

## カワゲラ類の基本形は「薄い」卵殻構造である ～従来の進化体系を覆す新たなシナリオ～

カワゲラは、成虫は陸生ですが、幼虫は水生で良好な水環境に生息することから、水質の指標生物として重要な昆虫です。分類学上、カワゲラ目は主に北半球に生息するキタカワゲラ亜目と、南半球にのみ生息するミナミカワゲラ亜目というように、地理的に大きく2つに分けられます。これらの系統学的議論を深めることは、カワゲラ目が所属する多新翅類だけでなく、昆虫全体の進化を理解する上で重要な役割を果たすと考えられます。しかしながら、研究対象の主流はキタカワゲラ亜目に偏っており、ミナミカワゲラ亜目に関する詳細な研究はほとんど進んでいません。

カワゲラ類の卵殻には、種によって「厚い」と「薄い」ものがあります。今回の研究では、ニュージーランド産のミナミカワゲラ亜目3科5種のカワゲラの卵について、走査型電子顕微鏡や透過型電子顕微鏡を用いた観察を行い、詳細な構造を解明しました。その結果、カワゲラ類の卵殻は、これまで考えられていたこととは異なり、「薄い」ものが基本形であることが分かりました。

さらに、カワゲラ類の卵は、水中で基質に接着することが知られていますが、その接着構造の詳細を、ミナミカワゲラ亜目について解明しました。得られたデータを、キタカワゲラ亜目の接着構造と比較検討し、カワゲラ類の卵の接着構造は、それぞれの亜目で独立に獲得されたものであることを示しました。

本研究成果は、ミナミカワゲラ亜目の卵構造の詳細を、世界で初めて明らかにしたものであり、カワゲラ類のみならず、昆虫全体の系統進化学的な議論の進展に大きく貢献すると考えられます。

### 研究代表者

筑波大学生命環境系

町田 龍一郎 特命教授

## 研究の背景

昆虫綱カワゲラ目は、南半球にのみ生息するミナミカワゲラ亜目（4科）と、主に北半球に生息するキタカワゲラ亜目（12科）の2亜目からなるグループであり、キタカワゲラ亜目はさらに完舌類と同舌類とに分けられます。カワゲラ類の成虫は陸生ですが、幼虫は水生できれいな水環境を好むことから、水質指標昆虫としても重要視されています。また、カワゲラ目は多くの祖先的特徴を持つために、系統学的な議論が難しく、その位置付けは大きく混乱していました。近年では多新翅類<sup>註1)</sup>というグループに属するとみなされていますが、多新翅類内での系統進化の変遷や亜目間の系統進化、亜目内の類縁関係については議論の余地が残されています。従って、カワゲラ類の系統進化学的議論を深めることは、カワゲラ類だけでなく、多新翅類や昆虫全体の進化に関する理解を前進させる上で、極めて重要です。しかしながら、カワゲラ目に関しては、その比較発生学的知見はキタカワゲラ亜目のみに偏り、ミナミカワゲラ亜目の研究は一切行われていません。

ところで、比較発生学的研究を実施する上で不可欠である卵の特徴は、カワゲラ類の系統進化を理解する上で重要視されてきました。中でも、卵の殻の状態に注目すると、ミナミカワゲラ亜目とキタカワゲラ亜目の同舌類は「厚い卵殻」を、キタカワゲラ亜目の完舌類は「薄い卵殻」を持つことが知られています。そのため、カワゲラ類全体としては、「厚い卵殻」が基本形であり、「薄い卵殻」は完舌類の派生的な特徴であると考えられてきました。しかしながら、この考え方を裏付けるだけの、ミナミカワゲラ亜目の卵の微細構造に関する情報は不十分でした。

