

第138回化石研究会例会講演抄録

(2012年11月24日, 岸和田市立公民館にて開催)

特別講演会

「恐竜時代を生き抜いたトカゲたち」

講演 1

丹波の恐竜時代に生きたトカゲたち

池田忠広 (兵庫県立人と自然の博物館/兵庫県立大学)

トカゲ類は世界中のあらゆる地域に生息しておりその形態や生態は様々で、種数は約5600種 (<http://www.reptile-database.org/>) にもおよび毎年のように新たな種が報告されている (Glaw *et al.*, 2012). このように現在、多種多様のトカゲ類が地球上に繁栄しているがその歴史は古く、最古の化石記録はジュラ紀前—中期 (*Bharatagama rebbanensis*: Evans *et al.*, 2002) にさかのぼり、三疊紀後期には地球上に出現していたと推定されている (Evans, 2003). トカゲ類の系統関係や進化の系譜に関する研究は Camp (1923) に始まり, Estes (1983, 1988), Lee (1998), Lee and Caldwell (2000) や Conrad (2008) など、多くの研究者によって行われており、近年では分子生物学的手法を用いた解析も盛んで、これまでの研究とは異なる新たな見解が示されている (Vidal and Hedges, 2005 など). このような研究に対し、過去の生き物の直接的証拠である化石は各系統仮説などを検討する上で必要不可欠のものであり、新たな化石の発見が様々な知見をもたらしている。

現在、兵庫県篠山市及び丹波市に分布する下部白亜系篠山層群からは、竜脚類の体骨格化石を主とし、獣脚類や鳥脚類の歯化石などの恐竜類化石、また哺乳類や無尾類、そしてトカゲ類などの小型脊椎動物化石が多数産出している (三枝他, 2010 など). トカゲ類化石は同層が分布する三カ所 (丹波市山南町上滝, 篠山市宮田, 西古佐) の地域から産出しているが、特に宮田からは、歯骨, 前顎骨, 上顎骨, 脳函, 頭頂骨, 方形骨, 軸椎, 頸椎, 胴椎, 尾椎, 大腿骨, 上腕骨, 指骨など比較的保存状態の良い遊離した部分骨格化石が多数確認されている。

筆者はこれまでの研究において、これら部分骨化石の内、歯骨, 上顎骨, 脳函, 胴椎・尾椎について分類学的位置を検討しており、篠山層群産トカゲ類化石に

は複数の分類群が含まれていることが明らかになっている (胴椎・上顎骨: 三分類群, 尾椎・脳幹: 二分類分など). 特に歯骨および部分下顎骨化石は高い形態的多様性を示し、少なくとも六つの分類群が含まれ、いずれも Scincomorpha に位置づけられることが明らかになっている。その中の一つは前位歯列が反り返るなどの特徴が日本の下部白亜系手取層群から産出している *Sakurasaurus shokawaensis* と類似しており、他の二つは歯先端部の特徴などから、ジュラ紀後期から白亜紀前期から報告されている Paramacelodidae に属する種との類似性が示唆される。また歯槽が歯骨前方に限られる化石標本は、その特異な形質などから中国山東省の下部白亜系から産出している *Pachygenys thlastesa* と同属とされ、歯の形態が異なることから新種の可能性が高い。これらの化石標本の詳細な分類学的位置を検討するには、更なる追加標本や世界中から産出している中生代トカゲ類化石との比較検討が必要であるが、篠山層群のトカゲ類相は高い多様性を示すことが明らかであり、今後の研究が Evans and Manabe (2009) 等で議論されている中国と日本のトカゲ類の関係性、またアジア圏、世界におけるトカゲ類の進化の議論に寄与すると期待される。

講演 2

モササウルス発掘最前線

小原正顕 (和歌山県立自然博物館)

モササウルス類は白亜紀後期の海に生息していた海生爬虫類の一種である。現生の動物でいえばトカゲやヘビに近いが、ヒレ状に進化した足を持っていた。体長が15mを超えるものも知られている。モササウルス類の復元画はオオトカゲの足をヒレに変えたような姿で描かれることが多かったが, Lindgren *et al.* (2010) の発表以降は、垂直方向に二又に分かれた尾を持つイルカのような姿の復元画が定着しつつある。

モササウルス類の化石は近畿地方では大阪府の和泉層群などでも発見されているが、2006年に和歌山県有田郡有田川町の鳥屋城山で発見された化石がにわか注目を集めている。化石を最初に発見したのは御前明洋氏 (当時は京都大学大学院博士課程に在籍。現在、

北九州市立自然史・歴史博物館所属の学芸員)で、上部白亜系の外和泉層群鳥屋城層からの産出であった。同氏から連絡を受けた和歌山県立自然博物館と京都大学とで共同調査をおこなった結果、モササウルス類の椎骨と後肢の骨(大腿骨、脛骨、腓骨、足根骨、指骨など)の産出が明らかとなった。

