

新生代からの足跡化石研究の現状

岡村喜明*・高橋啓一**

The present situation and methods of Cenozoic fossil footprint research in Japan

OKAMURA, Yoshiaki* and TAKAHASHI, Keiichi**

Abstract

Eighty years have passed since the beginning of fossil footprint research in Japan, and currently 56 sites have been discovered. The majority of these sites, 43 in total, are from Plio-Pleistocene sediments.

Frequent observations of Plio-Pleistocene fossil sites and some experiments of tracking have shown the importance of 1) a survey as soon as possible after discovery for morphology analysis; 2) carrying out an investigation in a unified way; 3) utilizing samples in diverse ways, including cutting out of the original fossil footprints without removing the infilling sediment in a fossil footprint examination.

Furthermore identification of animal tracking has to be carried out carefully. In this research program, field observations of footprints of living wild animals were conducted mainly in Japan and Southeast Asia, and 800 casts of footprints from 80 species were collected.

It is difficult to preserve unconsolidated fossil footprints from Plio-Pleistocene sediments *in situ*. We therefore have to organize a survey of the footprints with the local residents during the excavation process. We think it is important to inspire people to be aware of the natural history of their native land, check up on things by themselves, and foster a nature-conscious future for the local people.

Key words: fossil footprints, Cenozoic, Plio-Pleistocene, Japan, investigation methods

1. はじめに

国内における足跡化石研究の発端は、1923年に岩手県花巻市小舟渡の北上川河床で、宮沢賢治と彼の教え子らが偶蹄類の足跡化石を発見したこととされている。この化石は、齊藤（1928）によって共産するクルミ化石とともに報告された。

その後、1930年代から1960年代には、各地で産出報告がされるようになったが、これらの研究では、おもに足印口の輪郭の形態から印跡動物の種類を推定するに留まっていた。このような足跡化石研究の中で、大

きな転機となったのは1988年の滋賀県湖南市吉永の野洲川河床における長鼻類と偶蹄類の足跡化石調査である。この調査をきっかけとして国内における足跡化石研究のための用語や調査法などが統一されたほか、足跡化石の認定に際して、足印口の形態だけを重視するのではなく、行跡の確認や足跡化石断面の堆積構造を詳細に観察する手法が定着した（石垣，1988a；b；亀井編著，1991；野州川足跡化石調査団，1995）。

