

島根大学研究機構 戦略的研究推進センター 『萌芽研究部門』	平成27年度	年度報告書	提出日 平成28年2月22日												
① プロジェクト名	「隠岐の秋ブドウ」の漁況予測のための資源生態調査														
② プロジェクトリーダー	広橋教貴	所属	生資附属センター・隠岐臨海実験所												
		電子メール	hiro@life.simane-u.ac.jp												
③ プロジェクトの概要 (プロジェクトの最終年度における到達目標を簡潔に記入してください。)															
<p>①山陰地方、とくに島根県隠岐島漁業において主要漁獲対象種であるケンサキイカ（通称“シロイカ”）を、安定的かつ持続的に漁獲資源として確保していくためには、この海域における生殖、生態、漁況について、基本的知見の収集とその分析が必要である。本研究プロジェクトの初年度は、シロイカ漁獲量予測の確立に重要なケンサキイカとブドウイカを明確に区別するための遺伝学的、形態学的特徴を見つけ、2群識別法を確立することを目指してきた。しかしミトコンドリアDNA解析から遺伝学的差異を見つけることは不可能であることが判明した。形態的な差異（精子サイズの違い）を発見したが、これは実用的な手法とは言い難い。そこでプロジェクトを見直し根幹に立ち返り、「隠岐近海におけるブドウイカの生態を把握すること」を今年度の目的とする。シロイカ漁は夏から秋にかけて沿岸から沖へ移動する。水温変化などによる産卵場の変更によるためと予想されるが、実際の産卵床は40～60メートルとかなり深いため正確な位置やその環境についての情報がない。そこで今年度は産卵床を発見し、その季節変化を追跡する。産卵床の水質環境を測定し、秋イカ群の移動との関連性を見つける。</p> <p>②驚くべきことにブドウイカの雌は殆ど釣り漁で揚がらない。雌の行動習性は不明であり、ケンサキイカと比較する上でも生態調査は重要である。イカの寿命は1年で、産卵数が少なければ翌年の漁獲高は減る。産卵数を決定する一要因は産卵場の環境であると考えられる。これまでイカの資源生態を調査する際には、大型プロジェクトを立て、大人数で行うのが通例であった。しかし隠岐近海では小型イカ釣り漁船が数多く操業し、漁り火の位置を指標に産卵床を探索することが容易にできることがユニークな点である。ブドウイカの雌を捕獲できれば学術的にも価値のある発見に繋がる。</p> <p>③島根県はイカの消費が全国1位であり、山陰のシロイカは県内の重要水産資源である。水産資源としてはスルメイカが群を抜いているが、そのため生態調査は進んでいる。しかしケンサキイカの調査・研究は少数であり、また学術的に大変機興味深い(これまで述べてきたように季節2群の存在や雌個体がほとんど発見されないなど)。地域産業活性化と学術的価値を兼ね備えたテーマである。</p>															
④ プロジェクトのメンバー及び役割															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>氏名</th> <th>所属(職)</th> <th>本年度の役割分担</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(プロジェクトリーダー) 広橋 教貴</td> <td>生物資源科学部附属センター・海洋科学部門・隠岐臨海実験所(准教授)</td> <td>研究統括および現地調査の実施</td> </tr> <tr> <td>尾崎 浩一</td> <td>生物科学科・教授</td> <td>情報収集と分析</td> </tr> <tr> <td>初見 真知子</td> <td>生物科学科・准教授</td> <td>データ解析</td> </tr> </tbody> </table>	氏名	所属(職)	本年度の役割分担	(プロジェクトリーダー) 広橋 教貴	生物資源科学部附属センター・海洋科学部門・隠岐臨海実験所(准教授)	研究統括および現地調査の実施	尾崎 浩一	生物科学科・教授	情報収集と分析	初見 真知子	生物科学科・准教授	データ解析			
氏名	所属(職)	本年度の役割分担													
(プロジェクトリーダー) 広橋 教貴	生物資源科学部附属センター・海洋科学部門・隠岐臨海実験所(准教授)	研究統括および現地調査の実施													
尾崎 浩一	生物科学科・教授	情報収集と分析													
初見 真知子	生物科学科・准教授	データ解析													

