コガネ博２０１０レジュメ集

２０１０年１１月６日コガネムシ研究会

目　　次

ＦＩＴからＬｉｇｈｔＦＩＴへ．堀　繁久・河原　正和　・・・・・・　3

標本作成と用具．川井　信矢・関　章弘　・・・・・・　4

標本撮影の基本テクニックと応用．稲垣　政志　・・・・・・　6

クワガタムシ,カブトムシの飼育法．坂巻　和伸・上亟　健介　・・・・・・　7

コガネムシ類の文献．小林　裕和・藤岡　昌介　・・・・・・　12

コガネムシ類の生物地理．和田　薫　・・・・・・　13

ＤＮＡによる系統解析の紹介．細谷　忠嗣・荒谷　邦雄　・・・・・・　16

（標本展示　酒井　香）

講演プログラム

14：00～14：20　ＦＩＴからＬｉｇｈｔＦＩＴへ

14：30～14：50　標本作成と用具

15：00～15：50　標本撮影の基本テクニックと応用

16：00～16：20　クワガタムシ,カブトムシの飼育法

16：30～16：50　コガネムシ類の生物地理

17：00～17：20　ＤＮＡによる系統解析の紹介

（※講演に関する質問は講演後に講演者の各ブースまたは講演者へ直接お願いします）

ＦＩＴからＬｉｇｈｔＦＩＴへ

堀　繁久・河原　正和

日本産コガネムシ上科の採集方法は，現在までに様々な方法が知られている．一般的な採集方法はコガネムシ研究会でも度々報告されているため，今回のコガネ博 2010 では特に最近注目されている FIT の応用例を中心に紹介していきたい．

1，FIT の応用例の紹介

a，ベーシックな FIT

＜写真と実物を展示＞

口永良部ライト FIT

ネクマチチ岳 LightFIT

2 パターンくらいの例を紹介し，使い方とどんな種が採れるのかなどの解説をおこなう．

b，誘因のため工夫をした FIT

＜写真と実物を展示＞

＊誘引剤，餌，光など，今はやりの light FIT も紹介する．

c，FIT の工夫と可能性

＜写真と実物を展示＞

＊空中 FIT などについて紹介する．

2，FIT で得られたコガネムシの展示

中ドイツ箱をエリアごとに 3 箱程度の目安で設置する．

標本作成と用具

川井　信矢・関　章弘

標本作りは，昆虫研究の基本である．標本は単に針を刺して残せば良いというものではなく，適切な薬品で処理し，適切な整形をし，観察しやすい台紙やマウント方法を選択し，適切なラベルを付して，最適の箱に入れ保管することで，その価値は飛躍的に上がり，貴重な学術研究材料として，後世に伝えることができる．また，♂交尾器の観察は，コガネムシ上科の研究では重要である．

そこで，以下のような項目で，採集し処理するところから標本箱に納めるまでの作業に使われる用品，用具，薬品，道具などを展示し，全国の愛好者と情報交換ができるブースにしたい．

1.　殺虫処理

よく使用される薬品を展示し，容器，使用方法，注意点などを説明する．特に航空機への持ち込みや海外採集での代用品などについて，要領を説明する．

薬品：　酢酸エチル，亜硫酸ガス，アルコール，アンモニア
容器：　ガラス製毒ビン，プラスチック製サンプル管，水筒型タッパー
方法：　処理時間，死後硬直解除

2.　クリーニング

油抜きの薬品の選択と浸漬時間，汚れた標本のクリーニング方法や道具などを説明する．

方法：　水洗い，木工用ボンドパック
薬品：　アセトン，ベンジン，キシレン
用具：　ハケ，筆，ハブラシ，超音波洗浄機

3.　展脚

展脚の方法は十人十色．虫の種類，処理する数，用途によって，使い分けるのが良い．代表的ないくつかの展脚方法の実際の用具を展示し，方法を説明する．

方法：　針展脚，タトウ展脚，粘着シート，チャックポリ展脚，

4.　軟化

軟化は避けて通れない重要なプロセス．十分な知識をもって，適切な処理ができるようになりたい．また虫の種類や状態によって，方法を使い分けたい．

方法：　お湯（水）どぶ浸け，湿潤器軟化，蒸気軟化，注射
薬品：　蛋白質分解酵素，いちじくの液，ハガロン

5.　♂交尾器の観察

♂交尾器は「食わず嫌い」で敬遠している人が多いが，一度抜き出すと甲虫分類の王道として面白さが判り，次第にはまっていく．あまり難しく考えずに，まずは新鮮な個体で抜く練習をしよう．種類によって，どのような形なのか，どのような方向に収まっているのか等，基礎知識を持った上で，

チャレンジしてみよう．

摘出方法：　腹部または腹板を外す，鉤針やピンセットで引き出す，圧力・薬品で内圧を高めて出す
観察法方：　基片，側片，中片，内袋
マウント方法：　封入剤，乾燥標本

6.　標本作成用品用具
　糊や台紙や針も，人それぞれ．標本作りのポリシーとも言える，基礎用品のあれこれを，実物を展示しながら紹介します．

針の種類：　ナイロンヘッド針，志賀有頭針
台紙：　自作手切り，既製品四角＆ホームベース型，線入り＆無地
糊：　ニカワ，木工用ボンド，アラビックヤマト
針を刺すサイズ：　大型種～ネブトクワガタ，小型のスジコガネ類などは？

7.　標本箱と防虫剤
　箱や防虫剤を各種展示し，長所短所，好き好きを語る．

標本箱：　ドイツ箱，インロー箱，ユニットボックスの長所・短所
防虫剤：　粉末ナフタリン，パラジクロロベンゼン，エムペントリン製剤

8.　ラベル形式と作成方法
　ラベル各種の展示，プリンタや用紙の選択などについて説明する．

ラベルの種類：　産地，種名，同定，雌雄，タイプ
作成方法：　エクセル，ワード，用紙各種，プリンタ

9.　その他
　便利な小物，グッズ，アイディア商品，便利な利用法などを紹介．

顕微鏡，ピンセット，ルーペ，整理用小箱

　以上，コガネムシを採った直後から，標本箱に納めるまでを項目別に書いたが，標本作りは奥が深く，また方法も千差万別なため，全部を詳細に書くこともできず，またこれという絶対的な正解の方法もない．それゆえ，解説書も少なく，習得するには先人に教わる以外ないのも事実である．

