

## 福井県および兵庫県の日本海沿岸地域における 中新世足跡化石の概要

安野敏勝\*

Review of Miocene fossil footprints from the Japan Sea region, western Japan

YASUNO, Toshikatsu\*

### Abstract

Mammalian and other animals fossil footprints had been found from the Early Miocene beds in Fukui and Hyogo Prefectures since the first discovery from Fukui in 1996. Fossils were found from the Ito-o Formation and the lower part of the Kunimi Formation in Fukui and the Yoka Formation in Hyogo.

Mammalian footprints are identified to that of the three orders (Proboscidea, Pressodactyla, Artiodactyla). From the Yoka Formation a few other animals (Crocodila, Aradeiidae, Gruidae or Ciconida) and a Proboscidean morlar of *Stegolophodon* sp. were collected.

Key words: mammalian fossil footprints, Early Miocene, Kunimi Formation, Ito-o Formation, Yoka Formation

### 1. はじめに

大型哺乳類の足跡化石は、1988年に滋賀県野洲川河床の古琵琶湖層群で多量の化石が発見された(野洲川足跡化石調査団, 1995)ことを契機に、相次いで日本各地から化石が発見され、調査・研究が行われている。しかし、それらの年代のほとんどが鮮新世および更新世に集中していて、それ以前の中新世の足跡化石はまだ少ない。

著者は、日本海拡大期初期の古環境復元のための一環として、長年にわたり当時生息していたコイ科魚類化石の分布と組成についての調査を行ってきた(安野, 2005)。この調査の過程で、1996年に大型哺乳類の足跡化石を発見し、コイ科魚類化石と併行して、上記の研究に有効かつ化石の確認が容易である足跡化石にも注目した。その結果、福井県および兵庫県の数か所で、前期中新世の地層から足跡化石を発見した。本報文は、2008年の本研究会で報告したこれらの化石

の概要をまとめたものである。

本報文では取り上げていないが、石川県輪島市からワニ類(1999, 石川県門前町足跡化石調査団)および柳田村からの大型動物(原田光男氏発見, 未公表)、島根県美保ケ関などから大型偶蹄類・ワニ類(河野ほか, 2008)、岐阜県美濃加茂市から奇蹄類の足跡化石(美濃加茂市教育委員会, 1995)が産出していることもあり、今後化石資料の増加に伴い中新世の足跡化石の研究の進展が期待される。ただ、中新世の足跡化石は他の生痕化石に比べて産出数、産出地点数がかなり少なく、足跡化石の存在が見逃されることも多いことが研究の進展を遅らせている原因の一つとも考えられるので、ここでは足跡化石の概要とともにあえて化石発見のポイントについても記述する。なお、本報文の奇蹄類はすべて足印が3趾型である哺乳類のサイ類を意味する。足跡化石に関する用語はおもに「ゾウの足跡化石調査法」編集委員会(1994)による。

2008年9月4日受付, 2008年11月21日受理

\*福井県立高志高等学校 〒910-0856 福井市御幸2-25-8

Fukui Prefectural Koshi High School, 2-25-8 Miyuki, Fukui, Fukui 910-0854, Japan

E-mail: Kaseki.tyasuno@athena.ocn.ne.jp

表1 福井県および兵庫県の中新統から産出した足跡化石の記録

産地・地質年代・地層	論文	足跡化石および脊椎動物化石				随伴化石
		長鼻類	奇蹄類	偶蹄類	その他	
福井県越廼村*1 大味前・中期中新世, 国見層	安野 (1997)			●		植物, 直立樹幹
福井県越廼村茱崎前・中期中新世, 国見層	安野 (1998)	●		●		植物, 直立樹幹
福井県越廼村茱崎前・中期中新世, 国見層	越廼村哺乳類足跡化石調査委員会 (2001)	●	●	●		巢穴化石, 台島型植物, 直立樹幹
兵庫県香住町*2 中期中新世, 豊岡層	安野 (2003)	●	●	●	鳥類*3	淡水魚, 淡水貝, 台島型植物
兵庫県香住町 前期中新世, 八鹿層	香住町 (2005)	●	●	●	ワニ類 鳥類*4	淡水魚, 淡水貝, 台島型植物
兵庫県豊岡市竹野町(猫崎), 前期中新世, 八鹿層	安野 (2005)	●	●	●	長鼻類 白歯*6	淡水魚, 淡水貝, 台島型植物, 直立樹幹
兵庫県香美町村岡区 前期中新世, 八鹿層	安野 (2006)	●	●	●		台島型植物, 直立樹幹
兵庫県豊岡市竹野町中村 前期中新世, 八鹿層	安野 (2007 a)	●		●		台島型植物, 直立樹幹
福井県福井市城有・八ツ俣前・中期中新世, 国見層	安野 (2007 b)		●*6	●		台島型植物, 直立樹幹
福井県福井市大矢町 前期中新世, 糸生層	安野 (2008, 投稿中)		●	●		阿仁合型と台島型の中間型の植物

