

# さまざまな環境に適応する生物の多様化をたどる

生物は「どうやって」多様多様になったのか。

地球上には数千万種の生物が存在していると言われている。一見して何の関係もない生物でも、起源をたどってみるとただ1つの祖先に行きつくことになる。生物は「どうやって」これほど多様多様になることができたのだろうか。

全生物 160万種のうち

**動物 75%**

120万種

**節足動物 65%**

105万種

**昆虫 60%**

92万種

**ほ乳類 0.3%**

4600種

1. 多様化の様々なパターン

2. 生物のつながりが作る多様性

3. 環境の変化と多様性の起源



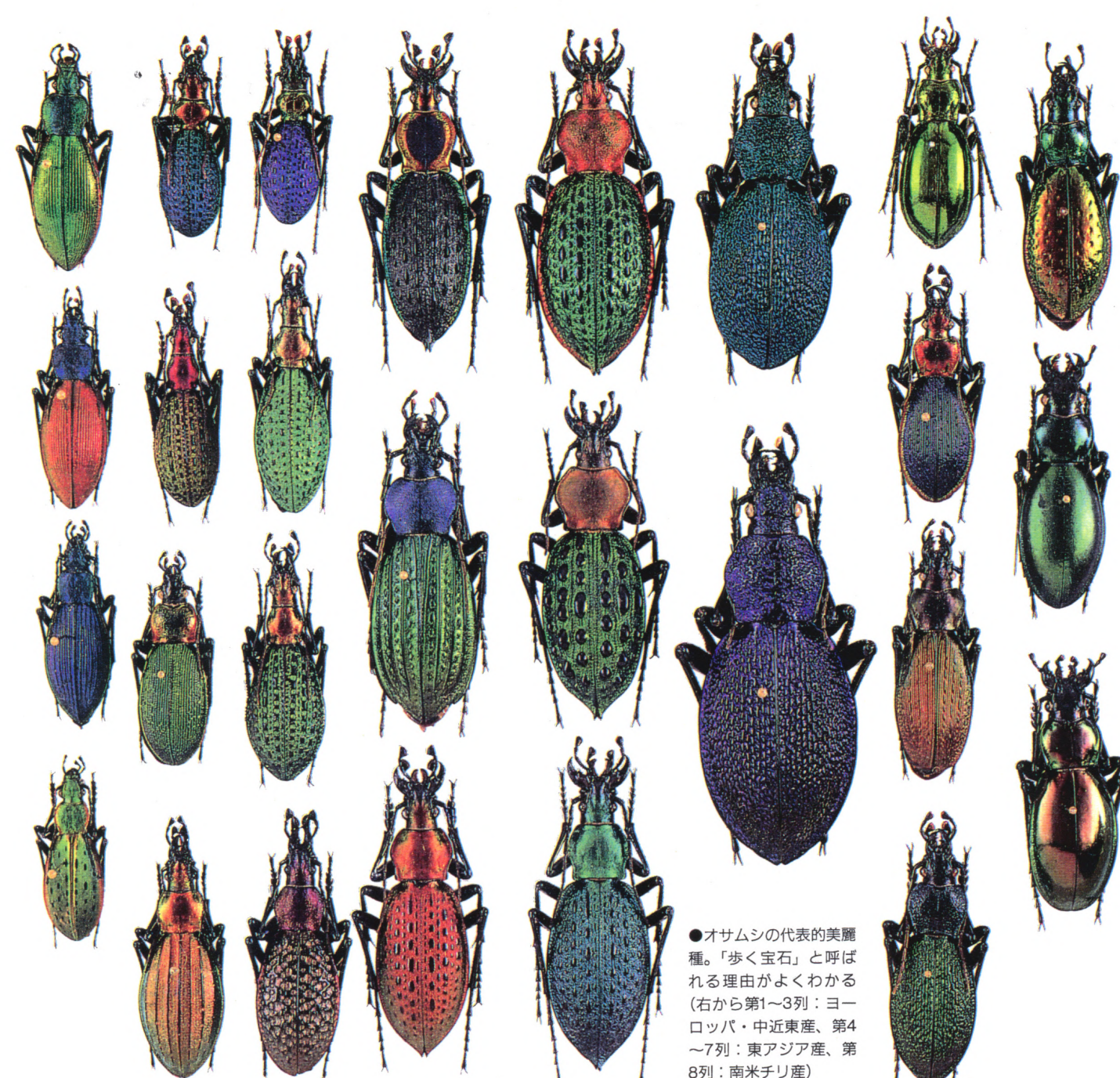
“Evolution of Insects”

昆虫大繁栄の理由  
小型化、飛翔能力、変態・休眠機能の獲得、他者とのつながりをもつ、多くの卵を産む...

