

論文内容要旨 (和文)

平成26年度入学 大学院博士後期課程

地球共生圏科学 専攻 地球環境学分野

氏名 阿部 健太



論文題目 Taxonomy and morphology of Cenozoic silicoflagellates
(新生代における珪質鞭毛藻の分類と形態)

珪質鞭毛藻は、現在の海洋に広く分布する植物プランクトンであり、珪酸質からなる中空の棒で構成される骨格を形成することで知られる。基本的な骨格は、円形、あるいは多角形の基環上にドーム状に構築される。ドームと逆側にはpikeと呼ばれる針上の突起が形成されることもある。

繁殖は主として無性生殖により、娘骨格の分泌に始まり、それに続き単純な細胞分裂が起こる。親骨格と娘骨格が重なった形態は二重骨格 (double skeleton) と呼ばれ、堆積物中からも報告されている。

珪質鞭毛藻は白亜紀前期から出現し、世界中の露頭、海底堆積物中によく保存されている。珪質鞭毛藻の最初の記述はEhrenberg(1837)によるもので、アルジェリアOranの中新統堆積物中に産出した*Dictyocha fibula*と*Dictyocha* (現*Stephanocha*) *speculum*である。その後、骨格形態をもとに様々な属や種が記載された。しかし、骨格形態の変異が連続的であることや、異常な形態の骨格 (aberrant skeleton) を度々形成することから、様々な変種や亜種が提唱されており、自然分類学的“種”概念の確立に至っていないとされる。形態変異の分類形質としての意義を明確にすることにより、生層序や古海洋環境の解析への寄与が期待できる。

本研究では、新生代の現生・化石珪質鞭毛藻の微細構造を詳細に観察し、pikeや二重骨格形態の分類意義について考察する。また、Ehrenbergの用いたタイプサンプルを観察し、珪質鞭毛藻の分類を再検討し、化石珪質鞭毛藻の分類体系を確立することを目的とする。

本研究の試料は、世界中の新生代の露頭・海底コアサンプルを用いた化石珪質鞭毛藻と、海水の濾過サンプルを用いた現生珪質鞭毛藻である。試料をフィルター処理したのち、試料台を作製し、走査型電子顕微鏡で検鏡、撮影を行った。また、二重骨格形態の観察に、永久プレパラートを作製し、光学顕微鏡で検鏡、撮影を行った。

本研究の結果として、まずEhrenbergのタイプサンプルを観察し、*D. fibula*と*D. speculum*の比較、検討を行った。*D. fibula*と*Stephanocha speculum*は現生からも報告があり、その存在比は古気候・古水温の推定に用いられるなど古環境解析において有用である。しかし*D. fibula*と*D. speculum*の基産地はアルジェリアのOran、中新統の試料から産出したものであり、現生のものとよく比較するとその形態には違いがある。Ehrenbergの図画した種を精査すると、4側面の基環を持つ*D. fibula*と6側面の基環を持つ*D. speculum*にはpikeが描かれておらず、*D. epidon*と*D. aculeata*にはpikeが描かれている。同様に7側面の基環を持つ*D. septenaria*と*D. ornamentum*、7側面の基環と2つの窓を持つ*D. diommata*と*D. binoculus*、4側面の基環と1つの窓を持つ*D. crux*と*D. mesophthalma*も同様にpikeの有無で分類されている。現在の珪質鞭毛藻の分類においてpikeの有無はあまり重要視されないが、Ehrenbergの原記載において、pikeは種分類の重要な要素であったと考えられる。タイプサンプルの珪質鞭毛藻を電子顕微鏡で観察し、pike等の微細構造を詳細に比較した。

次に, pikeと二重骨格の形態の関係について考察した. 現生種の形成する二重骨格は基環の角と角とが重なった鏡像型 (Corner-to-corner) の分裂形態をしている. しかし, 化石種の中には角と角がずれた六芒星型 (Star-of-David) の分裂形態をしたものが見られる. 北極海やデンマークの始新統堆積物から, 3側面の基環を持つCorbisema属の二重骨格を観察し, 形態やpikeの有無・位置を詳細に報告した. 現生種にも見られる鏡像型の形態はpikeのない骨格と, pikeがstrutと基環の接続位置からずれた位置に配置している骨格がある. 化石種のみに見られる六芒星型の形態は, strutと基環の接続位置にpikeが配置している. pikeの位置と二重骨格の形態からこれらを3つのグループに大別した.

