

鮮新－更新統古琵琶湖層群の足跡化石と その特性を考察するための現生足跡の研究

岡村喜明*

Fossil footprints from the Plio-Pleistocene Kobiwako Group,
and characteristics of modern footprints

Yoshiaki Okamura*

Abstract

A summary of the fossil footprints from the Plio-Pleistocene Kobiwako Group is given, together with the results of surveys of modern footprints in Southeast, South and East Asia. Five kinds of footprints, namely elephants, rhinoceroses, artiodactyls (considered to be deer), crocodiles and birds (similar to large cranes or storks), are dominant in Plio-Pleistocene sediments, including the Kobiwako Group. This is because elephants, deer and rhinoceroses are large animals that can make well-defined and deep footprints due to the large load per unit of ground area. Additionally, as they walk, the fore and hind feet of these animals step on the same place, deepening the footprints. Crocodiles and birds also tend to leave footprints with well-defined toes and claws because their toes are narrow.

Key words: fossil footprint, modern footprint, Plio-Pleistocene, Kobiwako Group

1. はじめに

本報告は、2016年11月20日、滋賀県立琵琶湖博物館において行われた化石研究会 第146回例会にて講演した内容を古琵琶湖層群産の足跡化石を中心にまとめたものである。

筆者は1988年9月から29年間にわたり三重県中西部の名張市と伊賀市から滋賀県にまたがり広く分布する鮮新－更新統古琵琶湖層群において、滋賀県立琵琶湖博物館や滋賀県足跡化石研究会の諸氏とともに足跡化石の調査を続けてきた。ここではその足跡化石調査から分かってきた印跡動物について、現生種の足跡の形態と生息環境の観察の結果を踏まえて考察する。

2. 古琵琶湖層群からの足跡化石と体化石

古琵琶湖層群は、三重県の伊賀地域から滋賀県の湖南、湖東、湖西地域に分布している鮮新－更新世の淡水成層で、その全層厚は1,500m以上あり、年代は約

4.4Maから0.35Maとされている（吉川・山崎 1998；里口・服部 2008；里口 2015）。南部の三重県伊賀地域で古く、滋賀県の湖南、湖東地域から湖西地域にかけて順次新しい（吉川・山崎 1998）（図1）。

古琵琶湖層群の足跡化石産地は、2017年8月現在で65箇所ある。これらの産地からの足跡化石から推定した印跡動物はゾウ類、3趾型のサイ類と考えられるもの、偶蹄類のシカ類と考えられるもの、ワニ類、形態がツル類やコウノトリ類に似る大型のトリ類である。一方、体化石から同定されている動物の種類はゾウ類、サイ類、シカ類、ウシ類、イノシシ類、ネズミ類、ウサギ類、ワニ類、カメ類、ヘビウ属のトリ類である（高橋 1998；山本 2006）。これら足跡化石と体化石の産出層準は、図2に示した。図2に見られるように足跡化石、体化石ともに1.5Ma前後の草津層から堅田層下部の層準で産出していない。これは主として、これらの層準が河川性の堆積物からなり砂礫層が

2017年8月14日受付、2017年10月18日受理

*滋賀県足跡化石研究会 〒520-3005 滋賀県栗東市御園1022-7

Shiga Fossil Footprint Research Group, 1022-7 Misono, Ritto City, Shiga Prefecture, 520-3005 Japan