⑤ (1) 本年度の研究計画目標の達成状況及び自己評価

本年度当初の計画書に書かれた内容に沿って、計画と達成目標を箇条書きにしてください。また、その達成目標の項目ごとにその達成状況を記入し、以下の基準に従って自己評価して下さい。

- A : 目標以上に成果をあげた。
 - B : ほぼ目標通りの達成度で予定した成果をあげている。
 - C : 計画より遅れ気味であるが年度末には目標達成が可能である。
 - D : 年度末までに目標達成は不可能である。
- ※自己評価が B 以外の場合には、その原因についても記載して下さい。
 ※2～3月に行う計画のため未執行の場合には評価を空欄にして下さい。

計画と達成目標	達成状況と自己評価
1) 産卵床を発見し、水深40～60メートルの環境測定を行う。	(自己評価) B 芝浦工業大学と共同研究を開始し、開発中の小型海底探索機をケンサキイカ漁場に投下し、海底調査を行った。発見には至らなかったが、水深50メートルの海底の撮影に成功したことは今後に繋がる成果である。
2) 自然産卵床の季節的変化を追跡する。	(自己評価) D 1)ができなかったため、これもできなかった。
3) 産卵床から卵塊を採取し、ケンサキ・ブドウの2群で違いがないか調べる。	(自己評価) C 自然産卵床の発見までに至らなかったため卵塊も入手できなかった。しかし、2タイプのDNA試料は十分に集められたことから、今後ゲノム解析を行うことができる。
4) ブドウ型の雌を発見し、形態や生殖器官、媒精位置、精子(雄が受け渡した精子サイズ等を測定)を観察する。	(自己評価) A 150個体以上のブドウイカを解剖し、1匹の雌を発見した。先行研究でも雌はほとんど発見されていなかったことから、大きな成果である。
5) 自然産卵床の規模を測定し、来年の漁獲量との関係を調べる(今後継続的に行う予定)。	(自己評価) C 信頼性の高い解析方法がまだ見つかっていない。山口県の漁獲量は例年になく高い水準であったが、隠岐近海においては、例年並みかそれ以下であったことから、予想が困難であった。

(2) プロジェクト全体の自己評価 (プロジェクト全体としての達成目標から、今年度の研究成果がこれまでの経過・成果にもとづいてどの段階にあるのかを明示して下さい。また、各グループ間での連携状況についても記入して下さい。)

●プロジェクト全体評価(自己評価) プロジェクト全体としての達成目標に対する今年度の研究成果の達成状況について

(自己評価) C

今年度の計画に掲げた内容はいずれも時間と手間がかかるものと承知していた。しかし萌芽性を重視し、期待通りの結果が得られなくとも、将来に繋がるものを残すべくこの1年間で新たな取り組みや共同研究をいくつか始めることができた。これは全体として到達度が予定より遅れているなかで、多少評価できるのではないかと考える。昨年度の評価コメントにあった、「専門家の参画が必要」という意見に従って、今回は、芝浦工業大学との共同研究(海洋探査機の開発とその試験)を始めることができた。これは、イカ産卵場探索に留まらず、日本海の海洋資源探索という将来性を見据えるものである。実際、町役場・漁業関係者から、この探査機を使って蟹の資源調査をして欲しいという要望も出され、開発の指針も決まったところである。さらに民間業者とイカ産卵床設置の計画も進行中で、役場を交えて産官学の連携協議も1度行った。時期は未定だが、近い将来、イカ予報のための産卵個体群の時期や密度を計測するのに有効であろうと考える。本研究の遂行により、派生的にいくつもの結果を得ることができ

た。その結果、計6つの学会発表と2報の投稿論文の原稿作成ができた(投稿中と準備中)。最大の成果は、ブドウ型の雌の発見である。これについては本年度の主要な研究成果で述べたい。

●各グループ間またはメンバーとの連携状況

メール等で密に連絡をとって進めたが、遺伝学的な解析は完了していない。

⑥ 公表論文, 学会発表など (当該研究に関連した本年度の公表論文, 学会発表, 特許申請の件数を一覧表に記入して下さい。発明等に関しては, 差し支えない範囲で記載して下さい。)

