

綜 説

Waxy Covering of Scale Insects—Secretion, Construction and Chemical Natures. Yoshio TAMAKI
(National Institute of Agricultural Sciences, Nishigahara, Kita-ku, Tokyo).

カイガラムシの虫体被覆物—分泌形成と化学的性質— 玉木佳男 (農業技術研究所 東京都北区西ヶ原)

は じ め に

カイガラムシは分類上半翅目同翅亜目のカイガラムシ上科に属する。わが国に見られるものは約10科にわたり、その種の数は非常に多い。したがってそれらが寄生する植物も多様であるが、農業上問題となる面はもっぱら永年性作物に対する加害である。すなわち、主として果樹に対する加害が問題となるが、近年は都市やその周辺の住宅地域の街路樹や庭園樹木での発生が顕著となりつつある。

カイガラムシは雌雄で変態様式がまったく異なる。すなわち、雄は完全変態を行ない、幼虫、蛹および成虫の各態をもつが、雌は不完全変態を行なう。雄の成虫は有翅で口吻を欠き生存期間は非常に短い。雌成虫は無翅で口吻を有し摂食を行ない、成虫期における生長量が大い。したがってカイガラムシの農作物に対する加害の面では雄にくらべて雌の重要性が大い。

カイガラムシはその名の示すとおり、一般に「介殼」といわれる虫体被覆物を持つものが多い。カイガラムシの多くの種はふ化直後の一定期間だけしか歩行できず、この期間内に寄主植物上の好適部位に定着し、その後はまったく移動せずに1世代の大部分をその場所で過ごす。このような習性をもつ多くのカイガラムシにとって虫体被覆物が虫体保護のための効果的な役割を果たしているであろうことは容易に想像できる。カイガラムシの虫体被覆物は彼らの生活上に重要な役割を果たしていると思われるが、害虫としてのこれらカイガラムシを防除するという観点からもきわめて重要な物質であると考えられる。また、多くの昆虫の中でも特異な存在の虫体被覆物は、比較生理学または比較生化学的観点からも非常に興味深い存在である。

この綜説ではカイガラムシの虫体被覆物の分泌形成と化学的性質についての現在までの知見を概観し今後の問題点を考えてみたい。

I. 虫体被覆物の分泌と形成

カイガラムシの虫体被覆物を構成する物質が、虫体のどの部分から分泌されどのように被覆物がつくられてゆくのかということが、まず第一に問題となる。カイガラムシの虫体表面に各種の dermal gland が観察され、これらの皮膚腺が虫体被覆物の分泌に関与して

いるらしいとの考えは非常に古くからあった。虫体表面に見られるこれらの皮膚腺とくに、その開口部の形状は古くから光学顕微鏡によって観察が行なわれているが、その目的は分類上の key の一つとして用いることにあった^{1,2)}。しかし、虫体被覆物の分泌形成と関連づけて皮膚腺を扱った報告は以外に少ないのが現状である。現在、虫体被覆物の分泌形成機構について比較的確切な知見が得られているものは、コナカイガラムシ科、マルカイガラムシ科、およびカタカイガラムシ科のものである。以下に順次大略を述べることにする。

コナカイガラムシ科に属するものは英名で mealy bug といわれるように、他の多くのカイガラムシと異なって1世代を通じて歩行することができる。この虫体被覆物は比較的単純であり、その外観は粉末状を呈する。すなわち虫体は一見、灰白色の粉でまぶされたような状態である。また、この科のカイガラムシは産下する卵を大量の綿状の物質でおおう。

ミカンノコナカイガラムシ *Pseudococcus citri* Risso. の体表には明瞭な分泌腺として3種の型が見られる³⁾。第Ⅰ型は体の後半腹面とくに陰門の近辺に多く、形は円形で中心を囲んで多くの小孔を持つ。すなわち後述のマルカイガラムシに見られる circumgenital gland に相当するものである。第Ⅱ型の分泌腺は第Ⅰ型と分布は同じくするがその数は少ない。分泌細胞から体表への接続部分がキチン化して円筒状を呈するのが特徴である。これら第Ⅰ型と第Ⅱ型はいずれも卵をつつむ綿状物質の分泌に関与すると考えられる。第Ⅲ型の分泌腺は虫体全面に分布しており、開口部は三角形をなす。この分泌腺は体表に分泌されている白色の粉末状の物質と関係があると考えられている。

クワコナカイガラムシ *Pseudococcus comstocki* KUWANA についての観察⁴⁾でも上述のミカンノコナカイガラムシの場合と同様に3種の主な分泌腺が確認されている。虫体表面に見られる白色粉末状の物質はその各粒子がいずれもコイル状を呈しており、クロロホルムに可溶であり、ろう質物と考えられる。また卵をつつむ綿状の物質は2種の構成要素からなりその1は直径約 2.5 μ 、長さ 100~200 μ の棒状でクロロホルム可溶、その2は直径 2.0~2.5 μ で非常に長いひも状をなしクロロホルムに不溶である⁴⁾。そして第Ⅰ型分

泌腺が前者を、第Ⅰ型分泌腺が後者を分泌していると思われる⁹⁾。

以上のコナカイガラムシ科のものは、その他のカイガラムシに比較して虫体被覆物の量は非常に少なく、かつ物理的強度も弱い。これは、このカイガラムシが歩行できるということと無関係ではないと思われる。

マルカイガラムシ科はカイガラムシ上科の中でも代表的な一群であり、永年性作物の害虫としても著名なものが多くこの科に属している。この科のカイガラムシの虫体被覆物の形状は、カイガラムシの名の由来であると思われるほど「介殻」によく似ている。たとえばクワシロカイガラムシ *Pseudaulacaspis pentagona* (TARGIONI) の虫体被覆物はちょうど皿をふせたような形をしており、外面は植物樹皮の小片などが付着し不規則な表面を示す場合もあるが、内面は平滑で光沢をもっているそして寄主植物表面から虫体をはく離する場合、虫体被覆物とその下にある真の虫体は容易に分離される。

マルカイガラムシの虫体被覆物がカイガラムシの虫体被覆物の典型的なものであることから、これの分泌形成状況の観察は古くからなされている⁹⁾。マルカイガラムシ科のものはその虫体被覆物成分を主として pygidium (臀板) にある分泌腺から分泌すると考えられている⁷⁻¹⁰⁾。たとえばアカマルカイガラムシの1種 *Aonidiella aurantii* (MASKEL) の虫体被覆物は主として pygidium にある孔からの分泌物で形成されるが、そのさい虫体の運動によってこの分泌物が虫体被覆物下部表面に付着させられる。このとき pygidium はあたかも左官屋の使うコテのような運動をするという⁷⁾。ナシマルカイガラムシ *Quadraspidiotus perniciosus* COMST. の虫体被覆物を形成する分泌物には2種あり、その一つは pygidium gland から出す繊維状の物質であり、他の一つは肛門から出す液体である⁹⁾。この液体は分泌されるとひも状となりこれに pygidium gland からの繊維状物質が付着して虫体被覆物の構築材料となる。この肛門からの液体はカタカイガラムシ科における Honeydew (後述) に相当するものであろう。マルカイガラムシの一種 *Chrysomphalus aonidum* L. の場合も肛門から液状排泄物が放出されて虫体被覆物内壁に浸潤することが観察されており、この液状排泄物は pygidium gland から分泌されるろう質繊維状物質相互の粘性性に関与していると考えられている¹⁰⁾。

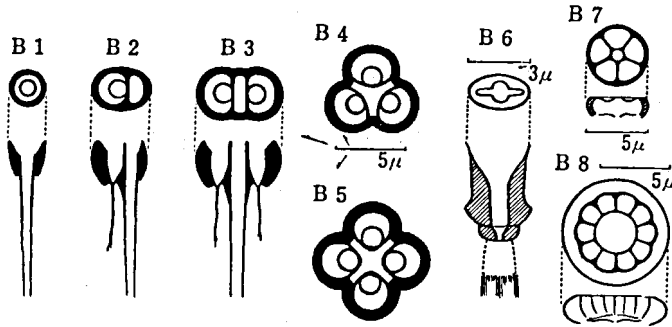
マルカイガラムシがどのようにしてその虫体被覆物を構築してゆくかということについては松田¹⁰⁾および Dickson⁷⁾ などの詳細な観察がある。すなわち口吻挿入部を中心とした回転運動を行ないながら虫体被覆物を構築してゆく。このさい回転角度が360°に近くかつ方位が不定の場合には円形の被覆物をつくることにな

