



2025 年 10 月 30 日

北里大学

学校法人 自治医科大学

学校法人 東京医科大学

兵庫県立農林水産技術総合センター
水産技術センター

高水温はイカナゴを深い夏眠状態に導く

長期飼育による行動解析から、^{かみん}夏眠の内的な制御機構の一端を解明

北里大学海洋生命科学部の阿見彌典子准教授、天野勝文教授、吉永龍起教授、自治医科大学医学部の東 森生講師、東京医科大学自然科学領域生物学教室の田中千香也講師、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センターの高倉良太主任研究員らの研究チームは、半年間も砂に潜って夏眠するイカナゴを小型水槽で長期飼育することに成功し、これまで観察できなかった夏眠生態の特徴を明らかにしました。この研究成果は、2025 年 10 月 11 日に Springer Nature 社が出版する日本動物行動学会の国際学術誌 Journal of Ethology に掲載されました。

Temporal swimming impairment during estivation in western sand lance *Ammodytes japonicus*.
Amiya N, Hibino S, Azuma M, Tanaka C, Kataoka M, Nakano N, Takakura R, Amano M, Yoshinaga T
Journal of Ethology doi: 10.1007/s10164-025-00867-3 (2025)

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10164-025-00867-3>



<本研究のポイント>

- ・ イカナゴの約半年に及ぶ夏眠期間における行動指標の特定
- ・ 夏眠の開始時期は遊泳能力が著しく低下（temporal swimming impairment, TSI）
- ・ 夏眠期の後半には遊泳能力が回復するものの、夏眠は継続
- ・ 夏眠は「深い夏眠～浅い夏眠」へと変化
- ・ 深い夏眠は高水温により誘導

Press Release

1. 研究の背景

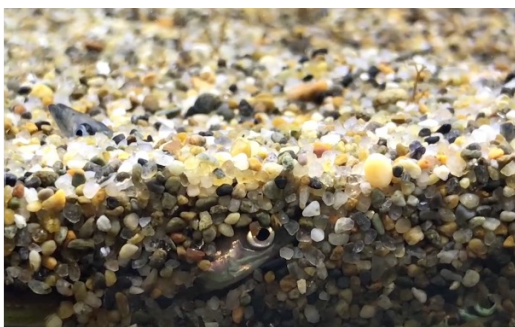
小型海産魚のイカナゴ *Ammodytes japonicus* は、くぎ煮や生しらすとして親しまれているだけでなく、高次捕食者の餌生物として沿岸生態系を支える重要種です。しかし日本各地で漁獲量が激減し、青森県や愛知県、三重県では 10 年ほど前から禁漁措置がとられています。さらに大阪湾でも 2024 年から自粛されており、資源の回復と有効な管理策の導入が急務となっています。このためには、イカナゴの生態を理解することが必須です。

イカナゴの生活史には、初夏から約半年間も続く“夏眠 (estivation)”という特殊な休眠期間があります。本種は冬季に孵化し、春は活発に摂餌して成長します。一方、夏の水温が上昇する時期に夏眠を開始し、その後の約 6 ヶ月は砂に潜り続けて餌も食べません。そして晩秋に砂中で性成熟が開始し、夏眠の終了とともに砂から出て冬季に産卵します。

休眠生態は生物が過酷な環境を生き延びるために獲得した適応的な行動であり、全ての動物門で知られている非常に興味深い能力です。休眠生態を持つ多くの種に共通してみられる変化は、摂餌量の著しい減少とそれに続く停止です (Secor, Carey 2016. *Comp. Physiol.* 6: 773–825)。しかし、外界の温度によって体温が決まる変温動物の魚類における摂餌活性の低下は、冬季の低水温によるものか、自発的な休眠による調節なのかを区別するのが難しいという問題がありました。そこで、私たちは高い環境温度で発現する夏眠に着目しました。



ガラス水槽内で泳ぐイカナゴ



潜砂しているイカナゴ



行動を観察するための実験設備

2. 研究の内容

イカナゴは、夏眠期ではない活動期にも砂に潜るという面白い行動を示します。非夏眠期のイカナゴは朝に明るくなると砂から出て遊泳しながら餌を食べ、夕方に暗くなると砂に潜る（潜砂）という日周リズムを示します（**図 1**）。しかし、この行動リズムは夏眠期に消失します。約 6 ヶ月にもおよぶ夏眠中のイカナゴは常に砂の中で過ごし、遊泳も摂餌もしないのです。また、非夏眠期の行動は光と概日リズムにより制御されること、潜砂行動は概日リズムを司るホルモン（メラトニン）により誘導されることが示唆されました（論文 6）。さらに、夏眠期には行動の日周リズムだけではなく、暗期にメラトニンが多く分泌されるリズムも消失しました（論文 4）。このようにイカナゴの夏眠時には行動や生理学的な変化が生じますが、どのような要因により夏眠が開始されているのかはわかりませんでした。