また、1990年の第11次野尻湖発掘に際して取り組まれた足跡化石、特に長鼻類における堆積学的な観察と

2008年10月1日受付，2008年11月1日受理

* 〒520-3005 滋賀県栗東市御園1022-7，滋賀県足跡化石研究会

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

** 〒525-0001 滋賀県草津市下物町1091，滋賀県立琵琶湖博物館

Lake Biwa Museum, 1091 Oroshimo, Kusatsu, Shiga 525-0001, Japan

表1 国内の新生代足跡化石産地リスト

	足跡化石産地	時代	印跡動物	主な報告
1	岩手県花巻市の北上川河床・周辺の丘陵 北上市周辺の和賀川・胆沢川・支流の河床	更新世	長鼻類, 偶蹄類, トリ類	斉藤(1928), 木下ほか(1991), 水沢市・金ヶ崎町 教育委員会ほか(1993), 大石・吉田(1998)
2	宮城県栗原市若柳町	更新世	偶蹄類	京都大学標本
3	山形県新庄市二ツ屋の最上炭田	更新世	トリ類	吉田(1965), Yoshida(1967)
4	新潟県長岡市越路町の洪海川河床 十日町の田川河床	更新世	長鼻類, 偶蹄類	中村(1968), 松本ほか(1968), 堀川(1990), 洪海川足跡図研(1994)
5	茨城県大子町頃藤と西金	中新世	偶蹄類, 長鼻類, トリ類	筑波大学足跡化石調査会(2005), 国府田ほか(2006)
6	埼玉県入間市の入間川河床	更新世	長鼻類	入間川足跡化石発掘調査団(1993)
7	東京都昭島市周辺の多摩川河床, 北浅川河床	更新世	長鼻類, 偶蹄類, トリ類	倉川・多摩川足跡化石調査団(2000) 福嶋ほか(2002)
8	長野県水上内郡信濃町の野尻湖底	更新世	長鼻類, 偶蹄類, トリ類	野尻湖発掘調査団足跡古環境班(1992), 第16次発掘足跡調査班(2008)
9	長野県諏訪市の千曲川河床	更新世	長鼻類	長森・北御牧村アケボノウ発掘調査団(1995)
10	静岡県富士宮市沼久保の富士川河床	更新世	長鼻類?	柴・阿部ほか(1992)
11	金沢市大桑町の犀川河床	更新世	長鼻類, 偶蹄類, トリ類	岡村・高橋ほか(2004)
12	石川県鳳珠郡能登町十郎原の崖	中新世	大型動物	調査中
13	石川県能美市湯屋の崖	中新世	大型動物	調査中
14	石川県輪島市門前町浦上の竹川谷河床	中新世	ワニ類	石川県門前町足跡化石調査団(1999)
15	福井県福井市越前町大味と周辺の海岸	中新世	長鼻類, 奇蹄類, 偶蹄類	越前村哺乳類足跡化石調査会(2001) 安野(1997, 1998)
16	岐阜県美濃加茂市の木曾川河床	中新世	サイ類	美濃加茂市教育委員会(1995), 鹿野(1993)
17	岐阜県大垣市上石津町の須城谷河床	更新世	長鼻類, 偶蹄類	大垣市教育委員会(2007)
18	三重県津市橋原の中ノ川河床	鮮新世	長鼻類	調査中
19	三重県鈴鹿市小社町・伊船町地先の御幣川河床	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類, サイ類, ワニ類	調査中
20	三重県龜山市野村町の鈴鹿川河床	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類, サイ類, ワニ類, トリ類	龜山市立歴史博物館報告書印刷中
21	三重県龜山市中ノ庄と岩瀬の中ノ川河床	鮮新世	長鼻類	調査中
22	三重県津市多門町の安濃川河床	鮮新世	長鼻類	調査中
23	三重県伊賀市平田の服部川, 御代の柘植川河床と周辺丘陵	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類, ワニ類, トリ類	岡村ほか(1993), 服部川足跡化石調査団(1996) 岡村ほか(1995), 奥山・北田(1994), 里口ほか(2005)
24	滋賀県甲賀市甲南町野尻の浅野川河床と周辺	鮮新世	長鼻類	岡村・田村ほか(1995)
25	滋賀県甲賀市甲南町宝木地先の袖川河床	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類	岡村・田村ほか(1995)
26	滋賀県湖南市吉永と夏見の野洲川河床と周辺	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類, ワニ類, トリ類	亀井ほか(1989), 田村(1991), 野洲川足跡化石調査団(1995)
27	滋賀県甲賀市水口町宇田と周辺の野洲川河床	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類, ワニ類, トリ類	岡村・田村ほか(1995)
28	滋賀県蒲生郡日野町小井口の日野川河床と周辺	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類	岡村・田村ほか(1995)
29	滋賀県東近江市山上の愛知川河床	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類	愛知川産化石林調査団(1993) 岡村・田村ほか(1995)
30	滋賀県犬上郡多賀町四手の工事現場	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類	岡村・田村ほか(1995)
31	滋賀県大津市雄琴・苗鹿・小野・周辺の丘陵	更新世	長鼻類, 偶蹄類, トリ類	岡村・田村ほか(1995), 藤本(1997)
32	滋賀県大津市伊香立南庄町と周辺の丘陵	更新世	長鼻類, 偶蹄類, サイ類, トリ類	岡村・田村ほか(1995)
33	滋賀県大津市南郷の工事現場	更新世	長鼻類, 偶蹄類	多賀(2008)
34	滋賀県高島市上古賀の安曇川河床	更新世	長鼻類, 偶蹄類	高島市教育委員会報告書(2005)
35	滋賀県彦根市と周辺の芹川河床	更新世	偶蹄類	未報告
36	京都市左京区岡崎の京都市動物園の構内	更新世	偶蹄類	地学団体研究会京都支部(1990)
37	大阪市住吉区の山之内遺跡, 平野区の長原遺跡	更新世	長鼻類, 偶蹄類	越ほか(1992), 清水(1992), 越(1992)
38	大阪府富田林市の石川河床	更新世	長鼻類, 偶蹄類, トリ類	樽野(1994)
39	大阪府和泉市久井	更新世	長鼻類, 偶蹄類, トリ類	濱塚ほか(1998)
40	兵庫県三田市富士が丘	漸新世	大型動物	調査中
41	兵庫県明石市林崎などの海岸一帯	更新世	偶蹄類	徳永・直良(1934), 鹿間(1936), 森本・津田(1937)
42	兵庫県城崎郡香美町下浜と周辺の海岸	中新世	長鼻類, 偶蹄類, サイ類 トリ類, ワニ類	安野(2003), 香住町教育委員会報告書(2005)
43	兵庫県城崎郡香美町村岡の矢田川河床・湯舟川河床	中新世	長鼻類, 偶蹄類	安野(2006)
44	兵庫県豊岡市猫崎の海岸	中新世	長鼻類・偶蹄類・サイ類	安野(2005)
45	兵庫県淡路島西部の大飯階群	更新世	長鼻類?, 偶蹄類?	不詳
46	島根県松江市美保関町の海岸	中新世	ワニ類	河野ほか(2006)
47	広島県東広島市西条町	更新世	長鼻類, 偶蹄類	調査中
48	愛媛県上浮穴郡久高原町明町の上畑野川河床	中新世	偶蹄類, トリ類, 奇蹄類?	岡村(1999)
49	愛媛県伊予市森の海岸	鮮新~ 更新世	長鼻類, 偶蹄類, 3趾型足印	調査中
50	大分県国東郡姫島村の海岸	鮮新~ 更新世	長鼻類, 偶蹄類	岡村ほか(2001)
51	大分県中津市金吉の金吉川河床	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類	岡村ほか(2001)
52	大分県宇佐市森の深見川河床と周辺	鮮新世	長鼻類, 偶蹄類, ワニ類	岡村ほか(2001)
53	大分県由布市狭間町の大分川河床	鮮新~ 更新世	長鼻類, 偶蹄類	岡村ほか(2001)
54	熊本県球磨郡球磨村渡の工事現場	鮮新世	長鼻類?, 偶蹄類	調査中
55	佐賀県唐津市肥前町星賀の海岸一帯と 長崎県松浦市鷹島一帯	中新世	偶蹄類・ワニ類・トリ類 4指型偶蹄類	河野(1999), 犬塚ほか(2003)
56	長崎県佐世保市小佐々町楠泊	中新世	偶蹄類	沢田(1958)