そこで、ミナミカワゲラ亜目の比較発生学的研究の第一段階として、本亜目の3科の卵構造を詳細に観察し、系統学的検討を試みました。

## 研究内容と成果

ニュージーランド産のミナミカワゲラ亜目の3科5種（図1）、すなわち Eustheniidae の *Stenoperla prasina*、Austroperlidae の *Austroperla cyrene*、Gripopterygidae の *Zelandobius truncus*、*Megaleptoperla grandis*、*Acroperla trivacuata* の卵について、走査型電子顕微鏡および透過型電子顕微鏡を用いた形態観察を行った結果、卵構造の詳細が明らかになりました。

### ●ミナミカワゲラ亜目3科の卵構造

ミナミカワゲラ亜目3科のうち、Eustheniidae と Gripopterygidae の2科の卵殻は「厚い」ことが明らかとなりました（図2A, C-E）。また、Eustheniidae の卵殻は非常に緻密ですが、Gripopterygidae では無数の気孔（呼吸のための管状構造）が存在する多孔質であり、微細構造が大きく異なりました。一方で、Austroperlidae の卵殻は「薄い」ことが分かりました（図2B）。さらに、Gripopterygidae 3種のうち2種の卵には、水中の基質に付着するための接着構造が存在し、その微細構造は、キタカワゲラ亜目の同舌類に見られる接着構造とは異なっていました（図2C, D）。

### ●カワゲラ目の進化体系に関する新たなシナリオを提示

本研究で得られたミナミカワゲラ亜目の卵構造に関する詳細なデータを、キタカワゲラ亜目に関する先行研究と比較検討し、カワゲラ目内の高次体系に関して、以下のような系統シナリオを提示しました。

1. 「厚い卵殻」は、ミナミカワゲラ亜目の Eustheniidae、Gripopterygidae およびキタカワゲラ亜目の同舌類の各グループで、独立に獲得された形質である。
2. 「薄い卵殻」は、ミナミカワゲラ亜目の Austroperlidae とキタカワゲラ亜目の完舌類に共通する特徴であり、カワゲラ目の基本形である。

3. カワゲラ類の卵における接着構造は、ミナミカワゲラ亜目の Gripopterygidae とキタカワゲラ亜目の同舌類の祖先が、それぞれ独立に獲得した形質である。

今後の展開

本研究により、ミナミカワゲラ亜目の卵の詳細な新発見が得られたのみならず、カワゲラ目の進化体系に関する新たなシナリオを提示しました。今後は、さらに研究対象を拡げて検証を進めるとともに、これまで手つかずであったミナミカワゲラ亜目の比較発生学的研究を進展させることで、さらに説得力のあるカワゲラ類、多新翅類、ひいては昆虫全体の系統進化シナリオを構築できると期待されます。

参考図

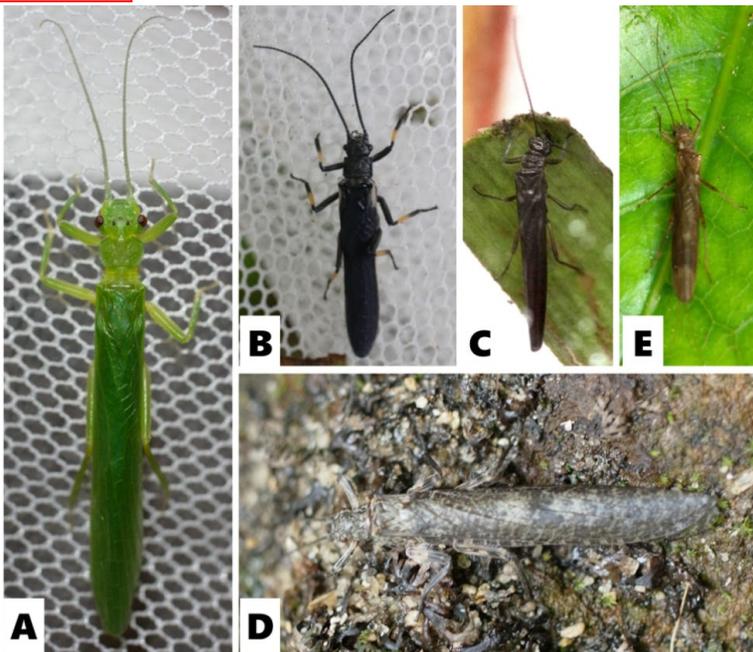


図 1. 本研究に用いたミナミカワゲラ亜目の成虫。(A) Eustheniidae: *Stenoperla prasina*、(B) Austroperlidae: *Austroperla cyrene*、(C) Gripopterygidae: *Zelandobius truncus*、(D) Gripopterygidae: *Megaleptoperla grandis*、(E)Gripopterygidae: *Acroperla trivacuata*。

