

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07528

研究課題名(和文)動物地理区境界線「三宅線」を分布境界とする昆虫相形成過程の解明

研究課題名(英文)A study on the formation process of the Miyake's Line, a zoogeographic boundary between the Palaearctic and Oriental regions

研究代表者

矢後 勝也 (YAGO, MASAYA)

東京大学・総合研究博物館・助教

研究者番号：70571230

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：旧北区-東洋区間を隔てる動物地理区境界線の一つ「三宅線」を分布境界とした鱗翅類について複数領域の遺伝子マーカーによる分子系統解析と形態学的解析を行い、三宅線を挟んで南北に異なる昆虫相の遺伝的構造と形成過程を調査した。三宅線より北側の九州本土以北を構成する鱗翅類は50万年前、40万年前、17万年前、10万年前、8-9万年前以降と各種で異なる時期に恐らく朝鮮半島経由で大陸から進入して現在の分布を形成したことが判明した。一方、三宅線の南側の構成要素となる多くの鱗翅類は温暖化や人為的影響等による最近の北上で形成された可能性が高いことが示唆された。いくつかの種では今回の解析を基に分類学的再検討も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

旧北区-東洋区間を隔てる動物地理区境界線の一つ「三宅線」を分布境界とするチョウ・ガ類について、形態による分類学的再検討と分子系統地理学的解析によってその遺伝的構造と形成過程を明らかにするとともに、各種で少しずつ異なる分化と多様化の成立要因を解明した。この成果は最近ではあまり注目されない三宅線の動物地理区境界線としての重要性を再認識させるとともに、多様性生物学の主軸である系統分類学や生物地理学、保全生物学への貢献だけでなく、分岐年代を伴う生物地理学の情報に地史や気候変動の情報を重ねて議論したことで、古地理学や古気象学にも寄与することが期待される。

研究成果の概要(英文)：The Miyake's Line, which is located on the Osumi Strait between mainland Kyushu and the islands of Yakushima and Tanegashima, is considered to represent one of the zoogeographic boundaries between the Palaearctic and Oriental regions. Based on collected molecular and morphological data, we investigated the genetic structure and historical biogeography of several lepidopterans forming different faunas north and south of the Miyake's Line. Our results show that the lepidopterans that compose the northern fauna entered mainland Kyushu from the continent at various times such as about 0.5, 0.4, 0.17, 0.1 and 0.08-0.09 Mya, forming the present geographical distribution. On the other hand, most of the lepidopterans that compose the southern fauna may have formed the current distribution by expanding their distribution range toward the north, probably due to global warming and introduction in recent decades. Additionally, some species were taxonomically revised based on the analyses.

研究分野：昆虫自然史学、保全生物学

キーワード：動物地理区 分布境界線 チョウ類 生物地理 旧北区 東洋区 分子系統地理 自然史

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

動物地理区の旧北区と東洋区とを分断する境界の一つ「三宅線」は、主にチョウ類による地理的分布から江崎悌三が提唱し、夭逝した三宅恒方にちなんで命名された。この境界線は九州の大隅半島と屋久島・種子島との間の大隅海峡に引かれ、日本を南北に分割して存在する(図1)。命名の経緯として三宅(1919)が屋久島・種子島の昆虫相の研究からこの境界線を設けるのが妥当としたが、その後、江崎(1921, 1929)は日本産昆虫の地理的分布とその境界線を論じ、九州本土と屋久島・種子島との間に大きな昆虫相(主にチョウ類)のギャップがあると考え、三宅線を提唱した。本境界線より北方では旧北区系チョウ類が大半を占めるが、そのようなチョウ類は日本固有の亜種や種に分化していることが多い。ただし屋久島・種子島やトカラ列島を南限とするチョウ類もいくらか見られる。一方、三宅線より南では東洋区系の熱帯・亜熱帯種が占め、奄美～八重山では固有の種・亜種も存在する。温暖化による北上や食草の植樹等により、南限が九州本土まで拡大した種も少なくない。この背景には海水面の変動や島の隆起沈降に伴う分布域の分断や隔離、火山活動等が影響したと考えられる。日本は世界有数の生物多様性ホットスポットで、中でも三宅線のような分布境界線がどのような過程を経て成立したのかを明らかにすることは生物学的にも興味深い。この解明には多数の分類群での分子系統解析等が必須となるが、渡瀬線や蜂須賀線に関する分子系統地理学的研究は様々な動物群で見られるものの、三宅線に焦点を当てた分子系統学的研究等は見当たらず、三宅線の重要性を再検討した研究もない。一方、研究代表者の予備的研究(Yago *et al.*, 2008; 矢後, 2008)では、チョウ類各種により遺伝的分化、分散パターンや分岐年代が異なることが明らかになりつつある。そこで詳細な分子系統解析を多数の分類群で行い、その結果を統合して初めて三宅線の形成過程の全体像を把握できる。