\*1 越廼村は現在福井市, \*2 香住町は現在香美町, \*3 鳥類はツル類とサギ類, \*4 鳥類はツル類かコウノトリ類とサギ類, \*5 白歯はステゴロフォドン属 (*Stegolophodon* sp.), \*6 長鼻類あるいは奇蹄類

## 2. 足跡化石を産出する地層の特徴

著者が発見し調査を行ってきた足跡化石は表1のとおりである。表1には、足跡化石発見の手がかりとなるような随伴化石(例えば直立樹幹)も付記した。足跡化石を発見するためには以下の特徴に注目する必要がある。ただし、多くの場合、これらの特徴のうちのいくつかが共存するだけである。

露頭レベルでの細かい特徴としては、①黒色～暗灰色の炭質層の存在、②波長が数センチメートル程度のウエーブリップマーク(あるいはカレントマーク)の存在、③直立樹幹(樹根)化石の存在、④大型動物の体重を支持する粗粒堆積物(砂岩～礫岩)の存在などが挙げられる。これらの特徴からはある堆積環境が想定される。概略的には、特徴①は河道や氾濫原などの低湿地の環境を、特徴②は浅い流水域であり、わず

かな水位の変動や河道の放棄などにより陸上となりやすい環境を、特徴③は少なくとも樹木が一定期間生育できた陸上環境を示していると考えられる。多くの場合、陸上動物の足跡がこのような水辺の環境で形成された砂岩泥岩互層に記録されるといえる。

これまでに足跡化石の産出例がない地層であっても、地層の形成過程での水辺の環境の有無に注目すればよい。この水辺の環境とは、水底に堆積した水中環境から水面上になった陸上の環境へと変わる岩相を示す層準、あるいはこれとは逆の変化をする岩相の層準が存在する地層に注目することである。この岩相変化の層準には足跡化石が保存されている可能性が大きい。

一般に、湖成層とされていた地層は、そのすべてが水底で形成されたものと考えられがちであったが、著

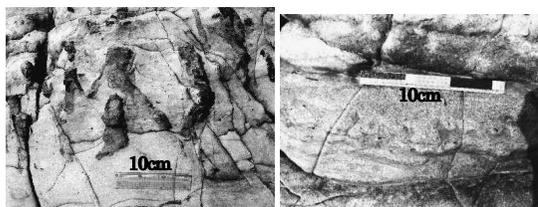


図1 国見層産の巣穴化石(左)と偶蹄類足跡化石(断面)

者が調査した事例では、前記の特徴の一部か全部が存在する層準が多数見られ、そこから足跡化石が産出している。すなわち、水面上に現れて陸上環境であった時間の長短を考慮しなければ、湖成層中にもしばしば陸上で形成された地層が内在されているわけで、以前には産出例がなくとも足跡化石の調査を行うことも肝要であると考えられる。さらには、水域が淡水域に限らず汽水域であってもよい。福井市栄崎(国見層)では最上部の層準の足跡化石は汽水環境を示す巣穴化石を含む地層から産出している(図1)。

### 3. 各地の足跡化石

図2は、主な足跡化石産地と関連する淡水棲動物化石の産地を示したものである。足跡化石の形態や産状は、同一の化石産出地点であっても実に多様である。このことは印跡時の印跡動物の運動の状態、堆積物の構成粒子の組成や乾燥の度合いの相違あるいは印跡直後から埋積されるまでの侵食の程度の相違、さらには地表面に出現した後の侵食の程度の相違などの、さまざまな要因によって生じている。

