

氏名（本籍）	田島 裕介		
学位の種類	博 士（ 理学 ）		
学位記番号	博 甲 第	7180	号
学位授与年月日	平成 27 年 1 月 31 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Evolution of Sperm Displacement Mechanism and Genital Morphology in the Damselfly, <i>Ischnura asiatica</i> (アジアイトトンボにおける精子置換機構と交尾器形態の進化)		
主査	筑波大学教授	農学博士	渡辺 守
副査	筑波大学教授	農学博士	戒能洋一
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	徳永幸彦
副査	筑波大学助教	博士（農学）	横井智之

## 論 文 の 要 旨

精子競争とは、交尾後に起こる雄同士の受精をめぐる競争と定義されてきた。雄が自らの子孫を残すためには、交尾相手の雌を獲得するための競争だけでなく、雌体内において他雄由来の精子との競争にも打ち勝たねば、自らの精子で受精した卵を産んでもらえないからである。すなわち、精子競争は雄の繁殖成功度に直接影響するため、交尾に関わる形質の進化を促す強力な選択圧となるといえよう。蜻蛉目では精子競争を回避するための雄の適応として、交尾中、雌体内に貯蔵された精子を雌の体外へと掻き出すという現象が報告されてきた。この発見以来、蜻蛉目の精子競争に関する研究は、精子の置換率や P2 値（2 番目に交尾した雄の精子による受精率）などに焦点が当てられ、精子の掻き出しは精子競争を回避し、当該の雄の繁殖成功度を高めるために有効な手段であることが示されている。しかし、このような研究の多くは雄視点であり、雌雄それぞれの利害の対立に着目し、精子置換機構の研究を行なった例は少なかった。本論文はアジアイトトンボを材料とし、雌雄の利害の対立の観点から、精子置換機構と雌雄の交尾器形態の進化に関する理解を深めようとしたものである。

アジアイトトンボの雌には交尾囊と受精囊と呼ばれる2つの精子貯蔵器官があり、受精囊は細長い受精囊管によって交尾囊とつながっている。一方、雄は、他の蜻蛉目と同様に、副生殖器の先端に鉤状の付属器をもっている。これまでの研究により、この付属器は受精囊管より短いため受精囊内に届かず、精子を直接掻き出すことはできないことがわかってきた。しかし、交尾中断実験により、受精囊内の精子の減少が明らかにされ、掻き出し以外の精子除去機構の存在が推測されていたのである。

直接的な掻き出しによらない精子除去機構を説明する最も有力な仮説は、神経刺激による精子の放出であった。雌の内部生殖器の両側にある産卵板と呼ばれる板状の構造の表面には物理刺激を受け取る感覚子があり、精子貯蔵器官周辺の筋肉の動きを制御している。すなわち、産卵時に卵が卵管から産卵管に向かって動いてきたという刺激を感覚子が受け取ると、その刺激は神経を經由して伝達され、受精囊の周りの筋肉が収縮し、精子は放出され、受精が行なわれるのである。したがって、交尾中は、雄の副生殖器の先端部が産卵板付近に挿入されているため、雄の腹部の運動は、卵の動きに擬態する刺激となり、受精囊内の精子の放出を促しているという可能性が考えられてきた。もしそうなら、副生殖器の先端部の幅が広く、感覚子に強い刺激を与えることの

できる雄ほど、受精嚢内の精子を多く除去できるだろう。副生殖器の幅の広さと精子除去数に関係が見られるに違いない。そこで、第 1 章では野外個体を用いて、交尾中断実験を行ない、雌体内の残存精子数と副生殖器の幅との関係を調べた。すると、副生殖器の幅が広い雄ほど、受精嚢内の精子を有意に多く除去しており、受精嚢内の精子が神経刺激による精子の放出によって除去されている可能性の高いことが示唆された。

通常、体サイズの大きな雄ほど副生殖器も大きくなるので、感覚子に強い刺激を与えることができるに違いない。その結果、受精嚢内の精子は多量に置換できる可能性がある。雌にとっては、精子が多量に置換されると、子孫の遺伝的多様性が損失する等の不利益が生じるので、大きな雄の存在する個体群では雌に何らかの対抗適応が起こっているかもしれない。そこで、第 2 章においては、体サイズが異なる地域個体群において、副生殖器の幅と感覚子の数を調べ、比較を行った。すると、大型の個体が出現する個体群ほど雌の感覚子の数の少ないことがわかった。感覚子が少なければ受精嚢の精子が放出されにくいはずなので、大きな雄の存在する個体群では感覚子の数が減少するという対抗適応が起こっていると考えられる。

本種は年 2 化性で、春に羽化する成虫は夏に羽化する成虫よりも大型である。春成虫の副生殖器の幅は夏成虫よりも大きく、世代間で精子置換能力が異なる可能性がある。したがって、世代間においても精子置換能力の異なる雄に対抗して、雌に対抗適応が見られるかもしれない。そこで、第 3 章では同じ個体群における異なる世代の成虫を用いて、精子の掻き出しが終了した段階で交尾を中断し、雌雄の交尾器形態と雌体内の残存精子数を測定した。その結果、副生殖器の先端部の幅や感覚子の数は体長に依存しており、体サイズの大きな春世代のほうが雄の副生殖器の幅が大きく、また、雌の感覚子の数の多いことがわかった。そのため、春世代のほうが受精嚢内の精子が除去されやすいと予測されたが、実際には春世代のほうが精子除去直後の残存精子数は多かった。交尾前の保有精子数を比較すると春世代のほうが多く、春世代の雌は交尾前に保有していた精子が多かったため、精子除去直後の残存精子数が多かったと考えられる。すなわち、受精嚢の容量を増大させた雌は、受精嚢に多量の精子を貯蔵することで、精子除去後の残存精子数を増やすことができるため、雌にとっては受精嚢の容量を増やすことが精子除去に対する対抗適応となりうるかもしれない。

本研究より得られた知見は、蜻蛉目の精子置換を、雄だけでなく雌の側から見るという新たな視点を提供するものである。この研究は蜻蛉目の現在の交尾器の形態や交尾様式が雌雄の利害の対立によって形作られたものであることを示唆している。今後、本種における交尾をめぐる雌雄の利害をさらに詳しく解析することで、蜻蛉目の交尾様式や交尾器の形態の進化をより詳細に明らかにすることが可能になるだろう。

## 審 査 の 要 旨

1970 年代の後半、蜻蛉目昆虫の精子競争において、雄が精子競争を回避する適応として精子の掻き出しを行なうことが明らかにされた。この後、蜻蛉目ばかりでなく、多くの分類群において精子の掻き出し機構が発見され、精子競争の研究が大きく発展してきている。しかし、蜻蛉目において、精子置換率や P2 値の測定など、精子置換が雄の繁殖成功度に与える影響を明らかにした研究は数多くあるものの、雄の精子置換が雌の繁殖成功度や形態の進化に与える影響を明らかにした研究は少なかった。そこで、本論文ではアジアイトトンボを材料として、精子置換機構を明らかにするとともに、雌雄の交尾器形態の比較を行ない、雄の精子置換が雌の交尾器進化に与える影響について考察している。

平成26年12月11日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行ない、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行なった。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。