

# 知っているようで知らない 昆虫の世界



NPO 法人自然観察大学講師 鈴木信夫

※ 本稿の写真、図表で著作者表記の無いものは鈴木信夫と自然観察大学による。禁無断転載

## ● 1KITE コンソーシアムって何？

1KITE コンソーシアムとは 1000 種の昆虫トランスクリプトーム進化 (1K Insect Transcriptome Evolution) を解明する世界 13 カ国・地域、43 研究機関の研究者による国際プロジェクトです。トランスクリプトームとは細胞内で作られるすべての RNA の集まりで、この膨大なデータを基に昆虫の目間の系統関係および分岐年代の解明に成功しました。

プロジェクトの成果は 2014 年に、アメリカの科学雑誌『サイエンス』に掲載されました。

今回は 1KITE コンソーシアムが解明した昆虫の系統 (図 1) をもとに、プロジェクトによって得られた新たな知見を紹介するとともに、それに関連して「知っているようで知らない昆虫の世界」をお話します。

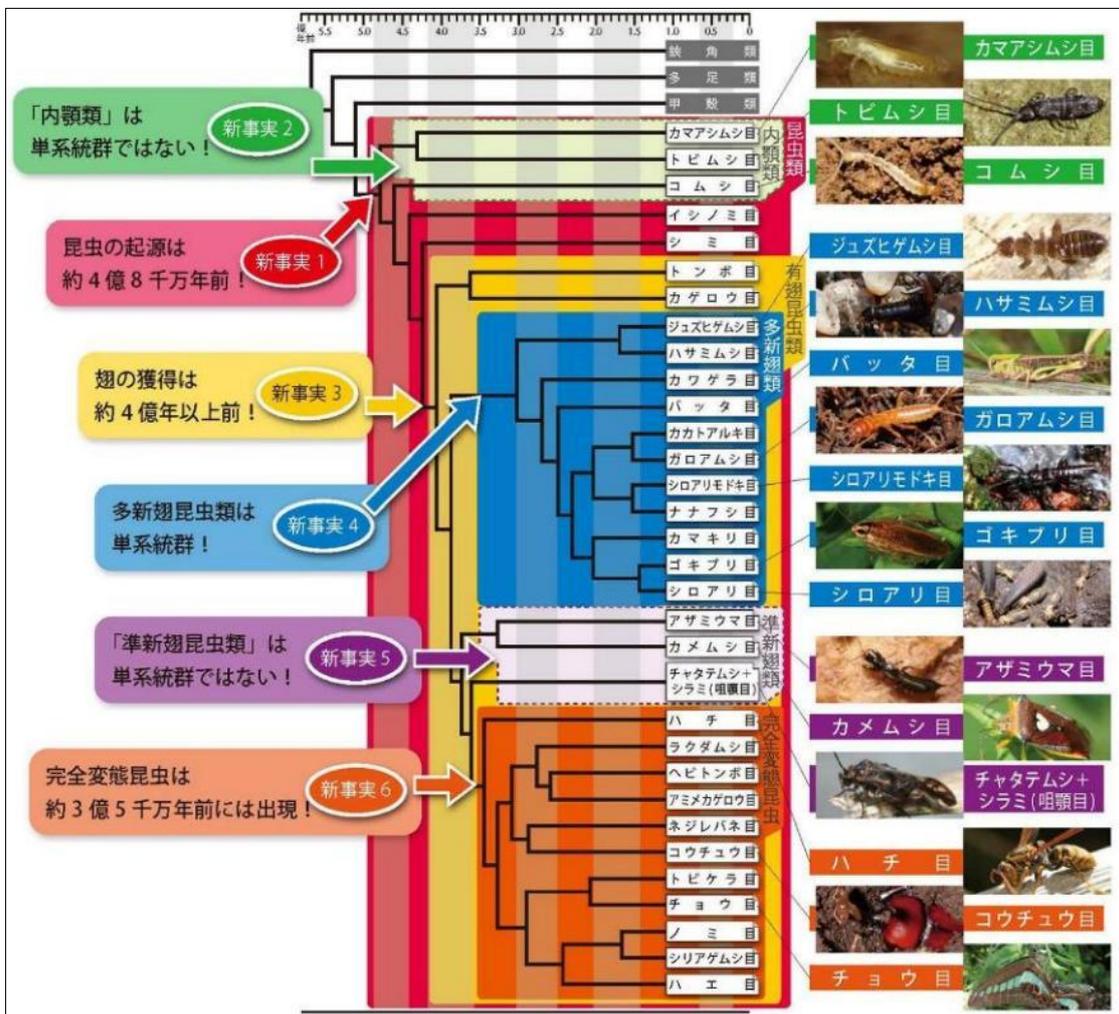


図 1: 1KITE により明らかになった昆虫の新たな系統関係  
『ゲノム情報で昆虫の高次系統関係と分岐年代を解明』筑波大学ほか.2014 年 11 月 7 日より  
<https://www.tsukuba.ac.jp/journal/images/pdf/888326177f4688f92fdaf484ca61e8281.pdf>

## ● 新事実 1 と新事実 2

従来、昆虫類が地球上に出現したのは約 4 億年前とされていましたが、さらにさかのぼって約 4 億 8 千万年前であることがわかりました。

