

2008. 6

特集号



(題字：相良祐輔学長)

# 国立大学法人 高知大学学報

## 高知大学学位授与記録第二十三号

総務課広報室発行

本学は、次の者に博士（学術）の学位を授与したので、高知大学学位規則第15条に基づき、その論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

## 目 次

学位記番号	氏名	学位論文の題目	ページ
甲黒博第 4 号	KANAK SAHARIA	Exploring the role of microfinance in building social capital among female microfinance members in rural Bangladesh	1
甲黒博第 5 号	浅間 穂高	寄生性甲殻類オオシロピンノの生態および形態変異に関する研究	4
甲黒博第 6 号	KESHAVMURTHY SHASHANK VISHWANATH	Ecological studies on the influence of microorganisms on coral physiology 「サンゴの生理に対する微生物群集の影響に関する生態学的研究」	7
乙黒博第 1 号	吉富 文司	Study on the multi-dimensional utilization of marine biomass resources: Antarctic krill ( <i>Euphausia superba</i> Dana) 海洋バイオマス資源 (ナンキョクオキアミ) の多次元利用の研究	10
乙黒博第 2 号	BIDYUT RANJAN MOHAPATRA	ECOPHYSIOLOGICAL STUDIES ON THE GRAZING BEHAVIOR OF MARINE HETEROTROPHIC NANOFLAGELLATES (海洋性従属栄養微小鞭毛虫の摂餌に関する生理・生態学的研究)	13

ふりがな	このく さはりあ
氏名 (本籍)	KANAK SAHARIA (バングラデシュ)
学位の種類	博士 (学術)
学位記番号	甲黒博第4号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	平成19年9月20日
学位論文題目	Exploring the role of microfinance in building social capital among female microfinance members in rural Bangladesh
発表誌名	(1)Kanak, S. and Iiguni, Y. 2005. The role of social capital in endogenous development Journal of rural problems, Vol.41, No.1. (2)Kanak, S., Iiguni, Y. and Morooka, Y. Microfinance's role in building trust as social capital in rural Bangladesh. Submitted to The Journal of the Association for Regional Agricultural Development Studies. (3)Kanak, S., and Iiguni, Y. Microfinance programs and social capital formation: the present scenario in a rural village of Bangladesh. Submitted to The International Journal of Applied Economics and Finance".
	審査委員 主査 教授 飯國 芳明 副査 教授 諸岡 慶昇 副査 教授 山岡 耕作 副査 准教授 新保 輝幸

論文の内容の要旨

I have been involved with research on role of microfinance in building social capital among female microfinance members in rural Bangladesh. I have conceptualized the linkage between microfinance, social capital and endogenous development which are essential tools of socio-economic development in least-developed countries.

The first empirical research on role of microfinance in building trust revealed that households involved with microfinance have significantly higher trust than those not involved with microfinance on following groups of people: (1) people from the community; (2) friends; (3) people from different village organizations; and (4) non-governmental organization (NGO) workers. Thus, involvement with microfinance created higher 'bridging social capital' and some 'linking social capital' among the involved households. Although microfinance could enhance the participants' 'linking social capital' to some extent, but it is not enough to effectively link the rural poor to the government institutions. Although government has the responsibility to make effective linkage with rural people to enhance development and poverty alleviation through bottom up approach, government institutions failed to do it due to impaired governance. My research revealed that the government as well as non-governmental organizations should take effective policies to link the rural poor to the upper tier of the social structure for incorporating them in development activities which are indispensable for the overall socioeconomic development of Bangladesh.

## 論文の内容の要旨

Another empirical research on role of microfinance in building networks primarily revealed that females involved with microfinance have significantly higher networks than those not involved with microfinance.

In rural areas of Bangladesh, 'purdah' - the Muslim norm and patriarchal system remain the major constraints for involvement of women in development process for long time. But microfinance creates the opportunity for women empowerment and emancipating them from 'purdah' by building social capital. Thus, a vital role of microfinance has been recognized, which was unexplored before my study.

