

メタクレゾールを分泌するゴミムシ類

兼 久 勝 夫

昆虫の中には外敵に攻撃された時に、生成貯蔵していた防御物質を分泌して、その毒作用ないし忌避作用によって逃走し生存しているものがある。ゴミムシ類も強弱様々であるが、防御物質を分泌する種類である。鞘翅目オサムシ科 Carabidae には非常に多数の種類があり、オサムシ亜科 Carabinae、ヒョウタンゴミムシ亜科 Scartinae、ゴミムシ亜科 Harpalinae があり、世界で約 25,000 種、日本でも 800 種以上が発表されている（分類は中根 1972 によった）。特にゴミムシ亜科は数十属以上を含んでいる。これらの成虫にはギ酸やメタアクリル酸のような有機酸を分泌する種やサリシルアルデヒド、ベンゾキノンやクレゾール類のようなフェノール性物質を分泌する種がある（Moore and Wallbank 1968, Schidknecht et al. 1968, Eisner 1970）。分泌物の性状、貯蔵囊の状態、分泌機構等で科あるいは属で共通性がありそうである。食肉類 Adephaga のゴミムシ類と異なるが、多食類 Polyphaga ヒラタムシ上科 Cucujoidea ゴミムシダマシ科 Tenebrionidae の成虫は数的、量的に種間差はあっても、ベンゾキノン類を防御物質として生成し尾端から分泌する共通の性質を有している（兼久 1972）。

野外採集によって得たゴミムシ類の成虫の防御分泌物を調査しているが、アオゴミムシ属 *Chlaenius* に代表される一群のゴミムシ類はメタクレゾールを生成し、貯蔵し、接触刺激等によって分泌することが見られた。これについて報告する。

本実験を行なうに当り供試虫の採集に 積木久明、白神 孝、村瀬全功、河田和雄の諸氏に多大のご協力をいただいた。深謝申し上げる。

材 料 と 方 法

1. 供 試 虫

供試したゴミムシ類はすべて野外採集によって得て、その成虫を供試した。海浜から山地まで棲息しており、約 70 種を供試した。第 1 表にメタクレゾールを貯蔵分泌していた種名と採集場所を示す（種名は原色昆虫図鑑 1963 によった）。ゴミムシ類は昼間は石下や草木の陰にいるものが多く、むしろ歩行中のものは少なかった。夏期の夜間は灯火に集まる種が多く、一度に多数の個体を得るには便利であった。この方法で、ノグチアオゴミムシやアトワアオゴミムシ等が得られた。冬期には石の積み重ねた所に群棲し越冬している種があり、この場合も一度に多数個体を得られた。アオゴミムシではしばしばこの事例があった。群棲している場合は附近に特有の臭気を感じられた。採集後処理するまでは河原棲息の小ミズや畑棲息のミズを与えて飼育した。採集後 1 週間以内に解剖、抽出の操作を行なった。

2. 貯蔵分泌器官の観察

実体顕微鏡によって虫体特に尾部分泌孔の外部観察を行ない、ついで解剖し分泌物貯蔵嚢や分泌管等を観察した。分泌孔は分泌物を抽出する際にエーテル中に投入浸漬したが、投入後数分間すると腹部末端部がやや突出し、分泌孔が露出し、容易に検鏡できた。

3. 分泌物と貯蔵物の抽出と同定

分泌物は生きている成虫をエーテル中に投入し、数分間浸漬し捕集した。投入直後かなり勢いのある分泌が2, 3回見られる。多数個体の場合、すなわち濃度が濃くなると、緑茶色を呈してきた。エーテルを室温で風乾濃縮し、物質の同定を薄層クロマトグラフィー、ガスクロマトグラフィー、紫外部の吸光度測定で行なった。薄層クロマトグラフィーはシリカゲルGに展開液としてnヘキサン：酢酸エチル(80:20)とベンゼン：酢酸エチル(85:15)を多用した。展開後アニスアルデヒド硫酸を噴霧し、100°Cで約10分間加熱して発色させた。メタクレゾールは類似物と色調でも特色があり、区別できた。ガスクロマトグラフィーは日立KGL-2A形を用いて長さ2mのカラムにカーボワックス4000を充填剤としてHeガスを0.5 kg/cm²の圧力で流し、カラム槽125°C、試料室185°C、またはそれぞれ140°C、220°Cでピーク時までの保持時間を測定した。紫外部の吸光度特性は試料をエタノール溶液として、日立139形の分光光度計にて測定した。オルソ、メタ、パラの各クレゾールを比較のために用いた。