図1. 旧北区—東洋区間を隔てる国内での代表的な動物地理区境界線。

2. 研究の目的

旧北区—東洋区間を隔てる動物地理区境界線の一つ「三宅線」を分布境界とした昆虫、特に鱗翅類(チョウ・ガ)について形態による分類学的再検討と複数の遺伝子を用いた分子系統解析や集団遺伝学的解析を行い、「三宅線」を挟んで南北に異なる昆虫相の遺伝的構造と形成過程を明らかにすると共に、各分類群で少しずつ異なる分化と多様化の成立要因を解明する。また分岐年代を伴う生物地理学的情報に地史や気候変動の情報を重ねて過去を復元することで、系統分類学や生物地理学だけでなく古地理学や古気象学に寄与し、さらに保全生物学への貢献も目指す。

3. 研究の方法

対象種として生息環境や系統がそれぞれ異なる以下の旧北区系種(=北)と東洋区系種(=南)を選定した: 1) フジミドリシジミ(北)、2) オオルリシジミ(北)、3) イワカワシジミ(南)、4) アマミウラナシジミ(南)。また、研究代表者らの先行研究がある以下の種も扱った: 5) シルビアシジミ(北)、6) ヒメシルビアシジミ(南)、7) クロツバメシジミ(北)。また、付随的に以下の種も対象に加える: 8) ツシマウラボシシジミ(北)、9) リュウキュウウラボシシジミ(南)、10) フタオチョウ(南)。その他に数種のジャノメチョウ類やガ類なども収集したが、解析データが得られるほどの十分なサンプル数が集まらなかったため、今回の解析からは除外した。野外調査や標本調査によりサンプル収集し、合わせて分布情報や形態学的情報を集積するとともに、得られたサンプルから分子系統解析を行った。用いた遺伝子領域は、先行研究で有効な結果を得ているmtDNAのCOI、ND5遺伝子および核ゲノム上のEF-1alpha、Wingless遺伝子等をPCR法で増幅し、塩基配列を決定して各分類群の遺伝的分化や系統関係を解析した。解読された分子データから分子時計を仮定した分岐年代の推定を各分類群で行った。最終的に全解析結果を統合して上記分類群の遺伝的分化と分布の形成過程を復元し、過去の地史や気候変動等の情報と対応させ、「三宅線」を分布境界とする昆虫相の形成過程の実像を探った。一部の分類群については形態学的再検討も行い、遺伝的類縁関係も反映した新たな分類体系の構築も試みた。この成果は学会発表や論文出版の他、博物館でのウェブ上や展示によって社会に広く公開発信した。

4. 研究成果

(1) 旧北区系種

今回扱った鱗翅類10種のうち、旧北区系種は5種である。これらの解析結果は以下の通り。

フジミドリシジミ: 日本固有のフジミドリシジミと台湾にタイワンフジミドリシジミ(タニカドミドリ)、中国にタイリクフジミドリシジミの3種が知られるフジミドリシジミ属全体の分布形成過程と分岐年代推定を行った(Zhuang *et al.*, 2017; 矢後ら, 2017; 矢後, 2018, 2019)。その結果、本属の共通祖先は更新世中期に日本と台湾にそれぞれ分散し、一方は朝鮮半島経由で大陸か

ら九州本土を含む日本に進入し、40 万年前以降に隔離されて現生のフジミドリに種分化したと考えられた (図 2)。その後の本種は国内で南北に分岐し、遺伝的に離れた 2 群が形成されたが、その分岐年代は 15-2 万年前で、更新世後期の最終氷期の時期と一致した。他方は現在のタイリクフジミドリに分化後、約 27 万年前に中国中部と中国南部の 2 群に分かれてそれぞれ隔離され、中国南部個体群の一部が最近になって台湾に進入してタイワンフジミドリとして分布を形成したものと推定された。本属は食樹としてブナ属各種に依存するが、中国東北部と朝鮮半島での現在のブナ属の非分布は、最終氷期におけるブナ属の絶滅に起因するものと推測された。

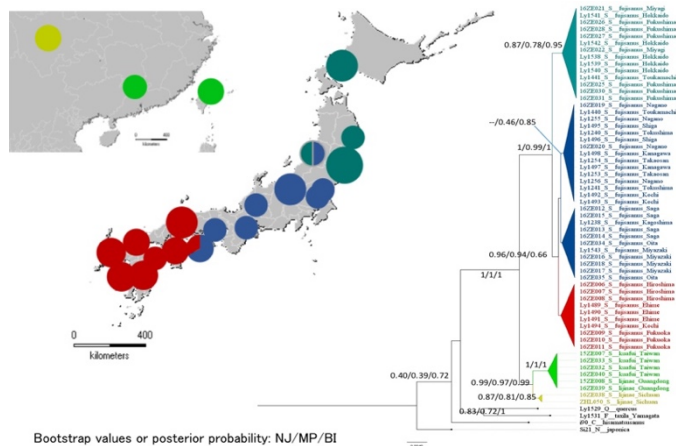


図 2. mtDNA・核 DNA に基づいたフジミドリシジミ属の分子系統樹。

オオルリシジミ：東アジアにのみ産し、日本国内では本州亜種と九州亜種に分化している本種の mtDNA と核 DNA の分子データに基づいて分子系統樹とハプロタイプネットワークを構築して東アジアとその周辺域での系統地理を明らかにした (伊藤ら, 2017, 2018 など)。本種の系統地理パターンは地史、更新世の気候変動、食餌植物の分布と関連するものと考えられた。特に大陸からおそらく朝鮮半島経由で進入した日本産の 2 亜種のうち、九州亜種の祖先は約 40 万年前に少なくとも九州に進入して独自の個体群を形成したと思われる結果が得られた。一方で本州亜種の祖先は約 10 万年前に大陸から進入し、独自の亜種に分化した可能性が高いことが判明した。

