

オサムシ類成虫の尾部防御分泌系の比較

兼久勝夫・山下俊和*・白神 孝

オサムシ類を含めたゴミムシ類の成虫は腹部尾端に一对の防御分泌器官を有し、外敵の攻撃にあった時に分泌物を噴射し、その毒性ないし忌避性によって逃れることができる。さきにゴミムシ類全般について物質的比較 (Kanehisa and Murase 1977) と形態的比較 (Kanehisa and Shiraga 1978) を行ない、系統分類学と関連があること、物質的には属または亜属レベルで、少数ではあるが種レベルで特徴があること、器官形態的には毒性物生成器官はそれらしく他の組織から隔離された状態で、生成器官と貯蔵囊の形、ならびに両者間の連結管の入る位置は生成物質に応じて特徴があることを報告した。オサムシ類は球状の生成器官を有し、主として不飽和有機酸を分泌する一群に属していた。その後微量成分も含めた酸成分の組成に検討を加えて、これら有機酸がヒトにおける分岐アミノ酸の代謝経路中に見い出される物質であることを認め、昆虫におけるこれら有機酸の生成経路を示唆することができた。また2, 3の追加種と、採集困難種の記録も含めて報告する。

ここに述べるオサムシ類とはゴミムシ類をオサムシ科 Carabidae, ヒョウタンゴミムシ科 Scaritidae, ゴミムシ科 Harpalidae とホソクビゴミムシ科 Brachinidae に分類した際のオサムシ科の虫である。欧米 (例えば Moore and Wallbank 1968) では上記の他にハンメョウ類も含めて Carabidae とし我が国で多用されている上記分類を亜科とする報告もある。岡山県近辺では大型のいわゆるオサムシと小型のマルクビゴミムシ類が採集調査できた。

本実験を行なうに当たり、ご協力いただいた岡山大学農業生物研究所の安江安宣名誉教授、河田和雄助教授及び積木久明助手と質量分析計により物質の同定にご教示いただいた岡山大学農学部河津一儀助教授の皆様に深謝申し上げます。

材 料 と 方 法

供試虫: 岡山県を主とした中国地方で1972年から1980年にかけて採集した。1975年以後の記録を第1表に示す。4月から10月中旬に採集したものは活動期にあり地上棲であった。冬期に採集したものは土穴や木の洞穴に潜っていた。

形態的観察: 解剖顕微鏡下で少量の水を滴下して切開し観察した。一部はグルタルアルデヒドで固定し走査電子顕微鏡で観察した。

分泌物の採集と分析法: 生きた成虫体のみを使用し、純粋に集める場合は濾紙へ噴射させてエーテルで抽出した。多くの場合はエーテル中へ生虫体を浸漬し分泌させ、また貯蔵囊を含む腹部尾端を少量の水で磨碎してエーテルで分配抽出した。いずれも濃縮してガス

