総 説

アンブロシア甲虫類の研究展望*

ハンノキクイムシ、シイノコクイムシを中心にして

農林省茶業試験場 高 木 一 夫

A Review of the Problems of Ambrosia Beetles

By Kazuo TAKAGI

1 ま え が き

近年わが国の茶樹害虫の一つとして、ハンノキクイムシ *Xyleborus germanus* BLANDE、シイノコクイムシ *Xyleborus compactus* EICHH. がその被害の重大さと、薬剤による防除の困難なことから重要な研究テーマとして取り上げられ、セイロンにおいても早くからチビムネマルコシンクイ *Xyleborus fornicatus* EICHH. の防除に力を入れ、現在もなお研究を続けている。クイムシ類は茶樹ばかりではなく、主要森林害虫として、また、果樹栽培の大敵として、さらに、輸入材の増加に伴う植物検疫上の重大な障害として広く注目を集めている。

この類は、アンブロシア菌と密接な共生関係を持ち、性比が極端にかたより、雄虫がほとんど見当たらない点、きわめて多くの種に分化し、特殊な生活様式を持つことなど、生物学的にもきわめて興味ある昆虫として、多くの研究者の注意を引いている。この類に関して、外国では古くから研究がなされ、最近でもすぐれた総説が発表されているが、わが国では分類学的な業績を除いては、二、三の断片的な研究があるのみで、ほとんど手がつけられていなかった。

ここでは茶樹を加害するハンノキクイムシ、シイノコクイムシを中心にして、アンブロシア甲虫一般の性質で近年解明されたことがらを紹介するとともに、将来の研究の見通しを明らかにしたい。

2 分 類

分類についてはわが国においても、古くから村山がすぐれた研究を行ない、近年は野淵も多くの報告を公表した。異色のものでは、加辺による一連の食跡によるクイムシ類の生態的分類研究があり、実用面で活用され、また、植物検疫の面からは大野その他が輸入材を加害す

るクイムシ類を明らかにした。国外では非常に多くの文献があるがここでは触れない。

ハンノキクイムシ *Xyleborus germanus* の分類的な位置については、第1脚の基節窩が明らかに広く離れているところからこれを重要視し *Xylosandrus germanus* とすべきだとの意見もあるが、その分離が種々の変異を持ち、連続的変異であるとして、属の変更を採らないとする説も強く、現在、論争中である。その他の問題として生態的な差—茶樹ではハンノキクイムシが地下部(0~50 cm ぐらゐまで)の根を好んで加害する特殊な性質を持つが、クリ、カキ、モモ、その他の樹木では幹枝などに加害するのが普通である—が、分類学的に別種として考えられないかという問題がある。現在のところ、形態的にこれらのものには全く差が見いだされないので、今後さらに検討を要するものと考ええる。

シイノコクイムシ *Xyleborus compactus* についても、ハンノキクイムシと同じくこれを *Xylosandrus compactus* とすべきだとの意見もあるが、現在では前者を一応採る。この甲虫はコーヒー、カカオの大害虫として有名であり、以前は *Xyleborus morstatii* として広く知られていたものと同一種で、現在では *Xyleborus compactus* (= *Xyleborus morstatii*) として扱われる。セイロンの茶樹を加害するチビムネマルコシンクイ *Xyleborus fornicatus* については古くから研究されているが、分類学的な疑問は指摘されていない。この甲虫は南川によれば台湾の茶樹にも加害するという。

3 形 態

アンブロシア甲虫の形態に関しては、他の昆虫と同様に分類学的見地から雄性生殖器、触角、刺毛、翅鞘などについて多くの文献があるが省略する。ここではこの甲虫に特殊化した器官である共生菌胞子貯蔵器官 *mycangia* について、FRANCKE-GROSMANN, SCHEDL

* 茶業技術研究 No. 34, 1~10 (1967) より転載

などの業績を紹介する。

アンブロシア甲虫が孢子貯蔵器官を持つことをはじめ確認したのは FRANCKE-GROSMANN で、*Trypodendron lineatum* が前胸側板に大きな盲囊を持ち、その中に共生菌を持ち運ぶことを明らかにし、その後 *Xyleborus germanus*, *Xyleborus saxeseni*, *Xyleborus dispar* などについて次々にこの器官を明らかにした。BATRA はこの器官にはじめて mycangia の名を与え FRANCKE-GROSMANN はその存在する部位によってアンブロシア甲虫を五つのグループに分類した。すなわち、第1群は前胸側板、第2群は前中胸背板、第3群は翅鞘、第4群は前胸腹板一亜基節、第5群は口腔に貯蔵器官を持つも

のである。

ハンノキキクイムシについては、さきに述べたように FRANCKE-GROSMANN がその存在を明らかにし、わが国の茶樹を加害するものについては、高木、金子によってそれが確認された。シイノキキクイムシについては、はじめ RHODES および ROCHE がその存在を示唆し、SCHIEDL がその存在を確認した。わが国の茶樹を加害するものについては高木、金子がこれを確認している。セイロンのチビムネマルコシンクイは FERNANDO により、わが国のクリ、その他を加害するアカクビキクイムシ *Xyleborus rubricollis* は高木、金子により、いずれも口腔内に mycangia を持つことが明らかにされた。その

表 1 アンブロシア甲虫と mycangia の存在部位 (FRANCKE-GROSMANN の分類に従った)

