

第 14 回宮地賞受賞記念講演要旨

東京大学 駒場キャンパス 900 番講堂
中継：13 号館 1323 教室

3 月 18 日（木） 11:30 ～ 13:00

何が食物網構造を決めるのか？：生産性、生態系サイズ、歴史性

土居 秀幸 (Carl-von-Ossietzky University Oldenburg)

“何が食物網構造を決めるのか？”という問いは、食物連鎖を提唱した Charles S. Elton に始まり、すでに80年以上にわたり生態学の一大命題として議論されている。なぜなら、食物網は群集動態や物質循環を駆動する相互作用の枠組みとして重要であり、その決定機構を解明することは、生態学で議論される多くの現象を解明する鍵となるからである。なかでも、Elton が提唱した“食物連鎖長（生産者から最上位捕食者までの栄養段階の数）”は、食物網構造を検討するのによく用いられており、その長短を説明する多くの仮説が提唱され、その実証が試みられてきた。近年では、生産性仮説、生態系サイズ仮説、それらが共役的に作用する生産的空間仮説の3仮説が注目されており、野外研究から生態系サイズ仮説は食物連鎖長の決定要因として強く支持されるが、生産性を考慮した仮説は重要ではないと考えられてきた。

しかし、演者らが、今まで検証されていなかった生態系サイズの小さい系としてため池を選び、その食物連鎖長を推定したところ、3つの仮説の中では生産的空間仮説がもっとも強く支持された。また、河川での食物連鎖長のデータを再解析したところ、河川においても生産的空間仮説が強く支持されることがわかった。このように、ため池、河川などの小さい生態系サイズを持つ系では、生態系の総生産量（生産量×生態系サイズ）が律速しやすく、生産性と生態系サイズが共に食物連鎖長を決める重要な要因であると考えられた。

食物網を構成する生物種の適応・進化などの歴史的な要因も、食物連鎖長を決めているかもしれない。そこで、演者らは、世界中の湖沼から、100万年以上の歴史を持つ古代湖と約1万年以下の歴史を持つ湖・ダム湖を選び、その食物連鎖長を比較した。その結果、古代湖では食物連鎖長が短くなることが明らかとなった。生態系の長い歴史による生物の適応・進化が、固有種の出現、ギルド内捕食の増加、適応的捕食の進化などを引き起こし、食物連鎖長を短くしたと考えられた。このことから、“歴史的な要因が食物網構造を決定する究極的な要因になっている”という新たな仮説を提唱する。

現在のところ、未だに、“何が食物網構造を決めるのか？”という問いに明確に答えられる統一的な理論は見いだされていない。しかし、このような成果が蓄積されることによって、統一的な食物網理論の構築に今一歩近づきつつある。

鏡の国のツバキとゾウムシ ～共進化する世界の果てを目指して～

東樹 宏和 (学振・産総研)

生物は、他種と関わりを通じて自然選択圧を及ぼし合い、刻々と変化（進化）している。移ろいゆく生物的環境の直中で生き残るには、立ち止まらず、共進化し続けなければならない（「赤の女王仮説」）。

従来、生態学における議論のほとんどが、「生物の性質（形質）は変化しない」ことを前提に組み立てられてきた。しかし、近年、微生物を用いた室内実験によって、進化的変化が個体群動態などの生態学的な動態と同じ時間スケールで起こり得



ヤブツバキの花（左図）； ツバキシギゾウムシ（中図）； ツバキ果実の断面（右図）に、雌ゾウムシが開けた穿孔（右下の2本の細い線）とゾウムシ幼虫の脱出孔（右上）が見られる。

ることが示され、野外の生物群集における進化の役割を解明することが望まれている。

私は、ヤブツバキとツバキシギゾウムシの相互作用をモデル系として、自然界における生物間の共進化過程が、時間的にも空間的にも極めて小さなスケールで変動することを実証してきた。このゾウムシは、極めて長い口吻でツバキの果実を穿孔し、種子内に産卵する。これに対し、ツバキは果皮と呼ばれる分厚い防衛壁をもっており、果皮が厚いほどゾウムシの口吻が種子に届きにくい。

一連の室内実験および野外観察から、ツバキとゾウムシが互いに強い自然選択を及ぼし合い、ゾウムシの口吻長とツバキ果皮の厚さの間で急速な「軍拡競走」が起こることが推測された。また、両者それぞれの形質は数 km 離れた個体群の間でも分化しており、共進化の動態が地理的に変異していることが明らかになった。