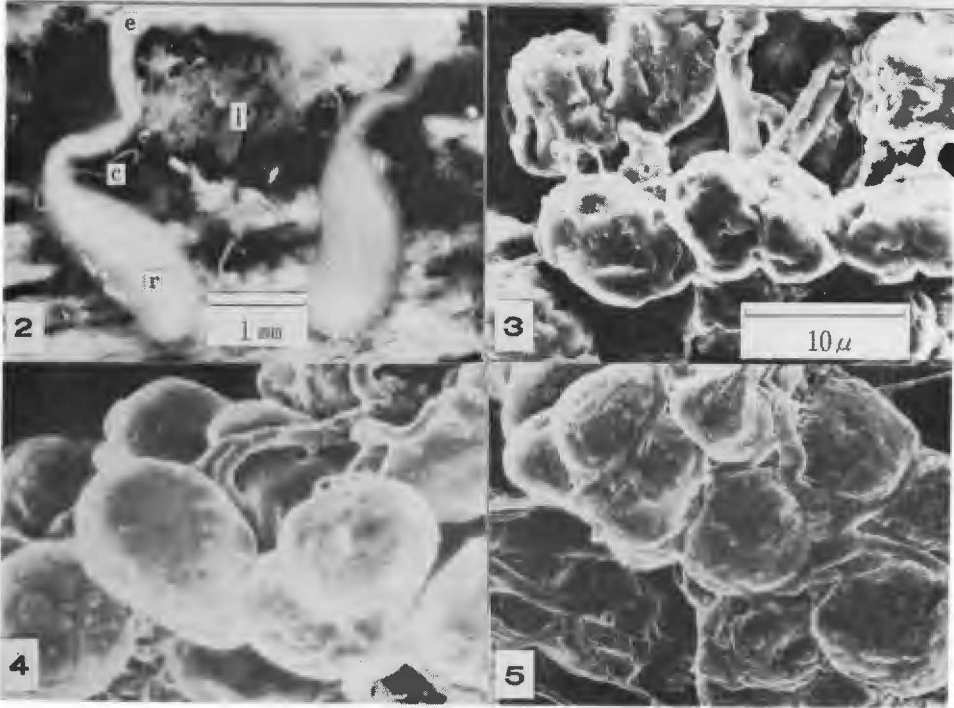
昭和56年1月17日受理

本研究は文部省科学研究費「昆虫の嗅味覚作用物質の開発利用に関する研究」(代表者松本義明 東京大学教授, 52/53年度 236005) の一部として行なわれた。

* 現作陽音楽大学

第1表 供試オサムシ類の採集日と採集地

| 和名 | 学名 | 特徴, 採集日, 採集地 |
|----------------|---|--|
| エゾカタビロオサムシ | <i>Campalita chinense</i> (KIRBY) | 飛翔力があり灯火に来る。5月中旬～9月下旬, 真備町二万橋(毎年, 1夜に10匹以上の例あり), 総社市松井, 玉野市八浜, 岡山市津島, 賀陽町豊野。 |
| セアカオサムシ | <i>Carabus (Hemicarabus) tuberculatus</i> (DEJEAN et BOISDUAL) | 山地で局所的, 6月下旬～9月下旬, 鳥取県日野町明智峠(毎年, 1度に10匹以上の例あり), 川上村蒜山高原。 |
| オオオサムシ | <i>Carabus (Ohomopterus) dehaanii</i> CHAUDOIR | 後者に似るが前翅は紫色を帯び第4鎖線の鎖が長い。吉備高原以北棲で多くない。1976-8-1 鳥取県大山寺町。1976-9-30 新庄村浦(朽木中7匹)。1977-9-20 広島県帝釈峽。1978-7-25 備中町西油野。1978-8-9 兵庫県波賀町道谷(土中)。1978-8-9 鳥取県若桜町淵見。 |
| ヤコンオサムシ | <i>Carabus (Ohomopterus) yaconinus</i> BATES | 前者に似るが前翅は暗銅色で鎖が短い。岡山県と周辺県の平地, 山地共に多い。4月～10月地上, 10月～3月土中。 |
| ヒメオサムシ | <i>Carabus (Ohomopterus) japonicus</i> MOTSCHULSKY | 岡山県東北部のものは前翅が茶褐色を帯び, 西北部から大山寺町にかけてのものは青黒色を帯びる。防御物質は同一であり列記する。吉備高原以北棲で多くない。1976-5-30 吉井町菊ヶ峠。1976-8-1, 1977-9-19, 1980-9-16 鳥取県大山寺町。1976-10-1, 1980-9-3 中和村常藤。1977-8-2 勝田町駒形。1977-7-20 広島県帝釈峽。1978-8-9 若桜町淵見。1978-11-28 新庄村浦(朽木中)。1979-8-25 鳥取県関金町笹ヶ平。1980-7-21 広島県比婆山森林公園。1980-9-16 鳥取県日南町管沢。 |
| ホソアオクロナガオサムシ | <i>Carabus (Euleptocarabus) porrecticollis</i> ssp. <i>Kansaiensis</i> NAKANE | アキタクロナガオサムシ <i>C. (E.) porrecticollis</i> BATES の西日本系, 吉備高原以北棲で多くない。1976-6-25 上斎原村森林公園近。1977-8-2 勝田町駒形。1978-8-9 若桜町淵見。1978-8-10 智頭町西字塚。1980-7-21 広島県比婆山。1980-9-3 中和村上杉村。 |
| クロナガオサムシ | <i>Carabus (Leptocarabus) procerulus</i> CHAUDOIR | |
| キュウシュウクロナガオサムシ | <i>C. (L.) kyushuensis</i> NAKANE | 前者は中国山地, 後者は平地に棲むが, 判別困難なものもあり, 成分は同一であり列記する。余り多くない。10月真備町市場(ほぼ毎年), 1975-6-11 和気町和気橋下。1976-8-1 鳥取県大山寺町。1977-2-15 矢掛町小田橋下(土中)。1977-7-23 川上村蒜山有料道路。1977-9-19, 1977-9-20 広島県帝釈峽。1978-11-29 落合町旭川堤防(土中)。1980-7-21 広島県比婆山。1980-9-16 日野町明智峠, 1980-12-19 総社市下倉(土中)。 |
| マイマイカブリ | <i>Damaster blaptoides</i> KOLLAR | 平地から山地にかけて棲むが, 余り多くない。4月～10月地上, 10月～3月土中, 約20例。 |
| サドマルクビゴミムシ | <i>Nebria sadona</i> BATES | 山地棲。9月中旬～10月中旬, 中和村津黒高原(ほぼ毎年) |
| カワチマルクビゴミムシ | <i>Nebria lewisi</i> BATES | 河原に多い。4月～12月, 5月～6月は特に多い。高梁川, 小田川中下流河原(毎年) |
| オオマルクビゴミムシ | <i>Nebria macrogona</i> BATES | 河原に棲むが多くはない。5～6月, 9～12月高梁川, 成羽川中流河原(ほぼ毎年) |
| マルクビゴミムシ | <i>Nebria chinensis</i> BATES | 平地, 中山間地帯の側溝や河原に棲む。前者より多い。5～6月, 9～12月(毎年) |
| ヒメマルクビゴミムシ | <i>Nebria reflexa</i> BATES | 山地棲。9月中旬～10月中旬, 中和村津黒高原(ほぼ毎年) |
| ミヤマメダカゴミムシ | <i>Notiophilus impressifrons</i> MORAWITZ | 山地森林下棲で採集しにくい。1976-6-25 上斎原村森林公園近(1度に8匹)。1976-9-9 智頭町芦津溪。1978-8-9 波賀町道谷。 |



