

学 位 論 文 要 旨

氏 名

バーナード ムルア フランダ

題 目

鹿児島湾産魚介類の現存量の推定とトロフィック解析
(Biomass estimation and trophic analysis of fish and shellfish in Kagoshima Bay, southern Japan)

鹿児島湾は半閉鎖的な内湾でありながら最大水深が 230mを超える特異的な地形を有する海域である。本研究は、同湾のような深海域における多魚種混獲漁業の適正な管理手法の構築のための現存量推定法の確立と対象魚種の生態学的知見を得ることを目的とした。まずは試験底曳網により同湾における魚介類の現存量の推定を行い、次に各魚種の筋肉および海底の泥標本を用いた炭素と窒素の安定同位体比の測定値から食物源、すなわち栄養段階の推定を試み、トロフィック解析を行った。

試験底曳網調査は鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸を用いて行った。湾内を8つの水域に区分し、各水域内に定点を設け、簡易型トロールネットによる採集を行った。深海域の底曳網ではネットの着底期間の把握が困難であるが研究が皆無に等しいため、本研究ではまず設定曳網時間を10分および20分とし、ネットに装着した小型メモリー深度計の計測値とソナーの水深計測値からネットの着底期間を確認して設定曳網時間と有効曳網時間を比較した。その結果、両者には有意差が認められ、短時間曳網(10分)でより差が大きいことがわかったため、この差を考慮した上でネットの有効掃過面積を求めた。各回の曳網では魚類、甲殻類、軟体類を対象に採集された魚種の同定を行って個体数と重量を記録し、単位面積当たりの密度(CPUE)を求めた。一部の個体は炭素と窒素の安定同位体比の測定のため筋肉部分を乾燥させた後に粉碎した。さらに、各定点においてG.S.型表層採泥器を用いて海底の泥も採集した。

本研究では175種の魚類、124種の甲殻類、41種の軟体類が同定できた。優占種の一つであるキュウシュウヒゲ(ソコダラ科)の採集結果をもとに設定曳網時間と有効曳網時間を用いた場合のCPUEおよび現存量の推定値を比較したところ、平均で50%以上の誤差が認められた。また、設定曳網時間10分での値は20分の推定値の約3倍に達した。試験底曳網においてこの誤差は無視できるものではないため、深海域の現存量推定には有効曳網時間の測定が必須であることを本研究で提唱した。本研究で確立した有効曳網時間を用いた試験底曳網で鹿児島湾内の魚介類群集の現存量を推定したところ、湾奥部、湾中央部、湾口部でそれぞれ優占種は異なるものの、時空間的にかなり安定した種組成を示した。最後に各魚種の筋肉中の炭素、窒素の安定同位体比の測定結果をもとにトロフィック解析を行ったところ、12のクラスターに分かれた。栄養段階で見ると、魚類、甲殻類の各魚種はそれぞれ4段階と3段階にグルーピングできた。上記のように、本研究では特に深海域における水産資源の現存量推定法の提案、および多魚種混獲漁業の適正な管理に必要な対象魚種のいくつかの生態学的知見を得ることができた。

