

学 位 論 文 要 旨

氏 名	フェルドウス・アーメド
題 目	鹿児島湾産イズミエビ（十脚目・抱卵亜目）の資源生物学的研究 (Fisheries biology of the pandalid shrimp <i>Plesionika izumiae</i> (Decapoda: Caridea) in Kagoshima Bay, southern Japan)

イズミエビは西部太平洋に広く分布する十脚目タラバエビ科のエビである。本種は鹿児島湾の底棲動物群集における優占種の一つであり、小型底曳網漁業における入網量も多いが、資源生物学的な知見は皆無に等しい。そこで本研究は、鹿児島湾におけるイズミエビの時空間分布、繁殖および成長を明らかにすることを目的とした。

鹿児島湾内に8つの定点を設け、鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸(175t)を用いて簡易型トロールネットによる試験底曳網調査を行った。複数年にわたって季節ごとに年に4回の定点調査を行うとともに、一部の定点で月ごとの定期標本採集を行った。各曳網による採集物は船上にて即ソーティングを行い、得られたイズミエビは10%ホルマリンで固定後、第2腹肢の雄性突起の有無による性の判別、体サイズの測定、体重の秤量を行った。雌については抱卵の有無を確認するとともに、抱卵雌の持つ胚を4つの発生段階に分類した。また、卵巣を摘出し、肉眼観察により雌の成熟段階も調べた。頭胸甲長組成の時系列を用いた体長組成法により成長解析を行ない、雌雄の成長曲線および寿命を推定した。

試験底曳網による定点調査により、本種は西桜島水道域および湾奥部で分布密度が高いことがわかった。季節的には、夏季に分布密度が高く冬季に低い傾向が見られた。次に、年級群ごとの成長に伴う分布の変化から、産卵場および着底以降の個体群動態を調べた。抱卵雌の出現状況から、主産卵場は湾奥部であることがわかった。しかしながら、冬季に湾内広範囲に小型個体が発見することから、孵化後の幼生は分散し、湾内広範囲で着底・加入が起こった後、成長に伴って分布が湾奥部に集中することが示唆された。抱卵雌は周年出現したが、ピークとなる5~11月を本種の主繁殖期と推定した。なお、抱卵雌の胚の発生段階が進むにつれて親の卵巣の成熟が見られたことから、多回産卵を行うことが推察された。シグモイド曲線を用いた50%抱卵サイズの解析により、成熟サイズは頭胸甲長8.5mmと推定された。親の体サイズと抱卵数との間には正の相関関係が見られたが、回帰式を産卵直後の胚と孵化直前の胚で比較したところ、抱卵中に有意な胚の脱落が起こることが示唆された。本種の成長について、パラメーター数の異なる複数の成長式の当てはめを行い、赤池の情報量規準(AIC)により適合度の比較を行ったところ、成長率の季節変動を加味したPauly and Gaschutz式が採用された。すなわち、本種の成長率は経年変化の他に、12~2月に低く3~5月に高いという季節変動が加わることがわかった。雌雄ともに寿命は18ヵ月と推定され、生後1年で繁殖に加わるものの、生涯に1度しか繁殖期を経験しない種であることがわかった。上記のように、皆無に等しかった本種の資源生物学的特性のいくつかは本研究により明らかとなった。

学 位 論 文 要 旨

氏 名 Ferdous Ahamed

題 目 Fisheries biology of the pandalid shrimp *Plesionika izumiae* (Decapoda: Caridea)
in Kagoshima Bay, southern Japan
(鹿児島湾産イズミエビ (十脚目・抱卵垂目) の資源生物学的研究)

The pandalid shrimp *Plesionika izumiae* is widely distributed in the west Pacific regions. This is one of the dominant species in the benthic community of Kagoshima Bay, southern Japan. However, detailed information on the biological aspects of this shrimp from the geographical regions where this species occurs is virtually lacking. The present study aims to describe the fisheries biology including spatiotemporal distribution, reproduction and growth of *P. izumiae* in Kagoshima Bay.

