## 「特集・原著]

# 島根県松江市美保関町の下部中新統古浦層より発見された 陸生脊椎動物(予報)

河野重範<sup>1</sup>・平山 廉<sup>2</sup>・薗田哲平<sup>3</sup>・高橋亮雄<sup>4</sup>・久保 泰<sup>5</sup>・酒井哲弥<sup>6</sup> 高井正成<sup>7</sup>・荻野慎太郎<sup>7</sup>・高桒祐司<sup>8</sup>・青木良輔<sup>9</sup>・入月俊明<sup>6</sup>

A preliminary report on the terrestrial vertebrates from the Lower Miocene Koura Formation of Mihonoseki, Matsue, Shimane Prefecture, Southwest Japan

KAWANO, Shigenori<sup>1</sup>, HIRAYAMA, Ren<sup>2</sup>, SONODA, Teppei<sup>3</sup>, TAKAHASHI, Akio<sup>4</sup>, KUBO, Tai<sup>5</sup> SAKAI, Tetsuya<sup>6</sup>, TAKAI, Masanaru<sup>7</sup>, OGINO, Shintaro<sup>7</sup>, TAKAKUWA, Yuji<sup>8</sup>, AOKI, Ryousuke<sup>9</sup> and IRIZUKI. Toshiaki<sup>6</sup>

#### Abstract

Diverse vertebrate fossils of more than 160 fragmental bones, teeth and footprints, including cyprinid fishes, reptiles (turtles and crocodiles), and mammals (a rodent, a carnivora, and artiodactyls), were collected from the Lower Miocene Koura Formation at Sai and Karubi, Mihonoseki, Matsue, Shimane Prefecture, Southwest Japan. The mode of occurrence and preservation of these fossils imply that sedimentary environment is the lake bottom near to the river mouth were woods and larger vertebrate remains are transported with occasional water currents. Sedimentary facies and sediment compositions of Koura Formation indicate the possibility that the bone beds of the formation were formed with great influence of volcanic activities.

Key words: vertebrate fossils, reptiles, mammals, footprints, Koura Formation, Lower Miocene

2009年10月2日受付,2009年12月8日受理

1島根大学大学院総合理工学研究科(現所属:島根県立三瓶自然館 E-mail: kawano@nature-sanbe.jp)
Graduate School of Science and Engineering, Shimane University, 1060 Nishikawatsu, Matsue city, Shimane 690-8504, Japan.(Current address: The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe)

2早稲田大学国際教養学部

School of International Liberal Studies. Waseda University

3 茨城大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Ibaraki University

4 琉球大学熱帯生物圏研究センター(現所属:岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科)

Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus. (Current address: Department of Biosphere-Geosphere System Science, Faculty of Informatics, Okayama University of Science)

5ロイヤル・ティレル古生物学博物館

Royal Tyrrell Museum of Palaeontology, Canada

6 島根大学総合理工学部地球資源環境学科

Department of Geoscience, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University

7京都大学霊長類研究所

Primate Research Institute, Kyoto University

8群馬県立自然史博物館

Gunma Museum of Natural History

9神奈川県横須賀市上町4-59

Uwamachi 4-59, Yokosuka, Kanagawa 238-0017, Japan.

#### 1. はじめに

2005年3月,島根県松江市美保関町才の海岸で地質 調査をしていた著者の一人である河野は、下部中新統 古浦層からワニ類に同定できる多数の足跡化石を発見 した. その後の調査により、才およびその西方に位置 する軽尾の海岸でも多くの骨化石の露出が認められた ことから、2007年9月に同じく著者の平山と薗田を加 えた3名で本発掘に向けた予備調査を行なった。本発 掘は、2008年3月と2008年8月~9月の2回にわたり 実施された. その結果, 硬骨魚類のコイ科の咽頭歯, カメ類、スッポン類、ワニ類、齧歯類、食肉類、小型 偶蹄類などを含む約160点余の脊椎動物化石が得られ た. 現在, 採集した資料のクリーニング作業を継続中 であり、詳細な分類学的検討が可能となるまでには今 しばらくの時間が必要である。そこで本稿では、これ までに明らかとなった古浦層における脊椎動物化石の 概要について述べる. なお、調査地域が大山隠岐国立 公園の特別地域内に位置しているため、発掘調査は環 境省から採取許可を取得して実施された.