夏季に開始される休眠という特徴から夏眠と呼ばれますが、夏眠の開始時（約 20℃）と終了時（約 14℃）の水温の違いから、私たちは水温に依存した休眠とは異なるのではないかと考えました。そこでイカナゴを夏眠しない時期の低水温（12℃）で飼育してみました。その結果、生息海域の水温と日長の季節変化を模した条件で飼育した自然条件群とほぼ同時に夏眠を開始しました。これは、イカナゴにおける夏眠の開始要因は高水温ではなく、内的な要因による影響が強いことを示します（論文 3）。

低水温下でも遊泳や摂餌行動は消失し、このことから夏眠を開始したと判断されました。しかし、低水温条件で夏眠している個体ではメラトニンの分泌リズムが維持されていました（論文 5）。すなわち、低水温条件下における遊泳行動の消失は、自然環境下での夏眠とは性質が異なっている可能性が見出されました。そこで本研究では、自然条件および低水温条件で夏眠している個体の状態の違いを明らかにすることを目的として、まず (1) 夏眠中の行動指標を探索しました。そして、この指標をもとに (2) 異なる水温条件下で潜砂を続ける個体の状態を比較しました。

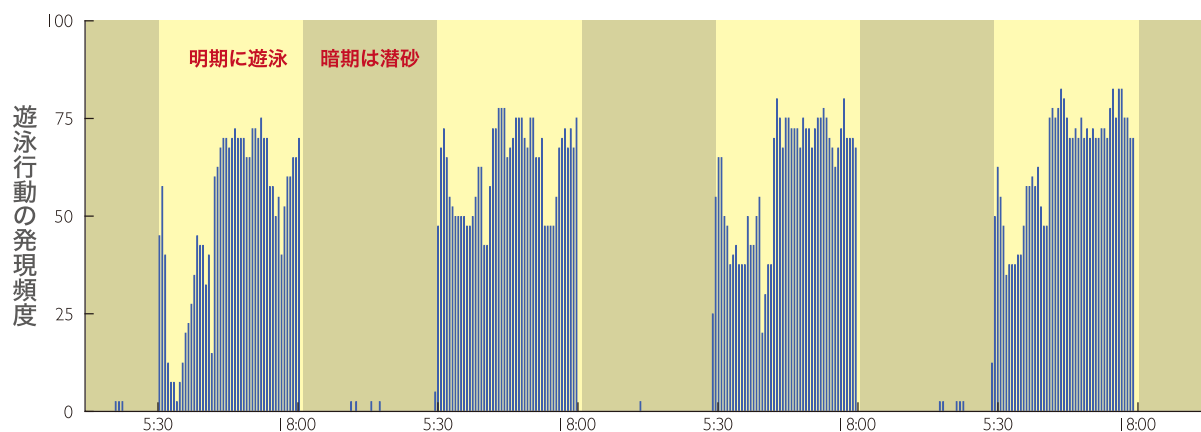


図 1. イカナゴの日周行動（論文 6 を改変）

3. 研究の成果

非夏眠期のイカナゴは、夜間でも砂から取り出すとしばらく遊泳します。しかし、昼夜を問わず砂に潜っている夏眠期は、砂中のイカナゴがどのような状態なのか不明でした。そこで日中にイカナゴを砂から取り出して観察したところ、非夏眠期（5月）は活発に遊泳しました（図2）。一方、夏眠期（10月）の個体は底面に横たわりました。呼吸に重要な鰓^{えら}は正常に動いていたことから、遊泳する能力が喪失していることが分かりました。そこで、この状態を **TSI**（Temporal Swimming Impairment；一時的な遊泳能力の喪失）と定義しました。

続いて、非夏眠期と夏眠期を網羅して観察したところ、自然水温の水槽では8月から10月にかけてほとんどの個体が TSI を示すことが分かりました。一方、11月以降も砂中に留まっていたものの遊泳能力は回復していました。そこで、TSI の発生する期間を「**深い夏眠**」、遊泳できるものの潜砂を続ける期間を「**浅い夏眠**」と定義しました。これに基づき、イカナゴの夏眠は**深い夏眠** → **浅い夏眠**とその深さが変化していることが分かりました。