足跡化石のタフノミーの考察は、くぼみの形態が動物の動的な結果から生じた足跡の化石であるかどうかを判定するものであり、それまでの足跡化石の研究を反省し、その後の発掘や調査法に大きな影響を与えた（野尻湖発掘調査団足跡古環境班，1992；ゾウの足跡化石調査法編集委員会，1994；樽野博幸，2000）。

こうした調査法が確立したことで、その後各地で発見された足跡化石を一定程度は同一の精度で調査することができるようになった。

齊藤（1928）によって、国内初の足跡化石の報告が出されて以来、80年を経た現在（2008年8月）までに、国内の新生代の足跡化石産地は56箇所になった（表1）。本報では、著者らがこれまで行ってきた国内45箇所の足跡化石の観察結果や試行してきた調査法を中心に、足跡化石の研究の現状と課題について述べる。

2. 足跡化石産地の概要と印跡動物

1) 時代

国内の新生代の足跡化石産地は、漸新世、中新世、鮮新世～更新世から発見されている。ほぼ同じ層準で近接している産地を1箇所として集計すると、2008年8月現在で56箇所が報告または確認されている。その時代別内訳は、漸新世が1箇所（約2%）、中新世が12箇所（約21%）、鮮新世～更新世が43箇所（約77%）で、鮮新世～更新世が全体の4分の3を占めている（図1）。