E-mail: y_okamura@oumiya.ne.jp

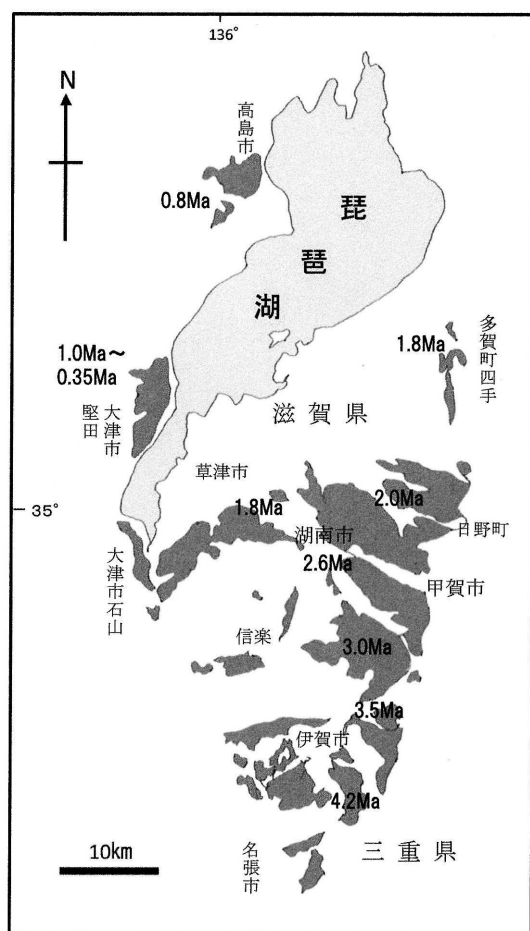


図1. 古琵琶湖層群の分布とおおよその年代.
(Kawabe 1989を元に作成).

優勢で、動物の足跡が残りにくかったこと、露頭が少ないこと、開発工事が盛んで露頭ができてもしち入り調査が困難であることなどの理由による。

印跡動物を産出層準からみるとゾウ類、サイ類、シカ類の3種類は4.1Maから0.5Maまで多くの層準から確認できている。ワニ類とトリ類は3.7Maから2.0Maまでの層準でほぼ連続して見られ、また0.8Maから0.5Maまでの層準からも確認できている。このように足跡化石の産出年代は、一部に空白があるがほぼ全ての層準で見られ、体化石と比べて生息していた時代がより詳しく把握できる。しかし、ウシ類、イノシシ類、ネズミ類、ウサギ類、カメ類は今のところ体化石だけが発見されており、足跡化石は発見されていない。したがって古琵琶湖層群の時代の動物相の考察には足跡化石と体化石の両者からのアプローチが有効である。

3. 現生動物の足跡と印跡の観察

国内の鮮新～更新世のほとんどの足跡化石産地では、古琵琶湖層群の場合と同様に、大きく分けてゾウ類、サイ類、シカ類、ワニ類、トリ類が印跡動物と考えられる5種類の足跡化石が見られる(岡村 2016)。

筆者は、このような5種類の足跡化石が多いことの原因を探るべく、それらの産地が湖沼や湿地、デルタを含む河川などからなる堆積環境であることを考慮にいて、現生の野生動物の足跡や生態が観察できる場所を選定した。

選定にあたっては、印跡した動物や体化石として産出している類似種が生息している東南アジアや南アジア、日本を含む東アジアの熱帯～温帯の森林、草原、湖沼畔、網状河川や河口などを選び観察を続けてきた(岡村・高橋 2007, 2009; 岡村 2011; 岡村 2013)(図3)。

① 動物園等

観察を始めた1990年代は、現生のゾウ類やニホンジカ、イノシシ、ウシ類など偶蹄類の足底部と足跡の形態の観察を国内の動物園や里山、河畔などで行った。その結果、野生の偶蹄類の印跡の場と印跡の仕方についての考察には一定の成果があったが(岡村 2011)、動物園では立ち入り条件が厳しいこと、印跡面が砂やコンクリートが多いこと、行動範囲が狭いことなどの制限があり、野外のようによいデータが取れなかった。同じ飼育下であっても、タイの遊園地では、アジアゾウが砂や泥の上につけた足跡の観察や体の各部位の長さや体重と足部の大きさの計測ができ足跡化石の研究にとって有用であった。同様の観察や計測は、マレーシアやインドネシアの動物園でも行ったが、こうした施設に共通する問題点として、地面の土が乾期には固くなり足跡がつきにくいことや柵内の面積が狭く、自然な歩行や行跡の観察が困難なことであった。