貯蔵物は虫体全体、腹部のみあるいは解剖切開後の貯蔵嚢を少量の蒸留水で磨砕し、エーテルにて分配抽出した。エーテル層は分泌物と同様の操作を行ない同定した。水の層はエタノールを加えて氷冷し除蛋白し、濃縮液について薄層クロマトグラフィーによって、分泌物の前駆物質を調査した。

結 果

1. メタクレゾールを貯蔵分泌する種

供試したゴミムシ類は約70種であるが、メタクレゾールを貯蔵分泌していたのは第1表に示すように、*Chlaenius*, *Callistoides*, *Panagaeus*の3属のみであった。これら3属の供試虫はすべてメタクレゾールを貯蔵分泌しており、例外はなかった。近縁の数属について供試したかったが採集できなかった。

メタクレゾールを分泌せず、他の有機酸、サリシルアルデヒドやベンゾキノンを分泌していた供試虫の代表的な種名を列挙しておく。クロカタビロオサムシ *Calosoma maximowiczii* MORAWITZ, ヒメクロオサムシ *Carabus opaculus* PUTZEYS, ヤコンオサムシ *Apotomopterus yacoinus* BATES, マイマイカブリ *Damaster blaptoides* KOLLAR, カワチマルクピゴミムシ *Nebria lewisi* BATES, ヒヨウタンゴミムシ *Scarites aterrimus* MORAWITZ, ヨツボシミズギワゴミムシ *Bembidion morawitzii* CSIKI, ツマキミズギワゴミムシ *Bembidion semilunium* NETOLITZKY, カワチゴミムシ *Diplous caligatus* BATES, オオゴミムシ *Lesticus magnus* MOTSCHULSKY, コガシラナガゴミムシ *Pterostichus microcephalus* MOTSCHULSKY (*Pterostichus* spp. は多数供試), キアシツヤヒラタゴミムシ *Synchus callitheres* BATES, セアカヒラタゴミムシ *Calathus halensis* SCHALLER,