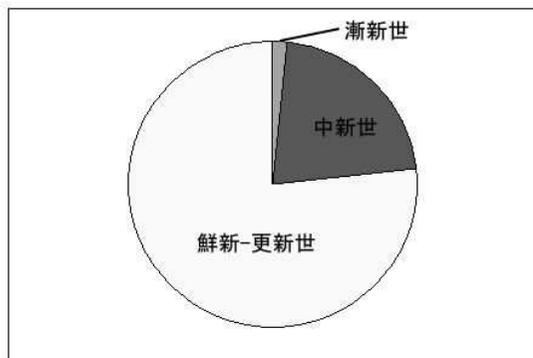


図1 足跡化石の時代別割合

2) 産地と発見の契機および印跡層の固結状況

足跡化石が発見された56箇所中61地点（1箇所とした産地においても、河床と工事現場など異なった場所がある。これを集計すると61地点となる）を見ると、河床が最も多く34地点（約56%）、次いで道路や宅地造成などの工事現場が13地点（約21%）、海岸が10地点（約16%）、遺跡が2地点（約3%）、鉱山と小洞窟

が2地点（約3%）となっている（図2）。

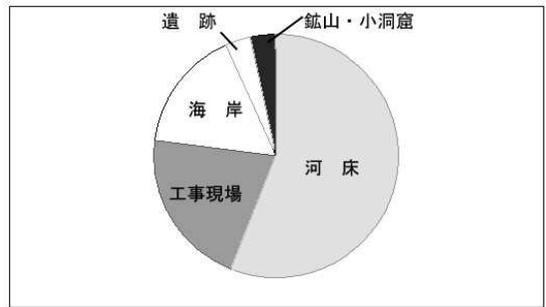


図2 足跡化石産地の環境別割合

発見の契機としては、台風や豪雨による増水での河床の浸食、工事現場において新たな露頭の出現のほか、海岸における地質、化石などの調査中あるいは遺跡の発掘に伴って発見される場合もある。また、以前は炭鉱などの坑道から発見されることもあったが、近年では鉱山が閉鎖されたこともあり、新たな発見の報告はない。

56箇所中、堆積物の固結が進んでいるところは16箇所中、この大部分が中新世である。一方、固結が進んでいないところは40箇所中、鮮新～更新世が多い（図3）。固結が進んでいない産地では、足跡化石が発見された後、迅速に対応することが望まれる。風化浸食が進み、保存状態が不良な資料を調査してもそこから得られる成果は少なく、むしろ誤った結果を導き出す可能性さえある。固結が進んだ産地では足跡化石を発掘することは困難であるが、調査開始を急ぐことはな

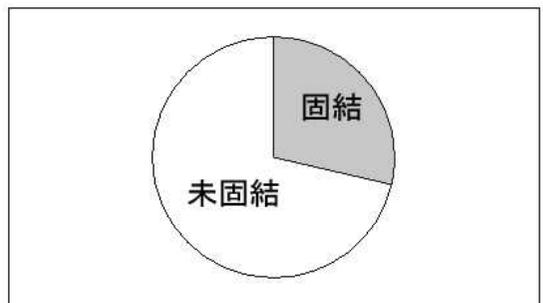


図3 産地の固結と未固結の割合

3) 印跡動物

報告された印跡動物は、長鼻類と偶蹄類がともに39産地（約57%）で最も多い。次いで鳥類が15産地（約22%）、爬虫類のワニ類が9産地（約13%）、奇蹄類のサイ類が5産地（約7%）である（図4）。これらのうち、長鼻類と偶蹄類（特にシカ類と考えられる）の

足跡化石が共産する場所が非常に多い(岡村・高橋, 2007)。

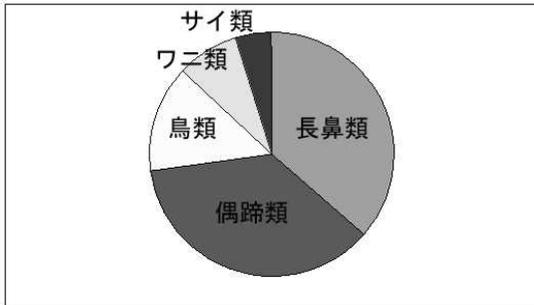


図4 印跡動物の種類別割合

3. 印跡動物を解明する取り組み

1) 印跡実験

野洲川河床の足跡化石産地からは様々な形態をした偶蹄類の足跡化石が発見された。1988~1989年当時は、これらをその足印口の上面観の形態からV形、U形、H形、ハート形、あるいは大きさから大型、小型などと分類し、それを現生偶蹄類の足跡の形態と安易に結びつけようとする傾向があった。