## 2. 地質概説

島根県東部の島根半島には下部〜上部中新統が東西に広く分布している。鹿野・吉田(1985)によれば、島根半島の中新統は下位から古浦層、成相寺層、牛切層、古江層、高渋山層に区分されている。研究対象とした古浦層は、ほとんどが非海成であり、最上位に海水の影響を受けた汽水環境の堆積物を伴っている(山内ほか、1980)。これまで古浦層からは、汽水〜淡水性貝化石(例えば、Suzuki、1949;山内ほか、1980;松岡・岡本、1999など)や台島型植物化石(鹿野・吉田、1985)の産出が報告されている。また、古浦層の模式地である松江市鹿島町の古浦海岸からは、Yasuno(1991)によってコイ科魚類の咽頭歯化石が報告されている。その堆積年代は、鹿野・吉田

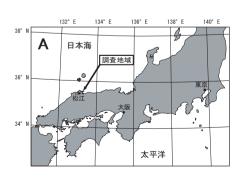
(1984)のフィッション・トラック年代測定によれば23~26Ma,上位の成相寺層との境界が約22Maと見積もられているが、その後に出されたIUGS勧告(Hurford、1990a,b)による標準試料を用いたゼータ較正が行われていないため、参考値としてとらえる必要がある。古地磁気学によるデータによれば、西南日本が時計回りに回転して大陸から離れることで日本海が拡大していったとされ(例えば、Otofuji et al.、1985; Jolivet et al.、1995など)、古浦層上部は堆積物中の有機炭素と硫黄の濃度から、日本海拡大に伴う海進の影響を受けたと考えられている(古金ほか、1994)。

美保関地域における古浦層は、鹿野・中野(1985)によって t1~t5に区分される酸性凝灰岩層(図 1)を挟在することから、これらの凝灰岩層はしばしば側方対比を行う際の鍵層として用いられている(Kano、1990など). なお、鹿野・中野(1985)は t4の直下付近から上位にかけて炭層や長さ数 cm~数 m の樹幹・樹株の化石が認められること、また砂岩の堆積構造などから、t3の下位50m 付近から最上部に至る堆積環境は淡水~汽水だったとしている。今回、脊椎動物化石の発掘調査を行った才と軽尾の海岸には、t3~t5の凝灰岩層が露出しており、化石の産出層準を決定するうえで非常に有効であった。

## 3. 発掘作業の概要

本発掘は2回実施され、2008年3月15日から24日にかけて第1次発掘、さらに2008年8月28日から9月11日にかけて第2次発掘が行われた。化石資料は、調査範囲内において目視によりその露出地点が確認された。また、母岩と骨化石の剥離は非常に良好なことから、多くの資料はコンクリートピンやタガネを用いて片面を剖出してから露頭から採取された。

脊椎動物化石は鍵層である凝灰岩層 t4の上下の層準



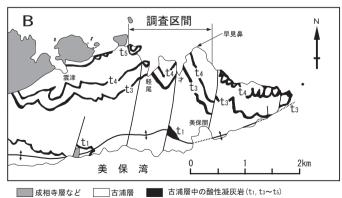


図 1 調査地域の位置(A)および美保関周辺における古浦層中の酸性凝灰岩 ti, t3~t5の分布(B). 鹿野・中野(1985)をもとに作図.

