

## 学 位 論 文 要 旨

氏 名      ロタ バルアルテ アルカンタラ

題 目      フクトコブシの成長過程にともなう摂餌様式の変化  
(Ontogeny of the digestive gut, ingested food and growth of the cultured abalone *Haliotis diversicolor* Reeve)

アワビの仲間フクトコブシ (以下トコブシ) は鹿児島県における重要な水産物である。しかし、その摂餌生態特にその生長や消化器官の発達に関する研究は殆どなく、本種の養殖や資源管理上の問題となっている。

鹿児島県栽培漁業協会 (鹿児島県垂水市) から、ふ化後 0-1 日齢の幼生、4-22 日齢の後期幼生ならびに 24-150 日齢の稚貝を入手した。340 日齢以降の成貝は同県長島町の鹿大水産学部東町ステーションで加世堂式養殖生け簀により飼育した個体を用いた。これらの材料をもとに、0-1,273 日齢の消化管の発達過程をマイクロームで組織学的に調べた。

それによればトコブシノ幼生(0-1 日齢)には口器原基 (mouth rudiment) と原始的な食道 (primitive esophagus)、胃、腸、ならびに消化腺 (digestive gland) が見られた。4 日齢の後期幼生には卵黄粒 (yolk granules) が残っているが、口腔 (buccal cavity)、唾液腺 (salivary gland) が生じ、食道や胃、腸からなる簡単な消化器官が発達し始めた。7 日齢には食道後部が肥大し、消化器官は螺旋状となりその長さが長くなった。10 日目には消化器官が三回転し、17-35 日齢にはその構造が堅固になった。また 17 日齢からは消化管の発達が著しくなった。50-75 日には、盲腸 (digestive caecum) と血液細胞が腸の上皮組織に見られ、150-160 日にかけては、粘液細胞が口腔、唾液腺、食道、消化腺に認められるようになった。

トコブシの後期幼生は珪藻を食べ、成体では大型海藻類を食した。このうち 4-10 日齢に接餌される珪藻は 17-75 日齢以降とは異なり小型でその量も多かった。トコブシの成体は 1 時間以内でアナアオサを消化したことからその消化速度はかなり速いものであった。

本種の幼生から稚貝にかけては指数増殖的に成長したが、それ以後は対数増殖的な成長を示し、全体的には二次関数で表された。体調と体重の関係は指数関数の関係にあり、後期幼生の成長は水温の負の相関関係があった。

一般的にトコブシにおける消化管の発達は成長パターンの影響を受け、餌の種類やサイズや密度とも関係があった。つまり、後期幼生の早い段階では小型珪藻を高密度で消化し、その後の遅い段階では低密度の大型珪藻を消化していた。また、消化管の発達した成体では大型海藻を消化するとともに補足的に珪藻も接餌することが分かった。

# 学 位 論 文 要 旨

氏 名	Lota Baluarte Alcantara
題 目	Ontogeny of the digestive gut, ingested food and growth of the cultured abalone <i>Haliotis diversicolor</i> Reeve (フクトコブシの成長過程にともなう摂餌様式の変化)

The abalone *Haliotis diversicolor* Reeve or "tokobushi" is a valued commodity with a thriving fishery in Kagoshima. There is no literature on ontogeny of the digestive gut of tokobushi, which can be related to history of ingested food and growth characteristics. Such information is important to understand tokobushi and improve its management schemes in mariculture and of natural stocks.

Samples of larva (post hatching (ph), day 0-1 ph), postlarva (day 4-22 ph) and juvenile (day 24-150 ph) were taken from the tokobushi facility of Kagoshima Mariculture Society in Tarumizu City, Kagoshima. Adult (day >340) samples were taken from experimental stocks maintained in Kasedo-cage at Azuma-cho Experimental Station, Izumi, Kagoshima. Development of the digestive gut and ingested food were observed under a microscope while progress in growth was monitored from day 0 to 1273 ph.

