

称号及び氏名 博士(農学) 水川 瞳

学位授与の日付 平成19年3月31日

論文名 「Systematic study of the family Eriocraniidae (Lepidoptera) in Japan 日本産スイコバネガ科(鱗翅目)の系統分類学的研究」

論文審査委員 主査 石井 実  
副査 山口 裕文  
副査 前中 久行  
副査 広渡 俊哉

## 論文要旨

スイコバネガ科 Eriocraniidae は、開張が 8-13mm ほどの原始的な小蛾類の一群で、旧北区および新北区に分布する 6 属 24 種が知られている(Kristensen, 1999). 本科の種は年一化性で、成虫は早春に出現し、幼虫は植物の葉に潜り、成熟した後、地表に降りて土繭を形成し土中で翌春まで過ごす。寄主植物として、ブナ科とカバノキ科の種を利用している(Davis, 1978). 日本においては、森内(1982)が本科を扱い、北海道や本州の中部山岳地帯などに 2 属 4 種が分布し、そのうちの 2 種がシラカバ *Betula platyphylla* (カバノキ科) を寄主植物とすることを報告している。その後、Kozlov(1997)により、ケヤマハンノキ *Alnus hirsuta* (カバノキ科) を寄主植物とする *Eriocrania sakhalinella* Kozlov が日本から記録され、*E. sigakogenensis* Moriuti が *E. semipurprella* のシノニムとされた。これらの結果、日本産スイコバネガ科は 2 属 4 種となったが、長野県以南では本科の分布実態が不明であり、系統分類学的研究も不十分で、種間および属間の関係については検討されてこなかった。また、日本産の種では、幼虫の形態や生態などについての知見が乏しかった。

そこで本研究では、成虫および幼生期の外部形態の比較および記載を行って日本産スイコバネガ科の相を明らかにするとともに、形態ならびに分子データを用いて本科に含まれる種間の系統解析を行い、各種の個体群間および寄主植物利用の関係について考察することを目的として行った。

## 材料と方法

幼生期ならびに成虫の形態的特徴を観察するために、北海道、栃木県、中部山岳地帯(長野県、岐阜県)の他に、愛知県、紀伊半島(大阪府、奈良県、三重県)、九州(熊本県)で幼虫と成虫の採集を行った。採集した幼虫の一部は飼育により、幼虫と成虫の対応付けを行った。これらに加えて、成虫については大阪府立大学を含め、北海道大学、名城大学な

どの研究機関に所蔵されている標本を用いた。幼生期ならびに成虫の形態形質は、実体顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いて観察・比較し、記載した。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

スイコバネガ科の幼生期の形態を比較した結果、幼虫では、第 2-3 胸節の SV 刺毛の数、第 9 腹節の刺毛の数と位置などに違いが認められた。また、蛹については、*Issikiocrania japonicella* Moriuti, *Eriocrania carpinella* (新種) の蛹の形態について詳しく記載した。

### 形態形質を用いた系統解析

日本産スイコバネガ科 5 既知種のうち、形態形質が詳細に調査できた 4 種に 5 新種 2 新記録種を加え、合計 11 種を対象として系統解析を行った。外群には本科に属する *Dyseriocrania griseocapitella* (Walsingham) を用い、分類形質として成虫の頭部、胸部、腹部、雌雄交尾器から抽出された 26 形質にもとづき、MP 法 (最大節約法) によって系統樹を構築した。

その結果、樹長 32, 一致指数 (CI) 0.70, 保持指数 (RI) 0.76 の 11 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。得られた系統樹から、日本産スイコバネガ科に *Issikiocrania* 属とその他の種からなる 2 つの単系統群が認められた。*Heringocrania unimacurella* は *Eriocrania* 属の系統群に含まれた。

### 分類体系

形態形質による系統解析の結果に基づいて、分岐分類学的方法により日本産スイコバネガ科に *Issikiocrania* 属と *Eriocrania* 属の 2 属を認めた。*Heringocrania* 属はこれまで独立の属とされたが、単系統性を支持する形質は認められず、*Eriocrania* 属のシノニムとした。本研究で新たに確認された新記録種、新種を含めて 2 属 12 種を認めた。

#### *Issikiocrania* 属 (1 種)

後翅 R2+3 脈と R4+5 脈が共通柄を有するという 1 つの固有派生形質が認められた。本属はイッシキスイコバネ *I. japonicella* の 1 種のみを含む。寄主植物は未知だったが、飼育によりブナ科のブナ *Fagus crenata* Blume であることが明らかになった。幼虫は腹部第 9 節の刺毛配列。胸部第 1 節背面に硬化を有することでほかの種と区別することができた。長野県に加え、愛知県、大阪府、奈良県、熊本県で生息が確認された。

