

令和5年9月13日

各報道機関文教担当記者 殿

クルマエビの体色と成長を制御する ホルモン分子を発見！

金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設の豊田賢治特任助教，国立研究開発法人国際農林水産業研究センターの奥津智之主任研究員，三重県栽培漁業センターの山根史裕氏，神奈川大学の大平剛教授らによる共同研究グループは，クルマエビ (*Marsupenaeus japonicus*) の甲殻類雌性ホルモン (crustacean female sex hormone: CFSH) の2つの新規生理作用を発見しました。

CFSH はワタリガニの仲間から最近見つかった新しいホルモン分子で，メスの二次性徴の形成に関与していることが分かっています。その後，さまざまなカニやエビの仲間からも CFSH が見つかっていますが，その多くの種では，ワタリガニとは異なり，メスだけでなくオスでも CFSH 遺伝子が発現しており，メスの性分化への関与も認められていません。クルマエビも例外ではなく，CFSH 遺伝子は雌雄両方で発現しており，その生理機能は不明のままでした。そこで本研究では，クルマエビの CFSH の生理機能を明らかにするために，体長 10 mm 程度の稚エビに対して CFSH の機能抑制実験を実施しました。その結果，CFSH が抑制されると雌雄両方で体色が明化すること，さらにメスに比べてオスの成長が阻害されることが分かりました。これらの知見から，クルマエビの CFSH が新規の体色制御ホルモンであること，そして稚エビの成長に関与していることが示唆されました。

クルマエビは重要な水産種で，成長が早いメスの方がオスよりも高い商品価値があります。本成果を応用して，CFSH 量を増やすことでオスの成長スピードを上げることができれば，クルマエビ養殖の大幅な効率化が可能になると期待されます。今後，クルマエビ以外の種でも CFSH に同様の生理作用があることを示すことができれば，エビやカニなどの甲殻類の増養殖技術の効率化に大きく貢献できると期待されます。

本研究成果は，2023年9月10日に国際学術誌『*General and Comparative Endocrinology*』のオンライン版に掲載されました。

【研究の背景】

クルマエビは、甲殻類の中でも国内を代表する水産有用種で、沖縄県を中心に養殖事業や資源量維持のための種苗放流事業が行われています。一般に、クルマエビの商品価値は個体の大きさによって変わることから、成長スピードの速いメスの方が重用されています。同様に、他の甲殻類でも雌雄によって商品価値が異なるケースが多く、甲殻類の増養殖研究の中でも、性統御技術に関する研究は古くから世界中で行われてきました。そのような背景のもと、2014年にワタリガニの仲間であるアオガニ (*Callinectes sapidus*) からメス特異的な新規ホルモンとして CFSH が発見されました (Zmora and Chung, 2014)。アオガニで CFSH を抑制すると、メスの二次性徴形質である生殖孔 (産卵時に卵が排出される孔状の器官) が形成されないなどの形態異常が引き起こされることが分かり、甲殻類で初となる、メス性分化ホルモンとして同定されました。その後、さまざまな甲殻類で CFSH が発見されましたが、不思議なことにアオガニの仲間以外のカニ類やエビ類では、雌雄両方で同程度の CFSH 遺伝子発現が認められ、加えて、CFSH の機能抑制実験でもメスの形質に影響が出ないことが相次いで報告されました。クルマエビも例外ではなく、我々のグループがクルマエビでも CFSH 遺伝子が雌雄両方で発現していることを報告しました (Kotaka and Ohira, 2018)。以上のように、これまで CFSH は、アオガニを含む一部のワタリガニ類だけでメス性分化ホルモンとして機能する一方で、その他の甲殻類ではその生理機能は不明のままでした。そこで本研究では、クルマエビの種苗生産に関して、高度な技術・施設を有する三重県栽培漁業センターと協力して、外部形態で雌雄判別が困難な全長 10 mm の稚エビに対して RNA 干渉 (RNAi) 法という技術を用いて CFSH の機能抑制実験を実施することで、クルマエビにおける CFSH の生理作用の解明を目指しました。

【研究成果の概要】

CFSH の RNAi 実験では、試験開始後 1, 3, 5, 週目に稚エビに CFSH の二重鎖 RNA を注入し、6 週目に全個体の形態観察と体長・体重の計測を行いました。その結果、実験区のオスの体長と体重が対照区よりも顕著に減少していることが明らかになりました (図 1)。オスほど明確ではありませんでしたが、メスでも同様の傾向が見られました。これは CFSH が、特にオスでは顕著に、稚エビの成長に関与していることを示唆しています。