学 位 論 文 要 旨	
氏 名	Bernerd Mulwa Fulanda
題 目	Biomass estimation and trophic analysis of fish and shellfish in Kagoshima Bay, southern Japan (鹿児島湾産魚介類の現存量の推定とトロフィック解析)
<p>Kagoshima Bay, southern Japan, is a deeper-water semi-enclosed bay with a maximum water depth over 230 m. The present study aimed to conduct biomass estimation and trophic analysis of fish and shellfish in Kagoshima Bay, southern Japan for sustainable fisheries management.</p> <p>Sampling was conducted during 2003-2011 onboard the <i>Nansei Maru</i>, a training vessel of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University, at 8 pre-established strata. Samples were collected using a simple trawl net with a compact temperature-depth (Compact-TD) logger attached to the headrope. The net was towed for 10 or 20 min. preset tow durations and effective tow durations determined by plotting the Compact-TD logger and echo-sounder data against tow time. All hauls were sorted and total numbers and weights of each species recorded. Swept areas were calculated using the method by Saville (1977). Species density was expressed as catch in numbers (or weight) per unit of swept area. Strata areas were estimated in ArcGIS 9.2 (ESRI) and stratum biomass extrapolated from species density. The effect of tow duration on CPUE and biomass estimation was assessed on <i>Coelorinchus jordani</i> (Macrouridae), a dominant fish species in the bay. Bottom sediments were sampled using a G.S. type core sampler (Rigo). Stable C and N isotope analysis for fish, crustaceans and sediments was conducted for inference of trophic relations in the bay. Isotopic analysis was conducted using a coupled isotope ratio analyzer (EA ConFlo IV, GC analyzer and Delta-V Advantage, Thermo Scientific) at the Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Japan.</p> <p>A total of 175 species of fish, 124 species of crustaceans and 41 species of molluscs were identified in this study. The CPUE and biomass of <i>C. jordani</i> were estimated. Effective tow durations varied and were, on average, > 50% longer than presets. CPUE and biomass estimations were significantly influenced by tow duration. Estimations from the 10 min. estimations were about three times higher than 20-min values. The size of the trawl catch also influenced the estimations for the rest of the species. Therefore, both tow duration and haul size cannot be ignored in CPUE and biomass estimations for multi-species fisheries. Notwithstanding, computation of effective tow durations using Compact-TD and ship's echo-sounder data presents a simple corrective approach to the inadvertent estimations of tow duration, swept area and species biomass. Secondly, the number of species in the fish and shellfish assemblages in the bay was highly stable with dominance of <i>Amblychaeturichthys sciiistius</i> (Gobiidae), <i>Plesionika semilaevis</i> (Pandalidae) in Central basin, <i>C. jordani</i>, <i>Trachysalambria curvirostris</i> (Penaeidae) and <i>Octopus vulgaris</i> (Octopodidae) in Bay head and Channel area, and <i>Squatina nebulosa</i> (Squatidae) and <i>Metapenaeopsis provocatoria owstoni</i> (Penaeidae) in Bay mouth. The assemblages closely relate to bathymetric features such as water depth and sediment type. Mean $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ isotope ratios in fish were $-17.7\pm 0.4\text{‰}$ and $11.9\pm 0.5\text{‰}$; shellfish: $-14.1\pm 0.5\text{‰}$ and $8.0\pm 0.8\text{‰}$ and sediments: $-22.2\pm 0.6\text{‰}$ and $6.6\pm 0.5\text{‰}$, respectively. Variations of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ with body size were noted suggesting possible ontogenic dietary shifts. Trophic analysis revealed 12 clusters. The fish and crustacean species in the bay fall into 4 and 3 trophic levels (T_2-T_5), respectively. The results of this study present a quick assessment of the fish and shellfish stock in multi-species fisheries of a deep-water Kagoshima Bay and modelling of trophic relationships in the bay clearly link current research to fisheries management for the sustainable utilization of the marine and fisheries resources.</p>	

学位論文審査結果の要旨	
学位申請者 氏 名	Bernerd Mulwa Fulanda
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 不破 茂
	副査 鹿児島 大学 教授 杉元康志
審査協力者	
題 目	Biomass estimation and trophic analysis of fish and shellfish in Kagoshima Bay, southern Japan (鹿児島湾産魚介類の現存量の推定とトロフィック解析)
<p>鹿児島湾は半閉鎖的な内湾でありながら最大水深が230mを超える特異的な地形を有する海域である。本研究は、同湾のような深海域における多魚種混獲漁業の適正な管理手法の構築のための現存量推定法の確立と対象魚種の生態学的知見を得ることを目的とした。まずは試験底曳網により同湾における魚介類の現存量の推定を行い、次に各魚種の筋肉および海底の泥標本を用いた炭素と窒素の安定同位体比の測定値から食物源、すなわち栄養段階の推定を試み、トロフィック解析を行った。</p> <p>試験底曳網調査は鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸を用いて行った。湾内を8つの水域に区分し、各水域内に定点を設け、簡易型トロールネットによる採集を行った。深海域の底曳網ではネットの着底期間の把握が困難であるが研究が皆無に等しいため、本研究ではまず設定曳網時間を10分および20分とし、ネットに装着した小型メモリー深度計の計測値とソナーの水深計測値からネットの着底期間を確認して設定曳網時間と有効曳網時間を比較した。その結果、両者には有意</p>	

差が認められ、短時間曳網（10分）でより差が大きいことがわかったため、この差を考慮した上でネットの有効掃過面積を求めた。各回の曳網では魚類、甲殻類、軟体類を対象に採集された魚種の同定を行って個体数と重量を記録し、単位面積当たりの密度（CPUE）を求めた。一部の個体は炭素と窒素の安定同位体比の測定のため筋肉部分を乾燥させた後に粉砕した。さらに、各定点においてG.S.型表層採泥器を用いて海底の泥も採集した。