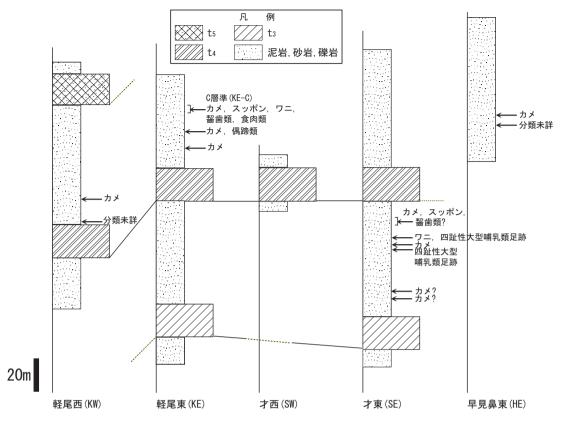


図2 模式ルート柱状図と化石の産出層準。

にある凝灰質砂岩層や礫岩層および泥岩層から採集さ れた (図2), 脊椎動物化石以外には珪化した材化石 や炭質物が共産し、また軽尾西ルートの ts直上から は、軟体動物のシジミ (Corbicula sp.) 化石が産出し た. 各骨化石の産出情報は、調査地域の海岸を軽尾西 (KW), 軽尾東 (KE), 才西 (SW), 才東 (SE), 早見鼻東 (HE) の5つのルートに区分し、それぞれ の産出地点および層準が記録された. これらの各ルー トにはt3~t5のいずれかの凝灰岩層が露出しており、 骨化石は才西ルートを除く各ルートのt3より上位の層 準から産出している(図2)、採集した骨化石は、ア ルファベットで表した産出層準に通し番号を付すこと によって整理された (例えば: KE-C001など). また, 同一層準で広範囲に多数の骨化石の分布が認められた 軽尾東ルートの C 層準では、発掘の前に光波 (レー ザー) 距離計を用い、任意に定めた基準点からの距離 を測定し、骨化石の平面分布図を作成した(図3). なお、才東ルートのみから発見された足跡化石は、採 集を行なわず表面形態の観察のみにとどめ、現地保存 することとした.

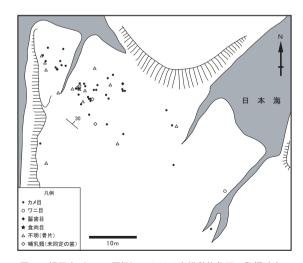


図3 軽尾東(KE-C 層準)における脊椎動物化石の発掘地点.

## 4. 脊椎動物化石

## 1) 骨化石および歯化石(表1)

硬骨魚類の化石は4点確認されている.これらはいずれも大型魚類の咽頭歯であることから,すべてコイ科のものと考えられる(中島経夫博士による私信).

表1 産出した脊椎動物化石の内訳と点数. (点数には仮同定のものを含む)

	骨 化 石	足印化石	
コイ目コイ科	4		
カメ目イシガメ科	93	_	
カメ目スッポン科	2	_	
カメ目科不明	2	_	
ワニ 目	1	40+	
齧 歯 目	1	-	
食 肉 目	1	_	
偶 蹄 目	2	_	
四趾性大型哺乳類	_	2+	
同定不能 (骨片等)	54		

最も多く産出しているのはカメ目イシガメ科の化石である。イシガメ科の化石は総計90点を越えており、オ西ルートを除くすべてのルートから採取されている。そのほとんどは遊離した背甲や腹甲であるが、概して保存は良好であり、堆積以前の水流等による磨耗の跡は稀である。軽尾東ルートからは、縫合した状態の甲羅が1点だけ発見されている(図4)。これらの化石には、リクガメ科で見られるような縁鱗と肋鱗の境界鱗板溝と骨板縫合の一致は認められない。さらに、縁板には臭腺孔が認められ、鱗板溝は浅く、外腹甲の肥厚も顕著ではないことからリクガメ科とは区別される。古浦層から採集されたイシガメ科は、全体的に甲板が厚く、相対的にハナガメ(Ocadia sinensis)



図4 軽尾東 (KE-C 層準) におけるイシガメ科化石の産出状況. 背甲の断面が露出している.

など現生種の2倍以上の厚みを持つことが特徴であ

同じくカメ目のスッポン科の化石は、才東ルートから肋板、および軽尾東ルートから左腸骨がそれぞれ1点ずつ採集された.肋板には鱗板溝が認められず、表面に虫食い状の彫刻が発達する.腸骨はほぼ真っ直ぐで側偏しない.

ワニ類(ワニ形目)は、軽尾東ルートから背鱗板が 1点採集された.背鱗板は中央部が屈曲し、リッジが 発達している。

哺乳類化石は,以下のように齧歯目,食肉目,ならびに偶蹄目が確認されている.

齧歯目は、軽尾東ルートから臼歯が1点採集された.発掘時、本標本はその大きさから偶蹄目の歯と推定された.ところが、歯冠咬合面の剖出の際に、咬合面のエナメル質の稜のパターンが偶蹄目の月状歯型ではなく、皺襞歯型であることから齧歯目の歯であることが確認された.また本標本は、未咬耗で、なおかつ歯根も未形成であることから、萌出前の未使用歯だったと考えられる.そのため、齧歯目の臼歯の分類において重要な形質である咬耗面におけるエナメルパターンの観察が困難であるが、齧歯目の臼歯としては大型であることから、ビーバー科の可能性が指摘されている(甲能直樹博士による私信).今後、追加標本の収集に努めるとともに、本標本のマイクロCTスキャン撮影を行い、咬耗パターンから見た分類学的位置の検討を行なう予定である.

