

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：12614

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19292

研究課題名（和文）南極海外洋域の生物学的ホットスポット：ナンキョクスカシイカ稚仔からのアプローチ

研究課題名（英文）Biological hotspot in the oceanic zone of the Southern Ocean: An approach from paralarvae of *Galiteuthis glacialis*

研究代表者

茂木 正人 (Moteki, Masato)

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：50330684

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000 円

研究成果の概要（和文）：ナンキョクスカシイカParalarva期からJuvenile期にかけての外部形態の発育と食性の変化を詳細に調べた。胃内容物は大半が不定形物が占めた。胃内容物のDNAメタバーコーディングでは、多様な分類群の生物が確認された。甲殻類が主要な餌と考えられたが、海洋中を沈降するプランクトンの死骸や糞粒等から形成されるマリンスノーの主要な構成要素である珪藻や渦鞭毛藻、尾虫類、放散虫等のDNAが多く検出されたことから、マリンスノーの摂餌が示唆された。夏の南大洋は氷縁ブルームが発生するなど、高い基礎生産量で知られており、稚仔期にその恩恵を受けマリンスノー等を摂餌し、成長すると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ナンキョクスカシイカは、南大洋の外洋域で最も普通に採集されるイカ類で、アホウドリ類を始めとして大型動物の重要な餌生物として知られる。しかしながら、これまで初期生活史については全く知られてこなかった。本研究は、他の中深層性生物の稚仔と共に高い密度で分布する季節海水域をホットスポットと捉え、餌生物組成を詳細に調べることで、そのホットスポットの役割を一定程度解明することができた。南大洋でも大きな環境変動が起こっているが、この変動がホットスポットの環境に影響を与えることも考えられる。そのことは本種の稚仔の生活に影響を与え、引いては食物網を通して大型動物への影響が波及する可能性を示唆している。

研究成果の概要（英文）：We examined in detail the external morphological development and dietary changes of Antarctic squid from the paralarva stage to the juvenile stage. Most of the stomach contents consisted of amorphous material. DNA metabarcoding of the stomach contents revealed organisms from various taxonomic groups. Although crustaceans were considered the main food source, the DNA of diatoms, dinoflagellates, appendicularians, radiolarians, and other components of marine snow, which is formed from the carcasses and fecal pellets of plankton in the ocean, was frequently detected, suggesting the ingestion of marine snow. The Southern Ocean in summer is known for its high primary productivity, such as the occurrence of ice-edge blooms, and it is believed that during the juvenile stage, the squid benefit from this by feeding on marine snow and other sources to grow.

研究分野：海洋生物学, 魚類学

キーワード：食物網 季節海水域 初期生活史 海水 マリンスノー

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

イカ類は、様々な大型海洋生物に捕食されている証拠があることから、ハダカイワシ類同様に外洋域の食物網における重要性が指摘されている。しかし実際には、南極海にどのくらいのイカ類が生息しているのかなど基本的な知見に乏しく、その重要性は未だ過小評価されていると考えるべきであろう。研究代表者らは、これまで南極海において観測・研究を実施してきた。この一連の観測からサメハダホウズキイカ科の一種ナンキョクスカシイカ *Galiteuthis glacialis* の paralarvae (稚仔、図1) が、上述のハダカイワシ仔魚とほぼ同じ水塊に高密度で分布することが分かってきた。生物学的ホットスポットともいえるこの水塊の環境は、前述のように物理・化学・生物学的に海水の影響を受ける一方、ハダカイワシやナンキョクスカシイカの稚仔に好適な餌環境(餌生物の組成、密度、サイズなど)を提供する育成場(ナーサリー)としての機能を持つと考えられる。



図. ナンキョクスカシイカの稚仔。
上、外套長 12 mm ; 下、40 mm。
形態が大きく変化する。

近年の環境変動が、ナンキョクスカシイカ稚仔の生活や生残率に及ぼす影響を評価するためには、初期生活史に関する基本的情報と、ナーサリーとしての必要条件(餌環境)を把握することが不可欠である。これらの知見は、海水変動が海洋生物の初期生残や食物網を通して、大型動物に及ぼす影響を理解するうえで必須である。

2. 研究の目的

1) ナンキョクスカシイカの初期生活史(形態、分布、食性)を明らかにし; 2) 海水変動が初期生活史に及ぼす影響を評価するための基礎的情報を提供する。

本種の稚仔が高密度で分布する海域は季節的に海水に覆われる海域であることが示唆されている。本研究の成果は、海水変動が初期生活史に及ぼす影響を評価するための基礎的情報を提供するものである。

3. 研究の方法

1) 形態発育: 実体顕微鏡を用いて各部の観察・測定を行う。観察部位は口器、触腕、腕の吸盤、眼、外套膜等を用いる。外套長 6 ~ 30 mm の個体を中心に観察する。これらの部位の観察に基づいて、形質が大きく変化するあるいは新たに発現するサイズを見出し、発育段階を設定する。発育段階の判断に重要な部位を特定し、顕微鏡写真の撮影やスケッチを行う。吸盤や口器の観察には走査型電子顕微鏡を用いる。(若林、茂木)

