

平成 21 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2006～2008

課題番号：18570078

研究課題名 (和文) ヤドリダニをモデルとしたダニ類の多様性創出機構の解明

研究課題名 (英文) Modes of speciation in the parasitid mites (Acari: Parasitidae)

研究代表者

高久 元 (TAKAKU GEN)

北海道教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：40236203

研究成果の概要：北海道内でヤドリダニ類の多様性を調べたところ、土壌、落葉から 3 属 13 種（多くは北方系の *Neogamasus* 属の種であり、他に *Parasitus* 属、*Vulgarogamasus* 属）、海浜の打ち上げ物から *Parasitus* 属 1 種、マルハナバチ類体表から *Parasitellus* 属 3 種、モンシデムシ類体表から *Poecilochirus* 属の少なくとも 2 種の同胞種の存在が明らかになった。これらの多くは本邦未記録種または未記載種であり、これまでほとんど知られていなかった本邦のヤドリダニ類に関してその多様性の一端が明らかになった。

交付額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2006 年度 | 2,400,000 | 0 | 2,400,000 |
| 2007 年度 | 600,000 | 180,000 | 780,000 |
| 2008 年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,700,000 | 390,000 | 4,090,000 |

研究分野：動物分類学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生物多様性・分類

キーワード：ダニ目、トゲダニ亜目、ヤドリダニ科、多様性、分類、同胞種、種分化、系統

1. 研究開始当初の背景

陸産節足動物の中で、ダニ類は昆虫に次ぐ種多様性を誇る分類群である。推定種数は 50 万から 100 万種にのぼると言われている。日本でも推定約 10,000 種のダニ類が生息すると考えられている。ダニ類は種多様性だけでなく、生息環境、食性においても、他の蛛形類を凌駕する多様性を示し、その多様性は昆虫に匹敵するものである。地球上で最大の多様性を示す昆虫では、様々な分類群を材料に、その多様性創出機構、種分化機構に関して研究が行われている。昆虫類に比較してダニ類では多様性研究全般（多様性の解明、種分化機構の解明など）に遅れが見られる。

多様性の高いダニ類全体を扱い多様性研究を行うことは、限られた期間の中では困難であるが、特定の分類群（本研究ではヤドリダニ類）を選びモデルとして用いることで、ダニ類の多様性の一端を明らかにしながら、ダニ類の多様性創出機構の解明の糸口をつかむことができるものと考え、本研究に至った。

2. 研究の目的

本研究では、ダニ類の中でも比較的大型で採集・飼育が容易であるトゲダニ亜目ヤドリダニ科のダニ類に焦点を絞った。ヤドリダニ類に関しては本邦ではほとんど研究が行わ

れておらず、6種が記録されているに過ぎない。これまでの研究代表者の予備的調査から、本邦にはおよそ5属30種程度が生息するものと予想され、また落葉、土壌、堆肥、潮間帯、昆虫（主に社会性昆虫）上など様々な環境から見つかることが知られている。このように扱いやすい種数であり、生息場所、宿主と関連した種分化を探る上でも魅力的な分類群であると考えられる。

本研究では次の3つの調査・実験によりヤドリダニ類の多様性および多様性創出機構の解明を試みた。

(1)土壌・落葉など様々な環境におけるヤドリダニ類の調査による、ヤドリダニ類の多様性解明と生息場所の解明：ダニ類は土壌自由生活性の種が起源であると予想されるが、ヤドリダニ類はそのような土壌性の種に加えて堆肥、獣糞、潮間帯打ち上げ物などに生息する種や後述のように社会性昆虫を利用する種などが見られる。生息場所や宿主がヤドリダニの種系統・進化とどのように関わっているのかを知るための基礎的資料として、様々な環境での調査・採集を行い、これまでの結果をまとめた。

(2)マルハナバチ類体表に便乗するヤドリダニ類の多様性と地理分布：社会性昆虫の体表からは数多くのダニ類が報告されており、ヤドリダニ類も記録されている。特にマルハナバチの仲間には *Parasitellus* 属のヤドリダニ類が特異的に便乗することが知られている。本邦にも多くのマルハナバチ類が生息するが、それらに便乗するヤドリダニ類の報告は皆無である。また近年マルハナバチの外来種が在来種に及ぼす影響が明らかにされており、ヤドリダニ類に関しても海外から入り込んでいる可能性がある。分類、地理分布のデータを得るためにも在来種に便乗する種を早急に明らかにしておく必要がある。