　本日，会場内には様々な愛好家が集合しているので，どんなことでも気軽に相談していただきたい．担当者以外にも，良いアドバイスができるベテラン虫屋の皆さんが，丁寧に説明してくれるはずである．是非，正しい標本の作り方や，♂交尾器の観察方法を身に付けていただき，コガネムシ研究をより深いものにしていただきたい．

標本写真撮影の基本テクニックと応用

稲垣　政志

撮影機材と画像ソフトの進歩により誰でも綺麗に標本撮影ができる時代になりました. 報文に添付された鮮やかな標本写真はそれだけで明らかな論文の証拠となり，文章で説明する内容を強力にバックアップすることとなります．それだけに昔ながらのぼんやりした写真を使用することは現在の報文においては力不足と言えるでしょう．今回は標本撮影の基本と最新の撮影テクニックを実地研修の形で実際に撮影し, また参加された皆さんにも撮影していただいて参考にしていただきたいと思います. 撮影対象は日本産糞虫で，特に 5mm以下の小さなサイズのものを鮮やかに撮影する技術をお見せいたします．従来の方法で撮影する基本的な撮影と合成写真との違いを見ていただきます．さらに時間があれば生態動画撮影についても触れたいと思います.

撮影機材はキャノン EOS Kiss Digital X, EOS 7D, マクロ MP-E65mm, マクロ EF100mm, OLYMPUS ZUIKO MACRO 20mm　その他です. オリンパスの 20mm レンズは昔のレンズですが，現在のデジタル一眼レフカメラに応用することで，部分拡大画像で素晴らしい画像を撮影することができます．またデジタル撮影の最大の長所を生かした撮影が合成写真であると思います．デジタルの究極の姿かもしれません．昔は合成ソフトはそれだけで 80 万円ぐらいの高価なものでしたが，今では廉価に購入できます．これらの応用技術も基本的な撮影ができてこそのものだと思います．基本と応用の実地研修をお楽しみに！
なお，撮影に参加される方は USB メモリーをお持ちいただければ画像の持ち帰りができます.

クワガタムシ，カブトムシの飼育法

坂巻 和伸・上亟 健介

「飼育は子どもがするもの！」としばしば考えがちですが・・・飼育をすることによって初めてわかる種の特徴も数多く存在します．ここで，いくつか「飼育の醍醐味」を挙げてみますと・・・

★飼育の醍醐味①　生きた♀が１頭いれば，♂を見ることができる！

野外で採集できたものの，♀だけしか採集できずその場所にどんな種類が生息しているのかわからないとき，産卵をさせて次世代を得ることができれば，その種の正体をつかむことができます！

★飼育の醍醐味②　確実な♂♀の同定が可能になる！

性差の激しいクワガタムシ科昆虫，カブトムシ亜科昆虫では，♂♀の同定が難しい場合が少なからずあります．特に似たような複数種が同所的に生息している場合，大きな混乱を引き起こします．そんなとき，種判別が確実な個体を基準として用い比較すると判別点がわかってきます．飼育をすることにより，♂♀で間違いのない個体を羽化させられますので，種判別の基準として重要と思われます．

★飼育の醍醐味③　大型個体を検することができる！

ネブトクワガタの仲間は野外では小型個体が圧倒的に多く，大型個体はほとんど見られません．しかし，飼育することにより野外ではなかなかお目にかかれない大型個体を目にする機会を作ることができます．

クワガタムシ，カブトムシの飼育法はまだまだ解明されていないと言わざるを得ないのが現状ですが，今回は「現時点で解明されている」飼育方法を紹介いたします．

１．飼育の前に・・・

実際に飼育を行うためには，いくつか準備が必要になります．ここではオオクワガタやヒラタクワガタ，ノコギリクワガタなどもっとも幅広い種の産卵・幼虫飼育ができる方法を紹介いたします．

★　♀について

野外で採集した♀は，高い確率で交尾を済ませています．さらに，１回の交尾で一生分の卵を産むことができます．そのため，野外で得られた♀はそのまま産卵させることが可能です．当然のことながら，飼育下で羽化した個体については成熟後，交尾が必要になります．

★温度について

飼育をする際には，その種類が生息している場所の気温にできるだけ近づける必要があります．中には２０℃を超えると極端に死亡率が上がってしまう種類，２５℃以下では産卵しない種類なども存在します．以下に各種のおおまかな飼育適温を記載いたします．

１５℃～２３℃	オニクワガタ，ツヤハダクワガタ，マダラクワガタ，ミヤマクワガタ，アンタエウスオオクワガタなどの高標高地域に生息する種類
１８℃～２５℃	オオクワガタ，コクワガタ，ヒラタクワガタ，ノコギリクワガタ，シカクワガタ，ツヤクワガタ，マルバネクワガタ
２２℃～２８℃	ネブトクワガタ，ツヤクワガタなどの低標高地域に生息する種類

２．産卵

★産卵させるのに必要なもの

① 朽ち木（産卵材）

多くの種類がクヌギやコナラを中心とした広葉樹の，カワラタケやヒラタケなどの白色腐朽菌によって腐朽が進んだ朽ち木を好んで産卵します．現在，様々な産卵材が使用されていますが，最も多く使われているのはシイタケの原木栽培に使用した“ホダ木”を輪切りにしたものです．市販のものは乾燥していますので，産卵材に重石を乗せて水を張ったバケツに完全に沈め，２時間ほど吸水させます．