#### 1) 福井県糸生層の足跡化石

2008年5月、福井市大矢町で糸生湖成層(糸生層上部の部層)から奇蹄類や偶蹄類の足跡化石が産出した(安野, 投稿中)。そのうち、奇蹄類1足印は、粗粒の軽石質凝灰岩の上部が層理の粗粒岩に変わった、砂

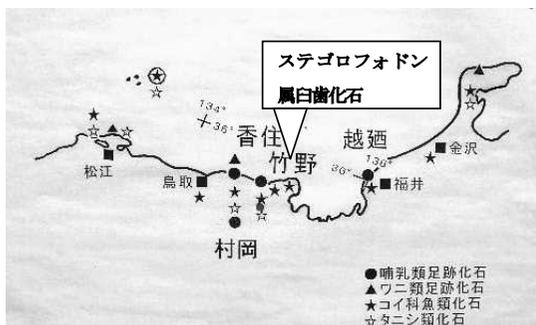


図2 日本海沿岸地域の足跡化石産地図(●印)



図3 大矢の奇蹄類足跡化石

岩上面に保存された凸型のアンダープリントである(図3)。これの周辺には、数点の足跡化石の痕跡の可能性がある円形の構造が存在している。また、この地点の改修工事で掘り出された泥質岩から偶蹄類の足跡化石が産出した。

この化石産地に近い糸生湖成層中の火山岩から、 $21.1 \pm 0.8\text{Ma}$ の $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ 年代(プラト一年代)が得られた(矢部, 2008)。

#### 2) 福井県国見層産の化石

国見層は5部層に区分されており、最下部が左右礫岩部層で、その上位が大味砂岩泥岩部層である。福井市大味~栄崎海岸の大味砂岩泥岩部層から長鼻類、奇蹄類、偶蹄類の足跡化石が、これより南部の福井市城有~ハツ俣海岸の左右礫岩部層から偶蹄類、大型動物の足跡化石が産出している(表1)。

2008年5月、さらに南部の越前町(越前岬の南部)の左右礫岩部層から偶蹄類と大型動物の足跡化石が産出した。栄崎海岸では、足跡化石の多くは地層が約 $60^\circ$ 傾斜した地層の下面に出現している。その一部に、単歩長が $80\sim 89\text{cm}$ の長鼻類の行跡も認められる(図4)。行跡から推定される体長は $160\sim 170\text{cm}$ くらいである。これより数十メートル離れた、ほぼ同じ地層の下面に突出・孤立した大きな長鼻類の足跡化石には、指印が比較的良く保存されており、前足を重複して踏む後足も観察できる(図5)。これの推定足印長と足印幅はともに $36\text{cm}$ である。この左下に奇蹄類の足跡化石(図5-c)が見られ、周辺に偶蹄類のものが多数存在する。

奇蹄類の足跡化石の形態・産状態も多様であり、炭質泥岩が地層下面に突出するもの(図6-A)、印跡孔を凝灰質泥岩が埋めているもの(図6-B)、細礫岩が印跡孔を埋めているもの(図6-C)、泥岩が突