シルビアシジミ：シルビアシジミ属の分子系統解析を先行研究で行ったが (Yago et al., 2008)、データを追加して種分化や分布形成過程を再検討した。本属内を構成する全 3 種の共通祖先は約 250 万年前に各種の祖先に分岐したが、この頃から約 4 万年周期で起こる氷期と間氷期の激しい変動が始まった時期と一致する。続いて約 100 万年以降から 10 万年周期でさらに激しい気温の変動が起こり始めたが、最も激しくなる 50 万年前以降にシルビアシジミは大陸から九州本土を含む日本に進入し、日本-朝鮮半島の個体群が独自の亜種に分化したことが判明した。

クロツバメシジミ：本種の分子系統地理は先行研究で行ったが (Jeratthitikul et al., 2013, 2014)、国内への進入や分布形成過程をさらに検討した。国内に東日本亜種、中国地方・四国・九州内陸亜種、九州沿岸亜種の 3 つの亜種が知られるが、ツメレンゲを主食とする東日本亜種の祖先集団が約 29 万年前に朝鮮半島経由で日本に進入し、その後の氷期に伴ってこの集団はさらに大きく二分し、東日本亜種と中国地方・四国・九州内陸亜種に分化したと思われる。また、約 17 万年前と 9 万年前にタイトゴメを主食とする九州沿岸亜種の祖先集団が朝鮮半島から進入し、最終氷期の最寒冷期 (2 万年前) にも対馬個体群が進入し、現生の亜種に分化したものと推測された。

ツシマウラボシシジミ：東洋区の中・南琉球に生息するリュウキュウウラボシシジミと比較するため、旧北区寄りに分布圏を持ち国内では九州・対馬にのみ産する近縁種ツシマウラボシシジミの分子系統地理学的解析を行った (矢後ら, 2018 ; 谷尾ら, 2017, 2018 など)。本種は北インドとミャンマー北部、飛び離れて中国東部~インドシナ北東部、台湾、そして日本の対馬に局地的に産するが、日本個体群の祖先は氷期と間氷期の激しい変動期間の 8-9 万年前以降におそらく大陸から朝鮮半島経由で照葉樹林帯の移動と共に日本に進入し、対馬で偶然隔離されて現生に至ることが考えられた。日本個体群はシカ食害の影響で絶滅寸前に陥っているが、個体群の激滅により強いボトルネックが掛かっていることも示唆され、近親交配による近交弱勢が危ぶまれる。

(2) 東洋区系種

イワカワシジミ：サンプル数や産地数が不十分であるが mtDNA のみでの分子系統解析を行った結果、琉球列島に進入した最も古い祖先集団は更新世中期と推定され、おそらく国内には複数回入り込み、中琉球からなるクラスターと南琉球からなるクラスターに分けられ、これらはお互いに遺伝的距離がやや大きいことが判明した。また、屋久島産は 1 個体のみだが、中琉球のクラスターとほぼ同一のハプロタイプが検出された。国内での本種の分布は屋久島を北限として、奄美群島~八重山列島の森林帯やその隣接地に生息するが、2000 年代前半までは奄美大島が北限とされていたこと、植栽されやすいクチナシを食樹とすること、屋久島産個体と中琉球産の個体群との遺伝的差異はほぼ見られなかったこと、トカラ列島には産しないことなどを考慮すると、屋久島産は植栽などに伴う人為的な導入により中琉球から侵入、拡大した可能性がある。

アマミウラナミシジミ：三宅線を定着地の北限とする代表的な種だが、しばしば九州本土でも迷チョウまたはその一時発生として記録される。海外を含めた十分なサンプル数は得られなかったが、mtDNA のみの分子系統地理学的解析を試みたところ、少なくとも台湾から琉球列島にかけての遺伝的変異はほとんど検出できなかった。迷チョウとして九州本土や四国南部で記録されることから、元々の移動能力は高いものと思われ、特に温暖化などで徐々に北上してきたかもしれない、琉球列島全域での移動や他地域からの流出入も頻繁である可能性が示唆された。

ヒメシルビアシジミ：三宅線のすぐ南側を北限とする本種の分子系統地理学的解析を先行研

究 (Yago et al., 2008) と合わせて行った。本種の祖先は 250 万年前に出現して現生種に分化し、琉球には少なくとも約 130 万年以降から激しい気温の変動に伴って繰り返し流入があったことが示された。海岸に生えるコマツブウマゴヤシを食草とすることも本種の移動を助長したと思われる。また 1990 年代までの北限は渡瀬線のすぐ南方に位置する小宝島と考えられ、その後の温暖化や土砂・食草の移動に伴う導入等によりさらに北方へ分布拡大したものと推定された。

