウムを集積し、成熟するとマルピーギ管に蓄積されたカルシウムを使って蛹室の出（入）口に蓋を形成し蛹室を完成させることが示された。

第6章では、野外におけるクビアカツヤカミキリ幼虫の活動時期および蛹室形成時期を推定した。幼虫の活動の有無の指標としてフラス排出の有無、蛹室形成の指標として脱出予定孔（成虫として脱出する前年に幼虫が蛹室を完成させる直前に寄生木の表面に形成する孔）の形成を用いて、サクラ寄生木における日別のフラス排出あり孔数および脱出予定孔形成数を1年間調査した。その結果、幼虫は3月中旬～11月下旬まで野外で活動し、また7月上旬～11月下旬に蛹室を形成することを示した。成虫は脱出予定孔から6月上旬～7月上旬に脱出したことを確認し、各個体は蛹室形成日と脱出日の差分から蛹室滞在期間（198～352日）を推定した。また、体サイズが小さい個体ほど、蛹室形成時期が遅いことが示唆された。体サイズの小さな個体は幼虫期間が短い可能性が考えられる。そこで、枝の枯死や樹勢の低下が確認された調査木に注目し、通常野外では2年1化（2年かけて成虫になる）とされる本種において、蛹室形成時期が遅い個体が1年1化で発生している可能性を議論した。最後に、第3章～6章の結果をもとに、大阪府における本種の生活環を推定し図示した。

第7章では、クビアカツヤカミキリ幼虫に対する浸透性殺虫剤ジノテフランの樹幹注入による防除を検討した。樹幹下部に注入された薬剤は、光合成に伴う水分輸送にともない、主に辺材を通過して上方に移動すると考えられ、本種の幼虫が内樹皮～木部表層を摂食し（4章）、また成熟し蛹室を形成する際に木部に穿孔する（第4、5章）ことから、薬剤の一部は幼虫に摂取されることが期待される。ジノテフランは水溶性が高いため、処理後に速やかに浸透し、樹全体の幼虫への防除効果が見込まれる。展葉後の4月下旬に本液剤をサクラ寄生木に注入し、フラス排出あり孔数（生存幼虫数の指標）および脱出予定孔数（処理後の残存幼虫数の指標）を調査した。その結果、4週間にわたり幼虫の活動が低下し（無処理区で補正した推定幼虫駆除率88.2%）、翌年の脱出成虫数を抑制することが示唆された。一方で、処理翌春に一部の処理木で新たなフラスの排出や脱出予定孔の形成が確認された。このことは、4月下旬の注入処理が、処理当年の成虫（第3章：6月上旬～8月上旬）の産卵により孵化した幼虫の一部に対して少なくとも効果がない（残効性が持続しない）可能性を示唆している。

第8章では今後の課題として、クビアカツヤカミキリ成虫の寄主木探索プロセス、サクラ類の多様性を考慮した防除対策、生活環に影響を与える環境要因、並びに総合的病害虫管理（IPM）の導入について議論した。今後はジノテフランと異なる特徴を示す薬剤の樹幹注入、殺卵効果のある薬剤の樹幹散布、産卵阻止を目的とした未被害木へのネット被覆技術、資材を用いた脱出孔の物理的封鎖など、IPM確立のための防除対策を多面的に検討し、いずれも数年以内に実用化できるよう取り組む予定である。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

日本国内では、中国等に自然分布しバラ科樹木を寄主とするクビアカツヤカミキリが侵入・定着し、都市部のサクラ類等で甚大な枯損被害が発生している。本研究は、大阪府内を調査地、サクラ類を対象とし、被害木の特徴の把握、成虫および幼虫の活動時期の解明、並びに幼虫の摂食部位を考慮した駆除技術の開発に取り組んだものであり、特に評価すべき点として以下の5点を挙げる事ができる。

1. 寄主木の特徴（特に樹勢）と寄生確率の関係について、因果関係を明確にした調査・解析を行い、樹勢が低下している樹木ほど寄生されやすいことを示した。これは本種だけでなく一次性の樹木穿孔性種の生態的観点からも重要な知見である。

2. 本種の成虫が大阪府において6月上旬～7月上旬に寄生木から脱出することを確認し、6月下旬をピークに6月上旬～8月上旬とする右に歪んだ発生消長となることを示した。また、成虫の体サイズは変異が大きく、その分布は左に歪んでいることから（最頻値 $24\text{-}25\text{mm}$  > 中央値 > 平均値）、幼虫が発育環境に応じて生活史（発育期間など）を柔軟に調整する仕組みを備える可能性を示唆した。

3. 幼虫の発育段階に応じた樹木内部の摂食・穿孔部位を明らかにした。また、幼虫は摂食活動を通して、一部のマルピーギ管の特定部位にカルシウムを集積させ、蓄積したカルシウムを蛹室形成時に活用することを明示した。この成果は、近年、進展が著しいマルピーギ管の生理学的研究に新たな視点を提供するものである。

4. 従来、樹木穿孔性種は、樹木内部にいる幼虫の生活環を推定することが困難であったが、筆者は寄生木の表面に現れる現象（フラス排出や脱出予定孔形成）に注目し、それを発育段階の指標として生活環の推定に繋げた試みは新しい。推定した生活環は本種の防除適期を検討する上で重要な役割を果たすと考えられる。

5. 幼虫の摂食部位から樹幹注入処理が幼虫駆除に有効であることを予測し、現地試験でジノテフラン液剤の処理効果を実証したことは評価できる。また、フラス排出あり孔数を生存虫数の指標に位置づけ、それを目的変数、注入処理を説明変数とし、処理効果の評価に統計モデリングを導入した解析手法面からも評価に値する。

以上のように、本論文は侵略的外来種クビアカツヤカミキリの生理・生態的特徴を明らかにするとともに、本種の有効な防除対策の促進に大きく寄与するものであり、昆虫生理学、昆虫生態学、樹木管理学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和5年2月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日：          年          月          日以降（学位授与日から3ヶ月以内）