

## パレオパラドキシア、アンブロケトウス 肋骨の強さが絶滅した水生哺乳類の生態を解き明かす

名古屋大学大学院環境学研究科（研究科長：神沢 博）の安藤 瑚奈美（あんどう こなみ）大学院生、同大学博物館（館長：大路 樹生）の藤原 慎一（ふじわら しんいち）助教は、さまざまな現生哺乳類の骨格標本を使い、「肋骨が耐えられる荷重」が、その動物が陸上で運動できたか、それとも生涯を水中で過ごしていたかを判別する指標になることを突き止めました。

クジラやジュゴンの仲間は、元は陸上で四足歩行していた祖先が海へと進出し、次第に水中生活へと完全に適応していったと考えられています。しかし、どのような進化の段階にいた動物が、どの時代に生活圏を陸から水中へと移行し、二度と陸上へは上がれなくなっていったかを絶滅動物で復元することは困難でした。クジラの祖先であるアンブロケトウスや、謎に包まれた絶滅哺乳類のパレオパラドキシアの仲間は、四本の足を残していることから、水中でも陸上でも活動できる動物だと考えられています。しかし、本指標を用いることで、彼らは陸上で活動することが難しい動物で、既に水中生活へと完全に適応していた可能性が高いことが示されました。

本研究で提唱された指標は、様々な絶滅動物の古生態復元に応用でき、哺乳類の進化の過程を解明する大きな武器になると期待されます。

この研究成果は、平成 26 年 7 月 11 日付（英国時間）英国科学雑誌「Journal of Anatomy」オンライン版に掲載されます。

この研究は、平成 26 年度から始まった日本学術振興会科学研究費助成事業若手研究 B の支援のもとで行なわれたものです。

### 【ポイント】

- クジラやジュゴンのように、もともと陸上生活をしていた動物が、水陸両生の半水生生活を経て、やがて完全に水中への生活へと移行していった仲間が複数の系統で現れます。しかし、進化のどの段階で、陸上生活へ完全に別れを告げて、完全水生へと移行したかは分かっていませんでした。
- 初期のクジラやジュゴン、絶滅した系統であるデスモスチルス・パレオパラドキシアの仲間は、四肢を備えた仲間が化石として見つかっています。彼らは四肢を備えていたことから、半水生動物だと考えられてきました。しかし、実際に彼らが陸上での運動が可能だったのかについての検証は不十分でした。
- 著者らは多くの現生動物の肋骨の強さを解析し、陸上で動物が体重を支えるためには、肋骨に高い強度が求められることを示しました。つまり、肋骨の強さ（壊れにくさ）が、動物が陸上での運動が可能だったかどうかの指標になりうるということを示しています。
- 四肢を備えたパレオパラドキシア（東柱類）やアンブロケトウス（初期のクジラの仲間）などの肋骨の強度を見積もった結果、彼らの肋骨は陸上での運動には耐えられないことが示されました。つまり、彼らは四肢を残したまま、既に完全水生生活へと移行していた可能性が支持されたのです。

## 【研究背景と内容】

哺乳類は多くの系統で、陸上から水中へと生息域を移していきました。例えば、ウシやカバを含む鯨偶蹄類(げいぐうていり)の系統からはクジラの仲間が、ゾウやハイラックスを含む近蹄類(きんていり)の系統からはジュゴンやマナティーなどのカイギュウ類、そして、カバに似た姿としてよく復元される絶滅したデスマスチルスやパレオパラドキシアなどの束柱類(そくちゅうり)が、ネコやイヌを含む食肉類(しょくにくり)の系統からはアシカやアザラシなどの仲間がそれぞれ陸生から水生環境へと進出していきました。彼らのように、もともと「陸生」だった動物が水中へと進出するまで、水陸両生の「半水生」の段階を経て、生涯を水中で過ごす「完全水生」へと段階的に進化していったと考えられています。彼らがいつどの段階で生息域を変化させていったのかを知るためには、個々の絶滅動物の古生態を確からしく復元できなければいけません。しかし、これまでの復元は、「脚がある」、「ヒレがある」といった、形態的特徴から推測せざるを得ませんでした。

