

令和5年5月2日

各報道機関文教担当記者 殿

## 深海から浅海に適応したマシコヒゲムシの生態を 7年間の潜水調査により解明！

金沢大学環日本海域環境研究センター鈴木信雄教授と小木曾正造技術専門職員，公立小松大学の平山順教授と渡辺数基博士，立教大学（前東京医科歯科大学）の服部淳彦特任教授と丸山雄介助教，北里大学の三宅裕志教授を中心とした共同研究グループは，深海から浅海に適応したマシコヒゲムシ（*Oligobrachia mashikoi*）（図1）の生態を，7年間にわたる継続的な潜水調査により，その特徴的な行動を明らかにしました。

マシコヒゲムシには触手（※1）（図2）があり，本研究では，その触手を棲管から伸ばしたり，引っ込めたりする行動を観察しました。さらに，このマシコヒゲムシの行動において海水温と光に依存した規則性があることを明らかにしました。特に，光にตอบสนองして触手を棲管に引っ込めるため，夜間により多くの個体が触手を伸ばしていることが分かりました。光にตอบสนองするという行動は，光が届かない深海から浅海への適応するためのマシコヒゲムシの戦略の一つであると考えられます。

マシコヒゲムシは，シボグリヌム科に属します。この科に属する種の大部分は深海に生息していることから，これまでその生態について詳しく調べるのが困難でした。一方で，マシコヒゲムシは，金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設が面する九十九湾の水深7-24mの浅海に生息しているため，その潜水調査が可能です。そこで小木曾技術専門職員が，自ら潜水し調査を実施しました。その結果，触手を伸ばす行動が海水温と照度に依存することが判明しました。また，夜間は昼間に比べて触手を伸ばす個体が多く，光を遮断すると昼間でも触手を伸ばす個体が増えることが分かりました。さらに，この触手の動きを制御する可能性がある，光受容タンパク質（ニューロプシン（※2））をコードする遺伝子を同定しました。

以上の結果は，その多くが深海に生息するヒゲムシ類においても，浅海にすむことにより光や温度にตอบสนองすることを世界で初めて証明した新知見です。

本研究成果は，2023年4月18日にイギリスの国際学術誌『*Scientific Reports*』のオンライン版に掲載されました。

## 【研究の背景】

マシコヒゲムシは、シボグリナム科に属し、口や消化管などを持たず、体内に共生する細菌から栄養を得ています。シボリナム科に属する生物としてよく知られているのが、深海の熱水噴出域に生息するハオリムシ類（チューブワーム）です。この科に属する種の大部分は深海に生息していることから、その生態については詳しく調べられていません。一方、マシコヒゲムシは、金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設が面する九十九湾の水深7–24 mの浅海に生息するため、潜水調査が可能な種です。そこで小木曾技術専門職員が、自ら潜水し調査を実施しました。

## 【研究成果の概要】

7年間にわたる潜水調査の結果、触手を伸ばす行動には季節変動が見られ（図3）、海水温（図4）と照度に依存することが判明しました。そこで、マシコヒゲムシが生息する海底にタイムラプスカメラ（※3）を設置し、マシコヒゲムシの触手を伸ばす行動を詳しく観察しました。その結果、夜間は昼間に比べて触手を伸ばす個体が統計学的に有意に多いことが分かりました。日没直後に触手を伸ばす個体が増え、日の出とともに触手を伸ばす個体が減りました（図5）。次に、マシコヒゲムシが生息する海底を箱で覆い、光を遮断した状態で、触手を伸ばす行動を観察しました。その結果、光を遮断すると昼間でも触手を伸ばす行動をとる個体が増え、昼と夜との間で触手を伸ばす行動の差はなくなりました（図6）。これらの結果から、触手を伸ばす行動は、光のシグナルによって制御されていることが明らかになりました。

さらに、マシコヒゲムシの頭部で発現している遺伝子の網羅的な解析により、光受容分子を探索した結果、ニューロプシンという光受容体が発現していることが分かりました。そこでこの遺伝子の発現を調べた結果、マシコヒゲムシが触手を伸ばす夜間に、ニューロプシンの遺伝子発現も高くなっていることが判明しました（図7）。

## 【今後の展望】

2023年4月に臨海実験施設に新しく配置された船舶（あおさぎ）を用いて200 m以上の深海に生息するマシコヒゲムシの探索を予定しています。その深海性のマシコヒゲムシと浅海性のマシコヒゲムシの光受容体の遺伝子発現の違いや、光応答性の違いなどを調べることにより、マシコヒゲムシの浅海への適応進化を解明していくことを計画しています。

