博士（農学）　横　井　直　人

学 位 論 文 題 名

桑園におけるキボシカミキリの生態および防除に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は８章から成り，図43，表42を含む総頁数177の和文論文である。別に参考論文20編が添えられている。

本研究は，1950年代突然全国的に桑園で大発生するようになり，福島県においても1970年代以降大発生を続けている桑園害虫キボシカミキリについて，その発生のメカニズムを解明し，効果的防除法を明らかにした。なお，その研究過程において，雄の特異的配偶行動として，精子置換の行動，すなわち，既に交尾していた他の精子を雌の貯精嚢から掻き出して自分の精子に置き換える現象を甲虫類で初めて発見した。結果は以下に述べる。

福島県におけるキボシカミキリの生活史

県内における本種の分布は標高約500m以下の桑園に限られており，被害桑園の分布は県内全域に及んでいた。被害を受けるクワは，植え付け当年のものでは，初年度から本種の産卵を受け，３年目には枯死する株が30％に及んだ。

本県における本種の羽化は，６月から10月と極めて長期にわたり，８月下旬から９月にかけて最盛期となった。一方，卵の孵化は低温で著しく抑えられることから，産卵時期によって越冬時のステージが異なった。本県の場合，９月中旬以前に産卵された場合は幼虫態で，また９月中旬以降産卵されたものは全て卵態で越冬した。

クワ株内における個体群変動をみると，皮層部内における卵から中齢幼虫にかけてのステージでほとんどの個体が死亡した。また，クワ株の衰弱した株では羽化率が高く，健全な株ではほとんどが死滅した。

成虫の生態

桑園内における成虫の分布集中度は発生前期に低く，後期に集中度が高まるが，これは本種の行動域がしだいに特定のクワ株を中心に形成されるのと，発生後期ほど低温によって飛翔能力が

低下するためであった。成熟成虫は，８月は１日間同一クワの周辺にとどまるが，９月になると７日間以上に伸びた。８月が25℃以上，９月が20℃以上ではクワ株の幹部で活発な配偶行動ならびに産卵行動を示し，それ以下だと全ての個体は枝部に上り，枝部での行動は主として摂食，静止であり不活発であった。

一方，未熟成虫は羽化後直ちに飛翔による分散を行った。この場合，飛翔距離は最大で80mを記録するものも認められたが，10m以内が50％を占めた。

配偶行動と精子置換

本種の配偶行動には嗅覚性フェロモンは介在せず，その行動は雄の徘徊および待ち伏せに依存していた。また，その配偶行動には２つの特徴が認められた。ひとつは雌雄とも異なった多くのパートナーと交尾するいわゆる多回交尾を行うこと，他方，羽化後約10日間（未成熟期間）雌は雄との接触を避け，雄は触角を使った探雌行動ができなかった。特に後者は本種の配偶行動に触角の果たす役割が大きいことを示すとともに，雌体表から接触性フェロモンの存在が明らかにされた。

本種の交尾行動の特徴は短時間の多回の結合(前交尾)と１回の長時間継続する結合（後交尾）から成っており，その中，後交尾のみで射精が認められた。さらに，交尾中，雄は他の雄精子を掻き出す行動を示した。このことから，本種では交尾行動の際に精子置換を行っていると考えられた。これを証明するため，既交尾の雌に雄の前交尾を行わせ走査電子顕微鏡（SEM）による観察を行った。その結果，雄交尾器先端部は精子掻き出しに好都合の逆目の剛毛および一対の突起を有し，既交尾雄の精子98％を雌体内の受精嚢から掻き出していることが明らかにされた。この精子置換は，トンボ目では既に知られていたものの甲虫類では初めての発見であった。

寄主選択

本種のクワ株への寄生について，誘引物質の存在が考えられた。従って，生理活性物質の探索を行った。

雌成虫の場合，クワへの定位行動，噛みつき行動，産卵及び摂食行動に区分される。このため，クワ株からの揮発性成分を抽出し，それぞれの行動との関係を調査した。その結果，雌個体が産卵対象株を選択する際，クワ株の衰弱株あるいは伐採株の揮発性成分に誘引された。GLC 分析の結果，クワからは主としてコパエンおよびセスキテルペン系物質類ならびにリナロールが全体の70％を占めた。また，古くから寄生植物として知られていたイチジクからはシネオール，サビネン，オシメン等が同じく70％を占め，これらが混合すると活性を示した。また，クワ株からの

産卵刺激物質として糖類，フラボノイド類の混合物に活性が認められた。これらは摂食促進物質としての活性も示した。

以上のことから，近年の省力養蚕技術体系の中で生じたクワ伐採収穫が，大量の衰弱株と揮発性誘引物質を発生せしめ，このことがキボシカミキリの異常発生につながったと結論された。

防除法

伐採クワ株が揮発性の誘引物質を放出していることから，伐採クワ株を用いて成虫の誘引・捕獲を試みた。この方法による防除効果は必ずしも有効といえなかったが，伐採クワ株の周辺に餌木を置き，そこに産卵させる方法は有効であり，対照に比べ約５倍の産卵数を得，これを焼却させることで防除が高まった。

従来，蚕飼育への影響の少ない３～４月に薬剤散布を行いキボシカミキリ防除が行われて来た。本実験でもこの時期に各種の農薬を散布してこの時期のクワ株内の卵および幼虫に対する防除効果を検討した。最も有効な殺虫剤は有機リン剤，サイアノックス（CYAP）であった。