(3)モンシデムシ類体表に便乗するヤドリダニ類の種分化に関わる宿主選好性、宿主認識、および生殖隔離の発達：亜社会性昆虫として知られるモンシデムシ体表にはヤドリダニ類が便乗している。欧米の研究では、ヤドリダニはモンシデムシの特定の種に対する選好性を持ち、生殖的にも隔離された複数の同胞種から構成されることが示されている。本邦にも類似したヤドリダニが見られるものの、その分類学的な詳細は明らかにされていない。本研究では複数種のモンシデムシ類体表に見られるヤドリダニ類を材料に、宿主選好性や生殖隔離の有無を明らかにすること、宿主認識機構などを明らかにすることを目的に調査、実験を行った。

3. 研究の方法

目的で述べた3つの項目に関して、以下の方法で調査、実験を行った。

(1)土壌・落葉など様々な環境におけるヤドリダニ類の調査による、ヤドリダニ類の多様性解明と生息場所の解明：北海道内の9地点（札幌市内および近郊4地点；旭川近郊2地点；函館近郊2地点；北海道大学苫小牧研究林内1地点）で土壌、落葉を採集し、ツルグレン装置によりヤドリダニ類を含む土壌動物を抽出した。海浜の潮間帯における打ち上げ物（海藻、海草など）の採集も道内7地点（銭函、忍路、積丹、増毛、室蘭、浜中、厚岸）で行い、打ち上げ物をツルグレン装置にかけ、ダニ類を抽出した。また、北海道大学苫小牧研究林内のジャングルジムシステムを利用することにより、パークスプレイ（樹皮にピレスリン系の殺虫剤を散布し、落下してくる動物をフープで受け止め、エタノールで固定する方法）による樹皮からの採集、樹冠部の葉からの直接採取によるダニ類の採集も行った。採集したサンプルは70%エタノールで固定後、乳酸処理により透過し、封入剤（ポリビニールアルコールまたはホイヤー氏液）による封入または乳酸で封入した後、顕微鏡で種レベルまで同定を行った。

(2)マルハナバチ類体表に便乗するヤドリダニ類の多様性と地理分布：北海道内の8地点（札幌、小樽、石狩、恵庭、岩見沢、雨竜、蘭越、別海）でマルハナバチ類の採集を行い、70%エタノールで固定した後、マルハナバチ体表からヤドリダニ類を含むダニ類を分離した。固定したダニ類のサンプルは、乳酸処理により透過し、封入剤（ポリビニールアルコールまたはホイヤー氏液）による封入または乳酸で封入した後、顕微鏡で種レベルまで同定を行った。

(3)モンシデムシ類体表に便乗するヤドリダニ類の種分化に関わる宿主選好性、宿主認識、および生殖隔離の発達：北海道石狩市内の防風林に腐肉を餌にした吊下げ式トラップを設置し、モンシデムシ類を採集した。採集されたモンシデムシ類3種（マエモンシデムシ、ヨツボシモンシデムシ、ツノグロモンシデムシ；以下それぞれ、マエモン、ヨツボシ、ツノグロと省略）の体表からヤドリダニ科 *Poecilochirus carabi* complex の種（以下 *P. carabi*）を分離し次に示す4つの実験に用いた。①選好性テスト：モンシデムシ類に対する *P. carabi* 第二若虫の選好性を調べた。選好性テストは、2種のモンシデムシをスチロールケースに入れ、どちらか一方の種のモンシデムシから採集した *P. carabi* を適当数入れ、24時間以上経過した後モンシデムシ各種に便乗している *P. carabi* の個体数を数えた。このテストを2回行い、連続して同じ種類のモンシデムシを選んだ場合、その種類に対して選好性をもつと判断した。また *P. carabi* をモンシデムシと隔離して飼育し得られた次世代の第二若虫を用いて選好性テ

