

ヘビ類化石の研究

—小さく目立たない化石が教えてくれること—

池田忠広（兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 准教授）

はじめに

「化石」と聞いて、皆さんが最初に思いつくのはどのようなものでしょうか？ 恐らく多くの方が、恐竜やアンモナイトなどを頭に思い浮かべるのではないのでしょうか。事実、これらの絶滅生物は書籍やメディア等でも頻繁に取り上げられ、博物館の展示においても中心的存在になっています。しかしながら、「化石」は微生物など肉眼では確認できないものや、全長数十メートルにもなる恐竜類など、その大きさや種類も様々です。本論では私が長年携わっている「小さく目立たない化石：ヘビ類化石」について、その研究の一部を紹介します。

小さな化石との出会い

私と小さな化石との出会いは大学四回生の時に遡ります。研究室配属が決まり教授と卒論のテーマについて意見を交換する機会がありました。無学だった私は「恐竜」の研究を希望しました。しかしながらその願いは一蹴されました。「それでは何なら研究できますか？」と教授に尋ねたところ、「そうねー、私は長いものが嫌いだから、ヘビなんてどう？」という答えが返ってきました。こうして私の研究テーマは「ヘビ類化石」に決まりました。

琉球列島の各島々に分布する上部更新統（約2～1万年前）裂罅充填堆積物や洞穴堆積物（図1）、また下部更新統（約150万年前）の浅海堆積物（図2）から、多数の脊椎動物化石が産出しています¹⁾。現在、同列島にはアマミノクロウサギやリュウキュウヤマガメなど多くの固有種を含む多種多様な生物が生息しています。同地域は生物地理学的には東洋区に区分され、各島々の豊かな生物相は、同列島の地史の変遷に伴う、動物群の移動・分散・分断・隔離によって形成されたと考えられています^{2,3)}。その過程については様々な研究手法をもとに議論されており、特に遺伝学的研究は盛んで、高い確度で各分類群の種分化の時期や、移動侵入、分散過程が検討されており、幾つかのモデルが示されています^{4,5)}。しかしながら、上記の議論において化石記録はあまり考慮されていません。化石は過去における各生物の生息状況を示す直接的な証拠です。したがって、同列島の生物群の成り立ちについてより詳細な理解を得るためには、



図1 裂罅充填堆積物がみられる海岸縁



図2 沖縄島赤城又呉我山（浅海堆積物）

多くの生物学的情報と共に、各地質時代の生物相を明確に示す化石を考慮した包括的な研究が必要となります。前述したように同列島の更新統堆積物からは多数の脊椎動物化石が産出しています。私が担当することになったのは、その中でも研究例や情報が乏しい「ヘビ類化石」でした。

研究の始まり

皆さんヘビの化石と言うとどのようなものを想像しますか？ くねくねした独特の長い体が保存されているものを想像するでしょう。しかしながら、私が扱っている化石はそのような“良い”資料ではありません。長く連なる背骨がバラバラになったもの、つまり単一の椎骨化石です。ヘビの骨格（図3）は、複数の細かな骨からなる頭骨と、種類によって異なりますが160～400個以上の椎骨⁶⁾、およびそれらに対応する肋骨からなります。ヘビ類の場合、化石として産出する多くの資料は、これらの骨格要素がバラバラになったものです。中でも頻繁に化石として発見されるのが比較的頑丈で数の多い椎骨の化石になり