本研究は、2022年度 公益財団法人水産無脊椎動物研究所個別研究助成 (KO2022-03)、公益信託ミキモト海洋生態研究助成基金研究助成、科学研究費補助金 (20K06718, 21K05725)、金沢大学の環日本海域環境研究センターの共同研究費 (22017, 22044, 22050) の支援を受けて実施されました。なお、本研究は、小木曾正造氏の博士論文研究の一環として実施しました。

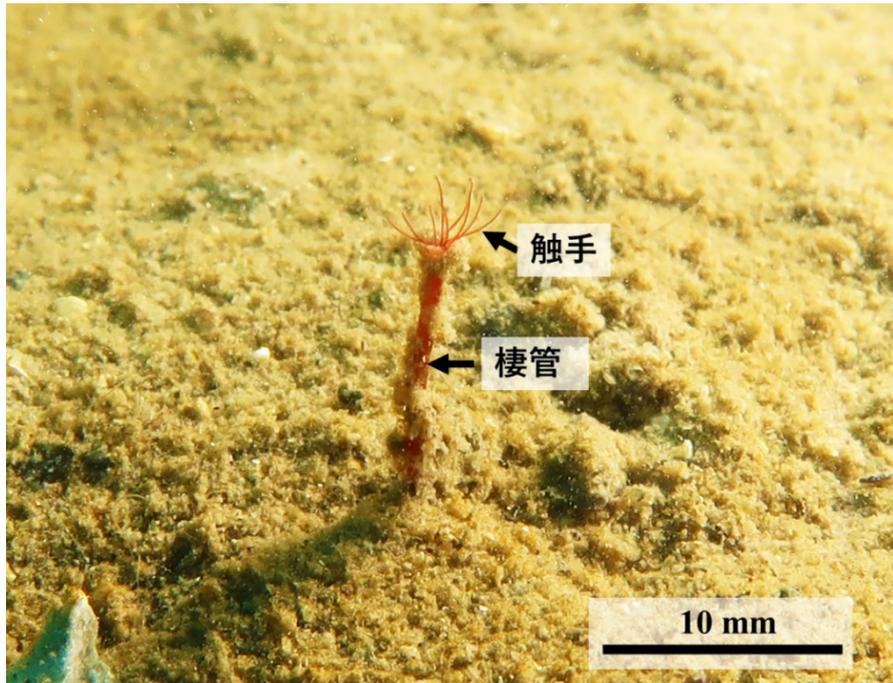


図1：マシコヒゲムシの生態写真

棲管から触手を伸ばしている写真。本研究では，この触手を動かす行動を観察した。

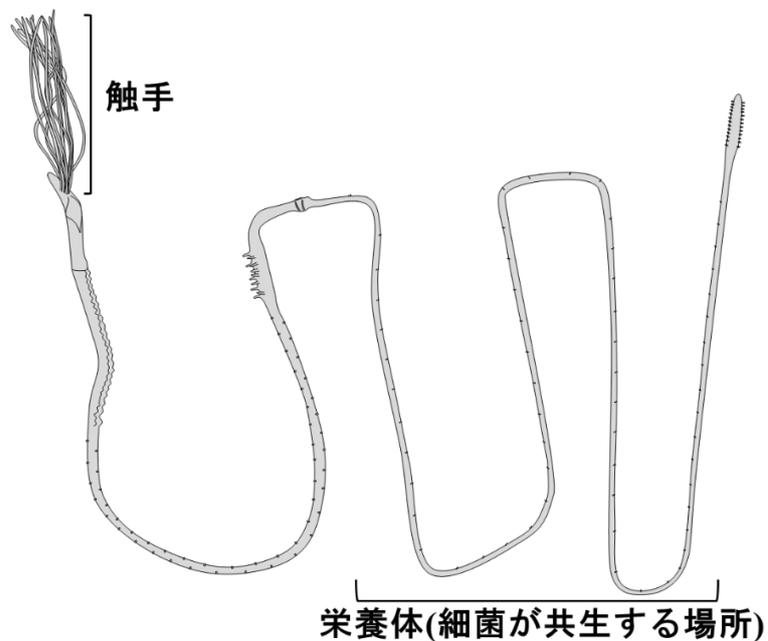


図2：マシコヒゲムシの全長の模式図

触手は，酸素を取り入れると共に，細菌が利用する硫化水素を取り込むと考えられている。

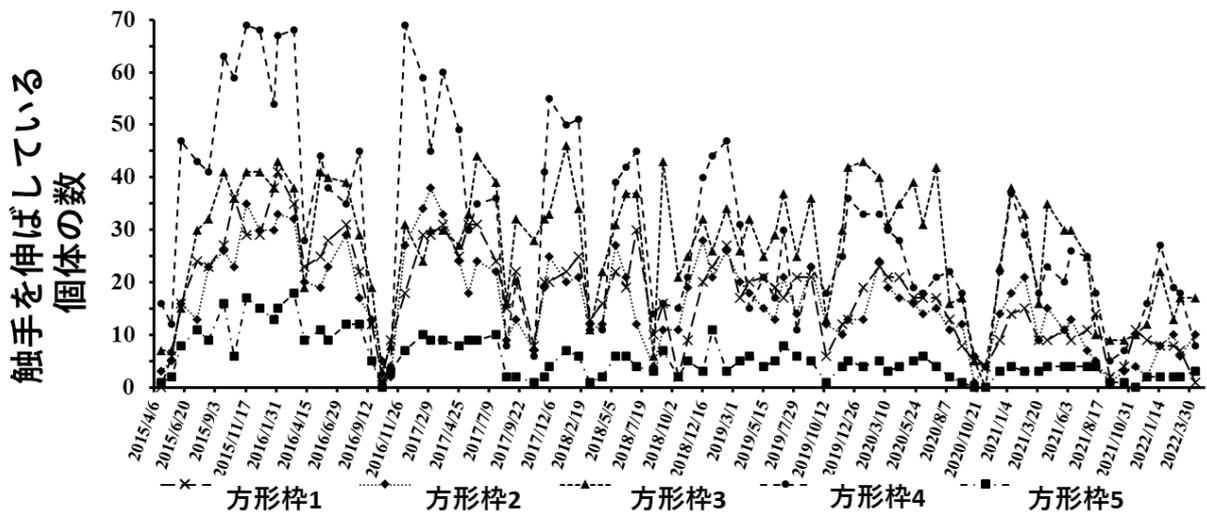


図3：マシコヒゲムシが棲管から触手を伸ばしている個体の数の変化

1 m 四方の枠を5個海底にセットして、マシコヒゲムシが触手を伸ばしている数をカウントした。その結果、触手を伸ばしている行動に規則性（季節による変化）があることが分かった。