低水温一定でも7月末に遊泳個体がいなくなりましたが、TSI を示す個体はほとんどいませんでした。そこで、低い水温で生じる遊泳行動の消失は、通常の夏眠とは異なる**夏眠様**（estivation-like；夏眠に類似した状態）と定義しました。この結果より、水温に関わらず遊泳行動は夏季に消失するものの、遊泳能力の喪失には高水温が関わることが分かりました。

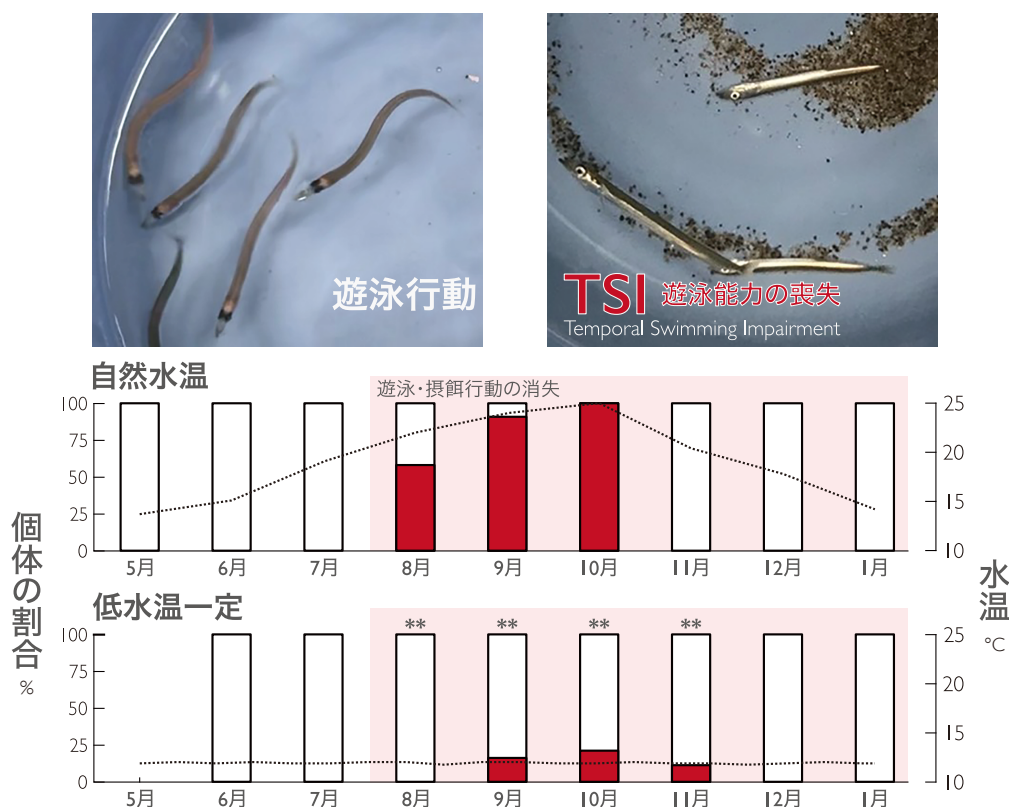
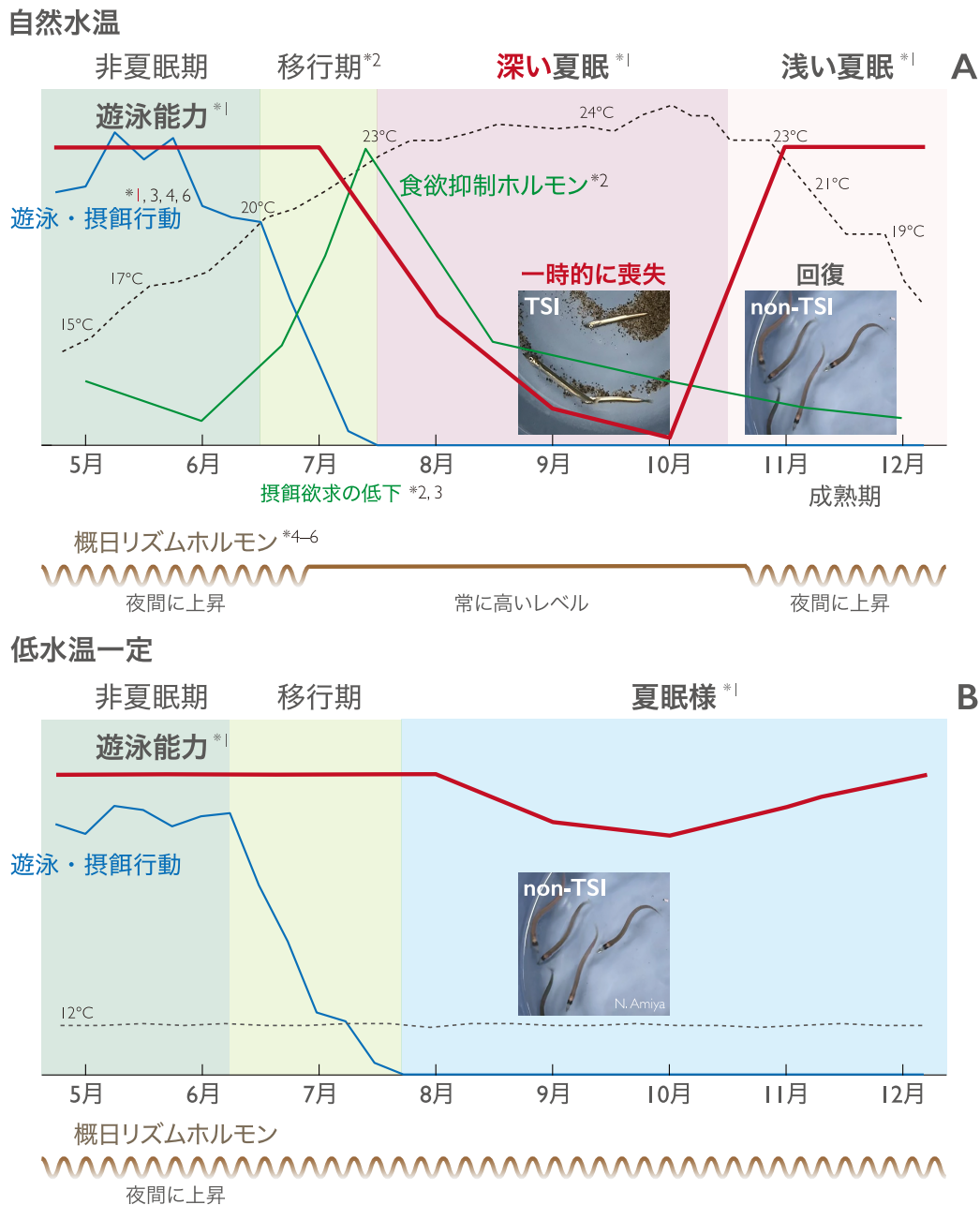


図2. 夏眠期における遊泳能の一時的な喪失（TSI）

Press Release



Amiya et al. (2025) を一部改変

*1 Amiya et al. (2025) J. Ethol. (in press)

*4 Hibino et al. (2024b) Zool. Sci. 41, 245–250

*2 Amiya et al. (2024) J. Exp. Zool. A 341, 913–924

*5 Hibino et al. (2024c) Coast. Mar. Sci. 47, 1–6

*3 Hibino et al. (2024a) J. Ethol. 42, 131–135

*6 Amiya et al. (2023) Zool. Sci. 40, 423–430

図3. 本研究¹と参考論文²⁻⁶の成果をまとめました。水温を季節変化に合わせた水槽 (**A**) および冬季の水温に相当する 12℃ 一定とした水槽 (**B**) で、イカナゴを5月から12月にかけて飼育観察しました。興味深いことに、いずれの水槽でも6月中旬から遊泳・摂餌行動が減少して**同時に消失**しました³。一方、本研究では夏眠期前半の遊泳能力の一時的な喪失 (**TSI**) は自然水温のみで生じることを明らかにし、低水温で引き起こされる遊泳行動の消失は、夏眠とは異なる現象 (**夏眠様**) であることが分かりました。一連の行動特性の変化は、概日リズムを司る**メラトニン**の分泌リズム⁴⁻⁶や、食欲を抑制する**レプチン**の増加²といったホルモンにより制御されている可能性も見出しています。

Press Release

4. 今後の展開

イカナゴは、オホーツク海から瀬戸内海まで広い緯度域に分布しています。イカナゴは北方の寒い海域に起源し、私たちが研究対象としている瀬戸内海のイカナゴは、最南端に分布する生態的に最も特殊化した地域集団（系群）です。したがって、本研究により明らかとなった水温による夏眠の深さの違いは、イカナゴが進化の過程で分布域を南下させた際に生じた夏眠の特殊形態である可能性があります。では実際にどのようにしてイカナゴの夏眠生態は進化したのか、今後の研究で夏眠の生態学的意義を追究することが目標です（図 3）。また近年、水産重要種であるイカナゴの資源量回復に向けた取り組みが精力的に行われています。これらの取り組みを支える情報として、今後も生理生態学的な情報を発信していきたいと考えています。

5. 謝辞

本研究で飼育実験に用いたイカナゴをご提供いただいた株式会社 森水産（愛媛県松山市）および育波浦漁業協同組合（兵庫県淡路市）の皆様、ならびに井田 齋北里大学名誉教授に深く感謝いたします。兵庫県立農林水産技術総合センター 水産技術センターの西川哲也博士、魚住香織氏、岡本繁好氏、反田 實博士（現、吉備国際大学）には飼育実験の立ち上げにおいて多大なご協力をいただきました。また、イカナゴ研究のきっかけをくださった東京大学 大気海洋研究所 国際沿岸海洋研究センターの青山 潤教授、飼育実験に携わった学生たちに心より感謝いたします。本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金（22K05823, 20K15834, 23K05373）の助成を受けて実施されました。



6. 論文情報

題目： **Temporal swimming impairment during estivation in western sand lance *Ammodytes japonicus*** (イカナゴの夏眠期における遊泳能力の一時的な喪失)

著者： 阿見彌典子^{1*}, 日比野静葉¹, 東 森生², 田中千香也³, 片岡真暉¹, 仲野菜夕¹, 高倉良太⁴, 天野勝文¹, 吉永龍起¹

¹ 北里大学海洋生命科学部; ² 自治医科大学医学部, ³ 東京医科大学自然科学領域生物学教室;

⁴ 兵庫県立農林水産技術総合センター 水産技術センター; * 責任著者

雑誌： Journal of Ethology (2025 年 10 月 11 日) DOI: 10.1007/s10164-025-00867-3

<https://rdcu.be/eKAeP>

参考論文

2. Leptin gene expression in the brain is associated with the physiological onset of estivation in western sand lance *Ammodytes japonicus* (イカナゴの夏眠開始における脳内のレプチン遺伝子の発現動態)

阿見彌典子, 仲野菜夕, 田中千香也, 日比野静葉, 高倉良太, 天野勝文, 吉永龍起

Journal of Experimental Zoology Part A 341, 913–924 (2024) doi.org/10.1002/jez.2850

3. Onset of estivation in the western sand lance *Ammodytes japonicus* is not solely triggered by elevating water temperature (イカナゴの夏眠は水温の上昇によってのみ発現するのではない)

日比野静葉, 阿見彌典子, 仲野菜夕, 高倉良太, 天野勝文, 吉永龍起

Journal of Ethology 42, 131–135 (2024) doi.org/10.1007/s10164-023-00805-1

4. Changes in behavior and diel melatonin secretion toward estivation in western sand lance *Ammodytes japonicus* (Uranoscopiformes, Ammodytidae) (イカナゴの夏眠に先立つ行動とメラトニンの分泌リズムの変化)

日比野静葉, 阿見彌典子, 宮崎善弥, 仲野菜夕, 米田道夫, 天野勝文, 吉永龍起

Zoological Science 41, 245–250 (2024) doi.org/10.2108/zs230105

5. Diurnal secretion rhythm of melatonin in western sand lance *Ammodytes japonicus* in association with estivation. (イカナゴの夏眠におけるメラトニンの日周分泌リズムの関与)

日比野静葉, 仲野菜夕, 高倉良太, 吉永龍起, 阿見彌典子

Coastal Marine Science 47, 1–6 (2024) <https://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp> (CMS470102)

6. Circadian rhythm and endocrinological control on the swimming and sand burrowing behaviors in the Japanese sand lances *Ammodytes* spp. (Uranoscopiformes, Ammodytidae) (イカナゴの遊泳および潜砂行動における日周リズムと内分泌的制御)

阿見彌典子, 松田絵里, 宮崎善弥, 仲野菜夕, 片岡真暉, 山路大一, 天野勝文, 吉永龍起

Zoological Science 40, 423–430 (2023) doi.org/10.2108/zs230053

Press Release

7. 問い合わせ先

<研究に関するお問い合わせ>

北里大学海洋生命科学部・准教授

阿見彌典子（あみや のりこ）

E-mail: namiya@kitasato-u.ac.jp

<取材に関するお問い合わせ>

学校法人北里研究所 広報室

TEL: 03-5791-6422; FAX: 03-3444-2530

E-mail: kohoh@kitasato-u.ac.jp

学校法人東京医科大学 法人企画部 広報・社会連携推進室

TEL: 03-3351-6141（代表）

E-mail: d-koho@tokyo-med.ac.jp

学校法人自治医科大学 大学事務部研究推進課

TEL: 0285-58-7550（代表）

E-mail: shien@jichi.ac.jp

兵庫県立農林水産技術総合センター 水産技術センター

TEL: 078-941-8601（代表）

E-mail: Ryouta_Takakura@pref.hyogo.lg.jp