② カリマンタン島とタイの野生動物保護区等

1999年からは、マレーシアのカリマンタン島とタイの野生動物保護区や国立公園の広いヌタ場(泥場)、塩なめ場(塩場)、沼畔、河畔、長く続く林道でスコールの後に地面が軟らかくなった場を選び観察した。これらの場所では、野生のアジアゾウだけでなく、シカ類、ウシ類、イノシシ類のほかハリネズミ類、ネズミ類やリス類、ツバイなどの小型動物、サル類、センザンコウ、ジャコウネコ類、ヤマアラシ類、カワウソを含むイタチ類、イヌ類、クマ類、トラやヒョウなどのネコ類、トカゲ類、カメ類、ワニ類、カエル類、トリ類など多くの地上性、半地上性動物の足跡が観察できた。図4に、タイのバンコク市から車で2時間の海拔750m前後の山岳地帯にあるカオヤイ国立公園で観察した足跡をつける可能性が大きい地上

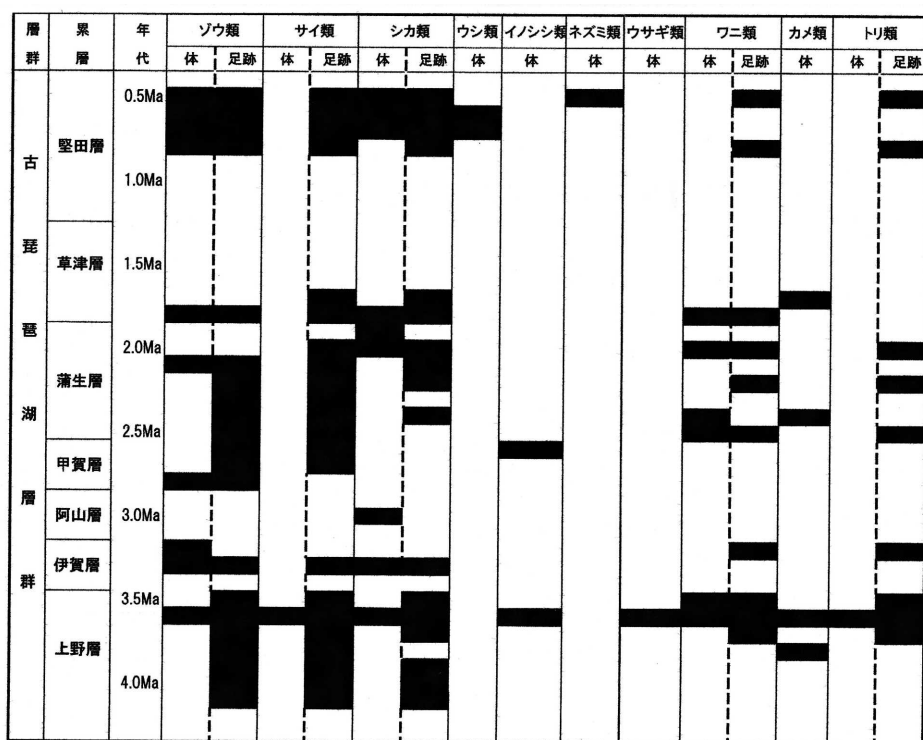


図2. 古琵琶湖層群産の足跡化石と体化石の産出層準.

