

称号及び氏名	博士(緑地環境科学) 黄 国华
学位授与の日付	平成20年3月31日
論文名	「Study on species diversity of the family Tineidae (Lepidoptera) in South China 中国華南地区におけるヒロズコガ科 (鱗翅目) の種多様性に関する研究」
論文審査委員	主査 石井 実 副査 前中 久行 副査 上木 昭春 副査 広渡 俊哉

## 論文要旨

ヒロズコガ科Tineidaeは、チョウ目の二門類でもっとも原始的なグループとされ、全世界からおよそ600属3,000種が記載されている(Robinson, 2001)。本科の系統分類についての研究はほとんどなく、系統位置や亜科の所属が不明である種や属が多く存在している。本科の幼虫は、枯れ葉、樹皮、朽木、キノコ、シダ、穀類、動物質(羊毛, 羽毛, ペリット, 動物の死体)などを食べることで知られ、様々な環境において有機物の分解者として重要であると考えられているが(Robinson, 1990)、個々の種の食性等の詳細は十分に研究されていなかった。世界的には、オーストラリア区やエチオピア区などで本科の種の分類について研究が進んでいるが(Robinson & Nielsen, 1993; Gozmány & Váry, 1973)、中国、特に華南地区では総合的な研究がほとんどなかった。中国華南地区は、世界でも重要な生物多様性ホットスポットの一つであるIndo-Burma区(Myers *et al.*, 2000)の東北部に位置し、海南省、広西省、広東省が含まれる。近年、このような地域を含む熱帯・亜熱帯森林が急速に失われ、これらの環境とその生物多様性保全が重要な課題となっている。

そこで本研究は、1) 形態および分子データに基づくヒロズコガ科各種の系統関係の推定と分類体系の確立、2) 中国華南地区産ヒロズコガ科のインベントリーと各種の生活史の解明、3) 中国華南地区産ヒロズコガ科相の特徴の解析、を目的として行った。

### 第1章 ヒロズコガ科の分類体系の確立

亜科の所属が不明である種や属の系統位置を推定するために、形態およびDNAデー

タに基づいて系統解析を行い、ヒロズコガ科の新たな分類体系を確立した。

#### 形態形質に基づいた系統解析

Robinson (2001)の体系に従ったヒロズコガ科 16 亜科のうち、形態形質が詳細に調査できた 15 亜科に属する 45 種を対象として系統解析を行った。外群としてマガリガ科 (*Incurvariidae*)とムモンハモグリガ科(*Tischeriidae*)を用いた。成虫の外部形態から抽出された 76 形質に基づき、MP 法(最大節約法)によって系統樹を作成した。その結果、樹長 212、一致指数(CI)0.36、保持指数(RI)0.64 の 2 つの最短樹が得られ、それらをもとに厳密合意樹を作成した。解析結果にもとづいて、Robinson の体系による 15 亜科に加えて 2 新亜科 (*Pelecystolinae* と *Coryptilinae*) を設立し、さらに *Tinissinae* 亜科を復活させ、本科に計 18 亜科を認めた。ほとんどの亜科は単系統性が認められたが、従来の *Myrmecozelinae* 亜科と *Tineinae* 亜科の単系統性は認められなかった。

#### DNAデータに基づいた系統解析

中国華南地区産ヒロズコガ科に日本とベトナムなどの種を加えた合計 44 種を対象として成虫から全 DNA を抽出、ミトコンドリア DNA の COI の一部(約 660bp)と核 DNA の 18S の一部(約 640bp)領域の塩基配列を決定し、この配列に基づいて MP 法により系統解析を行った。外群には、マガリガ科の 1 種とムモンハモグリガ科の 1 種を用いた。COI と 18S の両領域を合わせた約 1300bp(情報サイト 356bp)に基づいて解析を行った結果、得られた系統樹(樹長 2833、一致指数 0.24、保持指数 0.35)は高次分類群の関係が不明瞭だったが、*Gerontha* 属と *Autochthonus* 属、*Tineovortex* 属と *Coryptilum* 属、*Erechthias* 属、*Opogona* 属、*Niditinea* 属、*Edosa* 属、*Morophaga* 属、*Monopis* 属などの単系統性が、高いブートストラップ値で支持された。

以上の結果から、ヒロズコガ科に 2 新亜科を含む 18 亜科からなる新たな分類体系を確立した。

## 第 2 章 中国華南地区のヒロズコガ相と生活史

中国華南地区のヒロズコガ相を解明するために、2004~2006 年に中国華南地区の 13 ヶ所で野外調査を行った。また、各調査地で得られた幼虫を飼育し、生活史を観察した。調査地で採集された標本に加え、大阪府立大学、国立科学博物館(東京)、華南農業大学(広州)所蔵の標本を用いた。さらにフランス国立自然史博物館(パリ)および大英自然史博物館(ロンドン)などのタイプ標本を調査し、種の同定を行った。形態による判別が困難な種群、マエモンクロヒロズコガグループ (*Monopis monachella* -group) については、アジア産成虫の標本を対象としてミトコンドリア DNA の COI の一部 (421 bp) 領域の塩基配列を決定し、同定を行った。