るが、回転角が小さくて方位が一定している場合には扇形の被覆物をつくり上げることになる。*Chrysomphalus aonidum* L.¹⁰⁾ ではこの回転数が1日7~17回、回転距離は0.3~0.4 mm/秒であるが、これは温度や寄主植物の栄養条件で異なるという。

マルカイガラムシはすでに述べた pygidium gland の他に背面に1、2の種類の分泌腺が観察されているがその機能は明らかでない。Metcalf と Hockenyos⁹⁾ は *Lipidosaphes ulmi* L. についてその pygidium にあるろう質物分泌腺の他に1種類の分泌腺を認め、これがセメント状物質の分泌を行なっていると述べている。またマルカイガラムシ科のものはその陰門周辺に円形多小孔型のいわゆる circumgenital gland をもっており、これは産卵時に粉末状のろう質物を分泌し卵の表面にこれを付着させて卵の保護、乾燥防止および卵同士との結合に関与するといわれる^{9,11)}。この分泌腺はコナカイガラムシ科の第Ⅰ型分泌腺およびカタカイガラムシ科の multilocular disc pore に相当するものである。

カタカイガラムシ科については後に述べるとして、その他の科のカイガラムシについての虫体被覆物の分泌形成についての知見は非常に少ない。ワタフキカイガラムシ科のオオワラジカイガラムシ *Warajicoccus corpulentus* KUWANA の背面には円形で中心にやや大きい孔1個の周囲を小孔6個がとりまいた形の分泌腺がありろう質物の分泌に関与しているといわれる¹²⁾。さらに腹面第6~7節の間の陰門に近接して分泌腺があり卵のうのろう質物を分泌するものと思われる。フクロカイガラムシ科のニレノフクロカイガラ *Gossyperia ulmi* GEOFF. の幼虫と雌成虫には背面に各体節6~8個づつのろう質物分泌腺が見られ、雄成虫には第7、8体節に各2個づつの大型の分泌腺があって長い繊維状のろう質物を分泌している¹³⁾。またラックカイガラムシ科の *Lakshadia mysorensis* においても体表にろう質物分泌腺があり、これから分泌されたろう質物が一種の骨組みとなってその間隙をラック樹脂分泌腺からのラックが埋めている¹⁴⁾。

さて、カタカイガラムシ科のもので最も古くから調べられたのはイボタロウムシ *Ericerus pela* WESTWOOD についてであろう¹⁵⁾。このカイガラムシが分泌する虫体被覆物は主としてろう質物であり、古くからイボタロウムまたは虫白蠟と称されて商品的価値をもっていた。このカイガラムシの雌の背面全体には小孔が分布しこれから細い灰色をおびた黄色の繊維状物質を分泌し、繊維性の虫体被覆物を形成する。またこの分泌腺よりも数は少ないが粘性性の樹脂性液体を分泌する腺も見られる。商品価値をもつイボタロウムは雄の幼虫によって分泌されるものである。雄の2令虫背面には繊維状



第1図 ツノロウムシの表皮に分布する皮膚腺

B₁~B₃: Simple pore; B₄: Cruciform pore; B₇: Quinquelocular disc pore;
B₈: Multilocular disc pore

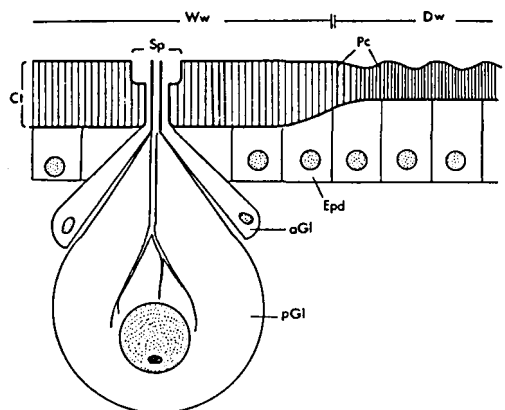
のろう質物を分泌する腺があり2令後期にはこのろう質物によって虫体は完全に埋没しこの中で3令→蛹への発育が行なわれる。

以上に述べてきたカイガラムシはすべてその虫体被覆物成分を体表の特定の分泌腺から分泌している。しかしカタカイガラムシ科のツノロウムシ *Ceroplastes pseudoceriferus* GREEN ではその虫体被覆物の1成分のろう質物が何ら特定の分泌腺の関与なしに背面表皮から分泌されていると考えられる。

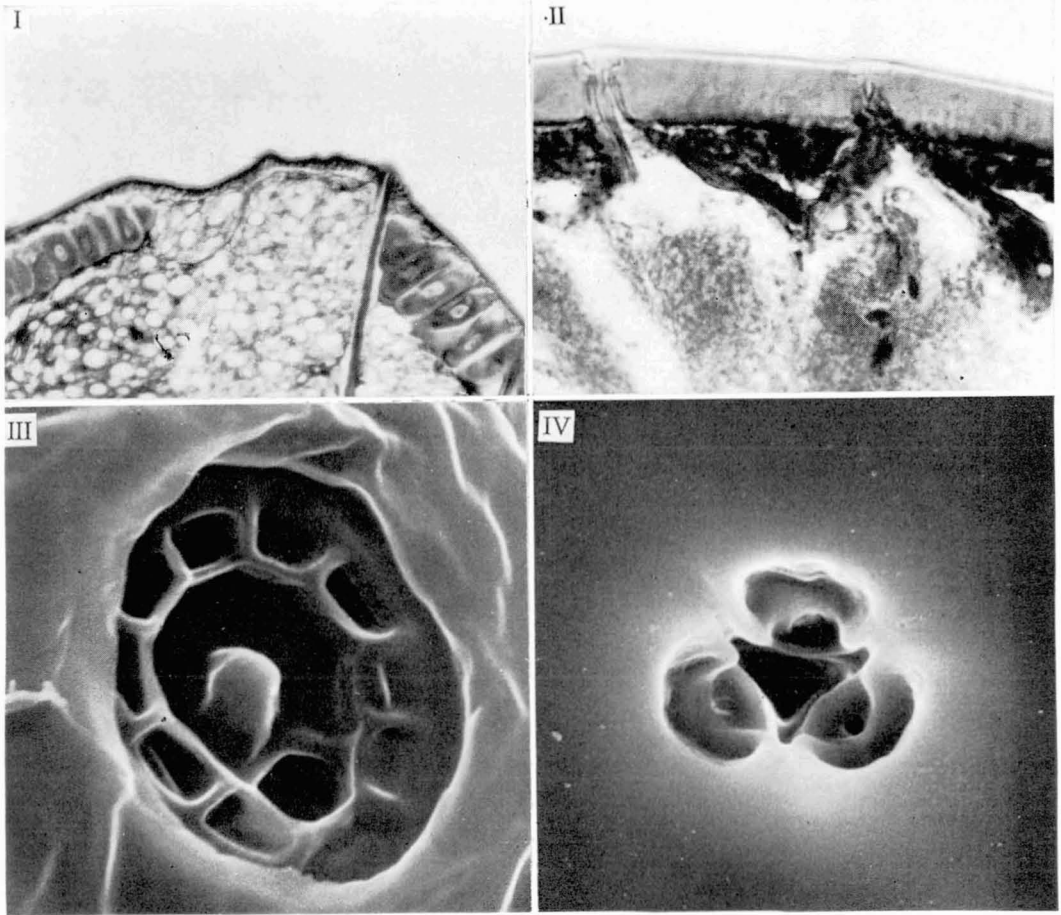
ツノロウムシの1, 2令期の幼虫は背面のいくつかの特定の部位から白色乾燥状のろう質物を分泌するが3令への脱皮を境としてこの特定部位以外の背面全面から湿潤状のろう質物を分泌しはじめる。この湿潤状のろう質物はろう質成分の他に水様物質（以下内部 honeydew と称する）を含んでおり成虫期の虫体被覆物はほとんどがこの湿潤状のろう質物からなる^{16,17)}。このカイガラムシの背面にはいろいろな型の simple pore（第1図 B₁~B₈）が見られるが、この分布部位は上記の湿潤状のろう質物の分泌部位に完全に一致する¹⁸⁾。他方乾燥状のろう質物の分泌部位にはまったく分泌孔が見られない。このことは立体走査電子顕微鏡による観察からも確認された¹⁸⁾。乾燥状のろう質物分泌部位にはとくに発達した分泌細胞は認められないが真皮細胞が柱状に発達し表皮直下の部分にオスミウム酸で黒染する脂質性顆粒が認められる。そしてこの部分の表皮には pore canal（孔道）がとくに顕著に認められ、その内容物はオスミウム酸、スゲンブラックあるいはナイルブルーなどの脂質染色試薬によって強染し、乾燥状のろう質物が真皮細胞から pore canal を通って分泌されていることが推定された¹⁹⁾。湿潤状のろう質物分泌部位の真皮細胞および pore canal は乾燥状のろう質物分泌部位のそれらほどには脂質染色試薬によって染まらないが、その染色の傾向は同様であることから、湿潤状のろう質物中のろう質成分はやはり真皮細胞→pore canal→体表