第1図 1: 上左よりエゾカタビロ, セアカ, クロナガ, ホソアオクロナガ各オサムシ, マイマイカブリ, 下左より, オオ, ヤコン, ヒメ各オサムシ, オオ, そのまま, ヒメ, カワチ, サド各マルクビゴミムシ
 2: ヤコンオサムシの分泌器官 r: 貯蔵囊 l: 生成器官 c: lとr間の連結管 e: 分泌官, 3~5, 生成器官, 同倍率 3: エゾカタビロオサムシ 4: ヤコンオサムシ 5: マイマイカブリ

クロマトグラフィーにより分析同定した。一部分については質量分析計により同定を確実にした。酸成分、中性成分への分画、不飽和物への水素添加等は Kanehisa and Murase (1977) によった。

結 果

分泌に関与する器官は腹部に左右一対ある長だ円形の貯蔵嚢、これから腹部最終環節間膜に弁を有する排出孔に連なる排出管、貯蔵嚢から排出管への出口近くから胸部方向へ向う細長い連結管があり、連結管は枝分れして多数の小型球形の生成器官を先端に有していた。代表的なものを虫体の標本と共に第1図に示す。生成器官の形と連結管の連結部位は生成物質に応じて違っているのがゴミムシ類の特徴であるが、生成器官が球形であること等はオサムシ類一群に見られる共通点であった。球形器官の数は大型のオサムシ類で200個以上あり、小型のマルクビゴミムシ類は20~60個であった。エゾカタビロオサムシはサリシルアルデヒドを有機酸以外に生成するが、有機酸のみの分泌種と特別変った形は見られなかった。