図4 菜崎の長鼻類足跡化石（歩行跡）と偶蹄類足跡化石



図7 大味の奇蹄類足跡化石

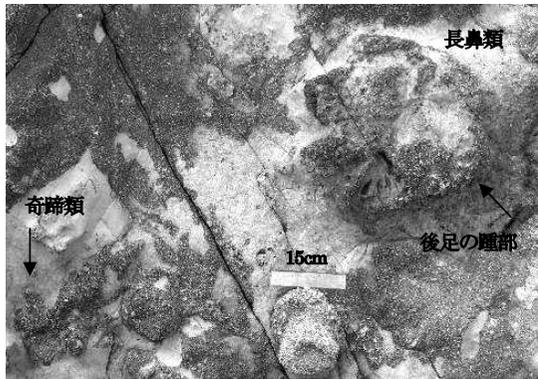


図5 菜崎の長鼻類足跡化石（歩行跡）と偶蹄類足跡化石

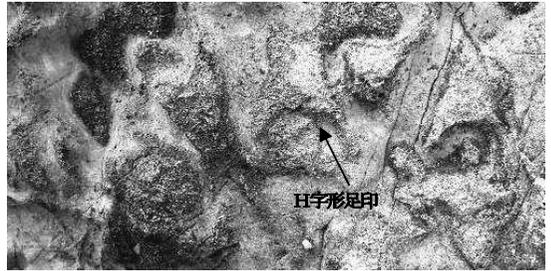


図8 大味の奇蹄類足跡化石

出しているもの（図6-D）などがある。足印長は、13～18cm程度である。なお、3趾型であるにもかかわらず丸い形状を示すものもある。いずれも図上方が足の前方である

偶蹄類の足跡化石は、化石産地の範囲が広く、産出数も多い。一般に印跡層が泥岩のときは保存状態がよく、大味海岸の化石はその好例である。ここでは、主蹄印が狭く平行のものから大きくV字形に開いたも

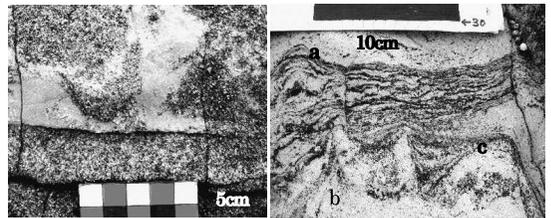


図9 越前町（左）と城有（右）の偶蹄類足跡化石（a, b, c）

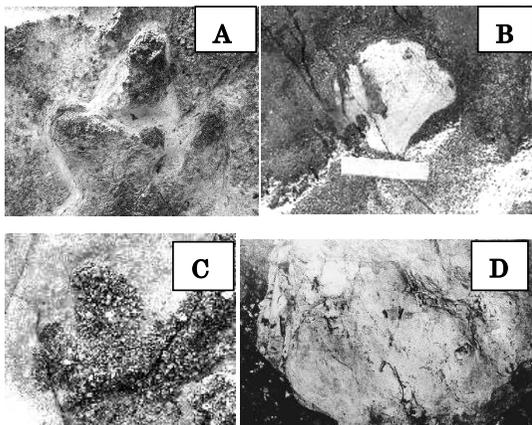


図6 菜崎の奇蹄類足跡化石

のまでである。後者は、走行していた個体による足印と推定される（図7の囲み）。菜崎では、深く踏み込んで、足印の輪郭がH字形を呈するものもある（図8）。

国見層最下部の左右礫岩部層からも偶蹄類などの足跡化石が産出した。足印化石は地層上面に突出したものも多い（図9）。

### 3) 兵庫県八鹿層産の足跡化石

兵庫県北部の北但地域の前期中新世の八鹿層香住砂岩泥岩部層から、大型哺乳類などの足跡化石が豊富に産出することが、この数年来の著者の調査によって明らかになってきた（表1）。

北但地域では、足跡化石を産出する八鹿層香住砂岩泥岩部層は、海岸部（香美町香住区～豊岡市竹野町）と内陸部（香美町村岡区～豊岡市日高町）に大きく分

断されて断続的に分布している。長鼻類などの大型哺乳類の足跡化石が、海岸部では香住区と竹野町より、内陸部では村岡区と豊岡市竹野町中村の4地域から産出している。それぞれの地域で、化石の産出地点の広がりにはかなりの相違があるが、4地域を囲む広がりには約200平方キロメートルにおよぶ。日本の中新統では、他にこのように広範な地域に多数の足跡化石が産出するような事例の報告はなく、北但地域に相当数の大型哺乳類が生息していた状況が明らかになってきた(安野, 2007)。

香住海岸の下浜周辺から、長鼻類、奇蹄類、偶蹄類、ワニ類、ツル類あるいはコウノトリ類の鳥類など、最も多種類の足跡化石が産出した(表1)。長鼻類足跡化石では、強く加重されたアンダープリントと見られるもの(図10-A)や浅く窪んだものが重なりあって多数分布している(図10-B)。ただ、この地層は普段は水面下に没したり、砂に覆われることが多い。