の経路をとるものと考えられる。他方、湿潤状のろう質物分泌部位に限定して分布する simple pore は1個の巨大な主腺細胞と1~4個の小形の付属腺細胞からなる。染色試薬に対する反応から付属腺細胞はろう質成分の分泌にも関与する可能性があるが、主腺細胞はもっぱら内部 honeydew の分泌に関与していると考えられる¹⁹⁾。以上のツノロウムシの背面表皮とこれに関連した構造を第2図に模式的に示した。（写真参照）。

ツノロウムシの背面に形成される虫体被覆物のうち乾燥状のろう質物はほぼ純粹のろう質物であり、その構造は綫状あるいは繊維状である。この繊維状構造は分泌部位の表皮の波状構造によって発現すると思われる。すなわち波状構造の山の部分が分泌活動が盛んであるに反し、谷の部分はこれが弱いことによって繊維状構造が生まれると考えられる。他方、湿潤状のろう質被覆物は内部 honeydew とろう質物からなり、内部



第2図 ツノロウムシ背面表皮と関連組織の模式図
Ww, 湿潤状のろう質物分泌部位; Dw, 乾燥状のろう質物分泌部位; Ct, 表皮; Pc, pore canal; Sp, simple pore; Epd., 真皮細胞; pGl, 主腺細胞; aGl, 付属腺細胞



- I. ツノロウムシの背面表皮とその関連組織の切片 (オスミウム酸染色, $\times 400$). 中央の部分は乾燥ろう質物分泌部位で真皮細胞の発達が見られる. 両側は湿潤ろう質物分泌部位で, 内部 honeydew の分泌に関与する主腺細胞が見られる.
- II. ツノロウムシの背面表皮とその関連組織の切片 (オスミウム酸染色, $\times 900$). Simple pore から分泌細胞への連絡がよくわかる.
- III. ツノロウムシ腹面の Multilocular disc pore の立体走査電顕像 ($\times 20,000$). ここから卵に付着する粉末状ワックスが分泌される.
- IV. ツノロウムシ背面の Simple pore (trilocular type) の立体走査電顕像 ($\times 10,000$). ここから内部 honeydew が分泌される.

honeydew 粒子の周囲をろう質物が包んだ状態、つまり一種の泡状構造をとっていると考えられる。

ツノロウムシの腹面には主なものとして3種の分泌孔が観察される。その1は気門溝に沿って白色繊維状ろう質物を分泌している quinquelocular disc pore (第1図, B₁)、その2は陰門周辺に見られ卵に付着する白色粉末状ろう質物を分泌する multilocular disc pore (第1図, B₂) および腹面全体とくに周縁部に多い cruciform pore (第1図, B₃) である。カタカイガラムシ科のものの腹面の分泌腺 (ventral gland と称せられる) についてはオリブカタカイガラムシ *Saissetia oleae* (BERNARD) に関する報告もあるがこれらの分泌物との関連は明確ではない。

以上にカイガラムシの虫体被覆物の分泌と形成について概観したが、この方面の知見はその大部分をいまだに19世紀の後半から20世紀の初めにかけての報告に負うところが大きく、この分野の知見がいかにとぼしいかわかる。カイガラムシ体表の各種分泌孔あるいは分泌腺の機能については組織化学的手法を十分に活用することにより、正確な知見が得られるはずである。さらに近年発達した物理的手法とくに立体走査型の電子顕微鏡はこの方面の調査研究に非常な威力を発揮するものと思われる。

II. 虫体被覆物の化学成分

Disselkamp⁹⁾ は、カイガラムシはその分泌物の化学的性質により大きく2群に分けることができると主張している。すなわち a) ろう質物を分泌するものと、b) キチン様物質を分泌するものである。彼はこの類別を虫体被覆物の有機溶媒に対する溶解性にもとづいて行ない、有機溶媒可溶のものを a)、不溶のものを b)、としている。イボタロウムシやコナカイガラムシなどは確かに a) の群に入るが、すべてのカイガラムシがこのような単純な2群に類別されるとは考えられない。たとえばラックカイガラムシはろう質物の他に多量のラック樹脂を分泌するし、ロウムシ類の虫体被覆物は大量の内部 honeydew を含んでいる。またマルカイガラムシ科の多くのもの、たとえばクワシロカイガラムシやヤノネカイガラムシなどは a) と b) の中間型をとると考えられる。

(1) ろう質物

上に述べた a) の群に入るカイガラムシを初めとして、虫体被覆物構成成分として多少ともろう質物を生産するカイガラムシの種類は非常に多い。Metcalf と Hockenyos⁹⁾ はマルカイガラムシ科の3種についてその虫体被覆物中のろう質物含量を調査したが、その結果 *Lipidosaphes ulmi* L. ではこれが58%, *Chrysomphalus anonidum* L. では31~34%, *Chionaspis*

pinifolia Fitch では40.3%であった。またアカマルカイガラムシの1種 (*Aonidiella aurantii*) では虫体被覆物の45%がろう質物であり⁷⁾、クワシロカイガラムシでは、この値が35%になっている⁹⁾。カタカイガラムシ科の *Ceroplastes* 属のいわゆるロウムシ類の場合はその虫体被覆物中のろう質物含量はツノロウムシで23%、カメノコロウムシ *C. japonicus* で76%、ルビーロウムシ *C. rubens* で91%であり^{17,21)}、オーストラリア産の近縁種、*C. destructor* および *C. ceriferus* ではそれぞれ12%および39%を占めている²²⁾。他方、イセリヤカイガラムシ *Icerya purchasi* MASK. の虫体被覆物は98%がろう質物であり⁹⁾、クワコナカイガラムシやイボタロウムシなどもほとんどがろう質物であると考えられる。

一般の昆虫における体水分の蒸散の制御などの水分透過に表皮外層の微量のワックス層が重要な働きを持つてゐることは周知の事実である²³⁻³⁰⁾。したがってカイガラムシの場合もその虫体被覆物中に占めるろう質物の量の多少にかかわらず、保護物質としての虫体被覆物の物理性に関与するろう質物の意義は大きいと考えられる。

カイガラムシの生産するろう質物のあるものは商品価値を有するために昔からその化学的性質が調べられていた。たとえば lac wax, cochineal wax, Chinese insect wax あるいはイボタロウなどがこれである。これらの特殊な昆虫ワックスの化学的性質に関する古いデータは Warth³¹⁾ によってまとめられている。しかし、その他の一般作物を加害する害虫としてのカイガラムシのろう質物についてはその報告も少ない。主なものは1930年代に行なわれた河野通夫氏の一連の研究ぐらいのものであろう。