はじめに出現したのは後述する<sup>ないがく</sup>内顎類（カマアシムシ・トビムシ・コムシ）ですが、内顎類は単系統群ではないことがわかりました。ここまでが新事実 1 です。

そもそも昆虫は無翅昆虫と有翅昆虫のグループからなり、さらに有翅昆虫は不完全変態と完全変態からなります。

無翅昆虫は口器（図 2）の付け根が頭の内側にある内顎類と、頭部の外側に付く<sup>がいがく</sup>外顎類のイシノミ・シミからなります。その他の昆虫（＝有翅昆虫）はすべて外顎類です。

今回のプロジェクトから同じ内顎類でもコムシは図 3 のように系統的に外顎類のイシノミに近いことがわかりました（新事実 2）。

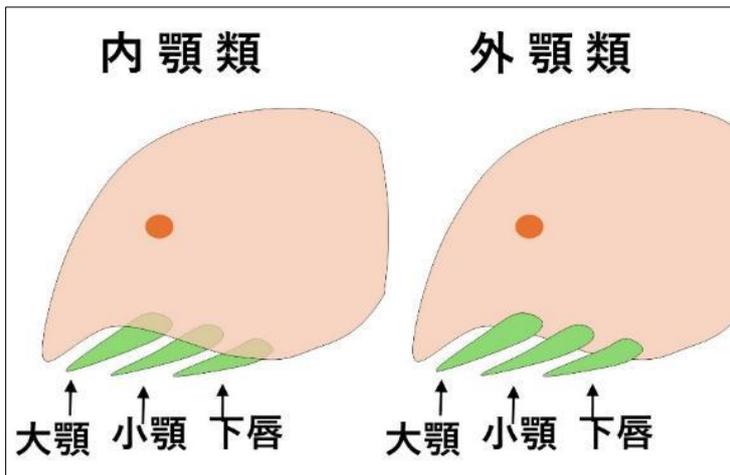


図 2: 内顎類と外顎類の口器の比較

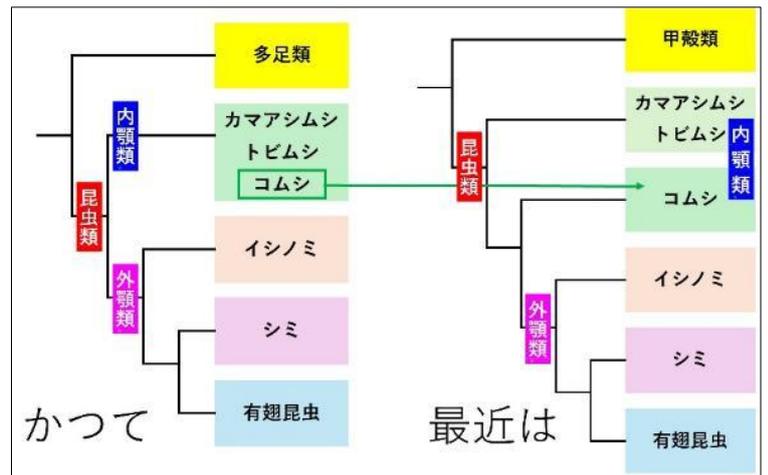


図 3: コムシに関する系統関係での新事実

## ● イシノミ

イシノミのなかまは無翅昆虫ですが、外顎類であることから有翅昆虫の直接的な祖先と考えられています。

1997 年に小学生が小金井市で採ったイシノミは、専門家の指摘により 1925 年に長崎で発見されたニシキイシノミで、72 年ぶりの再発見であることがわかりました。さらに鈴木ら（2025）が長崎県周辺と東日本に局所分布するニシキイシノミの分子系統を調べ、分布の空白は存在しますが、東日本（東京と山形）に生息するニシキイシノミは九州の唐津のニシキイシノミに近縁であることがわかりました。