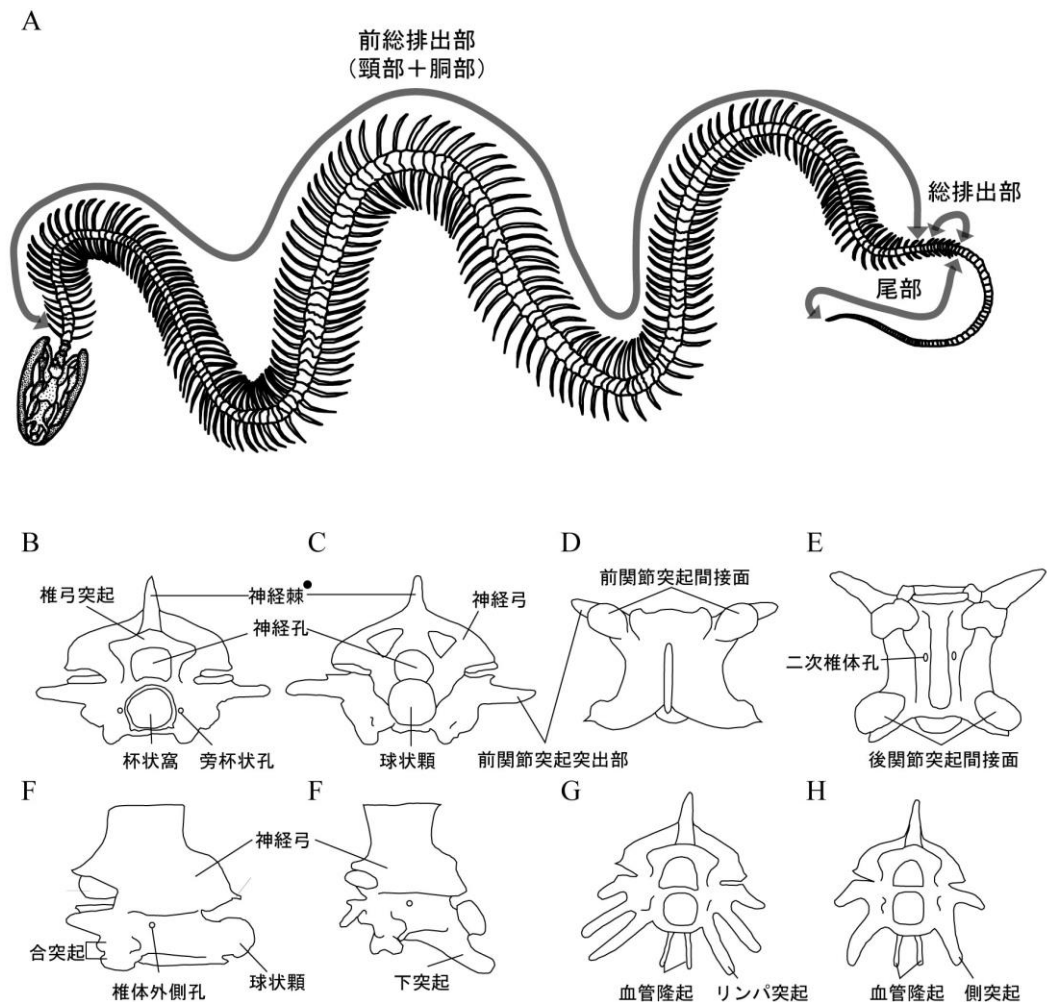


図3 ヘビ類骨格・椎骨名称

A: 全身骨格模式図、B～F: 胴部椎骨（B: 前面、C: 後面、D: 背面、E: 腹面、F: 側面）、G: 総排出部椎骨（前面）、H: 尾部椎骨（前面）。Ikeda (2007)を改変。

ます。琉球列島産のヘビ類化石も例にもれることなくその多くが遊離した椎骨の化石で、各島々から他の脊椎動物化石とともに多数産出しています（図4）。それらの研究の歴史は1970年代にさかのぼります。同時代には、島々の地質調査とともに化石の調査が精力的に実施され、他の脊椎動物化石とともにヘビ類化石が報告されています。私の研究はそれらの関係論文を読む（理解する）ことから始まりました。私が論文を読み進めるなかで率直に感じたことは「なぜこの種類に同定されているのか、理由がわからない」ということでした。私の研究はその「なぜ？ どうして？」という思いから始まりました。



図4 多数の脊椎動物化石を含む石灰岩

研究を始める

前述した先行研究においては、シカやイノシシなどの大型脊椎動物の記載（どのような種類でどのような化石なのかを記述する）が主で、ウサギやネズミ、カメやヘビ、特にヘビ類に関しては全体のリストに単に「ハブ： *Protobothrops flavoviridis*」と書かれており、多くの場合化石の特徴やその種とする根拠などが示されていません⁷⁾。記載がある場合でも簡易的なもので、私の疑問を十分に解決してくれるものではありませんでした。そこで、化石の研究を進めるにあたり、最初に行ったことはヘビの椎骨について調べることでした。