#### *Eriocrania* 属 (11 種) (2 新記録種, 6 新種)

前翅 A 脈が 2 本であること、雄のエデアグス腹側の枝が捻れること、雌のバジナルスクレライトの腹側末端が広がることで、本属の単系統性が支持された。ヨーロッパや極東ロシアに分布することが知られていた *E. sangii* Wood が、北海道から新たに記録された。また、今回日本では分布が知られていなかったカバノキ科のシラカバを利用する *E. unimacurella* Zetterstedt を新たに記録した。*Eriocrania carpinella* (新種) は、幼虫の飼育からカバノキ科のアカシダ *Carpinus laxiflora* (Sieb. et Zucc.) Blume を寄主植物とすることが明らかになった。紀伊半島から愛知県にかけて分布することを確認した。*Eriocrania parapurplella* (新種) は外見的な特徴からこれまでオオスイコバネと混同されていたと思われるが、前翅脈など

形態的特徴から別種とした。北海道に分布する。ムラサキマダラスイコバネ *Eriocrania komaii* Mizukawa *et al.* (新種) は大阪府の和泉葛城山で発見され、採集された時期や場所などからウラジロノキ *Sorbus japonica* (Decne.) Hedl. (バラ科) を寄主植物とすると考えられた。*Eriocrania auripoda* (新種) は愛知県で採集された♀ 1 個体のみで、系統解析には用いなかったが、翅脈や交尾器のバジナルスクレライトの形状から本属に含めた。*Eriocrania hiranoi* (新種) は♂♀各 1 個体が長野県から採集された。スイコバネガ科で帯状の前翅斑紋が見られるのは本種のみであった。*Eriocrania odaigaharaensis* (新種) は奈良県大台ヶ原で♂個体のみが採集された。腹部の分泌腺の形状、小脛鬚先端の分枝などの特徴をもつ。その他に、長野県・岐阜県から *E. sakhalinella* が、栃木県・岐阜県から *E. semipurprella* が新たに確認された。

### 分子データを用いた系統解析

各種とその寄主植物、地域個体群間の関係の検証のために、日本産スイコバネガ科既知種 4 種と 3 新種の合計 7 種の成虫もしくは幼虫に加え、2006 年に新たな寄主植物から採集されたスイコバネガ科の幼虫を対象として全 DNA を抽出、ミトコンドリア DNA の COI (387 bp) と ND5 (376 bp) 領域の塩基配列を決定し、この配列にもとづいてそれぞれ MP 法と NJ 法 (近隣結合法) により系統解析を行った。外群には、マガリガ上科の 2 種 (COI 領域)、コバネガ科の 2 種 (ND5 領域) をそれぞれ用いた。

その結果、形態にもとづいた系統樹と同様、COI 領域と ND5 領域双方とも *E. semipurprella* と *E. carpinella* を含んだ寄主植物による 2 つの分岐群が 1 つのクレードを、これらの寄主植物以外にもケヤマハンノキと、今回新たに見つかったミズメ *Betula grossa* Sieb. *et* Zucc. (カバノキ科) を利用する種がそれぞれの植物で分岐群を形成した。*Eriocrania carpinella* についてはアカシデ以外にも同科のイヌシデ *Carpinus tschonoskii* Maxim, サワシバ *C. cordata* Blume などシデ類を広く利用することが明らかになった。また、大台ヶ原で発見された *E. odaigaharaensis* は、ブナに潜葉した幼虫と塩基配列が一致したことから、ブナを寄主植物とすることが明らかになった。

### 系統関係と寄主植物

本研究によって明らかになった寄主植物と形態形質をもとに推定された系統関係から、ブナ科植物を寄主とする *Dyseriocrania* 属や *Issikiocrania* 属などから、カバノキ科植物を寄主とする *Eriocrania* 属を含む分岐群が派生し、さらにカバノキ科から一部がバラ科へ寄主転換したと考えられた。

以上のように、本研究では近畿地方など、これまで記録がなかった地域で本科の種の分布を確認し、2 新記録種、6 新種に既知種 4 種に加えた 2 属 12 種を認め、日本産スイコバネガ科の相を明らかにした。また、推定された系統関係と寄主植物から、ブナ科を寄主とする一群から、カバノキ科を寄主とする一群が派生し、その中からシラカバ、シデ類、ミズメ、ハンノキを利用するグループに分岐し、一部の種ではバラ科植物への寄主転換が起こったことが示唆された。