Seasonal samplings were conducted at all the eight stations established in Kagoshima Bay, while monthly samples were collected from the station where *P. izumiae* was most abundant during 2007-2012. Samplings were conducted on board the Nansei-Maru (175 t), a training vessel of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University, using a simple trawl net. In addition, previously collected shrimp samples during 2003-2007 and sediment samples collected at each station using a triple-core sampler in July 2005 were also used in the present study. *P. izumiae* were sorted out at each haul, then counted, sexed, measured and weight. All females were examined for the presence of embryos attached to the pleopods and the developing embryos were classified into four stages. Ovarian maturation was also observed based on morphological observation. The growth pattern and longevity were estimated from monthly length-frequency distributions.

The majority of the shrimp was distributed in the bay head and channel area with highest abundance recorded at the channel area. A marked seasonal pattern was noted with higher abundances in summer and lower abundances in winter. Distribution pattern with the progression of age of a particular cohort indicated that small-sized individuals first appeared almost of its entire distribution areas in winter and a likely migration of shrimps to the main spawning grounds in the bay head was observed in summer. Ovigerous females occurred throughout the year with higher percentage during May to November, indicating this was the main reproductive period. Ovarian maturation was observed during the incubation process of embryos, suggesting that females were potentially capable of multiple spawning throughout its reproductive period. The size at sexual maturity was estimated to be 8.5 mm in carapace length based on the method using the size at which 50% of the females were ovigerous. Embryo size was independent of the body size (carapace length) of females but increased with development. There was a positive correlation between brood size and body size, while a significant reduction of embryos was observed during the course of development. The growth of *P. izumiae* was best described by the Pauly and Gaschütz equation, suggesting seasonal oscillation of growth rate. Monthly growth rate was lower during December to February and higher during March to May in both sexes. Females grew faster and reached a larger size at the same age than males. The longevity of this species was estimated to be around 18 months for both sexes. These results will be useful for the assessment and management of *P. izumiae* population in Kagoshima Bay and adjacent waters of the Pacific region.

学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏 名	Ferdous Ahamed
審査委員	主査 鹿児島 大学 教授 大富 潤
	副査 鹿児島 大学 教授 増田育司
	副査 鹿児島 大学 教授 西 隆一郎
	副査 鹿児島 大学 教授 杉元康志
	副査 鹿児島 大学 教授 ミゲル・フェデリコ・バスケス・アーチデイル
審査協力者	
題 目	<p>Fisheries biology of the pandalid shrimp <i>Plesionika izumiae</i> (Decapoda: Caridea) in Kagoshima Bay, southern Japan</p> <p>(鹿児島湾産イズミエビ(十脚目・抱卵亜目)の資源生物学的研究)</p>
<p>イズミエビは西部太平洋に広く分布する十脚目タラバエビ科のエビである。本種は鹿児島湾の底棲動物群集における優占種の一つであり、小型底曳網漁業における入網量も多いが、資源生物学的な知見は皆無に等しい。そこで本研究は、鹿児島湾におけるイズミエビの時空間分布、繁殖および成長を明らかにすることを目的とした。</p> <p>鹿児島湾内に 8 つの定点を設け、鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸 (175 t) を用いて簡易型トロールネットによる試験底曳網調査を行った。複数年にわたって季節ごとに年に 4 回の定点調査を行うとともに、一部の定点で月ごとの定期標本採集を行った。各曳網による採集物は船上にて即ソーティングを行い、得られたイズミエビは 10%ホルマリンで固定後、第 2 腹肢の雄性突起の有無による性の判別、体サイズの測定、体重の秤量を行った。雌については抱卵の有無を確認するとともに、抱卵雌の持つ胚を 4 つの発生段階に分類した。また、卵巣を摘出し、肉眼観察により雌の成熟段階も調べた。頭胸甲長組成の時系列を用いた体長組成</p>	

