

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07543

研究課題名(和文) 東北沿岸を中心としたイカナゴの資源生態学的研究

研究課題名(英文) Fisheries Ecology of Sand lances along the northern Pacific coast of Japan

研究代表者

青山 潤 (Aoyama, Jun)

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号：30343099

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：単一種と扱われてきた我が国のイカナゴに2種(*Ammodytes japonicus*および*A. heian*)が含まれることが指摘された。これまでの生物・生態学的知見は両種を混同したものであり、イカナゴ資源の保全や利用を考える上で、それぞれの詳細な地理分布を含む従来の生態学的知見の見直しが急務となった。そこで本研究は、東北地方太平洋岸を中心にイカナゴ2種の分布、形態などの基礎知見を明らかにした。愛知から東北太平洋岸における両種の分布は北へ行くほど*A. heian*が増えるクラインを構成していること。また、遺伝的には明確に区分される2種の脊椎骨数が遺伝では無く環境によって決定していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)： *Ammodytes personatus* had been recognized as the only species in the genus to inhabit the relatively warm waters around Japan. Orr et al. (2015) proposed a new basis for the taxonomy of *Ammodytes* in the North Pacific, revising *A. personatus* with classifying populations around Japan into two different species, *A. japonicus* and the newly described *A. heian* but, ecological and morphological traits of these new *Ammodytes* species remain unclear. To examine their species composition along the off Tohoku1, genetic analysis has been carried out. *A. japonicus* dominated at 100% in Aichi and more than 80% in Miyagi and Fukushima, while the two species occurred almost evenly in Iwate suggesting a latitudinal cline in their species composition. The vertebral numbers differed between *A. japonicus* and *A. heian* but the same within a locality (Iwate). This suggests that their vertebral numbers are more likely determined by the environment than by a species-specific genetic trait.

研究分野：魚類生態学

キーワード：イカナゴ 資源生態 分類 分布

## 1. 研究開始当初の背景

イカナゴは「くぎ煮」や「釜揚げ」のみならず、養殖用餌料としても広く利用される我が国の重要な水産資源である。一方、イカナゴが海洋生態系の低次生産を高次の捕食者へ繋ぐ生態的鍵種であることは古くから指摘され、その資源変動がヒラメ、スズキなどの魚食性魚類ばかりでなく鯨類や海鳥にも影響を与えることが知られている。すなわち、イカナゴは産業的にも海洋生態学的にも重要な鍵種の一つといえる。

1970年代には年間30万トンと近く漁獲されていた我が国のイカナゴ資源は継続的に減少し、東日本大震災の影響も受けた2012年には3万6千トンあまりにまで落ち込んでいる。このため現在では、主要漁場である北海道、東日本太平洋沿岸、伊勢湾および瀬戸内海東部の4カ所それぞれで、関係各県を中心とした精力的な資源の保護・管理方策が進められている。しかしながら、その効果は地域ごとに著しく異なり、伊勢湾や瀬戸内海では、減少要因の特定や資源管理が比較的進んでいる一方、それ以外の地域、特に東日本太平洋岸では十分な成果が得られているとはいいがたい。

我が国周辺にはイカナゴ、キタイカナゴ、タイワンイカナゴ、ミナミイカナゴの4種のイカナゴ科魚類が生息する。このうち主要な漁獲対象はイカナゴ属イカナゴ(*Ammodytes personatus*)である。一方、このイカナゴには1950年代より形態的に異なる2型の存在が示唆されてきた。1980年代以降、両群の遺伝的、生態的特徴の検討が行われ、現在では太平洋側の仙台湾周辺および日本海側の鳥取周辺を境に南北で異なる2つの“系群”として認められている。さらに、各地の漁獲物の生態学的特徴や量的変動パターンの違いから、両者がより詳細な遺伝的集団構造を持つ可能性も指摘されている。