防御分泌物に見られる有機酸とサリシルアルデヒドの純品のガスクロマトグラフィーの保持時間を第2表に示す。主たる有機酸の構造式は第2図に示す。供試した充填剤の中では FAL-M が最も分離能が優れていたので多用した。

第2表 有機酸とサリシルアルデヒドのガスクロマトグラフィーの保持時間(分)

| 充 填 剤 | Acet. | IsoBut. | Meacr. | 2MeBut. | Crot. | 2Etacr. | Ang. | Senec. | Tigl. | SalAld. |
|----------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|------|--------|-------|---------|
| FAL-M | 3.6 | 6.4 | 9.0 | 10.8 | 13.2 | (14.8) | 15.8 | 16.8 | 22.0 | 14.6 |
| FON | 4.0 | 6.4 | 9.8 | 9.6 | 14.0 | (14.6) | 14.8 | 15.2 | 17.2 | 10.2 |
| PEG-20 M | 4.8 | 8.0 | 13.4 | 12.6 | 19.0 | (20.4) | 20.6 | 21.0 | 25.9 | 15.4 |
| FFAP | 4.6 | 8.4 | 14.0 | 13.6 | 20.2 | (23.2) | 23.4 | 24.0 | 30.0 | 17.0 |
| PEG-4000 | 4.3 | 8.3 | 15.8 | 15.2 | 22.5 | (23.0) | 24.8 | 25.8 | 30.6 | 16.5 |

FAL-M: H_3PO_4 25%, 130°C, FON: AW 10%, 140°C, PEG 20 M: AWD MCS 140°C, FFAP: AW 15% 130°C, PEG-4000: モノステアリン酸 25%, 前3者は2mガラスカラム, 後2者は1mステンレスカラム, 日立063型 TCD, いずれも He ガス 30 ml/分.
Acet: 酢酸, IsoBut: イソ酪酸, Meacr: メタアクリル酸, Crot: クロトン酸, 2Etacr; 2-エチルアクリル酸. 純品でなく, 虫の成分による, Ang: アンジェリック酸, Senec: セネシオ酸, Tigl: チグリン酸, SalAld: サリシルアルデヒド.

虫体浸漬エーテルと磨砕エーテル抽出液を酸性、中性及びアルカリ性の各成分に分画すると、アルカリ性成分は認められず、中性成分はサリシルアルデヒドのみが際立っており、酸性成分が大部分であった。明りょうに認められる物を概略比にしたのが第3表である。0.1%以下で微量認められることがあるものを+で示した。中性成分としてペンタデカンその他数個の成分を認めたが、純粋の防御分泌中には比較的少量であった。浸漬や磨砕によってはフェロモン等の皮膚に付属する腺器官からの溶出物も含んでおり、明らかに防御分泌腺由来と考えられるサリシルアルデヒド以外は除外した。

防御物質の主成分で見ると3群に大別できた。1) エゾカタビロオサムシのみが有機酸の他にサリシルアルデヒドを生成分泌していた。噴射を受けるとかなりの痛みを感じずし臭気も独特であった。2) セアカオサムシ, クロナガオサムシ, キュウシュウクロナガオサムシとマイマイカブリの4種はメタアクリル酸と2-エチルアクリル酸を主成分として

第3表 オサムシ類の尾部防御分泌物の概略成分比(%)