リュウキュウウラボシジミ：三宅線が境界線ではないがそのすぐ南側の中・南琉球以南の森林帯に分布し、国内では固有亜種を構成する本種の分子系統地理学的解析を行った。その結果、130 万年ほど前に大陸から琉球に本亜種の祖先が進入し、やがて固有亜種にまで分化して 18 万年前後以降に中琉球と南琉球の個体群に分かれた可能性が導かれた。斑紋的には大陸を含む東洋区に分布する他亜種と類似するが、遺伝的にはかなり分化していることが示唆された。

フタオチョウ：国内では沖縄島と周辺離島にのみ産する固有亜種だが、2017 年から未記録だった奄美大島にて多数確認されている。そこでフタオチョウ属の分子系統解析を行った Toussaint et al. (2015) によるデータも用いながら中琉球で分布を形成してきた本種の分岐年代推定と奄美大島産個体群の由来を調査した。沖縄産の祖先は約 150 万年前に大陸から進入して長期間隔離され、現在の固有亜種に分化したと考えられた。また、奄美大島産は沖縄産と同一のハプロタイプが検出されたことから、本種の低い移動性を考慮すると沖縄産が人為的導入により奄美大島に侵入し、空きニッチに急増した可能性が高い。大陸産や台湾産と比較して遺伝的にも形態的にも大きな差異があることから Toussaint et al. (2015) では沖縄産が独立種として扱われている。

(3) 分類学的再検討

フジミドリシジミ属：本属には日本固有のフジミドリシジミ、台湾にタイワンフジミドリシジミ、中国にタイリクフジミドリシジミの 3 種が知られるが、分子系統解析の結果、フジミドリとタイワンフジミドリの単系統性は支持されたが、タイリクフジミドリはタイワンフジミド리를内包し、その単系統性は支持されなかった。さらに翅の斑紋と雌雄交尾器の形態を再検討した結果、雄の斑紋と雌交尾器に若干の相違が見出された程度で両種は同種と見なされたため、タイリクフジミドリは学名上先行するタイワンフジの亜種とするのが妥当と考えられた。

オオルリシジミ：国内には本州亜種と九州亜種の 2 亜種が生息し、大陸には名義タイプ亜種、ウスリー島亜種、陝西省亜種の 3 亜種が知られるが、分子系統解析を行ったところ九州亜種と本州亜種は単系統性が強く支持されたが、大陸産ではウスリー島亜種を除いて各亜種の単系統性は支持されなかった。名義タイプ亜種と陝西省亜種との比較では斑紋変異が重なる可能性があるが、陝西省産の被検個体数が少ないために明確な結論は導けず、将来の課題として残された。

ツシマウラボシジミ：北インドとミャンマー、中国、ベトナムに名義タイプ亜種、台湾に台湾亜種、日本の対馬に対馬亜種の計 3 亜種が知られるが、分子データによる解析から名義タイプ亜種のクラスターは大きく二分され、中国産の名義タイプ亜種は遺伝的多様性が高い台湾亜種とハプロタイプを共有し、対馬亜種は固有のハプロタイプを持つものの、台湾・中国の集団に極めて近縁なことが示唆された。一方でミャンマー産の名義タイプ亜種は他の地域と遺伝的に大きく離れていた。種分類でよく用いられる雄交尾器と翅の斑紋を比較検討したところ、互いに別種と考えられるほどの大きな形態差は見出されなかったが、さらなる再検討が必要と思われる。

(4) 「三宅線」の形成過程

三宅線より北側の九州本土以北を構成する旧北区系の鱗翅類は 50 万年前、40 万年前、29 万年前、17 万年前、10 万年前、8-9 万年前以降と各種で異なる時期に大陸から進入し、現在の分布を形成したことが明らかとなった。約 100 万年以降から 10 万年周期で激しい気候変動が起こり始めたが、最も激しくなる 50 万年前以降の氷期の繰り返しにより、これら旧北区系の鱗翅類は大陸から朝鮮半島経由で九州を含む日本本土に複数回進入したと考えられる。ただし屋久島・種子島の鱗翅類は九州本土と共通する種も多く、調査したシルビアシジミのように三宅線を越えて屋久島・種子島を南限とするチョウ類は 16 種ほど知られる。他にも過去に三宅線を越えて南下し、屋久島・種子島まで到達した種が存在した可能性はある。それでも現在は非分布となっている理由として、鹿児島県本土を南限とする森林性のフジミドリシジミや食樹ブナを例に挙げると、南九州の陸地や生物相に壊滅的打撃を与えた約 3 万年前に起こった始良カルデラの巨大噴火が影響してブナ帯が南下できず、火山性草原の形成後に当時の温暖な気候から照葉樹林のみが発達して最終氷期の約 1 万 2 千年前の陸続きの時代にも屋久島まで到達できなかったか、あるいは 7300 年前の鬼界カルデラの大噴火で起こった幸屋火砕流によって屋久島・種子島を中心に南九州で森林帯の消滅が起こり、その後の温暖化の影響でやはり屋久島に渡れなかったなどの可能性が考えられる。おそらく同様の過程で屋久島・種子島に棲めなかった森林性鱗翅類は多いと思われる。また、オオルリシジミのような草原性種では、上記の噴火後の広大な火山性草原が形成された時代に分布域を屋久島・種子島まで広げていた時期があったかもしれないが、やがて温暖な気候により照葉樹林を主体とした森林帯に覆われて生息環境が消滅した可能性が高い。