論文掲載 (総件数)	4
学会発表 (総件数)	6
特許出願 (総件数)	0

【内訳】

● 論文 (年度末までに発行される学術雑誌等(紀要も含む)に掲載が確定しているものも含め, 代表的なものを10件程度選んで記入して下さい。)

1. Matsuzaki M, Mizushima S, Hiyama G, Hirohashi N, Shiba K, Inaba K, Suzuki T, Dohra H, Ohnishi T, Sato Y, Kohsaka T, Ichikawa Y, Atsumi Y, Yoshimura T, Sasanami T. Lactic acid is a sperm motility inactivation factor in the sperm storage tubules. (2015) Sci. Rep. 5:17643.
2. Nakamachi T, Ishida H, Hirohashi N. Sound production in the aquatic isopod *Cymodoce japonica* (Crustacea: Peracarida). (2015) Biol Bull. 229:167-172.
3. Hirohashi N, Spina FA, Romarowski A, Buffone MG. Redistribution of the intra-acrosomal EGFP before acrosomal exocytosis in mouse spermatozoa. (2015) Reproduction 149:657-663.
4. Florenza A. La Spina, Ana Romarowski, Lis C. Puga Molina, Tomas L. Falzone, Alejandra M. Vitale, Noritaka Hirohashi, Mariano G. Buffone. Mouse sperm begin to undergo acrosomal exocytosis in the upper isthmus of the oviduct. (2016) Dev. Biol. *In press*

● 学会発表 (代表的なものを数件記入して下さい。)

1. Noritaka Hirohashi. Complex adaptive ejaculate traits in relation to alternative reproductive tactics in *Heterololigo bleekeri*. CIAC2015 workshop 2015年11月9日 函館市国際水産・海洋総合研究センター(函館市)
2. 飯田智宏、広橋教貴 ヤリイカスニーカー精子における pH 勾配に対する方向転換 日本動物学会年会、2015年9月19日朱鷺メッセ(新潟市)
3. Noritaka Hirohashi. Are the sperm smarter than their donors?? Cephalopod International Advisory Council (CIAC) 2015, 2015年11月11日函館国際ホテル(函館市)
4. Yoko Iwata, Noritaka Hirohashi, Yoshiro Watanabe, Paul Shaw and Warwick H.H. Sauer. Strategic sperm release from spermatophores in loliginid squids responding to sperm competition risk. Cephalopod International Advisory Council (CIAC) 2015, 2015年11月11日函館国際ホテル(函館市)

5. Tomohiro Iida and Noritaka Hirohashi. How squid sperm determine directional changes in a pH gradient. Cephalopod International Advisory Council (CIAC) 2015, 2015年11月12日 函館国際ホテル (函館市)

6. Noritaka Hirohashi. "The molecules supporting fertilization and their surrounding molecular environment"
日本分子生物学会年会ワークショップ 2015年12月4日 神戸国際会議場 (神戸市)

●特許出願

なし

⑦ 外部資金獲得状況 (当該プロジェクトに関連した外部資金について一覧の各項目に総件数, 金額を記入して下さい。)

■外部資金獲得状況一覧		件数	金額(千円)
(1) 科研費 (配分額は間接経費を含む)		1	配分額 900
(2) 科研費以外の外部資金	受託研究	0	
	共同研究	1	1000
	寄附金・助成金	0	
	合計	2	1900

【一覧内訳】

(1) 科研費 (科目ごとに, テーマ, 研究者, 金額をそれぞれ列挙してください。)

基盤(C)「精子CO2センシングの分子基盤」(代表: 広橋教貴) 900千円

(2) その他外部資金 (一覧の項目別に, テーマ, 研究者, 金額を列挙してください。)

共同研究「イカ類における精子進化と貯精・受精メカニズム」(東京大学大気海洋研究所学際共同研究)(代表: 広橋教貴) 1000千円

⑧ その他特筆すべき成果 (受賞, シンポジウムの開催, 産学連携・地域連携に関する各種見本市, 展示会への出展等も含む。)

