

学 位 論 文 要 旨

氏 名	上水樽 豊己
題 目	ツキヒガイの対漁具行動と光受容特性に関する研究 (Study on behavioral responses to dragged gears with special reference to characteristics in light perception in Japanese moon scallop <i>Amusium japonicum</i>)

近年顕著に減少した鹿児島県のツキヒガイ漁業資源の回復には適正な漁業管理技術の開発が必要である。本研究は漁業管理に必要な基礎的知見を得る目的で、曳航漁具に対するツキヒガイの反応行動の観察、ツキヒガイの明るさの変化に対する反応行動の水槽観察、外套眼の組織学的・電気生理学的実験、および触手の組織学的実験を行った。研究の概要は以下の通りである。

第2章 吹上浜沖合漁場において曳航中の桁網と小型底曳漁具に対するツキヒガイの行動を潜水・水中TV観察した。接近する漁具に反応してツキヒガイが離底・遊泳し、その結果漁獲されることが12個体で確認された。海底に静止したままの個体の上をグランドロープが通過する例も観察され、このような個体の損傷の有無の確認が今後の問題となった。漁具に遭遇した個体が漁具に接触しないまま離底・遊泳を示した。この行動を誘発した刺激は漁具が生ずる陰影刺激と機械刺激であると考えられた。

第3章 ツキヒガイの電気生理実験に必要な強制的開殻の方法として、平均的成員の開殻筋(平均湿重量 20.3 g)に0.4M塩化マグネシウム溶液5 mlを注射する方法を確立した。

第4章 ツキヒガイの光受容器は大小2種の外套眼(約100個)である。光頭レベルではこれら2種の外套眼の解剖学的構造に違いが認められなかった。網膜電図(ERG)によって調べた分光感度ピーク λ_{max} は大外套眼で520 nm, 小外套眼で490 nmで、この λ_{max} の違いは両外套眼の機能の違いを意味するがその詳細は不明である。ERGによって調べた臨界融合周波数は大外套眼で1.3~1.5 Hzであり、この値はツキヒガイの動体視能力は魚類と比較して極めて低いことを示唆する。ERGにはon-反応, off-反応, on-off反応のいずれも認められ、外套眼は明るさの変化に敏感であることが明らかになった。

第5章 ツキヒガイの明るさの変化に対する反応行動を赤外線ビデオカメラで観察・記録した。急激なon-刺激により触手の伸長頻度が増え、off-刺激により回転・移動・遊泳頻度が増えた。陰影内外の照度差を変化させた陰影刺激実験では、照度差が592 lx以上で回転・移動・遊泳の頻度が増え、1505 lxでは陰影の端がツキヒガイ外套縁3~20cmの位置でこれらの行動が発生した。よって、曳航漁具の陰影がツキヒガイの行動に影響を与えることが十分考えられた。

第6章 ツキヒガイの触手が感覚器である可能性を組織解剖学的に調べた。触手中央に直径約55 μ mの神経束が縦走し、この神経束から更に細い神経束が放射線状に分岐していた。触手表面に長さ5 μ m程度の微繊毛塊が多数認められた。この種の微繊毛は機械感覚器と化学感覚器にみられる。ツキヒガイの触手への化学刺激と機械刺激によって閉殻などの反応行動が見られ、触手が機械・化学受容を行うことが明らかである。

以上より、ツキヒガイは曳航漁具が生ずる陰影刺激と機械刺激に反応して離底・遊泳し、その結果漁獲に至ると考えられた。ここで得られた知見はツキヒガイの損傷を生じない漁具漁法の開発に応用可能である。

学 位 論 文 要 旨

氏 名

Toyomi Kanmizutaru

題 目

Study on behavioral responses to dragged gears with special reference to characteristics in light perception in Japanese moon scallop *Amusium japonicum*
(ツキヒガイの対漁具行動と光受容特性に関する研究)

The recent decrease in the commercial catch of the Japanese moon scallop *Amusium japonicum* in Kagoshima requires a proper management based on the biological characteristics of this animal. This study was conducted to obtain fundamental knowledge of the behavioral responses of the scallop to dragged gears and their sensory bases.

In **chapter 2** the behavioral responses of the scallop to a beam trawl and a small-scale trawl were observed during fishing operations in Fukiage, Kagoshima. Scallops resting on the seabed exhibited a common behavioral pattern in response to an approaching ground rope; jet propelled jump and flying, which resulted in capture in the net. Four of 34 specimens observed responded before the rope reached them. The scallop could behaviorally respond to the dragged gears by sensing their movements and/or touch. The rope swept the bottom passing over 8 specimens, but no damage on them was observed.