ニシキイシノミ

## ● 有翅昆虫＝不完全変態+完全変態

不完全変態昆虫は、幼虫時代の細胞がそのまま成虫に使用され、完全変態昆虫は蛹の時に幼虫時代の細胞をすべて溶かして、幼虫体内にある成虫原基の細胞増殖の材料に使われると学生時代に教わりました。

しかしマイクロ CT による観察から、幼虫の神経、消化管や一部の筋肉はそのまま成虫で利用し、複眼、脚、触角、翅や飛翔筋など成虫だけがもつ組織が新たにつくられることがわかってきました。

ミツバチでは幼虫の細胞の約 80%が成虫の細胞に再編成されるといわれていますが、ヘビトンボ目やアミメカゲロウ目など幼虫と成虫の形態が比較的似ていて蛹がある程度の運動能力をもつなかまでは、組織や器官の再構成の割合は低いと考えられます。

## ● 新事実 3

有翅昆虫の出現は 3 億 5 千万年前とされてきましたが、今回のプロジェクトによって 4 億年以上前であることがわかりました。

有翅昆虫で最も祖先的なのはカゲロウとトンボです。昆虫の幼虫は脱皮を繰り返して成長し、最後に羽化して成虫になります。そして成虫になると、もう脱皮はしません。

ところがカゲロウは羽化すると、まず翅の生えた亜成虫になります。亜成虫は成虫に似ていますが翅は不透明で脚や尾毛は短いといった特徴があります。亜成虫は数時間から 1 日程度で再度脱皮して成虫になります。羽化後に再度脱皮する昆虫はカゲロウしかいません。

トンボもカゲロウと同じく有翅昆虫で最も祖先的なのなかまです。シオカラトンボの雄の体色が灰白色なのに対して、雌の体色は黄色なのでムギワラトンボともよばれますが、未成熟の雄の体色も黄色いのでムギワラトンボ＝雌とは限りません。さらに雌の一部には、成熟すると体色が灰白色になるものがあります。雄型雌といわれますが、産卵の際中に雄がやってきて交尾しようとする（産卵の邪魔をする）ことを回避するための適応と考えられています。

## ● 新事実 4

不完全変態昆虫の多新翅類は、ハサミムシ、バッタ、カワゲラ、ナナフシ、カマキリやゴキブリなど一見、多様（悪く言えば雑多）なグループを含みますが、予想に反して単系統群であることが確認されました。

次の新事実 5 に入る前に、旧翅類と新翅類の説明をしておきます。旧翅類（カゲロウ目＋トンボ目）は翅を腹部背面に密着させて折りたためないなかま、新翅類は折りたためるカワゲラなどのなかまです。新翅類のなかで、多新翅類は翅脈が多くより祖先的な翅の構造であるのに対して、準新翅類は翅脈が多新翅類より少なく派生的な翅の構造です。



翅を折りたためないカゲロウのなかまは旧翅類



翅を折りたためるカワゲラのなかまは新翅類

## ● 新事実 5

準新翅類はアザミウマ目、カメムシ目と咀顎目（カジリムシ目）を含みます。咀顎目はかつてチャタテムシ目、シラミ目とハジラミ目に分かれていましたが、ハジラミ目がシラミ目に統合され、さらにチャタテムシ目とシラミ目が統合されて咀顎目となりました。

このようにアザミウマ目・カメムシ目と咀顎目の間には系統的に隔たりがあるのではと予想されていましたが、1KITE プロジェクトの結果もそれを支持しています。



スジチャタテの幼虫



ドバトについていたハジラミの一種

## ● 新事実 6

コウチュウ目は完全変態類で最も祖先的なグループの一つと考えられていました。理由はコウチュウ目ナガヒラタムシの祖先と思われる化石が、ペルム紀（約 3 億から 2 億 5 千万年前）の地層から見つかるからです。今回、約 3 億 5 千万年前に分化したハチ目が完全変態類で最も祖先的であることがわかりました。

