

令和 3 年 5 月 14 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03827

研究課題名(和文)中新世ハダカイワシ類(深海魚)化石に残された発光器の保存メカニズム

研究課題名(英文)Preservation of luminescent organs in the Miocene deep-sea lanternfish fossils

研究代表者

前田 晴良(MAEDA, Haruyoshi)

九州大学・総合研究博物館・教授

研究者番号：10181588

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：中新統師崎層群産の深海魚：ソトオリワシ類化石の発光器の保存をタフオノミーの視点から精査した。その結果、集光レンズ、反射板、色素などの形態が顕微鏡レベルで保存されていた。また赤外線および紫外線撮影により、可視光では識別できなかった軟体部の痕跡や発光器の形状を鮮明に捉えることに成功した。さらに、TEMおよびTOF-SIMS分析の結果、反射板の一部にメラノソーム(色素メラニンを含む光吸収組織)が保存されていることがわかった。深海魚の発光器を構成していた有機物質が化石中に保存されている可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、海外に比べて日本は化石の保存が悪いといわれ、その分、化石鉱脈と呼ばれる軟体部保存を示す例外的な化石の研究において西欧諸国の後塵を拝していた。今回、約1,600万年前の師崎層群産の深海魚化石が発光器の痕跡を保っていることを明らかにし、世界的に著名な化石鉱脈に匹敵するレベルの化石鉱脈が日本にも存在することを示した。これは、変動帯に位置する日本固有の化石鉱脈の研究が有望であることを示したものと見える。

研究成果の概要(英文)： The preservation of luminescent organs of lantern fish fossils from the Miocene Morozaki Formation in Aichi Prefecture, Japan, was carefully examined from the viewpoint of taphonomy. As a result of introducing "infrared-" and "ultraviolet photography", the traces of soft parts and the shape of luminescent organs, which could not be identified by conventional visible light observation, were clearly captured. SEM, TEM, and TOF-SIMS analyses revealed that the shape and original arrangement of the focusing lens, reflector (tapetum), and pigment particles were preserved in the fossils. In addition, melanosomes are preserved in some of the tapetums. This is the first example of a light-absorbing tissue containing the pigment melanin, which means that the original organic material of the luminescent organ may have been preserved.

研究分野：層位・古生物学

キーワード：タフオノミー 師崎層群 深海魚化石 発光器 メラノソーム

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、皮膚や内臓など軟体部が保存された例外的な化石層 (=化石鉱脈) の発見で、進化史や古環境復元のシナリオが大幅に書き換えられつつある。例えば、ブラジルの白亜系サントナ層からは、急速なリン酸塩鉱化により筋肉繊維の1本1本まで識別できる驚異的な保存の魚類化石を産し、数多くの新知見をもたらした (Martil, 1988, 2001)。一方、本邦にも軟体部保存を示す固有の化石鉱脈が存在する (Allison et al., 2008)。特に中新統・師崎層群には、深海棲棘皮動物など特異な化石群が含まれる (Kato and Oji, 2013)。中でも発光器を伴う深海魚 (ハダカイワシ類) の化石は、世界的にみても産出が非常に稀で、異彩を放っている (図1)。