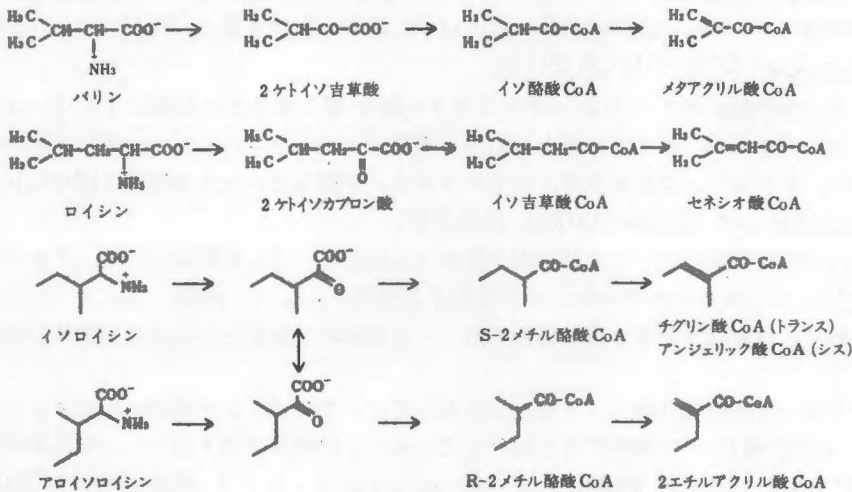
| | Acet. | IsoBut. | Meacr. | 2MeBut. | Crot. | 2Etacr. | Ang/ Senec. | Tigl. | SalAid. |
|-----------------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|----------------|-------|---------|
| エゾカタビロオサムシ | 0.1 | + | 35 | | | | 0.3 | 4.6 | 60 |
| セアカオサムシ | 0.3 | + | 90 | | | 9.6 | + | 0.1 | |
| オオオサムシ | 0.2 | + | 85 | + | | + | + | 14.8 | |
| ヤコンオサムシ | 0.2 | + | 80 | + | + | + | 0.1 | 19.7 | |
| ヒメオサムシ | 0.2 | + | 80 | + | + | + | + | 19.8 | |
| ホソアオクロナガオサムシ | 0.1 | + | 85 | | | | + | 14.9 | |
| クロナガオサムシ | 0.1 | + | 85 | + | | 14.8 | | 0.1 | |
| 〃 1980-6-10 真備町 | 0.1 | 40 | 35 | 10 | | 14.7 | | 0.2 | |
| マイマイカブリ | 0.2 | + | 65 | + | | 34.7 | | 0.1 | |
| オオマルクビゴミムシ | 0.4 | + | 80 | | | | + | 19.6 | |
| マルクビゴミムシ | 0.4 | + | 85 | | | | + | 14.6 | |
| ヒメマルクビゴミムシ | 0.2 | 2 | 60 | 1 | | | + | 36.8 | |
| カワチマルクビゴミムシ | 0.1 | + | 80 | + | | | + | 19.9 | |
| サドマルクビゴミムシ | 0.2 | + | 75 | | | | + | 24.8 | |
| ミヤマメダカゴミムシ | 0.1 | + | 90 | | | | | 9.9 | |

+: ガスクロで微量認めた。

いた。3) 上記以外の供試虫はメタアクリル酸とチグリン酸を主成分としていた。

酢酸その他の少量及び極微量成分の存在を見るとほぼ共通的な成分を示した。セネシオ酸とアンジェリック酸(分子量同じ)は少量しか存在せず、分離も困難で、質量分析計によっても単独か共存か判別できなかった。

キュウシュウクロナガオオサムシにおいてイソ酪酸と2-メチル酪酸が比較的多量に検出された例を示した。1匹のみを分析した時に見つかったもので、同産地の多数個体は表の通り他産地のものとはほぼ同じ成分比であった。オオオサムシとヤコンオサムシにおいても時と場所の違う個体で2-エチルアクリル酸とセネシオ酸が若干多量検出された例もあった。



第2図 分岐アミノ酸の代謝経路

これら変異個体の有する酸は考察で述べる一連の生成代謝経路に沿うもので、経路からはずれた成分を有する個体はなかった。量的には大型虫は大型の貯蔵嚢を有し、一回の噴射量も多かった。

考 察

ゴミムシ類の防御分泌系は貯蔵嚢の形や連結管の位置にも差があるが、生成器官の形が生成物質に応じて異っているのが最も特徴的である。有機酸生成器官は球形、メタクレゾール生成器官は細長い糸状、ベンゾキノ生成器官は細長い円状である (Kanehisa and Shiraga 1978)。オサムシ類は全て球形をしていた。有機酸の他に第2の成分としてサリシルアルデヒドを生成分泌するエゾカタビロオサムシも2-エチルアクリル酸分泌のマイマイカブリ等もチグリン酸分泌のヤコンオサムシ等と同じ球形をしており、特徴は見られなかった。外形は似ていて、生成代謝系に相違があると推察される。