第 1 表 メタクレゾールを貯蔵分泌するゴミムシ類

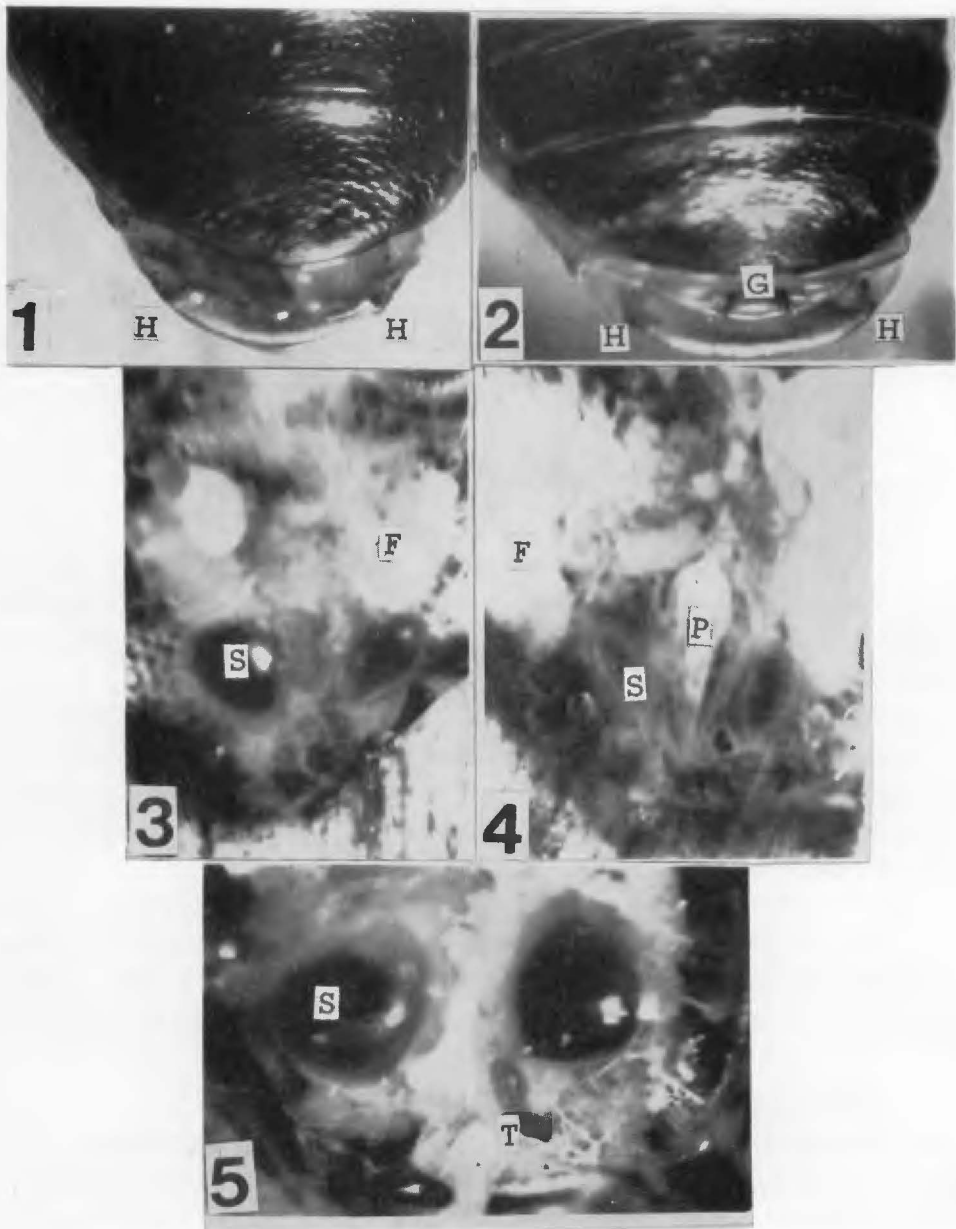
	和 名	採集場所
<i>Chlaenius praefectus</i> BATES	アオヘリアオゴミムシ	野原, 堤防
<i>C. spoliatus</i> ROSSI	ツヤキベリアオゴミムシ	水辺
<i>C. pallipes</i> GEBLER	ア オ ゴ ミ ム シ	畑, 山野
<i>C. abstersus</i> BATES	エビアカガネゴミムシ	山野, 河原
<i>C. virgulifer</i> CHAUDOIR	アトワアオゴミムシ	河原
<i>C. naeviger</i> MORAWITZ	アトボシアオゴミムシ	山地 (石下) 畑
<i>C. posticalis</i> MOTSCHULSKY	キボシアオゴミムシ	平地 (草原, 石下)
<i>C. inops</i> CHAUDOIR	ヒメキベリアオゴミムシ	河原
<i>C. variicornis</i> BATES	コガシラアオゴミムシ	河原
<i>C. noguchii</i> BATES	ノグチアオゴミムシ	河原 (石下)
<i>Callistoides deliciosus</i> BATES	ヒトツメアオゴミムシ	山地
<i>Panagaesus japonicus</i> CHAUDOIR	ヨツボシゴミムシ	山地

セスジヒラタゴミムシ *Agonum daimio* BATES, マルガタゴミムシ *Amara chalcites* DEJEAN, ゴミムシ *Anisodactylus signatus* PANZER, クビアカツヤゴモクムシ *Trichotichus longitarsis* MORAWITZ, オオゴモクムシ *Ophonus capito* MORAWITZ, (*Ophonus* spp. は数種供試), アカアシマルガタゴモクムシ *Harpalus tinctulus* BATES, ヤホシゴミムシ *Lebidia octoguttata* MORAWITZ, フタホシスジバネゴミムシ *Planetes puncticeps* ANDREWES, オオクビボソゴミムシ *Galeritella japonica* BATES, ミイデラゴミムシ *Pheropsophus jessoensis* MORAWITZ, コホソクビゴミムシ *Brachinus stenoderus* BATES, これらもサリシルアルデヒド, ベンゾキノン, メタアクリル酸等属あるいは近縁属で同一分泌物の特性がうかがえた。