哺乳類の「陸生—水生」適応の度合を測る指標として、今回の研究では「肋骨の強さ」に着目しました。陸上で四本足を使って歩く動物では、体の前半分の体重を前肢で支えています。その荷重は肋骨へと伝えられます。つまり、陸上四足歩行動物の肋骨は、自身の体重を支えられるだけの強度が必要になるはず。一方で、「完全水生」適応した動物では、体を陸上で支える必要がなくなるため、肋骨の強度を高くする必要はなくなります。

本研究では、3つの系統の哺乳類の骨格標本から肋骨の強度を求め、上記の仮説を検証しました。1つめは、鯨偶蹄類の仲間ウシ(陸生)やカバ(半水生)、そしてクジラ(完全水生)を含むグループ、2つめは、近蹄類というゾウ、ハイラックス(陸生)、マナティー(完全水生)、そして絶滅したデスマスチルスやパレオパラドキシアなどの束柱類を含むグループ、最後にネコ(陸生)やアザラシ(半水生)を含む食肉類です。これらの骨格標本で肋骨の広がりや断面の太さを計測し、どのぐらいの荷重まで肋骨が耐えられるかを見積もりました(図 1)。その結果、「陸生」や「半水生」のように、陸上での運動を行うことができる仲間では、体重に対して十分に高い肋骨の強度を備えていましたが、「完全水生」の仲間の肋骨の強度はそれらと比べると低い値となりました(図 2)。これは、肋骨の強度が「完全水生」と「半水生、もしくは陸生」の違いを判断する指標のひとつになることを示しています。