皆さんもご存知のとおり、ヘビ類は爬虫類の一グループです。ヘビ類は極地を除くあらゆる地域に生息しており、現在 3900 を超える種が確認されています⁸⁾。日本及び琉球列島においても 36 種・亜種の陸生ヘビ類が生息しており、それぞれの種は類縁関係の近さで属や科というようにまとめられます。例えばハブ（*Protobothrops flavoviridis*）の各分類階級を示すと、爬虫綱・有鱗目・ヘビ亜目・クサリヘビ科・ハブ属・ハブとなります。そして、階級ごとに標徴（どのような特徴をもつのか）が定められています。つまり化石が示す特徴とこの標徴を比較することで、どのグループのものか特定することが出来ます。そこでヘビ類の椎骨に関し、各階級の標徴の有無、その内容について調べたところ、ヨーロッパや北米においてはヘビ類椎骨化石の研究^{6,9)}が盛んにおこなわれており、同地域に生息する現生種の情報をもとに各階級の標徴が示されていました。一方、日本を含むアジア地域においては、ヘビ類の椎骨に関する研究は皆無に等しく、各階級でどのような特徴をもっているのか、また他地域のヘビ類をもとに定義されている上位分類群（例えば科）標徴をそのまま適用できるのか判然としない状況でした。つまり、化石のグループを特定するための指標がないのです。私は「そうか、それではその指標を作ろう」と思いたち、研究は次のステージに進みました。

椎骨を観察する

ヘビ類の骨格は前述したとおり、頭骨、椎骨、肋骨からなり、椎骨が連なる脊柱は一般に前方から頸部、胴部、総排出部、尾部に区分されます³⁾（図3）。総排出部・尾部椎骨はリンパ突起、側突起、血管隆起が発達するため、前総排出部（頸部＋胴部）と明瞭に区分されます。一方、ヘビは四肢が無く肩帯・腰帯も見られないため、漸移的に変化する頸部と胴部を明瞭に区分することは困難です（通常、頸部椎骨は神経腔[脊髄が通る穴]が大きく、胴部に比べ華奢：解剖学的研究では 11 番目までという見解もある¹⁰⁾）。化石として多く産出するのは前総排出部の椎骨であり、主に胴部椎骨の特徴をもとに各分類階級の標徴が