ここで前述の南北両系群の形態的指標の1つである脊椎骨数(モード:北方群65、南方群63)に着目すると、これまでにいくつかの興味深い結果が得られている。例えば、北方群の分布域である岩手県沿岸の調査において、採集される両系群仔稚魚の割合は年によって大きく異なる可能性が高い(参照:岩手県水産技術センター報、但し予備的なデータであるため調査年度や個体数は十分ではない)。また、2014年5月に申請者が実施した岩手県大槌湾における旋網調査において、単一の稚魚の群れの中に両系群が混在することも明らかになった。これらのことから、イカナゴ仔稚魚の輸送・分散課程は海洋環境に強く影響され、それに伴い南北系群の分布境界も大きく変動することが示唆される。同時に、分布境界を大きく越えた個体の次世代への遺伝的寄与も興味深い問題である。しかしながら、両系群の詳細な分布境界とその形成メカニズムに関する知見はほとんど得られ

ていない。

以上のことから、現在の“イカナゴ資源”には、様々なレベルで分化の進んだ複数の繁殖集団が含まれている可能性が高いと考えられる。これら繁殖集団の実態と分布並びに生態学的特徴の解明は、産業のみならず海洋生態系の保全といった観点からも重要な課題である。

## 2. 研究の目的

我が国の重要な水産資源であるイカナゴ(*Ammodytes personatus*)には、太平洋側で仙台湾を境界とした形態的、遺伝的に異なる2型の存在が知られていた。しかし、その実態は明らかになっておらず、これまでのところ両者は区別なく利用・管理されている。そこで本研究は、まず(1)両型の分類学・集団遺伝学的な分化程度に明らかにし、それぞれを検出する簡便な手法を開発する。(2)東北太平洋岸を中心に卵・仔稚魚および漁獲物などの調査から、それぞれの分布と生活史パターンを明らかにする。(3)野外調査と飼育実験により両型の夏眠生態ならびに成熟・産卵特性を調べる。以上と既往知見を合わせ、イカナゴの資源生態学的特性を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究の方法は以下の通り。

(1)東北地方太平洋岸に生息する個体群を中心とした分類学・集団遺伝学的解析:東北地方太平洋岸を中心に採集したイカナゴについて遺伝子解析を実施し、分類学検討および遺伝的集団構造解析を行う。得られた遺伝的差異を定量化し、変異の大きい群について、詳細な形態学的比較を行う。一方、各繁殖集団についてSNPsなどを用いた簡便な遺伝的検出法を開発する。

(2)東北沿岸(特に岩手県、宮城県沖合)を対象とした分布・生態調査:東京大学大気海洋研究所・国際沿岸海洋研究センターおよび東北各県の試験研究機関などによる調査航海、または市場などを通じて仔稚魚および夏眠魚を採集し、それぞれ遺伝的組成ならびに成長、成熟などの生活史パラメーターを明らかにする。海洋環境情報と合わせ、各集団の分散過程と分布範囲の維持機構を明らかにする。

(3)飼育実験:主に大槌湾を対象として、沖合で採集した個体を東京大学大気海洋研究所・国際沿岸海洋研究センターの飼育設備へ収容し、種々の環境条件における夏眠行動および夏眠中の成熟状態を明らかにする。

#### 4. 研究成果

(1) 従来より形態的・遺伝的に異なることが示唆されていた我が国のイカナゴ2型について、本研究の開始とほぼ時を同じくして Orr et al. (2015) により「Systematics of North Pacific sand lances of the genus *Ammodytes* based on molecular and morphological evidence, with the description of a new species from Japan. Fish Bull 133:129-156」が発表された。これにより、我が国のイカナゴは異なる2種(*Ammodytes japonicus* および *A. heian*)により構成されるという分類学的な見解が示された。このことは両種を混同していた地理分布を含む従来のイカナゴの生態学的知見の見直しの必要性を強く示唆する。そこでまず両種の遺伝的、形態的分化程度を明らかにするため研究を進めたところ、全国各地より採集した標本の形態的差異は計28形質の比較によっても明瞭でないことがわかった。一方、ミトコンドリアDNAには大きな変異が認められたため、COI領域のRFLP解析による遺伝的種判別法を作製した。発表論文(1)・学会発表(1)