メタアクリル酸やベンゾキノンを多量に貯蔵分泌する種はその特有の臭気でわかるが, メタクレゾールを分泌する種も容易にわかる一群であった。数個体以上を収納した容器や冬期群棲中の場所でも臭気を感じる。メタクレゾールを貯蔵分泌する種は体色と斑紋に特徴のあるものが多く, 同定困難種の多いゴミムシ類にあっては識別容易な一群であった。

2. 貯蔵嚢と分泌の状態

成虫を解剖切開すると腹部末端部に左右一対のやや細長い球形の黄褐色貯蔵嚢がある。第1表に示した種の成虫は体長が10~15 mm であるが, 貯蔵嚢は直径約2 mm である。色調は内容物によっており, 球形に近い時は貯蔵内容物が充満している(第1図3~5)。この貯蔵嚢の周囲に接して乳白色の腺細胞組織がある。これは場所により厚薄が見られるが, 厚い所は, 100 μ 位はある。この組織が生成場所となっているようである。貯蔵嚢の腹面尾端から直径100~200 μ の管状組織があり, 貯蔵物の分泌通路となっている(第1図—5)。この通路が体外に出た所が分泌孔となっている(第1図—1, 2)。解剖検鏡する際に管状組織は分泌物が充満しているのが普通である。分泌孔は弁状組織となっており, 筋肉により開閉している。静止時は閉じた状態にあり, 外敵等の接触刺激を受けた時に開孔し分泌している。分泌孔は静止時には尾端環節により隠れた状態にあるが, 圧迫したり



第1図 アオゴミムシの分泌孔と貯蔵囊

- 1：雄成虫の尾端，分泌孔周辺は褐色。
- 2：雌成虫の尾端，同上
- 3：ほぼ充滿している貯蔵囊，黄褐色で周囲に乳白色の薄い腺細胞層がある。
- 4：分泌物の少ない貯蔵囊，やや収縮し，周囲の腺細胞層が顕著となる。
- 5：貯蔵囊と分泌物通路となる管状組織。H：分泌孔，G：生殖附属器官，S：貯蔵囊，F：脂肪体（白色），P：生殖器官，T：分泌物通路となる管状組織，分泌物があり黄褐色である。

エーテル中に浸漬することによって露出される。くり返して刺激を与えて度々分泌させると、貯蔵囊の内容物は減少し、囊は球形から楕円形となり、周囲の腺細胞組織が目立ってくる（第1図—4）。生成の方は少量ずつしか行なわれていないようである。

3. 貯蔵物と分泌物の同定

エーテル可溶成分として捕集し、濃縮した液を薄層クロマトグラフィー、ガスクロマトグラフィーおよび紫外部の吸光度特性を調査し、オルソ、メタおよびパラの各クレゾール類と比較した結果を第2表に示す。いずれもメタクレゾールが主成分であることを証している。

第2表 虫体抽出物とクレゾール類の性状

	Rf ¹⁾	色 ²⁾	吸光度 ³⁾ nm	保持時間 ⁴⁾ min	保持時間 ⁵⁾ min
虫体抽出物	0.50	赤	275	175	120
オルソクレゾール	 0.57	橙	274.5	120	98
メタクレゾール	 0.50	赤	275	175	120
パラクレゾール	 0.52	赤橙	280	170	110

1) シリカゲルG 薄層クロマトグラフィー, n ヘキサン:酢酸エチル=80:20

2) クロマトグラフィー後 アニスアルデヒド硫酸による発色の色

3) エタノール溶液としての紫外部の最大吸光波長

4) ガスクロマトグラフィー, カラム2m, カーボワックス 4,000, He 0.5 kg/cm² 流圧, 125°C (カラム槽), 185° (試料室)

5) 同上, 140°C (カラム槽) 220° (試料室)

主成分であるメタクレゾールの他にエーテル捕集液中に、薄層クロマトグラフィーで Rf 0.98 と 0.92 (こちらの方が多量) に、ガスクロマトグラフィーでカラム温度 140°C で 6 分と 35 分 (こちらの方が多量) の成分が副成分としてある。炭化水素類と推定している。ガスクロマトグラフィーのピーク面積から見るとメタクレゾールが 95 % 以上となっている。第1表に示したメタクレゾール分泌種において、*Callistoides* 属と *Panagaeus* 属の虫は *Chlaenius* 属の虫より貯蔵囊がやや小さく、分泌量も若干少ないようであった。

考 察

オサムシ亜科の昆虫は属あるいは近縁属で共通したしかも強烈な分泌物臭気を発散するものがある。殆んど臭気を感じることでできないヒョウタンゴミムシ、ヒラタゴミムシ、ナガゴミムシやゴモクムシ等もかなりいるが、メタアクリル酸、サリシルアルデヒドやベンゾキノンを分泌する種と共に、メタクレゾールを分泌する種は顕著な一群として識別できる。Eisner et al. (1963) は *Chlaenius cordicollis* で、Schildknecht et al.

