

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06226

研究課題名(和文) 夏眠から探るイカナゴの激減要因：温暖化にイカナゴは対応できるのか？

研究課題名(英文) Exploring a cause of population decline of sandlances from aestivation: Can the fish cope with global warming?

研究代表者

阿見彌 典子 (Amiya, Noriko)

北里大学・海洋生命科学部・講師

研究者番号：20588503

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：瀬戸内海に生息するイカナゴの夏眠の発現を決める基準水温は13-14℃であることが示唆された。また、夏眠しない場合でもイカナゴの遊泳率は徐々に減少することから、活動量の低下は水温以外の要因によっても引き起こされることが示唆された。さらに、夏眠の指標物質として成熟に関与する生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン、テストステロン、摂食促進に関与するメラニン凝集ホルモン、抑制に関与するレプチンがイカナゴの夏眠に関与することが示唆された。

以上イカナゴの“夏眠”と“繁殖”に着目した本研究により、イカナゴの夏眠を示す指標となり得る物質の存在、夏眠の開始/終了を決定づける環境要因を追究することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

夏眠の生理学的指標となる可能性のある物質を示した本研究結果は、イカナゴの夏眠開始/終了時期の予測法の確立に繋がる。またそれにより、イカナゴの減少要因の特定だけでなく、夏眠魚調査を基にした加入量予測の精度の向上にも寄与できる可能性がある。また、夏眠のような一時的な活動の停止は、無脊椎動物から哺乳類まで広く確認されている。したがって本研究の夏眠に関する成果は、夏眠・冬眠・休眠の進化的背景の理解にも繋がり、基礎生物学的にも重要である。

研究成果の概要(英文)：It was found that the water temperature around 13-14°C induces the onset of aestivation in the Seto Inland Sea population of the Japanese sandlance. On the other hand, the swimming rate of the fish gradually decreases even they do not enter the aestivation, indicating that the decrease in activity is caused by factors other than temperature. Moreover, some endocrinological substances such as maturation-related GnRH and testosterone, feeding-enhancing MCH and -suppressing leptin are found to be involved in the mechanism of aestivation. Thus the present study focusing on the "aestivation" and "reproduction" revealed the existence of substances that may serve as indicators of dormancy and environmental factors that determine the onset/end of summer sleep in the sandlance.

研究分野：水族生理

キーワード：夏眠

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

イカナゴ *Ammodytes japonicus* は漁獲対象種であるだけでなく、養殖魚の餌料や高次捕食者の餌生物として沿岸生態系を支える重要種でもある。しかし、日本各地で漁獲量は激減し、主要漁場である愛知県では禁漁措置が取られるに至り、有効な資源管理策の導入が急務となっている。イカナゴは、繁殖直前までの半年間、“夏眠”という休眠様の期間を有する。夏眠は夏季の高水温期に開始され、夏眠中は砂に潜り続けて摂餌行動は行わない。その後、初冬に砂中にて性成熟を開始し、夏眠終了と同時に砂から出て産卵する。そのため、各地の水産試験場では夏眠中(砂中)のイカナゴを採集し、その個体数から翌年の加入量を予測してきた。しかし、野外での夏眠開始/終了時期は不明であり、かつ、イカナゴは夏眠期以外でも砂に潜る習性を有している。したがって、採集された個体が夏眠個体であるのかは不明であり、加入量予測に用いることのできるサンプルであるのか不明のまま、“夏眠魚調査”が行われている。

2. 研究の目的

そこで、採集個体が夏眠中であることを示す指標や、夏眠の開始/終了を決定づける環境要因、さらには、それら要因と生存・性成熟の関係が明らかになれば、資源量減少要因の特定と新規加入量の正確な予測法の確立に繋がると考えた。本研究では、イカナゴの“夏眠”と“繁殖”に着目し、行動生理学的基盤から、イカナゴの資源量減少要因の特定を目指した。

3. 研究の方法

(1) 夏眠が水温に応答した行動であることに着目して、さまざまな水温条件で飼育して夏眠の開始/終了要因の解明を試みた。積算水温と夏眠の関係を明らかにすることを目的として、15一定、および16一定飼育を行ない夏眠の有無を調べた(1-1)。また、夏眠生態を明らかにするために、水分・タンパク質・脂質含量からエネルギー量を算出し、夏眠前から後にかけてのエネルギー量の変化を調べた(1-2)。

(2) 夏眠中に生殖腺が発達することから、性成熟に関与するホルモンの動態を調べ、夏眠前～夏眠後にかけて変動する因子の特定を試みた。瀬戸内海個体群を12一定で飼育(一定群)すると夏眠は行わない。そこで、夏眠を行わない瀬戸内海個体群を作出し、自然水温条件下での飼育(自然群)により夏眠した個体と、夏眠をしなかった個体の繁殖期直前～繁殖期における下垂体内の生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン(GnRH)と血中テストステロン量を比較した(2-1)。自然群と夏眠をしない水温である一定群、水温の上限を夏眠しない20まで変化させた(制限群)条件で飼育し、最大遊泳率の変化を調べた。また、5-12月末にかけて生殖腺重量比(GSI)の算出と採血を行い、血中テストステロン量を測定した(2-2)。

