

氏名（本籍）	戸川 優弥子		
学位の種類	博 士（ 学 術 ）		
学位記番号	博 甲 第 9863 号		
学位授与年月日	令和 3 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	Studies on Cnidophage, Specialized Cell for Kleptocnida, of <i>Pteraeolidia semperi</i> (Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia) (ムカデミノウミウシ（軟体動物門：腹足綱：裸鰓類）の盗刺胞細胞 cnidophageに関する研究)		
主査	筑波大学教授	博士（理学）	深津 武馬
副査	筑波大学教授	博士（農学）	高谷 直樹
副査	筑波大学教授	博士（工学）	野村 暢彦
副査	東京大学教授	博士（理学）	三浦 徹

論 文 の 要 旨

ミノウミウシ（軟体動物門 腹足綱 裸鰓類）の一部の種は、摂食した刺胞動物（ヒドロ虫、クラゲなど）の刺胞を背側突起（ミノ）の内部器官に取り込んで防衛に利用するという驚くべき能力をもつ。この「盗刺胞」という現象は、他種生物の細胞内器官をそのまま取り込んで維持するという点できわめて興味深く、異種生物間で共生関係が成立するごく初期段階の様相とも考えられる。盗刺胞はきわめて興味深い生物現象であり、その機構解明からは進化生物学的に重要な洞察が得られると期待されるが、対象の特殊性や飼育維持の困難さから、その研究はあまり進んでいなかった。近年、東京大学大学院理学系研究科附属臨海実験所で、ムカデミノウミウシ *Pteraeolidia semperi* を数ヶ月にわたって研究室で飼育維持できる系が確立された。そこで著者はこの飼育系を利用するとともに、自らも多数のムカデミノウミウシを潜水により採集することにより、本種を用いてこの盗刺胞という未解明の生物現象に取り組んだ。

著者はまず第1章で、各成長段階の個体についてミノの詳細な形態観察を行い、ミノは個体の成熟後も尾部側に付加される形で継続的に増え続けること、さらにミノの基部が隆起してそこにさらにミノが形成されることで、ミノ数が増加することを明らかにした。これらの知見により、成熟したミノウミウシ個体においてもミノが新生する部位を把握できるようになり、ミノ形成過程の組織および分子レベルの解析が可能になった。

続いて第2章で著者は、まずミノ新生部位に着目して、新しいミノが形成される過程の詳細な組織学的観察を実施した。さらに著者は、自切したミノウミウシのミノが再生できるという先行報告に着想を得て、人為的にミノ先端を切除した個体を継続飼育することにより、ミノの再生過程を継続的に観察し、時系列に沿ったミノ形成過程データを取得することに成功した。その結果、盗刺胞に重要なミノ先端の組織である刺胞嚢（cnidosac）およびその内部に存在して実際に刺胞を細胞内に取り込む能力を持つ盗刺胞細胞（cnidophage）の形成について、以下を明らかにした。ミノの内部を通る消化管の先端は刺胞嚢と呼ばれる盲嚢状の器官になっており、内部に刺胞を取り込んで保持する特殊な上皮細胞である盗刺胞細胞が筋肉層に包まれて配列している。ミノの発達および再生過程では、ミノ内部の消化管末端で急激な細胞の増殖が起こり、それらが盗刺胞細胞に分化したのち、筋肉層が形成される様子が観察された。さらに透過電顕を用いて、盗刺胞細胞およびその内部に取り込まれた刺胞の構造について詳細な観察を行い、盗刺胞細胞の中に無数の小胞と顆粒の存在を確認し、特に刺胞を取り込んだ盗刺胞細胞では、顆粒

が刺胞の周りに集積していることを発見した。これら小胞や顆粒の実体や機能は現在のところ不明であり、今後の研究課題であるが、盗刺胞に関与している可能性が高いと考えられた。

さらに著者は第3章で、RNA-seq法による網羅的遺伝子発現解析を行い、盗刺胞の場である刺胞嚢を含む部位において特異的に発現する遺伝子を探索した。さらに解剖摘出した刺胞嚢やミノ先端から放出された分泌物についてプロテオーム解析を行い、どのようなタンパク質が多く存在するかを探索した。その結果、筋肉、細胞骨格、結合組織に関連するタンパク質、免疫関連タンパク質、糖鎖を認識する受容体タンパク質などが同定された。これらの結果に基づき、刺胞嚢の形態形成との関連や、刺胞嚢細胞における刺胞の表面多糖による認識や食作用による取り込みに関わる可能性などについて議論した。

審 査 の 要 旨

本論文は、ミノウミウシにおける盗刺胞という、古くから知られてはいるがその機構には不明の点が多くきわめて興味深い生物現象について、新たな観点と技術をもって取り組んだ研究結果を報告するものである。著者は、フィールドワークによる生物採集、飼育実験、形態学、組織学から遺伝子発現解析、さらにはタンパク質分析に至る多彩なアプローチを駆使して、個体レベルから細胞レベル、さらには遺伝子発現レベルからタンパク質産生レベルに至る新規な知見を集積し、その過程や機構について従来にない洞察を与える研究成果を提示しており、その学術的価値は評価に値する。博物学的な驚きや面白さに立脚しながら、進化学、生態学、細胞生物学をも射程に入れたミノウミウシの盗刺胞現象の理解をめざす取り組みは生物学的に重要であり、著者が得た一連の新知見は基礎科学的に価値あるものと認められる。

令和3年1月18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（学術）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。