② オガクズ（マット）

クワガタムシ，カブトムシ用のマットは，産卵材と同様にシイタケの原木栽培に使用したクヌギやコナラのホダ木を粉砕し，使用用途により発酵を進めより朽ちた状態にしたものです．販売時には袋に入った状態で販売されており，酸素不足による嫌気発酵によりアンモニア，メタンなどの昆虫にとって有毒なガスが発生していることがありますので，使用する３日前に大きい袋などに移し替え，より多くの酸素を吸わせ環境を安定させる必要があります．

乾燥状態では水を加えて水分量を調整します．指先でマットをつまんで押しつぶし，水がしみ出す寸前が適切な水分量です．

③ 成虫のエサ（ゼリーなど）

成虫のエサは，市販の昆虫ゼリーで問題ありませんが，より多くの卵を得たい場合は蛋白質がより多く配合されているものや，バナナなどを与えます．

④ 容器（プラケース）

容器は子供用に市販されている透明のプラスチックケースで問題ありませんが，小さなハエが入ることが多く，オススメできません．飼育専用のコバエが入りにくいケースが販売されています．

★ セットの組み方

① 産卵材，マットの水分調整をします．
② 産卵マットをケース底３ｃｍほど固く詰め込みます．
③ 皮を剥いた産卵材を入れ，産卵材が８割方埋まるように，すき間にマットを詰め込みます．
④ 転倒防止用の朽ち木の破片や水苔を入れ，成虫のエサを入れます．
⑤ ♀だけを産卵セットに入れます．

②ケース底にマットを詰める

③産卵材をマットで埋める

④転倒防止用の朽ち木片，成虫のエサを入れる

３．幼虫飼育

幼虫が得られたときは,「菌糸ビン」や「発酵マット」と呼ばれる飼育資材を用いて飼育します．菌糸ビンは，コナラやクヌギの生木を粉砕して容器に詰め，そこへヒラタケやカワラタケなどの白色腐朽菌を入れて菌糸をまわしたものです．キノコの菌糸により，幼虫の栄養素となるセルロースやリグニンなどの難消化性多糖類がより吸収しやすい状態となることから，幼虫が安定して非常に大きく成長します．

欠点としては，幼虫を飼育するためにキノコの菌糸も安定した状態になるように温度管理をしなければならないこと，２ヶ月を越えると栄養価が下がってしまうこと，コストが高いこと等が挙げられます．また，菌糸ビンが全く使えない種類も存在しますので，以下に列挙します．

菌糸ビンが使えない種類：ネブトクワガタの仲間，ツヤクワガタ属，マルバネクワガタ属
ツヤハダクワガタ属，マダラクワガタ属，ルリクワガタ属など

発酵マットは，原料は産卵用のマットと同じですが，そのオガクズに小麦粉やフスマなどの添加物を配合し，１～２ヶ月ほど発酵させたものです．どの種類にもオールマイティーに使えコストも安く住みますが，交換のタイミングが難しいなど扱いづらい面もあります．

幼虫は産卵ケースから取りだしたあとできるだけ早く大きい容器に移し替えます．１，２齢幼虫の場合，あまりに大きい容器に入れると環境のコントロールができず死んでしまうこともありますので，５００～８００ｃｃほどの容器に入れてください．幼虫の投入後，菌糸ビン・発酵マットともに２ヶ月を目安にエサの交換を行います．エサ交換をする際には，新しい容器に幼虫の糞や食痕を幼虫とともに少量入れ，より早く環境が安定するようにします．その後は２～３ヶ月に１度の割合でエサ交換を行います．

産卵材の表面付近に産卵された卵．有精卵の場合は，産卵後１週間ほどで丸くふくらみ，２週間で孵化する．

卵や幼虫は一時的に小さい容器に移し，成長が安定したのち，大きい容器に入れる．

産卵材の中の幼虫．２齢幼虫ならば，すぐに大きい容器に入れても問題ない．

未使用の菌糸ビン．菌糸が活発に活動しています．

食痕（茶色の部分）が７割以上になったら交換する．

幼虫を入れるときは幼虫より一回り大きい穴を開ける．

４．蛹化～羽化

幼虫は３齢に加齢後，６～１０ヶ月ほどで蛹室を形成し前蛹となります．この時期は非常にデリケードナ時期で，大きな振動や容器内の環境悪化など，些細な原因から前蛹の脱皮不全，死亡が発生します．蛹室は多くの場合外から見える場所に作りますので，蛹室をつくり幼虫の外皮がたるみ棒状に伸びきったときから羽化するまでは急激な温度変化や外部からの刺激を極力避けて管理する必要があります．

蛹化後１０日の蛹

羽化直前の蛹

羽化中のクロマルカブト

５．羽化後の管理

羽化後は１～２ヶ月ほど蛹室にとどまり，羽脱します．常温で管理し秋期に羽化した場合は，翌年の春まで蛹室内で越冬します．

次世代を得るためには，♂♀が活動を開始してエサをよく食べるようになってから交尾させます．この時の注意点ですが，活動を開始してエサを食べて始めてから２週間ほど経過した後の方がより性的に成熟しますので，交尾・産卵の成功率が上がります．

６．カブトムシの仲間，日本産ハナムグリの飼育

基本的な飼育方法はクワガタムシ科昆虫と同様ですが，朽ち木には産卵しないため産卵～幼虫飼育～羽化に至るまで黒くなるまでよく発酵した発酵マットを使用します．

産卵の際には容器の８割ほどまで水分を調節した発酵マットを硬く詰めれば産卵します．幼虫飼育も容器に発酵マットを詰めて２～３ヶ月に１度の割合で交換していきます．ヘラクレスオオカブトやゾウカブトでは１頭の幼虫で発酵マットを５０Ｌ以上消費し，羽化までは１年半～２年，ゾウカブトの仲間では４年近くかかることもあります．