さらに、6 週目の形態を詳細に観察した結果、実験区と対照区の個体の体色に差異があることに気づきました。そこで、6 週目に撮影した各個体の背側の体色を、H (色相)・S (彩度)・V (明度) 情報に変換して数値化したところ、雌雄共に実験区の体色が対照区よりも明るく (薄く) なっていることを見出しました (図 2, 3)。エビやカニなどの甲殻類の体色は、複眼近くにあるサイナス腺と呼ばれる内分泌器官から分泌される赤色素凝集ホルモン (red-pigment concentrating hormone: RPCH) と色素拡散ホルモン (pigment dispersing hormone: PDH) の 2 つのホルモンによって協調的に制御されていることが知られていました。CFSH もサイナス腺で合成・分泌されるホルモンですが、本研究によって CFSH が RPCH と PDH に加えて、第 3 の新規体色調整ホルモンとして作用していることが明らかになりました。

以上の知見から、クルマエビの CFSH は、稚エビ期においてその成長と体色制御に関与していることを明らかにしました。本成果は、メス性分化という CFSH 発見時の生理機能とは異なる側面を明らかにした世界で初めての報告になります。

【今後の展開】

本研究により、その機能が未知であったクルマエビ CFSH の生理作用の一端が明らかになりました。実験当初の「性的に未分化な稚エビを使えばクルマエビでも CFSH のメス性分化への関与が明らかになるかも！」という予想は外れてしまいました。しかし、CFSH が体色調節と成長制御に関与しているという興味深い事実を見出すことができました。今後は、CFSH を稚エビで高発現させると成長促進が可能になるのか、あるいは、今回の実験で使用した稚エビよりも大きな個体でも、成長促進作用や体色調節機能を発揮するのかを調べていく予定です。さらに、クルマエビ以外の大型甲殻類においても、同様の実験を実施し、CFSH の普遍的な生理機能を明らかにしたいと考えています。

本研究は、科学研究費補助金（22H02439）、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS; JPMJSA1806）の支援を受けて実施されました。