偶蹄類足跡化石には、波長が数cmのリップマーク上に歩行跡も存在する。やや大型の足跡あり(図11-A)、最近隣接する大磯の転石から密集する偶蹄類足跡化石が産出した(図11-B)。

奇蹄類足跡化石は、炭質泥岩上面の足印の凹みを泥岩が埋積しているもの(図11-A)、泥岩上面の足印の凹み細礫質砂岩が埋積しているものなどがある(図11-B)。ここでは、奇蹄類の行跡1例が産出している。さらに、下浜や大磯では、哺乳類のほかにワニ類やツル類あるいはコウノトリ類の鳥類の足印が産出している産出している(図12)。さらに、下浜や大磯では、哺乳類のほかにワニ類や鳥類の足跡が産出している(図13)。

一方、香住海岸の境における長鼻類のものと思われる足印化石の産状は下浜とは異なっている。泥岩に印跡された化石は輪郭がはっきりしないものが多い(図14)。恐らく印跡された当時は堆積物が軟らかく多少流動的な状態にあった可能性がある。偶蹄類の足跡化石には、本来は泥岩層に付けられた足印の凹みを埋積

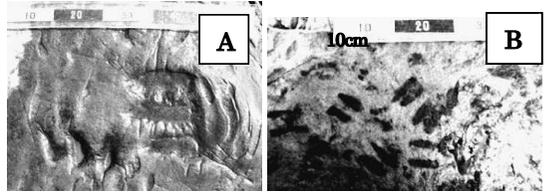


図11 香住区下浜(A)と大磯(B)の偶蹄類足跡化石

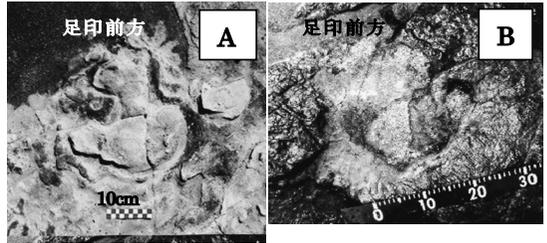


図12 香住区下浜の奇蹄類足跡化石

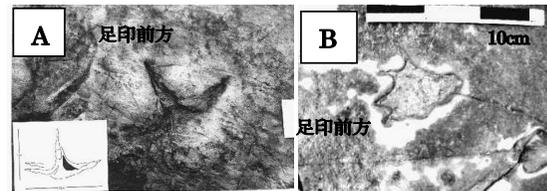


図13 香住区下浜の鳥類(A)と大磯のワニ類足跡化石(B)