2) 分布様式: 2019年度から運用を開始した MOHT を用いる。このネットで本種の稚仔が一定数採集されることが分かっている。表層から 1000 m までを 7 層に区切り層別採集を行う。観測は東経 110 度ライン上で 3 ~ 5 地点で行う。同時に CTD 観測(塩分・水温・深度プロファイラー)により、同ライン上の海洋物理学的情報を得る。これにより、稚仔がどのような特性の環境を好んで分布しているのかを明らかにする。海洋生物の初期生活史において形態的な変化が起こる(発育段階が進む)と、生息域が変化することがしばしば見られる。そこで、1) の結果と合わせて、発育段階と生息域の関係を検討する。

3) 食性: 実体顕微鏡下で稚仔を解剖し、消化管内容物の同定を行う。1) で特定された発育段階ごとに食性を検討する。必要に応じて走査型電子顕微鏡を用いる。同定が困難なことが予想されるが、適宜消化管内容物を採取しメタゲノム解析により種(あるいは上位の分類群)を特定する。メタゲノム解析でより正確な結果を得るには、餌生物と想定される動物プランクトンの DNA 塩基配列のリファレンス(種ごとの DNA 情報)が必要となる。そのため、ORI ネットで採集した動物プランクトンサンプルを用いて形態から種同定した後、DNA 塩基配列のリファレンス作成のための DNA バーコーディングを行う。リファレンスは、研究期間を通して蓄積する。1) と 2) の結果と合わせ発育段階ごとの食性変化を明らかにし、機能形態学的な視点(摂餌機能の発達など)からの食性変化の解釈を行う。

4. 研究成果

形態発育と分布様式

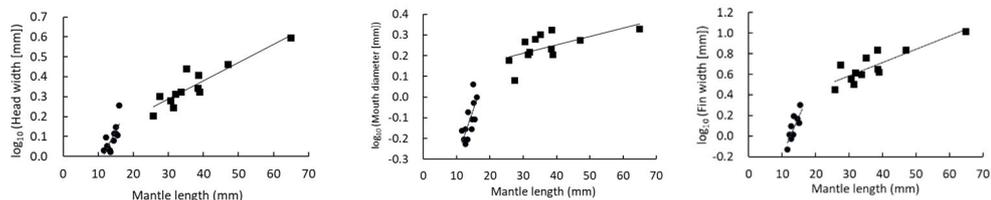


図1 : <20mmML、 : >20mmML の個体に関して、外套長に対する頭幅、口径、鰭幅のアロメトリー

16-25 mm ML の個体は採集されず、小型の個体 (< 20 mm ML) と大型の個体 (> 20 mm ML) で明瞭に異なる相対成長を示したことから、それぞれ別に回帰分析を行った。大型個体では 11 形質すべてにおいて、外套長の成長と有意に相関していたが、小型個体では頭長、鰭幅、口径においてのみ有意な相関を示した (図 1)。これら 3 形質の回帰直線の交点は 15-20 mm ML に認められた。

小型の個体は、ほぼすべてが深度 200-400m で採集されたのに対し、大型個体はほとんどが 400 m 以深から採集された。また、小型個体は水温 -1~2.2、塩分 34.4~34.7 の南極周極水 CDW、南極表層水 AASW に広く分布したが、大型個体は変質南極周極水 MCDW に分布していた (図 2)。

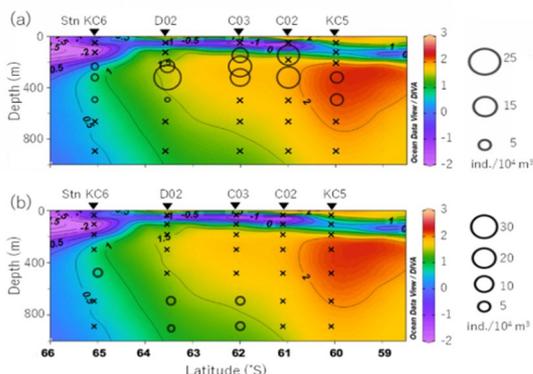


図2 110°Eにおける水温の垂直断面図と(a): <20mmML、(b): >20mmMLの個体の空間分布図

既往の研究では、本種の Paralarva と Juvenile の形態的な定義がなされておらず、経験的に 20 mm ML を境にして発育段階が分けられてきた。本研究では、その境が 15-20 mm ML にあることを初めて見出し、小型個体が Paralarva、大型個体が Juvenile に相当すると考えられる。Paralarva では、各部分が ML に対して急速に発達していることが明らかであったが、部位によっては正確な測定が難しいことが、外套長との相関が低かったことの原因と考えられる。本研究で認められた個体発生的鉛直移動は、既往の研究でも示唆されているが、Paralarva から Juvenile への形態発育と関連しているものと考えられる。

擬幼生期の食性

本研究では、*G. glacialis* 稚子の食性について、胃内容物を顕微鏡観察と DNA メタバーコーディングを用いて解明することを目的とした。南大洋インド洋セクターで採集された *G. glacialis* 稚子を顕微鏡観察に 132 個体 (6.4-35.9 mm ML、外套長)、DNA メタバーコーディングに 112 個体 (6.4-35.9 mm ML) を解析に用いた。顕微鏡観察では、空胃率は 4.5% であり、それ以外の個体の胃内容物は大半を不定形物が占め、珪藻や消化の進んだ動物プランクトンがいくつか確認された以外ほとんど種同定できなかった。一方、DNA メタバーコーディングでは、カイアシ類、珪藻、渦鞭毛藻、尾虫類、ヒドロ虫類、貝形類、翼足類、放散虫等の多様な分類群の生物が確認され、カイアシ類と珪藻はいずれも出現頻度 100% であった (図 3)。胃内容物組成のリード数において、カイアシ類 37%、珪藻 23% と優占し、次いで鉢虫綱 9%、渦鞭毛藻 8%、タリア綱 6%、尾虫類 4% を占めた。検出された生物の在/不在データを用いて外套長を 4 つのサイズクラスに分け類似度を比較したが (NMDS)、20 mm ML 以下の稚子では、明瞭な個体発生的な食性の変化は見られなかった。甲殻類が主要な餌と考えられたが、海洋中を沈降するプランクトンの死骸や糞粒等から形成されるマリンスノーの主要な構成要素である珪藻や渦鞭毛藻、尾虫類、放散虫等の DNA が多く検出されたことから、マリンスノーの摂餌が示唆された。*G. glacialis* は冬に産卵し、寒冷地域のイカ類はふ化までにかかる時間が長くその後の成長が遅いことが知られており、本研究で稚子期の個体が多く採集されたことから夏に稚子期を迎えると考えられる。夏の南大洋は氷縁ブルームが発生するなど、高い基礎生産量で知られており、稚子期にその恩恵を受けマリンスノー等を摂餌し、成長すると考えられる。

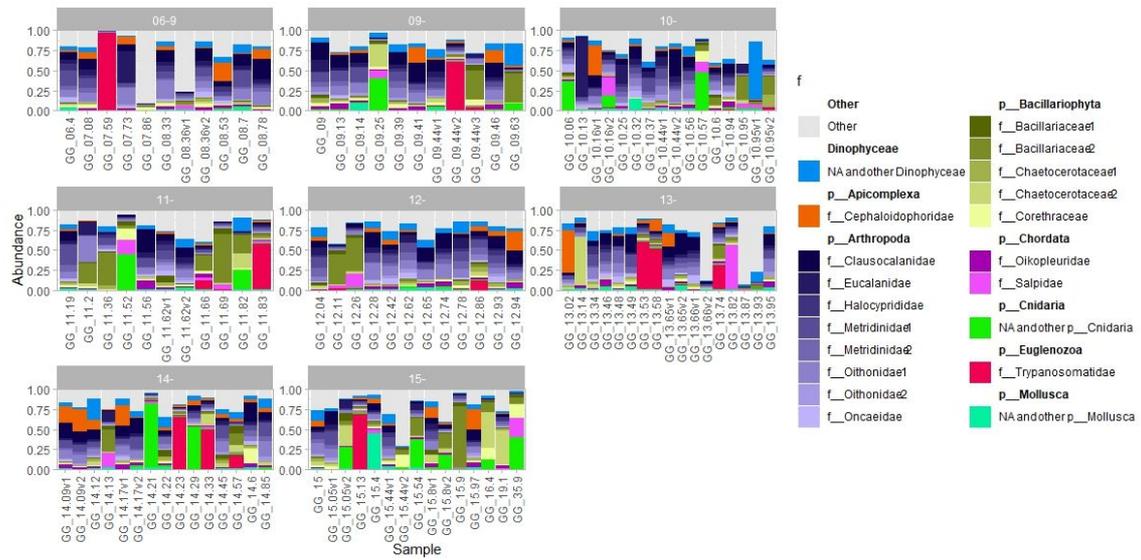


図3 . DNA メタバーコーディングによって得られた *G. glacialis* の擬幼生の胃内容物組成 .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 立花愛子, 茂木正人
2. 発表標題 南大洋における中深層性魚類・イカ類の発育初期の食性 - DNAメタバーコーディングを用いた解析から
3. 学会等名 日本魚類学会2022年度年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Aiko Tachibana, Masato Moteki, Ryosuke Makabe
2. 発表標題 Environmental DNA reveals spatial distributions and trophic linkages of an Antarctic marine community
3. 学会等名 the 12th Symposium on Polar Science. 15-18 November, 2021, Online (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水谷 純、宇野 唯、立花愛子、若林敏江、茂木正人
2. 発表標題 南大洋インド洋セクターにおけるナンキョクスカシイカ <i>Galiteuthis glacialis</i> 稚仔の形態発育と空間分布
3. 学会等名 日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	立花 愛子 (Tachibana Aiko) (00836843)	東京海洋大学・学術研究院・博士研究員 (12614)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	若林 敏江 (Wakabayashi Toshie) (80392918)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産大学校・教授 (82708)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関