一方、岡村は、現生ニホンジカ、家畜ウシなどの足跡の観察、石膏での型取り、蹄を使った印跡実験などを行い、足跡化石の形態について再考する作業を繰り返した。その過程で、型取りした足跡化石の底面観において、その足印底に見られる着地、支持痕が印跡動物の蹄の形態をよく反映することが分かった(岡村, 1990; 野州川足跡化石調査団, 1995)。

また、発見された足跡化石は、足跡化石が埋積する前や地層中、あるいは地層から露出した後に変形や浸食を受けている場合が多く、発見された時点でみられる足跡化石の形態をそのまま足跡をつけた動物の趾の形態と判断して、種を同定することには大きな問題があることがわかった。

2) X線コンピュータ断層撮影(X線CT)による立体像構築

地表面に現れた足跡化石を調査する際に、足跡化石内部の堆積物は取り除かれることが多い。この時に足跡化石の底面の決定が困難な場合が多く、掘りすぎたり、掘り足らなかつたりする可能性があることから、足跡内部の堆積物を取り除かずに足跡化石の形態を観察する手法が必要となった。そのひとつがX線コンピュータ断層撮影(X線CT)による立体像構築である。この方法は、岡村が実験的にしか行っていない。実験は、ニホンジカの蹄模型を使い、粘土層面に印跡した後に、足印内と上位に砂を被せたブロックを医療

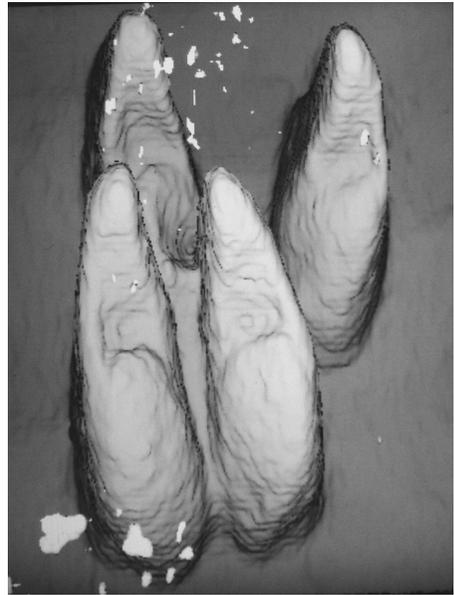


図5 粘土面につけたニホンジカ蹄模型の印跡のX線CT立体画像
印跡内には支持基体の上位層に使用した砂が入ったことで、CT値に明らかな差が生じ、像は鮮明となった。

用のX線CT装置を使用し、立体化した画像を構築した(図5)。その結果、蹄尖まで明瞭な立体像が得られた。このことから同様な条件の足跡化石を、現地から切り出すことができれば、現地で人為的に掘り出した場合よりも詳細な形態を観察できることがわかった。しかし、印跡層が砂を含む粘土層面の場合や砂層面に着いた足印の上位にさらに砂層が埋積した場合には、砂の粒子がX線の乱反射をおこしたり、両者のX線透過の差(閾値の差)を認識することができないため立体像の構築が不可能であることも分かった(野州川朝国河床足跡化石調査団, 1998; 岡村, 2000)。

3) 水平薄切による立体像構築

この手法も足跡内部の堆積物を取り除かずに足跡化石の形態を観察する方法のひとつとして試みた。扱った試料は、固結度の弱い古琵琶湖層群の堆積物で、縦45cm、横35cm、深さ10cmの大きさがあった。試料には、砂、炭質物を含む粘土層が互層になったところに偶蹄類の足跡化石が多く、しかも接近して印跡されていた。その印跡内には上位の粗粒砂が埋積していた。立体像を構築するために、深度1cmおきに水平な面をカキ鎌で削りだし、各面ごとに写真撮影を行い9枚の画像を作成した。写真画像はコンピュータ上で画像ソフトを使用して処理した後に、立体画像作成ソフトによって画像を作成した。