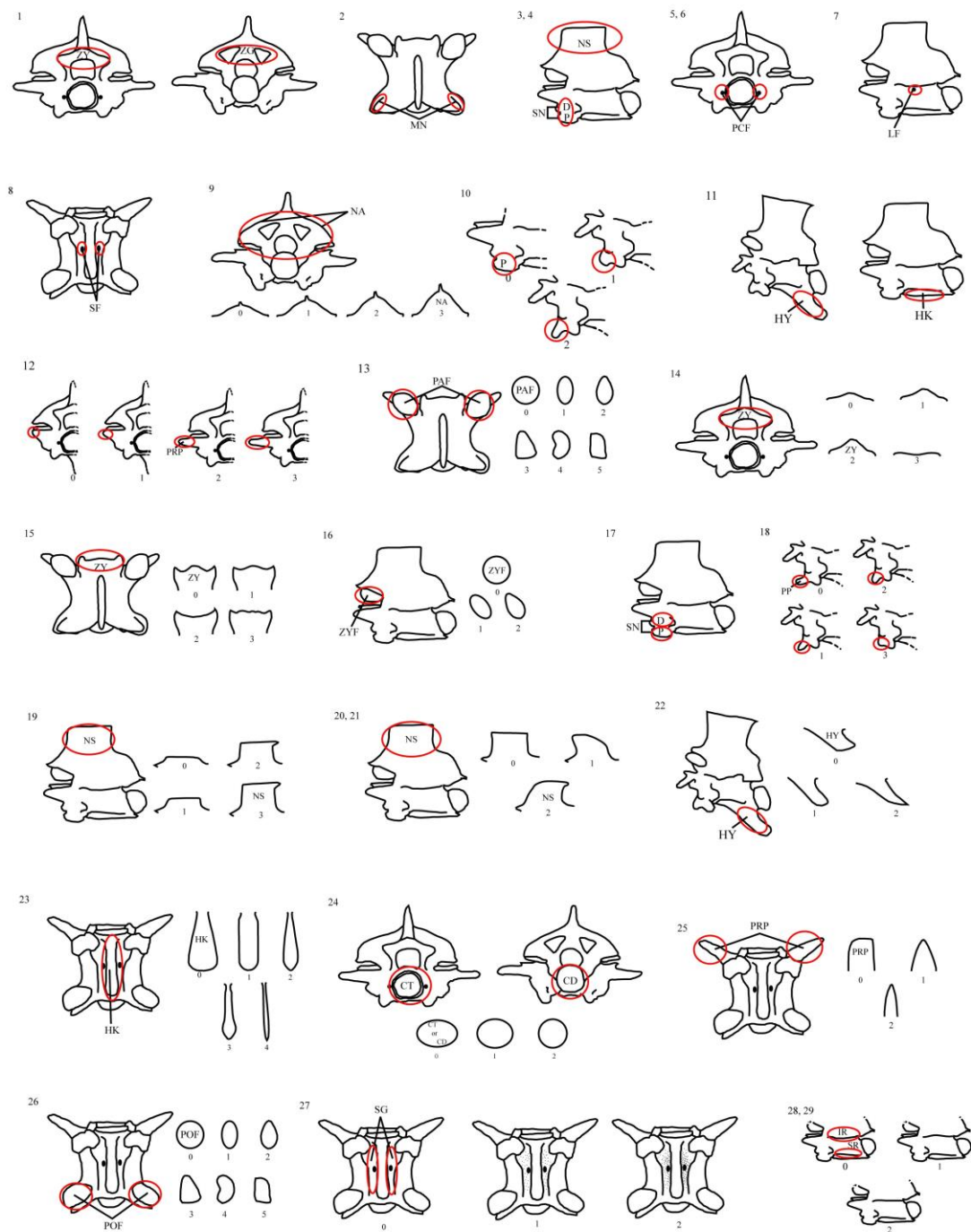


図5 比較検討した椎骨の形質

記載されています。私の研究資料も主に胸部椎骨であり、その分類には化石産出地域及び周辺域に生息するヘビ類の椎骨情報が必要不可欠です。そこで、私は日本及び琉球列島、また近隣地域に生息する現生種、6科27属46種8亜種を対象に、前総排出部椎骨の29項目の形質（図5）について検討し、先行研究の結果と照らし合わせながら、各分類階級の標徴を整理しました¹¹⁾。前述した通り現生ヘビ類は3900種以上確認されており、私が検討できたものはその極一部にすぎません。しかしながら、少なくとも化石が産出地域に生息す

る種なのか、もしくはそれに近い系統のものであるのか、また未知の種なのかを判断する上では有益な情報です。指標はできました。私の研究は次にステージに進みます。

化石を分類する

前述した指標をもとに化石を分類していきます。対象となる資料は沖縄島呉我山赤木又の下部更新統浅海性堆積物（約 150 ± 20 万年前）から産出しているヘビ類椎骨化石 9 点です¹²⁾。それでは最初になぜこれらが「ヘビ類の椎骨」と言えるのか説明していきます。化石は左右対称で前後に貫通する穴（神経腔）、関節する構造（球状顆・杯状窩）、薄い板状の構造（神経棘）がみられることから脊椎動物の椎骨である

ことがわかります。また、関節構造が後凹型（前凹・後凸）であることから爬虫類の椎骨であることがわかります。次に椎弓突起が発達し、肋骨間接面が二つに分かれること（合突起）などから、ヘビ類の椎骨であることがわかります。ここまでで、私の研究対象はヘビ類の化石であることがわかりました。それでは“指標”をもとに更に答えを絞っていきます。ここではハブ属（*Protobothrops* sp. indet.）とされた化石についてその過程をご説明します（図 6）。まず化石は複数の神経孔（旁杯状孔・椎体外側孔・二次椎体孔）をもつことからナミヘビ上科（Superfamily Colubroidea）に属することがわかります。更に下突起をもち、扁平状の神経弓、関節突起間接面が四角状であることからクサリヘビ科（Family Viperidae）であることがわかります。そして、化石は前関節突起突出部が発達しないこと、また球状顆・杯状窩が卵形であることから、ハブ属（*Protobothrops* sp. indet.）とされます。更に種まで絞りたいところですが、化石の保存状態が良好ではなく確認できない形質があるため、本標本では属までの分類が妥当と判断されます。このようにして他の標本を検討すると、ハブ属に加えナミヘビ科アオヘビ属（*Cyclophiops* sp. indet.）及びマダラヘビ属（*Dinodon* sp. indet. 2 タイプ）、コブラ科ワモンベニヘビ属ヒャン？（*Sinomicrurus* cf. *japonicus*）に分類されることが明らかになりました。