## 1. オサムシから様々な多様化パターンを発見

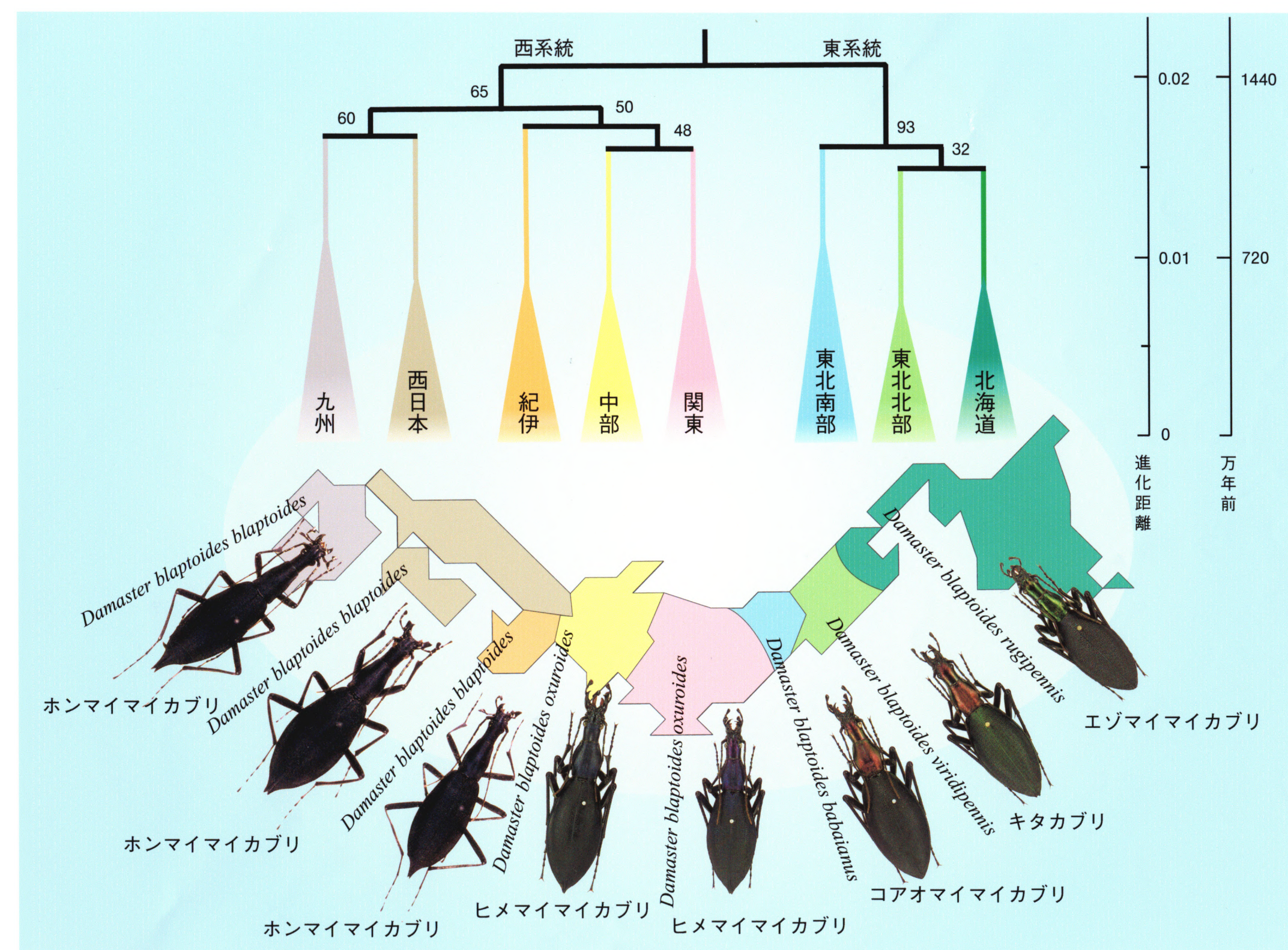
### ● 生物の多様化をオサムシで探る

甲虫の仲間であるオサムシは、主として北半球に分布し、世界に約1000種、日本には35種が生息している。この仲間のほとんどは後ろ翅が退化して飛べない。そのため移動が制限され、地域的変異が出やすく、生物の多様性・種分化・地史と関連した分布圏の成立過程などを考察するのに格好の材料となる。これらの問題へのアプローチとして、日本産35種を含む数百種・数千個体以上のミトコンドリアDNAや核遺伝子の塩基配列を決定し、系統関係を調べ、オサムシの系統と進化を世界に先駆けて考察した。



### ● オサムシが日本列島形成の歴史を語る

分子系統と年代推定の結果、日本産オサムシの日本列島への進入経路が大きく2つのグループに分かれることがわかった。第1グループは、約1500万年前、日本列島が大陸から分離した際、祖先型が古日本列島に乗って入り、列島内で分化したもので、第2グループはユーラシア大陸で分化し、氷河期に陸橋により日本列島に進出したものである。第1グループの代表的なものはマイマイカブリであり、このオサムシの系統分岐は日本列島の形成史と一致することも判明した。

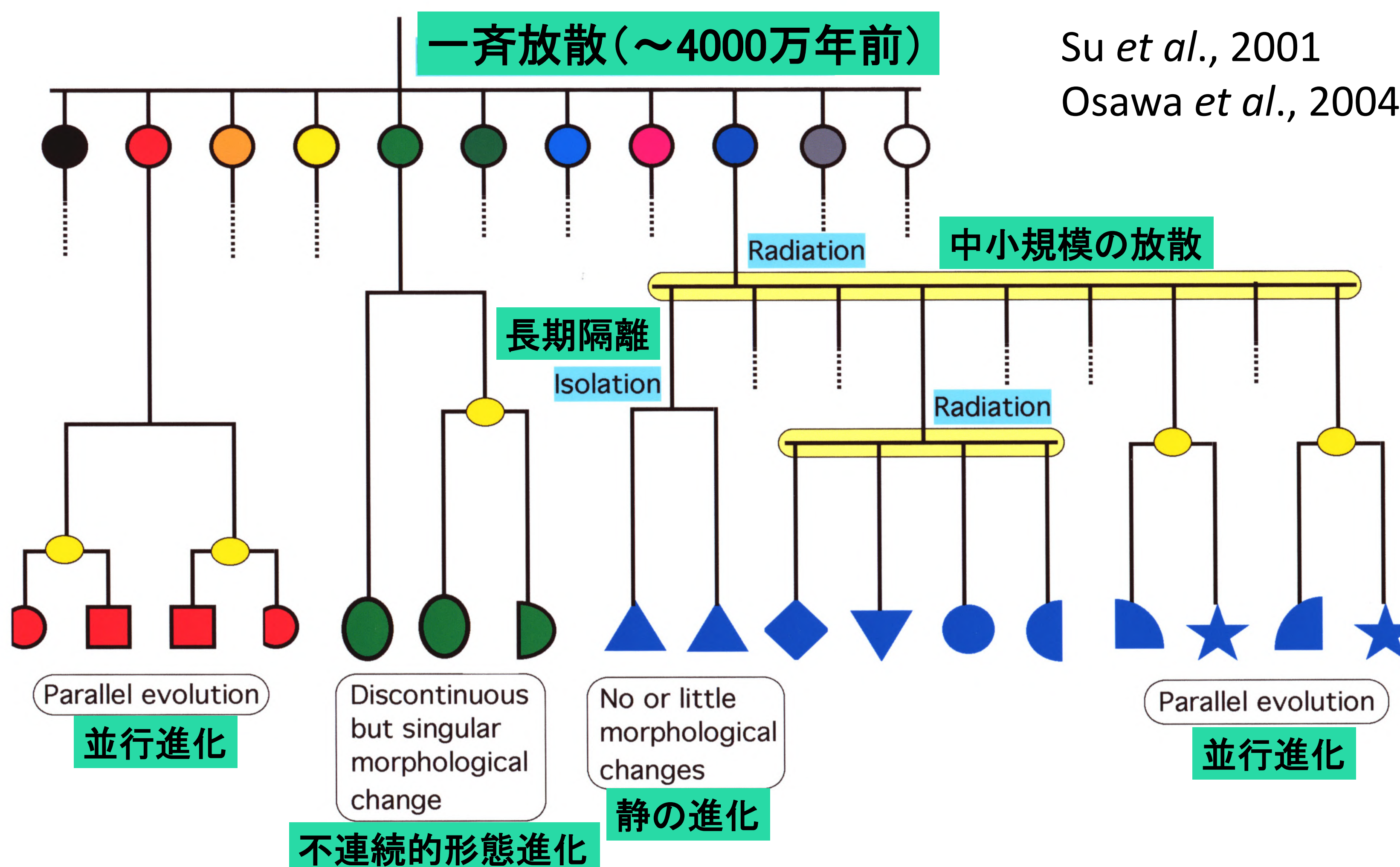


Su et al., 1998

### ● 生物の多様化の様々なパターンをオサムシが語る

#### オサムシから発見した様々な多様化パターン

オサムシはおよそ4000万年前に一斉放散を起こし、その後も中小規模の放散が起きた。また、系統によって“並行進化”や“不連続的形態進化”が起きていることが示唆された。我々はこれらのパターンを進化過程における“動”と呼び、長い間に分岐しながら形態変化が起きない現象を“静”と呼んだ。つまり、生物の進化は“動の進化”と“静の進化”の組合せで進むのではないかと考えた。



