

論文審査の結果の要旨

中原 美理

申請者氏名

生物多様性の保全には、遺伝子、種、生態系など生物に様々なレベルで多様性をもたらした進化メカニズムの理解が不可欠である。生物進化の原動力は様々な環境への適応であるが、多様性の創出においては物理化学的環境よりもむしろ生物学的環境、すなわち同種内の競争、他種との競争、捕食者や病原生物との関係などの生物間相互作用が重要な役割を担っていると考えられる。これらはダーウィン (1859) が提唱した「自然淘汰による生物進化」にあたり、種内・種間に生じる資源競争や生存確率などがその主要因である。しかし、この説明だけでは生物の雌雄間に見られる違いの多様性は説明できない。そこで、ダーウィンは自然淘汰説に加えて性淘汰説を提唱し、メスを巡るオス間競争とメスの配偶者選択が生物進化の原動力となることを指摘した。残念ながら、ダーウィンが想定したのはオスとメスが交尾に至るまでのプロセスであった。つまり、交尾後に生じうるオス間競争とメスの配偶者選択のプロセスを考慮しなかったのである。このことを最初に指摘し、精子競争の概念を提唱したのはパーカー (1970) であった。パーカーの研究以後、交尾後の性淘汰はダーウィンが予想したよりもはるかに複雑な進化を促すことが次第にわかってきた。この論文はイトトンボ科、アオイトトンボ科、モノサシトンボ科を含む均翅亜目についての系統解析、アオモンイトトンボのメスの精子貯蔵器官の機能評価、精子貯蔵器官内に保存される精子の遺伝子解析を行い、精子競争が促す生物進化と生物多様性創出のメカニズムに関する理解をさらに深めようとしたものである。

申請者はまずメスの精子貯蔵器官の複数性とオス警護戦略との進化的関連について検討した。複数オス由来の精子がメス体内に存在すると精子競争が起き、オスあたりの卵受精確率が低下する。そのため、オスには精子競争回避行動が進化すると考えられている。トンボ目で発達している精子競争回避行動として精子置換とメス警護行動があるが、種による多様性が明瞭なのは警護行動である。均翅亜目の種間比較から、オスが行う警護行動には交尾中に行う長時間の媒精前警護と、媒精後の産卵中に行う交尾後警護の2タイプがあることが分っている。また、本研究で行った解剖の結果、メスが単数の精子貯蔵器官を持つ種と2つ以上の精子貯蔵器官を持つ種があることが分った。両者の対応関係を調べると、メスの精子貯蔵器官が単数である種のオスは交尾後警護、精子貯蔵器官が2つである種は交尾中の媒精前警護を行うことがわかった。また、ミトコンドリア DNA の CO II 部分配列から系統樹を作成した結果、後者は前者より派生した形質であることが示唆された。

次に申請者は、アオモンイトトンボメスが持つ複数の精子貯蔵器官の機能について実験的な手法を用いた検討を行った。本種のメスは交尾嚢と受精嚢の2つの精子貯蔵器官を持つ。

それぞれの器官について精子数の時間的変化を調べることによって、両器官の精子保存能力を比較した。その結果、受精スポットに近い位置にある交尾嚢は精子を長期に保存する能力を持たず、受精嚢は長期保存の能力があることが分った。申請者は受精嚢内の精子には分泌腺などから精子に養分を補給し、両器官をつなぐ細い管によって漏出が防がれているが、交尾嚢内の精子は栄養分などの維持コストをかけずに保存し、漏出防止にも厳しい手段を持っていないのだろうと推論している。これはきわめて興味深い論点であり、今後の研究の展開が期待される。

最後に申請者は、精子貯蔵器官内に保存される複数オス由来の精子を定量的に評価する手法を開発し、この手法による今後の研究の方向性を議論している。メスの体内で生じる精子選択とそのメカニズムを解明するには、複数の精子貯蔵器官内に各オスの精子がどれだけ蓄えられ、時間とともにどう変化するのかを知る必要がある。そこで、アオモンイトトンボのメスに2オスと連続して交尾させ、オス2個体とメスの受精嚢と交尾嚢内の精子の遺伝子配列情報を決定した。オスの場合には ITS 領域の塩基多型を探索し、オス間で特異的なプローブとプライマーを設計した。精子に関しては定量PCRを用いて、各精子貯蔵器官から抽出した精子DNAをこれらプローブ・プライマーとハイブリダイゼーションさせることにより、それぞれのオス由来の精子量を測定した。その結果、これまでオスの不妊化法などで推定されてきた精子優先度（P2 値）とその値から推定される精子置換のメカニズムは再検討の必要があることが示唆された。

本研究から得られた知見は、交尾後の性淘汰による生物多様性の創出メカニズムの理解に関して新たな視点を提供し、問題点を提起するものである。また、この研究は生物多様性の保全には単に生物が生存できる場だけでなく、自然淘汰と性淘汰が働き続ける場の確保が必要であることを示唆している。本研究は、おもに性淘汰に関する学術的な問題を探求したものであり、直接の社会的な問題に焦点を当てたものではないが、生物多様性保全の考え方に大きな影響力を持ちうる研究である。また、外来生物からの遺伝子浸透など、実用的な問題にも適用可能な手法を開発しており、今後の展開が期待できる。

以上の内容から、審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として価値のあるものと認めた。