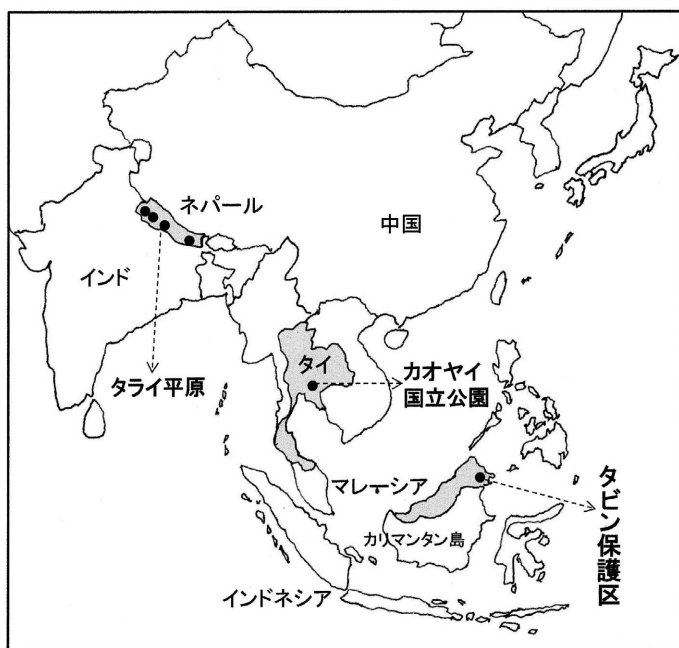


図3. 野生動物の足跡を観察した国の主な保護区と国立公園 (●印).

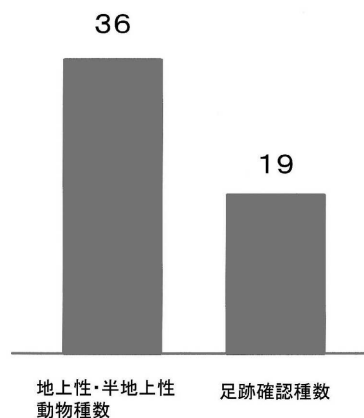


図4. タイのカオヤイ国立公園における地上性・半地上性動物種数と足跡確認種数.

性・半地上性動物の種類数と足跡が確認できた種類数を示す。ここで生息している地上性・半地上性動物36種類 (Sompoad et al. 2000) のうち足跡が確認できたのは19種類、53% で約半数であった。

こうしたタイやマレーシアにおいて観察できる動物や足跡は、年々その数が減少していった。おそらく、これらの地域で起こった急速な観光地化や開発、密猟などがその要因と考えられる。

③ ネパール南部のタライ平原

2012年からは、まだ開発が進んでおらず、野生動物が多く見られる可能性が高いネパール南部のタライ平原に観察場所を変更した。タライ平原は、インドと国境を接する海拔100~200m、亜熱帯気候下にある。

訪問前の資料調査により、この平原には国内における足跡化石の印跡動物と考えられる動物に近い種類であるアジアゾウ、インドサイ、アキシスジカ・サンバー・バラシガジカ・ホッグジカなどのシカ類、ヌマワニ・インドガビアルなどのワニ類、ツル類やコウノトリ類などのトリ類が生息していることが分ったことも、この場所を選定した大きな理由である (岡村 2015)。

現地の野生動物はインドとの国境近くに点在する国立公園や保護区内で厳重に保護され、居住区と保護区の間には双方の生活を守る緩衝地帯が設けられていた。いまだに密猟があるので保護区内と入口での検問は厳しいが、許可をとれば昼間に限るが野生動物の姿や足跡を徒歩と四輪駆動車やゾウに乗って観察することができる。ヒマラヤ山脈からの大量の雪解け水はシワリク山地を横断しタライ平原に出て網状河川となり南方のインドへ流れる。住民の集落や田畑は広い氾濫

原の中にあり、河川が氾濫すれば洪水で運ばれた砂に埋もれることも珍しくない。また、平原内の森林や草原だけでなく網状河川の中洲や河畔林にも多くの野生動物が生息していて、流域の水田にはアジアゾウや野生スイギュウの足跡が見られ、農家の軒下にまでインドサイが来ることも足跡から確認できた。

タライ平原での観察は、スクラファンタ、バルディア、クリシュナサル、チトワン、コシタブの5箇所の野生動物保護区や国立公園で行い、そこに生息するとされる地上性・半地上性動物46種類 (Baral et al. 2008) のうち35種類、76% の足跡が確認できた (岡村 2015) (図5)。また、野生動物の姿は昼間のみの観察で22種類が確認できた。