７．終わりに　～飼育における注意点～

環境と適切な飼育資材を用いれば，クワガタムシ，カブトムシの飼育はできます．しかし，一歩間違えれば大きな問題を引き起こしてしまう危険性も孕んでいます．飼育を行う際にもっとも注意しなければならないことは，「遺伝子の攪乱」です．実際にはその場所に生息していない種類を飼育する場合，その個体が屋外に放たれてしまうとその地域の個体群が持つ独自の遺伝子を汚染してしまうことにつながり，種，個体群のアイデンティティが失われてしまいます．

そのため，飼育を行う際には絶対に外部に逃げないように管理することが重要になります．できる限り屋内で飼育し，脱走しにくい容器を用いるなど，飼育者それぞれが注意していかなければなりません．

まだ生態や飼育方法が調べられていない種類も数多く存在します．「飼育」の裾野が広がれば，今までわからなかった種の情報を得ることに必ずつながると思います．ぜひ，飼育に親しんでみてください！！

コガネムシ類の文献

小林　裕和・藤岡　昌介

コガネムシ類の名前を調べようとするにはいくつかの方法がある．その中で，重要な文献について時代を追って紹介していこうと思う．ただし，これから紹介する文献とは，基本的には国内の種類について調べようというものではない．国内の種類について知りたければ，「コガネムシ図鑑Ⅰ～Ⅲ」を利用することをお勧めしたい．

海外のコガネムシも含めて最もまとまっているものの一つに“Coleopterorum catalogus”があげられるだろう．亜科，族(亜族)毎に記載された種類を属単位にまとめたものであり，コガネムシ類の全てのグループにわたって出版されている．ただし，難点といえば出版された年度が 1910 年代 20 年代のものが多く，最も新しいものでも，スジコガネ亜科(Rutelinae)の 1972 年であるということがあげられるが，Linné や Fabricius に始まって 20 世紀初期までに記載・記録された種類を確認するにはどうしても必要な文献でもある．また，スジコガネ亜科については，“Genera Insectorum”が丁度 Coleoptelum Catalogue を補足する形で，1934 年(Ohaus), 1957, 1965 年(Machatschke)に出版されている．カラー図版があったり，属までの検索表が付けられていたりする点は，有り難い．しかし大きな属に含まれる種類をグループ化しているが，そのグループを分けた根拠については全く触れられていないなど不親切な部分もある．また,ハナムグリ亜科(Cetoniinae)については，MIKŠIĆ によって 1976 年から 1987 年の間に 4 巻の”Monographie der Cetoniinae der Paraearkischen und Orientalishen region Ⅰ～Ⅳ”と題する本が出版されており，ヨーロッパから極東にかけての地域のハナムグリ研究には多いに役立つものである．また,ロシアのコガネムシをまとめた“Fauna USSR”が 1949 年から 1964 年の間に 5 巻刊行されているが，全文ロシア語のためにあまり一般的には利用し難い．

この他にも，地域毎のコガネムシをまとめたような文献もあるが，世界中から記載されたコガネムシを確認・研究するためには，どうしても“Zoological record”が必要となってくる．1910 年以前に記載された種類については，“Coleopterorum catalogus”があるので，それ以降に発刊された“Zoological record”を揃えればよいことになる．ただし，最近は年間に出版される論文数が増え，それに伴って新種の記載も非常に多いことから，1 年間あたりのボリュームが増し，やや調べにくいという難点がある．

コガネムシの同定

今回の企画では，コガネムシ主科全般にわたって同定が可能であると思っていただいて構わないだろう．ただし，同定の対象は国内産のものに限らせていただく．国内産のものであれば，ビロウドコガネの一部の種類を除いては，その場での同定が可能と考えている．

外国産の種類について，持ち込まれたものについて多くの種類については，その場では同定ができないものと想定している．その場合は，標本をお預かりして調べることになるが，かなりの日数がかかってしまうことを予めご承知おき頂きたい．

※ブースにて、「世界のコガネムシ上科の基本的文献目録」を希望者へ配布します。

コガネムシ類の生物地理

～スジコガネ類の形態系統から生物地理を考える～

和田　薫

日本のコガネムシ類の生物地理は，日本列島の地史的背景から大きく分けて旧北区と東洋区のコガネムシ相からなり，日本列島に生息する他の動物相と同様である．地史から見ると旧北区の動物相はサハリン・北海道から侵入したルートと朝鮮半島を経由した 2 つのルートが考えられる．一方，東洋区に属する南西諸島の動物相は台湾を経て大陸南部や東南アジアと関連が深い．また，一部には主に海流による分散と考えられるフィリピン系の動物も見られる．

日本産コガネムシ類の区系分類についてコガネムシ属(*Mimela*)を例に分類すると，旧北区の要素と考えられるのが，キンスジコガネ *Mimela holosericea* (Fabricius, 1787)，東洋区の要素がイシガキコガネ日本亜種 *M. confucius ishigakiensis* (Sawada, 1950), ヨナグニコガネ *M. yonaguniensis* Nomura, 1965，サキシマツヤコガネ *M. sakishimana* Nomura, 1973 と考えられる．ヒメスジコガネ *M. flavilabris* (Waterhouse, 1875) とツヤスジコガネ *M. difficilis* (Waterhouse, 1875)，タケムラスジコガネ *M. takemurai* Sawada, 1942，イノウエスジコガネ *M. inouei* Nomura, 1967 は近縁種が近隣地域には見当らず，より古い時代から日本列島に生息していて分化した種であるかもしれない．

このように，日本産コガネムシ類の生物地理を論じるのは，他の生物の地理分布を参考にすれば，ある程度は類型化して理解ができると考えられる．しかし，このような見方だけで日本に分布するコガネムシ類の真実の姿を明らかにすることは出来るのだろうか．生物地理を論じる際に，その種が属する分類群の系統を明らかにし，その分類群がどのような地史的背景と生態的要因で現在の分布をするようになったかが解らなければ本当の姿を知ることはできないと考える．