現生珪質鞭毛藻の二重骨格の形態も詳細に観察を行った. 現生種*Octactis pulchra*は鏡像型の分裂形態を示すが, 親骨格と娘骨格は完全な鏡像ではないケースが多々見られた. 7側面と8側面の基環の組, あるいは8側面と9側面の基環の組を持つ二重骨格が観察された. また異常骨格の形成する二重骨格も見られた. 瀬戸内海と太平洋黒潮上の珪質鞭毛藻を比較すると骨格の太さに差があった. 瀬戸内海と黒潮での温度や塩分, 栄養塩等の違いが影響していると考えられる. 二重骨格を観察すると骨格の太いものと細いものが組となり二重骨格を形成するケースが見られた. 二重骨格の形態を観察することで, 珪質鞭毛藻の形態変異の多様性や連続性, 環境の変化による影響等を解明できると考えられる.

論文内容要旨 (英文)

平成26年度入学 大学院博士後期課程

地球共生圏科学 専攻 地球環境学分野

氏 名 阿部 健太



論文題目 Taxonomy and morphology of Cenozoic silicoflagellates

Although silicoflagellates have been studied for over 150 years there are still fundamental questions that need to be answered regarding their taxonomy and the function of certain skeletal elements. Species and generic concepts have changed over time, often without reference to the original descriptions of Ehrenberg, who based much of his taxonomy on the presence or absence of pikes. Therefore, the aims of this thesis are to review Ehrenberg's concepts by studying his type materials, and to determine the significance of pikes in silicoflagellate taxonomy and their role in double skeleton formation.

To achieve these aims, Ehrenberg's type materials from Caltanissetta (Italy), Oran (Algeria) and Aegina (Greece) were re-examined, as well as numerous modern and Cenozoic deep-sea drilling and outcrop samples from around the world.

Ehrenberg described the 4-sided *Dictyocha fibula* and six-sided *D. speculum* from the late Miocene samples of Oran, both without pikes, and the 4-sided *D. epiodon* and six-sided *D. aculeata* from Richmond (USA) and Aegina, respectively, with pikes. A re-evaluation of the samples confirmed the presence of these taxa, and although some *D. aculeata* skeletons lacked one or two pikes, it is assumed that the absence/presence of pikes is a stable taxonomic feature, since silicoflagellate cultures do not contain a mixture of pike-bearing and pike-less skeletons.

Early workers were aware of double skeletons and pikes, but their association was poorly understood and most of the published double skeletons were line drawings. However, in this study, the intimate relationship between pike position and double skeleton arrangement has been revealed in both modern and fossil species using light and scanning electron microscopy. In particular, pike position appears to determine whether the double skeleton is aligned in a corner-to-corner or Star-of-David arrangement. The latter is usually found in older sediments, while today only corner-to-corner double skeletons can be found.