## 論文審査の結果の要旨

ユヌス教授のノーベル賞受賞で一躍有名になったマイクロファイナンスは、90年代から社会科学の重要な概念となった社会関係資本と密接な関係があると考えられてきた。しかし、マイクロファイナンスと社会関係資本の関係は理論的に指摘されてきたものの、実証的な研究は質的な分析にとどまり、数値データを伴った本格的な分析は皆無といえる。そこで、申請者はバングラデシュのManikgonj 地区 Chandair 村において4回にわたるフィールドワークを通じて、マイクロファイナンスへの参加による信頼や人的なネットワークといった社会関係資本の形成が加速されているか否かを検討している。同村はイスラム教徒の村であり、女性差別が明瞭に観察される。論文では、フィールドの概要、マイクロファイナンスの展開、および、社会関係資本の形成に関する情報を悉皆調査によって収集し、データベースを作成するとともに、これに基づいたマイクロファイナンスと社会関係資本の因果関係の統計的な解析を試みている。

分析の結果からは以下の点が明らかにされた。1)信頼形成の分析：マイクロファイナンスによって、家族や血縁を軸とした bonding 型の社会関係資本だけでなく、他グループとの繋がりを示す bridging 型 および異なった階層のグループとの結びつきを示す linking 型の社会関係資本といった新たな信頼の形成が促進されている。しかし、その形成はもっぱら bridging 段階にあり、linking 型の社会関係資本は萌芽段階に留まっていることが明らかにされた。2)人的なネットワークの静的分析：この分析では、まず、Chandair 村内の主要な職業とその職業威信スコアを確定した上で N. Lin の手法に則って人的ネットワークの指標 (Social capital index) を作成した。マイクロファイナンスへの参加者と不参加者の間では、この index に有意な差異があり、マイクロファイナンスが人的ネットワークのレベルを引き上げる点が明らかになった。3)人的ネットワークの動的な分析：申請者は人的ネットワークの形成を動的に把握するための手法を開発し、人的ネットワーク形成の過程が参加者—不参加者で著しく異なる点を検出した。また、人的ネットワーク指標の回帰分析からは、人的ネットワークが年齢に応じて拡大する速度は非参加の方が大きい、参加時の人的ネットワークの拡大が一気に行われるため、結果として参加者の人的ネットワークが非参加者のそれを大きく凌ぐプロセスが明らかになった。さらに、Chandair 村の中から10名のインフォーマントが抽出され、5名のマイクロファイナンス参加者と5名の不参加者の人的ネットワーク形成の差異が個人的な視点から明らかにされている。

一連の研究は、いまや世界的な広がりを見せるマイクロファイナンスを社会関係資本という新しい視点から根拠づけるものであり、その活動成果を普遍化するものとして注目される。また、マイクロファイナンスへの参加が社会関係資本の形成を通して、イスラム社会の女性を家庭内に閉じ込める「パルダ」と呼ばれる規律から解放する可能性を実証的に明らかにした点でも研究成果の意義は大きく、学位の授与に値すると判断された。

ふりがな	あさま ほだか
氏名（本籍）	浅間 穂高（栃木県）
学位の種類	博士（学術）
学位記番号	甲黒博第5号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	平成20年3月24日
学位論文題目	寄生性甲殻類オオシロピンノの生態および形態変異に関する研究
発表誌名	Life history of the pea crab, <i>Pinnothera sinensis</i> , in term of infestation in the bivalve mollusk, <i>Septifer virgatus</i> . Hodaka Asama and Kosaku Yamaoka. Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom.
	審査委員 主査 教授 山岡 耕作 副査 教授 高橋 正征 副査 教授 木下 泉

#### 論文の内容の要旨

シロピンノ属は小型の十脚類で、様々な無脊椎動物と共生もしくは寄生関係を持つ。本属は宿主として複数の生物を選択する場合が多く、本研究の対象であるオオシロピンノも同様の生態を有する。しかし、複数の宿主に関する研究例は乏しく、比較研究は皆無である。また近年、宿主がシロピンノ属の形態に影響を与える事が報告された(Kane and Farley, 2006)。しかし、個体数や調査期間の問題から彼らの研究は厳密性に欠ける。本研究では、宿主の種類、宿主のサイズ、および生息地の状況等の条件が、寄生性甲殻類の形態および生態に与える影響について解明する事を目的とした。

まず、同所的に生息するイガイ科の宿主3種を用い、オオシロピンノの生態の比較を行った。特にその中の2種は、我が国への移入時期が40年程異なる外来種であり、寄生生物と宿主の共進化の過程を推測する事を目的とした。寄生が確認された宿主2種において、メスの形態においてのみ有意差が認められたが、類似した生活史を有している事が明らかとなった。新しい移入種であるミドリイガイにカニは寄生しないこともわかった。ミドリイガイは原産地ではシロピンノ属によって利用されており(Jose and Deepthi, 2006)、将来利用される可能性がある。