一方で、三宅線直下の屋久島・種子島を北限とする南側の東洋区系要素となる鱗翅類の多くは、最近の温暖化による北上および植栽、混入などの人為的な導入により形成された可能性が高いことが示唆された。琉球列島には固有の種・亜種に分化した鱗翅類は少なからず生息するものの、「三宅線」を境界線として分化したと思われる鱗翅類はほとんど見られない。琉球列島固有の種・亜種は奄美群島～八重山列島を構成する中・南琉球に集中し、遺伝的な固有性も高く、森林

を好む生態的特性を持つなどの共通の特徴が見られ、今回解析したチョウ類ではリュウキュウウラボシジミやフタオチョウなどがこれに当たる。これに対して北琉球まで分布しながら三宅線がおよその北限となっているアマミウラナミジミやヒメシルビアジミは、移動能力が高いために琉球列島内での遺伝的固有性が認められず、国外とほぼ同一の遺伝子配列も見られ、その北限付近の分布も安定していない傾向にある。また、もう一つの三宅線を分布北限とするイワカワジミは琉球列島での遺伝的固有性が高いものの、北琉球唯一となる屋久島での分布は人為的な導入と推定されたことから、琉球列島での本来の分布域は中・南琉球と考えられる。

このように「三宅線」は、南域の東洋区要素を持つ鱗翅類の種に対して明確な分布境界線としての役割をあまり担っていないように見える。その一方で、北域の旧北区系要素を持つ種に対しては、最近の火山噴火の影響を強く受けているものの、氷期・間氷期の繰り返して積み重ねられてきた高い種多様性を備えた分布境界線としての機能を十分果たしている。これは前述のように三宅線を越えて屋久島・種子島を南限とするチョウ類が16種程度であるのに対し、三宅線そのものを南限とするチョウ類が30種以上(福田, 2020)、これに九州本土を南限とするチョウを加えるとその種数はさらに倍増(矢後ら, 2019)することからも裏付けられる。旧北区-東洋区間を隔てる動物地理区境界線として他に渡瀬線や蜂須賀線などの重要な境界が知られるが、旧北区寄りから見れば三宅線も意義のある分布境界線として再認識される必要があるだろう。

(5) その他

今回の調査で得られたサンプルやデータを用いて本課題と関連する以下の研究も行った。

シジミチョウ科ゼフィルス類：分布記録を集積したデータセットやGISシステム等を用いてユーラシアに産するゼフィルス類の固有地域と種豊富度の中心地を探る解析を行った(Zhuang et al., 2017)。本群には主に4つの分布パターンが示され、固有地域と種豊富度の中心地は中国中～南部、ヒマラヤ、そしてインドシナ北部にあることが判明し、中国にレフュージアの存在が示唆されている第四紀植生復元の結果と一致することや、23-24百万年前の東アジア北緯25°~35°の温帯域に起源があることが強く示唆された。また新生代の造山運動が、特に各固有地域の中心で種分化をさらに加速させ、その一部が日本にも到達し、現在の分布を形成したことが判明した。

セセリチョウ科：セセリチョウ科120属以上を用いてアンカー・ハイブリッド濃縮法により約400 loci をシーケンスし、本科全体の分子系統解析を行い、新たな系統関係が示された(Toussaint et al., 2018)。アオバセセリ亜科がまず初期分化を起こし、次にラッフルズセセリ亜科はアオバセセリ亜科以外の残りの亜科と姉妹群を形成した。オナガセセリ亜科+チャマダラセセリ亜科の単系統性は強く支持され、後者に含まれる族間において新たに強固な系統関係が構築された。

セセリチョウ科イチモンジセセリ属：*Parnara* 属全10種を用いて分子系統解析を行い、分類学的再検討と系統地理学的考察を行った(Huang et al., 2019)。マダガスカルの *P. naso* の亜種 *poutieri* が種に昇格して計11種を認めた。本属の共通祖先は漸新世中期に生じ、中新世後期から鮮新世後期にアジア、オーストラリア、アフリカで分化を起こし、その後の分散と拡大がアジアとアフリカでの多様化に繋がったと考えられた。興味深いのはオガサワラセセリの系統的位置で、イチモンジセセリと中国南部～インドシナ産の *P. batta* で形成されるクレードの姉妹群となった。さらに本種の祖先は鮮新世中期に小笠原へ進入して種分化したものと推定された。

タテハチョウ科ミスジチョウ属：主に旧世界に分布する膨大な種を含んだミスジチョウ属 *Neptis* の23種群のうち22種群を用いて89 loci のデータから次世代シーケンシング解析により本属内の系統関係を再構築しながら各種群の単系統性を検証した(Ma et al., 2020)。旧北区、東洋区、オーストラリア区に生息する各種群のうち半数近くで単系統性が支持されなかったことから種群を再定義した。また、別属とされてきた *Lasippa heliodore* と *Phaedyma amphion* の2種は属内に内包され、旧来の本属は単系統群ではないことが判明した。そのためにこれら2種は *Neptis* 属に移され、それぞれ *Neptis heliodore* と *Neptis amphion* への学名変更も行われた。