Tokobushi larva at day 0-1 ph developed the mouth rudiment and primitive esophagus, stomach, intestine and digestive gland. On day 4 ph, the postlarva still contained a few yolk granules but already developed the buccal cavity, salivary gland, and simple esophagus, stomach and intestine. On day 7 ph, the posterior esophagus already enlarged to become the crop and the intestine twisted to lengthen. On day 10 ph, the intestine formed three loose loops that became compact during day 17-35 ph. Significant increase on the size of digestive organs occurred starting on day 17 ph postlarva. On day 50-75 ph, the digestive caecum developed and profuse blood cells were observed in gut epithelia. On day 150-600 ph, larger mucous cells developed in the esophageal pouch and intestine epithelia.

Tokobushi were herbivorous from postlarva to adult since they ingested diatoms belonging to 26 genera mainly during the postlarva to juvenile stage and different macroalgae during adult stage. The maximum size of ingested diatoms by day 4-10 ph postlarva was relatively smaller than day 17 ph postlarva to day 75 ph juvenile. Density of ingested diatoms was high from day 4-10 ph postlarva which was significantly different from day 17 ph postlarva to adult. Adult tokobushi had relatively fast digestive rate since the macroalga *Ulva pertusa* was digested within one hour after feeding.

The growth pattern of larval, postlarval to juvenile tokobushi was exponential compared to adult which was logarithmic. The overall growth pattern from larva to adult was quadratic. The greatest size increment of cultured tokobushi was during its juvenile stage. The relationship of SL and TW was exponential with growth rates of TW significantly greater than SL. The growth rate of postlarval SL was highly inversely correlated to water temperature in contrast to juvenile and adult with no correlation.

Generally, ontogeny of the digestive gut of tokobushi is affected by the kind, size and density of ingested food, as well as growth pattern. Early postlarvae with simple digestive gut ingest small-sized diatoms at a high density. Older postlarvae to juveniles with developed digestive tract ingest bigger diatoms at increased diversity but low density. Such ingestion supported the exponential growth of tokobushi. In adults, the well-developed digestive organ could take in many macroalgae together with diatoms to support additional growth and maturation of gonad.

## 学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏 名	ロタ バルアルテ アルカンタラ (Lota Baluarte Alcantara)
審査委員	主査 鹿児島 大学 教授 野 呂 忠 秀
	副査 鹿児島 大学 教授 中 村 薫
	副査 宮 崎 大学 教授 神 田 猛
	副査 鹿児島 大学 教授 門 脇 秀 策
	副査 宮 崎 大学 教授 香 川 浩 彦
審査協力者	
題 目	Ontogeny of the digestive gut, ingested food and growth of the cultured abalone <i>Haliotis diversicolor</i> Reeve (フクトコブシの成長過程にともなう摂餌様式の変化)
<p>この論文は南日本からインド太平洋海域に分布する熱帯性小型アワビであるフクトコブシ（以下トコブシと略称）の成長段階にともなう消化管の発達過程を組織学的に研究したものである。従来我が国で一般的に行われているアワビ類の養殖は、温帯性の種について行われているものであり、その生物学的知見もこのような北方種に偏重している。しかし、種子島や八丈島で水産業の対象となっているトコブシは、基礎的な研究も少なく、その水産生物学的研究は広く東南アジアでの貢献も期待される。</p> <p>申請者は、これまでに本種の食性を生態学的手法により調べてきた。その延長としてこの論文では本種がその成長段階により餌を変化させることや、それにとまって消化管の組織構造が変化することを初めて明らかにした。</p>	

それによれば、本種はふ化直後1日齢の幼生時代から口器や食道、胃長ならびに消化腺が出来始めるが卵黄を吸収しており、4日齢には口腔、唾液腺も形成され、7日齢には食道が肥大し消化管全体が螺旋状に長くなることが分かった。また50日齢には盲腸や腸の上皮細胞に血液細胞がみられ、150日齢からは消化管全体に粘液細胞も豊富になるなど成貝としての形質を備えるに至った。つまり、消化管は4〜35日齢には徐々に発達するが、50日後には著しく発達した。