この方法は、中～小型の足跡が密集していたり、足印が互層の下位層まで突き抜けている場合など現場で発掘が困難な場合に有効であるように思えた。しかし、実際には現場で足跡化石の見えている一定の面積を、正確に水平に削ることが困難であったり、削ることに時間がかかったりしてしまう欠点があった。また、ある範囲のブロックを現場から切り取って室内で作業を進めることもできるが、一般的には密集した足跡の場合、足跡化石は互いの圧迫などで変形していることが多いので、そもそも形態的な議論をする場合には、このように密集した足跡の産状を示す試料は不向きであることが多い。(野州川朝国河床足跡化石調査団, 1998; 岡村, 2000)。

4) 写真の画像処理

現地で足跡化石の写真撮影を行った場合、支持基体と上位層の粒度や色調の程度、光線の具合、足跡化石の深さなどの条件、さらには化石がアンダープリントの場合など様々な条件で鮮明な写真が得られないことがしばしばある。雨後にラミナが明瞭に見えることはよく経験するが、足跡面に霧吹きをして堆積物の状態を観察する方法も時には試みられる。しかし、この場合には、足跡化石に水分を含ませることで、化石を脆くする場合もある。このような場合は、撮影してきた写真をコンピュータ上で画像ソフト(例えばPhotoshopなど)を使用して色調やコントラストを処理することでラミナがよく見える鮮明な写真にできる場合がある。(図6)

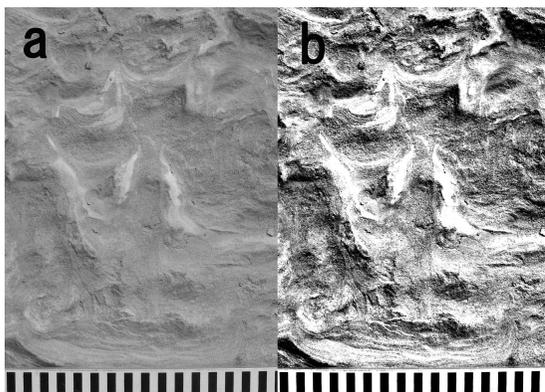


図6 露頭断面にみられた偶蹄類の足跡化石 (a) と画像処理をした写真 (b)
 a. 足跡層、上位層ともに灰白色のシルト層で乾燥している場合、足跡化石の写真は不鮮明で見にくい。
 b. 明るさとコントラストを調整するとラミナが鮮明になり、足跡化石の全容がよく見える。(スケールの目盛りは1 cm)

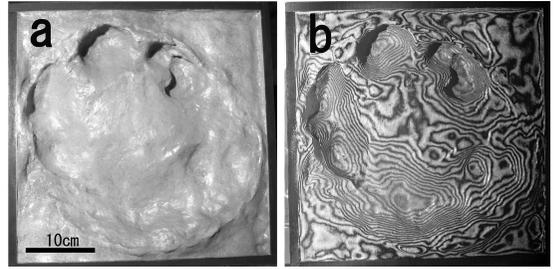


図7 長鼻類の足跡化石レプリカのモアレ写真
 a. レプリカ, b. モアレ写真

5) モアレ法、足跡化石のレーザー光線による立体化

足印底に着いた着地痕や離脱痕を解析するために、現場で写真撮影する場合がある。しかし、足跡化石が凹型で深い場合には、足印底の全体を撮影することが困難なことが多い。このような場合には、石膏や樹脂で足跡の型を取った後、この凸型をモアレ法で等深線を記録するのはひとつの方法である。後藤ほかはモアレ写真や立体写真などを用いて恐竜の足跡化石の描写を試みている(後藤ほか, 1996)(図7)。

また、最近では考古学のみならず古足跡学の分野でも携帯可能なレーザー光線装置などを使って足印底までの距離を計測し、コンピュータで立体像を復元する試みも行われている(Gonzalez *et al.*, 2007; Meldrum, 2007など)。

6) 現生野生動物の足跡と生態の観察

足跡化石の形態からそれをつけた動物種を同定するためには、現生動物の足跡や趾部の形態を観察することは、大変重要であることはいままでもないことである。同時に、野生動物の行動や生態を学んだり、足跡がどのような場所でどのように印跡するかも観察することが生きた足跡学のためには必要である。