食肉目は、軽尾東ルートから遊離した前臼歯が1点採集された。単咬頭で歯根は単根、咬合面はよく保存されており、近遠心方向には明瞭な稜線が発達する。また、舌側と頬側には帯状にエナメル質の高まりが認められる。本標本については、荻野が研究中である。

偶蹄目は、軽尾東ルートで左下顎骨が採集された.本標本は採取時にカッターによって2つに切断されたが、剖出作業を進めた結果、顎骨には前臼歯3本と臼歯3本からなる歯列が見出された。M3の咬合面には磨耗がほとんど見られず、萌出途中の若年個体のものだと考えられる。また、歯の形状が月状歯型であることから、小型の反芻類だと考えられる。他にも1点、偶蹄類の可能性のある臼歯化石が採集されており、荻野らにより剖出作業および同定が進められている。

以上のように、イシガメ科のカメ類など爬虫類の体化石が卓越することが、古浦層の化石脊椎動物相の大きな特徴である。このように爬虫類に著しく偏った化石の産状は新生代の非海成層では珍しい(Benton and Spencer、1995)と考えられるので、今後その成因を探る必要があろう。

## 2) 足跡化石

これまでの調査から、足跡化石は才東ルートにのみ露出しており、鹿野・中野(1985)の凝灰岩層の区分によれば、その産出層準は $t_3\sim t_4$ の間に相当する(図5). 足跡化石の保存状態は比較的良好なものから、波蝕によりかなり不明瞭になっているものまであり、転石も含めると全部で40個以上の足跡が認められた.

ワニ類の足跡化石は1層準のみからの産出が確認された.すべての足跡化石は露頭およびその層準から外れたことが明確な砂岩層の転石上に凸型キャストとして残されており、いくつかの保存状態の良好なキャストでは前足印に5本、後足印に4本の爪指印が認められた(図6).サイズが大きいこと、前足印と後足印の形態および指数が異なること、爪を引きずった跡がみられる点はPadian and Olsen (1984) や Kubo (2008) などで報告されている現生ワニ類の足跡の形態的特徴と一致している.なお、産出地の露頭が狭いため、行跡は確認できていないが、転石に残された足跡には方向性を持つものもあった.

四趾性大型哺乳類の足跡化石は、保存状態の良好なものが2層準からそれぞれ1個産出した。下位の層準の足跡化石(図7)は、露頭から凹型キャストとして産出している。この足跡化石は、足跡後方の足印壁および足印底が明瞭で、浅く平たい特徴をもつ。外2本の指は左右に向かって突出しており、足跡後方の足印壁とのなす角は約130度と広角である。また、外側と内側の指との間に明瞭なハイペックスを伴う。これらの形態は犬塚ほか(2009)による北西九州の野島層群産の足跡化石と特徴がよく一致する。また同層準には他に足印様の凹みが複数個認められたが、輪郭形態が不明瞭で足跡化石として判別できなかった。

## 5. 考察

それぞれの産出化石の詳細な記載は別稿に譲るが、これまでの一連の調査によって、下部中新統古浦層から複数のタクサの骨化石と足跡化石が確認された(表1).最も産出点数が多かったのはイシガメ科のカメ類で、同定可能な資料の9割近くに達した。今回発掘されたイシガメ科の化石は、背甲、腹甲ともに大半の資料が遊離した状態で発見された。しかし、概して保存は良好であり、堆積以前の水流等による磨耗の跡は稀である。骨格の長軸方向に特定の傾向は見られず、また層理面に平行な産状を示す資料も多かったが、層理面に対してほぼ直角に立った状態の資料も認められた(図4)骨化石の多くは、斜交層理の発達する凝灰質砂岩層から産出しており、しばしばマッドクラストを伴っている。イシガメ科の甲羅は、表面の鱗板が外れると容易に遊離することが知られている(平山ほ

か、2006;平山、2007). したがってカメの死後、遺骸の移動中に甲羅が遊離し、さほど遠く離れていない場所で急速に埋積されたものと類推される. 共産した哺乳類の歯化石にも水流等による磨耗の痕が見られず、保存が良好である. 以上の産状は、水流によって比較的短距離を運搬された資料と比較的静穏な環境で泥中に埋没した少数の化石が混在していることを示唆している. したがって、普段は泥が堆積する静穏な環境であるが、しばしば上流域からの水流に伴って材や脊椎動物の遺骸が運搬されてくる河口〜湖底のような堆積場であり、時として足跡が残される沿岸の堆積場が存在したことが想定される.