確認できた足跡35種類中、林床、竹藪、林道、小径、スタ場 (泥場)、塩なめ場 (塩場)、草原などの水域から離れた場所では26種類 (74%) が、沼畔、湿地、網状河川の中洲、河畔、谷川などの水域周辺では29種類 (82%) が見られた。水域周辺の方がやや多くの種類が確認できたが、両者には大きな差はなかった。水域周辺で足跡の見られた29種類の野生動物は、ノウサギ類、大型~小型のネズミ類、ヤマアラシ類、ジャコウネコ類、スナドリネコなどの大型ネコ類、ベンガルヤマネコなどの小型ネコ類、ベンガルトラ、マングース類、キツネ類、ジャッカル (ドールを含む)、ビロードカワウソ、モグラ類、ラングール、アカゲザル、イノシシ類、バラシガジカ、サンバー、アキシスジカ (ホッグジカを含む)、ガウル、スイギュウ、インドサイ、アジアゾウ、ヌマワニ、インドガビアル、トカゲ類、カメ類 (スッポン類を含む)、カエル類、タカ類やクジャク類などの陸のトリ類や、サギやコウノトリ類のなど水辺のトリ類であり、その足跡の状態を図6に示す。これらのうち、ネズミ類、ネコ類、シカ類、カエル類、カメ類、トリ類などでは生息する種類が多く、また足跡の形態も類似していることから、正確に種を同定できないものもあった。こうしたタライ平原で見ることのできた足跡の中には、古琵琶湖層群などで足跡化石として産出しているゾウ類、サイ類、シカ類、ワニ類、ツル類やコウノトリ類などに類似する大型トリ類が含まれていた。

4. 考察

筆者は1988年9月から現在まで鮮新-更新統古琵琶湖層群から産出する足跡化石の調査を続けてきた。その結果、いままでに発見されている体化石はゾウ類、サイ類、シカ類、ウシ類、イノシシ類、ネズミ類、ノウサギ類、ワニ類、カメ類、ヘビウ属のトリ類の10種類であるのに対して、足跡化石から推定した印跡動物は、シカ類と考えている偶蹄類、ゾウ類、3趾型でサ