図14 香住区境(今子)の長鼻類足跡化石

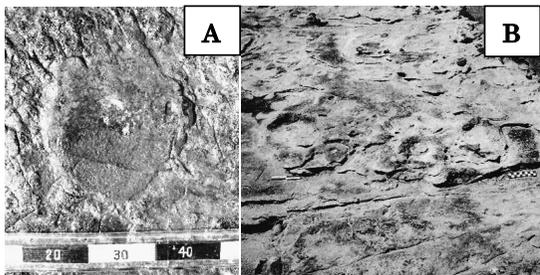


図10 香住区下浜の長鼻類足跡化石

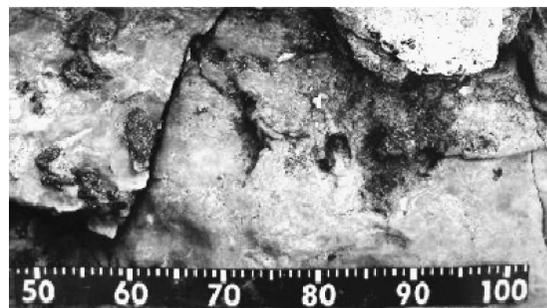


図15 香住区境の偶蹄類足跡化石

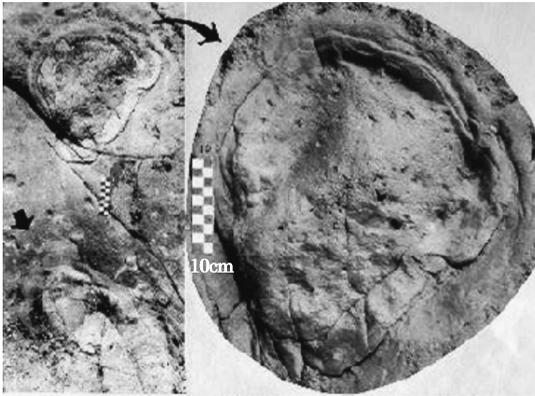


図16 竹野町猫崎半島の長鼻類足跡化石



図17 竹野町猫崎半島の偶蹄類足跡化石

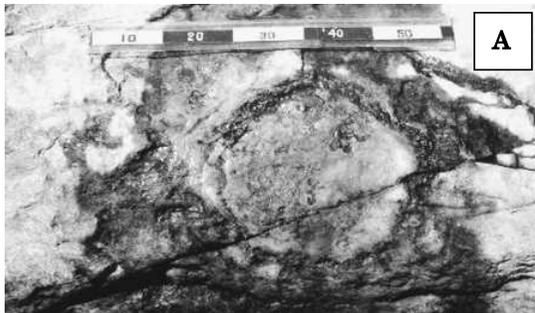


図18 香美町和田の長鼻類足跡化石

していた砂岩などが突出したのも見られる (図15)。

竹野海岸の猫崎半島の基部から、長鼻類、奇蹄類、偶蹄類の足跡化石が産出している。ここでは、長鼻類足跡 (図16) とほぼ同層準でかつ近接した地点から、長鼻類のステゴロフォドン属の臼歯化石が産出したことにより、初めて北但地域の長鼻類の足跡化石の印跡種が本属である可能性が高いと指摘されている (安野, 2005)。偶蹄類の足印化石には、足印の凹みを埋める堆積物が削剥された凹型のものも見られる (図17)。

内陸部の香美町村岡区の矢田川や湯舟川の河床には香住砂岩泥岩部層がよく露出しており、数地点から長鼻類、奇蹄類、偶蹄類などの足跡化石が産出している。和田橋下流の矢田川河床の長鼻類と見られる足印化石には、形状がよくわかるもの (図18-A) や形状がはっきりせず、香住区境のものによく類似したものがある (図18-B)。入会橋下流の湯舟川河床では、長鼻類の歩行によると見られる行跡が存在する (図19)。行跡は連続した5足印からなり、すべての足印は前後の足が重複したものである。化石が地表に露出

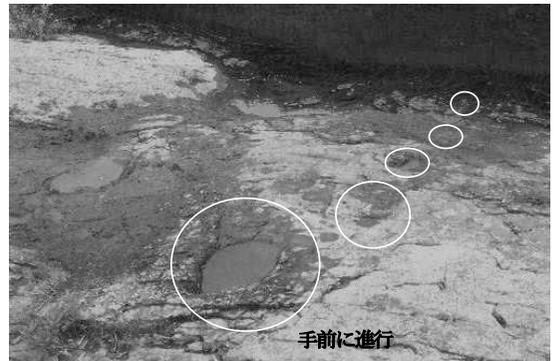


図19 香美町入会の長鼻類行跡 (歩行)

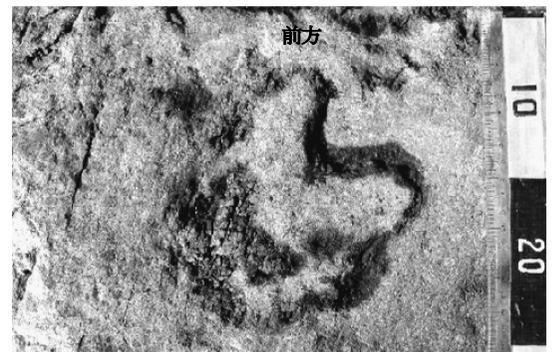


図20 香美町和田の奇蹄類足跡化石

した後の浸食により足印の輪郭が不明瞭のものもあるため、足印の中心の距離を計測して便宜的な単歩長と複歩長とした。前者は75~78cm、後者は145~151cmであった。