調査範囲では、t3~t5の凝灰岩鍵層以外の層準でも 薄層の凝灰岩を挟んでいることが多く、また砂岩層も 全体的に凝灰質でしばしば火山豆石を伴っている。し たがって、砕屑物の多くは当時の近傍にあったと推定 される火山によって供給されたと考えられる。古浦層 の脊椎動物化石に複数のタクサの若年個体が含まれ、 かつ凝灰質砂岩層から産出する場合が非常に多くみら れることは、当時の活発な火山活動に伴う砕屑物の供 給が、化石層の形成に何らかの影響を与えていた可能 性を示唆する。

足跡化石は、ワニ類および犬塚ほか(2009)による四趾性大型哺乳類足跡化石に形態が類似する 29 クサが認められた。印跡動物はいずれも明瞭な形態が保存されていることから、適度な間隙水圧を保った泥の上を歩いた後、すぐに上位へ砂が堆積し、足跡が保存されたものと考えられる。このことは、 $t_3$ から $t_4$ が堆積した期間の一部に、陸域が存在していたことを示している。なお、犬塚ほか(2009)によって野島層群のみから報告されていた分類未詳の四趾性大型哺乳類の足跡化石が古浦層から発見されたことは、当時の脊椎動物の多様性を考えるうえで重要である。

これまでに、西南日本の日本海沿岸に分布している 非海成層とされる下部中新統からは、多くの陸生脊椎 動物化石が発見されている(表 2). 古浦層における 脊椎動物相の多様性は、多くのタクサが確認されてい る野島層群の脊椎動物相に類似している。今後の詳細 な記載により、日本海形成直前の大陸縁辺地域におけ る陸生脊椎動物相がさらに明らかとなることを期待し たい。

## 6. まとめ

1)島根県松江市美保関町才および軽尾の下部中新統 古浦層からコイ科魚類,カメ類,スッポン類,ワニ 類,齧歯類,食肉類,偶蹄類などの骨格や歯化石約 160点を採集した。またワニ類や四趾性大型哺乳類 の足跡化石が確認された。

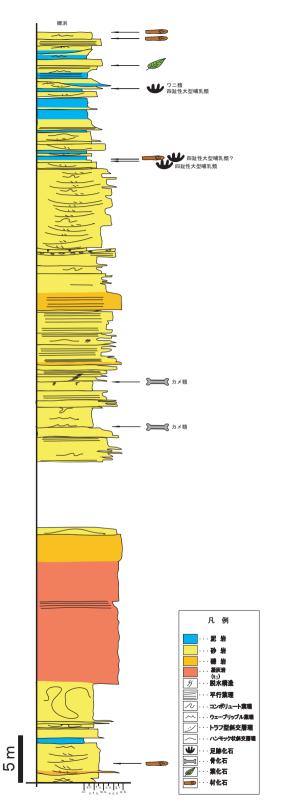


図5 才東の足跡化石の産出層準.



図6 才東におけるワニ類の足跡化石、写真左上:左後足印、 写真右下:左前足印、矢印はツメの向きを示す。



図7 才東ルートにおける四趾性大型哺乳類の足跡化石. 材化石を踏みつけている.

産出地域 九州北西部			九州北西部	島根県東部	兵庫県北部	福井県	石川県
産出地層		也層	野島層群*1	古浦層*2	北但層群*3	国見層*4	縄又層*5
綱	目	科					
爬虫綱	カメ目・	イシガメ科	O -	0 -			
		スッポン科	O -	0 -		0 -	
	ワニ目		0	0 •	○? ●		- •
鳥綱			- •		- •		
哺乳綱	齧歯目		0 -	0 -			
	食肉目			0 -			
	偶蹄目		0	0 -	- •	0	
	奇蹄目		0 •		- •	- •	
	長鼻目		0 •	= =	0	0 •	0 -
	tree II.1 Jul. 1. William St. Ass.						

表2 西南日本下部〜中部中新統から産出した陸生脊椎動物化石一覧.○:骨化石、●:足跡化石.

- \*1野島層群: Kato and Otsuka (1995), 犬塚ほか (2009), 河野・平山 (未公表);\*2古浦層: 平山ら (未公表);\*3北但層群: 香住町教育委員会社会教育課編 (2005), 安野 (2005);\*4国見層: 白竹・水野 (1980), 竹山 (1989), 安野 (1997, 1998), 越廼村哺乳類足跡化石調査委員会 (2001);\*5縄又層: Shikama (1936), 石川県門前町足跡化石調査団 (1999)
- 2) 化石の保存状態や産状から、普段は泥が堆積する 静穏な環境で、たまに上流域からの水流に伴って材 や脊椎動物の遺骸が運搬されてくる河口〜湖底のよ うな堆積場であり、時として足跡が残される沿岸の 堆積場が存在したことが想定される。
- 3) 古浦層における陸生脊椎動物化石層の形成は、近 傍に存在した火山の活動と何らかの関係があったも のと思われる。
- 4) 現在の九州から北陸に相当する日本海形成直前の 大陸縁辺地域には、類似した陸生脊椎動物が生息し ていたと考えられるが、その詳細な研究は今後の課 題である。