現場には他の骨がまだ埋まっている可能性が高いとの考えで発掘調査が行われたのは、2010年12月から翌年3月にかけてのことであった。大型脊椎動物化石の発掘では、現場である程度化石のクリーニングをおこなって各化石骨の形や並び方を把握してから、プラスチックジャケットを作成して表面を保護し、丸ごと取り出すという方法が一般的である。しかし、今回の発掘現場の岩盤は非常に硬い上に化石とその周りの石との分離が悪いので、とてもこのような方法での発掘は無理であった。結局のところ、重機で岩盤を掘削して石が割れるたびによく観察して化石の断面を確認し、その分布状況からだいたい3×1mほどの範囲に化石が埋没していると推定し、その範囲内の岩石を全て回収するという手段を採った。ただ、岩盤に無数の割れ目が発達していたために大小の破片に分裂してしまい、のちに立体ジグソーパズルをする羽目になった。さらには部分的に非常に脆い箇所があって重機で岩盤を叩くとボロボロと崩れ出すような場面もあり、何かと苦勞の多い発掘であった。

発掘によって得られた化石は大量にあり、まだクリーニングは完了していない。あと2~3年はかかるであろう。しかし、現在までに20個以上連続した状態の椎骨やほぼ完全な前肢、左右の下顎骨などが確認されており、上半身のほとんどの骨が保存されているということがわかってきた。また、前肢骨の特徴からこの化石種がモササウルス亜科の一種であることも判明した。なお、詳細な年代についてはアンモナイトの *Pachydiscus awajiensis* Morozumi が共産したことによりカンパニアン末期と考えている。国内では40例近くのモササウルス類の化石が発見されているが、これほど多くの部位がそろって発見された例は過去にない。特に注目すべきは後肢に続いて前肢の化石が得られたことで、これは世界的にも稀なことである。また、化石骨の周りからは通常ではあり得ない頻度でツノザメ類の歯化石が産出した。このことはモササウルス類が死後にツノザメ類によって食い荒らされたことを示唆しており、タフォノミーの研究観点から見ても興味深い。この化石は今後、世界中から注目されることになるであろう。

コメント

どのモササウルスが深く潜ることができたのか？

山下 桃 (東京学芸大学大学院)

白亜紀に繁栄したモササウルス科は完全に水棲適応していたことが知られており、骨組織や堆積環境、また一般に潜水病と呼ばれる阻血性骨壊死についての先行研究により、モササウルス科の中でも属ごとに潜水行動が異なっていたことが示されてきた。しかし、どの分類群がより深い深度での生活に適していたかということについては、明確な見解が得られていない。

近年、多くの生物において眼のF値などの視機能と生活様式や生活環境が深く関係することが示されてきた。F値とは焦点距離と有効口径の比で示される値であり、動物の眼における視覚系の集光能力の指標としても用いられている。網膜に形成される像の明るさがF値の逆数の二乗に比例することから、F値の小さい眼の方が、F値の大きい眼よりも低レベルの光度、つまり暗い環境の中でもものを見ることができると考えられる。海中では水深が深くなるほど光は弱くなる。そのため深く潜水する動物が、もし遊泳において視覚に依存しているのであれば、集光能力の高い眼が必要であり、そのような動物の眼は低いF値を示すことが期待される。

動物の眼のF値は、通常レンズの径や眼球など軟組織を計測することで推定されるが、化石では軟組織が残らないため、直接F値の推定をすることができない。しかし、近年の研究では、鞏膜輪や前頭骨の幅などが眼の軟組織と強く関係することが示され、硬組織から軟組織の大きさを推定することができるようになった。鞏膜輪とは、眼の中にある薄い骨の輪のことであり、幾枚もの薄い骨片が重なりあうことにより形成される。魚類や鳥類、またほとんどの爬虫類においてみられる。化石種の眼のF値と潜水行動については、Motani *et al.* (1999) で魚竜類について論ぜられている。

そこで、本研究ではモササウルス科の3つの属、*Tylosaurus*、*Platecarpus*、*Clidastes* について、それぞれの頭蓋骨や鞏膜輪の計測を行い、それぞれの個体の眼におけるF値を推定し比較をすることで3つの属の潜水行動について考えていく。

まず、焦点距離を推定するために必要な眼軸長の推定には、2つの方法を用いた。一つ目は頭蓋骨の正中線と眼窩の背方の縁を形成する前頭骨の縁との距離から眼軸長を算出する方法である。二つ目は、鞏膜輪の外径を用いて眼軸長を算出する方法である。有効口径

に相当する入射瞳の径は鞏膜輪の内側の開口部の径を用いて推定した。鞏膜輪を完全に残している標本は数がとても少なく、本研究では、*Tylosaurus*、*Platecarpus*、*Clidastes* をそれぞれ一個体ずつ用いて計測・F値の算出を行った。これらの標本の中で、*Clidastes* は前頭骨が不完全であったため、一つ目の方法を用いることができなかった。