防御物質としてメタアクリル酸がオサムシ類に共通の最大成分であり、第2の成分としてチグリン酸と2-エチルアクリル酸、更にサリシルアルデヒドで種間差が見られた。約200種のゴミムシ類を調査 (Kanehisa and Murase 1977 と未発表分) しているが、サリシルアルデヒドを有したのはエゾカタビロオサムシのみであった。外国産のものでは *Calosoma* (米国産数種, Eisner *et al.* 1963, McCullough *et al.* 1966, オーストラリア産2種 Moore and Wallbank 1968) で存在が知られている。本実験の *Campalita* を含めてカタビロオサムシの特徴と推察される。

2-エチルアクリル酸分泌種としてセアカオサムシ、クロナガオサムシ、キュウシュウクロナガオサムシ及びマイマイカブリの4種を認めたが、この類としてヒメマイマイカブリ (関東、中部地方棲、大島等 1975)、4種の *Pamborus* (オーストラリア産 Moore and Wallbank 1968) 及び *Carabus taedutus* (カナダ産 Benn 1973) が知られている。

チグリン酸分泌種としてオオ、ヤコン、ヒメ及びホソアオクロナガの各オサムシとマルクビゴミムシ類全部及びミヤマメダカゴミムシと多数種を認めた。この類としては5種の *Carabus* (ヨーロッパ産 Schildknecht *et al.* 1968) 及び4種の *Scaphinotus* (米国産 Wheeler *et al.* 1970) が知られている。

ゴミムシ類全般においても2-エチルアクリル酸を第2成分とする種は上記オサムシの少数種のみであるが、チグリン酸を分泌する種類はミズギワゴミムシの一部、ヌレチビゴミムシ類、ナガゴミムシの大部分、マルガタゴミムシ類などかなり多数種で認められている (Kanehisa and Murase 1977 と未発表分)。

オサムシ類の特徴の一つに上翅鎖線が隆起する種類とくぼんだ種類があり、クロナガオサムシとホソアオクロナガオサムシは隆起する種類であるが、前者は2-エチルアクリル酸分泌種で、後者はチグリン酸分泌種であり、上翅鎖線の状態と分泌物質の関連はないと言えよう。

検出された有機酸は分岐アミノ酸とされるパリン、イソロイシン及びロイシンとリジン (クロトン酸の場合) の代謝経路中で知られている。この経路はヒトのアミノ酸代謝異常症の研究で知られ (野田ら 1976)、ヒトの尿中から2-エチルアクリル酸を検出した Mamer *et al.* (1976) の模式図から第2図の代謝経路が考えられている。本実験で得た有機酸をあ

てはめて考察すると説明がつく。

パリン由来のメタアクリル酸が最多量、この飽和物のイソ酪酸が少量あり、ついでイソロイシン由来のチグリン酸か2-エチルアクリル酸があり、この飽和物の2-メチル酪酸が少量ある。キュウシュウクロナガオサムシで例外的として認めた虫は飽和物が多量の場合と解釈できる。不飽和酸への活性が弱かったためと考えられる。常に飽和酸の方が不飽和酸より多いゴミムシ類としてオサムシモドキ、アシミゾナガゴミムシやオオトックリゴミムシ等を認めている (Kanehisa and Murase 1977 と未発表分)。

ロイシン由来と考えられるセネシオ酸とその飽和物イソ吉草酸は微量しか認められず、パリンとイソロイシンと大きな違いがあった。ロイシンの低い利用はゴミムシ類全般に共通するようである。

昆虫において上記アミノ酸代謝系は知られていなかった。又本実験も代謝に関する酵素系の実験はしていないが、オサムシ類の防御分泌生成器官は上記アミノ酸代謝の代表的器官と言えよう。吉武ら (1978) は蚕において劣勢致死遺伝子 (*sku*) を持つ幼虫はクサコと呼ばれ、化蛹前に死ぬが糞は異臭を放つことを見つけた。この蚕はアミノ酸代謝異常があり、血中のパリン、イソロイシン及びロイシンが正常蚕より高濃度で、イソ吉草酸を多量に生成すると報ぜられている。オサムシ類の防御分泌物生成器官内の代謝と似ていると考えられる。両者共に異常代謝的であり、蚕は死ぬがオサムシ類は隔離された状態の器官で生成貯蔵し、外敵の攻撃に合った時に防御的に噴射していると考えられる。