標本調査と文献調査による分布情報の集積：最近の分布情報は文献で集積可能なため、博物館所蔵の戦前の古い昆虫標本の分布情報を調査した。一部の成果は東京大学総合研究博物館での標本・資料報告での出版(Yago et al., 2019)や博物館ホームページ内の博物館データベース上で公開した(Kishida et al., 2018; Yago et al., 2018)。これにより三宅線で仕切られる鱗翅類の分布データの基盤を整えた。一方、昆虫専門誌や同好会誌の情報も集積し、対象種の分布の変遷や現在の分布を把握した。この成果の一部は昆虫の専門誌でも出版した(矢後, 2017, 2018, 2019, 2020)。

(6) 公开发信

前述のような論文・書籍の出版、学会発表、ホームページでの公開等の他、東京大学総合研究博物館や他機関との共催による展示や展示図録、本館機関誌でも社会に向けた研究の公开发信を広く行った。具体的には2017年の「東大昆虫館」(文京区教育センター)、「東京大学の昆虫標本がやってくる！」(練馬区立稲荷山図書館)、2018年の「珠玉の昆虫標本 - 江戸から平成の昆虫研究を支えた東京大学秘蔵コレクション -」(東京大学総合研究博物館)、「特別展昆虫」(上野国立科学博物館)、「博物学に学ぶ進化と多様性」(東京大学駒場博物館)、「藤岡蝶類コレクションと昆虫学の現在」(中部大学蝶類研究資料館)、「オオゴマダラのふるさと沖縄」(石川県ふれあい昆虫館)、2019年の「藤岡蝶類コレクションと蝶学のたのしみ」(中部大学蝶類研究資料館)である。このうち「珠玉の昆虫標本」は日本最大の空間デザインアワードの日本空間デザイン賞2019エキシビジョン・プロモーション空間部門で「金賞」を受賞する高い評価も受けている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yago, M., Katsuyama, R., Ito, H., Tanio, T., Hoshizaki, S., Shimada, T. and Ishikawa, Y.	4. 巻 (119)
2. 論文標題 Catalogue of the Insect Collection of Prof. Chujiro Sasaki and Associated Researchers, The University Museum, The University of Tokyo. Part I (Lepidoptera: Rhopalocera)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The University Museum, The University of Tokyo, Material Reports	6. 最初と最後の頁 1-274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 矢後勝也	4. 巻 (579)
2. 論文標題 2018年の昆虫界をふりかえって - 蝶界 (I) -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 月刊むし	6. 最初と最後の頁 2-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 矢後勝也	4. 巻 (580)
2. 論文標題 2018年の昆虫界をふりかえって - 蝶界 (II) -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 月刊むし	6. 最初と最後の頁 28-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ma, L., Zhang, Y., Lohman, D. J., Wahlberg, N., Ma, F., Nylin, S., Janz, N., Yago, M., Aduse-Poku, K., Peggie, D., Wang, M., Zhang, P. and Wang, H.	4. 巻 12435
2. 論文標題 A phylogenetic tree inferred with an inexpensive PCR-generated probe kit resolves higher-level relationships among Neptis butterflies (Nymphalidae: Limenitidinae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Systematic Entomology	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/syen.12435	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Sato, D., Ueda, S., Nakahama, N., Izuno, A., Isagi, Y., Yago, M. and Hirai, N.	4. 巻 31 (1)
2. 論文標題 Development of microsatellite markers for the endangered butterfly <i>Zizina emelina</i> (de l'Orza, 1869) (Lepidoptera: Lycaenidae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Environmental Entomology and Zoology	6. 最初と最後の頁 21-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢後勝也	4. 巻 (567)
2. 論文標題 2017年の昆虫界をふりかえって - 蝶界 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 月刊むし	6. 最初と最後の頁 2-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢後勝也	4. 巻 (258)
2. 論文標題 2017年の昆虫界をふりかえって・蝶界 - 補遺 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 やどりが	6. 最初と最後の頁 25-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢後勝也・洪 恒夫	4. 巻 23 (1)
2. 論文標題 本館特別展示「珠玉の昆虫標本 - 江戸から平成の昆虫研究を支えた東京大学秘蔵コレクション」	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ouroboros	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toussaint, E. F. A., Breinholt, J. W., Cason, C. E., Warren, A. D., Brower, A. V. Z., Yago, M., Espeland, M., Pierce, N. E., Lohman, D. J. and Kawahara, A. Y.	4. 巻 18
2. 論文標題 Anchored phylogenomics illuminates the skipper butterfly tree of life (Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperidae).	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 BMC Evolutionary Biology	6. 最初と最後の頁 101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1186/s12862-018-1216-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 矢後勝也・小藪大輔・佐々木猛智・米田 穰・佐宗亜衣子・折茂克哉・伊藤元己	4. 巻 23 (2)
2. 論文標題 博物学に学ぶ進化と多様性 - 市民公開講座「博物標本から進化を語る」と関連して -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ouroboros	6. 最初と最後の頁 9-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢後勝也・谷尾崇・伊藤勇人・遠藤秀紀・中村康弘・永幡嘉之・水落渚・関根雅史・神宮周作・久壽米木大五郎・伊藤雅男・清水聡司・平井規央・佐々木公隆・小沢英之・王敏・徐育峰・山本以智人・松木崇司	4. 巻 54 (2)
2. 論文標題 最絶滅危惧チョウ類・ツシマウラボシシジミの現状と保全	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 昆虫と自然	6. 最初と最後の頁 21-24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakamoto, Y. and Yago, M.	4. 巻 21 (3)
2. 論文標題 Potential for intersecific hybridization between <i>Zizina emelina</i> and <i>Zizina Otis</i> (Lepidoptera: Lycaenidae).	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Insect Conservation	6. 最初と最後の頁 509-515
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1007/s10841-017-9991-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 矢後勝也・伊藤勇人・高尚均・王敏	4. 巻 52 (10)
2. 論文標題 海外産オオルリシジミの分布と生息環境	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 昆虫と自然	6. 最初と最後の頁 12-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢後勝也・遠藤秀紀	4. 巻 22 (1)