次に、調査地点を変え、形態の異なる種を含めた複数の宿主を用い、オオシロピンノの生態および形態の比較を行い、環境の変動の影響を調査した。その結果、宿主の形態は生活史に影響を与えないが、大型の宿主は大型のカニを収容している事が明らかとなった。また、カニは宿主を選択し、イガイ科が最も好まれた。しかし、岡山県では、他の調査地では寄生率は低い値を示すカリガネエガイにおいて寄生率100%を示した。この原因は不明であるが、カニが種レベルでの選択性を有している事を示すものと考えられる。

採集地点の異なる同じ宿主についても比較し、カニの形態変化の原因が宿主由来か、環境由来かを調査した。生息地によって形態に有意差が認められた宿主では、カニにおいても差が認められた。一方、形態が変化しない宿主の場合、カニの甲幅に変化が見られなかった。従って、カニの甲幅への影響は、宿主の形態による部分が大いことが判明した。

形態の変化について、遺伝的変異の可能性を調査した。本属は化学受容によって宿主を選択し、中には特定の宿主にしか反応しないことが報告されている(Stevens, 1990)。この

## 論文の内容の要旨

ことから、宿主集団毎に遺伝的な差異を生じている可能性がある。本研究では、mt DNA 多系解析、およびアイソザイムによる解析を行った。宿主 4 種から得られた形態の異なるオカニを比較したが、アイソザイム解析では明瞭な差異は認められなかった。また、Harrison (2004) の mt DNA 多系解析は適用できないことが明らかとなった。アイソザイム解析から、本種は宿主毎に形態は異なるが、集団としては宿主毎には独立していない事が考えられる。

## 論文審査の結果の要旨

浅間穂高市の論文は、寄生性甲殻類のオオシロピンノの天然域での生態的、形態的側面を、地理的な要素と多様な宿主の要素を取り込みながら纏めたものである。その内容を要約すると以下のようになる。

第一章：イガイ科宿主3種におけるオオシロピンノの生活し及び形態を比較した。最大であり新しい移入種のみドリイガイへの寄生は見られなかった。生活史における差異は種間では認められなかった。カニはメスのみサイズに差が見られ、大型の宿主ではカニも大型であった。

第二章：形態の異なる宿主4種を定量採集し、オオシロピンノの生活史及び形態を調査した。宿主間でカニの生活史に変化は認められなかった。ムラサキイガイとマガキに寄生していたカニは、ムラサキイガイに寄生していたものよりも大型であった。

第三章：オオシロピンノの形態変化には、宿主サイズが最も影響を与え、食物量は宿主サイズに影響を与えることにより間接的にカニの甲幅に関係することが明らかとなった。

第四章：愛媛県津島町で同一地点に生息する4科6種の二枚貝に寄生するオオシロピンノを、宿主毎に雌雄各約10個体採集し、形態比較を行った。宿主サイズ以外にも宿主の濾過量がカニの甲幅に影響を与えることが半明した。

第五章：岡山県浅口郡寄島町で3科4種の二枚貝に寄生するオオシロピンノについて調査し、カリガネエガイで寄生率が100%であり、採集された189個体のカニのうち、雄は1個体のみという特殊な例が観察された。

第六章：アロザイム酵素多系分析の結果、宿主間でのオオシロピンノに遺伝的差異は認められなかった。またこれまでに行われている mtDNA-RFLP 解析はオオシロピンノには適用できないことが半明した。

上記の様に、野外における生態学的研究に積極的に取り組み、愛媛県と熊本県に主要な調査地を設定した。単独で頻りに調査に赴き、オオシロピンノの生態及び形態に関する多くの貴重な新しい知見を得、その内容を連合王国の国際雑誌に投稿・受理されていることは、浅間氏の野外研究者としてのセンスの良さと能力の高さを示すものである。

平成20年1月30日に開催された公開審査会でも発表を行い、その際の質問へも適切に対応することができた。

これらのことより、本論文は博士論文としてその水準に十分達していると判断できる。



ふりがな	けしやむてい しやしやく びしやわなす
氏名(本籍)	KESHAVMURTHY SHASHANK VISHWANATH (インド)
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	甲黒博第6号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	平成20年3月24日
学位論文題目	Ecological studies on the influence of microorganisms on coral physiology 「サンゴの生理に対する微生物群集の影響に関する生態学的研究」
発表誌名	Keshavmurthy S, Fukami K, Nakao E (2007) Algicidal bacteria in a high-latitude coral community and their effect on zooxanthellae ( <i>Symbiodinium</i> spp.) isolated from the coral <i>Acropora formosa</i> . <i>Galaxea-JCRS17:1-9</i> .(in press)
	審査委員 主査 教授 深見 公雄 副査 准教授 大島 俊一郎 副査 准教授 大谷 和弘