ワックスの構成成分である高級脂肪酸や高級アルコール、あるいは高級炭化水素などのデータで注意しなければならないことは、従来の一般的な分析法にもとづいたこれらのデータは往々にして単なる混合物の記載にすぎないという点である。つまり精製の手段としてもつばら再結晶法にたより、得られた結晶やその誘導体の元素分析から物質の同定をしていた古典的分析法では、そのデータが炭素数の接近した数種の同族体の混合物であることが多い。したがって従来の多くのデータは慎重に吟味する必要がある。たとえば Chibnall ら³²⁾ は合成品混合物の精密な融点測定によって、従来分離記載されていたいろいろの植物ワックスや昆虫ワックス成分の多くのものが単一物質ではなく単なる混合物にすぎないことを証明した。 *Coccus ceriferus* からの Chinese insect wax の主成分は、従来 “Ceryl cerotate” とされていたが分析の結果 “Ceryl alcohol” は C₂₆ の1級アルコールを40%と

第1表 カイガラムシのろう質物構成成分

種 名	分析試料	構 成 成 分*
<i>Icerya purchasi</i> ^{36,68)} (イセリヤカイガラムシ)	全 虫 体	エステル (FA.-C ₁₆ , C ₁₈ , C ₂₆ , C ₃₀ ; AL.-C ₁₄ ~C ₁₈ , C ₂₀ , C ₂₂ , C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₇), アルデヒド (C ₆), 樹脂酸 (C ₁₆ H ₁₆ O ₄)
<i>Coccus lacca</i> ³²⁾	ラックワックス (市 販 品)	エステル (FA.-C ₃₀ ~C ₃₆ ; AL.-C ₂₆ ~C ₃₄), アルコール (C ₂₆ ~C ₃₄)
<i>Coccus cacti</i> ³²⁾	コチニールワックス (市 販 品)	脂肪酸 (C ₃₀ , 13-keto-C ₃₂), アルコール (13-keto-C ₃₂)
<i>Tachardina theae</i> ^{69,70)} (コブカイガラムシ)	全 虫 体	エステル (FA.-C _{12:1} , C ₁₄ , C _{14:1} , C ₃₀ , C ₃₁ ; AL.-C ₂₆ , C ₃₀), グリセリド (?), 炭化水素 (C ₃₁)
<i>Cerococcus muratae</i> ³⁶⁾ (フジツボカイガラムシ)	全 虫 体	エステル (FA.-C ₂₆ ; AL.-C ₂₆), 炭化水素 (C ₄₅ ~C ₄₆), 樹脂酸 (C ₂₆ H ₃₆ O ₄)
<i>Ceroplastes rubens</i> ³⁶⁾ (ルビーロウムシ)	全 虫 体	エステル (FA.-C ₃₀ ; AL.-C ₂₆), 樹脂酸 (rubabietic acid, rubenic acid), 樹脂アルコール (rubenol)
同 上 ³⁴⁾	全 虫 体	エステル (FA.-C ₃₁ , C ₃₃ , C ₃₅ ; AL.-C ₃₁ , C ₃₃ , C ₃₅)
**同 上 ²¹⁾	被 覆 物	エステル (FA.-C ₁₈ , C ₂₀ , C ₂₂ , C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₈ , C ₃₀ , C ₃₂ , C ₃₄ , C ₃₆ , C ₃₈ ; AL.-C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₈ , C ₃₀) 樹脂酸とその関連化合物
<i>Ceroplastes ceriferus</i> ³⁶⁾ (ツノロウムシ)	全 虫 体	エステル (FA.-C ₃₀ , C ₃₃ ; AL.-C ₂₆) 樹脂酸と樹脂アルコール
** <i>Ceroplastes pseudoceriferus</i> ³³⁾ (ツノロウムシ)	被 覆 物	エステル (FA.-C ₈ , C ₁₀ , C ₁₁ , C ₁₂ , C ₁₃ , C ₁₄ , C ₁₅ , C ₁₆ , C ₁₈ , C _{18:1} , C _{18:2} , C _{18:3} , C ₂₈ , C ₃₀ , C ₃₂ ; AL.-C ₂₆ , 環状アルコ ール) 樹脂酸または関連化合物
<i>Ceroplastes floridensis</i> ³⁶⁾ (カメノコロウムシ)	全 虫 体	エステル (FA.-C ₃₀ , C ₃₃ ; AL.-C ₂₆) 樹脂酸, 樹脂アルコール
** <i>Ceroplastes japonicus</i> ²¹⁾ (カメノコロウムシ)	被 覆 物	エステル (FA.-C ₁₈ , C ₂₀ , C ₂₂ , C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₈ , C ₃₀ , C ₃₂ , C ₃₄ ; AL.-C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₈ , C ₃₀ , 環状アルコール) 樹脂酸または関連化合物
<i>Ceroplastes destructor</i> ^{38,74)}	被 覆 物	エステル (FA.-C ₁₂ , C ₂₆ , C ₂₈ ; AL.-C _{12:2} , C ₂₆ , C ₂₈) 脂肪酸 (C ₁₂ , C ₂₆ , C ₂₈), アルコール (C _{12:2} , C ₂₆ , C ₂₈)
<i>Pulvinaria horii</i> ³⁶⁾ (モミジノワタカイガラムシ)	全 虫 体	エステル (FA.-C ₂₆ ; AL.-C ₂₆), 炭化水素 (C ₂₆ H ₅₂) 樹脂酸, 樹脂アルコール
<i>Lecanium horii</i> ⁷⁵⁾ (モミジノワタカイガラムシ)	全 虫 体 (抱 卵 雌 成 虫)	トリグリセリド (FA.-C ₁₂) 真性ワックス, リン脂質
<i>Erytherus pela</i> ⁷¹⁻⁷³⁾ (イボタロウムシ)	全 虫 体	エステル (FA.-C ₁₄ , C ₁₆ , C ₁₈ , C ₂₀ , C ₂₆ , C ₂₇ , C ₂₈ ; AL.-C ₁₄ , C ₁₆ , C ₁₈ , C ₂₆ , C ₂₇ , C ₃₀)
** <i>Ericerus pela</i> ⁴⁾ (イボタロウムシ)	被 覆 物	エステル (FA.-C ₁₆ , C ₁₈ , C ₂₀ , C ₂₂ , C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₈ , C ₃₀ , C ₃₂ , C ₃₄ ; AL.-C ₂₂ , C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₈ , C ₃₀ , C ₃₂)
** <i>Pseudococcus comstocki</i> ⁴⁾ (クワコナカイガラムシ)	被 覆 物	エステル (FA.-C ₈ , C ₁₀ , C ₁₂ , C ₁₄ , C ₁₆ , C ₁₈ , C ₂₀ , C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₈ , C ₃₀ ; AL.-C ₂₂ , C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₈ , C ₃₀)
<i>Prontaspis yanonensis</i> ³⁶⁾ (ヤノネカイガラムシ)	全 虫 体	エステル (FA.-C ₂₆ , C ₃₀ ; AL.-C ₃₀) 樹脂アルコール
** <i>Pseudaulacaspis petagona</i> ⁴⁾ (クワシロカイガラムシ)	被 覆 物	エステル (FA.-C ₁₆ , C ₁₈ , C ₂₀ , C ₂₂ , C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₈ , C ₃₀ , C ₃₂ ; AL.-C ₂₂ , C ₂₄ , C ₂₆ , C ₂₈ , C ₃₀ , C ₃₂)

* FA.: 脂肪酸部分, AL.: アルコール部分

C₁₆, C₁₈, C₂₀ は C₁₈ が主要成分であることを示す.