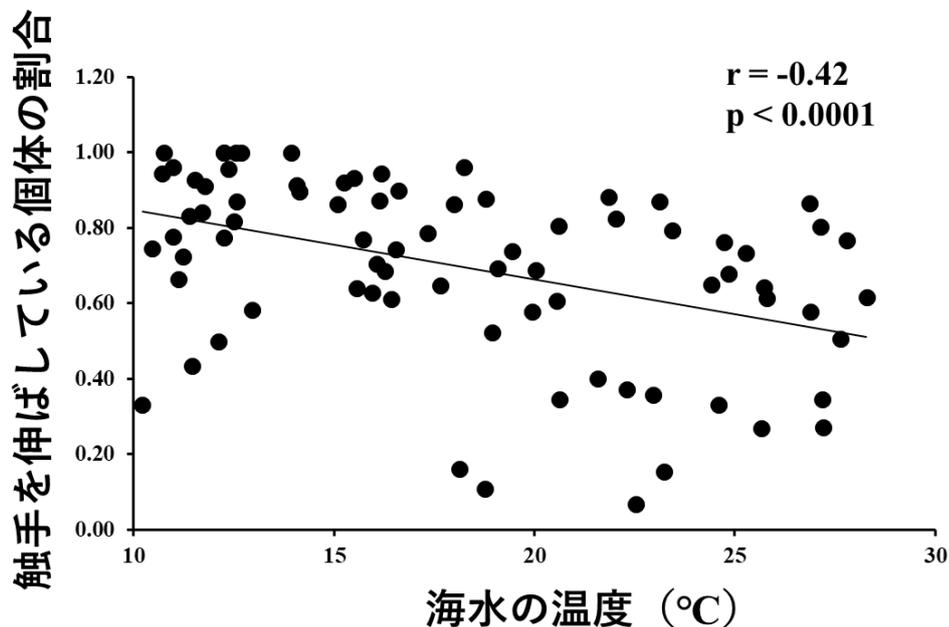


図4：マシコヒゲムシが棲管から触手を伸ばしている割合と海水温との関係

マシコヒゲムシが触手を伸ばしている割合と海水温との間には、負の相関が認められた。

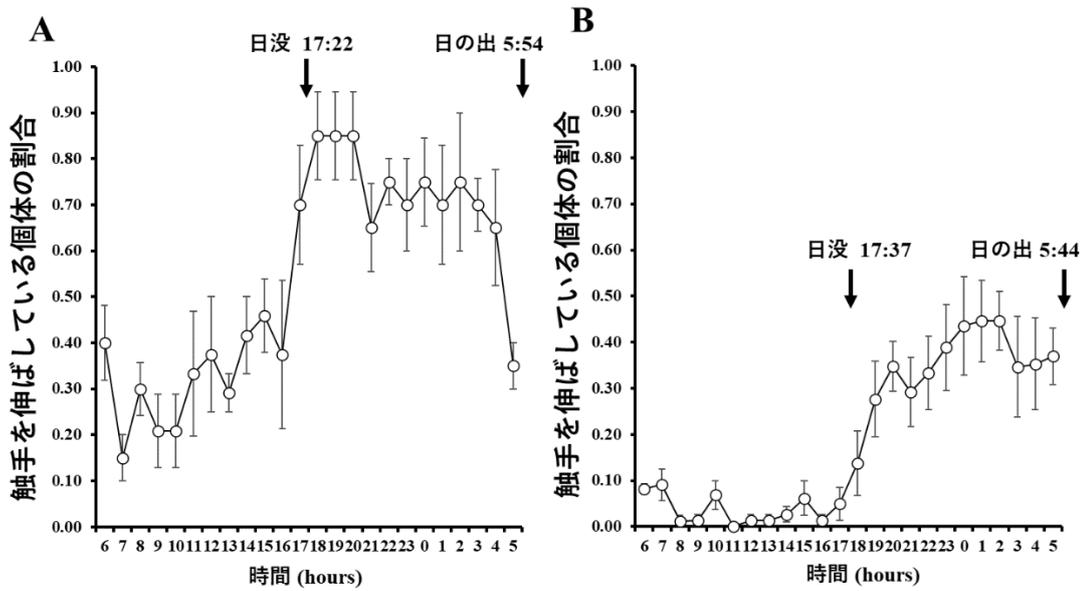


図5：マシコヒゲムシが棲管から触手を伸ばす行動のタイムラプスカメラによる観察  
 2018年の10月（A）及び2020年の9月から10月（B）の2回実施した。日没と同時に触手を伸ばす個体が増え，日の出とともに触手を伸ばす個体が減ったことが分かった。

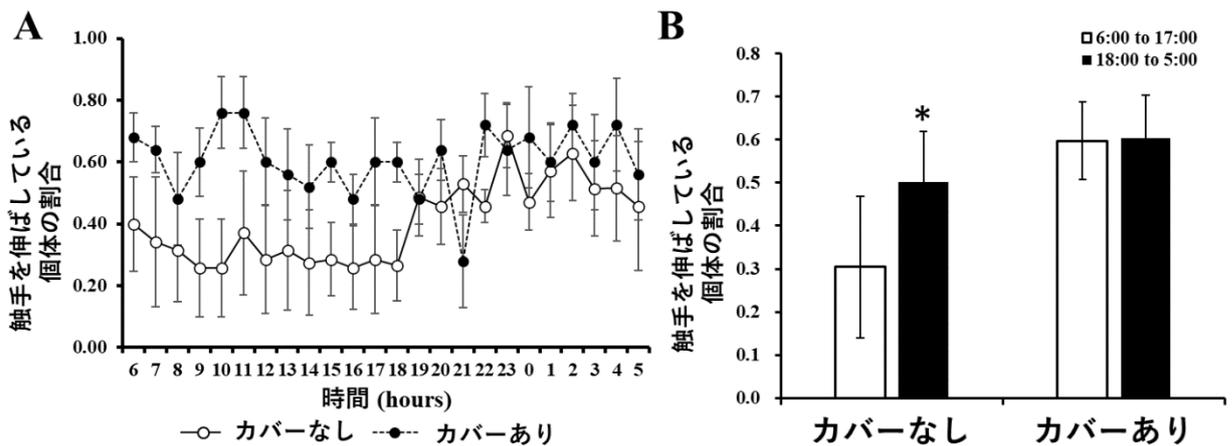


図6：光を遮蔽した時のマシコヒゲムシの棲管から触手を伸ばす行動の観察  
 マシコヒゲムシが生息する海底にタイムラプスカメラを設置し，その上から箱で覆うと，昼間でも触手を伸ばす行動をすることが判明した。Aは1日の時間の経過による変化を示し，Bは昼と夜とに分けて集計した結果を示す。\*  $P < 0.05$