和田付近で、奇蹄類のものと同定できる足印化石は少ないが、和田橋下流には明らかに重複した足印化石が存在する(図20)。第2指の指印は明らかではないが、前方に伸びる第3指と第4指が明瞭である。化石の発見以来、この個体をふくめて周辺に分布する化石は風化による劣化や浸食が進行している。奇蹄類の足跡化石は、ここより上流の長板でも不完全なものが産出している。

村岡区と同様に内陸部に位置する豊岡市竹野町中村の山椒川(竹野川支流)の河床から、長鼻類および偶蹄類の足跡化石が産出した(図21-A)。足跡化石のある地層は、河床にはわずかな範囲にしか露出していない(2m×3m程度)。長鼻類の明らかな足印化石は1個で、支持層の細礫岩~粗粒砂岩上の泥岩薄層を踏んだものである。その周辺には大型動物の足跡が削割された痕跡である可能性のある丸い構造が2、3個存在している。偶蹄類の足跡化石は、長鼻類足跡化石の周辺およびその直上の泥岩層に分布している(図21-B)。

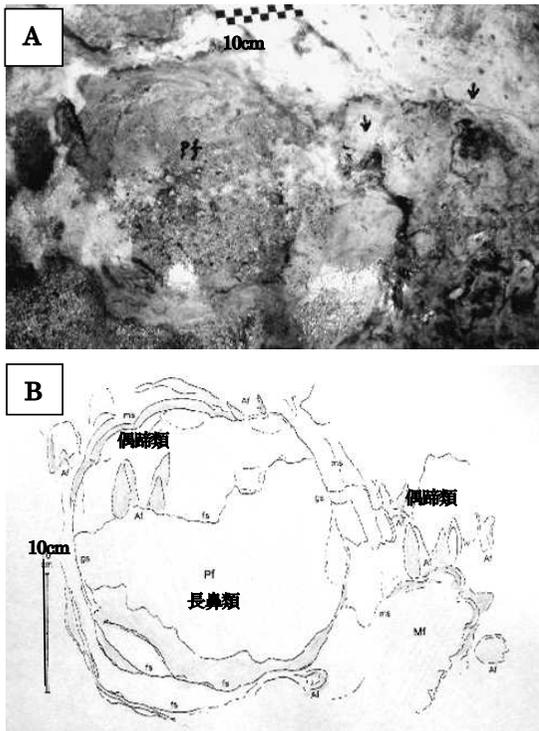


図21 豊岡市竹野町中村の長鼻類・偶蹄類足跡化石

#### 4. 大型哺乳類の足跡化石産出の意義

前期中新世は、いわゆる日本海拡大期の初期に当たり、当然その当時にはアジア大陸につながる大型哺乳類(長鼻類や奇蹄類など)が生息していたものと考えられる。しかし、それらの臼歯・骨格化石は、能登半島以西の本州地域からはほとんど報告されなかった。この状況のなかで、明らかにそこに生活していたことを示す、大型哺乳類の足跡化石が福井県や兵庫県北部から産出したこと(表1)で、改めてその存在が確認された。これらの化石が当時の大型動物相や古地理・古環境などの復元に寄与するものと考えられる。福井県の国見層を除くと、足跡化石産地あるいは足跡化石を含む地層からは淡水棲動物(淡水魚や淡水貝など)の化石が産出している。この点で、まだ足跡化石が産出していない、著者が淡水生動物化石を採集した地域の地層からも足跡化石などが産出する可能性がきわめて高いといえる(例えば、隠岐島、鳥取市南部、丹後半島、能登半島)。また、北但地域での長鼻類 *Stegolophodon* sp. の臼歯化石の産出例のように、西日本の広範な地域の中新統から大型哺乳類の足跡化石に限らず遺体化石が産出する可能性が高まったことを意味する。それにより印跡動物をより詳細に推定することが可能となる。