** ガスクロマトグラフ法による分析データ

C₂₈を40%, および C₃₀が20%の3種混合物であり, “Cerotic acid”も C₂₆, C₂₈, C₃₀の混合物であった。また, ツノロウムシやカメノコロウムシで報告されていた C₃₃の脂肪酸 (“Pssyllostearic acid”)は最初 *Pssylla alni*が分泌する *Pssylla wax*から単離されたものであるが最近のガスクロマトグラフ分析によるとこのような酸は検出されていない^{21,33)}。ルビーロウムシから分離された C₃₁, C₃₃, C₃₅の脂肪酸とアルコール³⁴⁾もガスクロマトグラフ分析によると検出されない²¹⁾。またイボタロウムシから分離された “Ibotaceryl alcohol”と “Ibotacerotic acid”も, 最近の方法によると検出されない⁹⁾。これらの奇数炭素数の脂肪酸やアルコールはいずれも偶数炭素数の同族体の混合物である。

最近の分析技術の進歩, とくにガスクロマトグラフ法の出現は, 従来の方法では分離し得ない化合物群の分離を可能とし, ワックス構成成分の分析でもその威力を発揮している。しかし, カイガラムシが分泌するろう質物構成成分の分析に適用した例はまだ多くない。第1表に, 現在までに明らかにされたカイガラムシの分泌ろう質物の構成成分のおもなものをまとめた。これらのデータのうち, ガスクロマトグラフ法を適用していないものについては将来再検討されることが望まれる。

さて, 現段階でカイガラムシの虫体被覆物中のろう質物の化学的性質について一般的にいえるようなことは次の3点である。

i) エステルを主成分とする。このエステルは直鎖脂肪酸と直鎖アルコールからなるいわゆる真性ワックスの場合が多い。

ii) 脂肪酸, アルコールともに炭素数26~30前後のものが主体である。

iii) 炭化水素の含量は非常に少ない。

しかし, 細かい点はカイガラムシの種によってかなり異なっている。たとえば直鎖化合物では *Cochineal wax*中のケト酸とケトアルコール³²⁾, クワコナカイガラムシの二塩基酸³⁵⁾, などは興味深い。また, 樹脂酸や樹脂アルコールも興味ある化合物群であるが, これらのうちではルビーロウムシの *Rubabietic acid*, *Rubenic acid*, および *Rubenol*の構造が決定されているだけである³⁶⁾。さらに *Ceroplastes* 属のカイガラムシのろう質物は真性ワックスよりも環状の樹脂アルコールと直鎖脂肪酸とのエステルを主体としており, その他の多くのカイガラムシと比較して特異な性質をもつ。

カイガラムシの虫体被覆物中のろう質物はその他の一般の昆虫のいわゆる表皮ワックスと同質のものなのであろうか? 一般の昆虫の表皮ワックスについては

比較的詳しく調べられている。それによると, 表皮ワックスは比較的大量の炭化水素を含むことが特徴であり, エステル含量は相対的に少ない^{37~40)}。またアルコール⁴¹⁾やジオール⁴²⁾を主成分とするものもある。すなわちカイガラムシの分泌するろう質物はエステルを主成分としているという点で, 一般昆虫の表皮ワックスとは明らかな差があるようにみうけられる。

一般昆虫の表皮ワックスはその量が非常に少なく, これが体水分の調節に関与していることはすでにふれたが, カイガラムシの場合には分泌ろう質物の量は一般に多量であり, 単なる水分調節ではなく物理的な保護物質としての役割を果たすものと考えられる。ミツバチの分泌するミツロウが彼らの蜂窩の構築材料となっていることはよく知られている。このミツロウの主成分はエステル(71%)であり, 炭化水素は少量(10.5~13.5%)にすぎない³⁹⁾。このミツロウの役割とカイガラムシのろう質物の役割を考えると, この両者がいずれもエステルを主成分としている事実は大変興味深いことである。

(2) 内部 honeydew

Hackman と Trikojus²²⁾はオーストラリア産の *Ceroplastes* 属カイガラムシ3種について, その虫体被覆物から水様物質を分離し, これを honeydew と称して, その糖類の構成を調べた。honeydew の名称は一般にアブラムシやカイガラムシなどの植物汁液吸取性昆虫が彼らの摂食活動の結果, 余剰の植物汁液を代謝老廃物と混ぜて肛門から滴下排泄する液状物質に対して用いられている。この honeydew はいろいろの植物汁液吸取性昆虫について調べられており, 多種類のアミノ酸や糖類が含まれていることが判っている^{43,44)}。Hackman と Trikojus²²⁾が honeydew と称した *Ceroplastes* 属カイガラムシの虫体被覆物中の水様物質は, 最近の調査の結果, これが肛門からの排泄物ではなく背面表皮に開口する simple pore からの分泌物であると考えられるにいたった¹⁶⁾。したがってこの分泌物を単に honeydew と称するのは好ましくない。肛門から滴下される通常の honeydew (“滴下 honeydew”)と区別する意味で “内部honeydew” の名が与えられた⁴⁵⁾。

この内部 honeydew はカタカイガラムシ科の *Ceroplastes* 属に特異のものであり, 虫体被覆物に占めるその割合はツノロウムシで77%, カメノコロウムシで24%, ルビーロウムシで9%であり, オーストラリア産の *C. destructor* と *C. ceriferus* ではそれぞれ88% および61%である。*Ceroplastes* 属以外のカイガラムシでこのような物質について調査された例はない。

Ceroplastes 属のツノロウムシの内部 honeydew は,

いろいろの糖類とアミノ酸を含んでいる^{46,47}。また、このカイガラムシの肛門から滴下される honeydew もいろいろの糖とアミノ酸を含む⁴⁹。そして、これらのアミノ酸や糖類はカイガラムシの寄主植物が変わると、その構成が変化する⁴⁹。このことは内部 honeydew が皮膚腺からの分泌物ではあるが、肛門からの滴下 honeydew と同様に、1種の排泄物としての意義ももっていることを想像させる。わが国に産する *Ceroplastes* 属カイガラムシ3種を見るとその虫体被覆物中の内部 honeydew 含量はツノロウムシ>カメノコロウムシ>ルビーロウムシの順である。他方、これらロウムシ類の滴下 honeydew 排泄量は、野外における寄生部位のスス病菌の繁殖程度から推察してツノロウムシ<カメノコロウムシ<ルビーロウムシの順であると考えられる。すなわち内部 honeydew と滴下 honeydew の量がたがいに相互補償的であると考えられ、この点からも内部 honeydew の排泄物としての機能の一面をうかがわせる。

内部 honeydew と滴下 honeydew は以上のとおり類似しているが、これらの成分的な大きな違いは糖アルコールにある。すなわち、内部 honeydew は多量のリビトールとマンニトールを含むが滴下 honeydew 中にはこれらを欠いている^{45,47}。Hackman と Trikojus⁵² はオーストラリア産の *Ceroplastes* 属3種についてリビトールの存在を認めたが、これらは寄主植物汁液から未変化のまま由来したものと考えた。しかし、内部 honeydew 中には大量に含まれるのに滴下 honeydew 中には認められないという事実を考えると、これらの糖アルコールが、カイガラムシ自身の積極的生産物であるという可能性がおおいにある。そして虫体被覆物成分として何らかの積極的な役割を果たしているのではないだろうか。たとえば、リビトールを含めて多くのポリオキシアルコールが、昆虫、植物あるいは細胞の耐凍性に関与しているという事実がある⁴⁸⁻⁵⁰。

上に述べた内部 honeydew 中の溶質量は乾物にして5%前後にすぎず、内部 honeydew の主成分は水そのものである。そしてこの水が *Ceroplastes* 属カイガラムシの虫体被覆物の主要な構成成分となっている。すなわち、これらのカイガラムシでは内部 honeydew が虫体被覆物中でろう質物とともに脂質と水の混合系を形成し、有害物質の外界からの侵入透過に対してきわめて有効な障壁を形成していると考えられる。