In **chapter 3** a method for keeping the scallop's valve open during the electrophysiological experiment was developed by injecting of 5 ml of 0.4M MgCl₂ solution into their adductor muscle.

In **chapter 4** the light perception characteristics of the scallop's eyes were determined by electroretinogram (ERG) and recordings showed sensitivity to a wide range spectra (433 nm to 700 nm) with a peak at 470 nm for small pallial eyes and 520 nm for large pallial eyes. These sensitivities were considered to be well adapted to the light environment in their shallow habitats. ERGs recorded under a flicker light of different flicker frequencies (0.05 Hz - 1 Hz) indicated a critical fusion frequency (cff) at 1.3 Hz to 1.5 Hz, implying a much lower cff than found in fishes. ERG were obtained by on-, off- and on-off light stimulations, indicating a high sensitivity to light.

In **chapter 5** the scallop's response to a steep change in light intensity was examined. Light-on stimulation increased the frequency of contraction and elongation of pallial tentacles, and light-off stimulation increased the frequency of body spin and flying. At high background light intensity (1505 lx), the scallop exhibited spins and sweeping movements when an approaching shadow was 3-22 cm away from them.

In **chapter 6** the pallial tentacles were examined anatomically and behaviorally; they had a core made of a bundle (55 μ m diameter) of nerve fibers with branches of thin bundles radiating towards the epithelium. Patches of dense short cilia were found on the epithelium, resembling the cilia of chemoreceptors and mechanoreceptors. The scallop exhibited closing of valve or a slight body spin in response to chemical and a mechanical stimuli applied to the pallial tentacles, showing that they act as detectors.

This study showed that the scallop was capable of behavioral responses to approaching dragged gears by detecting light and mechanical stimuli from them. This knowledge can be applied to develop less damaging gears for catching scallops, which might lead to a better management of their fishery.

学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏 名	上水樽 豊己
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 川村 軍蔵
	副査 鹿児島大学 助教授 安樂 和彦
	副査 宮崎大学 教授 前田 昌調
	副査 宮崎大学 教授 永田 雅輝
	副査 鹿児島大学 教授 不破 茂
審査協力者	
題 目	ツキヒガイの対漁具行動と光受容特性に関する研究 (Study on behavioral responses to dragged gears with special reference to characteristics in light perception in Japanese moon scallop <i>Amusium japonicum</i>)
<p>鹿児島県のツキヒガイ漁業資源が近年顕著に減少し回復には適正な漁業管理技術の開発が必要であることが本研究の動機になっており、本研究では漁業管理に必要な基礎的知見を得る目的で、曳航漁具に対するツキヒガイの反応行動の観察、ツキヒガイの明るさの変化に対する反応行動の水槽観察、外套眼の組織学的・電気生理学的実験、および触手の組織学的実験を行った。研究の概要は以下の通りである。</p> <p>第2章 吹上浜沖合漁場において曳航中の桁網と小型底曳漁具に対するツキヒガイの行動を潜水・水中TV観察した。接近する漁具に反応してツキヒガイが離底・遊泳し、その結果漁獲されることが確認された。海底に静止したままの貝の上をグランドロープが通過する例も観察され、このような個体の損傷の有無の確認が今後の問題となった。漁具に遭遇した個体が漁具に接触しないまま離底・遊泳を示した。この行動を誘発した刺激は漁具が生ずる陰影刺激と機械刺激であると考えられた。</p>	

第3章 ツキヒガイの電気生理実験に必要な強制的開殻の方法として、平均的成員の開殻筋（平均湿重量 20.3 g）に 0.4M 塩化マグネシウム溶液 5 ml を注射する方法を確立した。

第4章 ツキヒガイの光受容器は大小2種の外套眼（約100個）である。光顕レベルではこれら2種の外套眼の解剖学的構造に違いが認められなかった。網膜電図（ERG）によって調べた分光感度ピーク λ_{\max} は大外套眼で 520 nm、小外套眼で 490 nm で、この λ_{\max} の違いは両外套眼の機能の違いを意味するがその詳細は不明である。ERGによって調べた臨界融合周波数は大外套眼で 1.3 ~ 1.5 Hz であり、この値はツキヒガイの動体視能力は魚類と比較して極めて低いことを示唆する。ERGには on-反応、off-反応、on-off 反応のいずれも認められ、外套眼は明るさの変化に敏感であることが明らかになった。