ストを行い、選好性が遺伝的なものであるか否かを判断した。②形態解析：選好性を示した *P. carabi* 第二若虫の背板毛 j1, j2, z2, s2, s3, s4, s5, r2, r3, r4, r5 の長さ、胸板長 SL, 胸板幅 st2-st2, st3-st3 の 14 形質、雌の背板毛 j4, j5, j6, z5, z6, s4, s5, r3, J1, Z1 の長さの 10 形質を計測し、選好性を示す *P. carabi* 間で各形質に関して Scheffe の多重比較を行った。また第二若虫の背板毛 j1, j2, z2, s4, r2 の長さ、胸板長 SL, 胸板幅 st2-st2 の 7 形質、雌の 10 形質全てを用いて主成分分析を行った。③交配実験：ヨツボシを選好する *P. carabi* (以下 Pq とする)、ツノグロを選好する *P. carabi* (以下 Pv とする) それぞれの第二若虫を飼育し、先に脱皮する雄の個体を小型飼育ケースに入れた。脱皮後に雌成虫となる腹部の大きい第二若虫を、雄の入っている小型飼育ケースに入れ、交配実験の開始とした。交配の組み合わせは、Pq♀×Pq♂, Pv♀×Pv♂, Pq♀×Pv♂, Pv♀×Pq♂ とし、交配実験開始後 5 日以内に幼虫が出現した場合を交配が成功したものとし、幼虫が出現しなかった場合、交配が失敗したものとした。交配実験の結果から、隔離指数を求めた。隔離指数は以下の式で算出した。隔離指数 = $[(A+D) \cdot (B+C)] / (A+B+C+D)$ (A, D: Pq 同士, Pv 同士での交配成功数; B, C: Pq と Pv との間での交配成功数)。隔離指数は 2 群間の生殖隔離の程度を示し、0 から 1 までの値をとる。1 により近い値の場合、2 群間の生殖隔離がより強いことを示す。④宿主認識機構：Pq を用いてモンシデムシの体表抽出物への反応を確認するために以下の実験を行った。ヨツボシ、ツノグロの 2 種を有機溶媒のペンタンに浸し体表物質を抽出した。同じ大きさの濾紙片 2 枚をシャーレ内に置き、それぞれにヨツボシ抽出物かペンタン、およびヨツボシ抽出物かツノグロ抽出物をそれぞれ 30μl 滴下し、Pq をシャーレ内に入れた。3 分間テストを行い、5 秒ごとに Pq のいる位置を確認し、カウントした。また、体表物質を認識している部位を明らかにするために、第 1 脚附節を切除した個体、触肢先端を切除した個体、それら両方を切除した個体、コントロールとして第 3 脚附節を切除した個体を用いて、ヨツボシ抽出物とペンタンへの反応を確認した。

4. 研究成果

(1) 土壌・落葉など様々な環境におけるヤドリダニ類の調査による、ヤドリダニ類の多様性解明と生息場所の解明：土壌、落葉からはヤドリダニ科 3 属 13 種が記録された。それらの大半は *Neogamasus* 属 (あるいは *Parasitus* 属の *Neogamasus* 亜属) の種であり、これまでに主にロシア、ヨーロッパから記録されていることなどを考慮すると、本属

は北方系のグループであり、冷温帯で分化した可能性があると思われる。まだ北海道内の一部での調査のみであり道内全般、東北など北日本で十分な調査がなされたわけではないが、今後調査を進めることで冷温帯におけるヤドリダニ科 *Neogamasus* 属の多様性、種分化が徐々に明らかになっていくものと思われる。また、苫小牧研究林のジャングルジムシステムを用いた樹皮、樹冠の調査からは、ヤドリダニ類が全く発見されなかった。このことから、ヤドリダニ類は生活の場として土壌、落葉を専門的に利用していることが明らかである (このことは樹皮、樹冠で多様性の高いササラダニ類とは対照的である)。自由生活性ヤドリダニ類は土壌、落葉を生活の場としていることが分かったが、今後、土壌、落葉の種類、土壌構造などとの関わりを調査し、細かなハビタット特異性が見られるか確認する必要があるであろう。

海浜の打ち上げ物からは、*Parasitus* 属の 1 種のみが見つかった。本種は海浜に特異的に見られ、道内では日本海側、太平洋側に広く分布していることが明らかになった。本属の多くは土壌、堆肥などに生息し、海浜に生息する種は稀である。潮間帯という過酷な環境への適応は系統的に離れたいくつかの科 (例えばホコダニ科、ハエダニ科など) で見られることから、独立に生じたものと考えられる。

(2) マルハナバチ類体表に便乗するヤドリダニ類の多様性と地理分布：外来種のセイヨウオオマルハナバチを含む 5 種のマルハナバチ類が採集され、4 科 4 属 9 種のトゲダニ亜目ダニ類が見つかった。そのうち 3 種がヤドリダニ科 *Parasitellus* 属の種であり、うち 2 種はヨーロッパで記録されている種であり、残り 1 種は恐らく未記載種と考えられる。現在も調査を継続しており、今後の調査によって分布の詳細も明らかになると思われるが、現在までのところ、ヤドリダニ類はいずれも複数種のマルハナバチ類から採集されていること、分布に大きな偏りが見られないことから、マルハナバチ類に対する種特異性や地域特異性は低いものと考えられる。また標本数が多くないことやヨーロッパのダニ類との DNA 比較などを行っていないため、現在北海道に見られるヤドリダニ類の種が外来種とともに日本にもたらされたものであるのか、もともと広く分布しているものであるのかは現在のところ断言できず、今後の調査が必要である。

(3) モンシデムシ類体表に便乗するヤドリダニ類の種分化に関わる宿主選好性、宿主認識、および生殖隔離の発達：①選好性テスト：選好性テストの結果、マエモン・ヨツボシを選好する *P. carabi* (Pq) とツノグロを選好する *P. carabi* (Pv) の 2 群があることが明