また、成長に伴う餌生物の変化を調べたところ、4〜75日齢までは26属の珪藻を摂食し、このうち10日齢までは小型の珪藻、それ以後は大型の珪藻を食べることや、10〜17日目に腸内細菌相の大きな変化が示唆された。さらに、75日齢以降は一般海藻を食べるが付随的に付着珪藻も食べていること、消化に要する時間は1時間程度と短いことなどを明らかにした。

これらの知見は、本種の種苗生産や増殖ならびに資源管理を行う上で基礎となるものであり、水産生物学の進展に貢献するものであろう。またその結果は既に2報の論文として国際的な学術誌に発表されてる。このたび行われた学位論文公開審査会においても当該分野における申請者の学識の深さについては審査委員一同の理解するところでありこの学問的独創性と学会への貢献は、本学位論文申請者に博士（水産学）の学位を与えるのに十分値するものと判断された。

## 最終試験結果の要旨

学位申請者 氏名	ロタ バルアルテ アルカンタラ (Lota Baluarte Alcantara)
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 野呂 忠 秀
	副査 鹿児島大学 教授 中 村 薫
	副査 宮崎大学 教授 神 田 猛
	副査 鹿児島大学 教授 門 脇 秀 策
	副査 宮崎大学 教授 香 川 浩 彦
審査協力者	
実施年月日	平成 19 年 1 月 6 日
試験方法 (該当のものを <input type="checkbox"/> で囲むこと。) <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> 答・筆答</span>	
<p>主査及び副査は、平成 19 年 1 月 6 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	ロタ バルアルテ アルカンタラ (Lota Baluarte Alcantara)
<p>[質問1] 発表スライドの組織写真に染色法が明記されていなかったが、これでは複数の染色法を使用した意味がないのでは？</p> <p>[回答1] 論文の中で用いた図や写真には用いた染色方法を明記し、その意味についても述べた。</p> <p>[質問2] larval stage, juvenile stageなどの発育段階をどのように区分したか？</p> <p>[回答2] 孵化後の日齢で分けたが、その分け方は本文に示した。確かに、要旨の中では述べていないので加筆したい。</p> <p>[質問3] 肛門が形成された時期は？</p> <p>[回答3] Post larval stageには肛門が見られた。</p> <p>[質問4] larval stage, juvenile stageなどの発育段階をどのように区分したか？</p> <p>[回答4] 孵化後の日齢で分けたが、その分け方は本文に示した。確かに、要旨の中では述べていないので加筆したい。</p> <p>[質問5] 15-17週で成育が悪かったのは低温で成育が抑えられたのではなく餌となる海藻の量が少なかったためではないか？</p> <p>[回答5] その可能性も否定できないが、水温の影響の方が大きいと考えている。</p> <p>[質問6] 論文中の方法の既述がもっと具体的であるべき？</p> <p>[回答6] 具体的な部分も加筆して最終原稿にしたい。</p> <p>[質問7] 今回の実験結果は天然の接餌と同じか？</p> <p>[回答7] トコブシの餌については既に生態学的な報告もあり、今回の私の観察結果と同じであった。</p> <p>[質問8] トコブシが餌を食べる時間帯は？</p> <p>[回答8] 今回の観察結果によれば夜間に海藻を食べることが多かった。</p> <p>[質問9] 培養実験中の水質、例えば酸素量は調べたか？</p> <p>[回答9] 調べていない。</p> <p>[質問10] 餌となる珪藻はアルファベット順でなく系統分類に従うべきではないか？</p> <p>[回答10] そのように改めたい。</p> <p>[質問11] 消化管中の珪藻の密度はどのように調べたか？</p> <p>[回答11] 単位面積視野中の珪藻を画像解析ソフトで調べた。</p> <p>[質問12] 和文要旨と英文要旨の内容に違いがある？</p> <p>[回答12] 和文要旨は英文を意識したつもりだが、正確な日本語訳の和文要旨に差し替えた。</p> <p>[質問13] トコブシの生簀は開発者の名前を明記する必要があるのでは？</p> <p>[回答13] 開発者である加世堂氏の名前を付したい。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	