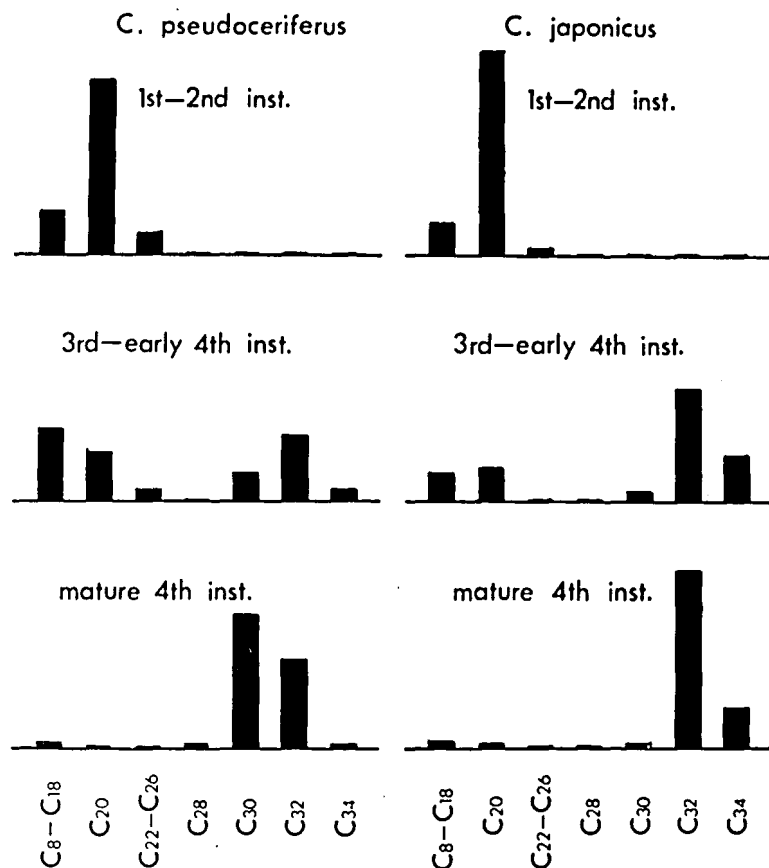
(3) 樹脂成分、キチン様物質

カイガラムシはろう質物以外の成分をその虫体被覆物中に含む場合が多い。前項に述べた内部 honeydew の場合もその例である。ここではラックカイガラムシが生産するラック樹脂と、マルカイガラムシ科の虫体被覆物についてのべる。

いわゆる lac insect はラックカイガラムシ科に属し、いろいろの種があるが、これらは大量のラック樹脂を分泌する。*Tachardia lacca* ではろう質物が6%、樹脂が68%、*Gascardia madagascarensis* ではろう質物28.5%、樹脂52.5%を占めるという³。また *Lakshadia mysorensis* でもろう質物は少量成分であり、分泌された樹脂分子を結合させるセメントのような働きをしている¹⁴。これらのラック樹脂は周知のとおりラッカーやニスなどの他いろいろの用途をもっており、最近でもわが国に輸入されている。これの産地のインドではラックカイガラムシを飼育してこの樹脂を工業的に生産している。したがってこの物理化学的性質はよく調べられており、その構成成分もある程度は知られている。ラック樹脂はエステルその他にヘミアセタール、アシロイン、アシラールを含み⁵¹、不飽和結合をもつものは少ない⁵²。そして、アルカリ加水分解物中から Butolic acid⁵³、Aleuritic acid、Shellolic acid などと称されるものが分離されており、その他比較的大量のカルボニル化合物を含む⁵⁴。Shellolic acid については最近その構造が決定された^{55,56}。

以上のラックカイガラムシのようにその分泌物に商品的価値を有するものは特殊な例である。その他一般の害虫としてのカイガラムシが分泌するろう質物以外の物質については、すでに述べた内部 honeydew を除いては、ほとんど何もわかっていないのが現状である。とくにカイガラムシ上科の中でも重要な科であるマルカイガラムシ科のものの虫体被覆物中には有機溶媒で抽出されない物質の量がかなり多い。この有機溶媒不溶性物質は *Lipidosaphes ulmi* の虫体被覆物の42%、*Chrysomphalus anonidum* では69~66%、*Chionaspis pinifolia* では60%、を占め⁹、*Aonidiella aurantii* ではこれが47%⁷、クワシロカイガラムシでは65%を占めている⁹。これらの虫体被覆物を有機溶媒で処理してろう質物を除去しても、虫体被覆物の外観はほとんど変わらず、ただ若干屑状にはく離しやすくなるだけである^{4,9}。このことはタケノシロマルカイガラムシ *Odonaspis secreta* (Cockerell)、アカホシマルカイガラムシ *Chrysomphalus ficus* ASMEAD、ヤノネカイガラムシ *Unaspis yanonensis* (Kuwana) などでも同様である⁹。すなわち、これらマルカイガラムシ科の虫体被覆物はろう質物が有機溶媒不溶性物質の間に浸潤した構造をとっており、この有機溶媒不溶性物質が虫体被覆物の物理性に与える影響はきわめて大きい。

ではこの有機溶媒不溶性物質はどのような化学的性質をもっているのだろうか？残念ながら、この点に関する知見は現在のところ皆無にひとしいといえる。ナシマルカイガラムシについて Disselkamp⁸ はこの



第3図 ツノロウムシ (*C. pseudoceriferus*) とカメノコロウムシ (*C. japonicus*) が分泌するろう質物中の脂肪酸構成の發育にともなう変化

物質が熱硫酸 (H_2SO_4 , HNO_3) にとけることを観察し、これがキチン様物質であると考へた。

Dickson⁷⁾ は *Aonidiella aurantii* について、この有機溶媒不溶性物質を調査し、これが濃い苛性ソーダ、2% NaOH、濃塩酸または 6N 塩酸に 45°C、24 時間で溶解すること、キサントプロテイン反応に陽性、Millon の反応、含硫アミノ酸に対する試験、および Molisch-test に対して陰性を示すことを観察し、一応これをタンパク様物質と称している。他方 Metcalf と Hockenyos⁸⁾ は *Lipidosaphes ulmi* の虫体被覆物をクロロホルム抽出し、不溶性の物質について 2、3 の試験を行なっているが、その結果この物質は濃苛性カリに可溶、キチンに対する反応は陰性、Millon 反応、キサントプロテイン反応いずれも陰性で、加水分解によってアミノ酸を得ようとしたが不成功に終わった。

マルカイガラムシ科の虫体被覆物の重要成分である、有機溶媒不溶性物質については以上に述べたとおり、きわめてあいまいな知見しか得られてない。この物質

については今後の研究がその本体を明らかにしてくれるであろう。

III. 發育にともなう虫体被覆物成分の変化

カイガラムシの發育にともなう、その虫体被覆物は当然量的な生長を行なう。この量的変化にともない、そこに何らかの質的变化が起こるのではないかと考えられるが、この点に関する知見は非常に少なく、わずかにナシマルカイガラムシの虫体被覆物が發育とともにその色調の変化が起こっていることから質的变化を暗示しているにすぎない⁹⁾。ただし、*Ceroplastes* 属のカイガラムシについてはこの点に関する若干の知見が得られている^{10,21,27)}。

ツノロウムシでは 1、2 令期にはまったく内部 honeydew を分泌せず、3 令になって初めてこれを分泌する。すなわち、2 回目の脱皮を境として虫体被覆物の質は大きく変化し、それまでは乾燥状の虫体被覆物であったのが、以後はペースト状の虫体被覆物とな

る^{16,45}。また内部 honeydew が虫体被覆物中に占める割合は4令初期に最高となるがそれ以後徐々に減少し、相対的のろう質物含量が増加してくる⁴⁵。内部 honeydew 中の糖類やアミノ酸の組成は3, 4令期間中ほとんど変化しないが⁴⁵、ろう質物の構成はかなり変化している^{45,67}。すなわち1, 2令が分泌するろう質物と3, 4令のそれを比較すると、前者では直鎖脂肪酸と直鎖アルコールのエステル、いわゆる真性ワックスの含量が高いが、後者ではこれが少なくそのかわりに直鎖脂肪酸と環状アルコールとのエステルの含量が高くなる。同時に、樹脂酸またはその関連化合物の含量も高くなってくる。