系統を考える場合，生態の類似が形態に強く影響する可能性があることを意識しておく必要がある．例えば，フン虫類の分子系統による研究の成果から明らかになったことは，タマオシ型のフン虫類とトンネル型のフン虫類は，それぞれ独自に進化したのではなく，アフリカ系，アジア系のフン虫類として分化し，それぞれの系統の中に，それぞれ独自にタマオシ型のフン虫類とトンネル型のフン虫類が生じたとされている．つまり生態によって形態は大きく変化するようである．また，固有種を一概に古い時代に残された遺存的種と決めることにも問題がある．ハチジョウノコギリクワガタの分子系統の研究からは，隔離による新たな環境の変化により，生態や形態が変化し，比較的短期間で種が形成されたことが指摘されている．以上の例からは，種の生物地理を論じる場合には，対象とする種の生態や属する種群とその分布を正しく把握する必要性を示している．

それではスジコガネ亜科での研究の現状はどうであろうか．スジコガネ亜科に関する限り，分子系統に基づく生物地理を論じるのは，まだ先の事になりそうである．それでも分子系統による研究の成果から，スジコガネ亜科に含まれる各族や亜族，さらに属の所属にいたるまで，見直しが必要となっているのが現状である．従来，族として扱われてきた Anomalinii 族と Adoretinii 族 は，亜科として独立させうるレベルにあると分子系統では示唆されている(Smith et al., 2006)．この指摘は従来のスジコガネ亜科の分類体係の大幅な見直しを図るものである．スジコガネ亜科の分類体係は表 1 で示したように, 主に横から観察した時の口器の形態により, 大きく 2 系統に分類されていた(Ohaus, 1934)．これら 2 系統の地理的分布から考えてみると，垂直型口器を有する orthochilidae の族は，多くはオーストラリアや南アメリカに分布の中心があり，より古い起源のスジコガネ類であり，水平型口器を有する homalochilidae はより新しい系統群を含むスジコガネ類と考えられる．しかし，分子系統で示唆される分類体係は口器の形態による分類体係とは大幅に異なる内容を示している．先ず垂直型口器と水平型口器の両方を有する Rutelinii 族が分岐し，その後に水平型口器を有する Anomalinii 族と

垂直型口器を有する Adoretinii 族が分岐して，最後に水平型口器を有する Dynastinae (カブトムシ亜科)が分岐したことを示している．(図 1 参照)　このことはスジコガネ亜科においても，口器の形態という生態と結びついた形質は，正しく系統を反映せずに容易に変化する可能性を示している．

Ohaus,1934				Smith et al. 2006	
亜科			族	亜科	
Rutelinae	homalochilidae	横から見て垂直な口器	Rutelinii 南西・東南アジア 北アメリカ(南部) 南アメリカ	Rutelinii (Rutelinae?)	水平な口器 垂直な口器
			Anomalinii 全域		
	orthochilidae	横から見て水平な口器	Spodochlamyini 南アメリカ	Anomalinii (Anomalinae?)	水平な口器
			Geniatini 中央- 南アメリカ		
			Adoretinii アフリカ・アジア	Adoretinii (Adoretinae?)	垂直な口器
			Anoplognathini オーストラリア		

表1　スジコガネ亜科の分類体係の変更

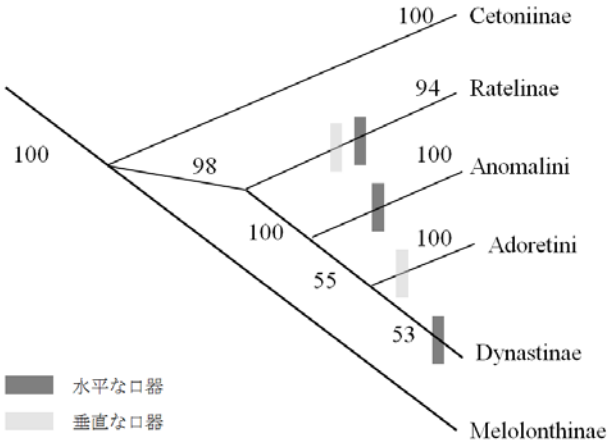


図1　スジコガネ亜科の分子系統図　（Smith et al. 2006より改変）

それでは，形態形質を用いて正しい系統群を認識し，生物地理を論じることは不可能であろうか．もちろん一，二の形態形質だけに基づいて系統群を確定することは誤りを犯しやすい．しかし，十分な形態形質数を用いた系統解析の結果からは，分子系統で示唆される分類体係を支持する結果が得られている．Smith et al. (2006)による遺伝子解析の結果では，ヨツバコガネ属（*Paratasia*）はカブトムシ亜科に属することを指摘している．同様の結果は，形態形質を用いた系統解析でも支持されている(Wada，未発表)．

次に，形態形質を用いた系統解析と分布の一例を紹介する．日本に分布するヨツバコガネ *Parastasia ferrieri* Nonfried，1895 は幼虫が朽ち木を食べていてこと及び 小笠原諸島など海洋島への分布からも海流による分散が考えられる． 系統解析の結果では，ヨツバコガネはインドシナ地域に分布する *P. sawadai* Wada, 2003 に近縁で，2 種からなる *ferrieri* –Group を形成している．分枝図では，*P. sawadai* が分化した後にヨツバコガネが分化しているが，台湾　～沖縄，伊豆諸島～小笠原諸島までの各地に分布するヨツバコガネ各亜種の分化のレベルは低く，一種としてまとめられた．このことは，*ferrieri* - Group はインドシナ地域より分布を広め種分化したが，ヨツバコガネの分布拡大は

比較的新しいことを示している．

次にディスコロールヨツバコガネ(*discolor*-Group) 4 種の分化を考えてみたい．4 種の系統解析の結果では，ボルネオ島・スマトラ島・ジャワ島からスンダ列島の一部に分布している *Parastasia discolor scutellaris* Erichson, 1845 がまず分化し，続いてインドシナからマレー半島に分布する *P. d. mirabilis* Arrow, 1899 が分化し，最後にフィリピン諸島に分布している *P. d. discolor* Westwood, 1842 とフィリピンのネグロス島の山地に分布している *Parastasia isidai* Wada, 1989 が分化している．ネグロス島では，低い標高に *P. d. discolor* が，より高い標高に *P. isidai* が分布している．*P. d. mirabilis* には色彩型の多型が見られ，*P. d. scutellaris* との分岐関係は不安定で，解析条件により順序が入れ換わる場合もある．このことから，ディスコロールヨツバコガネ(*discolor*-Group) 4 種の分化もインドシナ地域からマレー半島より分布を広め，各地域で隔離され種分化したと考えられる．ディスコロールヨツバコガネの成虫はライトに飛来するが，移動能力は高くないと考えられる．その生息地が主に標高 1000m 前後の熱帯山地林や熱帯亜山地林が発達している地域であるため，分散による分布の拡大は，熱帯山地林や熱帯亜山地林の拡大にともなう成虫の移動によるものと考えられる．このような熱帯亜山地林が拡大したのは，植物の花粉化石による分析などから中新世中期以降の 1300 万年前頃といわれている（Morley 1998）．

以上の例からも，ヨツバコガネ属の各種の種分化にも，それぞれに生態的要因と地域の地史とが深く関連し，影響していることが推察できる．そのような意味では，分類群の系統関係や生態の未知の部分が多いアジアにおけるスジコガネ類の生物地理(系統生物地理)の研究は，まだ緒についたばかりであり，α分類から始まる無限ともいえる未知の世界が残されている．

SMITH, A. B. T., D. C. Hawks, and J. M. Heraty. 2006. An Overview of the Classification and Evolution of the Major Scarab Beetle Clades (Coleoptera : Scarabaeoidea) Based on Preliminary Molecular Analyses. Coleopterists Society Monograph Number 5:35- 46.

MORLEY, R. J., 1998. Palynological evidence for Tertiary plant dispersals in the SE Asian region in relation to plate tectonics and climate. In: Hall, R. and Holloway, J. D. (eds.) Biogeography and Geological Evolution of SE Asia, pp. 211-234. Backhuys Publishers, Leiden.

DNA による系統解析の紹介

細谷　忠嗣・荒谷　邦雄

はじめに

ここ 10 数年, 我々のグループを含めてコガネムシ上科 Scarabaeoidea に関する DNA を用いた系統解析が盛んに行われるようになってきている．コガネムシ博 2010 では，ポスター展示および口頭発表において，DNA による系統解析の基礎的な説明，そして，我々のグループが行っている研究として，琉球列島におけるクワガタムシの系統生物地理とテナガコガネの系統関係について紹介するとともに，ここ数年で発表されたコガネムシ上科甲虫の上位分類に関する分子系統学的研究の論文の内容を紹介する．

DNA による系統解析について

1 つの種が 2 つの種に分岐すると，それぞれの種（系統）で独立に中立的な DNA の塩基置換が蓄積されていく．相同な DNA 配列部位を比較した場合，比べる種間の分岐時期が古いほど，比べる配列の置換数も大きくなっていく．言い換えると，塩基の置換数が生物の系統の分岐時間を反映しているということができる．この性質“分子時計”の性質を使って，各分類群間の系統関係を推定していくのが分子系統解析である．

研究の流れとしては，標本の採集，DNA の抽出，目的とする遺伝子領域の増幅，塩基配列の決定，塩基配列を用いた系統解析ということになる．DNA 抽出用の標本は，99.5%エタノール液浸保存，または冷凍保存が望ましいが，標本の状態によっては乾燥標本からの DNA 抽出も可能である．DNA の抽出は，前胸部や脚などから取り出した筋肉を用いて，各種 DNA 抽出用の実験キットをもちいて行う．解析に用いる遺伝子領域の増幅は PCR 法（Polymerase Chain Reaction：ポリメラーゼ連鎖反応）により行い, 増幅した DNA を用いて DNA シークエンサーという専用の機器をもちいて塩基配列の決定を行う．次に，得られた各種（個体）の塩基配列情報をもちいて分子系統樹を作成していくが，分子系統樹の作成法にも様々な種類がある（近隣結合法 NJ，平均距離法 UPGMA，最節約法 MP，最尤法 ML，ベイズ法 Bayes など）．また，系統樹上で単系統群としてまとまっている枝の信頼性を，ブーツストラップ確率や事後確率などの統計量で示す必要がある．

琉球列島におけるクワガタムシの系統生物地理

琉球列島は，新生代第三紀中新世にユーラシア大陸から分離して以来，地殻変動や氷河の消長に伴う海水面の変動がもたらした島嶼化と陸橋化の繰り返しという複雑な歴史を経てきた．そのため，琉球列島の生物相は，島嶼化に伴う分断による遺伝的分化と，陸橋化に伴う大陸からの分散による移入を繰り返すことにより，多くの固有タクサを含む多様な生物相を形成してきた．このような特徴的な生物相を示す琉球列島の生物地理は，琉球列島の成立過程（陸橋化と分断）と生物の分散による移動（陸橋による移動と海流分散など）の関係から各種生物で盛んに研究されている．発表者らも，現在クワガタムシ科を中心としたコガネムシ上科甲虫における琉球列島の系統生物地理について研究を進めている．

講演者らは，これまでにノコギリクワガタ属 *Prosopocoilus* の *Psalidoremus* 亜属，マルバネクワガタ属 *Neolucanus* の *maximus* 種群，ヒラタクワガタ *Dorcus titanus*，アマミコクワガタ *Dorcus amamianus* について，ミトコンドリア 16S rRNA 遺伝子を用いて琉球列島の系統生物地理学的研究を行っている．このうち，日本列島から琉球列島，台湾および朝鮮半島という日本列島周辺域のみに分布するノコギリクワガタ属の *Psalidoremus* 亜属を中心に琉球列島の系統生物地理を紹介していく．本亜属は，最初