法により成長解析を行ない、雌雄の成長曲線および寿命を推定した。

試験底曳網による定点調査により、本種は西桜島水道域および湾奥部で分布密度が高いことがわかった。季節的には、夏季に分布密度が高く冬季に低い傾向が見られた。次に、年級群ごとの成長に伴う分布の変化から、産卵場および着底以降の個体群動態を調べた。抱卵雌の出現状況から、主産卵場は湾奥部であることがわかった。しかしながら、冬季に湾内広範囲に小型個体が出現することから、孵化後の幼生は分散し、湾内広範囲で着底・加入が起こった後、成長に伴って分布が湾奥部に集中することが示唆された。抱卵雌は周年出現したが、ピークとなる5~11月を本種の主繁殖期と推定した。なお、抱卵雌の胚の発生段階が進むにつれて親の卵巣の成熟が見られたことから、多回産卵を行うことが推察された。シグモイド曲線を用いた50%抱卵サイズの解析により、成熟サイズは頭胸甲長8.5mmと推定された。雌親の体サイズと抱卵数との間には有意な正の相関関係が見られたが、回帰式を産卵直後の胚と孵化直前の胚で比較したところ、抱卵期間中に有意な胚の脱落が起こることが示唆された。本種の成長について、パラメーター数の異なる複数の成長式の当てはめを行い、赤池の情報量規準 (AIC) により適合度の比較を行ったところ、成長率の季節変動を加味してvon Bertalanffy式を拡張したPauly and Gaschütz式が採用された。すなわち、本種の成長率は経年変化の他に、12~2月に低く3~5月に高いという季節変動が加わることがわかった。また、得られた成長式を雌雄で比較したところ、雌のほうが有意に成長率が良いことがわかった。雌雄ともに寿命は約18ヵ月と推定され、本種は生後1年で繁殖に加わるものの、生涯に1度しか繁殖期を経験しない種であることがわかった。

上記のように、皆無に等しかったイズミエビの資源生物学的特性のいくつかを本研究により明らかにすることができた。したがって審査委員一同は、本論文を博士 (水産学) の学位論文として十分に価値のあるものと判定した。

最終試験結果の要旨	
学位申請者氏名	Ferdous Ahamed
審査委員	主査 鹿児島 大学 教授 大富 潤
	副査 鹿児島 大学 教授 増田育司
	副査 鹿児島 大学 教授 西 隆一郎
	副査 鹿児島 大学 教授 杉元康志
	副査 鹿児島 大学 教授 ミゲル・フェデリコ・バスケス・アーチデイル
審査協力者	
実施年月日	平成 25 年 1 月 22 日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) (口答) 筆答	
<p>主査及び副査は平成25年1月22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かつ十分な学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者 氏名	Ferdous Ahamed
<p>[質問 1]: 体サイズと抱卵数などの関係を表した図で両対数軸を用いているのはなぜか。</p> <p>[回答 1]: 頭胸甲長と抱卵数は3次の関係が認められるので、このような軸の設定にした。</p> <p>[質問 2]: 対数軸の目盛りが等間隔になっているので、間違いがないかどうか確認した方が良いのではないか。</p> <p>[回答 2]: 慎重に確認する。</p> <p>[質問 3]: 質問 1 と関連するが、x 軸における頭胸甲長の範囲はどのくらいか。0.1~100 等と小さい数字から大きい数字まで含む場合には対数軸の利用は効果的であるが、そうでなければ対数軸を使わないオプションも考えるべきではないか。</p> <p>[回答 3]: 図では十分に頭胸甲長の範囲が広いため、対数軸を使うべきと考えた。</p> <p>[質問 4]: 鹿児島湾のイズミエビは1つの個体群なのか。それとも場所（定点）ごとに個体群が異なるのか。</p> <p>[回答 4]: 湾内は単一の個体群だと考えている。主産卵場が湾奥部にあるため、産卵期に湾中央部から湾奥部への移動がみられると考えているが、今後詳細な検討が必要である。</p> <p>[質問 5]: 桜島周辺の定点に棲息数が多いのは潮流に関係しているのか。また、移動に際して地形的に桜島が邪魔をしていることはないか。</p> <p>[回答 5]: このことを裏付けるような詳細な情報やデータは得ていないが、浮遊幼生期の分散も含め、今後検討したい。</p> <p>[質問 6]: イズミエビの体サイズや成長率は、湾内の場所（定点）により異なるのか。</p> <p>[回答 6]: 成長式は湾内を1つの個体群として求めたが、体サイズ組成等は定点間で大きな違いはなかった。</p> <p>[質問 7]: 成熟や成長は良く議論されていると思うが、分布調査に関しては8つの定点では少なすぎて、分布の特性をとらえきれないという懸念はないか。</p> <p>[回答 7]: 海底地形や海洋環境、水深などを考慮して8つの定点を設定している。漁業との兼ね合いで多くの定点を設けることができなかつたが、広範囲を網羅しているので分布の特性を把握できると考えている。</p> <p>[質問 8]: 定点 6 や 8 など湾口部の浅場ではイズミエビが獲れていないが、湾中央部や湾奥部でも定点が設置されていない水深の浅い場所には本当に棲息していないのだろうか。</p> <p>[回答 8]: 上記の定点で採集されなかつたのでそう考えているが、定点がないので何ともいえない。今後機会があったら調べてみたい。</p> <p>[質問 9]: 3 つの成長式の比較を AIC（赤池の情報量規準）で行っているが、なぜ低い値の方が良いといえるのか。</p> <p>[回答 9]: AIC などの情報量規準ではデータの持つ情報量を表す対数尤度関数にマイナ</p>	