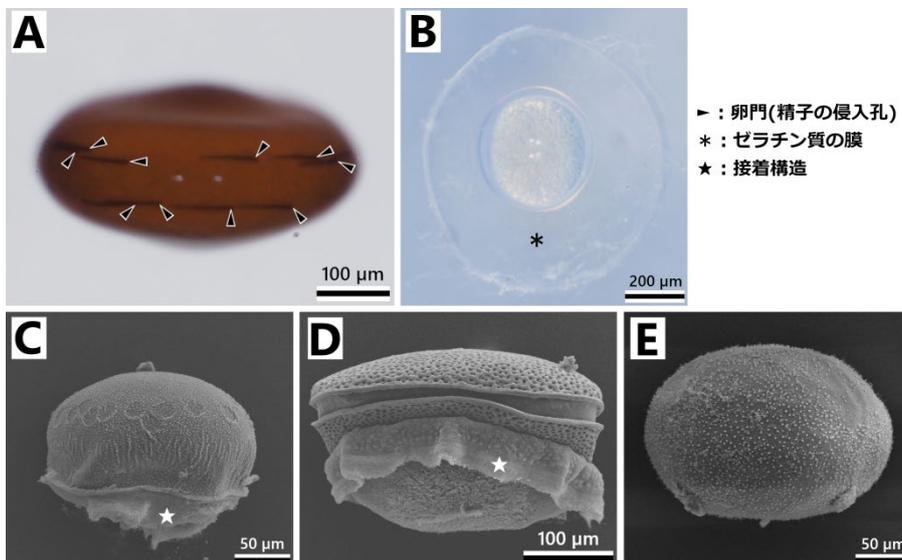


図 2. ミナミカワゲラ亜目の卵の外部形態。(A)–(E) は図 1 に対応する。

## 用語解説

### 注1) 多新翅類

私たちにとって身近な昆虫である、ハサミムシ、バツタ、ナナフシ、カマキリ、ゴキブリ、シロアリ（しばしばゴキブリに含まれる）や、日本に生息しないジュズヒゲムシとカカトアルキ、そしてシロアリモドキ、ガロアムシ、カワゲラの10ないし11のグループで構成される分類群を「多新翅類」と呼びます。

## 研究資金

本研究は、科研費〔武藤将道：特別研究員奨励費（JP18J10360, JP20J00039）；町田龍一郎：基盤研究C（JP19K06821）〕のサポートで実施されました。

## 掲載論文

- 【題名】 Egg structure of five antarctoperlarian stoneflies (Insecta: Plecoptera, Antarctoperlaria)  
(ミナミカワゲラ亜目のカワゲラ類5種の卵構造(昆虫綱:カワゲラ目、ミナミカワゲラ亜目))
- 【著者名】 Shodo Mtow, Brian J Smith, Ryuichiro Machida
- 【掲載誌】 Arthropod Structure & Development
- 【掲載日】 2020年12月12日
- 【DOI】 10.1016/j.asd.2020.101011

## 問い合わせ先

### 【研究に関すること】

町田 龍一郎（まちだ りゅういちろう）  
筑波大学 特命教授（山岳科学センター 菅平高原実験所）  
URL: <https://www.sugadaira.tsukuba.ac.jp/machida/mushi.html>

### 【取材・報道に関すること】

筑波大学広報室  
TEL: 029-853-2040  
E-mail: [kohositu@un.tsukuba.ac.jp](mailto:kohositu@un.tsukuba.ac.jp)