昆虫類の防御物質とその分泌

兼久勝夫*

生物は相互にかかわり合いを持つが、生きてゆくためには他を利用すると同時に自らを守らねばならない。攻撃は最大の防御とよく言われるが、受動的であっても相手の攻撃に反撃する余裕を保持しているのが多いのは、そのような性格の者のみが選択に残されたとも考えられる。防御のために分泌する物質についての知見は急激に増えつつあるが、昆虫についての例を考えてみよう。

昆虫の体外分泌物質は、他種間作用物質 (allelochemicals) として作用物質発信者が受信者に対して利益を得るアロモン (allomone) と受信者が利益を得るカイロモン (kairomone) に分けられる。防御物質 (defensive substance) はアロモンの代表的なものであり、同種内作用物質であるフェロモンの研究について進展している。分泌に関与する器官も物質もかなり多種多様であるが、昆虫類の種類別に見ると一定の規則性がうかがえる。

さて動物は外敵に対して、まず発見されないように保護色を、また近寄せないように警告色を備えている。攻撃されると、逃走、飛翔、擬死を、掴まると、手、足、口、角などで反撃するが、毒物質や忌避物質を分泌することも広く行なわれている。警告色を備える動物は毒物質を持つ場合が多い。こうした現象の観察記録は古くから数多くあるが、物質としてはアリ科 (Formicidae) の蟻酸など少数しか調べられていなかった。しかし、この 20 年ほどの間の研究の進展は目覚しく、広範に調べられつつある。

ここでは、昆虫類の防御物質として攻撃者に直接作用するものを中心に、その分泌器官、様式などについて述べるが、分泌器官として似ているサシガメ唾液腺の攻撃時の麻痺剤分泌や、アブラムシが攻撃された時に同種に危険を知らせ群全体にとって防御作用となっている警戒フェロモン分泌についても若干述べることにする。また、ハチ、アリ、シロアリなどの社会性昆虫は口器と尾部を中

心に数種の分泌腺を有し、道しるべフェロモンなど、必ずしも防御物質ではないが毒腺分泌物や警戒フェロモンなどと混合している場合もあり、これらについても若干触れよう。文献は総説類⁽¹⁻¹⁵⁾を主とした。

分泌器官と分泌様式

防御物質を分泌する昆虫は、特殊化した腺器官を有する種類と、腺器官をもたず血液中に他動物に対する有毒物を含む種類に大別される。両者とも攻撃者の接触刺激によって分泌する点は同一である。図 1 および表 1 に昆虫体における分泌器官の場所と分泌種の関係を示した。

体外分泌腺器官は体表に開孔し、それに連なって大型の貯蔵囊と生合成腺組織がある。多くの種では、口、肛門、気門など本来は消化、排泄、呼吸に使用される開孔部、あるいはキチン質が少なく薄い組織である環節間膜に開孔している。また、表皮の嵌入組織が特殊化し、物質も皮膚構成