- (シンポジウムの開催) 日本動物学会シンポジウム「受精から生殖システムの進化を考える」 朱鷺メッセ (新潟市) 2015年9月18日 広橋(オーガナイザー)
- (高大連携) 隠岐高校「隠岐ジオパーク探求」特別授業 2015年6月17日、19日、24日
- (高大連携) 隠岐水産高校 臨海実習 2015年12月17日、25日
- (高大連携) 松江北・松江南・隠岐高校3校合同臨海実習 2015年8月3~5日
- (地域貢献) 隠岐の島町水産振興協議会 2015年12月15日、2016年1月27日

⑨ 本年度の主要な研究成果 (図, 表, ポンチ絵などを多用して, 2ページ以内にわかりやすくまとめてください。)

1 ブドウイカの自然産卵床調査 (2015年9月20日~23日)

調査海域: 隠岐島加茂~津戸沖 水深20~50メートル
芝浦工業大学との共同調査 (計6名)

産卵床を発見するため、芝浦工業大学・小池義和研究グループとの共同調査で、水深50メートルまでの海域に観測装置を沈めて海底撮影を試みた(図1: 小池氏作成)。3日間の調査では、産卵床を発見はできなかったが、開発中であった小型観測装置(4台のカメラを搭載し、LANケーブルを介して船上から海底の様子をリアルタイム観察できる)の性能テストや改良すべきポイントを見いだすことが出来た。特に、当初予想していなかった、うねりによるケーブルへの負荷を抑える工夫や、潮流による海底直下への装置投入の困難さ(図2)がよく分かり、今後装置本体の実用化への大きな手がかりを得ることができた。

今後の展開として、水深300メートルまで耐えられる装置を開発してもらい、隠岐の島の水産資源調査にも役立てる。また、およそ20年前のドレッジ採集により発見された珍しい海藻が標本として残っており、これらの調査も合わせて行う。この取り組みは、実際3年前から九州大学と連携して行っており、本観測器が実用されれば、有効手段となると期待される。

2 アオリイカ人工産卵床の設置計画

2年間の取り組みで、ブドウイカ(ケンサキイカ)の資源量調査は、甚だ困難であることが分かった。今後は水深3メートルに産卵するアオリイカを中心に環境測定と産卵量の因果関係を調べていく。これまで、富士通との共同研究によって、通信式的环境測定器を臨海実験所棧橋に設置し、水温など7項目の環境数値を10分間隔で自動計測・記録している。この他、これと同じ位置にロガーを設置し、溶存酸素、水温を毎分1度の頻度で計測している。これらのデータとアオリイカ産卵時期の潜水調査と合わせて、産卵に適した環境要因を明らかにする。アオリイカはおもにアマモに自然産卵するが、毎年7月上旬が産卵時期とかなり限定的である一方、年によって若干場所を変えて産卵す