Su et al., 2001  
Osawa et al., 2004

#### 並行進化

黒くて、頭胸部が大きい3種のオサムシが独立に異なる系統で進化した。

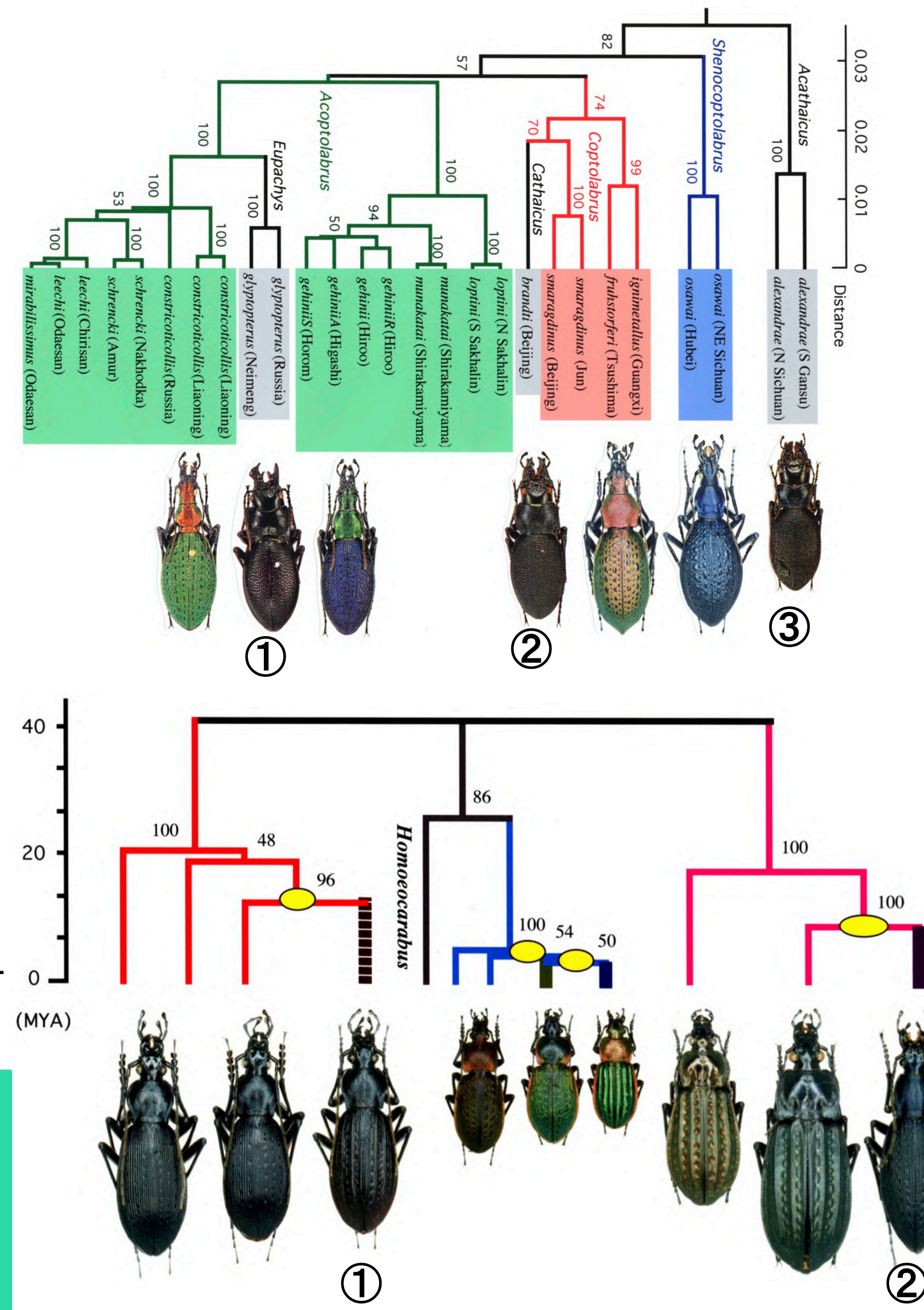
- ①クギヌキオズオサムシ
- ②コウガオサムシ
- ③マンボウオサムシ

#### 不連続形態進化

同種の一系統から、形態が大きく違う別種あるいは別属などの種が進化した。

コホクトゲオサムシ(①)がザオタートゲオサムシの一系統から、アキタクロナガオサムシ(②)がマークオサムシの一系統から進化。