その結果、中国華南地区において、5 新記録亜科、2 新亜科、18 新記録属、1 新属、18 新記録種、40 新種を含む計 17 亜科 38 属 81 種のヒロズコガを認めた。本研究では、これら 17 亜科の再定義を行うとともに、上記未記載種および未同定種を含む全種を対象に、頭部、胸部、腹部、翅の斑紋、雌雄交尾器などの形態的特徴、および分布範囲や生活史について

記載を行った。再定義した 17 亜科は以下の通りである：Pelecystolinae, (新亜科) (1 新種を含む合計 1 属 1 種)、Euplocaminae Börner, 1938 (2 新種を含む合計 2 属 4 種)、Siloscinae Gozmány, 1968 (4 新種を含む合計 3 属 7 種)、Harmacloninae Davis, 1998 (1 属 1 種)、Tinissinae Gozmány & Vári, 1973 (1 属 1 種)、Setomorphae Walsingham, 1891 (1 属 1 種)、Hapsiferinae Zagulajev, 1968 (1 属 1 種)、Myrmecozelinae Căpușe, 1968 (2 新種を含む合計 5 属 6 種)、Meessiinae Căpușe, 1966 (3 新種を含む合計 2 属 3 種)、Tineinae Latreille, 1810 (6 新種を含む合計 9 属 19 種)、Nemapogoninae Hinton, 1955 (1 属 1 種)、Scardiinae Eyer, 1924 (2 新種を含む合計 3 属 6 種)、Coryptilinae, (新亜科) (2 新種を含む合計 2 属 3 種)、Erechthiinae Meyrick, 1880 (3 新種を含む合計 2 属 6 種)、Hieroxestinae Meyrick, 1893 (9 新種を含む合計 2 属 13 種)、Perissomasticinae Gozmány, 1965 (6 新種を含む合計 1 属 7 種)、Dryadaulinae Bradley, 1966 (1 属 1 種)。

各種の生活史については、*Crypsithyris japonica* (Tineinae 亜科)、*C. castanea* (Tineinae 亜科)、*Phereoeca indigna* (Tineinae 亜科)、*Wegneria cerodelta* アトボシメンコガ (Hieroxestinae 亜科) などを飼育してその生活史を明らかにした。特に、*C. castanea* と *P. indigna* は初めて幼生期が明らかになった。新亜科とした *Tineovertex* 属の種 (*Tineovertex melanochrysa*) で確認された生きた植物へ産卵する習性は、ヒロズコガ科では例外的であり、メスの産卵器の形態や DNA データから、この亜科で派生した固有の特徴であると考えられた。また、フクロウ *Strix uralensis* の巣を利用する数種についても生活史を調査した。この調査により、ヒロズコガ科の数種が、営巣後の巣箱内の堆積物 (ペリット、羽毛などを含む) から発生することが確認され、森林生態系における分解者としての位置づけが明らかになった。

### 第 3 章 中国華南地区産ヒロズコガ相の特徴

中国華南地区に生息するヒロズコガ相を明らかにするため、広東省、海南省および広西省において原生林 (南嶺自然保護区、尖鋒嶺自然保護区など)、二次林 (南昆山、霸王嶺など)、都市緑地 (華南農業大学キャンパスなど) を含む合計 13 ヶ所、30 地点で、2004~2006 年に計 50 回の野外調査を行った。各調査地点 (13 地点) のヒロズコガ科の亜科別種数を調査し、さらに調査地を、熱帯原生林 (海南島)、熱帯二次林 (海南島)、亜熱帯原生林 (広東省)、亜熱帯二次林 (広東省)、都市緑地の 5 タイプに分類し、各種について、どのような森林タイプに分布するのかを解析した。その結果、ヒロズコガ科は、熱帯・亜熱帯の原生林や二次林で種の多様性が高く、都市緑地で低かった。都市緑地でみられた種は、都市域や二次林だけでみられるもの (*Pelecystola* 属など) と、都市域から原生林まで広くみられるもの (*Monopis* 属の数種など) があつた。

次に、Shirôzu (1964)、Eliot (1969) および宮田 (1983) に基づいて、中国華南地区産のヒロズコガ科の種を、I) 中国華南地区固有型、II) 旧北区型、III) 中国-ヒマラヤ型、IV) 東南アジア型、V) 東アジア型、VI) 広域分布型の 6 タイプの分布型に分類し、相の特徴を解析した。その結果、中国華南地区固有型が 56% (45 種) と最も多く、その他に中国-ヒマラヤ型、東南アジア型、広域分布型などで構成されることが明らかになった。また、本研究によりタイでは 9 亜科 18 属 55 種、日本では 13 亜科 38 属 75 種の分布が

