

称号及び氏名	博士（緑地環境科学）	松田 潔
学位授与の日付	平成25年2月20日	
論文名	A taxonomic study of the family Lycidae (Coleoptera) in Japan 日本産ベニボタル科（鞘翅目）の分類学的研究	
論文審査委員	主査	石井 実
	副査	上甫木 昭春
	副査	藤原 宣夫
	副査	広渡 俊哉

## 論文要旨

ベニボタル科 **Lycidae** はコメツキム上科 **Erateroidea** に属し、同じ上科のホタル科 **Lampyridae** やジョウカイボン科 **Cantharidae** と系統的に近い関係とされている。本科は熱帯地域を中心に南極大陸を除く五大陸と近隣の島々の湿潤な森林地帯に広く分布し、これまで世界から約 **160** 属 **4600** 種が報告され、日本からは **23** 属 **103** 種が記録されてきた。しかし、この **40** 年間、日本産の本科に関しては分類学的な再検討がなされてこなかった。一方で、本科の上位分類群と種タクサについて多くの変更と追加が行われ、分類学的再検討を行うことが緊急の課題となっている。このような現状を踏まえ、本研究では現時点での日本における本科の相の全貌を分類学的に解明することを研究の目的とした。また、本科各種の分布や成虫の色彩型について解析を行うとともに、これまでほとんど知られていなかった成虫と幼虫の生活史について調査を行った。

材料と方法: 本研究では、大英自然史博物館・パリ自然史博物館・北海道大学・大阪府立大学・愛媛大学・九州大学などに所蔵される日本産本科のタイプ標本と一般標本に加え、日本各地で得られた約 **4500** 個体の本科標本を研究材料として用い、**Bocák & Bocáková (2008)** の体系に基づいて分類を行った。この過程で日本産本科の各属を構成する種を雄交尾器の形態で新たに種群に分割し、上位分類群を成虫と幼虫の外部形態の特徴および雄交尾器の基本構造、雌第 **7** 腹板の形状などに基づいて精査して、亜科・族・属・種の検索表を新たに作成した。

また、亜科・族・属・種のこれまでの分布データをまとめて、分布図と分布表を作成し、日本産各種の分布型の解析を行うとともに、日本産各種の成虫の色彩型を分類し、色彩型と分布パターンについて考察を行った。さらに、成虫と幼虫の生活史の調査を生息地において行い、室内において粘菌類（変形菌）を食物として幼虫を飼育し、観察を行った。

分類体系：本研究の結果、日本産本科は 4 亜科 10 族 25 属 129 種からなることが明らかになった。

コクロハナボタル亜科 **Libnetinae Bocák & Bocáková, 1990** (1 属 2 種)

ヒシベニボタル亜科 **Dictyopterinae Kleine, 1928**

ヒシベニボタル族 **Dictyopterini Kleine, 1928** (7 属 20 種 (1 新属 7 新種 1 新亜種))

近縁属との比較から 1 新属：ヒメミスジヒシベニボタル属 **Japanogreenarus** を創設した。また、近縁種との外部形態および雄交尾器の比較から 7 新種 1 新亜種：キイミスジヒシベニボタル **Benibotarus (Benibotarus) gotoi**, シコクミスジヒシベニボタル **B. (B.) shikokuanus**, ヤクシマクロミスジヒシベニボタル **Greenarus yakushimanus**, ミヤマヒシベニボタル日本亜種 **Dictyoptera aurora hoosana**, アワヒメミスジヒシベニボタル **Japanogreenarus watanabei**, ニッポンフトヒシベニボタル **Pyropterus japonicus**, ジャクチフトヒシベニボタル **P. chugokuanus**, オオメフトヒシベニボタル **P. tsuyukii** を記載した。日本産のミヤマヒシベニボタルは、ヨーロッパ・北アメリカ産の名義タイプ亜種 **Dictyoptera aurora aurora (Herbst)** と比較して、外部形態と雄交尾器の形状に差異が認められたので、山梨県鳳凰山をタイプ産地として日本亜種の記載を行った。また、日本産のフトヒシベニボタルは、これまで学名としてヨーロッパ産の **Pyropterus nigroruber (DeGeer)** が使用されてきたが、本州産の個体とヨーロッパ産の個体を精査したところ、複眼の大きさや雄交尾器の形状に差異が認められ、本州産のフトヒシベニボタルは 2 種群 3 種に分類できたので、これらを新種として記載した。