While daughter skeletons are sometimes thinner than the parent skeletons, a study of modern assemblages off Japan showed that thin skeletons were largely present in the nutrient-poor waters of the Kuroshio, and thicker ones in the nutrient-rich waters of the Seto Inland Sea. Modern double skeletons of *Octactis pulchra* also demonstrated how fossil pike-less taxa may have formed double skeletons using an organic cement. In addition, some *O. pulchra* double skeletons were composed of skeletons with a different number of basal sides or with two aberrant skeletons, while incomplete daughter skeletons have been observed confirming Hovasse's original findings.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

令和2年 2月 6日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 リチャード・ジョルダン 印

副査 本山 功 印

副査 横山 潤 印

副査 _____ 印

副査 _____ 印

学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	地球共生圏科学専攻・地球環境学分野		氏名	阿部 健太	
論文題目	Taxonomy and morphology of Cenozoic silicoflagellates (新生代における珪質鞭毛藻の分類と形態)				
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	令和2年 1月 31日～	令和2年 2月 5日	
論文公聴会	令和2年 2月 5日	場 所	理学部31教室		
最終試験結果	合格	最終試験年月日	令和2年 2月 5日		

学位論文の審査結果の要旨 (1,000字程度)

珪質鞭毛藻は海洋植物プランクトンの一種であり、分類に役立つ特徴的な珪質骨格を有する。しかし、骨格形態が変化に富むため、種や属の分類基準について研究者間で意見の一致をみていない。19世紀の博物学者 C. G. Ehrenberg は珪質鞭毛藻を観察した最初の人物であり、世界中の現生及び化石試料の両方から多くの分類群を命名した。彼は、珪質骨格のほとんどの特徴 (例えば basal side, basal spine, apical structure) が安定した形質ではないと理解していたが、pike と呼ばれる形質は分類にとって非常に重要であると考えた。現在、pike は分類基準としてめったに使用されないが、20世紀の研究で double skeleton (1個体が2つの骨格を有するタイプ) の形成過程における役割が実証された。ただし、化石記録では double skeleton は非常にまれであるため、さらに多くの観察が必要である。

本研究の目的は、(1) Ehrenberg のタイプ試料 (模式標本が含まれていた試料) を観察し、形態学的な分類にとって重要な構造を再検討する、(2) double skeleton における pike の役割を明らかにし、pike の位置と double skeleton の組み合わせを検討する、(3) Pike の機能を検討することである。

本研究により、次の3つの主要な結論が得られた。(1) *Dictyocha fibula* と *Stephanocha speculum* は pike を有さず、*D. fibula* は asperid 形態である。*D. fibula* と *S. speculum* が絶滅種であるのに対し、現生の *Dictyocha* 属と *Stephanocha* 属は pike を有する。(2) Double skeleton には、corner-to-corner と Star-of-David の形態があり、corner-to-corner は pike の有り/なしで分けられる。Star-of-David は化石のみに見られ、pike を有する形態である。2つの形態で pike の位置に違いがある。(3) Pike は種内変異を示さず分類群内で安定した特徴である。通常 pike は短く、double skeleton の骨格同士が接合する役割を持つが、始新世に登場した非常に長い pike は別の機能を持つ可能性がある。本研究により、pike は珪質鞭毛藻の分類において極めて重要な構造であることが示された。

本研究成果の主要部分である double skeleton に関する知見は国際誌に掲載済みであり学位論文の審査条件を満たしている。また、国際学会13件、国内学会11件を通して研究成果を学会に公表し国内外の研究者から専門性が高く興味深い成果であるとの評価を得てきた。本研究は19世紀以来の学界の長年の未解決問題に挑戦する意欲的な研究であり、研究テーマの新規性・独自性、専門知識に基づく背景・目的の正しい記述、論文構成および論理性、明確な結論の提示、のいずれの審査基準も十分に満たしていると判断され、博士学位論文として十分な価値があるとして合格と判定した。本論文は、研究倫理または利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。

最終試験の結果の要旨

学位論文の内容を要約した口頭発表及び質疑応答を最終試験とした。研究テーマ及び研究方法は、当該分野の博士論文として適切なものであり、また、光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡の写真データの量と質、考察内容、結論は関連分野の博士論文として十分なレベルに達していると判断された。質疑応答の過程では、該当分野の専門知識、技能、及び考察力を有していると判断された。また、研究の展望や波及効果についての意見も有している。以上から課程博士として十分な資質が認められ、最終試験を合格と判定した。