本研究では、少なくとも172種の魚類、124種の甲殻類、41種の軟体類が出現した。優占種の一つであるキュウシュウヒゲ（ソコダラ科）の採集結果をもとに設定曳網時間と有効曳網時間を用いた場合のCPUEおよび現存量の推定値を比較したところ、平均で50%以上の誤差が認められた。また、設定曳網時間10分での値は20分の推定値の約3倍に達した。試験底曳網においてこの誤差は無視できるものではないため、深海域の現存量推定には有効曳網時間の測定が必須であることを本研究で提唱した。本研究で確立した有効曳網時間を用いた試験底曳網で鹿児島湾内の魚介類群集の現存量を推定したところ、湾奥部、湾中央部、湾口部でそれぞれ優占種は異なるものの、時空間的にかなり安定した種組成を示した。最後に各魚種の筋肉中の炭素、窒素の安定同位体比の測定結果をもとにトロフィック解析を行ったところ、12のクラスターに分かれた。栄養段階で見ると、魚類、甲殻類の各魚種はそれぞれ4段階と3段階にグルーピングできた。

上記のように、本研究では特に深海域における水産資源の現存量推定法の提案、および多魚種混獲漁業の適正な管理に必要な対象魚種のいくつかの生態学的知見を得ることができた。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	Bernerd Mulwa Fulanda
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 不破 茂
	副査 鹿児島 大学 教授 杉元康志
審査協力者	
実施年月日	平成 24年 1月 16日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。)	
<input checked="" type="radio"/> 口答 <input type="radio"/> 筆答	
<p>主査及び副査は平成24年1月16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

Bernerd Mulwa Fulanda

〔質問 1〕 CPUE において、設定曳網時間による推定値と有効曳網時間による推定値に差が出るのはなぜか。

〔回答 1〕 理論的には両者は一致するはずだが、船のブリッジでの曳網開始時刻と曳網終了時刻がある一方で、デッキでの投網、揚網作業に時間がかかる。そのため差が生じると思われる。

〔質問 2〕 水温や塩分等の物理化学的環境要因と CPUE との間に何か関係はあるか。

〔回答 2〕 本研究では、水温の季節変動の大きい水深の浅い定点においても、両者の間に明確な関係は見られなかった。

〔質問 3〕 各魚種の vulnerability は流れの影響を受けると考えてよいのか。

〔回答 3〕 それは一因になると思われる。魚種の行動や漁具の動きは底層の流れの影響を受けるであろうし、曳網速度等も変わる可能性がある。

〔質問 4〕 トロフィック解析の結果は将来の漁業管理にどのような役に立つのか。

〔回答 4〕 将来的には、商業漁業の漁獲量データの解析と合わせて、鹿児島湾における持続的な漁業管理のための生態系モデルを構築したいと考えている。

〔質問 5〕 本研究では漁具能率は一定として解析されているが、将来的に魚種ごとの漁具能率の推定方法について何か考えはあるか。

〔回答 5〕 異なる 2 つの網を用いた実験で比較するか、遠隔操作無人探査機 (ROV) を用いて直接観察する方法があるかもしれないが、非常に難しいことだと思う。

〔質問 6〕 プランクトンの現存量に関するデータはあるか。

〔回答 6〕 現時点ではないが、将来的に基礎生産量やプランクトンの現存量等のデータは必要である。

〔質問 7〕 湾内では大隅半島側で現存量が低い傾向にあるが、物理学的な要因との関連はあるか。

〔回答 7〕 現段階では詳細な考察はできないが、底質粒度との関係はありそうだ。その他、流れや栄養塩濃度などとも関連がありそうだ。

〔質問 8〕 魚類が採集されなかった定点を解析から除いたとのことだが、その割合は高くないのか。

〔回答 8〕 計算上、zero-catch が大きな偏りを生み出すと考えられる定点 (St. 8) のみを除外した。

〔質問 9〕 クラスタ分析と主成分分析の重要性は何か。

〔回答 9〕 魚類群集の区分と鹿児島湾における key species を決めるために重要な解析であり、本研究でも用いた。

〔質問 10〕 定点間だけではなく、種間でもクラスタ分析を行ってはどうか。

〔回答 10〕 種間でも行ったが、解釈が難しく明確な結論が得られなかったため、ここでは省いた。

〔質問 11〕 底泥の炭素安定同位体比が何種かの甲殻類のそれよりも高い値となっているが、それはなぜか。

〔回答 11〕 湾奥の一部の定点で見られたが、解釈は難しい。湾奥海底での火山活動が関係しているのかもしれないが、詳細については検討を要する。

〔質問 12〕 設定曳網時間 20 分の場合は 10 分の場合よりも現存量の推定値が過小評価されたと考えてよいのか。

〔回答 12〕 現存量推定誤差は 10 分間のほうが大きかった。さらに、より水深の深い定点でも誤差が大きかった。

〔質問 13〕 鹿児島湾は他の海域に比べて魚類現存量が高いのか。また、それを裏づける漁獲量データ等の資料はあるか。

〔回答 13〕 本研究は漁業とは独立した試験底曳網調査により推定を行った。他の海域も含め、データはないので比較は難しい。