ホソベニボタル亜科 **Ateliinnae Kleine, 1928**

ホソベニボタル族 **Diliphotini Kleine, 1928** (2 属 5 種 (2 新種))

南西諸島はこれまでホソベニボタル族の分布記録を欠いていたが、奄美大島からはじめて本族の新種アマミホソベニボタル **Dilophotes matobai** を記載した。また、ホソベニボタル属 **Mesolycus** を再検討して外部形態と雄交尾器の形状の違いから屋久島産のホソベニボタルを新たにヤクシマホソベニボタル **Mesolycus yakushimensis** として記載した。

ベニボタル亜科 **Lycinae Laporte, 1836**

スミアカベニボタル族 **Conderini Bocák & Bocáková, 1990** (2 属 6 種 (1 新種))

紀伊半島産のスミアカベニボタルの中に 1 新種を認めたので、クロバネスミアカベニボタル **Conderis nigripennis** として記載した。

ハナボタル族 **Platerodini Kleine, 1928** (1 属 32 種 (9 新種 6 新亜種))

日本産のハナボタルを再検討し、9 新種：イマサカクロハナボタル **Plateros imasakai** (石垣島), サトウハナボタル **P. satoi** (奄美大島), クメジマハナボタル **P. teruhisai teruhisai** (久米

島), ハタヤマベニハナボタル *P. hatayamai* (沖縄島), マキハラベニハナボタル *P. makiharai* (沖縄島), イズモハナボタル *P. taichii* (本州), クロサハナボタル *P. kurosai* (本州), オキノエラブベニハナボタル *P. okinoerabuensis* (沖永良部島), ヨナベニハナボタル *P. yambaruanus* (沖縄島); 6 新亜種: クメジマハナボタル沖縄島亜種 *P. teruhisai kunigamianus*, クロハナボタル屋久島亜種 *P. coracinus yakushmanus*, クロハナボタル下甕島亜種 *P. coracinus shoichii*, シバタハナボタル沖縄島亜種 *P. shibatai okinawanus*, ヤエヤマキベリクロハナボタル与那国島亜種 *P. rufomarginatus yonagunianus*, ヤエヤマベニハナボタル与那国島亜種 *P. yayeyamanus azumai* を記載した.

クシヒゲベニボタル族 **Macrolycini** Kleine, 1928 (1 属 18 種 (1 新種))

日本産クシヒゲベニボタル属 *Macrolycus* を外部形態と雄交尾器の形状に基づき再検討し, 奄美大島産に 1 新種を認めたのでオオシマクシヒゲベニボタル *Macrolycus mikagai* として記載した. また, クシヒゲベニボタル *M. pectinifer* とヒメクシヒゲベニボタル *M. similaris* の幼虫をはじめて発見し, それぞれの形態を記載した.

カクムネベニボタル族 **Lyponiini** Bocák & Bocáková, 1990 (2 属 7 種 (1 新種))

コクシヒゲベニボタル *Lyponia (Poniella) nigroscutellaris* を再検討した結果, 本州中部以北の個体群とタイプ産地の個体群との間に外部形態と雄交尾器の形状に顕著な差異が認められたので, 後者を新種と認め, ヒガシコクシヒゲベニボタル *L. (P.) similaris* として記載した. また, カクムネベニボタル *Ponyalis quadricollis* の幼虫が粘菌の変形体に集合することを観察し, 生活史と形態の記載を行った.

ベニボタル族 **Lycini** Laporte, 1836 (1 属 5 種 (1 新亜種))

タイワンベニボタル *Lycostomus (Lycostomus) formosanus* Pic を日本新記録として石垣島から報告し, 蘭嶼島・緑島を含む台湾産の個体群と石垣島の個体群を比較して雌第 7 腹板と雄交尾器中央片の形状に差異が認められたので, 後者を新亜種 *L. (L.) formosanus ishigakianus* として記載した. また, トガクシベニボタル *L. (L.) koshimizui* Nakane を台湾から新たに記録した.