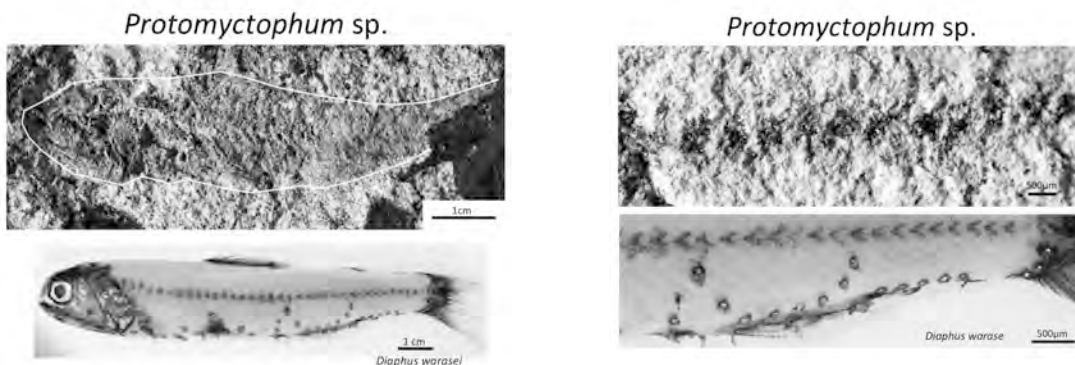


図1. ハダカイワシ類とその発光器 (黒い斑点) (上段:化石;下段:現生標本)。

2. 研究の目的

愛知県知多半島の中新統・師崎層群には、さまざまな種類の深海棲動物の遺骸が、軟体部の痕跡を保ったまま火山砕屑物に埋没して化石として保存されており、特異な化石鉱脈 (fossil Lagerstätten) を形成している。本研究は、その中で発光器の痕跡が残されたハダカイワシ類化石 (深海魚; 図1) に着目し、その保存・産状を精査・分析して、深海魚特有の発光器の組織・微細構造、および色素等のオリジナル物質が化石中でどの程度保存されているかを明らかにする。そして、本来なら死後すみやかに腐敗・分解されるはずの発光器が、化石として保存されるメカニズムを解明することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、研究代表者および研究分担者による2名の陣容で、3年計画で実施した。まず愛知県・師崎層群の野外調査を行い、ハダカイワシ類化石の保存・産状をマクロスケールで精査した。まず赤外線および紫外線撮影を用いて保存された化石の軟体部の痕跡を可視化し、さらにSEMおよびTEMによる発光器の微細構造観察、およびTOF-SIMSによる残留有機物の分析を行った。以上の観察により、発光器の組織・微細構造が、化石でどこまで残されているかを明らかにすることを目指した。

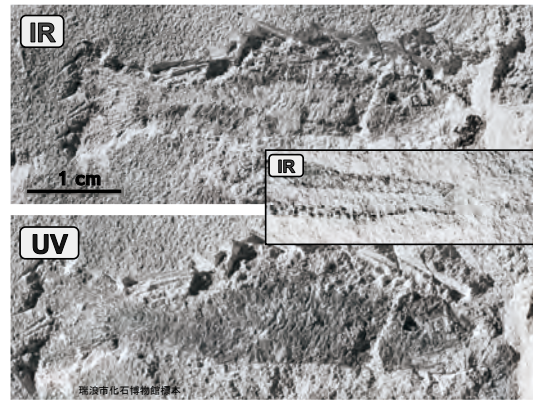
4. 研究成果

発光器が直線的な配列パターンを示すことから、師崎層群産の深海魚化石は狭義のハダカイワシ類ではなく、ハダカイワシ目ソトオリイワシ類であることがわかった (右: 図2)。

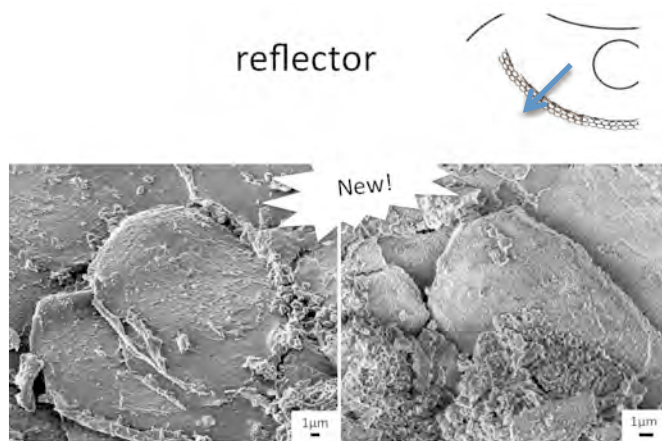


さらに赤外線撮影 (IR) および紫外線撮影 (UV) により、従来の可視光観察では識別できなかった皮膚や筋肉など軟体部の痕跡や発光器の形状を鮮明に可視化した (右: 図3)。

一方、ハダカイワシ類の発光器の構造は、自動車のシールドビームに類似し、フィラメント相当部 (photocytes), 反射板 (reflector), 色素 (pigment), および保護レンズとしての鱗 (scale) よりなる。これらの構造をSEM, TEMお



よびTOF-SIMS分析にかけた結果、集光レンズ、反射板 (タペータム) および色素粒子の形状およびオリジナルの配列が、化石中に電子顕微鏡レベルで保存されていることがわかった (図4)。さらにタペータムの一部にメラノソームが保存されていることがわかった。これは色素メラニンを含む光吸収組織であり、発光器を構成していたオリジナルの有機物質が化石中に化学的に保存されている可能性がある。これらの発見は、いずれも世界初の事例である (前田ほか, 2019)。



<説明> : 発光器を構成する反射板の一部が化石に保存されていることが予察的にわかっている (図4)。ハダカイワシ類の死後、反射板は特に分解されやすく、化石における反射板の保存は、これまで世界に例がない。

図4. 発光器の反射板の一部のSEM写真 (左: 現生標本; 右: 化石)。

<引用文献> :

Allison, P.A., Maeda, H., and Maeda, Y., 2008.

Kato, M. and Oji, T., 2013, A new species of *Doraster* (Echinodermate: Asteroidea) from the Lower Miocene of Central Japan: Implications for its enigmatic paleobiogeography. *Paleontological Research*, 17, 330-334.

前田晴良, 根之木久美子, 田中源吾, 岩井秀夫, 遠藤広光, 大山 望, 2019, ソトオリイワシ科深海魚化石の軟体部保存 (特に発光器). 日本古生物学会 2019 年年会講演要旨.

Martill, D.M., 1988, Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. *Palaeontology*, 31, 1-18.

Martill, D.M., 2001, The Santana Formation. Briggs, D.E.G. and Crowther, P.R. eds., *Palaeobiology II*, 351-356, Blackwell Publishing.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Maekawa, T., Kiyokawa, S., Maeda, H., Tanaka, G., Costa, J.E.F., and Freitas, A.T.	4. 巻 25
2. 論文標題 First report of early Permian albailellarian radiolarians from East Timor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Paleontological Research	6. 最初と最後の頁 32 40
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2517/2020PR009	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 該当する
1. 著者名 前田晴良・大山 望・松井 悠・河野秀晴・伊藤泰弘	4. 巻 13
2. 論文標題 下部ジュラ系ヒルドセラス科アンモノイド化石の岩相による保存状態の違い	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 豊田ホテルの里ミュージアム研究報告	6. 最初と最後の頁 1 17
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Maeda Haruyoshi, Oyama Nozomu	4. 巻 125
2. 論文標題 Stratigraphy and fossil assemblages of the Triassic Mine Group and Jurassic Toyora Group in western Yamaguchi Prefecture	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of the Geological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 585 ~ 594
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5575/geosoc.2019.0020	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 Oyama Nozomu, Maeda Haruyoshi	4. 巻 24
2. 論文標題 Madygella Humioi sp. nov. from the Upper Triassic Mine Group, Southwest Japan: The Oldest Record of a Sawfly (Hymenoptera: Symphyta) in East Asia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Paleontological Research	6. 最初と最後の頁 64 ~ 71
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2517/2019PR005	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 Oyama Nozomu, Yukawa Koichi, Maeda Haruyoshi	4. 巻 33
2. 論文標題 Mesozoic insect fossils of Japan: significance of the Upper Triassic insect fauna of the Mine Group, Yamaguchi Pref.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin o the Mine City Museum, Yamaguchi Prefecture, Japan	6. 最初と最後の頁 1~13
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 -

1. 著者名 Tanaka, G., Hemmi, Y., Komatsu, T., Hirose, K., Ugai, H., Kawano, S., and Maeda, H.	4. 巻 155
2. 論文標題 First discovery of Eocene coastal-estuarine ostracods from Japan, with the geological history of the migration of estuarine genera in the Far East	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geological Magazine	6. 最初と最後の頁 1742 1760
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0016756817000693	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 Tanaka, G., Miyake, Y., Ono, T., Yuan, A.H., Ichida, M., Maeda, H., and Crasquin, S.	4. 巻 4515
2. 論文標題 Early Permian (Cisuralian) ostracods from Japan: characteristic ostracod assemblage from a seamount of the Panthalassic Ocean	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Zootaxa	6. 最初と最後の頁 1 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11646/zootaxa.45151.1	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 該当する

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 2件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 前田晴良・根之木久美子・田中源吾・岩井秀夫・遠藤広光・大山望
2. 発表標題 アンモノイド化石を起点としたタフォノミーの挑戦
3. 学会等名 日本古生物学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大山望・前田晴良
2. 発表標題 上部三疊系美祢層群の起源的な八チ目の分類
3. 学会等名 日本古生物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Oyama, N. and Maeda, H.
2. 発表標題 Discovery of primitive Hymenoptera from the Upper Triassic Mine Group, southwest Japan
3. 学会等名 International Symposium and Workshop on Karst Science and Geopark (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大山 望・前田晴良
2. 発表標題 上部三疊系美祢層群の昆虫化石分類とその保存度について
3. 学会等名 日本古生物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大山望・前田晴良
2. 発表標題 上部三疊系美祢層群の起原的な八チ類MadydeIllinae亜科の分類学的研究
3. 学会等名 日本地質学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大山望・前田晴良
2. 発表標題 上部三疊系美祢層群産Madygellinae亜科の産卵管の形態比較と分類学的研究
3. 学会等名 日本古生物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 唐沢與希・松井久美子・前田晴良・小山内年昭
2. 発表標題 病み足に腫れ足：北海道産Menuites japonicus (アンモナイト目)の病理変異
3. 学会等名 日本古生物学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 唐沢與希・松井久美子・前田晴良・内田繁比郎
2. 発表標題 北海道白亜系蝦夷層群産の装飾型アンモイド類“Yubariceras” sp. (アンモナイト目アカントセラス科)に見られた多発的病理変異
3. 学会等名 日本古生物学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田晴良
2. 発表標題 ソトオリイワシ科深海魚化石の軟体部保存（特に発光器）
3. 学会等名 日本古生物学会 - 夜間小集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 根之木久美子・前田晴良・田中源吾・岩井秀夫・遠藤広光・水野吉昭・蜂矢喜一郎
2. 発表標題 発光器が残された中新統師崎層群産ソトオリイワシ科魚類化石
3. 学会等名 日本古生物学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小松俊文・前田晴良・田中源吾ほか26名（共著）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 培風館	5. 総ページ数 287
3. 書名 新しい地球惑星科学	

〔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
研究分担者	田中 源吾 (TANAKA Gengo) (50437191)	金沢大学・GS教育系・助教 (13301)	

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
---------	---------