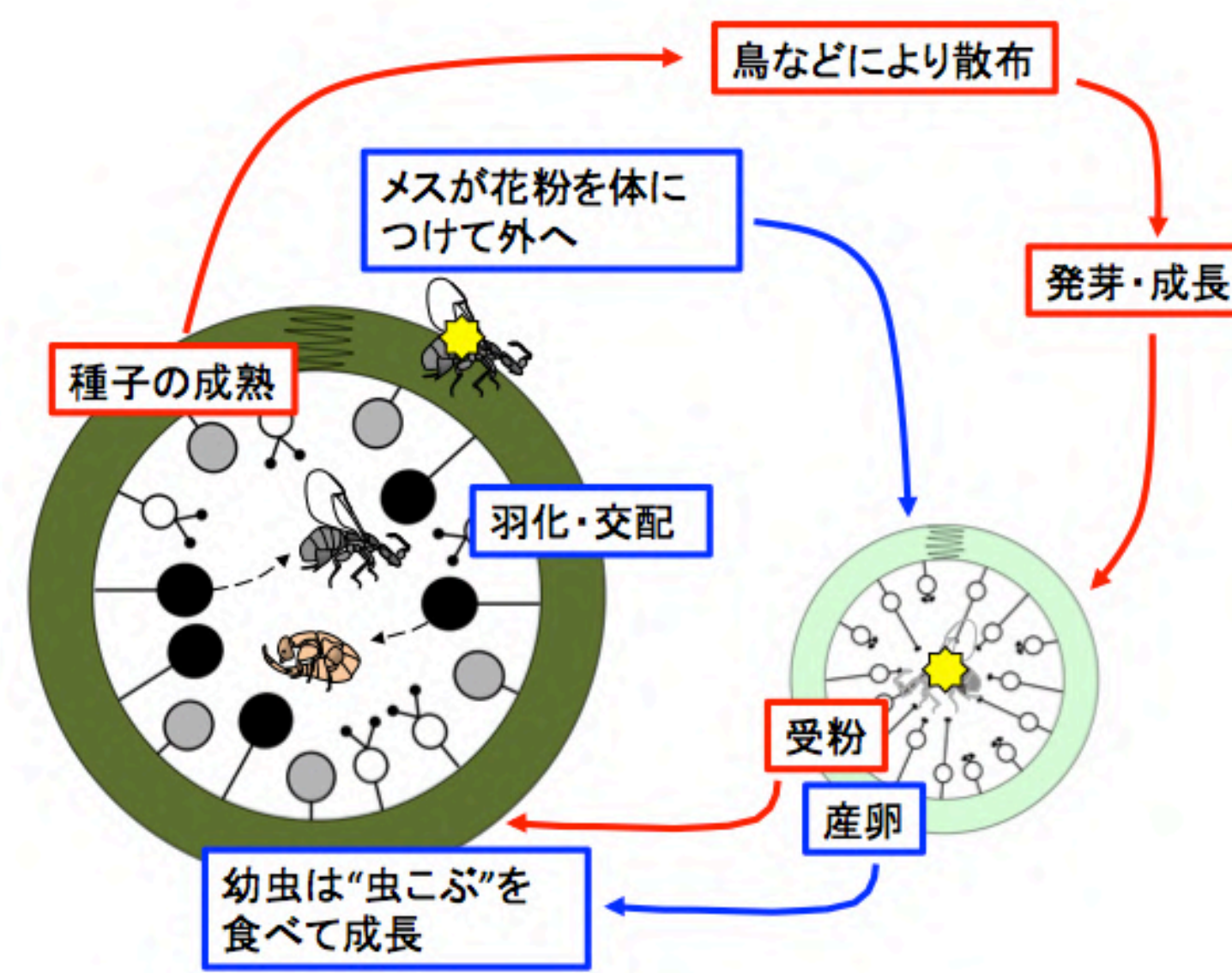
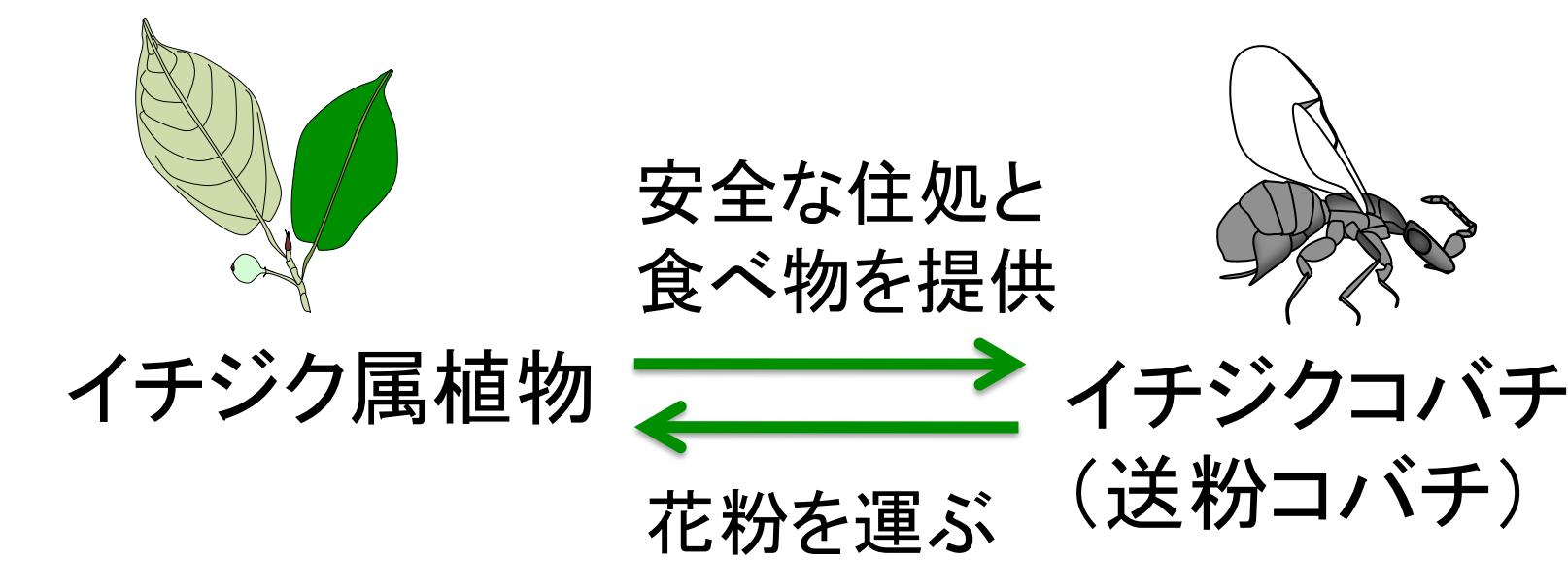
研究者とアマチュアとのコラボレーションが昆虫分子系統学発展のきっかけを作った。



# 2. 植物と昆虫のつながりが多様性を生み出す

## ●イチジクとコバチの絶対的な共生関係

陸上植物の9割は花を咲かせる被子植物である。被子植物が著しい多様化を遂げた背景には、花粉を運ぶ動物とそれらを引き寄せるために発達した花との共生関係の進化が深く関わっている。