2. 論文標題 東大昆虫館	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ouroboros	6. 最初と最後の頁 5-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢後勝也	4. 巻 555
2. 論文標題 2016年の昆虫界をふりかえって. - 蝶界 -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 月刊むし	6. 最初と最後の頁 2-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢後勝也	4. 巻 253
2. 論文標題 2016年の昆虫界をふりかえって・蝶界. - 補遺 -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 やどりが	6. 最初と最後の頁 42-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢後勝也	4. 巻 21 (1)
2. 論文標題 昆虫学の最近の進歩と今後の展開：保全生物学・自然保護	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 昆虫（ニューシリーズ）	6. 最初と最後の頁 48-58
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zhuang, H., Yago, M., Settele, J., Li, X., Ueshima, R., Grishin, N. V. and Wang, M.	4. 巻 13(1)
2. 論文標題 Species richness of Eurasian Zephyrus hairstreaks (Lepidoptera: Lycaenidae: Theclini) with implications on historical biogeography: an NDM/VNDM approach.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0191049
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191049	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Huang, Z., Chiba, H., Guo, D., Yago, M., Braby, M. F., Wang, M. and Fan, X.	4. 巻 139
2. 論文標題 Molecular phylogeny and historical biogeography of Parnara butterflies (Lepidoptera: Hesperiiidae).	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecular Phylogenetics and Evolution	6. 最初と最後の頁 106545
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.106545	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 矢後勝也
2. 発表標題 チョウ類の分子系統地理 - 日本固有種・固有亜種の形成過程を探る -
3. 学会等名 昆虫DNA研究会・中部大学蝶類研究資料館共催公開シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢後勝也
2. 発表標題 シジミチョウ科幼虫が備える好蠟性器官の多様性
3. 学会等名 第35回国際生物学賞記念シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢後勝也
2. 発表標題 東京大学総合研究博物館所蔵の注目すべきチョウ類標本 - 明治～大正期のコレクションを中心に -
3. 学会等名 日本蝶類学会2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢後勝也
2. 発表標題 日本産チョウ類の分子系統地理：絶滅危惧種のルーツを探る
3. 学会等名 日本進化学会第20回大会・市民公開講座「博物標本から進化を語る」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷尾 崇・伊藤勇人・中村康弘・永幡嘉之・水落 渚・関根雅史・神宮周作・久壽米木大五郎・伊藤雅男・平井規央・佐々木公隆・小沢英之・王 敏・徐育峰・佐藤直人・遠藤秀紀・矢後勝也
2. 発表標題 国内希少種ツシマウラボシシジミの生息域外・域内保全に関する研究
3. 学会等名 日本昆虫学会第78回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢後勝也
2. 発表標題 東京大学総合研究博物館での昆虫展示とその関連イベントの取り組み - 小中高生向けの教育普及活動を中心に -
3. 学会等名 日本昆虫学会第78回大会・昆虫担当学芸員協議会小集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷尾 崇・伊藤勇人・中村康弘・永幡嘉之・水落 渚・関根雅史・神宮周作・久壽米木大五郎・伊藤雅男・平井規央・佐々木公隆・小沢英之・王 敏・徐育峰・佐藤直人・遠藤秀紀・矢後勝也
2. 発表標題 国内希少野生動植物種ツシマウラボシジミの分子系統と保全
3. 学会等名 日本鱗翅学会第65回松本大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢後勝也
2. 発表標題 東京大学総合研究博物館所蔵の注目すべきチョウ類 - 2018年特別展示「珠玉の昆虫標本」の展示標本から -
3. 学会等名 日本鱗翅学会第65回松本大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢後勝也・谷尾崇・伊藤勇人・中村康弘・永幡嘉之・水落渚・関根雅史・神宮周作・久壽米木大五郎・伊藤雅男・平井規央・佐々木公隆・小沢英之・徐育峰・佐藤直人
2. 発表標題 最絶滅危惧チョウ類ツシマウラボシジミの生息域内・域外保全に関する研究
3. 学会等名 日本鱗翅学会第65回松本大会・自然保護小集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢後勝也
2. 発表標題 日本産チョウ類の現状と課題
3. 学会等名 日本鱗翅学会第10回自然保護セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢後勝也
2. 発表標題 シジミチョウ科幼虫における好蟻性器官の多様性
3. 学会等名 第63回日本応用動物昆虫学会・好蟻性集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢後勝也
2. 発表標題 昆虫学の最近の進歩と今後の展開：保全生物学・自然保護
3. 学会等名 日本昆虫学会第77回大会（学会創立100周年記念公開シンポジウム）（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Zhuang, H., Odagiri, K., Yago, M., Hsu, Y.-F. and Wang, M.
2. 発表標題 Systematics and phylogeography of hairstreak butterfly <i>Sibatanozephyrus</i> (Lepidoptera: Theclini).
3. 学会等名 日本昆虫学会第77回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 シジミチョウ科フジミドリシジミ属の分類学的再検討と分子系統地理
2. 発表標題 矢後勝也・庄海玲・小田切顕一・徐育峰・王敏
3. 学会等名 日本鱗翅学会第64回仙台大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤勇人・高 尚均・王 敏・矢後勝也
2. 発表標題 海外産オオルリシジミの分布と生息環境
3. 学会等名 日本鱗翅学会関東支部会2017年秋大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Zhuang, H., Odagiri, K., Yago, M., Hsu, Y.-F. and Wang, M.
2. 発表標題 Molecular phylogeography of <i>Sibatanozephyrus</i> (Lycaenidae: Theclini).
3. 学会等名 日本鱗翅学会関東支部会2017年秋大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 矢後勝也・谷尾崇・伊藤勇人・中村康弘・永幡嘉之・水落渚・関根雅史・神宮周作・久壽米木大五郎・伊藤雅男・平井規央・佐々木公隆・小沢英之・徐育峰・佐藤直人
2. 発表標題 最絶滅危惧チョウ類ツシマウラボシシジミの 生息域外・域内保全に関する研究
3. 学会等名 日本蝶類学会2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤勇人・王 敏・矢後勝也
2. 発表標題 中国陝西省西部のチョウ類 - オオルリシジミ調査と共に -
3. 学会等名 日本蝶類学会2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤勇人・阿部芳久・三浦一芸・村田浩平・山下秀次・高尚均・王 敏・矢後勝也
2. 発表標題 分子系統解析で解き明かすオオルリシジミの遺伝的多様性
3. 学会等名 日本鱗翅学会関東支部会2018年春大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 矢後 勝也（編著）	4. 発行年 2018年
2. 出版社 東京大学出版会	5. 総ページ数 166
3. 書名 珠玉の昆虫標本 - 江戸から平成の昆虫研究を支えた東京大学秘蔵コレクション	