図8 タイの自然公園での石膏による現生動物の足跡のかたどり風景



図9 タイの自然公園で撮影した赤外線写真。夜間の象の集団構成、行動などを写真で記録し、明るくなってからその足跡を調査し、化石の足跡研究に結びつけている。

この目的のために、筆者らは中国、東南アジア、特にタイとマレーシアで様々な動物を観察した。動物園の資料館や研究所では剥製から体型と足底部の形態を、動物園や遊園地ではゾウ類、ウシ類、シカ類、クマ類、サル類、サイ類、ネコ類、ワニ類などの足部と体高・体長の計測、足底面と足跡、行跡の観察などをおこなった。一方、野外の森林・竹藪、谷川畔、塩なめ場・スタ場、林道・小径、草原、沼・湿地、水溜りなどでは野生動物の足跡、行跡、印跡の場（環境）、生態などを観察し、写真撮影のほか石膏による型取り、透明ポリ塩化ビニールシートを使ってのトレースを行い、資料の蓄積を図ってきた（図8、9）。その結果、現在約80種類の足跡の写真、800個の型などを得ることができ、それらは滋賀県立琵琶湖博物館に保管されており、今後の足跡化石研究に活用されることが期待される（岡村、2000；岡村・高橋、2003；2007）。

4. 足跡化石の保護と利活用

著者らは、鮮新-更新統の古琵琶湖層群や東海層群などを中心に、豊富に産出する足跡化石を観察している。これらの産地の多くは地層の固結が進んでおらず、風化浸食されやすく、足跡化石を現地で保護し残すことは不可能といえる。そこで、著者らは、発見された足跡化石をできるだけ地元住民と共に調査したり（図10）、レプリカを地元に残したり、住民への報告会を開催するなどして、地域の自然遺産といえる足跡化石や化石の存在をその地域の方々に知ってもらうように努力している（岡村・高橋、2001）。このような働きかけを続けることによって、地域の人たちが自分たちの住む場所の自然に興味を持ち、次の新たな資料を発見し、足跡化石を含む様々な調査に協力してくれる環境ができてくると信じている。

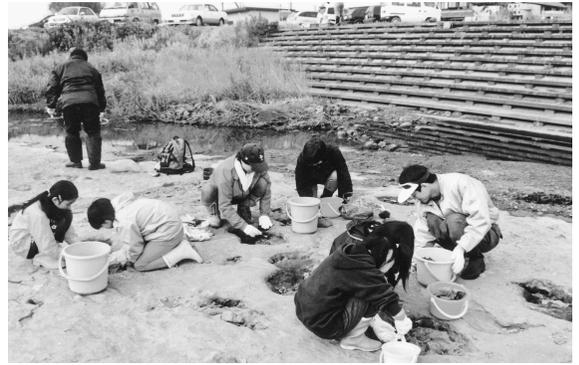


図10 地元の教育委員会に働きかけ、産地近郊の小学生と理科の教諭らに呼びかけ行われた長鼻類の足跡化石調査の発掘（2002年11月、三重県伊賀市柘植川河床）。

足跡化石は、骨格や歯の化石のように原標本を室内で観察、研究したり、また展示することが困難な場合が多い。しかしその一方で、現地で多くの人々と共に発掘調査をおこなうことができるよい材料である。足跡化石を研究する者は、この足跡化石の特性を生かし、化石の重要性や楽しさを一般の人々に伝える努力を忘れてはならないと思っている（Okamura and Takahashi, 1999；2007）。

5. まとめと今後の課題

1) 国内新生代の足跡化石研究の歴史は80年になり、現在までに産地は56箇所となった。時代別には鮮新-更新世がもっとも多く、また発見される場所は、増水によって浸食された河床面が多い。

2) 筆者らは、国内の産地の多くを観察し、足跡化石の形態の多様性を解明するための印跡実験や現地に残された足跡化石の形態をより正確に記録するための方法を模索してきた。その結果、発見後、浸食の少ない状態でできるだけ早期に調査すること、調査にあたっては統一された手法で行い、足印内部の堆積物を取り除かない状態の標本も含め、様々な標本形態で残すことが将来の研究につながることを痛感した。