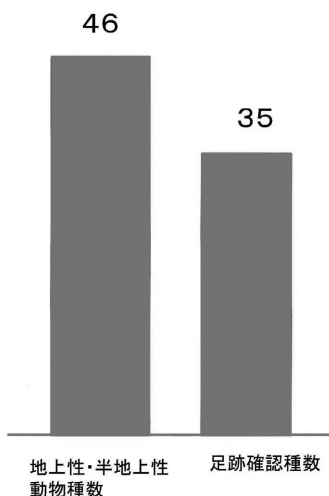


図5. ネパールのタライ平原における地上性・半地上性動物種数と足跡確認種数。

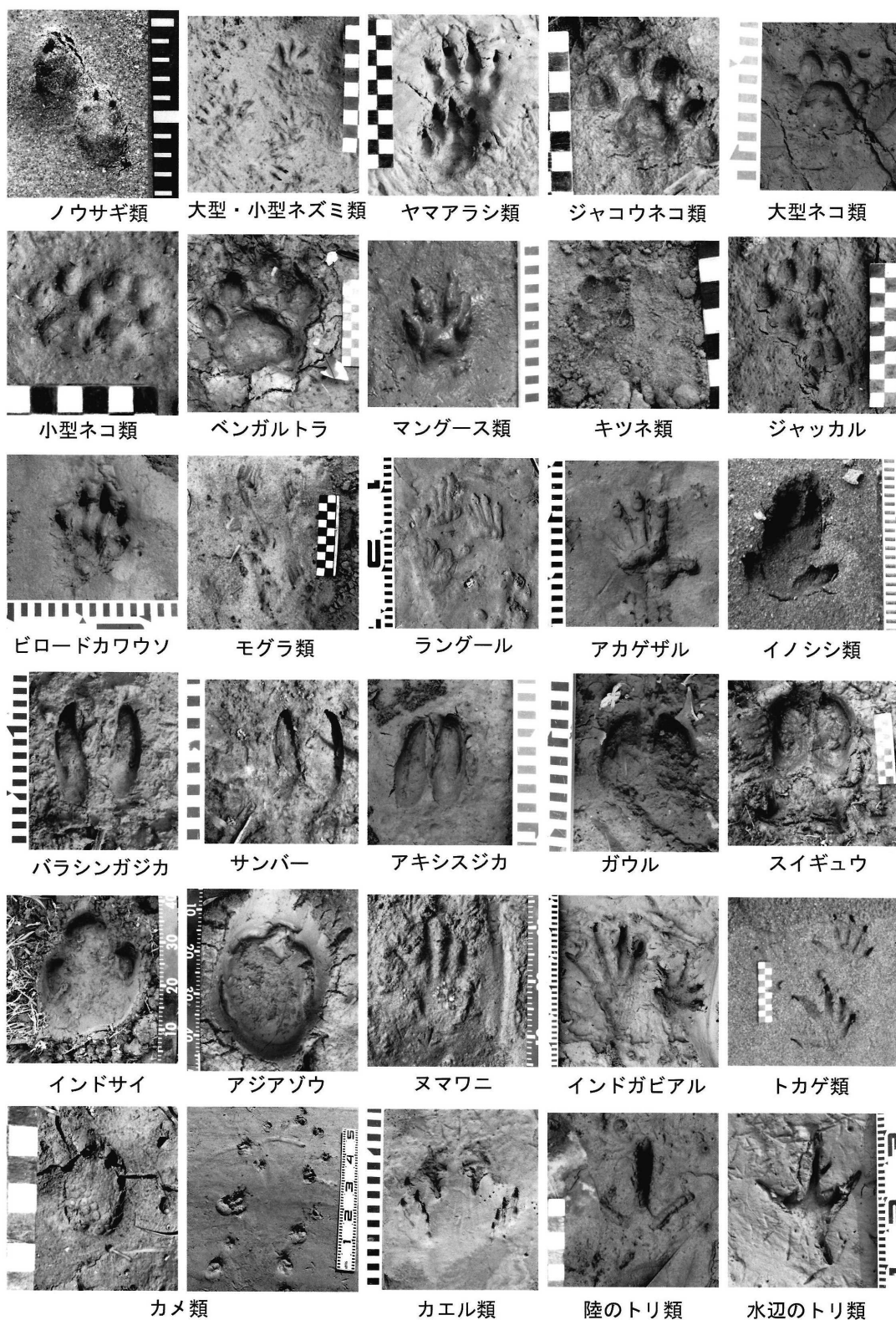


図6. ネパールのタライ平原の水辺周辺で確認できた29種類の野生動物の足跡。

イ類と考えられるもの、ワニ類、形態がツル類やコウノトリ類に似る大型のトリ類の5種類である(図7上段)。こうした足跡化石が5種類の印跡動物種に限定される傾向は、古琵琶湖層群以外の国内の鮮新-更新世の産地においても同様である(岡村 2016)。

石垣(1988)は、足跡化石となつて残るには、印跡する場の堆積物の粒子の大きさ、堆積物に含有する水分や有機物の量によって生じる泥や砂の硬さ、下位の地層も含めた堆積物の状態などの堆積学的特性と印跡動物の体重、前後の足部や趾部の形態とその動き、重複印跡などによる変形、破壊などの印跡動物側の生物学的特性が重要であることを述べている。

この生物学的特性の視点で古琵琶湖層群から多産する5種類の足跡化石について検討し、明らかになったことを以下に示す。

① シカ類

足跡化石で最も多く見られる。シカ類の足跡化石の形態の特徴は、主蹄印がササノハ形で2個が並列、あるいはV字に開蹄シクサビのように深部へ進入する。深い足跡では後方に2個の円形や楕円形の小さな副蹄印を見ることがある。シカ類の足跡は前後重複足印であることが多く、主蹄印が2個に見えるが4個の印跡からなる。前後足が同じ所に2度つくことでより深い

足跡になる。

② ゾウ類

シカ類の次に多く産出する足跡化石。形態の特徴は、足印底が楕円形や円形でほぼ平坦、前半部の周縁に5個から8個の弧状で深い蹄印が並ぶ。足底の後半部には蹄印は見られず、踵部の周縁は弧状で切痕を見ない。ほぼ全ての足跡化石で前後が重複して特に後足印は深いことが多い。