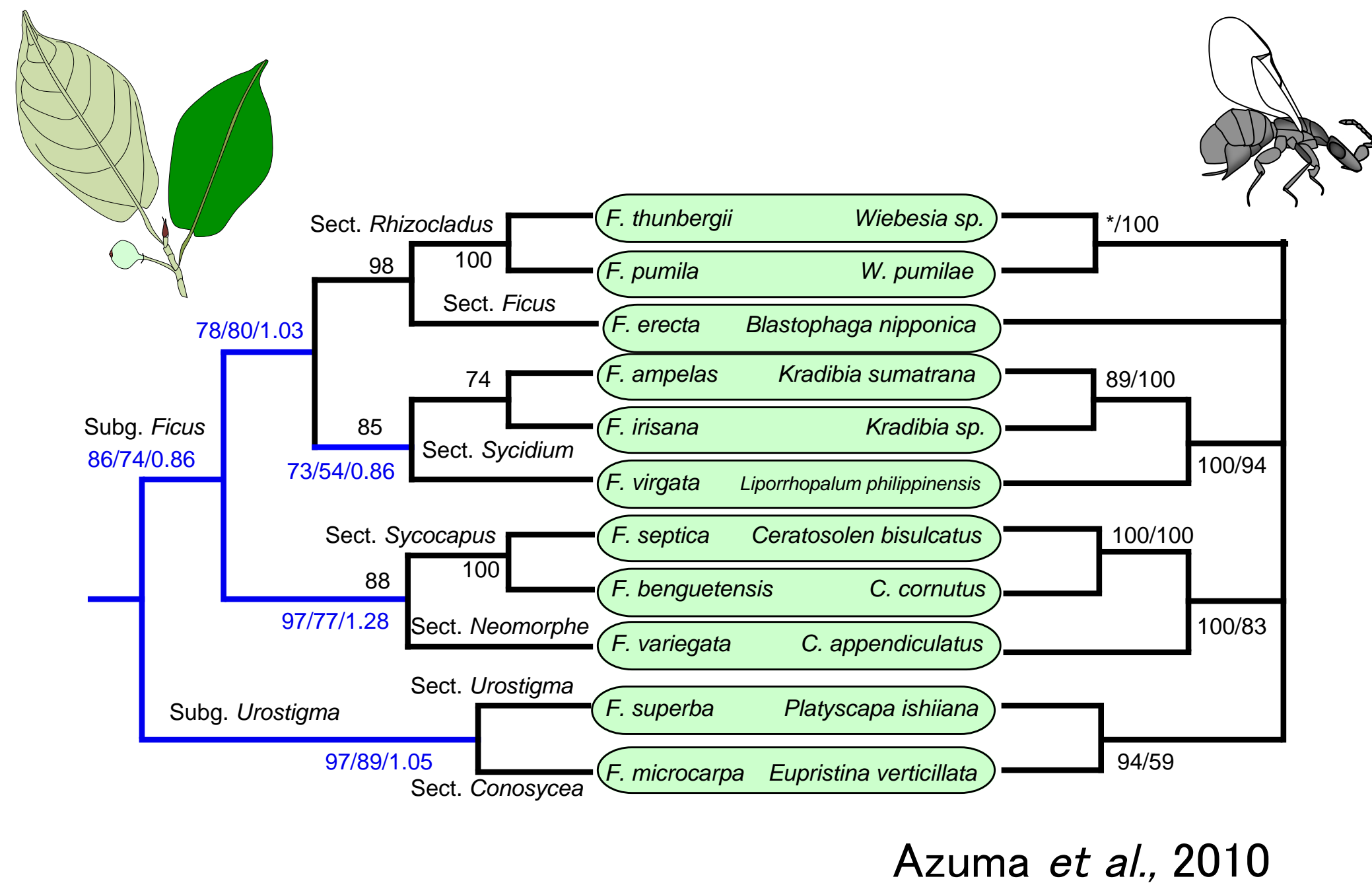


## ●イチジク属植物とイチジクコバチは「1対1」

●絶対送粉共生系では、植物と送粉者が互いに強く依存しあう。

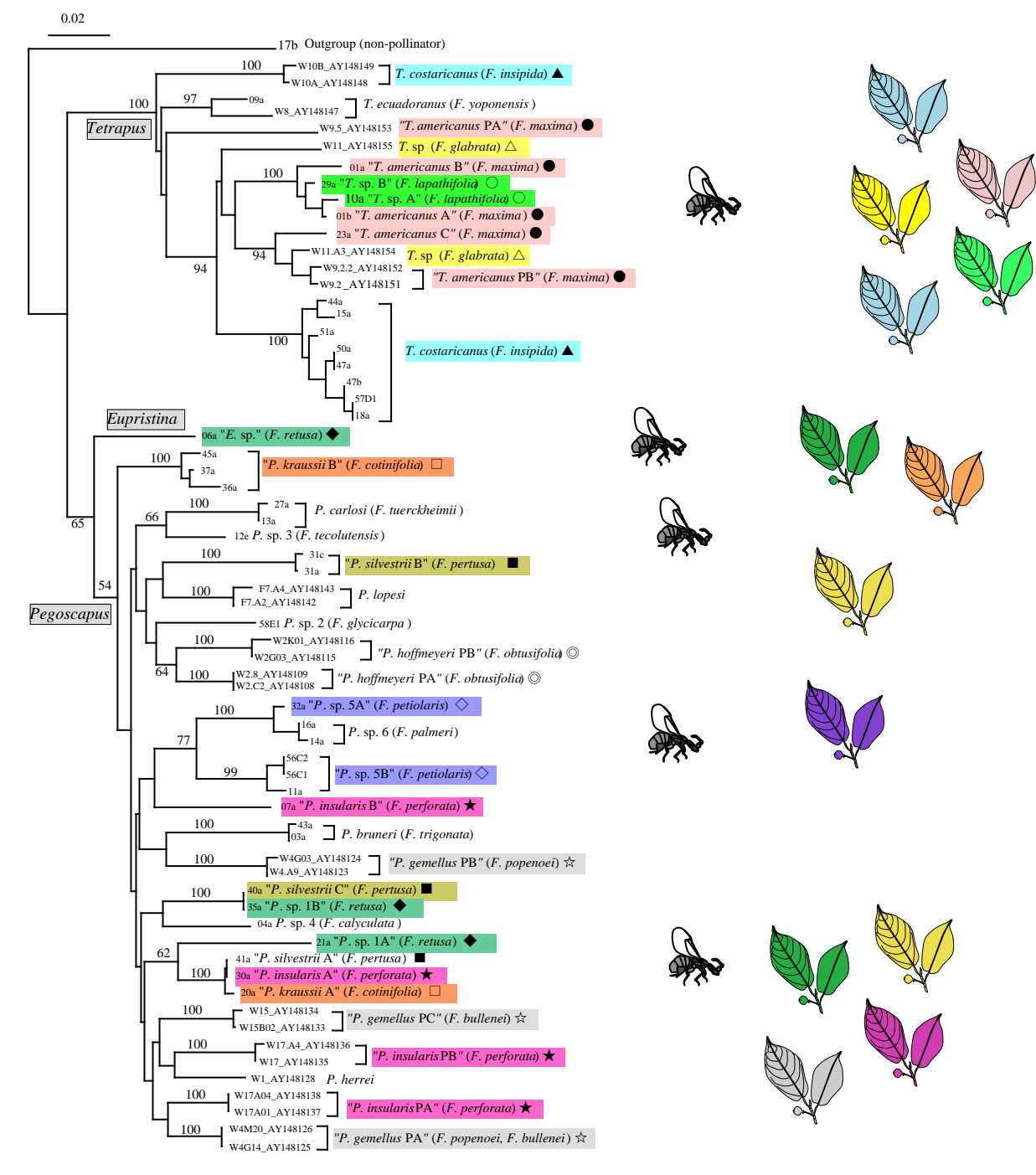
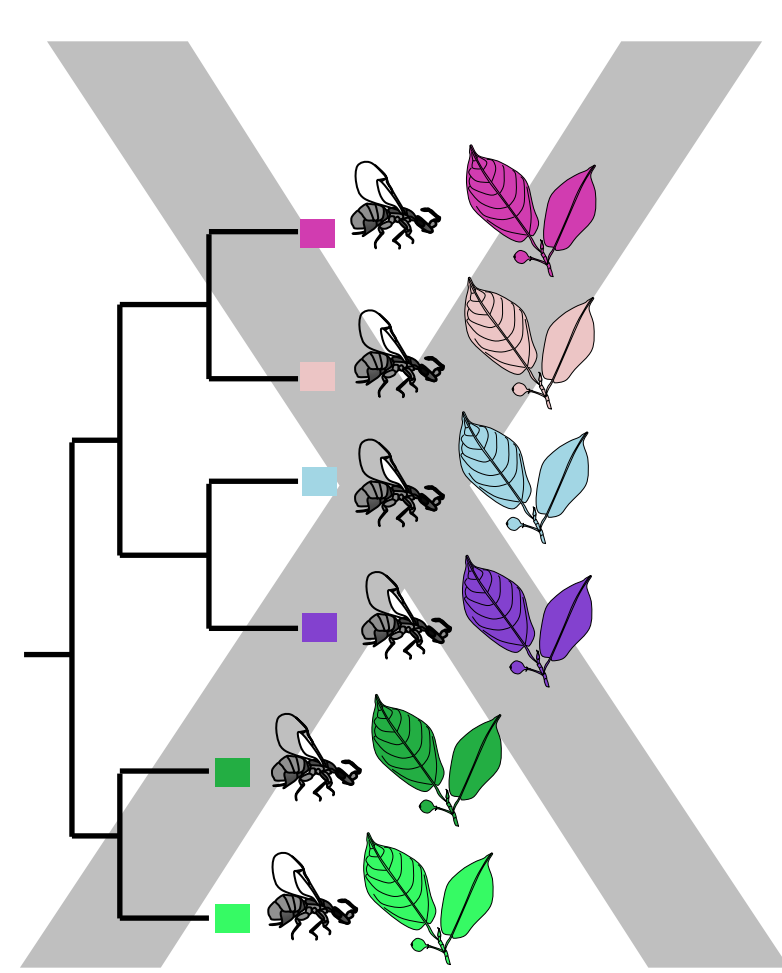
●どちらかの種分化はもう一方の種分化につながる(共種分化)。