(3) 夏眠中は摂餌行動が停止することから、摂食促進に関与するメラニン凝集ホルモン(MCH)の動態を(3-1)、摂食抑制に関与するレプチン発現の周年変化を調べ(3-2)、夏眠前～夏眠後にかけて変動する因子の特定を試みた。

4. 研究成果

(1-1) 夏眠開始要因特定のため、累積水温の関与を調べるとともに、夏眠を開始させる水温条件の特定を試み、自然水温、16℃、15℃一定条件で飼育した。北里大学に搬入後の累積水温値に加えて、搬入前(1-4月)の累積水温値を加算すると、自然水温群は3480、16℃一定群は3883、15℃一定群は3667となった。以上の結果とこれまでの研究結果から、瀬戸内海に生息するイカナゴの夏眠の発現を決める基準水温は13-14℃と考えられた。

(1-2) エネルギー量は夏眠前～後にかけて減少した。繁殖期の魚体のみのエネルギー量は雌でのみ減少した。一方、エネルギー量(魚体+生殖腺)に変化は無かった。以上より、イカナゴでは夏眠開始から終了に伴いエネルギー量が減少すること、精子成熟より卵成熟によりエネルギーが必要であることが示された。

(2-1) 下垂体内 GnRH 量は自然条件下で飼育し夏眠した個体群(対照群)より常に高い値を示した。血中テストステロン量も対照群におけるテストステロン量よりも常に高く、最大で10-15倍も高かった。ただし、成熟期では、12℃一定群と対照群の血中テストステロン量はほぼ同じ値となった。夏眠した個体群では下垂体内 GnRH 量、血中テストステロン量および生殖腺重量比が成熟期にかけて同調して増加するのに対し、夏眠しなかった12℃一定飼育群では GnRH とテストステロン量の増加する時期が一致しなかった。この結果は、視床下部-脳下垂体-生殖腺以外の系によりテストステロンの分泌が制御されている可能性を示唆している。

(2-2) 自然水温を模した条件で飼育した自然群の遊泳率は、7月末から急激に低下し、8月末以降は0となった。一定群と制限群でも遊泳率は11月頃に1/2程度に減少したものの、全ての個体が潜砂を維持する時期はなかった。6月から8月にかけての血中テストステロン濃度は、自然群では徐々に低下したのに対し、一定群と制限群では徐々に増加した。以上より、夏眠しない場合でもイカナゴの遊泳率は徐々に減少することから、活動量の低下は水温以外の要因によっても引き起こされることが示唆された。また、自然群において血中テストステロン量の増加と生殖腺が発達する時期は一致しないことから、テストステロンは性成熟とは別の機能も有することが示唆された。

(3-1) 夏眠開始前の脳内 MCH 濃度は、夏眠開始直前・開始後に低くなる傾向があった。夏眠期間中においては、終盤にかけて高くなる傾向があった。給餌量は夏眠開始直前にむけて減少傾向を示したが、遊泳個体数は夏眠直前まである程度数が維持されていた。無給餌実験による結果から脳内 MCH 濃度はイカナゴの摂食促進に関与している可能性が高いことから、イカナゴの摂餌活性に関わる脳内 MCH も夏眠の指標物質となる可能性が見いだされた。

(3-2) 血中レプチンの測定系を開発した。しかし感度が低かったため、これまでに同定したイカナゴレプチンの塩基配列情報を基に肝臓でのレプチン遺伝子発現の周年変化を調べた。その結果、通常の栄養状態であるイカナゴにおいては、夏眠期後半である11-12月では肝臓でのレプチンの発現が消失した。一方、栄養状態が悪い痩せたイカナゴの肝臓ではレプチン遺伝子は11-12月も発現していた。夏眠を行うためには栄養状態が重要であることから、以上の結果は、レプチンが何らかの形で夏眠に関与している可能性が考えられた。また、11-12月は成熟期でも

あることから成熟との関連性も考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takegaki Takeshi, Nakatake Yosuke, Amiya Noriko	4. 巻 97
2. 論文標題 Effect of the administration of prolactin releasing peptide2 on feeding activity in the intertidal blenny <i>Rhabdoblennius nitidus</i> (Gunther, 1861)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fish Biology	6. 最初と最後の頁 566 ~ 571
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jfb.14367	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Amiya N, Yoshinaga T, Ida H, Aoyama J, Yoneda M	4. 巻 43
2. 論文標題 Unique morphological characteristics of Japanese sand lances, genus <i>Ammodytes</i> , possibly endemic along the northern Sanriku Coast	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Coastal Marine Science	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 宮崎善弥, 阿見彌典子, 吉永龍起, 天野勝文
2. 発表標題 メラトニンがイカナゴの潜砂行動発現に及ぼす影響
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 米田道夫, 中村政裕, 森岡泰三, 阿見彌典子, 富山 毅
2. 発表標題 イカナゴの産卵特性に及ぼす夏眠水温と母性年齢の影響：瀬戸内海と仙台湾の比較
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 仲野菜夕, 阿見彌典子, 佐野孝輔, 吉永龍起, 天野勝文
2. 発表標題 栄養状態がイカナゴの夏眠に及ぼす影響
3. 学会等名 日本動物行動学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片岡真暉, 阿見彌典子, 吉永龍起, 天野勝文
2. 発表標題 イカナゴの夏眠開始に先立つ行動の変化
3. 学会等名 日本動物行動学会
4. 発表年 2021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

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