図 1 成虫および不完全変態幼虫 (上) と完全変態幼虫 (下、蛹期あり) における分泌器官の場所
器官名は表 1 に示す。

* Katsuo KANEHISA, 岡山大学農業生物研究所害虫部

表 1 防御物質の分泌器官、場所と代表的な昆虫

図 1 の分泌場所	分泌器官	分泌種 (限定種の場合は属名)
A. 前額突起	前額腺	シロアリの兵アリ, <i>Nastitermes</i> , <i>Amitermes</i>
B. 口器	大腮腺 下唇腺 (唾腺) 嘔吐物	多くのハチ, アリ, シロアリ類 同上およびサシガメ類 (麻痺作用物質) バッタ類その他多くの成虫, 幼虫
C. 頸部 (前胸前縁)	前胸背腺	ゴミムシダマシ, ゲンゴロウ類, クサカゲロウ <i>Chrysopa</i> , ナナフシ <i>Anisomorpha</i>
D. 気門 (中胸) の泡 々 (腹部第2気門)	頸部腺 気門腺	ヒトリガ <i>Arctia</i> , <i>Utethesia</i> バッタ <i>Romalea</i>
E. 後胸腹面 同上後縁 々	後胸腹面腺 (臭腺) ブレンドリー腺 後胸腺	アフリカバッタ <i>Poekilocerus</i> , 南洋ゴキブリ <i>Diploptera</i> 各種カメムシ類, 水棲半翅目虫にも多い。 サシガメ類 <i>Rhodnius</i> , <i>Triatoma</i> カミキリ <i>Phoracantha</i> , <i>Aromia</i>
F. 腹部背面	腹部背面腺	カメムシ類幼虫 (第4と第5環節の間膜), ヒゲブトハネカクシ類と コブハサミムシ <i>Forticula</i> (第6と第7環節の間膜)
G. 腹部背面突起	角状管	アブラムシ類 (第5または第6環節の上)
H. 腹部腹面	腹部腹面腺	ゴキブリ <i>Periplaneta</i> , <i>Platyzosteria</i> , トビケラ <i>Pycnopsyche</i> (第6 と第7環節の間膜)
I. 尾部 (末端とその 前の環節間膜)	各種尾部分泌腺 (背部, 腹部双方あり) 毒腺, デュホー腺, 肛門腺 後腸 (?)	オサムシ, ゴミムシ, ゲンゴロウ, ミズスマシ, ゴミムシダマシ類 (腹 面), ハネカクシ, クダアザミウマ <i>Bagnalliella</i> 多くのハチ, アリ類 シデムシ
J. 環節間膜 (前肢の脛節 と跗節間膜が顕著)	血液 (反射出血)	ツチハンミョウ, ハムシ, テントウムシ類. ハムシの中には上翅の翅縁 から分泌する種もある。
全虫体	血液と組織 (つぶしたり, 食して毒作用)	アオバアリガタハネカクシ, カミキリモドキ <i>Xanthocroa</i> と上記種. マダラチョウ <i>Danaus</i> は食草由来
P. 頸部突出管	臭角	アゲハチョウ類
Q. 頸部の泡	頸部腺	シャチホコガ <i>Shizura</i> , <i>Heterocampa</i>
R. 胸, 腹部の毒針毛	(生毛細胞)	イラガ, ドクガ <i>Euproctis</i> (成虫も保持)
S. 胸, 腹部の針毛 からの分泌液	(生毛細胞)	ハムシ <i>Chrysomela</i> , <i>Paropsis</i> , その他かなり多数. ハムシ類では液の 出し入れ, また糞や脱皮殻を防御に使用する種類もある。
T. 環節間膜 (頸部と 尾部末端が顕著)	血液 (反射出血)	ハムシ, テントウムシ類

物質に由来すると考えられる分泌器官も多い。他動物に対して有毒な物質は、分泌する側の昆虫に高い耐性のあることが確かめられてはいるが、やはり自身に対しても有毒である。したがって、分泌器官は、毒物質が血液などの他組織へ混入しないように貯蔵嚢を中心に隔離状態となっている。生成腺器官と貯蔵嚢の場所や形は、科、亜科、属、亜属などによって特徴が見られるものが多い。ゴミムシ、ハネカクシの例を図2, 3に示す。成分物質も形の変化に応じて違っており、物質組成には種特異性が見られる場合もある。以下、分泌様式の違い別に述べてゆこう。

1. 突出器官

突出器官は、普通は体内にあって、外敵に刺激された時に体外に突出して防御物質を分泌する。アゲハチョウ幼虫の臭角 (赤色や濃黄色) がよく

図 2 分泌器官の状態

(1)~(3) ゴミムシ類。

(4) ゴミムシダマシ類。A: 生成器官, B: 貯蔵嚢, C: 反応室 (爆発音を出すホソクビゴミムシなどのみにある)。球状は有機酸, 糸状はメタクレゾール, 短棒状はベンゾキノ前駆物質を生成する。(4)のAもベンゾキノンを生成する。

(5) ハネカクシ類の尾部分泌器官の位置。A: ヨツメハネカクシ亜科, B: メダカハネカクシ亜科, C: ハネカクシ亜科, D: ヒゲブトハネカクシ亜科。それぞれ成分も異なる。

(6) 膜翅目 (ハチ, アリ) の口器と尾部の分泌器官。A: 後咽頭腺, B: 大腮腺, C: 下唇腺, P: 毒腺, Q: デュホー腺, R: 肛門腺, S: 後腸。他にナサノフ腺, パバシ腺などもある。

