

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：12701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26800264

研究課題名(和文)絶滅生物ベレムナイト類の孵化サイズの復元

研究課題名(英文)Reconstruction of hatching sizes in the extinct animal, belemnites

研究代表者

和仁 良二(WANI, RYOJI)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授

研究者番号：70508580

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：ベレムナイト類の孵化したときの大きさ(孵化サイズ)を復元することを研究目的とした。まず、ベレムナイト類に近縁である現生イカ類(コウイカおよびトグロコウイカ)の殻体を解析したところ、最初の数部屋に置ける隔壁間距離に比べ、その後の隔壁間距離が大きく減少する傾向を見だし、これが孵化のタイミングに関連していることが明らかになった。ドイツ、フランスに分布するジュラ紀のベレムナイト類を採取し、同様の解析を行った結果、成長最初期において、隔壁間距離が大きく変化する箇所が認められないことが明らかになった。このことは隔壁がひとつもない状態で孵化した可能性を示唆している。

研究成果の概要(英文)：Based on modern and fossil specimens of cephalopods, their hatchling sizes was analyzed. In modern coleoids, there are abrupt changes of septal distances between succeeding septa, which are supposed to be related to the hatching events. In Jurassic belemnites, there is no abrupt changes of septal distances between succeeding septa, which suggests that these belemnites hatched with no chamber.

研究分野：層位・古生物学

キーワード：頭足類 孵化サイズ 繁殖戦略 ベレムナイト

1. 研究開始当初の背景

地球環境変動と生物相の変遷は、化石記録が豊富で、卵から孵化してから成体になるまでの一生の情報が殻に記録されている海生軟体動物の頭足類を研究材料として解析され、その関連性が高精度に理解され始めている (Wani et al., 2011 など)。頭足類の中でもアンモナイト類とオウムガイ類の解析の結果、過去の海水準変動に対して異なる繁殖戦略を持つグループが、それぞれ異なる応答様式を持っていたことが明らかになった (Wani, 2011)。つまり、小さな卵を多産する *r* 戦略の生物 (アンモナイト類と石炭紀以前のオウムガイ類) では多様性が海水準変動に伴って変動した一方、大きな卵を少産する *K* 戦略の生物 (ペレムナイト類以降のオウムガイ類) では海水準変動にかかわらず多様性がほぼ一定であった。この繁殖戦略と多様性変動との関連性は「分散能力の高い *r* 戦略の生物の多様性は大きく変動しない」という従来想定されていた関連性と相反するもので、同所的種分化が多様性変動に大きな役割を担っていた可能性を示唆している。

しかしこれまでの解析では、殻体表面に見られるくびれ構造から孵化サイズを特定でき、繁殖戦略を推定できる、アンモナイト類とオウムガイ類のみによるものであった。よって、アンモナイト類とオウムガイ類という頭足類の一部のみで認められる現象である可能性も否定できない。さらなる理解に発展させるためには、まずペレムナイト類を含めた頭足類全体での検証が必要である。しかし、ペレムナイト類は三畳紀後期～白亜紀の世界中の海洋で繁栄し、化石記録の豊富な頭足類であるにもかかわらず、このような解析を行うための下地がまったく整備されていない。その理由は、ペレムナイト類の殻体は鞘によって覆われており、卵から孵化した成長段階を特定する際に最も重要な特徴である“殻体表面に存在すると想定されるくびれ構造”が観察できないためである。このような制約から、ペレムナイト類では孵化した成長段階が特定されておらず、どのくらいの大きさで孵化したのかだけでなく、孵化直後の遊泳能力、産卵場所など、ペレムナイト類の初期生活史についてこれまでほとんど明らかにされていない。