## 審査結果の要旨

スイコバネガ科 *Eriocraniidae* は、開張が 8-13mm ほどの原始的な小蛾類の一群で、旧北区および新北区に分布する 6 属 24 種が知られている。日本においては北海道や本州の中部山岳地帯などに 2 属 4 種が分布することが知られていたが、長野県以南では本科の分布実態が不明であり、系統分類学的研究は不十分であった。そこで本研究は、(1)成虫および幼生期の外部形態の比較および記載、(2)日本産スイコバネガ科の相の解明、(3)形態ならびに分子データによる系統解析に基づく各種の個体群間および寄主植物利用の関係についての考察を目的として行われた。

まず、幼生期の形態については、第 2-3 胸節の SV 刺毛の数、第 9 腹節の刺毛の数と位置などに違いが認められた。形態形質を用いた系統解析では、5 新種 2 新記録種を含む合計 11 種を対象として成虫から抽出した 26 形質に基づき、MP 法（最大節約法）によって系統樹を構築した結果、樹長 32、一致指数 (CI) 0.70、保持指数 (RI) 0.76 の 11 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 *Issikiocrania* 属とそれ以外の種からなる 2 つの単系統群が認められ、分岐分類学的方法により日本産スイコバネガ科に *Issikiocrania* 属と *Eriocrania* 属の 2 属を認めた。

*Issikiocrania* 属 (1 種) : 後翅 R2+3 脈と R4+5 脈が共通柄を有するという 1 つの固有派生形質を認めた。本属はイッシキスイコバネ *I. japonicella* の 1 種のみを含む。寄主植物は未知だったが、飼育によりブナ (ブナ科) であることを明らかにした。長野に加え、愛知、大阪、奈良、熊本の各府県で生息を確認した。

*Eriocrania* 属 (11 種) (2 新記録種、6 新種) : 前翅 A 脈が 2 本であること、雄のエデアグス腹側の枝が捻れること、雌のバジナルスクレライトの腹側末端が広がることで、本属の単系統性が支持された。ヨーロッパなどに分布する *E. sangii* Wood と *E. unimacurella* Zetterstedt を新たに日本から記録した。*Eriocrania carpinella* (新種) は、幼虫の飼育からアカシデ (カバノキ科) を寄主植物とすることを明らかにし、紀伊半島から愛知県にかけて分布することを確認した。ムラサキマダラスイコバネ *E. komaii* Mizukawa *et al.* (新種) は大阪府の和泉葛城山で発見され、採集された時期や場所などからウラジロノキ (バラ科) を寄主植物とする可能性を指摘した。*Eriocrania odaigaharaensis* (新種) を奈良県大台ヶ原で発見したほか、北海道から *E. parapurplella* (新種)、愛知県から *E. auripoda* (新種)、長野県から *E. hiranoi* (新種) を記載した。

さらに、各種とその寄主植物、地域個体群間の関係の検証のために、日本産スイコバネガ科既知種 4 種と 3 新種の合計 7 種の成虫もしくは幼虫に加え、2006 年に新たな寄主植物から採集されたスイコバネガ科の幼虫を対象としてミトコンドリア DNA の COI

(387 bp) と ND5 (376 bp) 領域の塩基配列に基づいてそれぞれ MP 法と NJ 法 (近隣結合法) により系統解析を行った。その結果、COI 領域と ND5 領域双方とも寄主植物によってまとまるクレードを形成した。*Eriocrania carpinella* については、アカシデ以外にもイヌシデ、サワシバなどシデ属植物を広く利用することを明らかにした。また、大台ヶ原で発見された *E. odaigaharaensis* は、ブナに潜葉した幼虫と塩基配列が一致したことから、ブナを寄主とすると推定した。

最後に、本研究によって明らかになった寄主植物と形態形質をもとに推定した系統関係から、ブナ科植物を寄主とする *Dyseriocrania* 属や *Issikiocrania* 属などから、カバノキ科植物を寄主とする *Eriocrania* 属を含む分岐群が派生し、さらにカバノキ科から一部がバラ科へ寄主転換した可能性を指摘した。

以上のように、本研究では近畿地方など、これまで記録がなかった地域で本科の種の分布を確認し、既知種 4 種に 2 新記録種、6 新種を加えた 2 属 12 種を認め、日本産スイコバネガ科の相を明らかにした。また、推定された系統関係と寄主植物から、本科の寄主利用について考察を行った。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 (農学) の学位を授与することを適当と認める。