図3 ゴミムシ類の分泌器官

A: ゴミムシの噴射分泌, B~D: ゴミムシ類の生成器官, B: 有機酸生成, C: ベンゾキノン前駆物質生成, D: メタクレゾール生成, E: スナゴミムシダマシの貯蔵嚢(ベンゾキノン貯蔵, 褐色)と白色紐状の生成器官, 基部で接続, F: コガシラハネカクシの尾部背面貯蔵嚢。エーテル浸漬すると突出する。G: スズメがゴミムシを銜えている(この分渡部尚久撮影)。

知られており, チョウは刺激されると相手に分泌物をこすりつけようとする⁽⁵⁾。ハネカクシ尾部背腺(図2-(5)C, 図3-F)もしばしば突出し, 突出時の先端には感覚毛がある。ハムシ幼虫の針毛分泌液は出入りする。体内に収納することによって揮発消失を防いでいると考えられている。ハ

チやアリの刺針による毒腺分泌も突出器官による例である。

2. 噴射分泌器官

分泌物を噴射分泌する器官であり, ゴミムシ類の尾部分泌器官からの噴射は顕著である(図3-

A). オサムシなどの大型虫は1 m 以上も飛ばし、多量で、あたるとかなり痛い。ゴミムシ類は図2-(1)~(3), 図3-B~Dに示すように、分泌物の違いによって生成腺の形に違いがあり、球型は有機酸、糸状型はメタクレゾール、短棒状はベンゾキノン前駆物質を生成している。これには属または亜属で規則性がある。ホソクビゴミムシ亜科の成虫は褐色の反応室を有し、前駆物質からベンゾキノンを生成する。これを爆発音とともに霧状高熱液として噴射し、人の皮膚を褐色に染める。ハネカクシ科の分泌器官の位置は、図2-(5)に示すように亜科によって変化に富んでおり、物質も多様である。噴射分泌するものも多い。シロアリ *Nasutitermes* などの兵アリは、前額腺から敵に噴射分泌し、分泌物が空気に触れると固化するようになっている⁽⁶⁾。ゴキブリ *Periplaneta* も腹部腹面腺から10 cm 以上も飛ぶほどの噴射をする⁽¹⁵⁾。

3. 滲出分泌

刺激を受けてから滲出分泌するものをいう。このタイプの分泌を示すものは昆虫種としては比較的多い。たとえば、ゴミムシダマシ類は尾部腹面腺から滲出分泌し、これを肢によって敵や自身の体表に塗りつける。アブラムシ角状管⁽⁹⁾、クダアザミウマの尾端⁽¹⁶⁾、ハムシ幼虫の針毛⁽¹⁰⁾などでは分泌器官の先端に滴状となって滲出分泌される。

4. 泡状分泌

気門腺分泌物が呼吸のガスによって泡状となっているもので⁽⁵⁾、中胸気門から分泌するゴキブリ *Romalea* や腹部第2気門から分泌するバッタ *Poekilocerus*、ゴキブリ *Diploptera* で見られる。

5. 口器分泌

唾腺(下唇腺)は消化酵素を含み、サンガメやムシヒキアブではこれを攻撃に使用する。分泌物中には麻痺作用物質が含まれ、これで相手を麻痺させるとともに体外消化して摂食するのである。アリ類、ハチ類は大腮腺より警報フェロモンを分泌し、外敵が来襲すると口を開けてこれを分泌し、仲間を集めて反撃する。このほかに口からの

嘔吐物は多くの成幼虫で見られ、多少の防御作用がある⁽⁵⁾。

6. 毒針毛

毒針毛からの分泌はイラガやドクガに典型的な例が見られ、人間の被害も多い。生毛細胞が毒物質を生産していると考えられている。多くの毛虫の毛は、物理的な防御作用はあっても物質としては問題になっていない。

7. 反射出血

特別な分泌器官はなく、血液中に他動物に対する有毒物が含まれていて、攻撃された時に出血するものが知られている。ツチハンミョウ、ハムシ、テントウムシなどは、腹、頸部、腹部末端の諸関節間膜から容易に出血する。これは滴状として観察される。アオバアリガタハネカクシを人の皮膚の上ですりつぶすと、水泡ができる。オオカバマダラチョウ *Danaus* やカメムシ *Oncopeltus* などは摂食植物由来の強心配糖体を濃縮して保持し、これらのムシを捕食する鳥などに嘔吐させる。鳥はこのことを学習し⁽⁵⁾、これらを捕食しないようになる。食物由来ではモノー、セキスー、ジテルペン類をマツハバチ *Neodiprion* 幼虫が貯蔵することも知られている⁽¹²⁾。