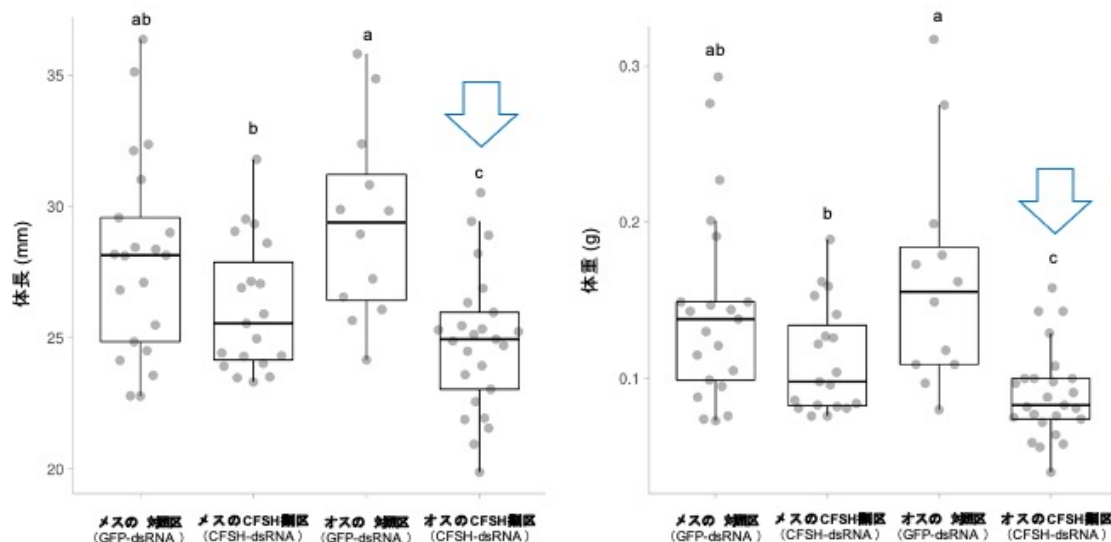


図1 CFSH 機能抑制 (RNAi) 実験が稚エビの成長に与える影響。

6週間にわたり CFSH を抑制した結果、オスでは体長と体重のどちらも明確に減少し (青矢印)、メスでもオスほど顕著ではないが同様の傾向が見られた。

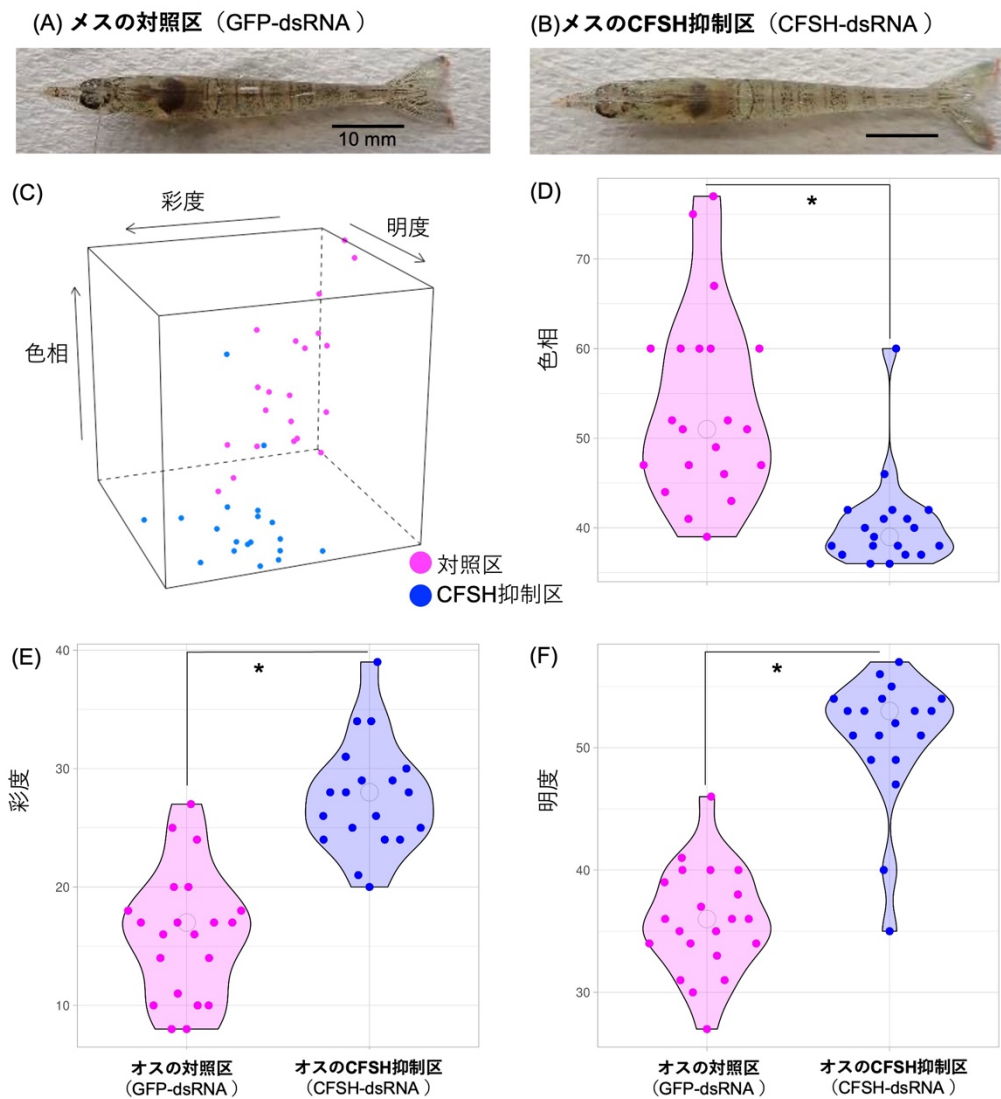


図2 CFSH 機能抑制 (RNAi) 実験がメスの稚エビの体色に与える影響。稚エビの雌雄どちらも CFSH の機能を抑制すると体色が明るく (薄く) なる (図 A, B)。体色情報を色相・彩度・明度の HSV モデルで定量評価すると、3つ全てのパラメータが CFSH 機能抑制により顕著に変化している (図 C-F)。

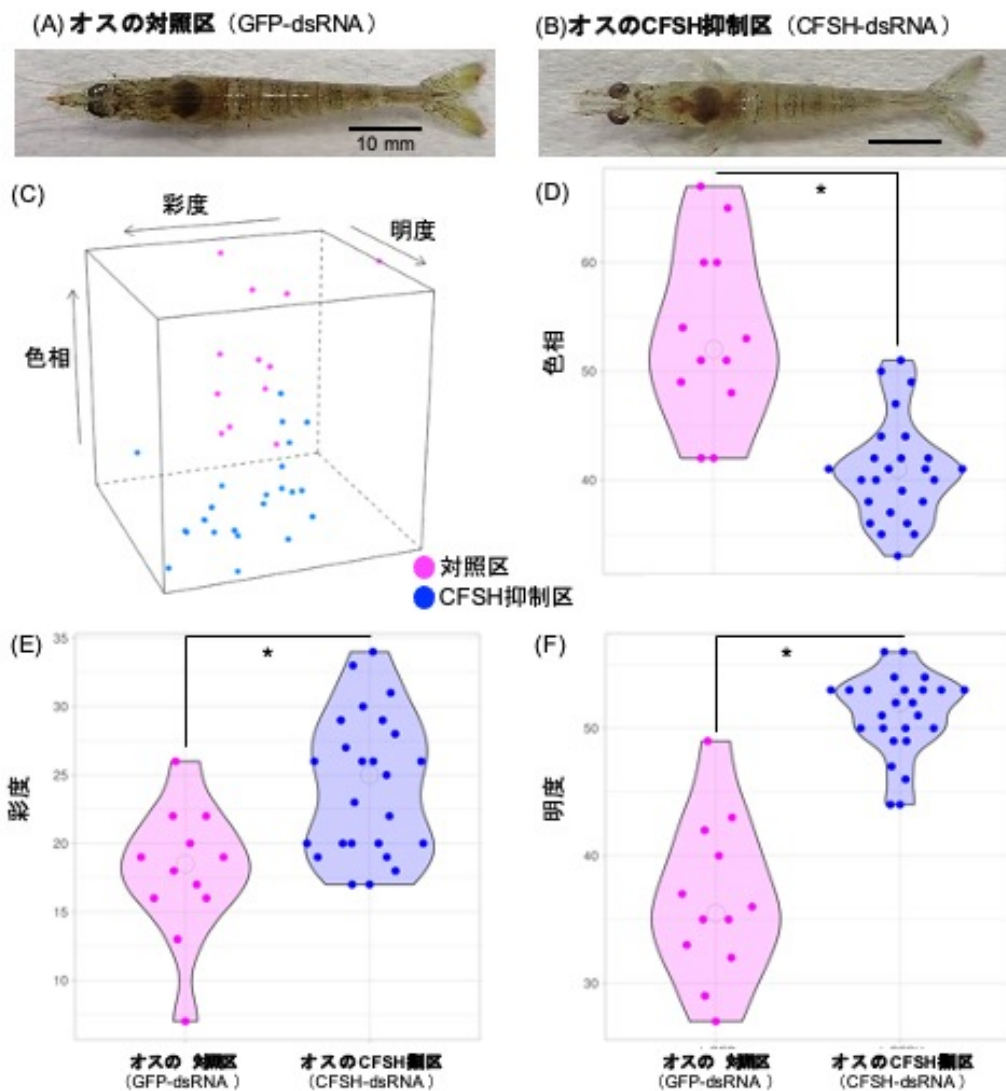


図3 CFSH機能抑制 (RNAi) 実験がオスの稚エビの体色に与える影響。稚エビの雌雄どちらも CFSH の機能を抑制すると体色が明るく (薄く) なる (図 A, B)。体色情報を色相・彩度・明度の HSV モデルで定量評価すると、3つ全てのパラメータが CFSH 機能抑制により顕著に変化している (図 C-F)。

【掲載論文】

雑誌名 : *General and Comparative Endocrinology*

論文名 : Dual roles of crustacean female sex hormone during juvenile stage in the kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus*

(クルマエビの稚エビ期における甲殻類雌性ホルモンの2つの生理機能)

著者名 : Kenji Toyota, Hanako Matsushima, Rei Osanai, Tomoyuki Okutsu, Fumihiro Yamane, Tsuyoshi Ohira.

(豊田賢治, 松嶋華子, 長内礼維, 奥津智之, 山根史裕, 大平剛)

掲載日 : 2023年9月10日にオンライン版に掲載

DOI : 10.1016/j.ygcen.2023.114374

URL : <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2023.114374>

【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臨海実験施設 特任助教

豊田 賢治 (とよた けんじ)

TEL : 0768-74-1151

E-mail : toyotak@se.kanazawa-u.ac.jp

神奈川大学理学部理学科 教授

大平 剛 (おおひら つよし)

TEL : 045-481-5661

E-mail : ohirat-bio@kanagawa-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

国際農林水産業研究センター情報広報室長

大森 圭祐 (おおもり けいすけ)

TEL : 029-838-6708

E-mail : koho-jircas@ml.affrc.go.jp

神奈川大学企画政策部広報課

椎野 和也 (しいの かずや)

TEL : 045-481-5661

E-mail : kohou-info@kanagawa-u.ac.jp