我が国のイカナゴの遺伝的集団構造に関する研究を進めていた広島大学のグループと協働し、新たに開発した計11個のマイクロサテライトマーカーを用いて瀬戸内海5地点および日本沿岸6地点の*A. japonicus*の標本を解析したところ、西日本、北海道/青森、岩手の異なる3つの遺伝的クラスターの存在が示唆された。学会発表(2)

(2) イカナゴの主要な産地である愛知県に加え、東北沿岸の福島県、宮城県および岩手県(大槌)よりサンプルを採集し、上記遺伝的種判別法を用いて2種の分布の実態を調べたところ、愛知、福島、宮城、大槌のいずれの場所にも2種が出現するものの、北へいくほど*A. heian*の割合が増えることが明らかになった。さらに、既報の形態学的差違(脊椎骨数)は遺伝的に決まるわけではなく、環境によって決定される「ジョルダンの法則」の一例であることが明らかになった。発表論文(2)

北里大学海洋生命科学部のグループとの連携により仙台湾で採集した夏眠魚標本を解析したところ、イカナゴ属2種が同じ場所で夏眠すること、両種に特筆すべき生理・生態学的差異は認められないこと、さらに、どちらの種にも当歳魚と1歳魚が混在し、大型の当歳魚(TL:92.2mm以上)と1歳魚すべての生殖腺に発達が認められることが明らかになっている。学会発表(3)

(3) 東京大学大気海洋研究所・国際沿岸海洋研究センターで飼育中の個体の解析にも着手し、イカナゴの夏眠行動並びに繁殖生理

に関する予備的な知見が得られつつある。また、海底砂泥の環境DNAによる夏眠場所の特定を試みたが、大槌湾の水深40-50mと推定される夏眠場所の環境DNA解析用砂泥サンプルの採集方法およびイカナゴ専用プライマーの設計など解決すべき問題が明らかになった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

(1) Jun Aoyama・Tatsuki Yoshinaga・Chikaya Tanaka・Kenta Ishii (2017) Geographic distribution and environmental control of vertebral count in *Ammodytes* spp. along the northern Pacific coast of Japan. Journal of Fish Biology 査読有り 90:773-785.  
DOI:https://doi.org/10.1111/jfb.13193

(2) Michael J. Miller・Jun Aoyama (2017) A Note about the Great East Japan Earthquake and Tsunami in 2011 from a Fisheries Perspective Five Years Later. Fisheries 査読有り 42:16-18.  
DOI: 10.1080/03632415.2017.1262670

(3) Chikaya Tanaka・Ryota Aoki・Hitoshi Ida・Jun Aoyama・Yuhei Takeya・Masakatsu Inada・Naofumi Uzaki・Tatsuki Yoshinaga (2016) Molecular genetic identification of Japanese sand lances using mitochondrial DNA cytochrome *c* oxidase subunit 1 restriction fragment length polymorphisms. Fisheries Science 査読有り 82:887-895.  
DOI:https://doi.org/10.1007/s12562-016-1021-9

[学会発表](計3件)

(1) 田中千香也, 原知帆, 白鳥史晃, 阿見彌典子, 稲田真一, 青山潤, 吉永龍起. 仙台湾におけるイカナゴ属2種の夏眠と性成熟. 日本水産学会春季大会. 東京 2017年3月

(2) 柴田淳也, 富山毅, 坂井陽一, 青山潤, 田中千香也, 吉永龍起, 河野悌昌, 高橋正知, 中村行延, 中井智司, 奥田哲士, 西嶋涉. マイクロサテライトDNAを用いたイカナゴ *Ammodytes japonicus* の遺伝的集団構造解析. 日本水産学会春季大会.

東京.2016年3月

- (3) 田中千香也,石井健太,吉永龍起,青山 潤 .  
東日本太平洋沿岸におけるイカナゴの集  
団構造 . 日本水産学会春季大会 . 東  
京.2015年3月

6 . 研究組織

(1)研究代表者

青山 潤 (AOYAMA, Jun)

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号 : 30343099