第5章 ツキヒガイの明るさの変化に対する反応行動を赤外線ビデオカメラで観察・記録した。急激な on-刺激により触手の伸長頻度が増え、off-刺激により回転・移動・遊泳頻度が増えた。陰影内外の照度差を変化させた陰影刺激実験では、照度差が 592 lx 以上で回転・移動・遊泳の頻度が増え、1505 lx では陰影の端がツキヒガイ外套縁 3~20cm の位置でこれらの行動が発生した。よって、曳航漁具の陰影がツキヒガイの行動に影響を与えることが十分考えられた。

第6章 ツキヒガイの触手が感覚器である可能性を組織解剖学的に調べた。触手中央に直径約 55 μm の神経束が縦走し、この神経束から更に細い神経束が放射線状に分岐していた。触手表面に直径約 2.4 μm の微繊毛塊が多数認められた。この種の微繊毛は機械感覚器と化学感覚器にみられる。ツキヒガイの触手への化学刺激と機械刺激によって開殻などの反応行動が見られ、触手が機械・化学受容を行うことが明らかである。

以上より、ツキヒガイは曳航漁具が生ずる陰影刺激と機械刺激に反応して離底・遊泳し、その結果漁獲に至ると考えられた。ここで得られた知見はツキヒガイの損傷を生じない漁具漁法の開発に応用可能である。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏名	上水樽 豊己
審査委員	主査 鹿児島 大学 教授 川村 軍蔵
	副査 鹿児島 大学 助教授 安樂 和彦
	副査 宮崎 大学 教授 前田 昌調
	副査 宮崎 大学 教授 永田 雅輝
	副査 鹿児島 大学 教授 不破 茂
審査協力者	
実施年月日	平成18年 1月19日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <input checked="" type="radio"/> 口答・筆答	
<p>主査及び副査は、平成18年1月19日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が博士(水産学)の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者 氏 名	上水樽 豊己
<p>公開審査における質疑応答は以下のとおりであった。</p> <p>Q. 漁網によって陰影刺激が十分に与えられるか？</p> <p>A. 水中観察の結果から、漁具の陰影は反応行動を解発する十分な刺激であると考えられる。</p> <p>Q. ツキヒガイが漁具から逃避する際に個体間のコミュニケーションはないか。あるとするとその手段は何か？</p> <p>A. 水槽実験では1個体の陰影への遊泳反応によって他個体が連鎖的に遊泳する。どのような刺激が伝達されているか確認していない。</p> <p>Q. 水中観察で漁具に接触する前に移動した個体があるが、触手は水粒子変動（振動）を感知したのではないか？</p> <p>A. その可能性は十分あるが、触手の振動センサ機能は調べていない。</p> <p>Q. 刺激-応答系のメカニズムを漁具に応用する場合、どのようなことが考えられるか？</p> <p>A. ツキヒガイの離底・遊泳を確実にするために網口の前に陰影を強化する幕の設置や機械刺激を強化するチェーンを装着する方法が考えられる。</p> <p>Q. ツキヒガイが反応できる光刺激の速さはどのくらいか？</p> <p>A. 実際の操業では 0.5-1.0 m/s、水槽実験では約3cm/sである</p> <p>Q. ツキヒガイは周年砂に全く潜らないのか？爪のある桁網を使わないのか？</p> <p>A. 漁業者は潜らないと云っている。調査した漁場では爪のある桁網を使っていない。</p> <p>Q. ツキヒガイの資源回復には禁漁が効果的だと思うがどうか？</p> <p>A. 完全禁漁は漁場における他の漁業種との関係でむずかしい。</p> <p>Q. 陰影刺激や接触刺激に反応しない個体がいるのはなぜか？</p> <p>A. 離底後に再着底した個体は閉殻するので、そのような個体は反応しない。</p> <p>Q. 外套眼の機能を調べる実験では刺激光の質（波長）を考慮しているが、行動実験ではそれが考慮されていない。行動実験の刺激光の質を考慮すると質の高い論文になる。</p> <p>A. 論文訂正の際に行動実験に使った光のスペクトル放射照度のデータを入れ、考察ではそれを活かしたい。</p>	