ではありますが、次の話はハチではなく、日本人の好きなホタルの話からはじめたいと思います。

## ● ホタル

世界に 2000 種以上いるホタルの中で幼虫が水生なのはゲンジボタル（写真 3）やヘイケボタルなど、10 種類ほどです。99% 以上の種は陸生で、幼虫は森の落ち葉の上などに棲み、陸生巻貝などを食べて成長します。そんな陸生のホタルから水中のカワニナなどを食べるものが進化し、ゲンジボタルなどになったと考えられています。



ゲンジボタルの成虫（撮影：鈴木智也）

## ● ホタルといえば光だが…

ゲンジボタルの雄の発光は、東日本で 4 秒 1 回、西日本で 2 秒 1 回、中部地方で 3 秒 1 回というパターンが知られていました。さらに Suzuki ら (2024) によって 1 秒 1 回の発光パターンをもつ長崎五島列島のゲンジボタルも報告されています。

しかし、NHK の『ゲンジボタル大調査 2024』によると発光パターンの分布は入り乱れた結果になっていることがわかりました。人為的なゲンジボタルの拡散の可能性もあるかもしれません。

## ● 新事実 6

かつて、完全変態類で最も祖先的なのは、複雑な翅脈をもつアミメカゲロウ、化石データからシリアゲムシや甲虫（とくにナガヒラタムシ）などと考えられていました。

一方、ハチのはそこまで祖先的とは考えられていませんでしたが、1KITE プロジェクトにより完全変態昆虫の中で最も祖先的なのは、ハチ目のハバチ類であることがわかりました。



チュウレンジハバチの成虫  
バラの茎に産卵中



チュウレンジハバチの幼虫  
(若齢)



セイヨウミツバチの成虫(働きバチ)

## ● ハチといえば半数倍数性

ミツバチの性決定は“半数倍数性”とよばれ、受精卵から雌、未受精卵からは雄が生まれると習ったことを覚えています。

しかし、単純に半数倍数性で性が決定されるのではなく、染色体上の性決定遺伝子座にある 100 以上の対立遺伝子の組み合わせで性が決定されることがわかってきました。

## ● 2 倍体の雄

受精卵の性決定遺伝子の対立遺伝子の種類が A1/A2 (図 4) のように異なれば (ヘテロ)、雌になります。未受精卵は性決定遺伝子が一つ (ヘミ) なので、雄になります (下図中央)。

問題は受精卵の対立遺伝子の種類が同じ (ホモ) になった場合で、対立遺伝子 (種類は A1 から A100 まで) が同じ組み合わせ (ホモ) なら、受精卵 (2 倍体) から雄が産まれます (下図右)。

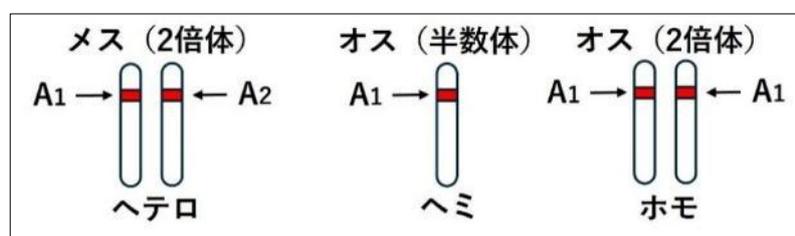
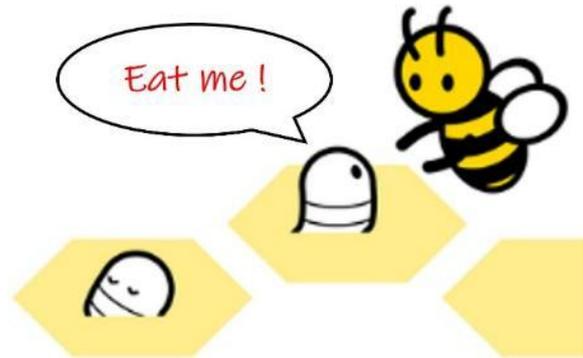