発育に伴う虫体被覆物中のろう質物の脂肪酸構成の変化を第3図に示した。ツノロウムシ、カメノコロウムシいずれにおいてもろう質物を構成する脂肪酸は1, 2令期には炭素数20のものを主体としているが、発育が進むにしたがって、炭素数が30前後のものへと移行する。これらの脂肪酸は分泌された後には変化しないと考えられるので、ここに示された現象は発育に伴って分泌されるろう質物の質的变化にほかならない。また、このことはこれらのカイガラムシのろう質物とくに脂肪酸生合成能が発育にともなって大きく変化していることを示している。その他オーストラリア産の *Ceroplastes destructor* のろう質物でも、その構成成分の相対的割合が令によって変化することが、物理的測定の結果から推定されている⁶⁸。

IV. 虫体被覆物成分の起源と生合成

虫体被覆物を構成する各成分がどのようにしてつくられてくるのかということは非常に興味ある問題であるが、現在のところほとんど何もわかってない。

カイガラムシの多くのものはアブラムシと同様に植物の篩管汁液を吸収していると考えられる。この篩管汁液はいろいろの種類の炭水化物、アミノ酸、有機酸などを含み、多くの植物汁液吸収性昆虫の食物となっているが、なかでも炭水化物の量が非常に多い。たとえばヤナギの篩管汁液の炭水化物量は5~10%(W/V)でこれは篩管汁液乾物の90%を占める⁶⁹。また、植物汁液中には低分子脂肪酸も認められる⁶⁹。しかし、ろう質物を構成する炭素数26~30の高分子脂肪酸やアルコールが植物汁液からそのままの形で摂取されているとは考えられない。おそらく彼らの食物である篩管汁液中に多量に含まれている炭水化合物から虫自身が生合成しているであろう。

虫体被覆物中のろう質物の生産に関連してカイガラムシの虫体内の脂質の構成が問題となる。最近の知見によるとこの虫体内脂質は一般の昆虫脂質と変わりなく、トリグリセリドを主体とし、その他に遊離脂肪酸、

リン脂質、などを含む^{61~65}。そしてこの脂肪酸構成を見るとツノロウムシ^{61,64}、カメノコロウムシ⁶¹、ルビーロウムシ⁶¹、イボタロウムシ⁶⁵、クワコナカイガラムシ⁴いずれにおいても炭素数20以下のものからなり、虫体被覆物中に見られる高分子の脂肪酸は検出されていない。これらの事実と、ツノロウムシについての組織化学的な観察結果から、カイガラムシの虫体被覆物中のろう質物の生合成は、その分泌と密接な連けいを保っていると考えられる。ツノロウムシの場合、その高分子脂肪酸の生合成は表皮またはその近接部位であり、エステルの合成は表皮の pore canal 周辺であろうと思われる¹⁹。Locke⁶⁶はエステラーゼ活性を組織化学的に調査した結果から、ミツバチのろう質物が真皮細胞周辺でつくられ、セセリチョウの1種 *Calpododes ethlius*、ハチミツガおよびチャイロコメゴミシダマシでは、これが pore canal 周辺でつくられると考えている。

いずれにしてもろう質物の生合成に関してはカイガラムシ以外の昆虫も含めて現在のところほとんど不明であり、わずかにミツバチのミツロウ成分の生合成に関して若干の知見があるだけである⁶⁷。また *Ceroplastes* 属カイガラムシに見られる樹脂酸が、はたして植物からそのまま由来したものであるかどうかについても疑問がある。同様に内部 honeydew 中に見られる糖アルコールについても、その起源は一つの問題点であり、単なる植物成分の蓄積ではなくてカイガラムシ自身の生合成産物であるとも考えられる。想像をたくましくするならば、これら糖アルコールは、大量の虫体被覆物でおおわれているために酸素不足の条件下にある特殊なカイガラムシにおける、一種の嫌氣的なエネルギー生産の結果の産物であるとも考えることができる。

お わ り に

カイガラムシの虫体被覆物についてその分泌形成と化学成分に焦点をあてて述べてきた。この虫体被覆物をもつ幾多の興味ある問題点とその応用的な見地からの重要性のわりには、この方面に関する研究は少なすぎるのが現状である。虫体被覆物の本質を明らかにするためには、その化学構成が十分に理解される必要があるがこの点に関する知見もたとえばマルカイガラムシの場合のようにきわめて不十分である。この方面の知見の集積がさらに望まれると同時に、今後はこれらの構成成分の生成機構の解明がカイガラムシの物質代謝との関連において究明されることが望まれる。

引 用 文 献

- 1) Ferris, G.F.: Atlas of the scale insects of

- North America, Ser. V, *The Pseudococcidae* (Part I), Stanford Univ. Press, Stanford, Calif. (1950).
- 2) Ferris, G. F.: *Ibid.*, Ser. IV, *The Diaspididae* (Part IV). Stanford Univ. Press, Stanford, Calif. (1942).
 - 3) Matheson, R.: *Ann. Ent. Soc. Amer.* 16, 50~56 (1923).
 - 4) 玉木佳男 未発表.
 - 5) Berlese, A.: *Le Cocciniglie Italiane viventi sugli Agrumi*. Avellino. (1893).
 - 6) Green, E. E.: *The Coccidae of Ceylon*, Dulau and Co., London. (1896).
 - 7) Dickson, R. C.: *Ann. Ent. Soc. Amer.* 44, 596~602 (1951).
 - 8) Disselkamp, C.: *Höfchen-Briefe* (Bayer) 7, 105~151 (1954).
 - 9) Metcalf, C. L. and G. L. Hockenyos: *State Acad. Sci. Trans.* 22, 166~184 (1930).
 - 10) 松田盛行: 台湾博物学会会報 93, 391~417. (1927).
 - 11) Childs, L.: *Ann. Ent. Soc. Amer.* 7, 47~57 (1914).
 - 12) Kitao, Z.: *Tokyo Univ., Col. Agr. Jour.* 10, 1~20. (1928).
 - 13) Kuwana, I.: *Bull. Imper. Central Agr. Exp. Stn.* 1, 214~231 (1908).
 - 14) Mahadihassan, S.: *Z. angew. Ent.* 48, 433~444 (1961).
 - 15) Sasaki, C.: *Tokyo Imp. Univ., Col. Agr. Bull.* 6, 1~14 (1904).
 - 16) Kawai, S. and Y. Tamaki: *Appl. Ent. Zool.* 2, 133~146 (1967).
 - 17) 玉木佳男: 応動昆 7, 355~357 (1963).
 - 18) 河合省三・玉木佳男・湯嶋健: 応動昆 1969 年大会発表 (1969).
 - 19) 玉木佳男・河合省三: 応動昆 1968 年大会発表. (1968).
 - 20) Marshall, W. S.: *Wisconsin Acad. Sci., Arts, Letters* 25, 255~272 (1930).
 - 21) 玉木佳男・河合省三: 応動昆 12, 23~28 (1968).
 - 22) Hackman, R. H. and V. M. Trikojus: *Biochem. J.* 51, 653~656 (1952).
 - 23) Wigglesworth, V. B.: *J. Exptl. Biol.* 21, 97~114 (1945).
 - 24) Beament, J. W. L.: *ibid.* 21, 115~131 (1945).
 - 25) Lees, A. D.: *ibid.* 23, 379~410 (1947).
 - 26) Wolf, L. S.: *Quart. J. Micro. Sci.* 95, 67~78 (1954).
 - 27) Glynne Jones, G. D.: *J. Exptl. Biol.* 32, 95~109 (1955).
 - 28) Holdgate, M. W. and M. Seal: *ibid.* 33, 92~106 (1956).
 - 29) Nair, G. K.: *Indian J. Ent.* 19, 37~49 (1957).
 - 30) 小泉清明: 応動昆 16, 1~6 (1951).
 - 31) Warth, A. H.: *The Chemistry and Technology of Waxes*, Reinhold Publish. Corp., New York. (1956).
 - 32) Chibnall, A. C., S. H. Piper, A. Pollard, E. F. Williams and P. N. Sahai: *Biochem. J.* 28, 2189~2208 (1934).
 - 33) Tamaki, Y.: *Lipids* 1, 297~300 (1966).
 - 34) 小山亮清: 日化 56, 365~372 (1935).
 - 35) Tamaki, Y.: *Lipids* 3, 186~187 (1968).
 - 36) 河野通夫: 農化 14, 626~633 (1938).
 - 37) Baker, G., J. H. Pepper, L. H. Johnson and E. Hastings: *J. Insect Physiol.* 5, 47~60 (1960).
 - 38) Gilby, A. R. and M. E. Cox: *J. Insect Physiol.* 9, 671~681 (1963).
 - 39) Louloudes, S. J., D. L. Chambers, D. B. Moyer and J. H. Starkey III: *Ann. Ent. Soc. Amer.* 55, 442~448 (1962).
 - 40) Shikata, M.: *J. Appl. Ent. Zool.* 4, 187~189 (1960).
 - 41) Bower, W. S. and K. J. Thompson: *J. Insect Physiol.* 11, 1003~1011 (1965).
 - 42) Bursell, E. and A. N. Clements: *J. Insect Physiol.* 13, 1671~1678 (1967).
 - 43) Auclair, J. L.: *Ann. Rev. Ent.* 8, 439~490 (1963).
 - 44) 玉木佳男: 生物科学 20, 17~25 (1968).
 - 45) Tamaki, Y. and S. Kawai: *Botyu-Kagaku* 31, 148~153 (1966).
 - 46) Tamaki, Y.: *Jap. Jour. Appl. Ent. Zool.* 8, 159~164 (1964).
 - 47) Tamaki, Y.: *ibid.* 8, 227~234 (1964).
 - 48) Salt, R. W.: *Ann. Rev. Ent.* 6, 55~74 (1961).
 - 49) Sakai, A.: *Nature* 185, 698~699 (1960).
 - 50) Bender, M. A., P. T. Tran and L. H. Smith: *J. Appl. Physiol.* 15, 520~524 (1960).
 - 51) Kamarth, N. R. and V. B. Mainkar: *J. Sci. Ind. Res. (India)* 14B, 555~562 (1955).
 - 52) Kamarth, N. R. and J. M. Naokarni: *ibid.* 15B, 20~24 (1956).
 - 53) Sen Gupta, S. C. and P. K. Bose: *ibid.* 11B, 458~461 (1952).