アミメボタル族 **Metriorrhynchini** Kleine, 1926 (2 属 16 種 (1 新種))

沖縄島産クロベニボタル属 *Cautires* の 1 種を南西諸島産の種と比較したところ, 前胸背板と雄交尾器の形状に差異が認められたのでオキナワアカハネクロベニボタル *Cautires okinawensis* として新種記載した. また, 日本産クロベニボタル属を 8 つの種群に分割し, その中でユアサクロベニボタル *Cautires yuasai* Nakane が他の 7 つの種群の種と雄交尾器の形態が異なることを明らかにした. オキナワアカハネクロベニボタル *C. okinawensis* の幼虫をはじめて発見し, その形態を記載した.

ツヤバネベニボタル族 **Calochromini** Lacordaire, 1857 (1 属 3 種 (1 新種))

本研究では, 大阪府と奈良県の県境に位置する金剛山からツヤバネベニボタル属 *Calochromus* の新種 *C. kongosanus* を記載した.

カタアカハナボタル族 **Erotini** LeConte, 1881 (5 属 15 種 (2 新種))

沖縄産カタアカハナボタル属の 1 種を台湾産と日本産の 6 種と比較したところ雄交尾器の形状の差から新種であることが判明したので、オキナワカタアカハナボタル *Eropterus ogatai* として記載した。旧北区と新北区のテングベニボタル属群 *Platycis* genus-group の再検討の中で 4 新種を記載し、日本からは新種ヤクシマテングベニボタル *Erotides (Glabroplatycis) hayashii* を記載した。

分布型：日本産本科の属の分布表を作成し、解析を行った結果、7つの分布型を認めた。これにより、日本産本科にはヒマラヤから日本にかけての地域に分布するタイプの属が多いことを明らかにした。種の分布表からは、日本産本科には固有種が多いことを確認した。

色彩型：成虫の色彩型について解析を行ったところ、日本産本科は、北海道から九州までの地域では 9 タイプの色彩型に、沖縄島では 3 タイプの色彩型に、それぞれ分類できた。また、これらの色彩型のうち 6 タイプは日本各地に広く見られ、互いに重複するが、これらの他に、東日本に限定して見られる色彩型（前胸黒色-上翅黒色で上翅背面に赤色の縦筋を数本もつ）、西日本に限定して見られる色彩型（前胸黒色-上翅黒色で翅端に赤色紋をもつ）、本州中部の高地帯に限定して見られる色彩型（前胸赤色-上翅黒色）が存在し、それぞれの色彩型に属や種群が異なる種が含まれることを明らかにした。

生活史：本科の幼虫は粘菌や微生物を摂食しながら齢数を重ねるが、本研究では、蛹化の場所は属や種によって異なり、ムネアカテングベニボタル属 *Konoplatycis* とジュウジベニボタル属 *Lopheros* は朽木の内部、クロベニボタル属 *Cautires* のユアサクロベニボタルは樹皮下、ベニボタル属のタイワンベニボタル *Lycostomus formosanus* は朽木の表面で蛹化することを明らかにした。また、蛹化と羽化の時期は、カクムネベニボタル *Ponyalis quadricollis* のように晩秋から初冬にかけて終齢幼虫が蛹化・羽化して成虫で越冬し、早春に野外に出現するグループと、ヒメクシヒゲベニボタル *Macrolycus similaris* のように幼虫で越冬して、春から夏にかけて蛹化・羽化し、成虫が初夏から晩秋に出現するグループの大きく 2 つのグループに分かれることを明らかにした。本科の成虫の生活についても、多くの種は梅雨の時期に現れ、また、ホソベニボタル属 *Dilophotes*、ベニボタル属 *Lycostomus*、ハナボタル属 *Plateros*、ツヤバネベニボタル属 *Calochromus* は訪花性があることを明らかにした。また、幼虫は歩行に適した脚をもち、朽木の表面や内部で活動するが、ツルグレン装置を用いた調査から林床のリター中にも生息することを確認した。

以上のように、本研究の結果、日本産本科に 1 新属 25 新種を含む 4 亜科 10 族 25 属 129 種を認めるとともに、7つの分布型、9 タイプの色彩型を明らかにした。また、森林生態系内での本科の生態的地位について、幼虫が朽木に着く粘菌や微生物を捕食することで腐食連鎖に関わること、一部の種の成虫が訪花性をもち花粉媒介者としての役割をもつ可能性があることを明らかにした。