一つ目の方法で算出したF値は、*Tylosaurus* では2.95、*Platecarpus* では1.31であった。一方、二つ目の方法で算出したF値は、*Tylosaurus* では2.47、*Platecarpus* では1.75、*Clidastes* では1.69であった。両方の方法において*Tylosaurus* は*Platecarpus* よりも大きなF値を示し、また*Clidastes* のF値は*Tylosaurus* と*Platecarpus* の間に位置しており、さらに*Platecarpus* に近い値となった。

これらの結果により、*Platecarpus* と*Clidastes* は、*Tylosaurus* よりも暗い環境の中、つまりより海中の深いところでものを見ることができ、よってこれらの2属が*Tylosaurus* よりも深く潜水していた可能性があると考えられる。これら3属は同じ地域(Western Interior Seaway)のほぼ同じ時代(サントニアン期-カンパニアン期)から知られている。そのため、潜水深度の観点から考えると、これらの異なったF値は、捕食者であるこれらの海生爬虫類間、特に*Tylosaurus* と他の2属の間で、生活深度を分けていたことを示す可能性がある。

講演 3

トカゲ類の進化と適応

正田 努 (京都大学大学院理学研究科動物学教室)

有鱗類には、トカゲ類、ミミズトカゲ類、ヘビ類、モササウルス類などが含まれる。このうちトカゲ類がその祖先となるグループで、ミミズトカゲ類やヘビ類、モササウルス類もトカゲ類から進化してきた。したがって、有鱗類から特殊化して放散したヘビ類などのグループを除いたものがトカゲ類である。ちょうど羊膜類と爬虫類の関係に似ている。さて、化石研究会でのトカゲ類について講演ということなので、化石ではほとんど情報のない現生の有鱗類の特徴について、おもに述べることにする。

双弓類の鱗竜類の中で、化石で判別できる有鱗類の特徴は、下側頭弓が失われ、方形骨が可動になることである。しかし、現生種で見られる明らかな特徴は、卵歯とヘミペニスである。有鱗類以外の羊膜類は幼体が卵から出る時に、卵殻を壊すのに角質の卵角を用い、交尾の際にはペニスを用いる。ペニスが総排出腔

に納められるのに、ヘミペニスは1対で、尾の付け根の部分に裏返しの状態で納められている。

側系統群であるトカゲ類というグレードの特徴は、このグループが昆虫食(おもに小型の無脊椎動物を食べること)で、この食性の特徴として、体が小さいことである。トカゲ類の放散は、昼行性・夜行性、樹上性・地上性・地中性などの生活様式に対応して、大きな系統が分化している。このグループの中から、肉食の捕食者ヘビ類、肉食や腐肉食のオオトカゲ類、植物食のイグアナ亜科のイグアナ類などの体の大きなグループが現れている。

有鱗類は舌で餌をつかむグループと、口蓋の鋤鼻器でおいをかぐために舌を用い、顎で餌をくわえるグループに分けることが出来る。前者はイグアナ下目でイグアナやキノボリトカゲ、カメレオンが含まれる。このグループは平気で蟻を食べる。後者にはそれ以外の有鱗類が含まれ、このグループには舌先が二分するものもあり、蟻を避ける。ムカシトカゲは前者の舌を持つので、この舌が原始的だと推測されていたが、最近の分子系統の結果はこれとは異なっていた。最初に分岐したのはヤモリ上科のグループで、オオトカゲ下目、ヘビ亜目、イグアナ下目が単系統とされており、これが毒の起源とよく合うと考えられている。また、トカゲ類ではドクトカゲ以外に有毒種はいないとされていたが、コモドオオトカゲやアガマ科のアゴヒゲトカゲからも毒は発見され、これらのグループの祖先が毒を持っていたとされている。

有鱗類に固有の特徴ではないが、重要な特徴がある。有鱗類は卵生の爬虫類の中では胎生が多く出現するグループである。また、いずれも変温動物で、昼行性で温帯域に生活するものはほとんど外温性である。ただし、爬虫類にはウミガメ類のように内温性のものもいる。

現生の有鱗類に共通の特徴は、化石の有鱗類もそなえていたと考えられる。卵歯やヘミペニスもそうである。系統解析の結果は、今回の話題の中心のモササウルス類はオオトカゲ類に近縁とされており、二分する舌のようにオオトカゲとの共通の特徴をもっている可能性が高い。また、オオトカゲの一部には下顎に毒腺があるので、モササウルス類にも有毒な種がいたかもしれない。有鱗類で平行的に生じている胎生化が、モササウルス類にも起きている。四肢が鰭となっていて、上陸して産卵することが困難になったためだろうが、胎生化のため卵殻を壊すための卵歯は失われているだろう。