



復元画提供：服部雅人氏

「恐竜が卵を温める方法」を解明！ 世界初、低緯度から北極圏まで多様な営巣方法を堆積物から推定

名古屋大学博物館の田中康平・日本学術振興会特別研究員と北海道大学総合博物館の小林快次准教授は、カナダ・カルガリー大学およびロイヤル・ティレル古生物博物館との共同研究から、恐竜類の卵を温める方法を推定することに成功しました。

恐竜類の卵や巣の化石は世界中から大量に発見されており、恐竜たちは様々な環境で巣作りしていたことがわかっています。しかし、実際にどうやって卵を温めていたかを追求した研究は限られていました。そこで本研究では、巣化石の堆積物を調べることで恐竜たちの卵を温める方法を推定し、恐竜類の多様な営巣方法を明らかにしました。例えば、砂の中に卵を埋めて太陽光熱や地熱を利用する方法や、植物の発酵熱を利用する方法など、グループによって卵を温める方法が異なっていたことが判明しました。

この研究により、恐竜類にとって厳しい環境であるはずの北極圏で、恐竜たちがどうやって営巣していたのかを考察することが可能になりました。さらに、営巣方法の違いが恐竜たちの地理的分布にも影響を与えた可能性が示されました。

この研究成果は、平成 30 年 3 月 15 日付（英国時間午後 2 時：日本時間同日午後 11 時）英国科学雑誌「Scientific Reports」オンライン版に掲載されました。

【ポイント】

- ・恐竜類の卵を温める熱源を、卵を埋めた材料（堆積物）から推定できることを世界で初めて解明。
- ・恐竜類は、太陽光熱・地熱・植物の発酵熱・抱卵といった多様な方法で卵を温めていたことを解明。
- ・北極圏での恐竜類の営巣方法を推定。
- ・営巣方法の違いが、恐竜の地理的分布に影響を与えた可能性を指摘。

【研究背景と内容】

恐竜類の卵や巣の化石は世界中から大量に発見されており、恐竜たちは多様な環境下で巣作りしていたことがわかっています（図 1）。多くの恐竜たちは卵を巣材の中に埋め、周囲の熱を利用して卵を温めたと考えられています。しかし、卵を温める熱源や巣の構造は化石として残りにくいため、一部の標本を除き、実際にどのように卵を温めていたかを追求した研究は限られています。特に、恐竜の卵殻化石は北極圏のシベリアからも見つかるため、冷涼な環境下での営巣方法は謎となっていました。

そこで、田中康平・日本学術振興会特別研究員（名古屋大学）は、小林快次准教授（北海道大学）、ダーラ・ザレニツキー准教授（カルガリー大学）、フランソワ・テリエン学芸員（ロイヤル・ティレル古生物博物館）とともに、恐竜の営巣方法についての研究を行いました。

この研究では、まず、周囲の熱を利用して卵を温める現在のワニ類・ツカツクリ科^{註1}鳥類を調査しました。ワニ類と鳥類は、絶滅した恐竜類とともに主竜類^{註2}に属し、恐竜の生態を推定するには参考になるグループです。ワニ類とツカツクリ科では、卵を温める方法と巣の素材に密接な関連があることを統計学的に示しました。例えば、巣材に土壌・植物を用いる種は主に植物の発酵熱を利用して卵を温める一方、砂を用いる種は太陽光熱や地熱を利用して卵を温めることが示されました。