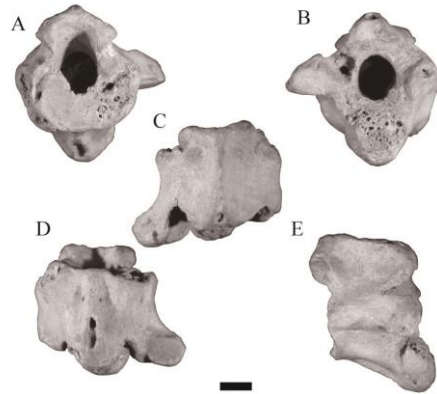


図 6 ハブ属の化石（*Protobothrops* sp. indet.）
A: 前面、B: 後面、C: 背面、D: 腹面、E: 側面。
スケール=1mm。

化石の研究が示してくれること

では化石の分類の結果がどのようなことを示しているのでしょうか。化石と同系統とされる現生種（ハブ: *P. flavoviridis*、リュウキュウアオヘビ: *C. semicarinatus*、ヒャン: *S. japonicus*）が現在の沖縄島に分布しており、このことから約 150 万年前の沖縄島を含む中琉球地域にこれらのヘビ類もしくはその祖先種が大陸から到達し生息していたことを示唆しています。またマダラヘビ属とされた化石は同島の同属現生種であるアカマタ（*D. semicarinatum*）とは明らかに異なることから、別種もしくは絶滅種の可能性があり、約 150 万年前の沖縄島地域には現在に比べ多様なヘビ類が生息していたかもしれません¹²⁾。

おわりに

いかがでしょうか？ 私が扱っている資料は数 mm～2 cm ほどの一見すると何の特徴もない化石です。しかしながら、それらは個々に資料としての価値があり、詳しく調べることによって新たな科学的知見を得ることができます。私は今ではヘビ類に加え、トカゲ類やカエル類といった小さな化石の研究もしています。それらの化石は小さく地味ですが、私にと

っては宝石のようです。今後も小さな標本がもっと光輝くように研究を進めていきたいと考えています。

引用文献

- 1) 古川雅英、藤谷卓陽 (2014) 琉球弧に関する更新世古地理図の比較検討。琉球大学理学部紀要 98、1–8
- 2) 太田英利 (2002) 古地理の再構築への現生生物学にもとづくアプローチの強みと弱点：特に琉球の爬虫両生類を例にして。木村政昭編、琉球弧の成立と生物の渡来。沖縄タイムス社、那覇、175–193
- 3) 大塚博之 (2002) 琉球列島の古脊椎動物相とその起源。木村政昭編、琉球弧の成立と生物の渡来。沖縄タイムス社、那覇、111–127
- 4) Kuraishi, N., Matsui, M., Ota, H., Eto, K. (2021) Unique Evolution of *Hyla hallowellii* Among Amphibians of the Central Ryukyus, Japan (Anura: Hylidae). *Zoological science* 38 (2), 112–121
- 5) Tominaga, A., Matsui, M., Shimoji, N., Khonsue, W., Wu, CS, Toda, M., Eto, K., Nishikawa, K., Ota, H. (2019) Relict distribution of *Microhyla* (Amphibia: Microhylidae) in the Ryukyu Archipelago: High diversity in East Asia maintained by insularization. *Zoologica Scripta* 48 (4), 440–453
- 6) Rage, J.C. (1984) Serpentes. Part 11. *Handbuch der Paläoherpetologie, Encyclopedia of Paleoherpertology*. Gustav Fischer Verlag., Stuttgart, 80p
- 7) 長谷川善和 (1980) 琉球列島の後期更新世～完新世の脊椎動物. 第四紀研究 18(4)、263–267
- 8) Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R., Hošek, J. (2021) The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, accessed (Aug. 17, 2021)
- 9) Holman, J. A. (2000) The Fossil Snakes of North America: Origin, Evolution, Distribution, Paleocology. Indiana University Press, Bloomington, Indiana, 257p
- 10) Tsuihiji, T., Kearney, M., Rieppel, O. (2006) First report of a pectoral girdle muscle in snakes, with comments on the snake cervico-dorsal boundary. *Copeia* 2006, 206–215
- 11) Ikeda, T. (2007) A comparative morphological study of vertebrae of snakes occurring in Japan and adjacent regions. *Current Herpetology* 26, 13–34
- 12) Ikeda, T., Otsuka, H., Ota, H. (2016) Early Pleistocene fossil snakes (Reptilia: Squamata) from Okinawajima Island in the Ryukyu Archipelago, southwestern Japan. *Herpetological Monographs* 30, 143–156