3) また印跡動物の推定や決定には慎重を期すべきである。推定のためには、産地周辺や同層準からの体化石の研究だけでなく、現生動物の足跡形態の観察や野外での行動観察も欠かせない資料となる。現在までに現生動物約80種類の足跡の写真、800個の型などを収集したが、これらが今後活用されることを期待したい。

4) 国内の新生代の足跡化石のほとんどは現地で保存することができない。それゆえ、それらを地元の自然遺産と位置づけ、発見直後から研究者だけでなく地元住民に広く公開した形での調査や研究が進められる

必要がある。産地の状況と安全性を考慮しつつ現地説明会だけでなく、発掘や調査に積極的に住民の参加を促し、地域の自然遺産に対する興味や理解を深めるようしていかなくてはならない。

引用文献

- Gonzalez, A., Lockley, M. G., Rojas, C., and Lopez, J. E. (2007) Notes on the re-discovery of a 'lost' hominid footprint site from the Cuatro Cienegas basin (Coahuila), Mexico. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* **42**, 11-15.
- 後藤道治・荒木まどか・友野眞也 (1996) 立体写真を使った恐竜の足跡化石の描写法. 富山市科学文化センター研究報告 **19**, 1-7.
- 石垣 忍 (1988a) 足跡学の用語. *生物科学* **40**, 31-38.
- 石垣 忍 (1988b) 古足跡学の可能性. *化石研会誌* **20**, 32-38.
- 亀井節夫編著 (1991) 長鼻類の足跡化石. 長鼻類日本の長鼻類化石, 221-227頁, 築地書館, 東京.
- Meldrum, D. J. (2007) Renewed perspective on the Laetoli trackways: the earliest hominid footprints. In Lucas, S. G., Spielman, J. A. and Lockley, M. G. (eds) *Cenozoic Vertebrate Tracks and Traces. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* **42**, 233-239.
- 野尻湖発掘調査団足跡古環境班 (1992) 上部更新統の野尻湖層で発見されたナウマンゾウの足跡化石. *地球科学* **46**, 386-404.
- 岡村喜明 (1990) 現生鹿の足部の形態と足印について 第1報. *地学研究* **39**, 4, 207-217.
- 岡村喜明 (2000) 石になった足跡へこみの正体をあばくー. サンライズ出版, 270頁.
- 岡村喜明・高橋啓一 (2001) 地域の人たちと共に調べる古琵琶湖層群の足跡化石. *地学教育と科学運動* **36**, 7-12.
- 岡村喜明・高橋啓一 (2003) 現生偶蹄類の足蹄部ならびに足部の形態ー偶蹄類足跡化石の基礎研究ー. *化石研会誌* **36**, 16-25.
- 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.
- Okamura, Y. and Takahashi, K. (1999) Community Participation in the Survey of the Kobiwako Group and the role of the Lake Biwa Museum. In: Kawanabe, H. Coulter, G. W. and Roosevelt, A. C. (eds) *Ancient Lakes: Their Cultural and Biological Diversity, Kenobi Productions*, pp.291-301, Kenobi, Hofstraat.
- Okamura, Y. and Takahashi, K. (2007) Current conservation and application of fossil footprints in Japan. *Proceeding of 2007 international symposium on the conservation and application of hominid footprint*, 71-77.
- 齊藤文雄 (1928) 岩手県花巻胡桃化石産地附近の地質 (其1). *地質学雑誌* **40**, 471, 250-259.
- 樽野博幸 (2000) II-5-3 大型動物の足跡. 化石研究会編, *化石の研究法*, 272-277頁, 共立出版, 東京.
- 野州川足跡化石調査団 (1995) 野州川 (甲西町) の古琵琶湖層群産足跡化石. 琵琶湖博物館開設準備室研究調査報告 **3**, 1-134.
- 野州川朝国河床足跡化石調査団 (1998) 甲西町朝国の野州川河床足跡化石調査報告. 35-56頁, 甲西町教育委員会.
- ゾウの足跡化石調査法編集委員会 (1994) ゾウの足跡化石調査法, *地学ハンドブックシリーズ9*. 地学団体研究会, 128頁.