

## 論文の内容の要旨

論文題目 植物の二次代謝成分をめぐる植物・植食性昆虫・捕食性昆虫の  
相互作用に関する化学生態学的研究

氏 名 安 居 拓 恵

生物における「食う食われる」は生命維持に本質的に関わる非常に重要な問題である。それゆえ生物は、自らは食われないように様々な手段で自己防衛をしなければならない上に、動物の場合、自己防衛している他生物を食わなければ生き延びていけないという状況におかれている。自己防衛の手段としては化学的なバリアーが重要な役割を果たしている例が多く知られている。本論文では、化学物質を介する植物-植食性昆虫-捕食性昆虫間の相互作用について、特に摂食に関与する化学物質が果たす機能をあきらかにするために研究を行なった。

### 1. 昆虫の摂食を受けにくい植物の化学的防御

まず初めに、化学的バリアーがよく機能しているために昆虫による食害が少ないと思われる植物をめぐって、一連の研究を行った。まず植物側の昆虫に対するバリアーとして機能している摂食阻害物質を中心に研究を進め、寄主範囲が異なる数種の植食性昆虫の摂食応答を比較検討することによって、植物のバリアーとそれに対する昆虫の感受性との関係について考察した。

ニガウリ *Momordica charantia* L. (ウリ科 Cucurbitaceae)の葉は、他のウリ科植物のものと比較して昆虫による食害が顕著に少ないことを観察した。このことは、ニガウリの葉が植食性昆虫に対して何らかの抵抗性を持つことを示唆する。そこで、化学的バリアーとして機能していると考えられたニガウリの葉に含まれる摂食阻害物質を、アワヨトウ *Psudaletia separata* (Walker) (鱗翅目ヤガ科

Lepidoptera:Noctuidae) 幼虫に対する摂食阻害活性を指標に単離したところ、これらがトリテルペングリコシドのモモルディシン II とその類縁体である新規物質のモモルディシン II のグルコシド体であることを明らかにした。これらはウリ科植物に存在するククルビタシン類の一種であるが、ニガウリの葉特異的に含まれる物質である。寄主範囲の異なる 3 種の鱗翅目昆虫{ハスモンヨトウ *Spodoptera litura* (Fabricius)(ヤガ科): 広食性、アワヨトウ: 狭食性、イネ科植物を主に摂食、およびウリノメイガ *Diaphania indica* Saunders (ツトガ科 Crambidae): 狭食性、ウリ科植物を選択的に摂食}の幼虫を用いて、モモルディシン II に対する摂食阻害度を比較検討したところ、食性の狭いアワヨトウに対しては強く、広食性のハスモンヨトウに対しては弱いといった、食性の違いによって異なるものであった。

## 2. 紫外線照射による植物中の成分変動が昆虫の摂食行動に及ぼす影響

昆虫と植物との相互作用は、それらを取り巻く様々な環境の変化にも影響を受けてきたと考えられる。とりわけ環境変化に対する植物の生理的応答が植食性昆虫の摂食行動に与える影響が考えられるが、味覚を介して化学物質を受容している植食性昆虫においては、寄主の代謝物質の変動が摂食反応に変化を及ぼす可能性が考えられる。そこで、近年問題になっているオゾン層破壊による紫外線量増加を環境要因として取り上げ、紫外線照射によって植物中の代謝物質がどのように変動し、それが寄主の異なる複数の植食性昆虫における摂食行動にどのような影響を与えるかを調べた。

モデルケースとして、波長 254nm の紫外線照射を受けた植物に対する昆虫の摂食応答の変化と植物中の昆虫の摂食に関与する物質の変化を調べた。まず、ニガウリの葉において、ウリ科植物を寄主とするウリノメイガ幼虫と寄主としないアワヨトウ幼虫を用い、紫外線照射を受けたニガウリの葉と無照射の葉とを選択摂食させたところ、紫外線照射葉は無照射葉と比較してウリノメイガ幼虫には好まれず、アワヨトウ幼虫には逆に好まれることを観察した。このことは、環境要因が植物成分の変化を引き起こすことによって植食者の食性が変化する可能性を示すものである。そこで、この食性変化をひきおこす要因として植物成分の変動を調べたところ、先にアワヨトウ幼虫に対する摂食阻害物質として同定したモモルディシン II の葉中含量は紫外線照射により減少しており、摂食阻害効果を持たないそのアグリコンへ分解していた。さらに、摂食促進物質である糖類の葉中含量が紫外線照射により減少していることが明らかになった。以上のことから、アワヨトウ幼虫は摂食阻害物質であるモモルディシン II の量が減少したことが主な原因で、より紫外線照射葉を摂食するようになり、ウリノメイガ幼虫にとってはもともと摂食阻害活性のないモモルディシン II の増減は関係なく、摂食促進物質の糖類が減少していたことが摂食量の減少をもたらしたと考えられた。また同様

に、紫外線照射を受けたクワ *Morus alba* の葉が無照射葉と比較して、カイコ *Bombyx mori* に摂食されにくいことを観察した。このことから、クワの紫外線照射葉にも新たに摂食阻害物質が生成した、あるいは摂食促進物質が減少した可能性が示唆された。紫外線照射によって摂食促進物質である糖類が減少していることは明らかになっていたため、葉に新たに生成した物質を調べたところ、クワのファイトアレキシンとして同定されているモラシン C、モラシン N、およびモラシン M と 4'-プレニルオキシレスベラトロールであることが判明した。そしてこれらが、カイコに対し摂食阻害物質として機能することが明らかになった。紫外線照射を受けたクワの葉では摂食阻害物質の生成と摂食促進物質の糖類の減少の両方がカイコの摂食応答にマイナスに影響したと考えられた。

### 3. 植食性昆虫の化学防御－昆虫による植物防御成分の利用

植物の化学的バリアーを植食性昆虫がいかに克服し、そして寄主にしたことで生存していく上でなんらかの有利なものを得るのかという問題は、適応を考察する上で興味深い。ここでは化学的バリアーの高い植物を食草とする昆虫について、特異的にそれを摂食する植食性昆虫と、かなり食性の広い植食性昆虫がそれぞれどのようにその植物に適応しているかについて、植物の化学物質の利用という観点を含めて比較考察した。

イヌマキ *Podocarpus macrophyllus* Lamb (マキ科 Podocarpaceae) は昆虫による食害が少ないことから建築材や街路樹として珍重されている植物であるが、これを特異的に食害する昆虫としてキオビエダシャク *Milionia basalis pryeri* Druce (鱗翅目シャクガ科 Lepidoptera: Geometridae) 幼虫がいて問題となっている。この昆虫は天敵がほとんど知られておらず、また、警戒色を持つことから体内に毒性成分を持っていることが示唆された。一方、捕食性のハリクチブトカメムシ *Eocanthecona furcellata* Wolff (異翅目カメムシ科 Heteroptera: Pentatomidae) の卵塊がイヌマキ上で観察されたことから、ハリクチブトカメムシはキオビエダシャク幼虫を捕食する機会があると考えられた。ところが、ハリクチブトカメムシはキオビエダシャク幼虫を与えると捕食するが、やがて死亡することが観察された。これらの観察から、キオビエダシャク幼虫の体液中にはこのカメムシに対する殺虫活性物質が存在することが示唆された。そこで、殺虫活性物質の解明を行ったところ、それらがイヌマキ由来物質であり、植物側にとっても防御成分と報告されているイヌマキラクトン A、ナギラクトン C、および新規物質のナギラクトン C グルコシドであった。このことは、キオビエダシャクが自らの防御に植物側の防御成分を積極的に利用していることを示すものである。また、イヌマキを摂食する広食性のチャハマキ *Homona magnanima* Diakonoff (ハマキガ科 Tortricidae) 幼虫についても同様にカメムシに対する殺虫活性と防御成分の蓄積を調べたところ、殺虫活性も成分の体内への蓄積も認められなかった。

#### 4. 応用的考察

最近では害虫の防除手法として天敵農薬やフェロモン剤の使用などを化学農薬と併用する方法がとられはじめている。本論文でとりあげた捕食性昆虫のハリクテプトカメムシはイヌマキの大害虫キオビエダシヤク幼虫を捕食し、さらには野菜作物の大害虫であるハスモンヨトウ幼虫などを好んで捕食することからも、天敵農薬となりうる可能性が考えられる。また、紫外線量増加のような環境の変化により植物の二次代謝物質生合成系に変化が生じることが要因となって、それまで寄主としていた植物が食べられなくなって食害が減るという可能性と、逆にそれまで寄主としていなかった昆虫が「害虫化」する可能性の両方が示された。本研究の事実は植物に対して、発生する害虫の種類に応じて適切な環境制御を行うことによって植物の食害を少なくできる可能性を示しており、将来の害虫管理に新たな方法を示唆するものである。また、今回用いたモデル実験系から得られた結果は、今後の環境変化で生態系がどのように変動するかを詳細に分析する際の指針の一つとしても役立つと思われる。