#### 5. まとめ

福井県の前期中新世の糸生層上部と国見層下部から産出した長鼻類、奇蹄類(サイ類)、偶蹄類の足跡化石および兵庫県北部の前期中新世の八鹿層から産出した長鼻類、奇蹄類(サイ類)、偶蹄類、ワニ類、鳥類(ツル類かコウノトリ類、サギ類)の足跡化石について、それらの概要を述べた。骨格や歯化石がほとんど産出していない西日本地域において、長鼻類や奇蹄類などの大型哺乳類の足跡化石が多数産出したことは、日本海拡大初期の動物相の地理的分布や組成や古環境の復元などの検討を行うにあたって、意義のある化石資料であるといえる。また、足跡化石が含まれる地層の特長として、①黒色~暗灰色の炭質層の存在、②波長が数センチメートル程度のウエーブリップルマーク(あるいはカレントマーク)の存在、③直立樹幹(樹根)化石の存在、④大型動物の体重を支持する粗粒堆積物(砂岩~礫岩)の存在などを挙げた。さらに、足跡化石は、淡水成堆積物(湖成層)を対象に調査を行うことで、化石産地の拡大を望める可能性が高いことを強く示唆した。1個体のみであるが、竹野海岸から長鼻類 *Stegolophodon* sp. の臼歯化石が産出したことは有意義で、困難であった印跡動物が特定できる可能性が高まった。

## 謝辞

本研究を行うにあたって、滋賀県足跡化石研究会の岡村喜明会長、滋賀県立琵琶湖博物館の高橋啓一博士、兵庫県立人と自然の博物館の三枝春生博士、国立化学博物館の植村和彦博士、豊橋市自然史博物館の松岡敬二博士、元兵庫県立八鹿高等学校教諭の三木武行氏には、足跡化石、白歯化石、植物化石、貝化石の同定、現地での地質調査などでこれまで大変お世話になった。2名の査読者には適切にご意見とご教示をいただいた。ここに、厚く感謝とお礼を申し上げる。

## 引用文献

- 石川県門前町足跡化石調査団 (1999) 石川県門前町の足跡化石. 75頁.
- 香住町教育委員会 (2005) 香住町足跡化石調査報告書. 107頁.
- 越廼村足跡化石調査委員会 (2001) 福井県越廼村の哺乳類足跡化石. 58頁.
- 河野重範・平山 廉・酒井哲弥・吉川絢子・入月俊明・藪田哲平 (2008) 島根県美保関の下部中新統古浦層から産出した大型偶蹄類足跡化石. 日本古生物学会2008年年会講演予稿集, 80.
- 美濃加茂市教育委員会 (1995) 美濃加茂盆地における中村層の地層と化石. 51頁.
- 矢部 淳 (2008) 糸生植物群は阿仁合植物群か?. 日本古生物学会2008年年会講演予稿集, 40.
- 野洲川足跡化石調査団 (1995) 古琵琶湖層群の足跡化石. 琵琶湖博物館開設準備室研究調査報告書 3, 1-134.
- 安野敏勝 (1997) 福井県越廼村の哺乳動物足跡化石. 福井市自然史博物館研究報告 44, 29-34.
- 安野敏勝 (1998) 日本の中新世から産出した長鼻類足跡化石. 福井市自然史博物館研究報告 45, 1-7.
- 安野敏勝 (2003) 兵庫県北部香住町の中新統から産出した哺乳類足跡化石. 福井市自然史博物館研究報告 50, 9-25.
- 安野敏勝 (2005) 兵庫県豊岡市竹野海岸から産出した前期中新世化石群集. 福井市自然史博物館研究報告 52, 43-65.
- 安野敏勝 (2006) 兵庫県香美町南部地域から産出した哺乳類足跡化石. 福井市自然史博物館研究報告 53, 35-40.
- 安野敏勝 (2007a) 兵庫県豊岡市中村から産出した哺乳類足跡化石. 福井市自然史博物館研究報告 54, 33-40.
- 安野敏勝 (2007b) 福井県福井市南西部の中新統国見層より哺乳類足跡化石および生痕化石の産出. 福井市自然史博物館研究報告 54, 41-44.
- 安野敏勝 (2008) 福井県の前期中新世糸生層および国見層下部より産出した哺乳類足跡化石. 福井市自然史博物館研究報告 54, (投稿中).
- 安野敏勝・松岡敬二 (2007) 兵庫県豊岡市竹野海岸からの前期中新世淡水貝類および淡水海綿化石. 豊橋市自然史博物館研究報告 17, 13-17.
- 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 9. 地学団体研究会, 128頁.