昆虫類では擬態色が話題になるが、これも防御物質分泌と関係があり、有毒物を保持し警戒色を示す別種間のミュラー擬態、有毒物を有していないが保持しているモデル種に似ているベーツ擬態が知られている。

分泌物質と分泌種

分泌物質はほとんどの場合複合成分であるが、1~数種の主成分と数種の少量成分の場合が多い。主成分の性状別に代表的な虫の例を述べる。図4にいくつかの物質を示した。

1. 有機酸

炭素数は $C_1 \sim C_{10}$ にわたり、約40種類が検出されているが、 C_6 以下の物質が大部分である⁽¹²⁾。臭気は強く、細胞質毒とされている。分泌虫は比

図4 分泌物質

1: methacrylic acid, 2: tiglic acid, 3: *trans*-2-hexenal, 4: iridodial, 5: girinidial, 6: salicylaldehyde, 7: 6-methyl-5-hepten-2-one, 8: girinidione, 9: phoracanthol, 10: 2-hexyl acetate, 11: 2-ethyl-1,4-benzoquinone, 12: *m*-cresol, 13: β -farnesene, 14: germacrene A, 15: dodecalactone, 16: iridomyrmecin, 17: actinidine, 18: cantharidin, 19: cortexone, 20: pederin

較的限られているが、防御効果の主要因となっている。蟻酸はアリ *Formica* の尾部毒腺成分の60%以上、ゴモクムシなど一群のゴミムシ類の尾部腺成分の80%以上を占め、シャチホコガ幼虫の頸部腺成分でも主成分である。methacrylic (1), tiglic (2), crotonic, senecioic, angelic, 2-hexenoic の不飽和酸, 2-methyl propanoic, 2-methyl butanoic の不飽和酸はオサムシ, ナガゴミムシなど一群の種の分泌物の主成分で、図5に示すように属、種によって特徴的成分構成となっている⁽⁸⁾。アゲハチョウ幼虫の臭角の分泌物は 2-methyl propanoic, 2-methyl butanoic の飽和酸を後述のテルペン類とともに主成分としている。

2. アルデヒド

炭素数 $C_2 \sim C_{20}$ にわたって約 50 種類が検出さ

図5 ゴミムシ類の尾部分泌物の酸成分のガスクロマトグラム
(属、種で特徴がある)

(1) ゴモクムシ, (2) ヤコンオサムシ, (3) マイマイカブリ, (4) アシミゾナガゴミムシ, (5) オオトクリゴミムシ, (6) キアシマルガタゴミムシ
a: acetic, c: crotonic, e: α -ethyl acrylic, f: formic, he: *trans*-2-hexenoic, ib: 2-methyl propanoic, m: methacrylic, mb: 2-methyl butanoic, s: senecioic, t: tiglic の各酸。

れ、 $C_3 \sim C_{10}$ が大部分である⁽²⁾。臭気は強く、主成分の場合は防御効果の主要因となっているが、少量成分として検出されている虫も多い。2-hexenal (3), 2-octenal, 2-decenal はカメムシ類の後脚腹面腺分泌物の主成分で、類縁の飽和アルデヒド, hexyl acetate (10) などのエステル, 類縁のアルコ

ール, tridecane などとも少量共存し, 科, 亜科, 属, 種により特徴的構成を示す⁽¹⁴⁾. カメムシ類では警報フェロモン作用が大きい. iridodial (4), hexanal, citral は類縁アルデヒドとともにハネカクシ尾部腺やアリの大腮腺から, また 2-methylenebutanal はゴキブリ *Platyzozeria* の腹部腹面腺から検出されている. girinidial (5) は類縁 girinidione (8) とともにミズスマシ Girinidae の尾部腺分泌物の主成分で, ミズスマシ臭の主要因となっている. salicylaldehyde (6) はカタビロオサムシの尾部腺やハムシ *Melaloma* 幼虫の針毛突出官から, またハムシ *Chrysophthara* 幼虫からは benzaldehyde が検出されている. *p*-hydroxybenzaldehyde はゲンゴロウ尾部腺分泌物の 80%以上を占め, 水棲半翅目コバンムシは後胸腹面腺から methylbenzoate とともに分泌している.