- 54) Bhatt, H. A., N. R. Kamarth and J. M. Naokarni: *ibid.* 14B, 270~275 (1955).
- 55) Carruthers, W., J. W. Cook, N. A. Glen and F. D. Gunston: *J. Chem. Soc.* 1961, 5251~5256 (1961).
- 56) Yates, P. and G. F. Field: *J. Amer. Chem. Soc.* 82, 5764~5765 (1960).
- 57) 玉木佳男・河合省三: 応動昆 1967 年大会発表 (1967).
- 58) Gilby, A. R. and A. E. Alexander: *Arch. Biochem. Biophys.* 67, 302~306 (1957).
- 59) Mittler, T. E.: *J. Exptl. Biol.* 35, 74~84 (1958).
- 60) Strong, F. E.: *Hilgardia* 34, 43~61 (1963).
- 61) Tamaki, Y. and S. Kawai: *Botyu-Kagaku* 32, 63~69 (1967).
- 62) 橋本 皓・向井克憲: 農化 40, 336~340 (1966).
- 63) 橋本 皓・向井克憲: 農化 41, 159~164 (1967).
- 64) 橋本 皓・向井克憲: 農化 41, 282~289 (1967).
- 65) 橋本 皓・向井克憲: 農化 41, 506~511 (1967).
- 66) Locke, M.: *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 10, 589~618 (1961).
- 67) Piek, T.: *J. Insect Physiol.* 10, 563~572 (1964).
- 68) 向井克憲・橋本 皓・辻本恵洋: 農化 39, 77~81 (1965).
- 69) 河野通夫・丸山隆之輔: 農化 14, 1364~1370 (1938).
- 70) 河野通夫・丸山隆之輔: 農化 15, 177~181 (1939).
- 71) 小山亮清: 日化 54, 1233~1237 (1933).
- 72) 小山亮清: 日化 55, 348~352 (1934).
- 73) 小山亮清: 日化 55, 802~808 (1934).
- 74) Hackman, R. H.: *Arch. Biochem. Biophys.* 33, 150~154 (1951).
- 75) 橋本 皓・山田和彦・向井克憲: 農化 41, 393~398 (1967).

抄 録

ゲンゴロウの1種からの防禦分泌物(4-Pregnen-15 α , 20 β -diol-3-on) 節足動物の防禦物質 (38報)
4-Pregnen-15 α , 20 β -diol-3-on im Wehrsekret eines Schwimmkäfers XXXVIII, Mitteilung über Arthropoden-Abwehrstoffe.

H. Schildknecht, H. Tacheci und U. Maschwitz.
Naturwissenschaften 56, 37 (1969).

Bagl Tölz (西ドイツ, バイエレン州南部) 近郊のイザール河の支流で採集されたゲンゴロウの1種 (*Platambus maculatus*) の前胸から分泌される防禦物質が: 4-pregnen-15 α , 20 β -diol-3-on [A] と同定された。この昆虫の頭部を刺激すると分泌される乳液 (100 匹分) を集めて, シリカゲルクロマトでシクロヘキサン-酢エチ (1:1) により繰返し展開して粗結晶 (1 mg) を得て, メタノールで再結して mp 232~234° 分子量 332 の結晶を得た。この物質は以下の物理的性質から enon 構造を有し, ORD では負の Cotton 効果 (331 m μ $\epsilon_{\max}$ = -1.30) を示し, CD が 4-3-ketosteroid

に特有の吸収を示すことを考慮すれば2ケの水酸基を有する pregnelon と推定される。UV: $\max$ (in EtOH) 243 m μ , $\log \epsilon_{\max}$ = 4, 277, IR (KBr) 1,655 cm $^{-1}$ ($\nu_{C=O}$), 1,605 cm $^{-1}$ ($\nu_{C=C}$), 3,020 cm $^{-1}$ (ν_{C-H} II). NMR の結果 (in CDCl $_3$ τ = 6.32 のメチン-H が τ = 8.84 のメチルーH とカップリングしている) から, このステロイドは C $_{17}$ に CH $_3$ -CHOH-の側鎖を有している。クロム酸酸化により得られる tri-keton は IR において 1,725 cm $^{-1}$ ($\nu_{C=O}$)—五員環ケトン, 1,700 cm $^{-1}$ ($\nu_{C=O}$), 1,655 cm $^{-1}$ ($\nu_{C=O}$) の吸収を有し, 1,725 cm $^{-1}$ の吸収に関しては, C $_{16}$ =O は容易にエノール化することから C $_{16}$ =O と帰属できる。従ってこの物質は 4-pregnen-15, 20-diol-3-on と推定され, 立体配置の決定は次の方法で行なった。15 α -hydroxyprogesteron に 20 β -hydroxysteroid-dehydrogenase を作用させて 4-pregnen-15 α , 20 β -diol-3-on を得て, この合成物質およびそのアセチル誘導体の諸性質は, この昆虫から単離された物質と全く一致した。 (上野民夫)

昭和44年5月25日 印刷 昭和44年5月31日 発行

防虫科学 第34巻-II 定価 ¥ 500.

個人会員 年1000円 団体会員 年2000円 外国会員 年U.S.\$6

主 幹 武居三吉 編集者 石井象二郎

京都市左京区北白川 京都大学農学部

発行所 財団法人 防虫科学研究所

京都市左京区吉田本町 京都大学内

(郵便口座・京都5899)

印刷所 昭 和 印 刷

京都市下京区猪熊通七条下ル