#### 論文の内容の要旨

**Introduction:** Coral reefs around the world are facing threat due to increase in the anthropogenic and natural stressors resulting in increased incidences of coral bleaching and diseases. Coral bleaching results in loss/expulsion of its symbiotic partner, zooxanthellae. In the recent years, bleaching as a result of influence of microorganisms has been reported in many coral reefs around the world. This work looks at such bacteria in a high-latitude non-reefal coral community and their effect on coral and zooxanthellae. It also looks at the interaction between such bacteria and coral mucus.

**Material and Methods:** All the work was carried out on the coral species present in Nishidomari, Otsuki, Kochi Prefecture. Two most abundant coral species were selected; *Acropora formosa* and *A. hyacinthus*. Studies carried out involved in; observation of coral physiology in-situ, seasonal distribution of bacteria in seawater, and in coral mucus and tissue, seasonal distribution of zooxanthellae killing (algicidal) bacteria and their effect on zooxanthellae cells and coral host, and finally influence of mucus on algicidal bacteria. Zooxanthellae abundance, pigment concentrations, zooxanthellae clade analysis were also carried out using standard protocols. Abundance and isolation of zooxanthellae killing bacteria was carried out using the 48-well assay plate technique. Tank experiments were carried out to observe the effect of zooxanthellae killing bacteria and ciliate.

**Results and discussion:** The main result of this study is the presence of algicidal bacteria even in oligotrophic coral inhabited seawater. This study also showed that the coral physiology in terms of zooxanthellae abundance followed a seasonal pattern and corals seemed to be healthy in summer when compared to that in winter. The bacterial abundance in the seawater, coral mucus and tissue and presence of algicidal bacteria in seawater also showed a seasonal variation and was high in summer months. Some of bacterial strains isolated and used to check for their effect on the zooxanthellae cells exhibited strong algicidal activity in which zooxanthellae cells were either degraded or lysed. Corals kept in the tank under the temperature stress and inoculated with a strain of algicidal bacteria showed partial bleaching and observation of zooxanthellae cells showed degradation with reduced zooxanthellae abundance and pigment concentration. Some strains of ciliate also influenced coral health and lysed the coral tissue and degrading the zooxanthellae cells.

## 論文の内容の要旨

From this study, it is concluded that the bacterial assemblages such as algicidal bacteria and ciliates that are present in the coral reefs may show opportunistic pathogenic activity towards a coral under stress. This also shows that coral bleaching is not always/due to temperature stress and that the microorganisms might be playing an important role in the bleaching process.

## 論文審査の結果の要旨

サンゴ礁は貧栄養な熱帯・亜熱帯海域において、豊かな生産性と生物多様性を誇る貴重な生態系である。しかしながら近年、富栄養化のような環境悪化、地球温暖化、あるいは様々な生物による食害等により、世界のサンゴ礁は衰退の一途をたどっている。特にサンゴの白化や疾病は大きな問題となっており、その原因究明と対策は緊急の課題である。最近になって、サンゴの白化や疾病には細菌類の関与が指摘されているものの、まだまだその知見は稀少である。そこで本研究では、サンゴの白化に対する環境微生物の影響について、現場観察および室内実験により明らかにしようとした。

まず、高知県大月町のサンゴ群生海域において、サンゴの共生藻である褐虫藻の増殖を著しく阻害あるいは殺滅する細菌（以下、殺藻細菌）がごく普遍的に生息していることを初めて明らかにした。貧栄養なサンゴ群生海域においても、内湾と同様に殺藻細菌が生息していることを世界で初めて報告したことは特筆すべき点である。

そこで実際にそのような細菌が褐虫藻の増殖に対してどのような影響を及ぼすのかを室内実験で明らかにしようとした。褐虫藻殺滅活性のあった海水中から殺藻細菌の分離を試みたところ、極めて強い殺滅活性を保有する細菌が全部で 20 株分離された。これらを、予め準備した褐虫藻の細胞懸濁液に添加して培養し、その影響を観察したところ、108 時間の培養期間中におよそ 70-80% の褐虫藻が死滅または著しく細胞損傷を受けること、その影響は高水温条件下のストレスを受けているサンゴ群生体でより顕著なこと、また現場のサンゴから新しく分離した褐虫藻に対しては影響が大きいにもかかわらず市販の標準株に対してはそれほど殺滅効果が見られない等の結果が得られた。