以上を踏まえ、共進化過程を地理的に比較したところ、気候が温暖な局所個体群ほど、ツバキの果皮が厚く、ゾウムシの口吻も長いという明瞭な傾向がみられた。この気温と軍拡競走の進行レベルの間に見られる関係から、気候環境の変化が共進化のレースを促進すると推測される。この軍拡競走が高いレベルにまで進行した個体群では、ツバキの果皮厚に対してゾウムシの口吻が相対的に短く、ゾウムシによる穿孔が種子まで届きにくくなっていた。また、そうした個体群では種子の食害率も低下しており、ゾウムシの個体群が縮小している可能性が示唆された。生物間の相互作用では、相手の進化についていけなくなった方が絶滅のリスクを負うものと考えられる。

生態学は、生物群集や生態系における進化の役割を、本腰を据えて解明すべき時に来ている。共進化の研究を通じて、進化生物学と群集生態学を統合することが望まれる。

体内共生細菌がカメムシ類の生態・行動・進化に与える影響

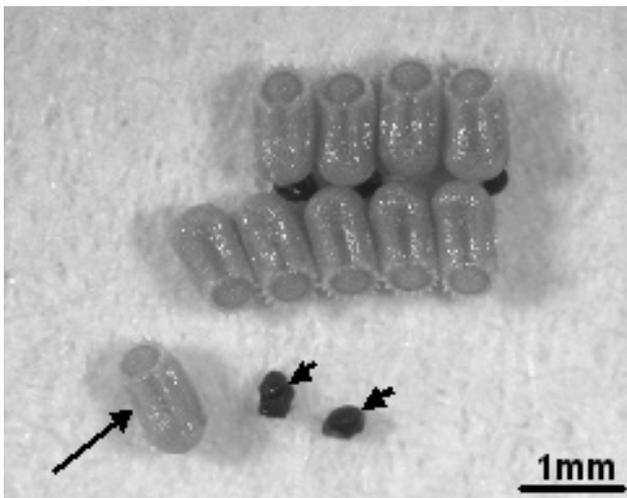
細川 貴弘（産業技術総合研究所・ゲノムファクトリー研究部門）

昆虫類は多様な食性を進化させており、含有栄養分が極端に偏った食物に特化しているものも少なくない。そのような昆虫は一般的に体内共生微生物を保持しており、食物中に不足している必須栄養分の合成と供給を共生微生物に依存している。すなわち、昆虫類の食性の多様化において微生物との共生は極めて重要な役割をはたしてきたと言える。従来の研究はアブラムシ類やツェツェバエ類における細胞内共生細菌を中心におこなわれてきたが、演者は植食性カメムシ類における腸内（細胞外）共生細菌とこれまで研究されてきた細胞内共生細菌には多くの共通する特徴が見られることを発見し、これに注目して腸内共生細菌が宿主カメムシの生態・行動・進化に与える影響について研究を進めている。

カメムシ類の共生系が持つ独特の特徴は共生細菌の垂直伝播メカニズムにある。細胞内共生細菌の垂直伝播は宿主のメス親体内で起こるためライブで観察することは不可能である。ところが、カメムシ類の腸内共生細菌の垂直伝播はメス親が共生細菌を体外に排出し、それを子が経口摂取するという宿主の行動として観察することができる。演者がカメムシ類の共生系に注目した最大の理由は、この特徴を利用することで他の共生系では困難だった“共生細菌の伝播を操作する実験”が可能となるからである。その一例である共生細菌を宿主間で置き換える実験では、腸内共生細菌の遺伝子型が宿主カメムシの植物利用能力に影響を与えることを明らかにした。

また、宿主カメムシには腸内共生細菌を子に確実に伝播するための精巧かつ多様な行動が見られ、伝播という現象自体が行動生態学や進化生態学での魅力的な研究対象になりうる。たとえばマルカメムシ類では、産卵時にメス親が共生細菌を含むカプセルを卵のそばに産みつけ、孵化幼虫がこれを摂取する（下図）。孵化前にカプセルが脱落したり捕食されたりすると共生細菌が子に伝わらない可能性が考えられるが、野外調査と室内実験の結果からメス親は過剰な数のカプセルを産みつけておくことで高い垂直伝播率を保っていることが明らかになった。

本講演では上記の内容を概説し、今後の展望についてもお話したい。



左：マルカメムシの卵塊。矢印と矢頭はそれぞれ取り外した卵とカプセルを指している。
右：カプセルを吸うマルカメムシの孵化幼虫。