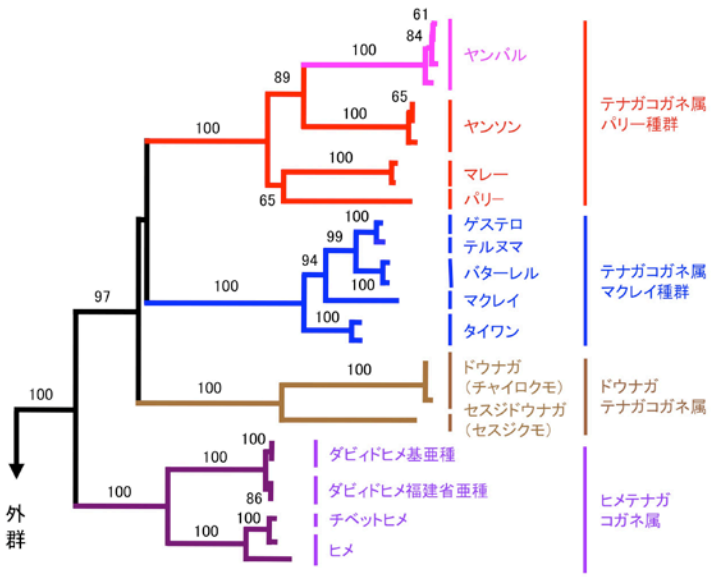
に「日本本土＋大隅諸島（朝鮮半島も含む）」と「琉球列島＋台湾」の２系統群に大別され，前者の各地域個体群間の分岐は浅かった．これに対して後者の系統群は，まず「中琉球（沖縄諸島と奄美諸島）＋トカラ列島」と「南琉球（八重山諸島）＋台湾」に分かれたが，両者の間の塩基置換率は高く，その分岐の古さが示唆された．このような中琉球に生息する生物群の遺伝的な古さは爬虫類などでもみられ，同地域が第三紀後期という古い時代に他地域から隔離されていたことによると考えられる．さらに，「中琉球＋トカラ列島」の内部は「奄美諸島＋トカラ列島」と「沖縄諸島」に，また「南琉球＋台湾」は「南琉球」と「台湾」にそれぞれ分岐したが，前者の間の塩基置換率は後者のそれよりも高く，中琉球内での分化も比較的進んでいることが示唆された．

インド北東部から台湾，琉球列島にかけて帯状に分布するマルバネクワガタ属の *maximus* 種群，奄美諸島から西表島まで分布するアマミコクワガタについても，前者ではまず「中琉球」と「南琉球＋大陸（台湾を含む）」が，また後者では「中琉球」と「南琉球」が分かれ，いずれもその後に生じた中琉球の沖縄諸島と奄美諸島の分岐が深いというノコギリクワガタ属の *Psalidoremus* 亜属と同様のパターンを示したが，マルバネクワガタ属の *maximus* 種群の方がノコギリクワガタ属の *Psalidoremus* 亜属やアマミコクワガタよりもずっと分岐が古いと言う傾向が見られた．

これに対して，東アジアから東南アジアにかけて広域分布するヒラタクワガタでは，琉球列島を含む東アジア各地域個体群の分岐がごく浅く，本種の琉球列島への侵入はある程度島嶼化が進んだ第四紀更新世後期に生じたと推定された．

テナガコガネ亜科の系統関係

コガネムシ科テナガコガネ亜科 Euchirinae は，ヒメテナガコガネ属 *Propomacrus*，テナガコガネ属 *Cheirotonus*，ドウナガコガネ属 *Eucbeirus* の３属からなり，このうちテナガコガネ属は *parryi* 種群と *macleayi* 種群に分けられている．発表者らは，国指定の天然記念物であるヤンバルテナガコガネ *Cheirotonus jambar* の保全研究の一環として，ミトコンドリア DNA の 16S rRNA 遺伝子を用いたテナガコガネ亜科の系統関係について研究を行っている．系統解析の結果，テナガコガネ亜科が，コガ



図．テナガコガネ亜科のミトコンドリア16S rRNA遺伝子に基づく系統関係（NJ法）．
各枝の数値はブートストラップ確率．

ネムシ科食葉群の系統で最初に他から分岐しており，テナガコガネ亜科３属のうちヒメテナガコガネ属が最初に分岐し，ついでドウナガテナガコガネ属とテナガコガネ属の２種群がほぼ３分岐したことが明らかになった. また, ヤンバルテナガコガネは, 中国に分布するヤンソンテナガコガネ *Cheirotonus jansoni* と近縁であるが，その分岐が深く，ヤンバルテナガコガネの沖縄への隔離が古いものであることを示した．また，ミトコンドリア COI 遺伝子を用いた保全遺伝学的解析からヤンバルテナガコガネの遺伝的多様性はある程度保持されていることを示した.

甲虫およびコガネムシ上科の上位分類群の系統関係

Science 誌に掲載された甲虫目（鞘翅目）Coleoptera 全体の系統解析を行っている Hunt ら（2007）の論文と，Coleopterists Society Monograph の Henry F. Howden 記念論文集に掲載されたコガネムシ上科の上位分類群の系統解析を行っている Smith ら（2006）の論文について紹介する.

Hunt ら（2007）は，1900 種近くの甲虫類（甲虫の科の 80%以上，亜科の 60%以上を網羅）について，３つの遺伝子領域を用いて，大規模な甲虫類の上位分類群の系統解析を行った．その結果，まず甲虫目の 4 つの亜目は，ツブミズムシ亜目（粘食亜目）Myxophaga とナガヒラタムシ亜目（始原亜目）Archostemata が含まれる系統群と，コガネムシ上科の含まれるカブトムシ亜目（多食亜目）Polyphaga とオサムシ亜目（食肉亜目）Adephaga の系統群の 2 つに大別されることを示した．更に，カブトムシ亜目は単系統群を形成し，まずマルハナノミ科 Scirtidae やマキムシモドキ科 Derodontidae など５つの科が初期の分岐を示すこと，そして，コガネムシ上科は，上記５科を除いた多食亜目の系統群の中に含まれ，本上科のみで明確に単系統群を形成することを示した．しかし，本上科と組む近縁な上科は明確になっていない.