## 審査結果の要旨

ベニボタル科は、熱帯地域を中心に極域を除く五大陸と近隣の島々の湿潤な森林地帯に広く分布し、これまで世界から約 160 属 4600 種が報告されてきたが、この 40 年間、日本産の本科に関しては分類学的な再検討がなされてこなかった。また、本科は森林性の昆虫で、多くの種を含むが、種の多様性をはじめ、生活史や森林生態系内での役割などについては、これまでほとんど不明であった。

本研究では、国内外の研究機関に所蔵される日本産本科のタイプ標本と一般標本に加え、日本各地で得られた本科標本を用いて分類を行い、また、亜科・族・属・種のこれまでの分布データをまとめて分布表と分布図を作成し、日本産各種の分布型の解析を行うとともに、日本産各種の成虫の色彩型を分類し、色彩型と分布パターンについての考察を行った。さらに、成虫と幼虫の生活史の調査を生息地において実施し、室内において粘菌類（変形菌類）を食物として幼虫を飼育し、観察を行った。

本研究の結果、日本産本科に 1 新属 25 新種を含む 4 亜科 10 族 25 属 129 種を認めた。

分布型については、日本産本科の属の分布表を作成し解析を行った結果、7 つの分布型を認めた。これにより、日本産本科には、ヒマラヤから日本にかけての地域に分布するタイプの属が多いことを明らかにした。また種の分布表からは、日本産本科には日本固有種が多いことを確認した。

成虫の色彩型については、日本産本科は、北海道から九州までの地域では 9 タイプの色彩型に、沖縄島では 3 タイプの色彩型に、それぞれ分類した。また、これらの色彩型のうち 6 タイプは日本各地に広く見られ、互いに重複することを確認したが、これらの他に、東日本に限定して見られる色彩型（前胸、上翅ともに黒色—上翅背面に数本赤色の縦筋をもつ）、西日本に限定して見られる色彩型（前胸、上翅ともに黒色—翅端に赤色紋をもつ）、本州中部の高地帯に限定して見られる色彩型（前胸赤色—上翅黒色）が存在し、それぞれの色彩型に属や種群が異なる種が含まれることを明らかにした。

生活史については、本科の幼虫は粘菌や微生物を摂食しながら齢数を重ねるが、蛹化の場所は属や種によって異なり、ムネアカテングベニボタル属 *Konoplatycis* とジュウジベニボタル属 *Lopheros* は朽木の内部、クロベニボタル属 *Cautires* のユアサクロベニボタルは樹皮下、ベニボタル属のタイワンベニボタル *Lycostomus formosanus* は朽木の表面で蛹化することを確認した。また、蛹化と羽化の時期は、カクムネベニボタル *Ponyalis quadricollis* のように晩秋から初冬にかけて蛹化・羽化し、成虫で越冬して早春に野外に出現するグループと、ヒメクシヒゲベニボタル *Macrolycus similaris* のように幼虫で越冬して、春から夏にかけて蛹化・羽化し、成虫が初夏から晩秋に出現するグループの大きく 2 つのグループに分かれることを明らかにした。本科の成虫の生活についても、多くの種は梅雨の時期に現れ、ホソベニボタル属 *Dilophotes*・ベニボタル属 *Lycostomus*・ハ

ナボタル属 *Plateros*・ツヤバネベニボタル属 *Calochromus* は訪花性があることを明らかにした。また、幼虫は歩行に適した脚をもち、朽木の表面や内部で活動するが、ツルグレン装置を用いた調査から林床のリター中にも生息することを確認した。

以上のように、本研究の結果、日本産本科に 1 新属 25 新種を含む 4 亜科 10 族 25 属 129 種を認めるとともに、7 つの分布型、9 タイプの成虫の色彩型を明らかにした。また、森林生態系内での本科の生態的地位について、幼虫が朽木につく粘菌や微生物を捕食することで腐食連鎖に関わること、一部の種の成虫が訪花性をもち花粉媒介者としての役割をもつ可能性があることを明らかにした。これらの成果は昆虫分類学や生態学などの基礎分野ばかりでなく、生物多様性保全などの緑地環境科学領域の発展に大きく寄与するものと考えられる。よって、本論文の審査ならびに学力確認の結果と併せて、申請者に対し、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。