スを付けた値をベースにしているため、値が小さいほど良いモデルになる。なお、決定係数など他の基準も用いられるが、今回は標本数が3つの成長式で等しいため、AICなどの情報量規準を使用する方が適切だと考えた。

[質問 10]: 定点 6 と 8 ではイズミエビが全く獲れていないが、これは堆積物のタイプが異なるからかもしれない。これらの定点での水流（潮流）の効果は認められたのか。

[回答 10]: 定点 6、8 で水の流れは連続的ではなく季節的なため、水流（潮流）の効果を示す確証は得られていない。

[質問 11]: 3 つの成長式の比較では、Pauly and Gaschuütz による季節変動を取り入れた曲線（PG 式）を候補に入れているが、この成長式はマグロなどの浮魚類や鯨などの哺乳類ではそれほど一般的でない。PG 式はイズミエビも含めエビやカニなどの甲殻類で多く用いられているのか。広く利用されている場合は、どのような理由によるのか。

[回答 11]: PG 式は甲殻類では使用されている。マグロや鯨などでは年単位で成長を計測するが、エビ類などでは月単位で検討することが主な理由である。

[質問 12]: 雌雄とも PG 式が AIC により選択された。成長曲線の季節変動の重要性が示された訳だが、季節変動が有意に作用する理由は何か。

[回答 12]: 甲殻類の特有の脱皮頻度の違いによる。その頻度は一般的には生殖周期や餌環境に左右されると思われる。他種では生殖周期との明確な関連性が見出されているが、本種は短命なため解釈が難しかった。

[質問 13]: 3 つの成長式の比較では AIC を用いたが、使用する情報量規準により選択結果が変わる可能性もある。BIC（ベイズ型情報量規準）など他の規準により比較してみたらどうか。

[回答 13]: これらのことは十分認識している。AIC はパラメーター数が多いモデルほど低い値になる傾向がありそうなので、今後検討したい。

[質問 14]: 成熟を調べるのに雌のデータのみ使用しているが、なぜ雄のデータを用いなかったのか。

[回答 14]: 雌の解析がまずは重要と考えた。雄については雄性突起の相対成長を検討して変調点を得ており、二次性徴ではないかと思われるが、機能的成熟については今後の課題である。

[質問 15]: 成熟に関する研究は定点 3 のサンプルのみを利用していたが、抱卵個体が最も多かった定点 1 のサンプルを使わなかったのはなぜか。

[回答 15]: 分布の解析の結果、抱卵個体は湾奥部で最も多かったが、水道部の定点 3 でも多かった。通年本種の分布量が多い定点 3 で曳網を行うこととした。

[質問 16]: 産卵頻度の推定が今後必要とのことだが、どのような計画・アイデアを持っているのか。

[回答 16]: 可能なら、飼育実験を行いたいと考えている。

[質問 17]: 近年、CPUE が減少しているのはなぜか。

[回答 17]: 以下の 3 つの可能性が考えられる。1. イズミエビの餌となる生物の減少ともない、CPUE も減少した。2. 被捕食が増えたために CPUE が減少した。3. 競合種との相互関係により CPUE が減少した。今後慎重に検討したい。