このことから、恐竜類の巣化石でも同じように堆積物（巣の素材）を調べることで、卵を温める方法を類推することができます。

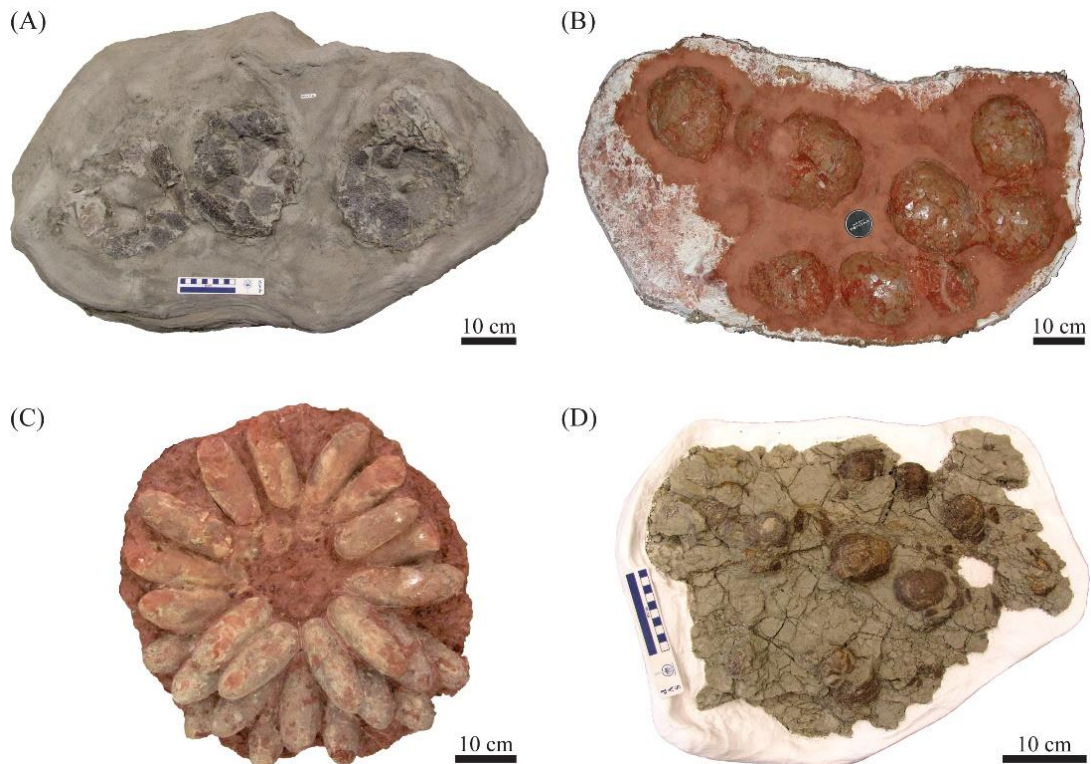


図 1. 恐竜類の巣化石の例

(A) ハドロサウルス類（ロイヤル・ティレル古生物博物館所蔵）、(B) 竜脚形類（フランス、エクス＝アン＝プロヴァンス自然史博物館所蔵）、(C) オヴィラプトロサウルス類（中国、贛州博物館所蔵）、(D) トロオドン科（ロイヤル・ティレル古生物博物館所蔵）

今回の研究では、文献に記された世界中の巢化石標本（192例）の堆積物を調べることで、**恐竜類の卵を温める方法を推定することに成功しました**（図2）。例えば、ある種の竜脚形類^{注3}（巨体で首の長い植物食恐竜）は主に砂岩から見つかるため、砂中に産卵し、太陽光熱や地熱を利用して卵を温めたと推定できます。一方、別の種類の竜脚形類とハドロサウルス類^{注4}（カモノハシのような顔をした植物食恐竜）の巣は主に古土壌^{注5}質の泥岩から見つかることから、土壌中に産卵し、植物の発酵熱を利用して卵を温めた可能性があります。また、これまでの研究で抱卵^{注6}が示唆されているオヴィラプトロサウルス類^{注7}やトロオドン科^{注8}（鳥類に近縁な恐竜）の巢化石は、泥岩と砂岩から同等の割合で見つかることがわかりました。これらの恐竜は親が卵を温めるため、泥や砂に関係なく様々な地面で営巣したと考えられます。

これらの結果から、恐竜たちがどうして北極圏でも営巣できたのかが考察できます。太陽光熱を利用した場合、営巣は暖かい低・中緯度地域に限られますが、植物の発酵熱や地熱、抱卵熱は比較的冷涼な環境でも利用可能です（図3）。北極圏のシベリアからは、抱卵したトロオドン科に加え、植物の発酵熱を利用したと推定されるハドロサウルス類の卵殻化石が見つっています。恐竜たちが北極圏でも営巣できた背景には、白亜紀末期（6600–6800万年前）の気候が現在よりも温暖だったこと（シベリアの夏場の平均気温19℃）に加え、植物の発酵熱や抱卵を利用したことが挙げられます（図4）。

さらに、営巣方法の違いは、恐竜たちの地理的分布にも影響を与えた可能性があります。例えば、北米とアジアの恐竜はベーリング海峡に「陸橋^{注9}」が出現したタイミングで行き来したと考えられていますが、高緯度地域での行き来には、冷涼環境にも耐えられる営巣方法が必要になります。したがって、暖かい地域でしか営巣できない恐竜（例、太陽光熱を利用した竜脚形類）は分布域に制限があった可能性があります。営巣方法はこれまで見過ごされてきましたが、恐竜たちの地理的分布にも影響を与える重要な要因であることが、この研究で示されました。