2. 研究の目的

ペレムナイト類では、“殻体表面に存在すると想定されるくびれ構造”が鞘に覆われていて観察できない。そこで、いくつもの部屋に仕切られた気房部 (図 2) を解析することで、孵化したときの大きさ (孵化サイズ) を復元する。なぜなら、アンモナイト類やオウムガイ類では、孵化の前後で気房部の部屋の間隔が大きく変化するので、気房部を解析することで孵化した成長段階を特定し、孵化サ

イズなどの初期生活史を理解できることが明らかになってきたからである (Wani and Mapes, 2010; Arai and Wani, 2012 など)。本研究では、同様の手法をペレムナイト類に応用し、孵化サイズを復元することを研究目的とする。

3. 研究の方法

研究目的を達成するにあたり、以下の 2 点の研究を行う。

(1) まず、ペレムナイト類に近縁である現生イカ類 (コウイカ類およびトグロコウイカ類) の殻体を解析し、気房部の部屋の間隔の変化パターンから孵化サイズを理解する手法を確立する。この解析により、アンモナイト類やオウムガイ類でのこれまでの手法が、イカ類およびイカ類に近縁であるペレムナイト類においても応用可能であることを確認する。

(2) 次に、現生イカ類で確立した手法を用いて、ペレムナイト類における気房部の部屋の間隔の変化パターンから孵化した成長段階を特定し、孵化サイズを復元する。

4. 研究成果

本研究では、まず、ペレムナイト類に近縁である現生イカ類 (コウイカ類およびトグロコウイカ類) の殻体を解析し、気房部の部屋の間隔の変化パターンから孵化サイズを理解する手法を確立した。野外調査によって採取された標本および購入標本を用いて解析を行った。殻体は中心線に沿って切断・研磨し、殻体内部構造を観察した。その結果、最初の数部屋に置ける隔壁間距離に比べ、その後の隔壁間距離が大きく減少する傾向を見いだした。飼育記録や殻体の同位体比解析などの研究成果を考慮すると、この隔壁間距離の変化するタイミングが孵化のタイミングを表していると考えられる。同様の隔壁間距離の変化パターンは現生オウムガイ類においても孵化のタイミングと同時であることが知られており、現生イカ類においても同様の関係性があることが推測された。この成果は Yamaguchi et al. (2015) として報告した。この成果から、化石イカ類であるペレムナイト類でも、隔壁間距離の変化パターンを認識することで、孵化のタイミングを復元することが可能になっていくと考えられ、アンモナイト類やオウムガイ類でのこれまでの手法が、イカ類およびイカ類に近縁であるペレムナイト類においても応用可能であることが確認された。

次に、現生イカ類で確立した手法を用いて、ペレムナイト類における気房部の部屋の間隔の変化パターンから孵化した成長段階を特定し、孵化サイズを復元した。スイス、ドイツ、フランスに分布するジュラ紀前期 Pliensbachian 期の地層を主な研究対象として

野外調査を行い、保存良好なベレムナイト類標本の採取を試みた。各調査地において多数のベレムナイト類の標本を採取することができた。多くのベレムナイト類標本は、鞘の部分だけが保存されたものであったが、一部の標本においては鞘の部分の内側に気房部分が保存されていた。いくつかの産地から得られた標本では、保存状態が悪く、鞘の部分の内側に気房部分が保存されている標本においても、隔壁が化石化過程において消失しており、殻体内部構造の観察が行えないことが秋方となった。保存良好で、殻体内部構造の観察が可能であった標本については、個体発生を通じた隔壁間距離の変化パターンを明らかにした。保存良好の標本は、分類を行うとともに、殻体の中心線に沿って切断・研磨したのち、殻体内部構造を観察した。これらの観察をもとに隔壁間距離の変化パターンを明らかにした。その結果、成長最初期において、隔壁間距離が大きく変化する箇所が認められないことが明らかになった。現生イカ類（コウイカ類およびトグロコウイカ類）での隔壁間距離の変化パターンと孵化のタイミングとの関連性から考えると、隔壁がひとつもない状態で孵化した可能性が示唆された。初期殻の大きさにもとづけば、今回解析したベレムナイト類の孵化サイズはおおよそ全長 2mm ほどであったことが推測された。

こうして推定された孵化のタイミングを検証するため、成長初期の殻体構造を走査型電子顕微鏡で観察した。その結果、隔壁部分の最初期の殻体に不連続な部分が存在しないことが確認された。このことは、孵化のタイミングでは隔壁部分の殻体が形成されおらず、孵化後に連続的に形成されたことを示唆している。つまり、隔壁間距離の変化パターンから想定された孵化サイズの妥当性を示唆しているものである。

今回明らかになった個体発生を通じた隔壁間距離の変化パターンの特徴は、現生イカ類（コウイカ類およびトグロコウイカ類）やオウムガイ類とは異なり、むしろアンモナイト類により類似していることが明らかになった。このことはベレムナイト類とアンモナイト類の孵化直後の生態の類似などを示唆している可能性がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

1. Ohno, A., Miyaji, T., and Wani, R., 2015, Inconsistent oxygen isotopic values between comtemporary secreted septa and outer shell walls in modern nautilus. *Lethaia*, vol. 48, p. 332–340. (査読あり)

2. Tajika, A., Morimoto, N., Wani, R., Naglik, C., and Klug, C., 2015, Intraspecific variation of phragmocone chamber volumes throughout ontogeny in the modern *Nautilus* and the Jurassic ammonite *Normannites*. *PeerJ*, 3:e1306; DOI 10.7717/peerj.1306. (査読あり)
3. Yamaguchi, A., Kumada, Y., Alfaro, A.C. and Wani, R., 2015, Abrupt changes in distance between succeeding septa at the hatching time in modern coleoids *Sepiella japonica* and *Spirula spirula*. *Swiss Journal of Palaeontology*, vol. 134, p. 301–307. (査読あり)
4. 和仁良二, 2015 年, 古生物学からみた頭足類. *日本水産学会誌*, 81 巻, 138 頁. (査読あり)
5. Aiba, D. and Wani, R., 2016, Covariance of sutural complexity with whorl shape: evidence from intraspecific analyses of the Cretaceous ammonoid *Desmoceras*. *Swiss Journal of Palaeontology*, vol. 135, p. 1–10. (査読あり)
6. 和仁良二, 2017 年, 白亜紀アンモナイト古生物学の近年の進展:特に北太平洋地域に注目して. *化石*, no. 101, p. 43–59. (査読あり)

[学会発表](計4件)

1. 和仁良二, 古生物学から眺める頭足類. シンポジウム「頭足類学を興す」, 沖縄県立博物館・美術館, 那覇, 2014 年 8 月 19 ~ 21 日.
2. Yamaguchi, A., Kumada, Y., Alfaro, A.C. and Wani, R., Abrupt changes of distance between succeeding septa at the hatching event in modern *Sepia* and *Spirula*. *Cephalopods Present and Past 9*, Zürich, Switzerland, 7–10 September 2014.
3. 和仁良二, 古生物学からみた頭足類. 日本水産学会シンポジウム「頭足類学の創成—水産学における応用的基礎として—」, 九州大学, 博多, 2014 年 9 月 19 日.
4. 和仁良二, 白亜紀アンモナイト古生物学の進展. 日本古生物学会台 165 回例会シンポジウム「白亜紀の層序学・古生物学の進展と環境変動」, 京都大学, 京都, 2016 年 1 月 29 ~ 31 日.

〔図書〕(計1件)

1. Wani, R. and Gupta, N.S., 2015, Ammonoid taphonomy. In Ammonoid Paleobiology: From macroevolution to paleogeography, C. Klug, D. Korn, K. De Baets, I. Kruta, and R.H. Mapes (eds.), Springer, Dordrecht, p. 555–597.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

和仁 良二 (WANI RYOJI)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授 研究者番号：70508580