(1968) は *Chlaenius chrysocephalus* *C. festivus*, *C. tristis*, *Panagaeus bipistulatus* で, Moore et al. (1968) は *Chlaenius australis* と *Craspedophorus* sp. でメタクレゾールの貯蔵分泌を報じている。本実験で *Chlaenius* 属 10 種と *Callistoides delicolus* と *Panagaeus japonicus* でも証することができた。しかもこの 3 属は供試虫のすべてが分泌し, 例外はなかった。メタクレゾールを生成し, 貯蔵し, 分泌する近縁属として, 特色ある一群と考えられる。昆虫分類学は外部形態からなされているが, その系統的配列とメタクレゾール分泌種の配列はかなり一致していた。供試できなかった近縁属について調査することが必要であろう。

ゴミムシ類の防御分泌物としては有機酸を分泌するものが多いが, フェノール性物質としてサリシルアルデヒドはカタビロオサムシ類 *Calosoma* spp. で (Eisner et al. 1963, McCollough 1966), ベンゾキノン類はホソクビゴミムシ類 *Brachinus* spp. (Schildknecht 1968) で認められている。これらとメタクレゾール分泌属はゴミムシ類の中で, かなり離れた種類である。各々が独自に生成分泌するように進化したと考えられる。兼久 (1972) はゴミムシダマシ科 *Tenebrionidae* の 22 種とクチキムシ科 *Alleculidae* の 1 種 (1 種のみ供試) は数量的差はあってもベンゾキノンを共通的に生成貯蔵分泌することを報じた。鞘翅目虫には科あるいは属で共通の防御分泌物を有する種類がかなりあると推察される。

メタクレゾールは古くからコールタール成分の一つとして知られ, 消毒剤や防腐剤として使用されている。ラットに 径口投与で LD_{50} は 2.02 g/kg (メルクインデックス 1968) とされている。ショウジョウバエ成虫あるいはハスモンヨトウ若令幼虫は収納した容器にメタクレゾール液を入れると致死する。昆虫に対しても毒性を有している。室温で液体であるが気化し易く, 気門と気管系を通じて体内に入り毒作用を示したと考えられる。この性質は小動物攻撃者に対して臭気での忌避作用, 食した時は口中でのいやな味となり, また毒作用となっているであろう。Eisner (1963) は *Chlaenius cordicollis* を用いて攻撃捕食者を観察している。アリの一種, トカゲの一種とアオカケスは虫の防御分泌物の忌避作用あるいは毒作用によって, 攻撃を中止するか, 1 匹目の虫を殺しても 2 匹目へは近づかぬことを報じ, 昆虫の捕食者として知られるバッタネズミのみは学習によって頭の方をくわえて, 分泌物を地面に分泌させて食することを報じている。

メタクレゾールはそれを生成貯蔵分泌する種に対しても有毒である。しかし体内にあっては特殊な貯蔵嚢, 分泌管, 分泌孔を有して他の諸組織から隔離された状態にあり, 自身の中毒するのを防止している。また高い耐性を有していると考えられる。ゴミムシダマシ類は自身の分泌するベンゾキノンに対して, ショウジョウバエ成虫, ハスモンヨトウ幼虫やニカメイガ幼虫等よりも LD_{50} は非常に高濃度で, 高い耐性を有していた (兼久 1969)。

体内での生成は貯蔵嚢の周囲にある厚さ約 100 μ の乳白色の腺細胞組織が行なっていると考えられる。循環している血淋巴液から必要成分を得てメタクレゾールを生成し, 貯蔵嚢へ送り出しているようである。生成温程の反応は未知の点が多いが, ゴミムシダマシのベンゾキノン生成過程に類似していると, 腺細胞組織と貯蔵嚢の配列から推察される。ゴミムシダマシのベンゾキノン生成はチロシン等からベンゾキノンに直接変化するのではなく, ハイドロキノングルコシドが作られ, グルコシダーゼによって加水分解されて, つい

で酸化されてベンゾキノンとなっている。しかも 2 エチル, 2 メチルあるいはパラベンゾキノンはそれぞれのグルコシドが虫体磨砕水溶液中に検出されて, 2 エチル, 2 メチルあるいはパラベンゾキノンはグルコシド形成時に決定されている (兼久 1972)。アオゴミムシ虫体磨砕の水溶液中にグリコシド様の物質を認めているが, メタクレゾールの前駆物質であるかどうか決定するに至っていない。生成過程についてはアミノ酸等の段階から追跡解明されねばならぬが, 未解決の点が多い。

摘 要

ゴミムシ類成虫の防御分泌物について, 形態と分泌物質の調査をし, メタクレゾールを生成貯蔵分泌する一群を明らかにした。約 70 種を供試したが *Chlaenius* 属, *Callistoides* 属と *Panagaeus* 属のみがメタクレゾールを分泌し, これらの属のゴミムシは例外なくメタクレゾールを分泌していた。供試できなかった近縁の数属と共に分泌物質で特徴づけられる一群と考えられた。

メタクレゾールを分泌する種は腹部末端部の体腔に直径約 2 mm の黄褐色の球形の貯蔵嚢を有し, この周囲に厚さ約 100 μ の乳白色の腺細胞組織が附着していた。腺細胞組織が生成場所であり, 貯蔵嚢は普通充満状態で, くり返しての接触刺激で減少し楕円形となった。貯蔵嚢の尾端腹面から分泌管が出て, 体外の腹部尾端に開孔し, 分泌孔となっていた。分泌孔は筋肉により開閉し, 静止時は閉じており, 接触刺激で開孔し分泌していた。

分泌物質は貯蔵嚢中の物質と同じで, メタクレゾールが 95 % 以上の主成分で, 微量の炭化水素を含んでいた。メタクレゾールの忌避作用と毒作用から防御物質として作用していることがうかがえた。

文 献

- Eisner, T., Withenbank, C. S. and Mainwald, J. 1963. Defense mechanisms of arthropods. VIII. Secretion of salicylaldehyde by a carabid beetle. Ann. Ent. Soc. Amer. 56 : 37—41.
- Eisner, T., Hurst, J. J. and Mainwald, J. 1963. Defense mechanisms of arthropods. XI. The structure, function, and phenolic secretions of the glands of a Chordeumoid millipede and a carabid beetle. Psyche, Camb. 70 : 94—116.
- Eisner, T. 1970. Chemical Ecology. pp. 157—217. Acad. Pr. New York.
- 兼久勝夫. 1969. コクヌストモドキ *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae) のキノン分泌とそれが他種昆虫におよぼす毒性. 農学研究 52 : 5—14.
- 兼久勝夫・積木久明・白神 孝. 1972. ゴミムシダマシ類のベンゾキノン含有と分泌. 農学研究 54 : 91—99.
- McCullough, Bro. T. 1966. Quantitative determination of salicylaldehyde in the scent fluid of *Calosoma macrum*, *C. alternans sayi*, *C. affine*, and *C. parvicollis* (Coleoptera : Carabidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 59 : 1018.
- Moore, B. P. and Wallbank, B. E. 1968. Chemical composition of the defensive secretion in carabid beetles and importance as a taxonomic character. Proc. Roy. Ent. Soc. Lond. (B). 37 : 62—72.

中根猛彦・大林一夫・野村 鎮・黒沢良彦. 1963. 原色昆虫図鑑, 2巻 甲虫篇. 北隆館, 東京.
中根猛彦. 1972. 動物系統昆虫学, 7 (下C) 節足動物 (ⅢC) 昆虫類下, pp. 212—258. 中山書店, 東京.

Schildknecht, H., Maschwitz, U. and Winkler, H. 1968. Zur Evolution der Carabiden-Wehrdrüsensekrete über Arthropoden-Abwehrstoffe. XXXII. Naturwiss. 55: 112—117.

The Merck Index 1968. p. 293. Merck and Co., Inc. Pharmacy N.J.