

## 論文審査の結果の要旨

氏名 新垣 陽子

本論文は5章からなり、第1章は、イントロダクションであり、第2章は4細胞性ボルボックス系列藻類テトラバエナ (*Tetrabaena socialis*) の形態学的解析、第3章はゲノム情報を用いた細胞周期関連遺伝子群の多細胞化初期進化における比較解析、第4章は細胞質分裂関連ダイナミン様タンパク質 DRP1 の比較生物学的解析、第5章は総合的な議論が述べられている。

動物や陸上植物に代表される複雑な細胞分化をもつ生物は、単細胞祖先が多細胞性を進化させること(多細胞化)で生じた。多細胞化は、真核生物の様々な系統で独立に25回以上起きたとされている。しかし、後生動物や陸上植物の系統では、単細胞性から多細胞性への進化的中間段階の種が現存していないために、生物学的な比較解析が困難である。一方、緑藻綱ボルボックス目内のボルボックス系列と呼ばれる系統は、単細胞祖先から約2億年前に多細胞化したと考えられており、単細胞性のクラミドモナス (*Chlamydomonas reinhardtii*) から細胞分化のみられる500細胞性以上のボルボックス (*Volvox carteri*) にかけて、細胞の数や分化レベルで進化的中間段階と考えられる複数の種を含むため、多細胞化のモデル生物群である。最近、細胞分化のみられない8または16細胞性のゴニウム (*Gonium pectorale*) の比較ゲノム解析より、細胞周期関連遺伝子群の進化が本系列の多細胞化初期に寄与した可能性が示唆された。一方、本系列には4細胞性で、より祖先的な系統的位置のテトラバエナ (*Tetrabaena socialis*) が存在する。しかしこれまで、テトラバエナでは細胞形態学的・分子生物学的な研究がほとんど行われていなかったために、本系列の多細胞化初期の進化については不明な点が多か

った。

ボルボックス系列藻類は **multiple fission** と呼ばれる連続した複数回の細胞質分裂により個体を増やすが、単細胞生物と多細胞生物では細胞質分裂の様式が異なると考えられる。しかし、本系列および本系列以外の生物に関しても細胞質分裂関連遺伝子に着目した、多細胞化に関する研究はこれまで行われていなかった。

論文提出者は博士課程の研究において、4細胞性ボルボックス系列緑藻テトラバエナの細胞形態学的解析を実施し、多細胞生物に重要な形質を持つことを明らかにした。その上で本種の新規ゲノム情報を利用し、先行研究で指摘された細胞周期関連遺伝子群の比較解析を行った。また、細胞質分裂と多細胞化との関連を探るため、細胞質分裂関連遺伝子について、単細胞性のクラミドモナスと多細胞性のテトラバエナ、ゴニウムでの比較局在解析を実施した。

本研究ではこれまでほとんど細胞生物学的研究では用いられていなかった 4細胞性で多細胞ボルボックス系列最も初期に分岐した生物テトラバエナに着目し、本生物が細胞形態学的に最も細胞数の少ない多細胞生物であることを証明した上で、テトラバエナの全ゲノム情報を用いて進化生物学的解析を実施した点で独創的である。この結果、テトラバエナの細胞周期関連遺伝子 (*CYCD1* と *RB*) がゴニウムやボルボックスなどの多細胞性の種と共通する分子生物学的特性を持つことが明らかにした。また、細胞質分裂関連のダイナミン様タンパク質 (**dynamamin related protein (DRP1)**)における単細胞生物 (クラミドモナス) と多細胞生物 (テトラバエナ、ゴニウム) の細胞質分裂における局在の差異を明らかにした。以上の結果は、ボルボックス系列で多細胞体の形成に重要と考えられる **multiple fission** が、単細胞性の種と多細胞性の種で細胞形態学的レベルとタンパク質の局在レベルの両面で異なっていることを明らかにするものである。また、細胞周期関連遺伝子群の多細胞型化や細胞質分裂関連 **DRP1** の局在

変化が、多細胞性ボルボックス系列藻類の最も祖先的な 4 細胞段階で獲得され、多細胞化に寄与した可能性を示唆している。

なお、本論文第 2 章、第 3 章と第 4 章の一部は豊岡博子・浜村有希・東山哲也・苗加彰・廣野雅文・Bradley J. S. C. Olson・Jonathan Featherston・Erik R. Hanschen・Patrick J. Ferris・Richard E. Michod・藤原崇之・川船かおる・宮城島進也・野崎久義との共同研究であるが、論文提出者が主体となって観察及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。