明らかになったが、中国華南地区と日本およびタイとの共通種はいずれも約 20 種と少なく、この地域のヒロズコガ科相の種多様性と固有性の高さが確認された。

以上のように、中国華南地区のヒロズコガ科に、5 新記録亜科、18 新記録属、18 新記録種、2 新亜科(*Pelecystolinae* と *Coryptilinae*)、1 新属、40 新種を含む計 17 亜科 38 属 81 種を認め、中国華南地区のヒロズコガ科相を明らかにした。分布型の解析、および周辺地域(タイ、日本)との比較から、中国華南地区はヒロズコガ科の種多様性が高く、固有性の高い相が成立していることが明らかになった。新亜科 *Coryptilinae* の *Tineoververtex* 属の種や、*Tineinae* 亜科、*Hieroxestinae* 亜科などに含まれる数種の生活史を明らかにした。これらのことから、ヒロズコガ科は森林生態系において分解者として重要な役割を果たしており、このような種多様性や生活史に関わるデータの蓄積により、森林環境を評価する指標となりうると考えられた。

## 審査結果の要旨

ヒロズコガ科 *Tineidae* は、全世界からおおよそ 600 属 3,000 種が記載されているが、系統分類についての研究はほとんどなく、系統位置が不明である種や属が多く存在している。本科の幼虫は、動植物の遺体などを食べることが知られ、様々な環境において有機物の分解者として機能していると考えられるが、個々の種の食性等は十分に研究されていなかった。一方、中国華南地区では森林環境とその生物多様性保全が重要な課題となっているが、ヒロズコガ科を含めて昆虫相の解明は不十分であった。そこで本研究は、1) 形態および分子データに基づくヒロズコガ科各種の系統関係の推定と分類体系の確立、2) 中国華南地区産ヒロズコガ科のインベントリーと各種の生活史の解明、3) 中国華南地区産ヒロズコガ科相の特徴の解析、を目的として行われた。

まず、亜科の所属が不明である種や属の系統位置を推定するために、形態および DNA データに基づいて系統解析を行った。形態形質に基づいた解析では、ヒロズコガ科 45 種を対象として成虫の外部形態から抽出した 76 形質に基づき、MP 法(最大節約法)によって系統樹を作成した。解析結果に基づいて、ヒロズコガ科に 2 新亜科(*Pelecystolinae* と *Coryptilinae*)を含む 18 亜科からなる新たな分類体系を確立した。DNA データに基づいた系統解析では、合計 44 種を対象として、ミトコンドリア DNA の COI の一部(約 660bp)と核 DNA の 18S の一部(約 640bp)領域の塩基配列を決定し、MP 法により系統解析を行った。COI と 18S の両領域を合わせた約 1300bp(情報サイト 356bp)に基づいて得

られた系統樹により、形態に基づいて定義された新亜科を含む多くの属の単系統性が支持された。

次に中国華南地区のヒロズコガ相を解明するために、2004～2006年に中国華南地区の13ヶ所で野外調査を行った。また、各調査地で幼虫を採集し、食性等を観察した。調査地で採集された標本に加え、大阪府立大学、国立科学博物館（東京）、華南農業大学（広州）所蔵の標本を用いた。さらにフランス国立自然史博物館（パリ）および大英自然史博物館（ロンドン）などのタイプ標本を調査し、種の同定を行った。形態による判別が困難な種群については、ミトコンドリア DNA の COI 領域の塩基配列を決定し、同定を行った。その結果、中国華南地区において、5 新記録亜科、2 新亜科、18 新記録属、1 新属、18 新記録種、40 新種を含む計 17 亜科 38 属 81 種のヒロズコガを認めた。本研究では、新種を含む全種を対象に、形態的特徴、および分布範囲や生活史について記載を行った。各種の生活史については、Tineinae 亜科、Hieroxestinae 亜科などの種を飼育してその食性などを明らかにした。新亜科とした *Tineovortex* 属の種では生きた植物への産卵が確認されたが、このような習性はヒロズコガ科では例外的であり、この亜科で固有に派生したと考えられた。また、鳥類の巣を利用する数種についても生活史を調査し、森林生態系における分解者としての位置づけを明らかにした。

さらに、中国華南地区産ヒロズコガ相の特徴を明らかにするために、生息地を植生環境別に分類した結果、ヒロズコガ科は、熱帯・亜熱帯域の原生林や二次林で種の多様性が高く、都市緑地で低かった。また、中国華南地区産のヒロズコガ科の種を、6 タイプの分布型に分類するとともに、周辺地域（タイ、日本）と構成種を比較した結果、中国華南地区固有型が 56%(45 種)と最も多く、この地域のヒロズコガ科相の種多様性と固有性の高さが確認された。

以上のように、本研究では中国華南地区のヒロズコガ科に 18 新記録種、2 新亜科、1 新属、40 新種を含む計 17 亜科 38 属 81 種を認め、中国華南地区のヒロズコガ相を明らかにするとともに、分布型の解析および周辺地域との比較から、中国華南地区はヒロズコガ科の種多様性が高く、固有性の高い相が成立していることを示した。また、ヒロズコガ科数種の生活史を新たに解明し、これまでの知見と合わせて本科が森林生態系において分解者として重要な役割を果たしており、森林環境を評価する指標となることを明らかにした。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（緑地環境科学）の学位を授与することを適当と認める。