1. 著者名 矢後勝也（国立科学博物館・読売新聞社編）	4. 発行年 2018年
2. 出版社 読売新聞社・フジテレビジョン	5. 総ページ数 66-67
3. 書名 生息域内外での昆虫保全の取り組み（「特別展昆虫」の1パート）	

1. 著者名 矢後勝也ほか4名（日本チョウ類保全協会編）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 誠文堂新光社	5. 総ページ数 344
3. 書名 フィールドガイド日本のチョウ 増補改訂版	

1. 著者名 矢後勝也（監修）・工藤誠也（著）	4. 発行年 2018年
2. 出版社 ナツメ社	5. 総ページ数 336
3. 書名 美しい日本の蝶図鑑	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>中部大学蝶類研究資料館企画展「藤岡蝶類コレクションと蝶学のたのしみ」（中部大学蝶類研究資料館） https://www3.chubu.ac.jp/museum_of_butterfly/news/25180/ 東京大学総合研究博物館特別展「珠玉の昆虫標本 - 江戸から平成の昆虫研究を支えた東京大学秘蔵コレクション -」（東京大学総合研究博物館）[日本空間デザイン賞2019「金賞」受賞] http://www.um.u-tokyo.ac.jp/exhibition/2018konchu_description.html 特別展昆虫（上野国立科学博物館） https://www.kahaku.go.jp/exhibitions/ueno/special/2018/konchu/ 東京大学駒場博物館特別展「博物学に学ぶ進化と多様性」（東京大学駒場博物館） http://museum.c.u-tokyo.ac.jp/2018.html#Evolution2018 石川県ふれあい昆虫館・東京大学総合研究博物館共催展示「オオゴマダラのふるさと沖縄」（石川県ふれあい昆虫館） http://www.furekon.jp/images/topics/180714_2.jpg 中部大学蝶類研究資料館・東京大学総合研究博物館・三河昆虫研究会共催展示「藤岡蝶類コレクションと昆虫学の現在」（中部大学蝶類研究資料館） https://www3.chubu.ac.jp/museum_of_butterfly/news/23969/ スクール・モバイルミュージアム展「東大昆虫館」（文京区教育センター） http://www.um.u-tokyo.ac.jp/exhibition/2017konchu.html Catalogue of the Insect Collection of Prof. Chujiro Sasaki and associated researchers, The University Museum, The University of Tokyo. Part I (Lepidoptera: Rhopalocera) http://umdb.um.u-tokyo.ac.jp/DDoubutu/Sasaki/Rhopalocera/en/index.php</p>
--

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	王 敏 (Wang Min)	華南農業大学・昆虫学系・教授	昆虫系統分類学

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	徐 育峰 (Hsu Yu-Feng)	国立台湾師範大学・生命科学專業学院・教授	昆虫系統分類学
連携 研究者	池田 博 (Ikeda Hiroshi) (30299177)	東京大学・総合研究博物館・准教授 (12601)	植物系統分類学