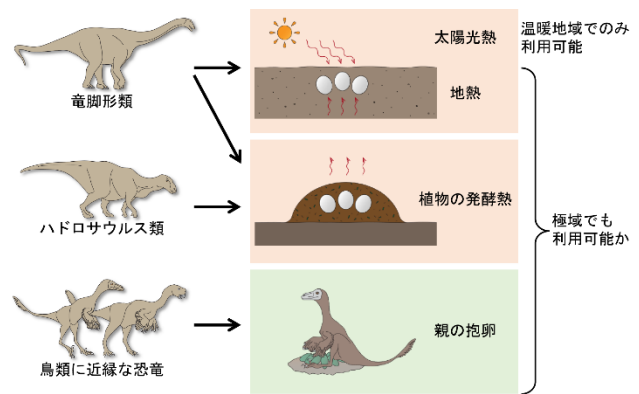


図2. 今回の研究で推定された、恐竜が卵を温める方法。一部の営巣方法は、冷涼な極域でも利用できたと考えられる。

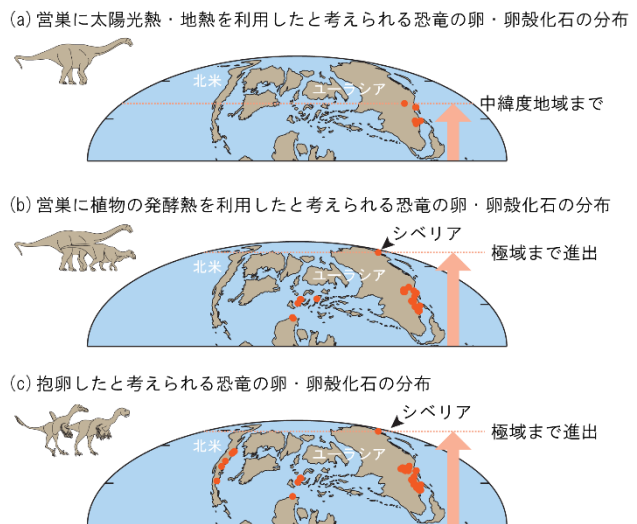


図3. 白亜紀後期における恐竜の卵・卵殻化石の分布図（北半球のみ）。営巣に太陽光熱・地熱を利用したと推定される恐竜の卵・卵殻化石の分布は中緯度地域までだが（a）、植物の発酵熱や抱卵を利用したグループでは極域まで化石が見つかる（b、c）。



図 4. 北極圏での恐竜類（右：ハドロサウルス類、左：トロオドン科）の営巣復元画（提供：服部雅人氏）

【成果の意義】

今回の研究は、恐竜の巣と環境の関係性を明らかにしました。特に、極域という厳しい環境で、恐竜がどのように卵を孵したのかを示したものです。つまり、恐竜は厳しい環境でも卵を産み子孫を残すことができ、もしかしたら越冬していた可能性までも示唆しています。これまで、極域からの卵殻化石はシベリアでしか発見されていませんが、今後、極域にある他の恐竜化石産地からも発見されることが期待されます。

さらに本研究では、一部の営巣方法は温暖地域にしか適さないことから、営巣方法の違いは恐竜たちの地理的分布にも影響を与える重要な要因であることを提唱しています。今後、恐竜たちがどうしてこれほどまでに分布域を広げられたかを解明するためには、営巣方法も併せて議論されると期待しています。

【用語説明】

- 1) ツカツクリ科：親鳥が抱卵せず、塚状の巣や地面に掘った穴の中に卵を産み、周囲の環境から得られる熱（植物の発酵熱・太陽光熱・地熱）を利用して卵を温める、キジ目に属する鳥類の一群（科）
- 2) 主竜類：ワニ類、翼竜類、恐竜類・鳥類などを含む脊椎動物の一群
- 3) 竜脚形類：ブラキオサウルスやアパトサウルスに代表される、体が大きくて首の長い植物食恐竜の一群
- 4) ハドロサウルス類：北海道むかわ町でも全身骨格が発見されているカモノハシのような顔をした植物食恐竜の一群
- 5) 古土壌：地層中に見つかる大昔（地質時代）の土壌
- 6) 抱卵：主に鳥類において、親が巣の中で卵を孵化させる行動やヒナを守る行動
- 7) オヴィラプトロサウルス類：オウムのような顔をした鳥類に近い系統の恐竜の一群

8) トロオドン科：鳥類に近い系統の小型の肉食恐竜の一群

9) 陸橋：海で隔てられた陸地間や大陸間をつなぐ陸地

【論文情報】

掲載雑誌：Scientific Reports (Nature Publishing Group)

URL：<https://www.nature.com/articles/s41598-018-21386-x>

論文名：Nest substrate reflects incubation style in extant archosaurs with implications for dinosaur nesting habits

(訳：巣の素材は現生主竜類の営巣様式を反映し、恐竜類の営巣方法に関する見識を与える)

著者：田中康平 (名古屋大学博物館)、ダーラ・ザレニツキー (カナダ・カルガリー大学)、フランソワ・テリエン (カナダ・ロイヤル・ティレル古生物博物館)、小林快次 (北海道大学総合博物館)

公開日：2018年3月15日

DOI：10.1038/s41598-018-21386-x