



深海底に広がる発光ナマコの多様性の解明

～新たな深海棲発光ナマコの発見とその進化的起源の解明～

【本研究のポイント】

- ・ 未解明だった深海のナマコの発光能力について、高感度カメラを搭載した深海探査機^{注1)}を使用することで、深海で実際にナマコが光る様子を撮影することに成功した。
- ・ 新たに13種の深海棲発光ナマコを発見し、これまで知られていなかった多様性が明らかになった。
- ・ 発光能力は、ナマコの仲間で6回も独立に進化しており、とくに板足類のナマコの共通祖先はおよそ2億年も昔から深海で光っていたことが明らかになった。さらに、200種以上いる板足類は全て発光する可能性が示唆された。
- ・ ナマコ以外も含めた全ての生物では、合計で発光能力が100回以上も独立に進化したことになり、生物全体の発光能力の進化・多様性についての知見を更新した。
- ・ 深海の生態系を理解する上で、生物発光^{注2)}による生物間コミュニケーションの研究の重要性が明らかになった。

【研究概要】

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学高等研究院・大学院理学研究科の別所-上原 学 特任助教は、モンレー湾水族館研究所(アメリカ)およびルーヴェン・カトリック大学(ベルギー王国)との共同研究で、深海底に生息するナマコ類^{注3)}の多くが発光能力を持つこと、そして高い多様性をもち豊富に存在することを新たに発見しました。

研究チームは、高感度カメラを搭載した深海探査機を用いることにより、新たに発光するナマコを13種発見しました。さらに、進化的解析を行い、発光するナマコ類が200種以上いる可能性を示唆しました。

ナマコ類は、他の比較的小型の深海生物と密接な関係にあることが、これまでの研究で示唆されています。今回の研究において、多くのナマコが光る可能性が示唆されたことを加味すると、その関係性に生物発光が関与する可能性が考えられます。さらに本研究成果は、地球環境および生態系の保全にとっても重要な知見になります。深海底における生物発光の重要性や役割を理解し、生物多様性の保全と持続可能な開発^{注4)}を両立できる方策を見出すことが、SDGs(持続可能な開発目標)の達成に必要です。

本研究成果は、2023年6月中旬出版予定の Academic Press - Elsevier 出版学術専門書籍「The World of Sea Cucumber」に掲載されます。

【研究背景と内容】

幻想的なホタルの光が初夏の夜を彩る光景を見たことがありますか？生物が作り出す美しい光は、日本人に文化として根付いており長く愛されてきました。しかし、陸上のホタルだけが光る生物ではありません。実は、深海を含む海洋には、自ら光を放つ能力を持つ発光生物が数多く存在しています。

地球表面の約 7 割は海であり、その約 90%が深海(200 m 以上の深さの海)です。すなわち、深海生物の生態系や生物間相互作用を知ることは、地球の生物に対する理解を深めることに繋がります。しかし、探索における障害の高さから深海生物の研究は困難であり、どのような生物がどのように光るのか、その多様性や進化、生態についてはまだ謎が多いのが現状です。

海底に生息する生物の中でもナマコは最も多く見られる生物の一つです。水深 200m 以上の深海底では、観察される生物の個体数の約 1 割がナマコであり、底生生物の中でもメジャーな動物です。ある先行研究では、その調査地のナマコ類のうち 9 割以上が発光することが報告とされています。これは、深海環境への適応に発光能力が重要であることを示唆していますが、ナマコの生物発光に関する研究はこれまでほとんど進んでいませんでした。

深海底に生息するナマコの発光を観察するには、元気な状態の個体を観察する必要があります。しかし、従来の研究手法では、底引き網などを用いて海底の泥ごと引き上げていたため、その際のダメージや、温度や圧力の急激な変化などによって、船の上で研究者が観察する時点では、すでに発光を示せるほどナマコの体力が残っていなかった(健康な状況になかった)と考えられます。そのため 50 年前にナマコが光ることが初めて報告されて以来、観察にもとづく研究すらほとんど報告されてきませんでした。

本研究では、高感度カメラを搭載した深海探査機を使用し、深海底でのナマコの自然な発光の様子を捉えることに成功しました。探査機から伸びたロボットアームによりナマコを捕まえて発光を観察したところ、ナマコの体全体を光の波が、まるでオーロラのように同心円上に広がる様子が観察されました(図 1 及び動画あり)。

(動画)<https://www.facebook.com/watch/?v=356226348487272&ref=sharing>

また、深海棲のさまざまなナマコ類の発光能力を試験したところ、新たに 13 種のナマコが発光することが分かり、既知の報告と合わせると、世界には 42 種の発光ナマコが存在することが明らかになりました。これら新たに発光することが分かった種には、隠足目イモナマコ属の一種など、目レベルで新しく見つかっており、これまで考えられていた以上に、多様な分類群のナマコが発光能力を持つことが明らかとなりました。



図1 ハゲナマコ *Pannychia moseleyi* (左)の発光の様子(右)

深海の泥地には多くのナマコ類が見つかります。無人探査機のロボットアームでハゲナマコを持ち上げると、青い帯状の光がオーロラのように全身に広がる様子が観察されました。青い生物発光が目立ち、かつ、全身の形がわかるように赤い人工照明をあてています。

写真提供：Steven H.D. Haddock/MBARI

深海における生物発光がもたらす役割:

深海環境において、多くのナマコが発光することから、発光能力が深海環境への適応に重要であることが示唆されました。さらに、比較的小型の生物(カニの幼体やゴカイなど)は、これらの発光するナマコに隠れて敵から身を守るように生活していることがわかってきています。すなわち発光が何らかの防御シグナル(たとえば捕食者に対して毒を持っていることを示す警告など)として働き、それを小型生物が利用しているのかもしれませんが、生物発光を通した生態学的な生物の関わりが今後明らかにされることが期待されます。

深海生態系への影響の評価:

深海探査や開発が進む中で、深海生態系への人間活動の影響を評価するためにも、生物の多様性や生態に関する情報は重要です。たとえば、地下資源を利用するための海底掘削作業で捨てられる泥から流れ出る重金属による海洋汚染や、モーター由来の騒音による超音波コミュニケーションの阻害などについては指摘されていますが、掘削によって泥が巻き上げられることで、光が見えづらくなるといった生物発光シグナルが妨害された際に、生物が受ける影響については精査されたことはありません。深海底における生物発光の役割を理解し、重要性を明らかにして、持続可能な開発につながる方策を見出すことが必要です。

本研究は、科学技術振興機構 創発的支援事業および「David and Lucile Packard foundation」の支援のもとで行われたものです。

【用語説明】

注 1)深海探査機:

深海を調査するために使用される機械。通常は高感度カメラや様々なセンサー、ロボットアームなどを備えている。本研究では、無人の遠隔探査機を使用している。

注 2)生物発光(発光生物):

生物が自ら光を放つ現象。生物発光は、捕食者への警告や餌の誘引、環境への適応などに用いられることが知られている。生物発光能力をもつ生物を発光生物と呼ぶ。目を持たないナマコ自身は、発光を知覚していないのかもしれないが、光ることで他の生物種とコミュニケーションをとっているのかもしれない。その役割については分かっていない。

注 3)ナマコ類:

ナマコ類は、無脊椎動物のうちウニやヒトデと同じ棘皮動物門きよくひに属するグループ。

世界で 1700 種近くが知られている。ナマコは海底の底生生物で、泥などに含まれる有機物を利用することが知られている。食用に用いられるマナマコのほかに、中国などでは漢方として利用されている。しかし、これらの浅い海に生息するナマコ類には発光種はいない。深海棲のナマコでは、ナマコなのに泳ぐユメナマコが有名だが、これも発光する。

注 4)持続可能な開発:

環境や生態系に悪影響を及ぼさないように、資源や技術を効率的かつ持続可能な方法で利用すること。海底資源掘削は、海底に埋まった石油・ガス、金属鉱物などの資源を探索・回収する技術。エネルギー資源の需要が高まる中、海底資源掘削は新たな資源供給の可能性を提供している。しかし、掘削作業は環境への悪影響が懸念されており、生態系への影響や汚染、海底生物の生息環境の変化などが問題となっている。持続可能な開発を目指すためには、海底資源掘削の技術改善や環境保全策の導入が必要。

【文献情報】

書籍: The World of Sea Cucumbers

論文タイトル: Glowing sea cucumbers: Bioluminescence in the Holothuroidea

著者: ○Manabu Bessho-Uehara, Jérôme Mallefet, Steven H.D. Haddock (下線は本学関係教員)

DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95377-1.00003-5>

ISBN: 9780323953771