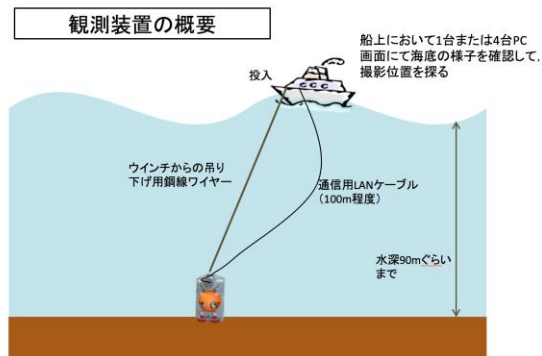


図1 海底調査の概要 小型カメラ4台を搭載した観測器を投下し、船上からリアルタイム観察する

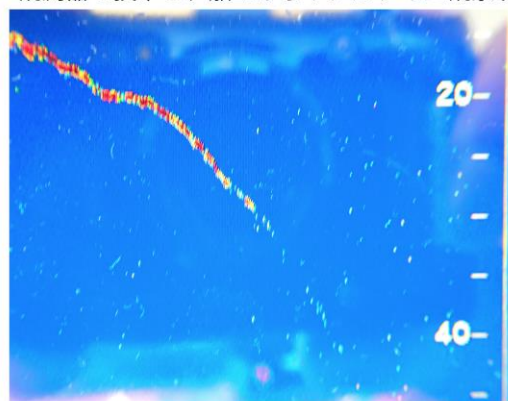


図2 観測器の降下の様子 水深30メートルからソナーで追跡できなくなったのは、潮流で本機が流されたためと思われる。

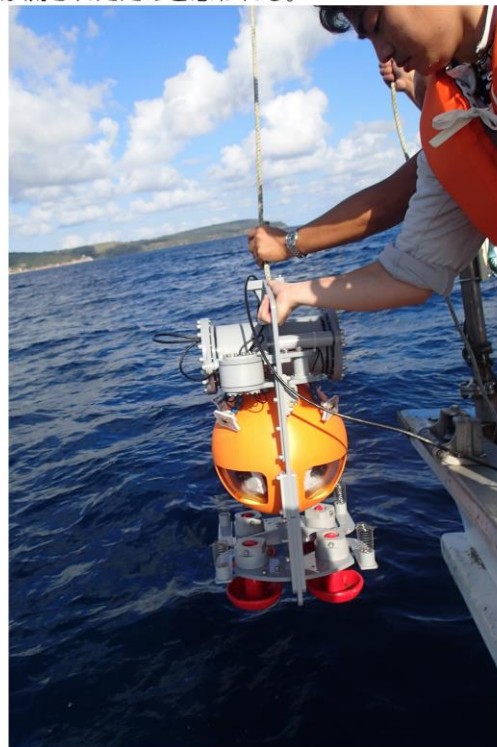


図3 観測器投下の様子 ワイヤーで吊り下げ水面へ降下させる。引き上げは、大人2名で持ち上げられ、軽量であるが、潮流を受けやすい。

ることが分かった(図4)。すなわち、アマモの生育と深い関係があると予想される。そこで、アマモの分布を、ドローンを使って上空から撮影することで調べられないか検討している。写真で濃緑色を示す部分が海藻の分布であり、特殊カメラの使用や色情報の分析によってアマモだけの分布が分かると期待される。しかし産卵環境は平面分布だけではなく、垂直方向の分布(成長度)を調べることも重要であるので今後、潜水による目視と定点観測を計画している。



図4 ドローンによるアマモ繁茂状況の観測とアオリイカ産卵位置の年変化。

アオリイカが産卵場を求めて来遊しても、環境が悪ければ、産卵に至らないことが予想される。従って、アマモなどの自然産卵床の調査だけでは、資源量の推定は困難である。そこでアオリイカが好んで産卵する取り外し可能な人工造礁を設置する計画を進めている。

3 ブドウイカ型の雌個体の発見

過去3年間の調査では、ブドウイカ型の雌は存在が確認できなかった。これは、隠岐の島に限ったことではなく、日本海全域においてそのようである(私信)。12月25日に隠岐近海で捕れた大型のケンサキイカ(ブドウ型)を入手したところ、未発達な副纏卵腺(ふくてらんせん)を観察した。1) 卵巣やその他雌の生殖器官は見られなかったこと、時期的にブドウイカ型の漁獲時期はほぼ終了していること、3) 体サイズが、これまで見たどの雌(ケンサキイカ型)より大きかったことから、性成熟が不完全にしか起こらなかった雌個体であったと結論した。今後、固定標本、凍結試料を解析する。

もし、ブドウイカ型の雌が成熟できないのなら、雄は成熟しても、生殖に関与できず子孫を残すことはないであろう。すると、ブドウイカ型は、ケンサキイカ型(初夏に産卵)と同じ親から生まれ、なんらかの環境要因により、成熟が遅延(雄)、または阻害(雌)されたのではなかろうかと推測する。これはイカにおいて、成熟遅延による寿命延長・大型化の機構が存在する可能性を示唆する。

⑩研究終了後の展開(科研費などへの申請等) 図などでわかりやすく示してください。

今後の展開としては、先に述べた通りである。アオリイカの資源調査では、隠岐の島町と産卵基質を制作する企業と連携した事業を計画し、打ち合わせを行ったところである。イカ資源予測という目標を掲げて、そのプロセスで生まれた新しい取り組みを進めていき、ひいては地域の水産業振興(とくに適切な資源管理という点)に直結する研究開発にまで推し進めていきたい。

申請中の科研費：3件

共同研究(民間1件、大学3件：九州大学、芝浦工業大学、金沢大学)