摘 要

- 1) 岡山県内と周辺で採集できたオサムシ科の8種のオサムシ類、5種のマルクビゴミムシ類とミヤマメダカゴミムシの尾部防御分泌系について形態と成分について比較した。
- 2) 生成器官は有機酸の他にサリシルアルデヒドを生成分泌するエゾカタビロオサムシも含めて、有機酸生成種の特徴である球形をしていた。
- 3) 供試した全ての種においてメタアクリル酸を最も多量に生成分泌していたが、第2の成分としてセアカ、クロナガ及びキュウシュウクロナガの各オサムシとマイマイカブリは2-エチルアクリル酸を、オオ、ヤコン、ヒメ、及びホソアオクロナガの各オサムシとマルクビゴミムシ類とミヤマメダカゴミムシはチグリン酸を、エゾカタビロオサムシはチグリン酸の他にサリシルアルデヒドも生成分泌していた。
- 4) 生成分泌される有機酸は分岐アミノ酸のパリンついでイソロイシン由来のものが多く、ロイシンからは少量しか代謝生成されないと推定された。地理的、時期的又個体変異として見られる成分比の違いは上記アミノ酸代謝能の差と推定された。

文 献

- Benn, M. H., Lenchucha, A., Maxie, S. and Telang, S. A. 1973. The pygidial defensive secretion of *Carabus taedatus*. J. Insect Physiol. 19: 2173-2176.
- Eisner, T., Swithenbank, C. and Meinwald, J. 1963. Defensive mechanisms of arthropods. VIII. Secretion of salicylaldehyde by a carabid beetle. Ann. Ent. Soc. Amer. 56: 37-41.

- 井口民夫, 吉武成美. 1978. 臭蚕のアミノ酸代謝にみられる異常性. 日蚕雑 47 : 154-160.
- Kanehisa, K. and Murase, M. 1977. Comparative study of the pygidial defensive systems of carabid beetles. Appl. Ent. Zool. 12 : 225-235.
- Kanehisa, K. and Shiraga, T. 1978. Morphological study of the pygidial defensive systems of carabid beetles. Ber. Ohara Inst. landw. Biol., Okayama Univ. 17 : 83-94.
- Mamer, O. A., Tjoa, S. S., Scriver, C. R. and Klassen, G. A. 1976. Demonstration of a new mammalian isoleucine catabolic pathway yielding an R series of metabolites. Biochem. J. 160 : 417-426.
- McCullough, Brot. T. and Weinheimer, A. J. 1966. Compounds found in the defensive scent fluids of *Calosoma marginalis*, *C. externum*, and *C. scrutator* (Coleoptera: Carabidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 56 : 410-412.
- Moore, B. P. and Wallbank, B. E. 1968. Chemical composition of the defensive secretion in carabid beetles and its importance as a taxonomic character. Proc. Roy. Ent. Soc. Lond. (B) 37 : 62-72.
- 野田千征子, 市原 明, 木住雅彦, 小松原三郎, 千畑一郎. 1976. パリン, ロイシン, イソロイシン. 生化学実験講座. アミノ酸代謝と生体アミン 11 : 467-509. 東京化学同人, 東京.
- 大島康平, 本田 博, 山本 出. 1975. 日本産クロナガオサムシ およびヒメマイマイカブリの防御物質中の酸性成分. 農学集報 20 : 109-111.
- Schildknecht, H., Maschwita, U. und Winkler, H. 1968. Zur Evolution der Carabides-Wehrdrussensekrete. Naturwiss. 55 : 112-117.
- Wheeler, J. W., Chung, R. H., Oh, S. K., Benfield, E. F. and Nefe, S. E. 1970. Defensive secretions of cychrine beetles (Coleoptera: Carabidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 63 : 469-471.
- 吉武成美. 1978. くさいカイコの話. 化学と生物 16 : 437-439.