●日本のイチジク属植物と送粉コバチが「1対1」の関係を保って進化していることが明らかになった。



## ●「1対1」の関係が乱れるときがある

●メキシコ産のイチジク属植物と送粉コバチでは、近縁種間で「1対1」関係の乱れが見られた。  
●「1対1」関係の乱れが種分化のきっかけになるのか？

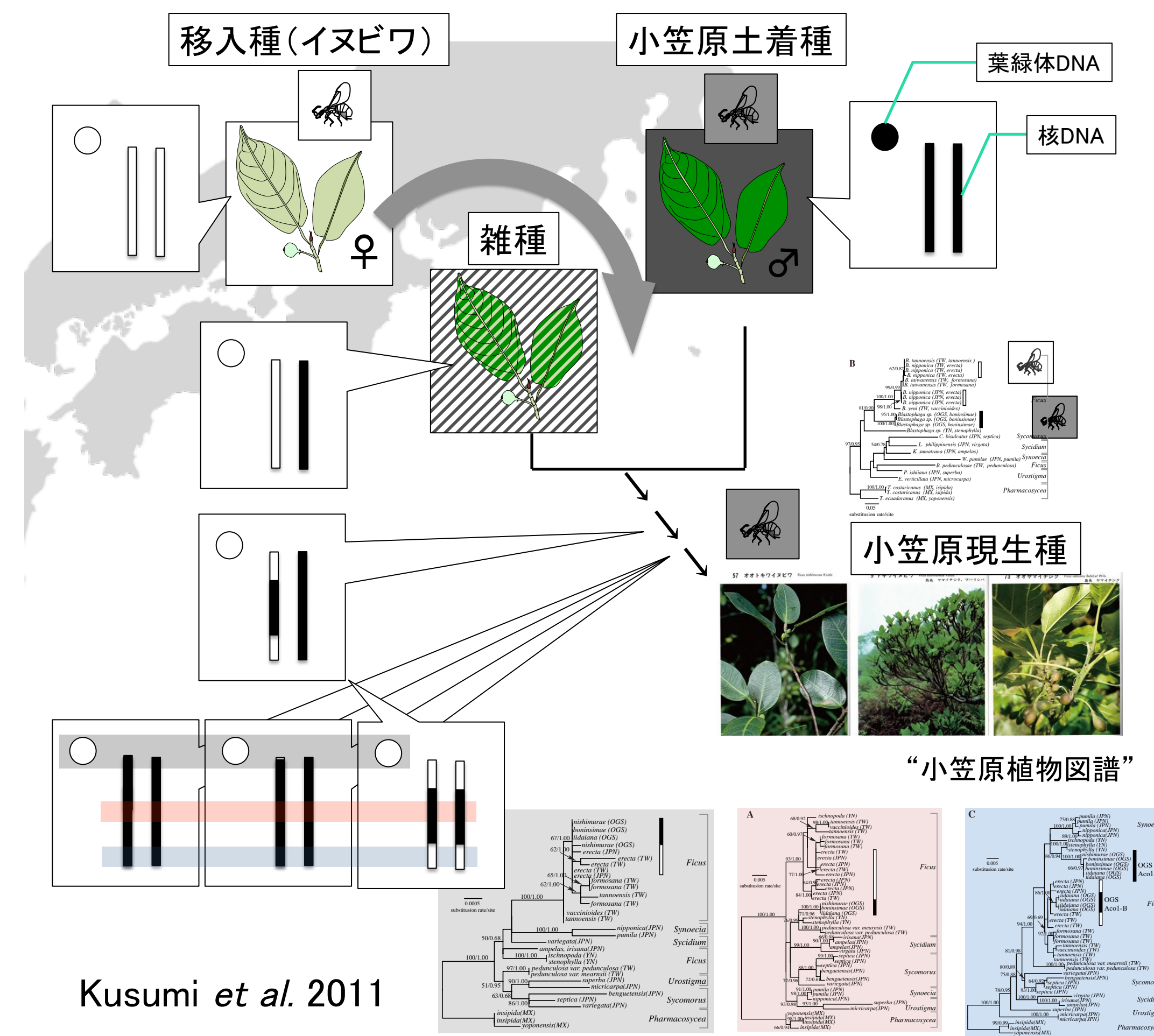
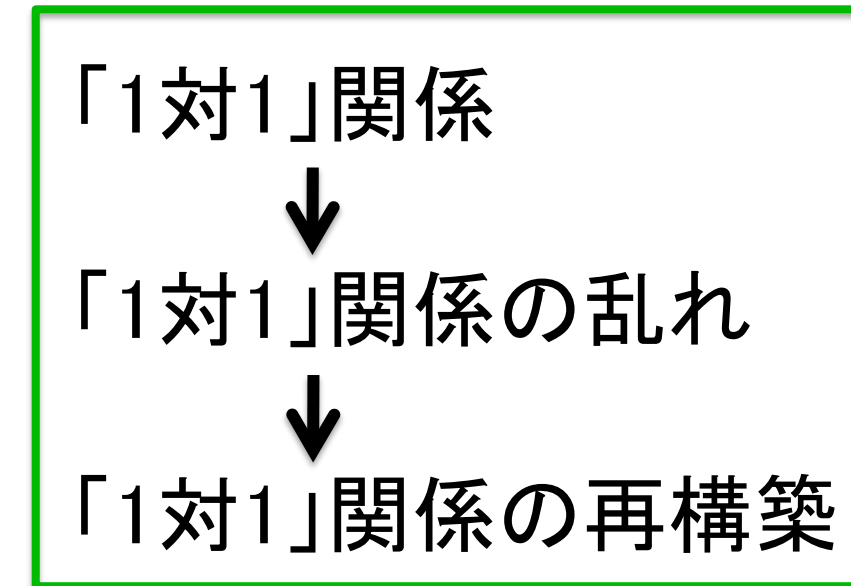