サンゴの白化は、共生藻が何らかの原因でサンゴ体内から離脱し、いずれはサンゴ自身も死滅する現象であるが、このようにサンゴ群生海域に生息する殺藻細菌がサンゴの体内に共生する褐虫藻を殺滅している可能性があることが示されたため、次に水槽の中で飼育された健康なサンゴに殺藻細菌を接種する実験を実施した。その結果、接種後 2 ないし 3 日目にはサンゴの白化が観察された。しかもその影響はサンゴの種類によって大きく異なることが明らかとなった。さらに興味深いことに、殺藻細菌は健康なサンゴの分泌する粘液でその増殖が阻害されることが明らかとなった。

以上のように本論文は、これまで水温上昇等の環境要因が主原因であると考えられてきたサンゴの白化現象に、褐虫藻殺滅細菌が大きく関与しており、しかもそれらが普遍的にサンゴ群生海域に生息していることを世界で初めて明らかにし、しかもサンゴと細菌類の相互作用がこれらの現象の根幹をなすことなどを示したことは、評価に値するものである。これらを考慮すると、本研究は博士論文に十分値するものであると、全委員一致して判定した。

り が な	よしとみ ぶんじ
氏名 (本籍)	吉富 文司 (東京都)
学位の種類	博士 (学術)
学位記番号	乙黒博第1号
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位授与年月日	平成20年3月2日
学位論文題目	Study on the multi-dimensional utilization of marine biomass resources : Antarctic krill ( <i>Euphausia superba</i> Dana)海洋バイオマス資源 (ナンキョクオキアミ) の多次元利用の研究
発表誌名	(1) Yoshitomi, B., 2004. Depletion of ascorbic acid derivatives in fish feed by the production process. <i>Fish. Sci.</i> 70, 1153-1156. (2) Yoshitomi, B., 2004. Effect of extrusion cooking temperature on the microstructure of extruded pellets. <i>Fish. Sci.</i> 70, 1157-1163. (3) Yoshitomi, B., 2005. Seasonal variation of crude digestive protease activity in Antarctic krill <i>Euphausia superba</i> . <i>Fish. Sci.</i> 71, 12-19. (4) Yoshitomi, B., Aoki, M., Oshima, S., Hata, K., 2006. Evaluation of krill ( <i>Euphausia superba</i> ) meal as a partial replacement for fish meal in rainbow trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) diets. <i>Aquaculture</i> 261, 440-446. (5) Yoshitomi, B., Aoki, M., Oshima, S., 2007. Effect of total replacement of dietary fish meal by low fluoride krill ( <i>Euphausia superba</i> ) meal on growth performance of rainbow trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) in fresh water. <i>Aquaculture in press</i> .
	審査委員 主査 教授 高橋 正征 副査 教授 川合 研児 副査 准教授 大島 俊一郎 副査 准教授 久保田 賢

### 論文の内容の要旨

21世紀には単一目的の資源利用が多く、必要以上に多くの資源を浪費し、多量の廃棄物を生み出し、その処理にも多くの資源を浪費して来た。資源要求が増大する反面、地球サイドの資源供給力が低下している現状では、必要な資源の徹底利用が不可欠である。バイオマス資源は他の資源に比較して再生速度が速いため、再生速度を考慮した利用をすることにより、持続的な利用を実現出来る。しかしながら、20世紀には、力づくで問題を解決出来る、といったスタンスが強く、持続型の資源利用は進まなかった。自然生態系の資源利用は本来、その中にいる生物に与えられた権利であり、バイオマス資源の外部にいる人類は資源利用の権利を有していない。よって、バイオマス資源を人類が利用するためには、生態系に対し、資源利用分に見合った貢献をする必要がある。

増え続ける世界人口、それに伴う食料不足は今世紀の深刻な問題である。重要な動物性タンパク質供給源である水産資源も、乱獲、環境汚染、そして気候変動により資源変動や減少が著しい。クロマグロを始め、いくつかの魚種は絶滅の危機に瀕している。しかし、海洋資源の中には未利用、低利用で、しかも膨大なバイオマスを有する種も存在する。その中でオキアミ類、特にナンキョクオキアミ (*Euphausia superba*) は人類に貢献する水産資源生物の一つで

## 論文の内容の要旨

ある。オキアミ(以下、ナンキョクオキアミをオキアミと略す)は最低でも約4,400万トンのバイオマスと報告されているが、近年の漁獲量は約13万トン/年前後に過ぎない。大部分のオキアミは船上で凍結され、レジキュー用釣り餌に消費されている。

本研究はバイオマス資源として有用なオキアミを、その資源量に配慮しながら、食料、飼料、そしてファインケミカルへの多次的利用を行うことにより、人類の持続的な反映に寄与することを目的とする。

食料としてのオキアミの利用はごく僅かである。その理由はオキアミ内臓由来の消化酵素が非常に強力で、死後、急速に自己消化が進行するため加工適性が低いことに原因がある。そこでオキアミを船上で加熱処理して、消化酵素を熱変性させ、その後、脱殻することで、不味な外殻を除去し、可食部タンパク質に良好な食感を与えることに成功した。その結果、食品素材として適性が飛躍的に増大し、従来、食用に適していなかったオキアミの食料用途の格段に拡大した。

オキアミ外殻には高濃度のフッ素が含まれていて、オキアミをそのまま魚類養殖飼料に使用した場合、飼料由来のフッ素で魚類成長が抑制されることを見いだした。そこで、オキアミに含まれるフッ素量を低下させるための製造方法を開発した。得られた低フッ素オキアミミールを飼料中の魚粉と100%代替して魚類に給餌し、その成長を観察したが、魚粉100%の飼料と全く遜色のない成長を得た。従来、魚類誘引性に優れながらも、魚類養殖飼料の主原料として多量には使用出来なかったオキアミの問題点を解決し、飼料原料として大量利用する道を開いた。

オキアミ眼球には高濃度のアスタキサンチンやビタミンAが含まれ、有用な資源であることは古くから知られていた。しかし、眼球を工業的に採取する手法がなく全く利用されていなかった。そこでその採取手法を開発し、さらに、眼球の詳細な化学成分分析を行い、有用化学物質の存在量を確認した。さらに、溶剤による脂溶性成分抽出を工夫して、食料や飼料用途以外のファインケミカル用途への道も開いた。

以上、大量の資源量で速やかな再生速度を有しながら、従来は釣り餌程度の極めて微々たる利用しかされなかったオキアミ資源を、資源利用のボトルネックになっている部分の技術開発を多面的に進めて、未利用バイオマス資源の利用方法を開発した。本研究で提案するバイオマス資源の多次元有効利用を、これからの人類の資源利用方法の中心に据え、社会の持続性強化に資することを提案する。

## 論文審査の結果の要旨

学位論文は以下の7章で構成されている。

第1章では、地下資源に多くを依存した20世紀の非再生型資源から、今後は速やかに再生型資源に切り替え、さらに多次元利用の推進の必要性を述べ、本研究ではナンキョクオキアミを対象として多次元利用を検討することが述べられている。

第2章は、対象とするナンキョクオキアミとその資源利用の経緯と現状の総説。

第3章は、ナンキョクオキアミの食料利用のための3つの課題とその解決方法の検討。課題1は、活発な酵素活性のための保存中の変質防止で、捕獲直後の70℃以上の熱処理で解決、課題2の硬くさらにフッ素含有量の多い外殻は、熱処理後の外殻取り除き処理で解決、課題3の青臭さは餌の少ない冬季のもの利用で解決。

第4章は、ナンキョクオキアミの魚養殖餌料利用のための課題とその解決方法のニジマスでの検討結果。ナンキョクオキアミ全体をすり身にして餌に混ぜると15.3%迄は問題ないが、30.1%になると成長阻害が認められ、ニジマスの脊椎のフッ素濃度が高くなっているのを確認。フッ素濃度の高い外殻を除いてニジマスの餌に混ぜると、100%まで成長阻害は見られなかった。そこでナンキョクオキアミを魚養殖の餌として利用する場合は、外殻を取り除き、またナンキョクオキアミが餌をよく食べる夏季に栄養価値が高く餌として適していることを確認。

第5章では、食料及び飼料利用の際の廃棄物である外殻から、眼球を選別し、高濃度に含まれているアスタキサンチン・n-3PUFA・リン脂質などの高付加価値のファインケミカルを抽出する技術を確立。

第6章では、開発した個別の資源利用をまとめて、ナンキョクオキアミ資源の多次元利用システムを構築し、省資源と資源の徹底利用による廃棄物の極少化を検討。眼球以外の外殻廃棄物からは既存方法によるキチン・キトサンの抽出を組み込んでいる。

第7章は、ナンキョクオキアミを対象としたバイオマス資源の多次元利用を整理してまとめ、バイオマス資源全般に多次元利用を進めることの重要性を指摘した。

ナンキョクオキアミを食料・魚飼料・ファインケミカル資源としての個別利用技術を開発し、さらに、それらを組み合わせて多次元利用という新しい資源利用方法を提案して、再生型資源の使用資源量の少量化と廃棄物の最少化を図った斬新な研究で、学位論文としての十分なレベルに達していると判断した。

ふりがな	びでいうつと らんじゃん もはぼとら
氏名(本籍)	BIDYUT RANJAN MOHAPATRA (カナダ)
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	乙黒博第2号
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位授与年月日	平成20年3月2日
学位論文題目	ECOPHYSIOLOGICAL STUDIES ON THE GRAZING BEHAVIOR OF MARINE HETEROTROPHIC NANOFLAGELLATES (海洋性従属栄養微小鞭毛虫の摂餌に関する生理・生態学的研究)
発表誌名	(1) Mohapatra, B.R. and Fukami, K.(2004):Production of aminopeptidase by marine heterotrophic nanoflagellates. <i>Aquatic Microbial Ecology</i> 34, 129-137. (2) Mphapatra, B.R. and Fukami, K.(2004):Comparison of the numerical grazing response of two marine heterotrophic nanoflagellates fed with different bacteria. <i>Journal of Sea Research</i> 52, 99-107. (3) Mohapatra, B.R. and Fukami, K.(2005):Effect of different bacterial species on the growth kinetics of the heterotrophic nanoflagellate <i>Jakoba libera</i> . <i>Basic and Applied Ecology</i> 6, 67-73. (4) Mohapatra, B.R. and Fukami, K.(2007):Chemical detection of prey bacteria by the marine heterotrophic nanoflagellate <i>Jakoba libera</i> . <i>Basic and Applied Ecology</i> 8, 475-481.
	審査委員 主査 教授 深見 公雄 副査 教授 上田 拓史 副査 教授 高橋 正征

### 論文の内容の要旨

Heterotrophic nanoflagellates (HNF) with a size range from 2 to 20  $\mu\text{m}$  are ubiquitous protozoan communities in marine environments. HNF are considered as primary consumers of bacteria and regulate the bacterial density, and the phenotypic and genotypic composition of bacteria in marine environments. Consumption of bacteria has profound consequences for planktonic communities, facilitating the transfer of bacterial biomass to larger consumers that would otherwise be unable to access this food source. HNF serve as a major food web intermediary in the mobilization of energies between microbial loop and classical grazing food chain. Despite the pivotal role of HNF in marine microbial food web, the species-specific nutritional ecology of HNF is mostly neglected. HNF grazing on bacteria is a complex mechanism, and largely depends on mechanical- (size of food bacteria) as well as chemical- (biochemical composition of food bacteria) reception. In the present study, attempts have been made for the first time to elucidate the mechanisms responsible for food bacterial selection by the marine HNF. Two versatile marine HNF [*Jakoba libera*-5(2) and *Cafeteria* sp.-5(3)] and various taxonomic groups of bacteria (*Aeromonas*, *Alteromonas*, *Bacillus*, *Coryneforms*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, and *Vibrio*) have been selected as the model organisms to clarify the mechanisms involve in qualitative facets of food selection by HNF. The HNF strains and food bacterial strains were isolated from natural seawater of the Pacific Ocean, Kochi-Ken, Japan.

## 論文の内容の要旨

A comparison of numerical grazing response of these two versatile marine HNF on various taxonomic groups of bacteria indicated that HNF *Jakoba libera*-5(2) had a strong numerical grazing response towards the different taxonomic groups of food bacteria than *Cafeteria* sp.-5(3). It preferred the taxonomic group *Pseudomonas* at most, followed by *Flavobacterium* and *Vibrio* by showing higher values of maximum specific growth rate ( $\mu_{max}$ ) and maximum clearance rate ( $F_{max}$ ). It did not like the species of *Aeromonas*, *Alteromonas*, *Bacillus*, Coryneforms and *Micrococcus*. In contrast, *Cafeteria* sp.-5(3) did not illustrate preferences towards the food bacteria. It grazed the different food bacterial strains at a constant rate by showing same values of  $\mu_{max}$  and  $F_{max}$ . In order to further evaluate the feeding mechanisms of bacterivorous HNF *J. libera*-5(2), the chemosensory responses of marine HNF *J. libera* strain 5(2) were tested with 6 food bacterial strains of 5 different taxonomic groups (*Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* and *Vibrio*) by capillary pipet technique at 20 °C in the dark. Chemosensory attraction was highest towards the prey bacteria *Pseudomonas* spp., followed by *Flavobacterium* sp., *Vibrio* sp. and *Micrococcus* sp. It did not show a chemosensory response towards *Aeromonas* sp. The chemical characterization of bacterial surface compounds of *Pseudomonas* sp. indicated that the chemosensory compound(s) were high molecular weight (< 25-kDa) with a half-life of 15 min at 40 °C. Furthermore, it has been observed that *J. libera*-5(2) secreted a significant amount of hydrolytic enzyme (aminopeptidase) while selectively grazing on food bacteria. The aminopeptidase activity (total and free) of *J. libera*-5(2) significantly differed with the types of food bacteria. The total and free aminopeptidase activity of *J. libera*-5(2) was maximal with *Pseudomonas* spp., followed by *Flavobacterium* sp. as prey. *J. libera*-5(2) did not produce any detectable amounts of total and free aminopeptidase while grazing on *Aeromonas*, *Bacillus* and Coryneforms.

These variations in the numerical grazing responses and chemosensory responses of two versatile marine HNF *J. libera*-5(2) and *Cafeteria* sp.-5(3) towards different taxonomic groups of food bacteria are supportive evidence for the hypothesis that HNF-mediated grazing may be an important phenomenon in structuring both the bacterial and protozoan species composition and succession in the marine environments.



## 論文審査の結果の要旨

海洋生態系において、細菌捕食性の微小鞭毛虫(HNF)はいわゆる微生物食物連鎖と捕食食物連鎖を結びつける重要な働きを演じている。HNFの細菌捕食は海水中の細菌密度を左右する要因の一つとされ、これまで数多くの研究がなされてきた。しかしながら、HNFが捕食する細菌に対する嗜好性・選択性についてはほとんど知見が得られていない。そこで本研究では、分類学的に異なる細菌を餌として与えた場合のHNFの増殖動力学や分解酵素活性を調べ、HNFの餌細菌に関する嗜好性を明らかにしようとした。

まず現場の海水中からHNFを2株分離し、純粋化した。これらはそれぞれの形態的特徴から、*Jakoba libera* および *Cafeteria* sp. と同定された。これらのHNF株に、同じく現場海水中から分離された分類学的に異なる細菌株をそれぞれ餌として与え、HNFの増殖を比較した。その結果、*J. libera* 株は *Pseudomonas* を与えたときに最も良好に増殖し、*Flavobacterium*, 天然細菌群, *Vibrio*, *Micrococcus*, *Alteromonas* の順に増殖が低下した。*Aeromonas*・*Bacillus*・*Coryneform* 細菌を与えた場合にはほとんど増殖しないことが分かった。それに対し、*Cafeteria* sp. 株は、*Alteromonas* を与えたときに最もよく増殖し、最終細胞収量は同じく *Alteromonas* を与えた *J. libera* の約57倍、最大増殖速度は約9倍もの値を示したが、その嗜好性は *J. libera* ほど顕著ではなかった。やはり *J. libera* と同様、*Aeromonas*・*Bacillus*・*Coryneform* 細菌はほとんど摂食しないことが分かった。

このようにHNFには餌細菌の分類学的な違いによりその増殖生理に大きな違いがあることが明らかとなったため、どのようなメカニズムで餌細菌に対する嗜好性を示すのかを *J. libera* を用いて調べた。その結果、*Pseudomonas* や *Flavobacterium* などよくHNFを増殖させた餌細菌に対しては顕著な走化性を示すこと、その一方でほとんど増殖させなかった *Aeromonas* に対しては走化性を全く示さないことが明らかとなった。

そこで、異なる餌細菌を与えた場合に、*J. libera* の細胞内外に存在する消化酵素(アミノペプチダーゼ)活性がどのように変化するかを調べた。その結果、最も高い酵素活性が検出されたのは増殖の最もよかった *Pseudomonas* を餌として与えたときであり、*Flavobacterium*, 天然細菌群がそれに続いた。しかしながらほとんど増殖が見られなかった *Aeromonas*・*Bacillus*・*Coryneform* 細菌を与えた場合にはやはり酵素活性もほとんど検出されなかった。

以上のように、本論文は、これまでほとんど知見の得られていなかったHNFの餌細菌に対する嗜好性とそのメカニズムを解明し、HNFが、海洋における細菌群の分布密度のみならず群集組成にも大きな影響を及ぼしていることを示したものであり、これらは特筆に値する。このため全委員一致して、本論文が博士の学位に十分値するものであると判定した。