前 胸 側 板	前・中 胸 背 板	翅 鞘	前胸腹板-亜基節	口 腔
<i>Corthylus punctatissimus</i> ♂ (FINNEGAN)	<i>Platypus wilsoni</i> (FARRIS and FUNK)	<i>Xyleborus gracilis</i>	<i>Gnathotrichus retusus</i>	<i>Xyleborus mascarensis</i> (FRANCKE-GROSMANN)
<i>Corthylus schaufussi</i>	<i>Xyleborus germanus</i>	" <i>schreineri</i>	" <i>sulcatus</i>	<i>Xyleborus monographus</i>
<i>Microcorthylus castaneus</i> (SCHIEDL)	" <i>morstatii</i>	" <i>sentosus</i>	<i>Monarthrum scutellare</i> (FARRIS)	" <i>torquatus</i>
<i>Trypodendron lineatum</i>	<i>Eccoptyopterus sexspinosus</i> (FRANCKE-GROSMANN)	<i>Xyleborus saxeseni</i> (FRANCKE-GROSMANN)	<i>Pterocyclon brasiliense</i>	" <i>rothkirchi</i>
" <i>domesticum</i>	<i>Xyleborus morstatii</i>	" <i>nudum</i>	" <i>fasciatum</i>	" <i>subtuberculatus</i>
" <i>signatum</i> (FRANCKE-GROSMANN)	" <i>semiopacus</i>	" <i>discolor</i>	" <i>mali</i> (FRANCKE-GROSMANN)	" <i>perforans</i>
<i>Xyloterinus politus</i> (ABRAHAMSON ♂ and NORRIS)	<i>Scolytoptatypus shogun</i>	" <i>micado</i>	<i>Premnobius cavipennis</i>	" <i>indicus</i>
	" <i>acuminatus</i> (SCHIEDL)	" <i>germanus</i>	<i>Pterocyclon bicallowum</i> (SCHIEDL)	" <i>ferrugineus</i>
	" <i>compactus</i> (TAKAGI and KANEKO)	" <i>germanus</i>	" <i>ambasiusculus</i>	" <i>alluaudi</i>
	<i>Platypus cylindrus</i> (BAKER)		" <i>similis</i> (SCHIEDL)	<i>Xyleborus fornicatus</i> (FERNANDO)
				<i>Xyleborus velatus</i>
				" <i>andamanensis</i> (FRANCKE-GROSMANN)
				<i>Xyleborus rubricollis</i> (TAKAGI and KANEKO)
				<i>Xyloterinus politus</i> (ABRAHAMSON and NORRIS)

注：() 内は報告者。♂：♂のみに mycangia が存在する。その他のものは♀のみに存在。

他 FARRIS³⁸⁻⁴⁰⁾ はカナダの森林害虫であるキクイムシ 4 種について mycangia の存在を明らかにした。また、FINNEGAN⁴¹⁾ も *Corthylus punctatissimus* ZIMM. についてその存在を明らかにしている。さらに *Xyloterinus politus* (SAY)⁴²⁾, *Xyleborus mescarensis* EICHH.⁴³⁾ についても明らかにされている。これらの関係を表 1 に示した。mycangia とそれに附属する腺の微細構造も興味ある問題で、ハンノキキクイムシについては FRANCKE-GROSMANN³⁰⁾ シノコキクイムシについては SCHEDL³¹⁾ が、いずれも詳細な研究を行なった。この点については腺の機能と関連してこれからの課題であろう。

4 生 理

飼育が意のままにならなかったこれまでは、まともな生理を研究することはほとんど不可能であった。最も興味を持たれていたことは、やはり菌との共生関係としての生理現象である。まずその一つは、いかにして共生菌以外の雑菌を母孔から除外し、汚染されないようにするかということであるが、現在まではいずれも推量の域を出ないが、ハンノキキクイムシの場合、成虫、幼虫の唾腺分泌物が大きな役割をするのではないかと考えられ、また、母孔内での親虫の雑菌を除く行動を予想する人もある。さらに、アンブロシア甲虫がいかにして共生菌との結合を行なうかは古くからの課題であって、FRANCKE-GROSMANN の mycangia の発見によってこの問題に対する一応の解答が与えられ³⁰⁾、従来の消化管貯蔵腺などを否定したことは大きな業績であった。この解決はさらに派生する多くの問題を生み出したが、その一つは共生菌が甲虫の mycangia 内にどのようにして取り込まれるかということである。

取り込まれる時期については、脱皮直後であることが予想され、それが確認されたが、どのようにして取り込まれるかについては、甲虫にとっては受身の形、すなわち、菌が mycangia³⁰⁾ へ侵入するという形で行なわれるものと推定されていた。

しかしながら、ハンノキキクイムシ、シノコキクイムシで調査の結果、脱皮直後、若成虫の歩行運動に伴い、mycangia の反転が起き、中胸と後胸の間に粘液を伴った膜が突出し、その付近に存在する菌の孢子、菌糸を接着し、mycangia 内に取り入れることが明らかとなり、むしろ甲虫の能動的な行動の結果、共生菌との結合が完成されることがわかった。⁴⁵⁾ 他種のアンブロシア甲虫においても類似の行動があるものと推量される。しかしながら、取り込まれた種々の菌類の孢子、菌糸から、特定のアンブロシア菌だけが選択的に出芽孢子を形成する過程について全く知られていない。

これと関連してさきに形態の項で述べた mycangia 付属腺の機能が FRANCKE-GROSMANN³⁰⁾ によって検討さ

れ、*T. lineatum*, *X. germanus*, *X. dispar* については、この腺の分泌物が菌の発芽、成育をおう盛にし、mycangia から菌があふれでることによって、菌の孔道への接種が行なわれるとし FARRIS³⁸⁾ も、*Platypus wilsoni* について検討し、これに同意しているが、この説は実証されたわけではなく、結論は今後の研究に待ちたい。