③ サイ類

3番目に多い足跡化石。前半部に3個の深い蹄印が見られる。前部中央の1個は前趾印で太くて長い。内外側の側趾印は耳介形で前趾印より小さい。3個ともに深く食い込む。前趾印は茸形で、側趾印は趾が自由柔軟に動くため形態は多様化する。各趾間は広い。踵部の周縁はほぼ弧状であるが中間に切痕(踵溝印)が1箇所ある。踵部の印は趾印に比べて浅いことが多い。前後の足印の重複の仕方では回旋の角度が内外方へずれると趾印が3個でなく4個見られることがある。

④ ワニ類

前足に5個、後足に4個の趾をもっていることから4~5個の細長い趾印が前方へ放射状に出る。先端に鋭い爪印が深くつく。趾印は湾曲していることがあり、また進行方向と一致しない場合がある。趾間膜印

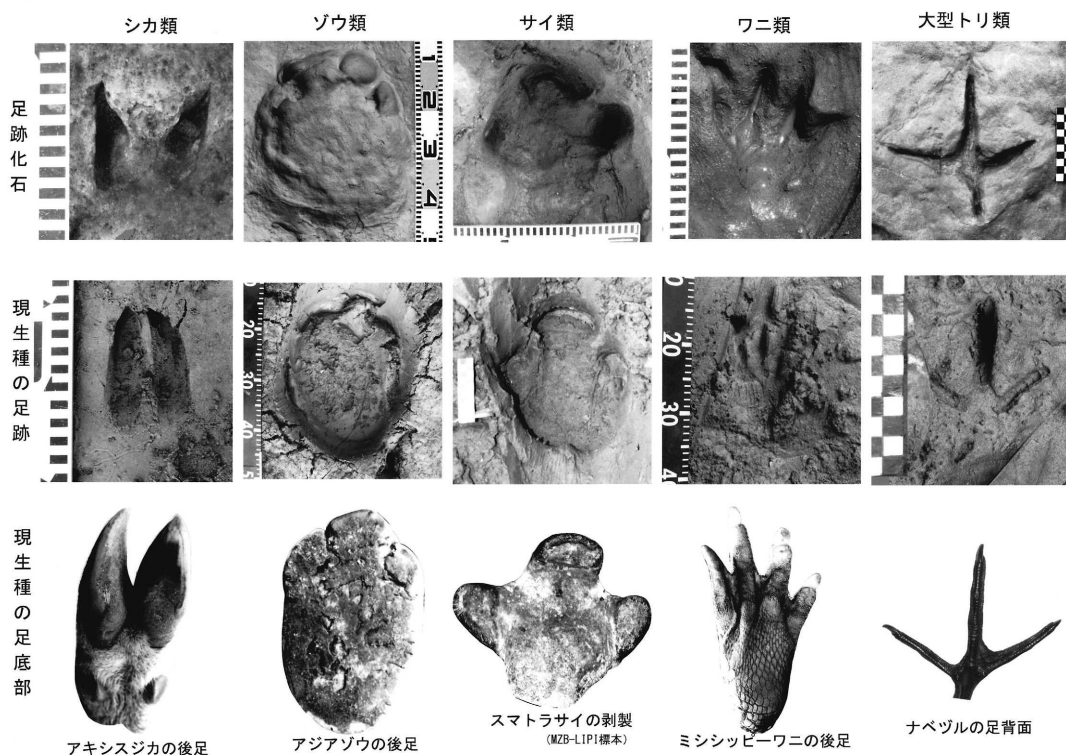


図7. 古琵琶湖層群から産出している5種類の足跡化石(上段)と現生の類似種の足跡(中段)と足底部(下段)。

は顕著でない場合が多い。

⑤ トリ類

トリ類の足跡化石はこれまでのところ大型のものが多く小型のものは少ない。いずれも特徴は十字形になる。第2, 第3, 第4趾印は細くて浅いこともあるが、趾の遠位部と先端の爪印は深くつく。第1趾印が不明瞭な場合は第1趾が出る部位が高いのか、第1趾をもたないのかが判断できない。体化石ではヘビウ属の上腕骨化石が産出しているがウ類やヘビウ類の足跡化石は、今のところ確認されていない。