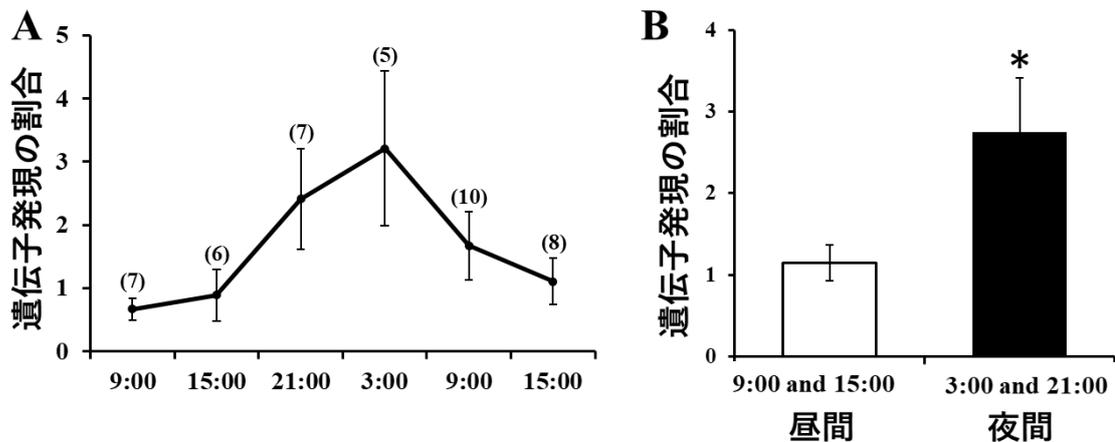


図7：光受容体であるニューロプシンをコードする遺伝子の発現の日内変化

スキューバダイビングにより、6時間毎にマシコヒゲムシを採取した。そのマシコヒゲムシからRNAを抽出し、ニューロプシン遺伝子の発現の変化を調べた。その結果、夜間にニューロプシン遺伝子の発現量が増加していることが分かった。Aは1日の時間の経過による変化を示し、Bは昼間と夜間とに分けて集計した結果を示す。()内の数字は各時間で解析した個体数を示す。\*  $P < 0.05$

### 【掲載論文】

雑誌名：Scientific Reports

論文名：Adaptation to the shallow sea-floor environment of a species, *Oligobranchia mashikoi*, of marine worms generally inhabiting deep-sea water

(海に生息する環形動物の一種「*Oligobranchia mashikoi*」の浅海底環境への適応について)

著者名：Shouzo Ogiso, Kazuki Watanabe, Yusuke Maruyama, Hiroshi Miyake, Kaito Hatano, Jun Hirayama, Atsuhiko Hattori, Yukina Watabe, Toshio Sekiguchi, Yoichiro Kitani, Yukihiro Furusawa, Yoshiaki Tabuchi, Hajime Matsubara, Mana Nakagiri, Kenji Toyota, Yuichi Sasayama, and Nobuo Suzuki

(小木曾正造, 渡辺数基, 丸山雄介, 三宅裕志, 端野開都, 平山順, 服部淳彦, 渡部雪菜, 関口俊男, 木谷洋一郎, 古澤之裕, 田渕圭章, 松原創, 中桐茉奈, 豊田賢治, 笹山雄一, 鈴木信雄)

掲載日：2023年4月18日にオンライン版に掲載

DOI：10.1038/s41598-023-33309-6

## 【用語解説】

### ※1：触手

無脊椎動物の口や頭部の周囲に分布する伸縮が可能な糸状の小突起のことを言う。触手には、感覚器や呼吸器が備わっており、マシコヒゲムシは触手から酸素と共に、マシコヒゲムシに共生している細菌が利用する硫化水素を取り入れていると考えられている。

### ※2：ニューロプシン

光を受容するタンパク質の1種。ニューロプシンは紫外線に応答するオプシンで360 nmの波長に吸収極大があり、360-400 nmの紫外線を吸収する。

### ※3：タイムラプスカメラ

タイムラプスは、一定時間の間隔で撮影した静止画をつなぎ合わせた動画またはその手法。例えば、自然や人工物の変化する様子などの連続写真を早送りで見ると、テレビなどでも放送されている。本研究では、マシコヒゲムシが棲管から触手を伸ばす行動を観察するために、海底にタイムラプスカメラを設置して、1時間おきに写真撮影を行った。

---

## 【本件に関するお問い合わせ先】

### ■研究内容に関すること

金沢大学環日本海域環境研究センター教授

鈴木 信雄 (すずき のぶお)

TEL : 0768-74-1151

E-mail : nobuos@staff.kanazawa-u.ac.jp

### ■広報担当

金沢大学理工系事務部総務課総務係

小橋 直 (こばし なお)

TEL : 076-234-6826

E-mail : s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp