

称号及び氏名	博士（農学）安 能浩
学位授与の日付	平成 17 年 3 月 31 日
論 文 名	「Systematic Study of the Family Lyonetiidae (Lepidoptera) in Jaolan」 (日本産ハモグリガ科（鱗翅目）の系統分類学的研究)

## 論文要旨

ハモグリガ科 *Lyonetiidae* は、開帳 10 mm ほどの小蛾類で、世界から約 9 属 200 種が記録されている。本科については、Meyrick (1929)、黒子 (1964、1982)、Kirki (1984、1990)、Mey (1994)、Davis (1987、1999) などによって分類学的研究が行われたが、属の扱いなど科内の体系は研究者により異なっていた。日本産ハモグリガ科についてはこれまで 2 亜科 5 属 17 種が知られていたが、分類学的研究は不十分であり、幼生期の形態についての詳しい研究、形態形質の極性決定や種間の系統関係に関する研究は行われていなかった。一方、近年、ハモグリガ科やホソガ科を中心とした潜葉性のガ類は、幼虫が寄主植物に潜った時にできる潜孔が特徴的であるため、森林環境を評価する指標として、あるいは寄主選好性の進化を考察する上で注目されており、分類学的研究の進展が期待されている。

そこで、本研究では、日本産ハモグリガ科の種について、1) 幼生期（幼虫と蛹）の形態と潜孔様式の比較、2) 分岐分類学的方法を用いた種間の系統関係の推定、3) 寄主選好性と潜孔様式の進化についての考察、4) 分類体形の再検討、を行った。

## 材料と方法

幼生期ならびに成虫の形態的特長を比較するために、幼虫が潜った葉を日本各地で採取し、研究室に持ち帰って飼育した。寄主植物については、葉とともに花や実も持ち帰り種を同定した。成虫の観察では、大部分は採取した幼虫から羽化させた標本を用いたが、一部は夜間の灯火採集で得られたものや、大阪府立大学応用昆虫学研究室をはじめ、北海道大学、九州大学などの研究機関に保管されている標本を用いた。実体顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いて種ごとに幼生期ならびに成虫の形態を観察し、比較検討した。得られた形態形質は、種間の系統解析に用いた。

## 幼生期の形態

ハモグリガ科の幼虫および蛹の形態を詳しく比較した結果、幼虫では、個眼の配列（特に第2個眼と第6個眼の位置関係）、第1胸節硬皮板の硬化程度、第8~10腹節の形状、刺毛配列（adfrontal setaeの有無、A2の有無、第1胸節のXD1、D1、D2の位置関係、第2~3胸節のD1、D2の位置関係）など、蛹では、頭部先端にある突起の形状と表面構造、胸部背面の表面構造、腹部末端の構造（特に第10腹節末端の2又した突起の形状）と尾脚、などの形態が重要な分類形質となることが明らかになった。

## 系統解析

日本産ハモグリガ科に属する既知の14種に、本研究で認められた5新種、日本新記録の1種を加え、計20種に対して系統解析を行った。ヒルガオハモグリガ科（Bedellidae）のヒルガオハモグリガ *Bedellia somnulentella* (Zeller) を外群とし、成虫、幼虫、蛹の外部形態から抽出された72形質の極性を決定し、最大節約法によって系統樹を構築した。その結果、樹長91、一致指数(CI)0.79、

保持指数 (RI) 0.91 の 18 個の最短樹が得られ、それらをもとに厳密合意樹を作成した。得られた系統樹には 2 つの単系統群が認められ、従来の亜科の分類 (ハモグリガ亜科 *Lyonetinae* とシロハモグリガ亜科 *Leucopterinae*) と一致していた。ハモグリガ亜科は成虫の 3 形質、幼虫と蛹の 6 形質により単系統性が強く支持された。ハモグリガ亜科の *Lyonetia* 属内には、従来の亜属の分類と一致する 2 つの単系統群が認められた。シロハモグリガ亜科では、*Microthauma* 属 + *Paraleucoptera* 属 + *Leucoptera* 属が単系統群を構成した。しかし、*Proleucoptera* 属のニシキギ科を寄主とする 2 種 (ツルウメモドキシロハモグリ *P. celastrella* とツリバナシロハモグリ *P. oxypyllella*) は、サルトリイバラ科を寄主とするサルトリイバラシロハモグリ *Proleucoptera smilactis* とは単系統群を構成しなかった。

### 分布に関する知見

本研究では日本各地で調査を行ったが、特に分布情報の少なかった琉球列島においてハモグリガ科相を明らかにした。琉球列島ではツツジハモグリガ *Lyonetia ledi*、ダイズギンモンハモグリ *Microthauma glycinella* の 2 種のみが知られていたが、2001 年から 2003 にかけて沖縄本島、石垣島、西表島で調査を行った結果、ハモグリガ亜科ではヒサカキハモグリガ *L. euryella*、シャリンバイハモグリガ *L. anthemopa*、モモハモグリガ *L. clerkella*、カラムシハモグリガ *L. boehmeriella*、シロハモグリガ亜科ではサルトリイバラシロハモグリ *Proleucoptera smilactis*、ツリバナシロハモグリの既知種と、デイゴ (マメ科) を寄主とする新種 *Leucoptera* sp. 1、クロヨナ (マメ科) を寄主とする新種 *Leucoptera* sp. 2 などの分布を新たに確認した。

## 寄主選好性および潜孔型

ハモグリガ亜科の *Lyonetia* 属では、*Lynetiola* 亜属の種がクリ（ブナ科）、ヒサカキ（ツバキ科）を、*Lyonetia* 亜属の種がモッコク（ツバキ科）、カラムシ（イラクサ科）、バクチノキ（バラ科）、カナメモチ（バラ科）をそれぞれ種特異的に利用しており、*Lyonetia* 亜属の残りの種は、サクラ類、リンゴなどのバラ科植物を利用していた。一方、シロハモグリガ亜科では、*Microthauma* 属や *Leucoptera* 属などマメ科を寄主とするものが多く、*Paraleucoptera* 属ではポプラ（ヤナギ科）、*Leucoptera* sp. 1 がカラコギカエデ（カエデ科）、従来の *Proleucoptera* 属の種がニシキギ科、サルトリイバラ科を利用していた。

得られたハモグリガ科系統関係と各種の寄主植物から、ハモグリガ亜科では、ブナ科やツバキ科を寄主とする一群（*Lynetiola* 亜属と *Lyonetia* 亜属の一部）から、イラクサ科やバラ科への寄主転換（大部分の *Lyonetia* 亜属）が起こったと推定された。一方、シロハモグリガ亜科では、サルトリイバラ科、ニシキギ科、主にマメ科を寄主とする 3 系統が認められ、マメ科を寄主とするものの一部でカエデ科などへ寄主転換したと考えられた。

各種の幼虫が寄主植物の葉につくる潜孔については、1) 線状型（一貫して細い線状）、2) 線斑状型（最初は線状で徐々に幅を拡げ、最後は斑状となる）、3) 線状-斑状型（最初は細い線状で、途中から斑状となる）、4) 斑状型（最初から斑状の潜孔をつくる）の 4 つの型に分類した。斑状型には、円形、星形（指状の潜孔部が放射状に伸びる）から円形に近い不規則な形上のもを含めた。

得られた系統樹と各種の潜孔型から、斑状潜孔はシロハモグリガ亜科で多くみられ、Gen. A(従来の *Proleucoptera* 属の 2 種 *P. celastrella* と *P. oxyphyllella*) でのみ斑状型で星形の潜孔がみられるなど、グループごとにまとまりがあった。しかし、ハモグリガ亜科では、種特異的に潜孔型が進化したと思われるものもみられた。

## 分類体系

系統解析の結果にもとづいて、分岐分類学的方法によって種を再配列した。従来の *Proleucoptera* 属は単系統群を形成しないことから、2 種 (*P. celastrella* と *P. oxypyllella*) を分離し新属とした。また、以下のように、既知の 17 種に加え、1 新属、1 新記録種、5 新種の計 23 種を認め、日本産ハモグリガ科相を明らかにした。

ハモグリガ亜科 (*Lyonetiinae*) (1 属 13 種)

*Lyonetia* 属 (2 新種を含む計 13 種) : *Lyonetiola* 亜属 (4 種) : グナトスが細く伸びるという共有派生形質によって単系統性が支持された。4 種が含まれる。

*Lyonetia* 亜属 (9 種) : テグメンの先端に突起が存在するという共有派生形質によって単系統性が支持された。既知の 7 種に加え、*Lyonetia* sp. 1 (モッコク : ツバキ科) (カッコ内は寄主植物)、*Lyonetia* sp. 2 (カナメモチ : バラ科) の 2 新種が確認された。

シロハモグリガ亜科 (*Leucopterinae*) (1 新属を含む 5 属 10 種)

*Proleucoptera* 属 (1 種) : 後翅の CuA2 と M2 脈がつながる、エデアグスが袋状という 2 つの共有派生形質によって単系統性が支持された。*P. smilactis* のみが含まれる。

Gen. A (新属、2 種) : 前翅の R2、R3 脈が共通の柄をもつこと、エデアグスが球形、テグメンはリング状にならないという共有派生形質によって単系統性が支持された。タイプ種はツリバナシロハモグリ *Proleucoptera celastrella* Kuroko.

*Microthauma* 属 (1 新記録種を含む 2 種) : エデアグスの基部が扁平になるなどの共有派生形質によって単系統性が支持された。日本新記録 *M. lespedezella*

(ヤマハギ、マルバハギ：マメ科) を含む 2 種が確認された。

*Leucoptera* 属 (3 新種を含む 4 種)：前翅に中室がない、1A と 2A 脈が完全に融合するなどの共有派生形質によって単系統性が支持された。3 新種 *Leucoptera* sp. 1 (カラコギカエデ：カエデ科)、*Leucoptera* sp. 2 (デイゴ：マメ科)、*Leucoptera* sp. 3 (クロヨナ：マメ科) を含む 4 種が確認された。

*Paraleucoptera* 属 (1 種)：M1 脈が R5 脈に接近しているという共有派生形質によって単系統性が支持された。*P. sinuella* の 1 種が含まれる。

## 審査結果の要旨

ハモグリガ科 Lyonetiidae は開張 10 mm ほどの小蛾類で、これまで日本から 2 亜科 5 属 17 種が知られていたが、分類学的研究は不十分であり、幼生期の形態や種間の系統関係に関する研究は行われていなかった。一方、潜葉性のガ類は、森林環境を評価する指標として、あるいは寄主選好性の進化を研究する対象として注目されており、分類学的研究の進展が期待されている。本研究は、日本産本科の種について、1) 幼生期の形態の比較、2) 分岐分類学的方法による系統関係の解析、3) 寄主選好性と潜孔様式の進化の考察、4) 分類体系の再検討、を目的として行われた。

まず、本科の幼生期の形態を詳細に比較し、幼虫については個眼の配列、第 1 胸節硬皮板の硬化程度、第 8-10 腹節の形状・刺毛配列など、蛹については頭部先端の突起の形状と表面構造、胸部背面の表面構造、腹部末端の構造と尾脚などの形態が重要な分類形質となることを明らかにした。

次に、日本産本科に属する既知の 14 種に、本研究で認めた 5 新種、および日本新記録の 1 種を加えた計 20 種に対して系統解析を行った。その際、ヒルガオハモグリガ科の *Bedellia somnulentella* (Zeller) を外群とし、成虫、幼虫、蛹の外部形態から抽出した 72 形質の極性を決定し、最大節約法によって系統樹を構築した。その結果、樹長 91、一致指数 (CI) 0.79、保持指数 (RI) 0.91 の 18 個の最短樹が得られ、それらをもとに厳密合意樹を作成した。得られた系統樹には、従来のハモグリガ亜科 Lyonetiinae とシロハモグリガ亜科 Leucopterinae に対応する 2 つの単系統群が認められた。ハモグリガ亜科は成虫の 3 形質、幼虫と蛹の 6 形質により単系統性が強く支持された。本亜科の *Lyonetia* 属内には、従来の亜属の分類に対応する 2 つの単系統群が認められた。シロハモグリガ亜科では、*Microthauma*、*Paraleucoptera*、*Leucoptera* の各属、およびそれら 3 属全体が単系統群を構成した。しかし、*Proleucoptera* 属では、ニシキギ科を寄主とする 2 種 (*P. celastrella* と *P. oxypyllella*) とサルトリイバラ科を寄主とする *P. smilactis* が単系統群を構成しなかった。

日本産ハモグリガ科については、特に琉球列島の分布情報が少なく、2 種しか知られていなかったが、本研究により 2 新種を含む 8 種の分布を新たに確認し、琉球列島における本科の相の解明に貢献した。

さらに、本研究で得たハモグリガ科各種の系統関係と寄主植物を対応づけることによって、ハモグリガ亜科ではブナ科やツバキ科を寄主とする一群からイラクサ科やバラ科への寄主転換が起こったこと、シロハモグリガ亜科ではマメ科を寄主とする一群がカエデ科などへ寄主転換したことを推定した。また、各種の幼虫が寄主植物の葉につくる潜孔を 4 つの型に分類し、外部形態にもとづく系統樹と対応づけた。その結果、斑状潜孔はシロハモグリガ亜科で多くみられたが、一部で星形の潜孔がみられるなど、潜孔型が種ごとに独立に進化したことを示唆した。

最後に、系統解析の結果にもとづき、日本産ハモグリガ科の種を再配列した。

ハモグリガ亜科 (Lyonetiinae) (1 属 13 種)

*Lyonetia* 属 (13 種) : 既知の 11 種に加え、*L. sp. 1* (寄主植物 モッコク : ツバキ科)、*L. sp. 2* (カナメモチ : バラ科) の 2 新種を認めた。

シロハモグリガ亜科 (Leucopterae) (5 属 10 種)

*Proleucoptera* 属 (1 種)、Gen. A (新属、2 種) : 従来の *Proleucoptera* 属の 2 種 (*P. celastrella* と *P. oxypyllella*) を分離し新属とした。*Microthauma* 属 (1 新記録種を含む 2 種)、*Leucoptera* 属 (4 種) : 既知の 1 種に加え、*L. sp. 1* (カラコギカエデ : カエデ科)、*L. sp. 2* (デイゴ : マメ科)、*L. sp. 3* (クロヨナ : マメ科) の 3 新種を認めた。*Paraleucoptera* 属 (1 種)。

以上のように、本研究では幼生期の形態比較を含めて日本産ハモグリガ科における分類学的再検討を行い、これまで不十分であった種および属間の系統関係を明らかにし、既知の 17 種に加え、1 新属 1 新記録種 5 新種の計 23 種を認め、日本産本科の相を明らかにした。各分類群については詳細な記載を行い、検索表を付して、本科における同定法を確立した。さらに、寄主選好性と潜孔様式の進化について考察した。これらの成果は、系統分類学にとどまらず、生物多様性研究分野などに貢献するところが大きい。よって、最終試験の結果とあわせて、博士 (農学) の学位を授与することを適当と認める。