図 4: 性決定遺伝子の模式図

## ● 2 倍体の雄がない理由

人工的に 2 倍体の雄を作ることはできますが、実際には巣の中から 2 倍体の雄は見つかりません。その理由は孵化した 2 倍体雄の幼虫が出す匂いで、その匂いを嗅ぎつけた働きバチが幼虫を駆除するからです。そして、このフェロモンをイートミーフェロモンといいます。



ヤマトシリアゲの雄成虫

## ● シリアゲムシとノミは近縁

ペルム紀（約 3 億から 2 億 5 千万年前）後期の地層から化石が見つかることから、シリアゲムシ目もかつて完全変態昆虫類の中で最も祖先的なグループの一つと考えられていました。

しかし 1KITE の結果から、シリアゲムシ目は完全変態類の中でノミ目とともにかなり派生的なグループであることが確かめられました。

## ● ユキシリアゲムシ・ノミ問題

従来、シリアゲムシとノミが近縁なことは指摘されていましたが、シリアゲムシ各科（図 5 の青い部分）とノミ目を合わせて分子系統解析を行うと、困ったことが起きました。

その解釈として、右図の①、②+③をそれぞれ目に上げる、あるいは③を②に含める考えなどがあります。

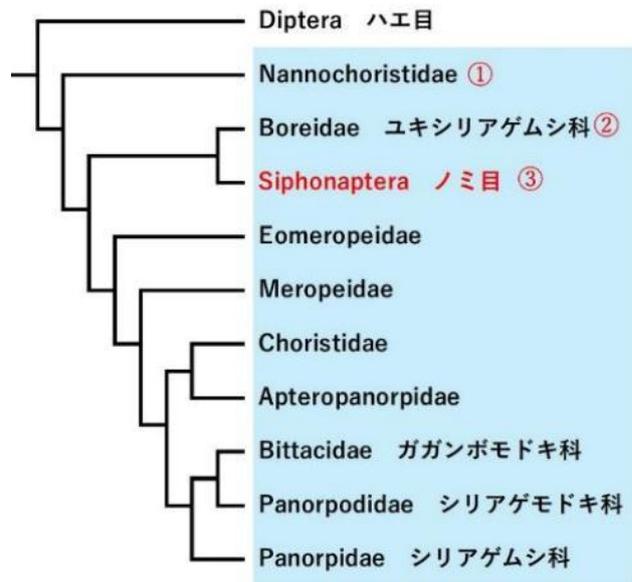


図 5: シリアゲムシとノミの関係

## ● ユキシリアゲムシとノミ

シリアゲムシ目のユキシリアゲムシ科とノミ目は、異なる目でありながら近縁な関係にあるわけですが、両者はどちらもジャンプするのです

が、そのときに、弾性タンパク質（レジリン）を利用するという共通点があります。

話はそれますが、ユキシリアゲムシをどうしても捕まえたかったので、学生時代に雪の中をさんざん探してみました。しかしまったく見つからず、日本にはユキシリアゲムシ類は棲息しないとあきらめていました。

ところが、北海道の大雪山系平山で 1996 年 7 月にユキシリアゲムシが採集され、エゾユキシリアゲと命名されました。さらに札幌市空沼岳真簾沼周辺で 2024 年 11 月に採集されました。

大雪山系の平山は雪渓でも有名ですが、近年は夏場に雪渓が消失することが多くなっているようです。それでも 2025 年にはエゾユキシリアゲが採集され、遺伝子解析から空沼岳の個体と同種であることが確認されました。



エゾユキシリアゲの雄成虫(撮影:鈴木智也)



エゾユキシリアゲの雌成虫(撮影:鈴木智也)

## ● まとめ

今回は1KITEコンソーシアムという国際プロジェクトが解き明かした昆虫の目間の分岐年代と系統関係についてお話ししました。とくにこのプロジェクトによってわかった6つの新事実を説明しましたが、少し難しい部分もあったかもしれません。最先端の研究の雰囲気だけでも感じていただければ幸いです。

また、新事実に関連して、知っているようで知らない昆虫の話も織り込んでみましたが、いかがだったでしょうか。「それは知らなかった!」という話題を少しはご提供できたと思っています。

じつは私も最近まで知らなかった話もいくつか含まれていて、日々、アンテナを広げていなければと感じています。