一方，福島県の本種の生態を考慮して，養蚕期の終了した11月にCYAP散布を行ったところ３～４月の80％防除効果に比べ90％以上と高い殺虫効果が認められた。

以上，本論文は，桑園内において近年大発生を続けクワ株に被害を与えているキボシカミキリについて，福島県内での生態を明らかにし，異常発生のメカニズムを解明するとともに効果的防除法を確立した。また，トンボ目では既に知られているライバル雄の交尾した精子を雌の貯精嚢から掻き出す，いわゆる精子置換を甲虫類で初めて発見する等，学問的にも実用面においても多大な貢献を行った。

学位論文審査の要旨

主　査　　教　授　　飯　塚　敏　彦

副　査　　教　授　　森　　樊　須

副　査　　教　授　　高　木　貞　夫

本論文は８章から成り，図43，表42を含む総頁数177の和文論文である。別に参考論文20編が添えられている。

本研究は，桑園害虫キボシカミキリについて，その発生のメカニズムを解明し，効果的防除法を確立する目的で行ったものである。なお，その研究過程において，雄の特異的配偶行動として，精子置換の行動を甲虫類で初めて発見した。結果の概要は以下に述べる。

福島県におけるキボシカミキリの生活史

県内における本種の分布は標高約500m以下の桑園に限られており，被害桑園の分布は県内全域に及んでいた。被害を受けるクワは，植え付け当年のものでは，初年度から本種の産卵を受け，3年目には枯死する株が30%に及んだ。

本県における本種の羽化は，6月から10月と極めて長期にわたり，8月下旬から9月にかけて最盛期となった。9月中旬以前に産卵された場合は幼虫態で，また9月中旬以降産卵されたものは全て卵態で越冬した。なお，クワ株の衰弱した株では羽化率が高く，健全な株ではほとんどが死滅した。

成虫の生態

桑園内における成虫の発生ピークは8月下旬であった。羽化当日の未熟成虫は飛翔による分散を行った。この場合，飛翔距離は最大で80mを記録するものも認められたが，10m以内が50%を占めた。羽化後20日を経過した成熟成虫は，概して短い飛翔を繰り返した。8月が25℃以上，9月が20℃以上ではクワ株の幹部で活発な配偶行動ならびに産卵行動を示し，それ以下だと全ての個体は枝部に上り，枝部での行動は主として摂食行動であり，不活発であった。

配偶行動と精子置換

本種の配偶行動には嗅覚性フェロモンは介在せず，その行動は雄の徘徊および待ち伏せに依存していた。その配偶行動には2つの特徴が認められた。ひとつは雌雄とも異なった多くのパートナーと交尾するいわゆる多回交尾を行うこと，他方，羽化後約10日間（未成熟期間）雌は雄との接触を避ける行動を示した。

本種の交尾行動の特徴は短時間の多回の結合(前交尾)と1回の長時間継続する結合（後交尾）から成っており，その中，後交尾のみで射精が認められた。さらに，交尾中，雄は他の雄精子を掻き出す行動を示した。このことは，精子置換が行われていると考えられた。これを証明するため，既交尾の雌に雄の前交尾を行わせ走査電子顕微鏡（SEM）により観察を行った。その結果，雄交尾器先端部は精子掻き出しに好都合の逆目の剛毛および一対の突起を有し，既交尾雄の精子

98%を掻き出していることが明らかにされた。この精子置換は，トンボ目では既に知られていたものの甲虫類では初めての発見であった。

寄主選択

本種のクワ株への寄生について，誘引物質の存在が考えられた。従って，生理活性物質の探索を行った。このため，クワ株からの揮発性成分を抽出し，雌成虫の行動との関係を調査した。その結果，雌個体が産卵対象株を選択する際，クワ株の衰弱株あるいは伐採株の揮発性成分に誘引されたておりGLC分析の結果，クワからは主としてコパエンおよびセスキテルペン系物質類ならびにリナロールが活性成分として同定され，これらが混合すると活性を示した。また，クワ株からの産卵刺激物質として糖類，フラボノイド類の混合物に活性が認められた。これらは摂食促進物質としての活性も示した。

以上のことから，近年の省力養蚕技術体系の中で生じたクワ伐採収穫が，大量の衰弱株と揮発誘引物質を発生せしめ，このことがキボシカミキリの異常発生につながったと結論された。

防除法

伐採クワ株が揮発性の誘引物質を放出していることから，伐採クワ株を用いて成虫の誘引・捕獲を試みた。この方法による防除効果は必ずしも有効といえなかったが，伐採クワ株の周辺に餌木を置き，そこに産卵させる方法は有効であり，対照に比べ約5倍の産卵数を得，これを焼却させることで防除効果が高まった。

従来，蚕飼育への影響の少ない3～4月に薬剤散布を行いキボシカミキリ防除が行われて来た。最も有効な殺虫剤は有機リン剤，サイアノックス（CYAP）であった。

一方，福島県の本種の生態を考慮して，養蚕期の終了した11月にCYAP散布を行ったところ3～4月の80%防除効果に比べ90%以上と高い殺虫効果が認められた。

以上のように本研究は，学術上の新発見を含んでいるのみならず，桑園害虫の効果的防除法を確立した点でも高く評価される。

よって，審査員一同は，別に行った学力認定試験の結果と合わせて本論文の提出者横井直人は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。