

氏 名	坂上 登亮		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	学 術		
学位授与番号	博甲第	7 0 7 3	号
学位授与の日付	2 0 2 4 年	3 月	2 5 日
学位授与の要件	環境生命科学研究科 農生命科学専攻 (学位規則第 4 条第 1 項該当)		
学位論文の題目	Studies on behavioral mechanisms in a photosymbiotic acoel flatworm, <i>Praesagittifera naikaiensis</i> (光共生性無腸動物 <i>Praesagittifera naikaiensis</i> の行動メカニズムに関する研究)		
論文審査委員	教授 木村康二	教授 西野直樹	教授 安藤元紀 教授 畑生俊光
学位論文内容の要旨			
無腸動物は体長数ミリ程度の海産無脊椎動物である。本研究で扱う <i>Praesagittifera naikaiensis</i> は瀬戸内海固有の無腸動物であり、孵化後に環境中から緑藻類を体内に取り込み、成体へと成長する。<i>P. naikaiensis</i> は体内の緑藻類に適切な光合成条件や環境ストレスからのシェルターを提供するために重力・光走性を示す。これら行動の遂行のために、<i>P. naikaiensis</i> が感覚器として有する頭部の平衡胞および眼点、体表面の表皮感覚毛細胞は、それぞれ重力、光、機械および化学刺激の受容を担うとされる。各感覚器について、これまでに形態学的知見は散見されるものの、外部刺激の受容から神経系への伝達に至る一連の機構については明らかになっていない。本研究では、光共生性無腸動物 <i>P. naikaiensis</i> の行動メカニズムの解明を目的とし、感覚器と神経系の同時三次元的観察を行った。また、感覚器においてシグナルトランスダクションを担う可能性がある transient receptor potential (TRP) チャネルに着目し、その発現および局在についても解析を行った。 電子顕微鏡解析から、<i>P. naikaiensis</i> の平衡胞、眼点、および表皮感覚毛細胞の細胞構造を明らかにした。免疫組織化学的解析から、本種の神経系は、頭部に神経細胞の集積により形成された脳、そこから個体の後端にまで伸びる三対の神経索、および外皮下に神経網、が確認された。平衡胞の細胞外マトリックス構成成分 (collagen) および表皮感覚毛細胞の細胞骨格成分 (tubulin および actin) に着目した蛍光標識により、各感覚器の三次元的観察を可能とした。神経系との同時標識による解析から、平衡胞および眼点は脳に取り囲まれることが明らかとなった。また、平衡胞の腹側に円形状の神経構造が確認され、求心性ニューロンとして働くことが示唆された。神経網は表皮感覚毛細胞に近接し、一部神経束は脳や神経索にまで伸びていることが明らかとなった。<i>P. naikaiensis</i> のゲノム・トランスクリプトームから、<i>TRP polycystin (TRPP)</i> 相同遺伝子を同定した。TRPP は polycystic kidney disease (PKD) 2 とも呼ばれ、同定された 5 つの PKD 相同遺伝子はすべて表皮感覚毛細胞に発現することが示唆された。本研究から、表皮感覚毛に発現する PKD チャネルで受容された刺激は神経網を介して中枢である脳や神経索にまで伝達されることが予想された。また、本種の PKD は遺伝子重複を示し、それぞれの発現様式が異なることから、無腸動物は独自に PKD 遺伝子を進化させることで多様な外部刺激に対応したと予想された。<i>P. naikaiensis</i> の幼若体は体表面に緑藻類が接触すると、それを捕食する行動を示した。TRP チャネル阻害剤である Gd^{3+} 存在下において、幼若体の捕食行動を評価したところ、本行動は Gd^{3+} 濃度依存的に抑制された。本研究において、TRPP に加え、本種の <i>TRP ankyrin</i> および <i>TRP vanilloid</i> 相同遺伝子も同定された。無腸動物は重力・光走性に加え、温度や流走性が報告されており、本動物群の示す様々な行動に、これら TRP チャネルの関与が推測された。			

論文審査結果の要旨

坂上登亮氏の研究対象である無腸動物は体長数ミリ程度の海産無脊椎動物である。本動物群は近年の系統進化学的解析から始原的な左右相称動物とされ、動物進化の過程を明らかにする有用なモデル生物となりうると考えられる。坂上氏の研究で扱う*Praesagittifera naikaiensis*は重力・光走性を示す瀬戸内海固有の無腸動物であり、この性質が体内の共生藻に適切な光合成条件や環境ストレスからのシェルターの場を提供することにつながると考えられる。このようなことから、坂上氏の研究は、*P. naikaiensis*の①頭部感覚器における刺激受容機構の解明、②表皮感覚毛細胞における刺激受容機構の解明、を目指し行われた。研究の結果、①光学顕微鏡を用いた三次元的解析の手法の確立により、免疫組織化学的観察および電子顕微鏡的観察の結果と併せて、無腸動物の感覚器について神経系の組織構造の詳細が明らかとなった。②感覚器においてシグナルトランスダクションを担う可能性があるtransient receptor potential (TRP) チャネルの同定およびこの遺伝子群の表皮感覚毛細胞での局在を明らかにした。また、TRP阻害剤を用いた研究により、TRPチャネルが無腸動物の示す様々な行動に關与することも明らかにされた。

これらの研究成果は、海洋中の炭素循環の重要な一端を担うと考えられる*P. naikaiensis*の行動メカニズムの理解を進める知見を示すとともに、海洋環境の保全にも直結する成果をあげた。

論文発表・審査においても、坂上氏は、要点を押さえた的確かつ明瞭な質疑応答を行い、研究に対する議論を深めることができたと考える。

以上のことから、博士の学位を有するにふさわしい学識を有すると評価した。