以上に述べた形態的特性のうち、すでに岡村・高橋(2007)で指摘されたように、シカ類、ゾウ類、サイ類の3種類の足跡化石は鋭く深く印跡する蹄を周縁にもつ大型の動物で、支持基体への単位面積当たりの荷重が大きいことが挙げられる。しかもこれらのほとんどが前後重複足印であり、2度同じ場所に印跡することによりその足跡は深く明瞭になる。また、ワニ類、トリ類の足跡化石については、指趾がシカ類、ゾウ類、サイ類に比べ細いにもかかわらず趾印と爪印が明瞭につくことが多いため大型動物の足印に比べて浅い場合でも残り易いと考えられる(図7中・下段)。

ネパールのタライ平原における現生動物の調査では、その地域に生息する種類の約70~80%の動物の足跡が確認された。一方、古琵琶湖層群のような地層から発見される足跡化石の場合には、足跡が印跡された後の様々な過程での自然あるいは人工的な変形や破壊の影響も大きく受けている。このことを考慮すれば、私たちがまだ発見できていない種類の足跡化石も多くあり、これからも調査を継続し、資料を蓄積していくことで、鮮新-更新世の動物相をより明らかにできるものと考えている。

謝辞

筆者の29年間にわたる古琵琶湖層群での足跡化石の研究調査と本報告をまとめるに際して琵琶湖博物館の高橋啓一氏には終始多大なご指導をいただいた。また同博物館の里口保文氏には足跡化石の堆積構造や古琵琶湖層群の層序について産出地で懇切丁寧なご教示をいただいた。岡山理科大学の石垣 忍氏には古琵琶湖層群の足跡化石の産状について産出地においての討論に有意義なご意見をいただいた。また、化石研究会に

は本報告の内容を第146回例会で講演し、会誌に投稿する機会を与えていただいた。ここに心から感謝する。

引用文献

- Baral H S, Shah K B (2008) Wild Mammals of Nepal. Himalayan Nature, Kathmandu, 188p
- 石垣 忍 (1988) 古足跡学の可能性. 化石研会誌 20, 32-38
- Kawabe, T (1989) Stratigraphy of the lower part of the Kobiwako Group around the Ueno basin, Kinki district, Japan. Journal of Geosciences, Osaka City University 32, 39-90
- 岡村喜明 (2011) 足跡化石研究のための野生動物観察例. 滋賀自然環境研会誌 9, 29-38
- 岡村喜明 (2013) 私は、なぜネパールのタライ平原へ行ったのか. 滋賀自然環境研会誌 11, 75-88
- 岡村喜明 (2015) ネパール タライ平原の足跡紀行. 滋賀自然環境研会誌 13, 77-89
- 岡村喜明 (2016) 日本の新生代からの足跡化石. 琵琶湖博物館研究調査報告 29, 112p
- 岡村喜明・高橋啓一 (2007) 現生足跡調査から見た国内新生代足跡化石にゾウ類、シカ類が多産する要因について. 亀井節夫先生傘寿記念論文集, 127-134
- 岡村喜明・高橋啓一 (2009) 新生代からの足跡化石研究の現状. 化石研会誌 41, 82-88
- 里口保文 (2015) 古琵琶湖層群下部層序の再検討. 地質学雑誌 121, 125-139
- 里口保文・服部 昇 (2008) 中部更新統古琵琶湖層群上部と上総層群上部の火山灰層の対比. 第四紀研究 47, 15-27
- Sompoad S, Troy H (2000) Mammals of Khao Yai National Park. Green World Foundation, Bangkok, Thailand, 120p
- 高橋啓一 (1998) 脊椎動物化石とその起源. 古琵琶湖とその生物. アーバンクボタ 37, 46-57
- 山本勝吉 (2006) 古琵琶湖層群上野累層から産出したサイ化石. 痕跡 26, 19-21
- 吉川周作・山崎博史 (1998) 古琵琶湖の変遷と琵琶湖の形成. アーバンクボタ 37, 2-11