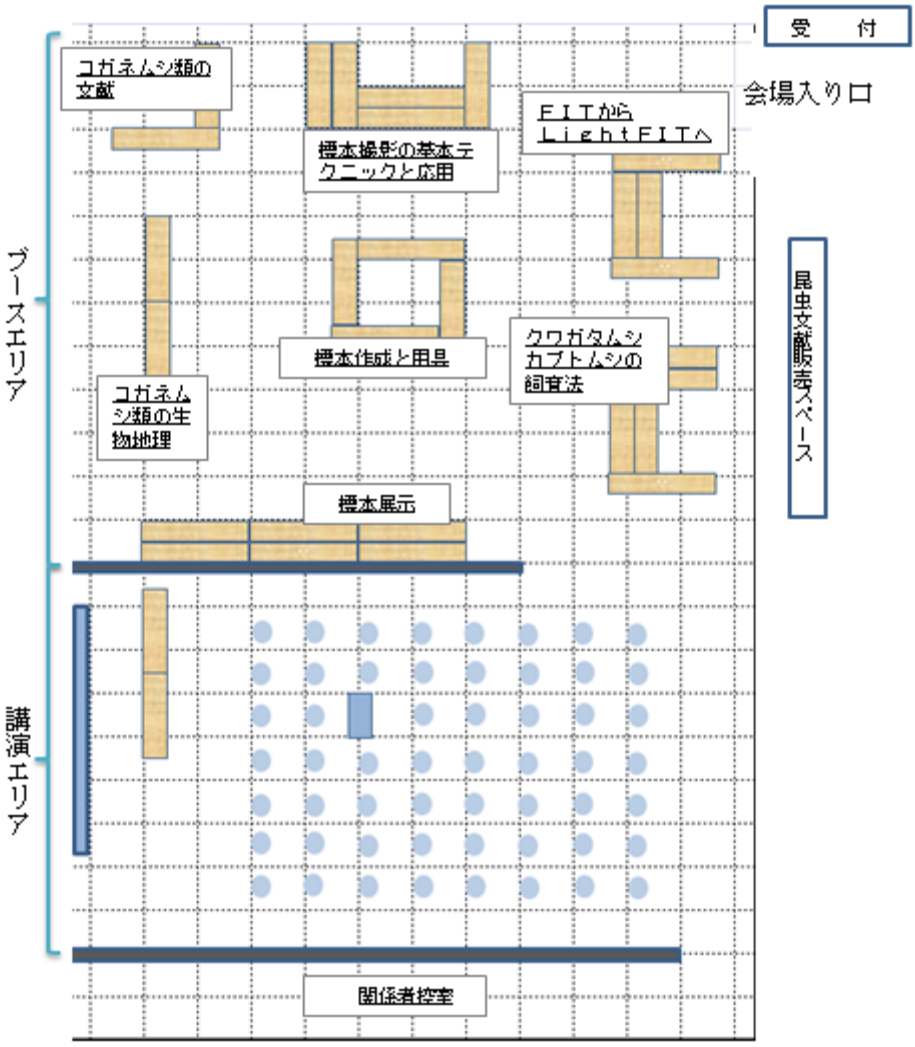
次に Smith ら（2006）は，核遺伝子の 28S rRNA と 18S rRNA を用いてコガネムシ上科の科間およびコガネムシ科の亜科間の系統解析を行っている．まず，コガネムシ上科は 3 つの系統群に分かれるとしている．１つ目が Geotrupid Clade で，センチコガネ科 Geotrupidae（ムネアカセンチコガネ科 Bolboceratidae も含む），クロツヤムシ科 Passalidae，フユセンチコガネ科 Pleocomidae が含まれる系統群としているが，ブーツストラップ値はかなり低い．２つ目が Lucanid Clade で，クワガタムシ科 Lucanidae，ホソマグソクワガタ科 Diphyllostomatidae，コブスジコガネ科 Trogidae，ニセコブスジコガネ科 Glaresidae が含まれる．3 つ目が Scarabaeid Clade で，アツバコガネ科 Hybosoridae（マンマルコガネ科 Ceratocanthidae を含む），アカマダラセンチコガネ科 Ochodaeidae，ヒゲブトハナムグリ科 Glaphyridae，コガネムシ科 Scarabaeidae が含まれる．このクレードは，大きく 2 つの系統群に分かれており，またコガネムシ科が単系統群とならず，食糞群と食葉群がそれぞれ異なる系統群に分かれている．コガネムシ科のタマオシコガネ亜科（＝ダイコクコガネ亜科）Scarabaeinae とマグソコガネ亜科 Aphodiinae（ニセマグソコガネ亜科 Aegialiinae を含む）は，アツバコガネ科，アカマダラセンチコガネ科，ヒゲブトハナムグリ科と単系統群を形成している．コガネムシ科の食葉群は，ハナムグリ亜科 Cetoniinae の系統群にトラハナムグリ亜科 Trichiinae とヒラタハナムグリ亜科 Valginae が含まれ，コフキコガネ亜科 Melolonthinae の系統群には，Orphninae 亜科などの日本にはいない小さな分類群が含まれている．スジコガネ亜科 Ruteliinae とカブトムシ亜科 Dynastinae が単系統群を形成したが，スジコガネ亜科は単系統群とはならず，その一部がカブトムシ亜科と組んでいる.

おわりに

DNA をもちいた分子系統学的手法は, 系統関係の解明や分類学的問題の整理に用いられるだけではなく，特徴的な形態や行動の進化，生物地理，保全，外来種問題，同定など様々な生物学的問題の解明に用いられている．また，DNA バーコーディングのように，同定ツールの一部として DNA データの集積を行い，より汎用的な利用度を上げていこうとする取組みも進行している.

コガネ博2010　会場案内図

大手町　サンケイプラザ　3F　311～312



※当日予告なく配置が変わる可能性があります。