## ●雑種が新たな多様性を生み出す

●小笠原諸島には3種のイチジク属植物の固有種とそれらの送粉コバチがいる。

●小笠原のイチジク属植物と送粉コバチは南西諸島を中心に分布するイヌビワとイヌビワコバチが移入して種分化したと考えられていた。

●しかし、DNAを調べると、その起源はイヌビワを母系とする雑種起源であることが判明した。

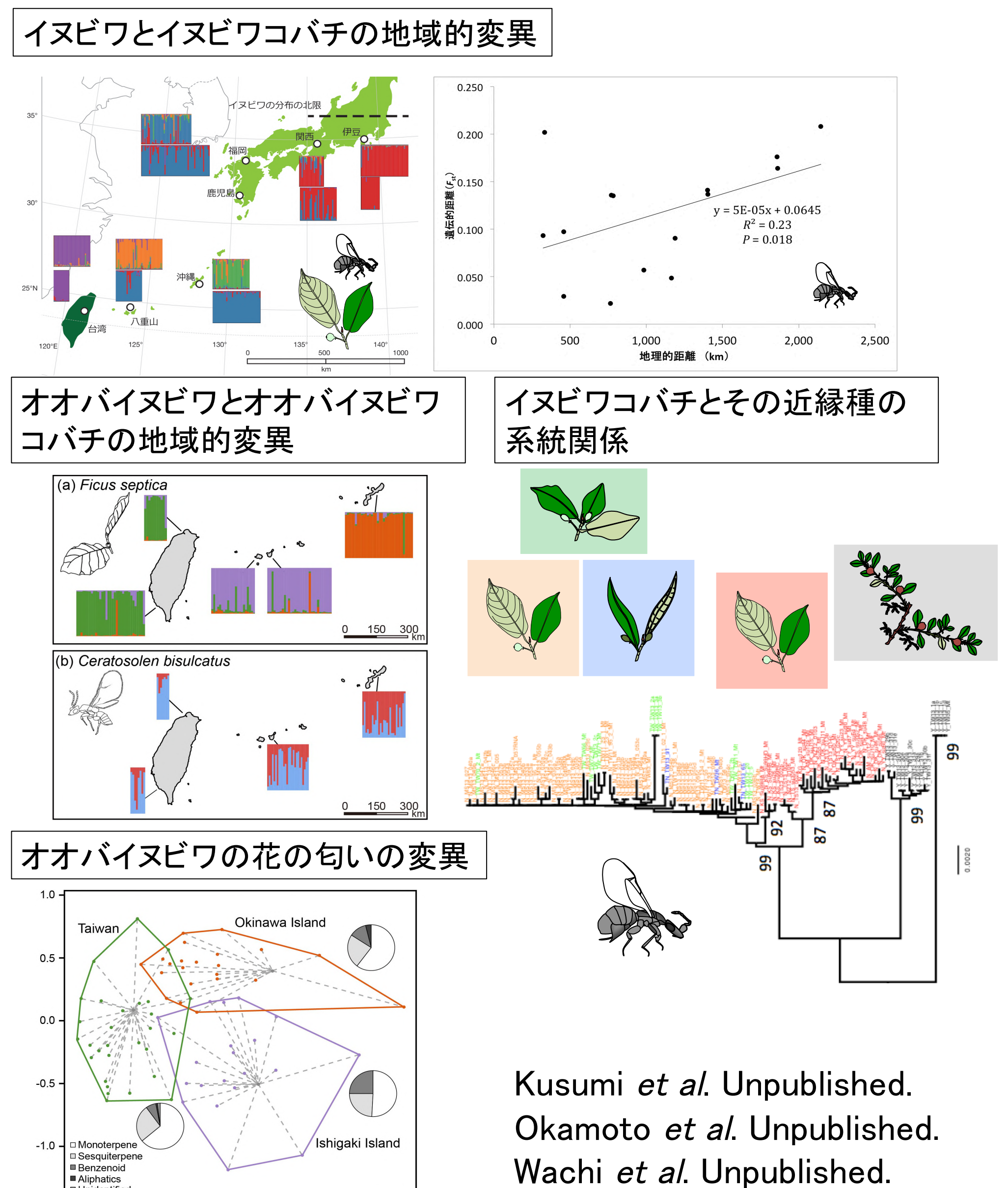


## ●地域性とのつながりの乱れが多様性を生み出す？

●イチジク属植物と送粉コバチの種分化は同調的に起こるのか、それとも「1対1」関係の乱れを通して起こるのだろうか。

●種内と近縁種間の比較を通して、共種分化の過程を明らかにしたい。

●右図にあるイチジク属植物と送粉コバチを調べた結果、両者の複雑な共種分化の過程が徐々に明らかになるようになっている。



イチジク属植物は、コバチだけでなく、他の多くの動物とつながりを作り、熱帯雨林のキープラントとして、その多様性を支えている。

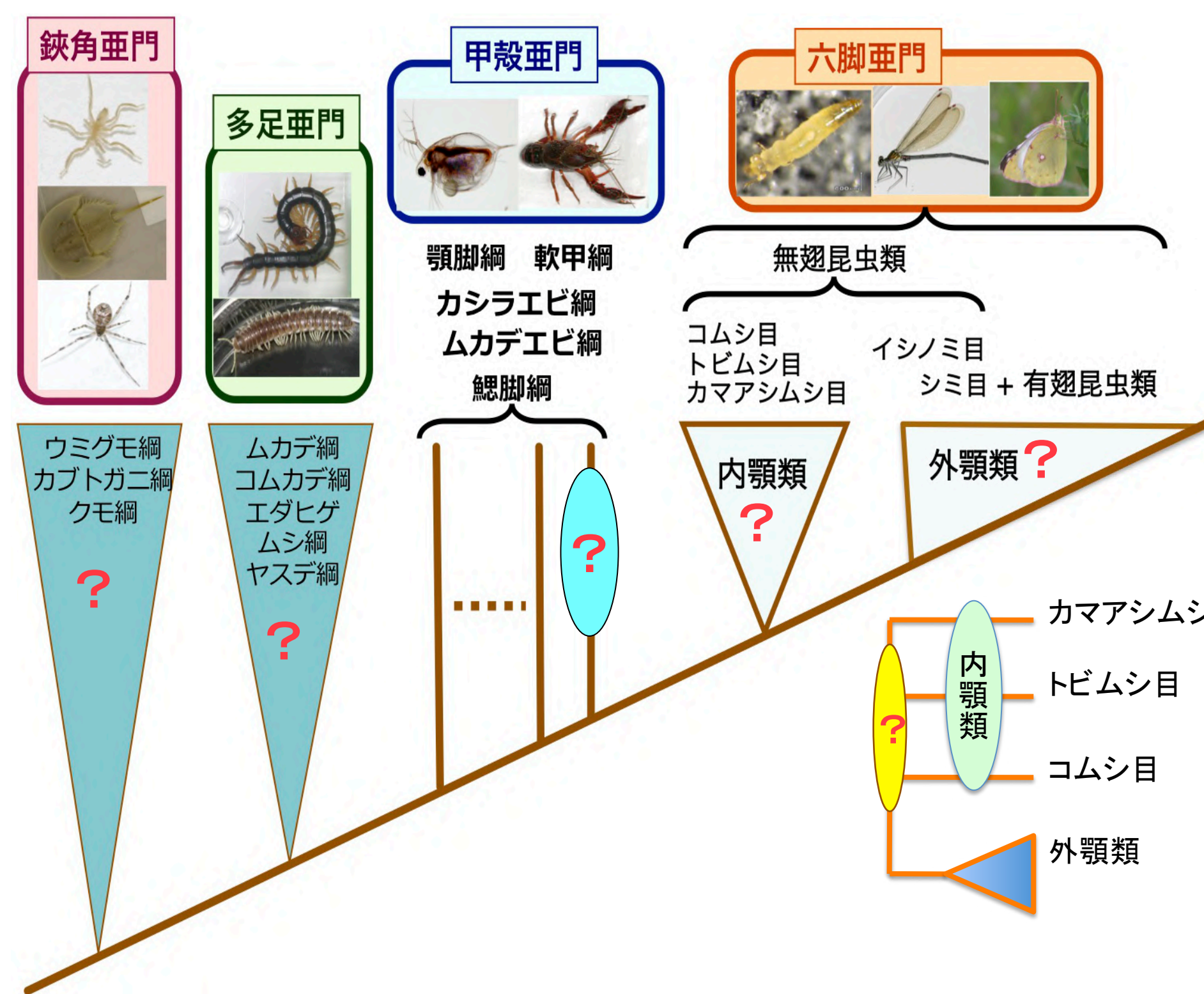
# 3. 新たな環境への適応が節足動物の多様性を生む

## ●節足動物は著しい多様化を遂げてきた

●節足動物は動物の8割を占め、種数において最大の動物門である。

●分類学的には、右図にある4亜門に分けられている。

●地球上でもっとも繁栄している節足動物の多様化への理解を通して、生物多様化機構の解明に繋げたい。



## ●節足動物の多様化の理解への多くの課題

節足動物の多様化を理解するために、系統関係の解明が必要である。しかし、節足動物の系統関係については、まだ不明なところが多い(上図を参照)。

- 六脚類にもっとも近縁な甲殻類の系統がどれなのか。
- 六脚類は一つの起源なのか。
- もっとも祖先的な六脚類の系統は何なのか。
- 多足類と鋏角類は姉妹関係にあるのか、それとも鋏角類は節足動物門のもっとも祖先的な系統なのか
- ...

私たちは多くの遺伝子情報を用いてこれらの問題の解明に挑んでいる。

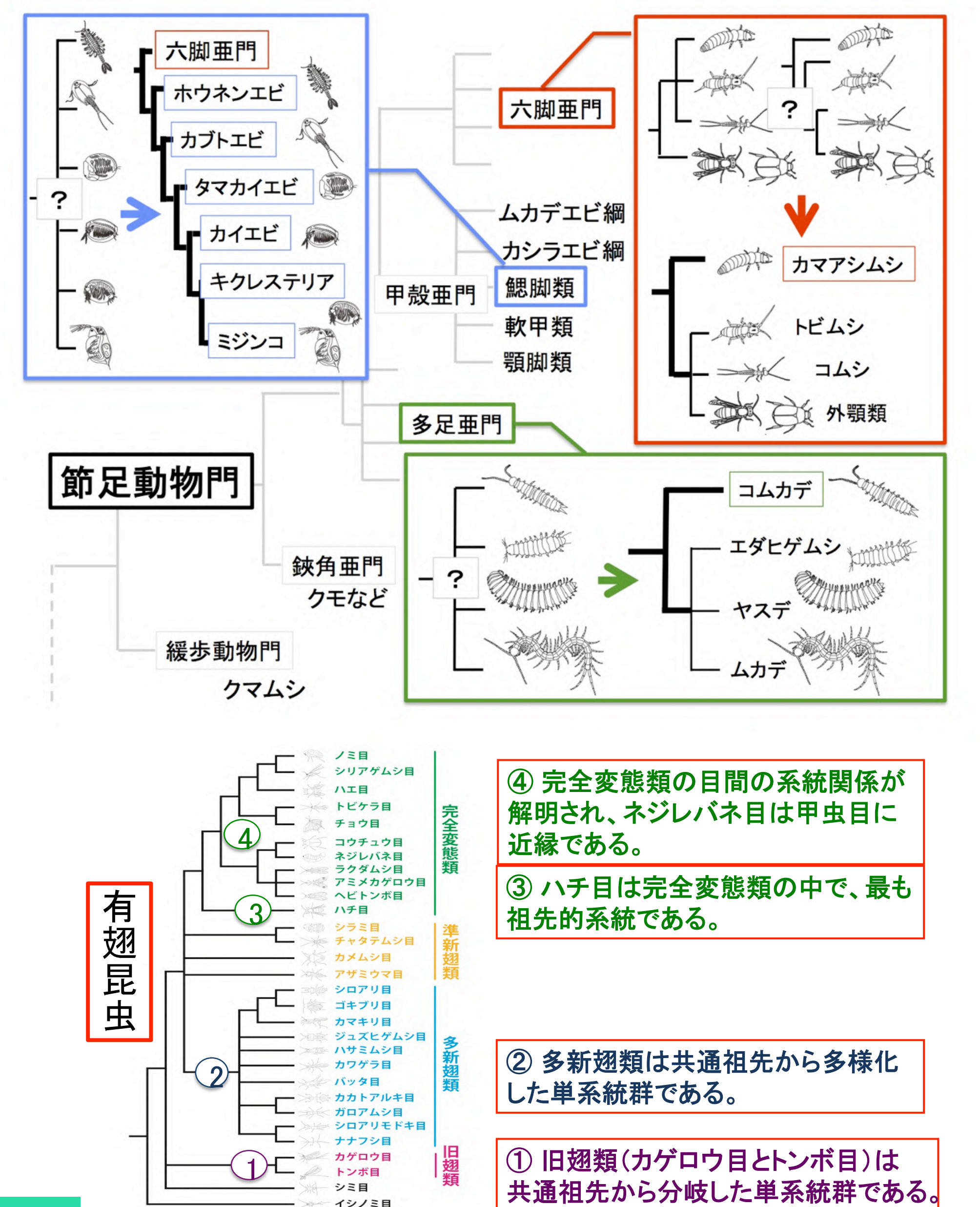
## ●これまで明らかにした節足動物の系統関係

陸上進出(さまざまな節足動物)と翅の獲得(昆虫類)が節足動物の多様性をもたらした大きなきっかけである。

その後も、節足動物はさまざまな環境へ適応し、種分化を繰り返すことで多様化してきた。

その多様化の過程を解明するために、我々は節足動物の系統関係について以下のことを明らかにした。

1. 多足亜門において、最初に分岐したのはコムカデ綱である。その分岐はカンブリア紀初期に遡り、コムカデは独立に陸上進出を果たした。
2. 甲殻亜門において、六脚類の起源に関わる可能性のある鰓脚類の系統関係を解明した。
3. 六脚亜門において、最初に分岐したのはカマアシムシ目である。
4. 有翅昆虫の目間の関係を解明。



節足動物の多様化への理解から生物の多様化機構の理解へ

Ishiwata et al., 2011; Sasaki et al., 2013  
Miyazawa et al., 2014; Uozumi et al., Unpublished.