らかになった。また Pq, Pv をモンシデムシと隔離して飼育し、得られた次世代の第二若虫を用いて行った選好性テストでも選好性は同様に維持されていた。このことから選好性は遺伝的なものであることが示された。なお、Pq は季節により選好性が変化する傾向があり、春から夏にかけてはヨツボシを好み、秋はマエモンを好む傾向にあった。このことは、翌年の春に最も早く出現するのがマエモンであり、Pq はマエモンに便乗した状態で越冬し、翌春にマエモンとともに早くから活動することで繁殖の機会を増しているものと思われる。②形態解析：第二若虫の形質で多重比較を行った結果、10 形質（背板毛 j1, s2, s3, s4, s5, r2, r3 の長さ、胸板長 SL, 胸板幅 st2-st2, st3-st3）で Pq, Pv 間で有意な差が確認された。また雌の形質で多重比較を行った結果、全 10 形質で Pq, Pv 間で有意な差が確認された。さらに、主成分分析を行った結果、雌では Pq, Pv それぞれの明瞭なまとまりは見られなかったが、第二若虫では、1 個体を除いて Pq, Pv それぞれがまとまり、2 群が明瞭に区別された。③交配実験：Pq 同士の 12 組の交配では全てで幼虫が確認され、Pv 同士の 18 組の交配でも全てで幼虫が確認され、同じ選好性同士では交配が全て成功した。Pv♀×Pq♂の 11 組の交配では幼虫は全く確認されず、Pq♀×Pv♂の 16 組の交配では 1 組だけで幼虫が確認され、選好性の異なる組み合わせでは、交配はほとんど成功しなかった。隔離指数を計算したところ、0.94 と非常に高い値であり、Pq と Pv の間には生殖隔離が存在するものと思われる。以上の①から③の実験により、Pq と Pv は選好性が異なり、生殖的にも隔離される 2 種と考えられる。しかし、形態的には明瞭な識別形質を欠いている非常に似た種、すなわち同胞種であると言える。④宿主認識機構：Pq を用いてヨツボシ抽出物とペンタンの選好性を調べたところ、ヨツボシ抽出物を有意に好んだ。また、ヨツボシ抽出物とツノグロ抽出物で選好性を調べたところ、ヨツボシ抽出物を有意に好んだ。この結果、Pq はモンシデムシの種類体表物質を認識しているものと思われる。さらに、第 1 脚附節を切除した個体、第 1 脚附節と触肢先端の両方を切除した個体でヨツボシ抽出物とペンタンへの選好性に有意な差がなかったこと、触肢先端のみを切除した個体、第 3 脚附節を切除した個体（コントロール）でヨツボシ抽出物を有意に好んだことから、第 1 脚附節で体表物質を感知しているものと考えられた。今回は Pq のみを用いて宿主認識機構を調べたが、恐らく Pv でも同様の結果を示すものと思われる。宿主を識別する際に体表物質の認知は重要であり、Pq, Pv それぞれで認識機構が発達しているものと思われる。

ヨツボシ、マエモン、ツノグロの 3 種のモンシデムシ類は系統的に近く、同所的に生息し、生態も類似している。これらのモンシデムシに便乗する Pq, Pv が同所的に種分化した可能性は十分考えられるが、モンシデムシ類の系統関係に関してはすべてが明らかにされているわけではなく、また *Poecilochirus* 属の系統関係に関しては全くと言っていいほどわかっていない。今後も *Poecilochirus* 属とモンシデムシ類の研究を継続し、両者の系統比較などから種分化に関する詳細が明らかにできるものと考えている。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- ① 高久元, 佐々木富也, Arboreal and forest floor mites (Acari: Gamasida, Oribatida) found in the Tomakomai Experimental Forest of Hokkaido University, Hokkaido, northern Japan, 北海道教育大学紀要（自然科学編）, 58, 23 - 36, 2007, 査読無

〔学会発表〕（計 3 件）

- ① 高久元, Soil gamasid mites: their diversity and availability as bioindicators, 日本ダニ学会第 17 回大会（2008 日韓合同ダニ学会議）, 2008 年 10 月 10 日, 大韓民国慶州市
- ② 高久元, ヤドリダニ科 *Poecilochirus carabi* complex の分類, 日本ダニ学会第 16 回大会, 2007 年 10 月 25 日, 千葉県千葉市
- ③ 佐々木富也, ミズナラを取り巻くダニ, 日本ダニ学会第 15 回大会, 2006 年 10 月 27 日, 広島県福山市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高久元 (TAKAKU GEN)
北海道教育大学・教育学部・准教授
研究者番号：40236203

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし