

氏名	白鳥 峻志		
学位の種類	博 士（理学）		
学位記番号	博 甲 第 7735 号		
学位授与年月日	平成 28年 3月 25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	Taxonomic and Phylogenetic Studies on Phylum Cercozoa (ケルコゾア門の系統分類学的研究)		
主査	筑波大学教授	学術博士	橋本 哲男
副査	筑波大学教授	博士（理学）	石田 健一郎
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	中野 賢太郎
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	中山 剛

論 文 の 要 旨

これまで、真核生物についての研究の多くは動物や植物などの多細胞生物に集中しており、原生生物の多くの分類群では多様性や系統関係の理解が不十分である。ケルコゾア門はスーパーグループ・リザリアに含まれる原生生物の最も巨大な分類群の一つである。本門は18S rRNA 遺伝子を用いた分子系統解析で単系統群を形成したことで誕生した分類群であり、形態的な共通点が乏しく、当初は共有派生形質が知られていなかった。近年、鞭毛と基底小体の間に存在する鞭毛移行帯の構造がケルコゾア門の共有派生形質であることが明らかとなったものの、2 亜門 11 綱からなるケルコゾア門内部の分類群の多くは未だに分子系統解析の結果のみに基づいて提唱されており、分類形質となる形態的特徴が明らかになっていない。また環境メタゲノムの解析から、未知のケルコゾア生物と思われる環境配列が多数報告されている。このことは、これまでに知られているケルコゾア生物は、ケルコゾア門の多様性の一部でしかないことを示している。本研究は、環境中から新奇ケルコゾア生物の培養株を確立し、それらについて分子系統解析及び光学・電子顕微鏡観察を行うことで、ケルコゾア門の多様性及び各分類群の分類形質を把握し、ケルコゾア門全体の進化の過程を解明することを目的とした。

そこで、海洋や湖沼、土壌等の環境サンプルから独自にケルコゾア生物の培養株4株(SRT104、SRT122、SRT224、SRT235)を確立するとともに、筑波大学の横山亜紀子博士、海洋研究開発機構の矢吹彬憲博士からそれぞれ1株ずつ培養株(DA172、YPF708)を得た。これら6株の培養株について分子系統解析及び詳細な形態、微細構造観察を行った。

YPF708株は、18S rRNA 遺伝子を用いた分子系統解析によってサウマトモナス目に含まれることが判明した一方、電子顕微鏡観察ではサウマトモナス目の特徴である珪酸質の鱗片をもたないことが明らかとなった。これに基づき本株をサウマトモナス目の新属新種 *Esquamula lacrimiformis* と命名し、新科 Esquamulidae を提唱した。本種は珪酸質の鱗片をもたない初めてのサウマトモナス目生物であるため、サウマトモナス目の形態がこれまで考えられていたものより多様であることが示唆された。

DA172 株は、形態観察及び分子系統解析によって、*Abollifer* 属の新種であることが判明し、本株をマリモナス目の新種 *Abollifer globosa* として記載した。マリモナス目生物は報告例が少なく形態的特徴の把握が進んでいないため、本株の詳細な電子顕微鏡観察を行い、マリモナス目の鞭毛装置構造がサウマトモナス目のものに類似していることを初めて明らかにした。本研究はマリモナス目とサウマトモナス目の近縁性を裏付けると共に、鞭毛装置構造がこれら 2 目の分類形質となる可能性を示した。

沖縄県阿嘉島沿岸の底泥から単離した SRT104 株は、珪藻捕食性のアメーバ状生物であり、18S rRNA 遺伝子を用いた分子系統解析の結果、テコフィローサ綱の環境配列クレード (novel clade 4) と単系統群を形成した。光学・電子顕微鏡観察の結果、他のテコフィローサ生物とは異なり本株の仮足中には射出装置様の顆粒が存在していた。これらの結果から本株をテコフィローサ綱の新属新種 *Trachirizium collectus* として扱うのが妥当であると考えられた。本研究によって、novel clade4 の実体が初めて明らかにされ、テコフィローサ綱の多様性の一端が明らかとなった。

東京湾と大洗海岸の海水から確立された SRT122 株と SRT224 株は、どちらも珪藻捕食性鞭毛虫で、分子系統解析と光学顕微鏡観察により、それぞれ *Ventrifissura* 属の新種であることが判明した。*Ventrisiffura* 属は難培養性で知られ、微細構造は不明だが、分子系統解析によりテコフィローサ綱の最基部系統であると示唆されている。今回、これらの培養株を用いて初めて微細構造観察に成功し、テコフィローサ綱の鞭毛虫の特徴(細長い射出装置や細胞外被、単純な鞭毛装置)が観察されたことから、これらの特徴がテコフィローサ綱の共通祖先で獲得されたことが示された。

2012 年の淡青丸による研究航海で八丈島近海の海水から単離された SRT235 株は、18S rRNA 遺伝子を用いた分子系統解析の結果、エンドミクサ亜門に含まれた。本株は、エンドミクサ亜門で初めて発見された自由生活性鞭毛虫であることが明らかとなった。従って本株をエンドミクサ亜門の新属新種、*Hachijomonas marina* として扱うこととした。また、エンドミクサ亜門で初めて遊走子以外の鞭毛装置構造の構築に成功した。本株の鞭毛装置は典型的なケルコゾア生物のものと異なり、ストラメノパイルやエクスカバータのものに似た、祖先的な構造をもつことが明らかとなった。これはケルコゾア型鞭毛装置の獲得が、エンドミクサ亜門の分岐後にフィローサ亜門内部で起きたことを示唆する。

本研究において、著者は新たに確立した培養株 4 株を含むケルコゾア生物の培養株 6 株について分類学的位置の特定に成功し (3 株をケルコゾア門の新種、3 株を新属新種)、ケルコゾア門の多様性の理解を大きく進展させた。また、ケルコゾア門の目間の関係性や、綱や亜門といった高次分類群の分類形質や祖先形質を明らかにし、ケルコゾア門内部での形態や微細構造の進化を推察することができた。

審 査 の 要 旨

本論文は、ケルコゾア門という真核生物の主要系統群でありながら多様性の把握が不十分な分類群について、分類学的な理解を飛躍的に深めるものである。本門の生物の多くは難培養性であるが、著者は本研究により新たに 4 つの培養株を確立することに成功し、これらを含めて 6 つの培養株について分子系統解析と詳細な形態、微細構造観察を行い、本門に 3 新属 6 新種を追加し、各株の分類学的位置を特定することに成功した。これはケルコゾア門の種多様性の理解に大きく貢献するものである。また、単なる分類学的な記載にとどまらず、ケルコゾア生物の進化についても、鞭毛装置構造等の新たな指標を導入し、分子系統解析等と組み合わせることによって、その理解を飛躍的に深めている点も大きな成果である。これらは、ケルコゾア門の分類学と進化学を牽引する最先端の知見を提供するものとして高く評価できる。

平成 28 年 1 月 28 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。