3. ケ ト ン

炭素数 $C_4 \sim C_{22}$ にわたって約 50 種類検出されているが, ほとんどが少量成分で, 防御効果の主要因とはなっていない⁽²⁾. 2-heptanone, 6-methyl-5-hepten-2-one (7) はアリの大腮腺にかなり普遍的に存在し, 類縁のケトン, アルコール, テルペンアルコール, 同アルデヒドとともに混合分泌され, 警報フェロモン作用が大きい. 2-tridecanone, 2-pentadecanone はハチ, アリのデュホー腺, 一群のゴミムシ類尾部腺から検出されている.

4. アルコール

炭素数 $C_5 \sim C_{20}$ にわたって約 60 種類が検出されているが, 類縁アルデヒドやケトンの混合物として少量成分の場合が多い⁽²⁾. cineol と *iso*-piperitenol は stenusin ($C_{12}H_{23}N$) とともにメダカハネカクシ類の尾部腺にあり, 水面落下逃走に際し水面滑走に役立っている⁽¹³⁾. phoracanthol ($C_8H_{14}O_4$; 9) はカミキリ *Phoracantha semipunctata* の後胸腺に検出されている⁽²⁾.

5. エ ス テ ル

炭素数 $C_5 \sim C_{26}$ にわたって約 90 種類が検出さ

れ, $C_8 \sim C_{18}$ また acetate が大部分である. 少量成分の場合が多く, 防御作用においては, 主成分である酸やアルデヒドの伸展剤的共力効果が大きいと考えられている⁽²⁾. nonyl, decyl の formate と acetate はホソゴミムシ属の特徴的少量成分である.

6. アルカン, アルケン

炭素数 $C_7 \sim C_{28}$ にわたって約 90 種類が検出されている. アリ, ハチ, シロアリ類の口器, 尾部の分泌腺のものが多く, 酸, キノンを主成分とする虫からは少量成分として検出され, 防御作用においては伸展剤的役割をもつと考えられている⁽²⁾. テルペン類も特定の種から検出されている. α -pinene, myrcene, limonene などは兵シロアリの前額腺分泌物中にあり, 警報フェロモン作用がある⁽⁶⁾. この他に数種のテルペン類がアゲハチョウ臭角, アリ, ハチ類から検出されている. β -farnesene (13), germacrene A (14) はアブラムシ角状管から警報フェロモンとして分泌される⁽⁹⁾.

7. キ ノ ン

ベンゾキノンとハイドロキノンは 15 種類, ナフトキノンは 4 種類検出されている⁽²⁾. 特徴のある臭気を有し, 防御作用の主要因となっており, 特定の虫のみから検出されている. 1, 4-benzoquinone, 2-methyl-benzoquinone, 2-ethyl-benzoquinone (11) は, 爆発音分泌のホソクビゴミムシ類と無音分泌のヒゲブトハネカクシ腹部背面腺に, またゴキブリ *Diplotera* の気門泡からは前二者が, 滲出分泌のゴミムシダマシ類からは後二者が主成分として検出されている. 6-methyl-1, 4-naphthoquinone などのナフトキノンは, ゴミムシダマシ類の *Argoporis* 属のみから検出されている.

8. フェノール, クレゾール

9 種類が検出され, 特徴のある臭気を有し, 防御作用の主要因となっており, 特定の虫のみから検出されている⁽²⁾. *m*-cresol (12) はアオゴミムシ尾部腺分泌物の主成分で, アオゴミ臭の主要因で

ある⁽⁸⁾。 *p*-cresol は *p*-ethylphenol とともにワモンゴキブリの腹部腹面腺にあり、ゴキブリ臭の主要因となっている⁽¹⁵⁾。

9. ラクトン

炭素数 C₆～C₂₀ にわたって約 30 種類が検出されている。特徴のある臭気を有し、防御作用の主要因となっているものが多いが、少数虫のみから検出されている⁽²⁾。 γ -および δ -decalactone はアリ *Trigona* の大腮腺⁽²⁾、クダアザミウマ *Bagnallilla* の尾部分泌物⁽¹⁶⁾の主成分である。 γ -dodecalactone (15)はハネカクシ *Bledius* やゲンゴロウ類の尾部腺の主成分である。 iridomyrmecin (16) はアリ *Iridomyrmex* の肛門腺から検出され、殺虫作用が大きいと報ぜられている⁽²⁾。

10. ステロイド

19 種類がゲンゴロウ類の前胸腺からのみ検出されており、これによって捕食者を中毒させる⁽²⁾。 cortexone (19), 17 β -estradiol など、属や種の特徴が示されている⁽¹³⁾。

11. 腺器官から分泌されるその他の成分

HCN は benzaldehyde とともにハムシ *Chrysophthara* 幼虫⁽¹¹⁾から、 di-, trimethyl sulfide はアリ *Pactothyreus* の大腮腺から、 indole はエグリトビケラ *Pycnopsycha* の腹部腹面腺から、 skatole はヨツボシクサカゲロウ *Chrysopa* の前胸前縁腺から⁽¹²⁾、 actinidine (17)はハネカクシの尾部腺から、 pyrazine, piperidine, pyrroline などは限定されたアリ類の大腮腺から検出されている⁽²⁾。 また、ハチの毒腺中からは acetylcholine, adrenaline, histamine などの哺乳動物に対する薬理活性物質が検出されている。ハチの毒腺、サシガメなどの唾腺分泌物の主要成分はペプチドである。

12. 血中成分

Cantharidin (C₁₀H₁₂O₄; 18) はツチハンミョウ類やカミキリモドキ *Xanthochroa* から、 pederin (C₂₅H₂₅NO₉; 20) と pederone (C₂₄H₄₃NO₉) は

アオバアリガタハネカクシから、 precoccinelline (C₁₃H₂₃N) や adaline (C₁₃H₂₃NO ケトンアルコール) はハムシ類の血液中から検出同定されている⁽²⁾。 高分子化合物についての知見は少ない。

防 御 効 果

ミイデラゴミムシ (通称ヘッピリムシ) の噴射によってヒキガエルが口に入れていた虫を吐き出した、攻撃したアリが麻痺した、鳥が吐き出したといった観察は多い。自然界にあっては捕食者と被捕食者の関係は複雑である。1 種の昆虫は数種以上の攻撃者に出合うわけで、小型攻撃者に対しては効果があっても大型攻撃者には無効であることも多い。また、捕食者もその時の食物要求程度によって反応も様でない。自然界における防御効果の定量的測定は難しく、各物質の毒性、忌避試験、行動観察などで調べられているのが現状である。

純物質の毒性については、メルクインデックスなどに哺乳動物に対する 50% 致死濃度が記載されているものがある。 pederin, cantharidin⁽³⁾, iridomyrmecin⁽²⁾は 殺虫剤への試験も行なわれたが、殺虫効果が弱かったり、哺乳動物への毒性が高過ぎる結果となっている。

行動観察の面では、たとえば渡部⁽¹⁷⁾は育雛期のスズメ巣箱にカメラをとりつけて餌の種類を調べている。約 4,600 枚の写真の中で約 20 枚にゴミムシ類を識別できた (図 3-G) が、銜え方は噴射

表 2 スズメの摂食忌避試験

物 質	食べつくす時間
対照 (Ethanol)	2
tridecane	3
methacrylic acid	7
2-hexenoic acid	8 (2/3), 24
geraniol	7
citral	8 (1/2), 24
benzaldehyde	8 (9/10), 24 (1/2)
benzoquinone	24 (全), 48 (2/3)
γ -decalactone	24 (全), 48 (9/10)

2 m 間隔の 9 cm シャーレに玄米 2 g を入れ、1 ml の 5 倍エタノール液をふりかける。() 内は残量、(全)は全部残。7 月中の試験 (放置場所は日中 50℃ 近くなる)。10, 11 月になると methacrylic acid 以下は 1 週間、citral 以下は 2 週間まったくつかれない。

を浴びない横向きのみであった。防御効果の限度とスズメの学習が推定される。もう一例、玄米にいろいろな分泌物質をまぶして、スズメの摂食忌避効果を調べた結果を表2に示す。ラクトン、キノン、アルデヒドは相対的に忌避効果は強い。酸やテルペン類も秋期になると高い忌避効果を示している。

以上に述べた以外に、防御効果として微生物に対する作用も重要である。昆虫との関係では試験されていないが、殺菌作用が証明されているものはこれまで述べてきたものの中に多い。

*

昆虫の種類から見た時、昆虫の分泌器官と物質には規則性がうかがえる。しかし、それも全体の一部分しか解明されておらず、特に高分子となるとごく一部しか同定されていない。今後の研究の発展が待たれるところである。

文 献

1) M. S. Blum : "Biochemistry of Insects", ed. by M. Rockstein, Academic Press, New York, 1978, p. 465.

2) M. S. Blum : "Chemical Defenses of Arthropods", Academic Press, New York, 1981, p. 1.
 3) G. W. K. Cavill & D. V. Clark : "Naturally Occurring Insecticides", ed. by M. Jacobson and D. G. Crosby, Marcel Dekker Inc., New York, 1971, p. 323.
 4) S. S. Duffey : "Proc. 15 th Internat. Cong. Entomol.", Washington D. C., 1977, p. 323.
 5) T. Eisner : "Chemical Ecology", ed. by Sondheimer and J. B. Simone, Academic Press, New York, 1970, p. 157.
 6) T. Eisner : "Insect Biology in the Future", ed. by M. Locke and D. S. Smith, Academic Press, New York, 1980, p. 847.
 7) 石井象二郎 : "昆虫生理学", 培風館, 1982, p. 221.
 8) 兼久勝夫 : "昆虫の生理と化学", 日高, 高橋, 磯江, 中西編, 喜多美書房, 1979, p. 301
 9) 西野親生 : 同上, p. 279.
 10) R. W. Matthews & J. R. Mathies : "Insect Behavior", John Wiley & Sons, New York, 1978, p. 309.
 11) J. M. Pasteels : "Proc. 15th Internat. Cong. Entomol", Washington D. C., 1977, p. 281.
 12) T. Sakan, S. Isoe & S. B. Hyon : "Control of Insect Behavior by Natural Products", ed. by D. L. Wood, R. M. Silverstein and M. Nakajima, Academic Press, New York, 1970, p. 237.
 13) H. Schildknecht : *Ang. Chem. Int. Ed. Engl.*, 9, 1 (1970).
 14) B. W. Staddon : *Adv. Insect Physiol.* 24, 351 (1979).
 15) 高橋正三 : "昆虫行動の化学", 石井, 平野, 玉木, 高橋編, 培風館, 1978, p. 181.
 16) D. F. Howard, M. S. Blum & H. M. Fales : *Science*, 220, 336 (1983).
 17) 渡部尚久, 安江安宣 : 農学研究, 56, 49 (1977).

プロテアーゼ

一 島 英 治 編 著

A 5 / 330頁 / 5400円

プロテアーゼ研究の歴史は生化学研究の歴史のまさに縮図といえる。古くから微生物を介して発酵など伝統的な食品加工の分野で利用されてきたプロテアーゼは、消化現象の研究に端を発して、その触媒機能が構造との関連のもとに追究されてきた一方で、最近では細胞内プロテアーゼによる生体制御という観点から医・薬学上多くの関心を集めている。本書では、こうした背景をもつプロテアーゼを基礎から応用にわたって多面的にとらえ、その今日的課題を明らかにする。

〈主要目次〉

序. プロテアーゼ研究小史……………一島英治	4. プロテアーゼとホルモン……………村上和雄
1. 触媒素子, 制御素子としての酵素……………徳重正信	5. 医薬としてのプロテアーゼ……………友田勝巳
2. プロテアーゼ反応と代謝調節……………岩永貞昭, 宮田敏行	6. プロテアーゼによる合成反応……………森原和之
3. 細胞内プロテアーゼの生理作用と病理作用……………今堀和友, 鈴木紘一	7. 凝乳プロテアーゼの酵素化学と遺伝子操作……………別府輝彦
	8. プロテアーゼと食品加工……………一島英治

学会出版センター

113 東京都文京区本郷6-2-10 電 03(814)2001