図 1. 国立科学博物館 (つくば) 収蔵庫にて、コビトカバ標本の肋骨の広がりを見積もる様子。

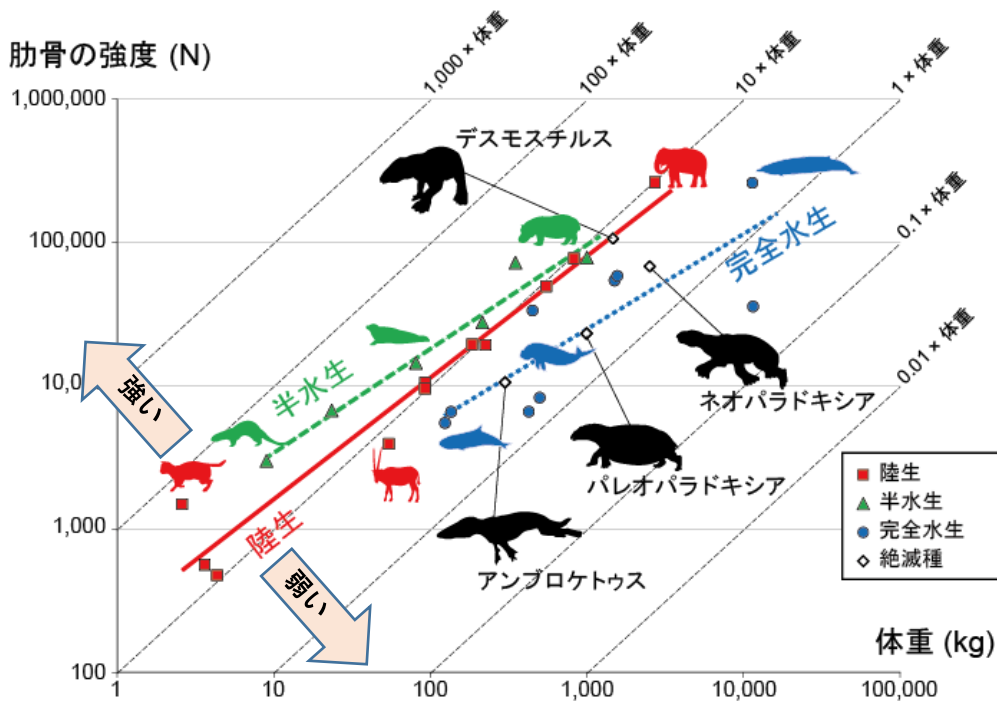


図2. 体重（横軸）と肋骨の強度（縦軸）の関係。

また、初期のクジラの仲間であるアンブロケトゥスや、東柱類のデスマスチルス、パレオパラドキシア、ネオパラドキシアの肋骨の強度を見積もり、彼らの古生態の再検討を行いました。ここに挙げた絶滅種はすべて、立派な四本の肢をもっていることから、陸上でも水中でも活動できる「半水生」と復元されてきました。しかし、本指標に基づく限り、少なくともアンブロケトゥスとパレオパラドキシア、ネオパラドキシアは肋骨の強度が現生の「完全水生」動物の肋骨強度と近い値をとっており、陸上での運動が難しいことが示唆されました(図2、図3)。

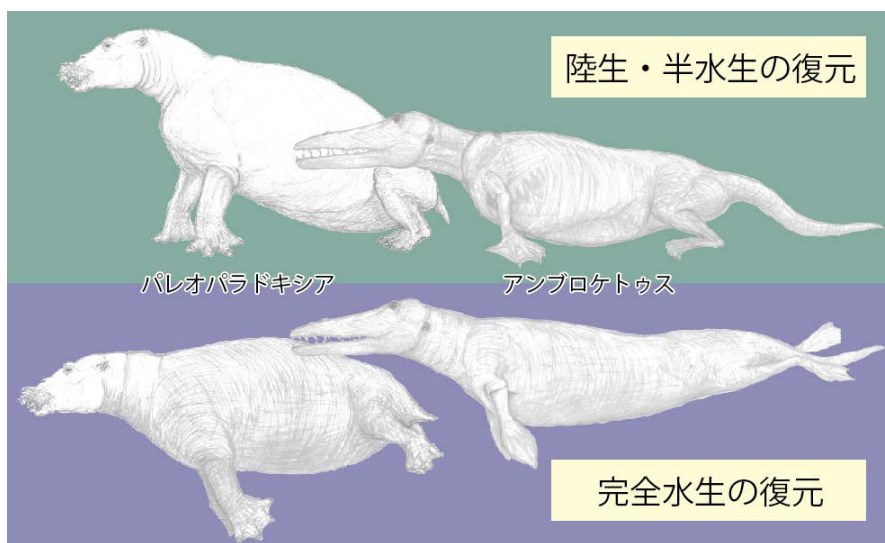


図3. 絶滅哺乳類のパレオパラドキシアとアンブロケトゥスの古生態復元。

## 【成果の意義】

絶滅動物の古生態の復元は、「脚がある」、「ヒレがある」といった形態的な特徴を大きな足掛かりとして復元されてきた経緯があります。しかし、力学とも矛盾しない指標を模索することにより、より客観的基準によって絶滅動物の古生態を復元していくことができると期待されます。本研究は、その一翼を担ったものであるといえます。

本指標の強みは、様々な系統の哺乳類へも応用できるという点にあります。クジラやカイギュウ、アシカやアザラシなどは、化石記録から徐々に形態が進化していく様子が判明している系統です。これらの系統について、個々の絶滅動物の古生態を復元することで、彼らの陸上から水中への完全な進出がいつ起こったのかを知ることができるようになることが期待されます。また、そのタイミングが地球史の大きな環境変動イベントとどう関わりあっていたのかについても、理解が深まると期待されます。

## 【論文情報】

掲載雑誌: Journal of Anatomy (John Wiley and Sons)

URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joa.12518/abstract>

論文名: Farewell to life on land—thoracic strength as a new indicator to determine paleoecology in secondary aquatic mammals.

著者: Konami ANDO, Shin-ichi FUJIWARA

安藤 瑚奈美(名古屋大学大学院環境学研究科)、藤原 慎一(名古屋大学博物館)

公開日: 2016年7月11日、0:00AM(BST):9:00AM(JST)

DOI: 10.1111/joa.12518