生殖器の機能について金子、高木は共生菌との関連できわめて興味ある事実を明らかにした。それはハンノキキクイムシに共生菌を取り込ませた場合、交尾を行なわなくても生殖器は発達し、産卵すること、また、共生菌を取り込まない個体では、交尾をしても生殖器の発達は全然見られないことである。これは共生菌の取込みに伴い生殖器の発達を促すホルモン物質の存在を示唆するもので今後の課題となる。

生殖の問題については、古くからその異常性比に関心が持たれた。雄虫が極端に少なく、多くの種では、まだ発見されていないところから、一部の種々は雌産単為生殖を行なうのではないかと推量した。しかし、ハンノキキクイムシ、シノコキクイムシの飼育試験の結果、この予想はくつがえされ、自然状態で雄が見いだされない原因は、極端な性比のかたより（雄が非常に少ない）にあることはもちろんであるが、雄が短命で母孔から脱出して死亡すること、微小なため見のがされやすいこと、翅がなく飛ぶことができないことなどの理由によるもので、雄虫の存在しない種はないのではないかと考えられる。さらにこの 2 種のキクイムシについて、⁴⁶⁾ ENTWISTLE はシノコキクイムシについて、金子、高木はハンノキキクイムシについてそれぞれ不受精雌（処女雌）が単為生殖を行ない、雄虫のみを生ずるいわゆる雄産単為生殖を行なうことを明らかにした。

その後、竹内、高木はハンノキキクイムシとシノコキクイムシの詳細な細胞遺伝学的な研究を行ない、この 2 種の虫は、ミツバチ等と同様な半数雄産単為生殖（Arrhenotoky）を行なうことを明らかにし、その過程においてハンノキキクイムシは雌の体細胞が $2n=16$ 、雄の体細胞が $n=8$ の染色体を持つことを確かめ、⁴⁸⁾ シノコキクイムシではこれが、 $2n=20$, $n=10$ であることも明らかにした。その結果雄虫は、不受精卵から生ずることが明らかになり、ハンノキキクイムシ、シノコキクイムシの異常性比は、雌虫の受精調節によることが確実となったが、この雌雄を生み分ける調節機構となぜ雄虫（不受精卵）が少ないかについては全然わからない。しかしながら、異常性比については *Ips* spp. (scolytidae)⁴⁹⁻⁵⁰⁾ の研究では、シウウジウバエなどと同様、SR 因子⁵¹⁾ の存在も予想され、多くの未解決な問題が残されている。

半数雄産単為生殖と関連して、金子、高木⁵²⁾ はハンノキキクイムシの親子交配を試みて成功した。すなわち、最初に処女雌を用意し、この虫に単為生殖を行なわせ、雄

虫を得る。この雄虫をその親である処女雌（単為生殖を一度行なった）と交尾させ、これを飼育することによって雌の子孫を得る。

このような経過は蜜蜂の場合にも品種改良の目的で行なわれており、KALMUSおよびSMITHはこのようなサイクルを“Double generation”と呼んだ。Double generationは遺伝学的には自殖を行なう2倍体生物の1世代と全く同じことになる。そして雌虫の異形接合（遺伝子）の率はこのDouble generationごとに半減する。CROWおよびWILLIAM (1950)によれば、理論的には3回のdouble generationで異形接合が6.2%, 8回で0.2%となり、純系を得るための最も有効な手段と考えられている。これに反し、通常、昆虫で行なわれる兄弟交配の場合には、半数単為生殖の場合でも、6世代で13%, 16世代で1.6%の異形接合が存在することになり、2倍体のものではさらに多くの異形接合が残ることになる。

シノコキクイムシが野外で兄弟交配を行なうこと、また、チビムネマルコシンクイもそれと同じであることがそれぞれ報告されている。ハンノキキクイムシの場合もほぼそれらと同じ経過をたどるものと思われる。むしろ、土壤中という特殊な条件のため、ほとんど異系交雑（out-breeding）は考えられないので、遺伝学的な組成はかなり純粋なものと考えられた。そこで金子、高木は厳密な1頭飼育によって、前に述べた親子交雑を含む極端な近交を続け、その産卵数、ふ化率、形態なども調査したが、8世代後にもほとんど差を生じなかった事実から、前に述べた野外での兄弟交雑が、ハンノキキクイムシの場合、普通の形式であり、野外で生息するものは、それぞれほとんど純系となっていることを裏づけた。この事実は形態的に非常に類似しているにもかかわらずハンノキキクイムシが、いくつかの系統に分化しているのではないかという推量を強めるもので、WRIGHTの述べ

ている“単為生殖を含む極度の近交を行なう生物は非適応的な方向に分化する”という例に当てはまるものと思われ、分類学的にも興味ある問題を提起した。

金子、高木の近親交配系は図1に示すような経過によって作り出されたもので、野外のものと変異の幅に差があまりないとはいえ、厳密な飼育によって作り出された系図の明らかな集団であるから、生理、生態の研究、薬剤試験の供試虫として有用なものである。

生理的な研究として、今までとは全く異なった傾向の研究として、分類学に利用する目的で、甲虫体液のタンパク質電気泳動分析が行なわれ、その結果、血清学的に科、属間の差を明らかにしたが、種間の差は明らかにできなかったという報告があるが、このような研究はこれからますます有用となるであろう。

5 生 態

わが国におけるハンノキキクイムシの生態についての研究は最近では上野、沢田、熊本農試など、いずれも野外から採集した被害木による経過が述べられている。

外国ではこの甲虫が日本からの侵入害虫として扱われ、ドイツ、米国で研究が行なわれ、それぞれ詳しい経過習性が記録されているが、加害部位が土壤中の根という、茶樹のような例は報告されていない。厳密な1頭飼育による経過習性は、金子によってはじめて調査され、卵期、幼虫期、蛹期、産卵前期間などが明らかとなった。

しかし、野外における発生経過についての詳しい調査はほとんどなく、上野、沢田の調査も春～夏にかけてのものであり、秋～冬にかけての実態は全く不明である。茶樹における野外の経過習性についても不明の点が多く、根部に生息する関係から調査は困難である。特に防除に当たって最もたいせつな分散時期および方法が解明されず、現在のところ根部に生息するものか、地上部に一度現われて分散するのか、または地下部を移動し、地上部には現われないのかという重大な点についても明らかでない。しかし、冬期の生態については、母孔内で集団越冬することが以前から確認されていた。

シノコキクイムシは古くからコーヒー、カカオの害虫としてアフリカ、東南アジアで研究が進められ、野外におけるその生態についても詳細な報告が多数ある。わが国ではいまだにその野外における生態は知られず、金子による飼育での経過が明らかにされているにすぎない。その他、チビムネマルコシンクイは古くからセイロンにおいて研究が行なわれ、生態がよく知られているアンブロシア甲虫である。

今後の課題としてアンブロシア甲虫の生態上、究明すべきものは非常に多いが、その中で最も大きな問題は異常大発生の原因である。キクイムシ類は他の昆虫類以上にその発生は突然で大量発生である。この問題を解決す

図 1 近親交配系の例

るためには、野外における死亡要因^{79,80)}(天敵、気温、湿度、寄主の栄養状態)の研究がたいせつなことは言うまでもないが、共生菌との関係が死亡要因につながる場合(アンブロシア菌との共生関係を成立させるための条件)がこの甲虫の特殊な条件として忘れられない。

次には寄主選択の問題であり、樹皮下穿孔虫では解析が進み¹⁰⁾、食物誘引物質の抽出にまでたどりついている。アンブロシア甲虫ではこの方面の研究はほとんどなく、これからの研究が望まれるが、ハンノキキクイムシのように非常に広い範囲の寄主を持ち、根から、健全な幹、枝、衰弱した幹、枝さらに風倒木、伐採木にまで加害するものもあり、共生菌との関係からも、この寄主選択の問題が解決されることが望まれる。

6 飼 育

飼育はすべての昆虫類研究のための基礎的仕事であるが、アンブロシア甲虫もその例外ではない。特にキクイムシ類は野外での発生の年次変動が非常に大きいから、常に研究材料を得るためには何よりも飼育が可能でなければならない。最近まではこの類の飼育はほとんど野外で侵入した材料、または誘引木に野外の個体を誘引したものを研究室に持ち帰り、これを好適な温湿度条件の下で管理する方法がとられていた。しかし、この方法では累代飼育が困難であり、経過習性の一部を明らかにするにとどまっていた。現在この方面の研究は三つの方向に分けられる。

1) 自然の木材を利用する飼育

従来の野外から得られた加害木材を管理する方法を発展させたもので、寄主の材木に甲虫を人為的に侵入させるために、虫をビニルキャップに入れ、これを材に付着させる。材を滅菌して試験管に入れ、表面殺菌した虫を接種する⁶⁷⁾。寄主材をおがくずとしてこれを滅菌して虫を接種するなどの方法が試みられている。特にこの中で金子がハンノキキクイムシ、シノコキクイムシで行なった方法は、これから各種のアンブロシア甲虫に適用して良い結果をもたらすものと思うので、ここでやや詳しく述べる。

手順は、寄主材(長さ 15 cm, 直径 1 cm)を用意し、これを試験管(長さ 200 mm, 直径 21 mm)に入れ綿栓をし、高圧滅菌(125°C, 1.5 ポンド, 15 分間)を行なった後、表面殺菌を行なった甲虫を 1 頭ずつ接種する。

この手順中、特に問題になる点は表面殺菌であるが、金子は、100 ppm の昇コウ液に浸漬した後、ただちに接種を行なったが FRANCKE-GROSMANN は、別の目的で分別滅菌という方法を用いた。これは虫を湿った口紙上に一定時間をおき、表面の胞子を発芽させ、次に乾燥したデシケーター中に虫を移し、発芽した胞子を殺す。この過程を三度繰り返すことによりほとんど完全に表面か

ら雑菌を除くことができると報告している。金子によるハンノキキクイムシ、シノコキクイムシの飼育では、主としてクワ材が使用されているが、これは材料が得られやすいこと、後の処理が簡単であることによるもので、この材でアカクビキクイムシの飼育も簡単に行なえる。しかし、この方法では、発育途中の経過を観察できないという欠点があり、さらに、青カビ類、ホユリダニ類の侵入に最も注意を必要とする。

2) 人工培地上に培養したアンブロシア菌による飼育
アンブロシア甲虫の一部のものは、その幼虫期にアンブロシア菌のみを食物として成育するから、純粋に培養した菌叢上で飼育することが二、三の研究者によって試み^{83,84)}られた。しかし、その結果、成虫にまで成育させることには成功したが、正常の産卵を行なわせることはできなかった。

前述のように共生菌との関係で卵巣の発達が行なわれるとすれば、この方法で累代飼育を行なうためには、アンブロシア菌との共生関係を人為的に行なわせなければならない。しかし、卵からの個別飼育のような特殊な目的には十分使用できる方法であろう。

3) 人工飼料による飼育

純粋の合成飼料による飼育はまだ考えられないが、アンブロシア菌の乾燥粉末を基本とした人工飼料が考えられる。しかし、これも大量飼育のための産卵に一つの限界があり、現在では特殊な目的にしか使用できない。

7 アンブロシア菌

アンブロシア菌と甲虫との共生関係については、今まで多くの論議がなされてきた。⁸⁴⁻⁸⁶⁾WEBB はすべてのアンブロシア菌は同一属の菌だとし、GRAHAM は、種はその甲虫に特殊化したもので、それぞれ異なるという説をだし、また FRANCKE-GROSMANN はアンブロシア菌が特殊化していることはもちろんであるが、同一種内においても異なった系統の菌を持つことがあり得るとした。また、寄生する樹種によって共生菌が異なる(同一種類の甲虫においても)という考えもある。共生菌を同定するためには、まず、甲虫との共生関係を確認することが第 1 で、この作業がなかなか困難で、時としては分類をする場合、混乱の原因となることが指摘されている。これは飼育が行なえるようになれば、簡単に解決できる問題ではあるが、慎重に取り扱う必要がある³⁰⁾

ハンノキキクイムシの共生菌については、FRANCKE-GROSMANN が、ドイツ産のものについて *Monilia ferruginea* と同定した。ドイツに産するハンノキキクイムシは日本から輸出した材に付随して侵入したものであることが明らかにされているから、茶樹に加害するわが国のハンノキキクイムシの共生菌についても、この結果を当てはめてもよいと考える。事実 *mycangia* 内の貯

蔵胞子の形態はほとんど同じである

来従、このような分類は主として顕微的形態、培養基上の性質を比較検討することによって決定されていた。しかし、共生菌という特性から、金子、⁸⁷⁾高木は共生菌をもう一度、菌を持っていない脱皮直後の虫に人工接種することによって、その甲虫が正常の増殖を行なった場合、はじめてその共生関係が確認できるという立場から、共生菌の人工接種を行なうべきであると考えた。この方法によってハンノキキクイムシ、シイノコキクイムシ、アカクビキクイムシとそれぞれの共生菌を比較した。さらに、顕微的形態、培養基上の性質から、ハンノキキクイムシの共生菌はシイノコキクイムシの共生菌と同一種であるが、アカクビキクイムシの共生菌は形態的にも異なり、人工接種でもハンノキキクイムシ、シイノコキクイムシとは共生関係を結び得ないことを明らかに

した。

これと同様の考えで、⁸⁴⁾BATRA は各種糸状菌を培養し、甲虫を幼虫からその中で飼育し、これを利用するかどうか、また mycangia に取り入れるかどうかを調査して、数種もので生育すること、また mycangia にも数種のものを取り入れることを明らかにしたが、成虫が次の増殖活動を正常に行なうかどうかは観察していないので、真の共生関係が成立したかどうかは疑問である。しかし、このように本来の共生菌と形態的に区別できる他の菌を取り込ませ、それが正常な増殖活動を行なえば、これを指標として生態的研究を飛躍的に発展させることが可能であるから、今後の結果が期待される。

その他、共生菌の同定された甲虫を取りまとめて表 2 に示した。

表 2 アンブロシア甲虫とアンブロシア菌

アンブロシア 甲 虫	ア ン ブ ロ シ ア 菌	報 告 者
<i>Xyleborus fornicatus</i>	<i>Monacrosporium ambrosium</i>	GADD and LOOS ⁹⁰⁾
<i>Xyleborus saxeseni</i>	<i>Tuberculariella sulphureus</i>	BATRA ⁹¹⁾
<i>Xyleborus germanus</i>	<i>Monilia ferginea</i> MATHIESEN-KAARIK (?)	FRANCKE-GROSMANN
<i>Xyleborus compactus</i>	"	高木・金子 ⁹²⁾
<i>Xyloterus prbipennis</i>	<i>Catenularia</i> sp.	湯川 ⁹³⁾
<i>Xyloterinus politus</i>	<i>Scopulariopsis brevicaulis</i> (SACC.)	BATRA
<i>Tripodendron lineatum</i>	<i>Monilia ferginea</i> MATHIESEN-KAARIK	FRANCK-GROSMANN
<i>Tripodendron scabriocollis</i>	<i>Tuberculariella ambrosiae</i> BATRA	BATRA
<i>Monarthrum scutellare</i>	<i>Monilia brunnea</i> VERRALL	FUNK ⁹⁴⁾
<i>Monarthrum fasciatum</i>	"	BATRA
<i>Monarthrum mali</i>	"	BATRA
<i>Platypus wilsoni</i>	<i>Tuberculariella ambrosiae</i>	FUNK
<i>Scolytus ventralis</i>	<i>Trichosporium symbioticum</i>	WRIGHT
<i>Hylecoetus demestoides</i>	<i>Ascoides hylecoeti</i>	BATRA
<i>Hylecoetus lugubris</i>	"	BATRA
<i>Gnathorthrichus materiarius</i>	<i>Endomycopsis fasciculata</i> BATRA	BATRA

8 アンブロシア菌の生活史

アンブロシア菌の生活史については、それぞれの菌について研究が行なわれ、特に ^{88,89)}BATRA による *H. demestoides* の共生菌 *Ascoides hylecoeti* は子囊菌であることが明らかにされ、その生態につき詳しく調べられた。ハンノキキクイムシ、シイノコキクイムシの共生菌は前述のように茶樹を加害するものについては同一種とみられ、⁸⁷⁾その詳細が高木、金子によって明らかにされた。その結果、この菌は菌糸、胞子の 2 形態をとり、胞子はさらにモニリア状胞子 (A 型と名づけた) と、出芽胞子 (B 型と名づけた) に分けられ、前者は甲虫の孔道壁に

生じ、幼虫の餌となり、後者は甲虫の mycangia 中において接種源となるものとわかった。

A 型胞子は菌糸の存在の下に形成され、人工培地 (ペプトン、イースト、糖、寒天培地) 上にも多数形成され、B 型胞子は菌糸の存在なしに出芽によって形成され、人工的には、ペプトン、イースト、糖の液体培地で振とう培養を行なうことによってたやすく形成³⁰⁾させることができる。その他 FRANCKE-GROSMANN はドイツ産のハンノキキクイムシ共生菌は、オリーブ油を加えた培地で胞子形成が良好であったことを報告した。人工培養におけるこの 2 型胞子の培養方法の差をただちに自然界における共生菌の存在形態に結びつけることは危険であるが、

その一部の説明になり得る。さらに、これらの孢子形成適温と甲虫の生殖活動時期との関連、共生菌の有性世代の発見など残された問題は多い。

9 アンブロシア菌—その他の課題

アンブロシア菌について⁹⁵⁾ KOCH はこれが甲虫幼虫の栄養源としてだけではなく、ビタミン源としても重要であることを分析によって明らかにし、Brewer's yeast の抽出物と同等のビタミンを含有していることを確認した。

このような事実からアンブロシア菌の利用が広い範囲にわたって考えられるべきであり、特に昆虫類の飼育飼料として検討を要するものと思われる。

その他アンブロシア菌と木材青変菌との関係については、未解決の問題が多く、アンブロシア菌の同定、生態の研究が進むにつれ明らかになる事実が多いものと期待される。

10 防 除

アンブロシア甲虫に近い樹皮下穿孔性キクイムシ類については、その被害の重要さから早くから防除に努力が払われ、立木、貯木について一応の防除法は確立されている。しかしながら、心材に穿孔するアンブロシア甲虫については、その被害の重大さにもかかわらず、防除の困難さから一部の特用作物、貯木などを除いてはほとんど手がつけられていなかった。

現在までに実際的な防除が行なわれた例は、コーヒー、ココアでの^{69,101)} *Xyleborus compactus*、茶で⁹⁶⁻¹⁰⁰⁾ *Xyleborus fornicatus* で、いずれも塩素系殺虫剤をおもに使用し、かなりの効果をあげ、さらに、銅剤（ボルドー液）を加用することにより、共生菌に対する効果も認められた例も報告されている。¹⁰¹⁾しかしながら、この系統の薬剤を連用すると、天敵の減少により、ハマキ類の発生が予想されるという大きな問題があり、¹⁰²⁾現実にセイロンの茶樹では、1961 年以降のデイルドリンの散布がシャクトリムシ類、チャハマキの大発生をもたらし、散布中止を余儀なくされている。¹⁰³⁾その他、人体毒性の問題も加わり、今後の使用はほとんど望みがない。

ハンノキキクイムシに対しては、わが国のクリ、カキ、モモなどで食入防止を目的とした防除試験がかなり行なわれた。しかしながら、薬剤塗布の時期を決定することが困難で実用化されるには至っていない。

茶樹を加害するハンノキキクイムシは、その生息場所が土壤中の根であることから、さらに、防除は困難で、現在までに塩素系殺虫剤、くん蒸剤、石灰窒素などによる防除試験が行なわれたが、有効な結果は認められないものと考えられている。その他の場合として、植物検疫上の問題で米材、南方材に加害するアンブロシア甲虫の

防除として、現在ではメチルプロマイド¹⁰⁵⁾が使用され良い効果をあげている。

このようにアンブロシア甲虫については、その防除法について確立された方法は全くない。したがって、これからの問題として、あらゆる面からの手段を考える必要がある。

¹⁰³⁾ DANTHANARAYANA は茶樹を加害するチビムネマルコシンクイの将来の課題として考えられる方向を次のように述べている。

“副次効果のために使用の困難な塩素系殺虫剤はローテーションを考え、共生菌に有効な抗生物質系の殺菌剤を探索する。また、放射線、化学的不妊剤による不妊化防除も考えに入れ、殺虫剤と併用するために誘引剤、忌避剤の開発を急ぐが、根本的には抵抗性品種の育成が重大な課題である”。

ハンノキキクイムシに関してもこの考え方は妥当ではあるが、茶樹を加害するものについては、土壤中に生息するため、いずれも適用の見込みがなく、わずかに誘引剤、殺虫剤（くん蒸剤）、浸透殺菌剤による方法に望みがかけられている。

さらに、^{55,56,89)}キクイムシ類の雄虫は飛ぶ能力がほとんどなく、分散もほとんど考えられないことから、他の昆虫で行なわれる雄性不妊化による方法も不適當である。

11 結 論（将来の課題）

アンブロシア甲虫は多くの興味ある問題を持ち、農林業上、重大な被害を与えているにもかかわらず、最近までほとんどその実態が明らかにされていなかった。その理由の一つは、この甲虫の発生の年次変動がきわめて大きいために、研究材料が入手しにくいこと、飼育が思うままにならなかったことがあげられよう。最近の研究はしだいにこのような困難を克服し、他の昆虫類と同じように生理、生態の研究が行なえるような状態をもたらした。

今後、解決を迫られる問題は多く、広範囲にわたり、基礎的な問題の解決が直接応用的な課題の解決にもつながるであろう。

12 文 献

- 1) KANEKO, T., Y. TAMAKI, and K. TAKAGI : *Jap. J. Appl. Ent. Zool.*, 9, 23~28 (1965).
- 2) SPEYER, E. R. : *Bull. Ent. Res.*, 14, 11~23 (1923).
- 3) GADD, C. H. : *Tea Quart.*, 14, 132~146 (1941).
- 4) JEPSON, F. P. and C. H. GADD : *Dep. Agr., Ceylon Bull.*, 72, 1~46 (1941).

- 5) 井上元則：林業害虫防除論，中巻，（地球出版）（1953）.
- 6) NOBUCHI, A. : Bull. Gov. Forest Exp. Sta., No. 185 (1966).
- 7) 村山醸造：植物防疫，17, 341~345 (1963).
- 8) 村山醸造：防疫時報，19, 1~9 (1951).
- 9) GRAHAM, S. A. : Ann. Rev. Ento., 1, 261~280 (1956).
- 10) RUDINSKY, J. A. : Ann. Rev. Ent., 7, 327~348 (1962).
- 11) FRANCKE-GROSMANN, H. : Ann. Rev. Ent., 8, 415~438 (1963).
- 12) BROWNE, F. G. : Malayan For. Records, No. 22 (1961).
- 13) 村山醸造：朝鮮博物学会雑誌，15, 21~35 (1933)*.
- 14) MURAYAMA, J. : Bull. Fac. Agr. Yamaguchi Univ., 3, 15~23 (1952).
- 15) MURAYAMA, J. : Bull. Fac. Agr. Yamaguchi Univ., 5, 149~212 (1954).
- 16) MURAYAMA, J. : Bull. Fac. Agr. Yamaguchi Univ., 6, 81~106 (1955).
- 17) MURAYAMA, J. : Bull. Fac. Agr. Yamaguchi Univ., 7, 275~292 (1956).
- 18) MURAYAMA, J. : Bull. Fac. Agr. Yamaguchi Univ., 8, 587~632 (1957).
- 19) NOBUCHI, A. : Bull. Gov. Forest Exp. Sta., No. 171 (1964).
- 20) 加辺正明：日本産キクイムシ喰痕図説（明文堂）（1956）.
- 21) SCHEDL, K. E. : 昆虫，34, 29~43 (1966).
- 22) 大野静男：名古屋植物防疫，特別調査資料，No. 1 (1966).
- 23) YAMASAKI, A. : 大阪植物防疫，89, 1~16 (1966).
- 24) 村山醸造：新潟県の昆虫，No. 4, 27~28 (1965).
- 25) 名和梅吉：昆虫世界，16, 422 (1923).
- 26) BROWNE, F. G. : Bull. Ent. Res., 54, 229~266 (1963).
- 27) MURAYAMA, J. and L. G. E. KALSHOVEN : Ent. Ber., 22, 247~250 (1962).
- 28) 楚南仁博：台湾農事報，35, 795 (1939)*.
- 29) 南川仁博：茶技研，No. 4, 48~53 (1951).
- 30) FRANCKE-GROSMANN, H. : Z. Morphol. u. Okol. Tiere 45, 275~308 (1956).
- 31) SCHEDL, W. : Sitzber. Osterr. Akad. Wiss. Math. Naturw., 171, 364~387 (1962).
- 32) BATRA, L. R. : Trans. Kansas Acad. Sci., 66, 213~236 (1963 a).
- 33) TAKAGI, K. and T. KANEKO : Jap. J. Appl. Ento. Zool., 9, 247~248 (1965).
- 34) LHOSTE, J. and A. ROCHE : Cafe, Cacao, The, 2, 76~86 (1959).
- 35) 高木一夫，金子 武：茶技研，No. 24, 65~68 (1965).
- 36) FERNANDO, E. F. W. : Tea Quart., 34, 38~41 (1963).
- 37) BAKER, J. M. : Symp. Soc. Gen. Microbiol., 13, 232~263 (1963).
- 38) FARRIS, S. H. : Proc. Ent. Soc. British Col., 62, 30~33 (1965).
- 39) FARRIS, S. H. : Can. Entomol., 95, 257~259 (1963).
- 40) FARRIS, S. H. and A. FUNK : Can. Entomol., 97, 137~139 (1963).
- 41) FINNEGAN, R. J. : Can. Entomol., 95, 137~139 (1963).
- 42) FRANCKE-GROSMANN, H. and W. SCHEDL : Naturwissenschaften, 47, 405~ (1960).
- 43) ABRAHAMSON, L. P. and D. M. NORRIS : Annals Ent. Soc. Amer., 59, 877~880 (1966).
- 44) KANEKO, T. and K. TAKAGI : Jap. J. Appl. Ento. Zool., 9, 303~304 (1965).
- 45) TAKAGI, K. and T. KANEKO (in preparation).
- 46) ENTWISTLE, P. E. : Proc. R. Ent. Soc. Lond., (A) 39, 83~88 (1964).
- 47) TAKENOUCHI, Y. and K. TAKAGI : Annal. Zool. Jap., 40, (1967)-(in press).
- 48) TAKAGI, K. and T. KANEKO : Appl. Ent. Zool., 1, 29~31 (1966).
- 49) LANIER, G. N. : Canad. Entomol., 98, 175~188 (1966).
- 50) LANIER, G. N. and J. H. OLIVER : Science, 153, 208~209 (1966).
- 51) SAKAGUCHI, B. and K. OSHIMA : Science, 147, 160 (1965).
- 52) TAKAGI, K. and T. KANEKO : (in preparation).
- 53) KALNUS, H. and C. B. SMITH : J. Genet., 49, 153~158 (1948)*.
- 54) CROW, J. F. and W. C. ROBERTS : Genet., 35, 612~621 (1950).
- 55) GADD, C. H. : Tea Quart., 20, 61~65 (1949).

- 56) GADD, C. H. : *Tea Quart.*, **20**, 66~74 (1949).
- 57) JUDENKO, E. : *Tea Quart.*, **29**, 104~111 (1958).
- 58) WRIGHT, J. : *Proc. 6th Cong. Gene.*, **1**, 356~366 (1923)*.
- 59) KRYWIENCYK, J. : *Can. Ent.*, **98**, 1049~1099 (1966).
- 60) 上野晴久 : 応動昆, **4**, 166~172 (1960).
- 61) 沢田高材 : 植物防疫, **17**, 346~350 (1963).
- 62) 三島恭一, 仁志正己, 内原 茂 : 熊本果果試報, No. 2, 77~90 (1965).
- 63) KANEKO, T. and K. TAKAGI : 茶試研報, No. 3, 1~24 (1965).
- 64) WICHMANN, H. E. : *Z. angew. Ent.*, **40**, 82~99 (1957).
- 65) FELT, E. P. : *J. Econ. Ent.*, **25**, 418~ (1932).
- 66) HOFFMANN, C. H. : *J. Econ. Ent.*, **34**, 38~42 (1941).
- 67) KANEKO, T. : *Jap. J. Appl. Ent. Zool.*, **9**, 211~216 (1965).
- 68) 加藤 博 : 農薬, **3**, 39 (1956).
- 69) ENTWISTLE, P. E. : *Proc. VIII Inter-amer. Cacao, Conf. Trini. and Tobo.*, 208~223 (1960).
- 70) LAVABRE, E. M. L. : *Cafe, Cacao, The*, **2**, 119~130 (1961).
- 71) KALSHOVEN, L. G. E. : *Ent. Ber.*, **11**, 220~230 (1961)*.
- 72) BROWN, E. S. : *Bull. Ent. Res.*, **45**, 707~710 (1954).
- 73) MAGNIN, J. : *Agro. Trop.*, **9**, 467~478 (1955)*.
- 74) AUSTIN, G. D. : *Tea Quart.*, **27**, 97~102 (1956).
- 75) JUDENKO, E. : *Tea Quart.*, **29**, 112~114 (1958).
- 76) CRANHAM, J. E. : *Tea Quart.*, **35**, 22~40 (1964).
- 77) CALNAIDO, D. : *Tea Quart.*, **35**, 41~56 (1964).
- 78) CRANHAM, J. E. : *Bull. Ent. Res.*, **57**, 481~590 (1966).
- 79) DOMENICHINI, C. : *Ent. Ber.*, **20**, 256~258 (1960)*.
- 80) KALSHOVEN, L. G. E. : *Ent. Ber.*, **20**, 259~262 (1960)*.
- 81) JUDENKO, E. : *Tea Quart.*, **29**, 47~50 (1958).
- 82) 山下優勝 : 応動昆, **10**, 95~96 (1966).
- 83) GADD, C. H. : *Ann. Appl. Biol.*, **34**, 197~206 (1947).
- 84) BATRA, L. R. : *Science*, **153**, 193~195 (1966).
- 85) GRAHAM, S. A. : *Forest, Entomology New York* (1952).
- 86) FISHER, R. C., G. H. THOMPSON, and W. E. WEBB : *Forestry Abstracts*, **14**, 381~389 (1953)*, **15**, 3~15 (1954).
- 87) KANEKO, T. and K. TAKAGI : *Appl. Ent. Zool.*, **1**, 453~456 (1966).
- 88) BATRA, L. R. and H. FRANCKE-GROSMANN : *Amer. J. Bot.*, **48**, 453~456 (1961).
- 89) BATRA, L. R. : *Amer. J. Bot.*, **50**, 481~487 (1963b).
- 90) GADD, C. H. and LOOS : *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, **30**, 13~18 (1947).
- 91) BATRA, L. R. and M. D. MICHIE : *Trans. Kansas Acad. Sci.*, **66**, 470 (1963).
- 92) TAKAGI, K. and T. KANKO : *Jap. J. Appl. Ento. Zool.*, **9**, 298~300 (1965).
- 93) 湯川敬夫 : 日植病誌, **17**, 180 (1953).
- 94) FUNK, A. : *Can. J. Bot.*, **43**, 929~931 (1965).
- 95) KOCH, A. : *Med. Grundlagenforsch.*, **4**, 63~156 (1962)*.
- 96) RAO, C. N. : *Tea Scientific Dep. Annl. Rep.*, 1965~1966, 57 (1966).
- 97) JUDENKO, E. : *Tea Quart.*, **3**, 223~15 (1961).
- 98) CRANHAM, J. E. : *Tea Quart.*, **32**, 171~184 (1961).
- 99) JUDENKO, E., C. SHANMUCAM, and H. W. HASELLO : *Tea Quart.*, **33**, 69~87 (1962).
- 100) NEWTON, A. P. : *Tea Quart.*, **31**, 172~175 (1960).
- 101) NEIFFERN, M. and M. BELIN : *Cafe, Cacao, The*, **3**, 150~158 (1960).
- 102) CRANHAM, J. E. : *Tea Quart.*, **32**, 26~36 (1961).
- 103) DANTHANARAYANA, W. : *Tea Quart.*, **37**, 100~105 (1966).
- 104) 宮下忠博, 安部 浩 : 中国農業研究, No. 33, 72~74 (1965).
- 105) 川崎倫一他 : 植物防疫資料 (横浜), No. 31 (1953).

* 印 間接引用

Summary

The ambrosia beetles are interesting not only from the biological and ecological viewpoints, but have also been of great concern to agronomists, foresters and plant protection officers because of the serious economic damages.

Resulting from numerous publications containing many systematical aspects, extreme limitation were forced upon this review.

The certain concepts and assumptions that were developed or clarified in the recent year with regard to the ecological, systematical, physiological aspects, artificial rearing, sym-

biotic relationships and control of ambrosia beetles were discussed in point of *Xyleborus germanus*, *Xyleborus compactus* attacking tea plant.

From the literatures in this review, the author claimed that the establishment of rearing methods and the exact determination of specific ambrosia fungus to each beetle are the most urgent problems. To identify a fungus is a specific ambrosia of a certain beetle exactly, it must be decided the following procedures, i. e. isolation from beetle, culture on plate, artificial transmission in mycangia, normal reproduction of beetle and re-isolation of the fungus from the beetle.

(Dec., 26, 1966)