## 謝辞

本稿は2008年11月22日に兵庫県立人と自然の博物館で行われたシンポジウム「日本の陸生脊椎動物化石産出層」で筆者らが講演した内容をもとに執筆した.世話人の兵庫県立人と自然の博物館の三枝春生博士には、講演と執筆の機会を与えていただいた.

本研究を行うにあたり,国立科学博物館の甲能直樹博士には齧歯類化石について,北海道大学総合博物館の小林快次博士にはワニ類化石について,また滋賀県立琵琶湖博物館の中島経夫博士にはコイ科魚類の咽頭歯化石について有益なご助言をいただいた。島根大学総合理工学部の澤田順弘博士,同大学名誉教授山内靖喜博士,ならびに同大学院総合理工学研究科の古川絢子氏には,美保関地域の古浦層についてご教示いただいた。また発掘作業を実施するにあたり,同大学汽水域研究センター中海分室を利用させていただいた。環境省松江自然保護官事務所の吉田卓司氏には,大山隐岐国立公園の特別保護地域内における学術調査の許可

を得るにあたり便宜を図っていただいた.以上の方々 に深謝する次第である.

最後に、現地での発掘調査に協力していただいた 方々の名前を挙げ、ここに謝意を表する. なお、所属 はいずれも発掘調査時のものである.

発掘参加者(順不同):植山龍一, 奥村アントニオ真樹, 小野寺麻由, 片山真那, 斉藤勇輝, 鹿間一尚, 塚本佑介, 日暮真里子, 廣木雅, 藤岡亮平, 藤原芳樹, 松倉和樹, 諸星槙子, 山田晋吾, 吉田将崇(以上, 早稲田大学国際教養学部), 原田隆行(帝京大学), 仲谷英夫, エリック・セティヤブディ, 梶谷祐真, 三枝直宏, 中谷大輔, 蓮見恵理, 半田直人, 宮里奈央(以上, 鹿児島大学大学院理工学研究科), 伊藤毅, ジンマウンマウンティン(京都大学霊長類研究所), 三枝春生(兵庫県立人と自然の博物館), 武井亮太(北海道情報大学), 大塚健斗, 牧田侑子(島根大学総合理工学部), 平田正礼(松江市)

## 引用文献

Benton, M. J. and Spencer, P. S. (1995) Fossil Reptiles of Great Britain. Chapman and Hall, London, 386 pp.

平山 廉 (2007) カメのきた道~甲羅に秘められた 2 億年の歴史. NHK ブックス, 206頁.

平山 廉・兼子尚知・岡崎浩子 (2006) 更新統下総層 群清川層より産出した化石カメ類. 第四紀研究 **45**, 179-187.

Hurford, A. J. (1990a) Standardization of fission track dating calibration: Recommendation by the Fission Track Working Group of the IUGS Subcommision on Geochronology. Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.)

## 80. 71-178.

- Hurford, A. J. (1990b) International Union of Geological Sciences Subcommision on Geochronology recommendation for the standardization of fission dating calibration and data reporting. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.* 17, 233-236.
- 犬塚則久・澤村 寛・河野重範・河野隆重(2009)佐 賀県唐津市肥前町下部中新統産の四趾性大型哺乳類 の足跡化石. 化石研究会会誌 41,76-81.
- 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,石川県門前町足跡化石調査団、75頁。
- Jolivet, L., Shibuya, H. and Fournier, M. (1995)
  Paleomagnetic Rotations and the Japan Sea
  Opening. In: Taylor, B. and Natland, J. (eds)
  Active Margins and Marginal Basins of the Western
  Pacific (Geophysical Monograph: 88), pp.355-369.
  American Geophysical Union, Washington.
- Kano, K. (1990) An ash-flow tuff emplaced in shallow water, Early Miocene Koura Formation, southwest, Japan. Jour. Volcanol. Geotherm. Res. 40, 1-9.
- 鹿野和彦・吉田史郎(1984)島根県中・東部新第三系の放射年代とその意義,地調月報 35,159-170.
- 鹿野和彦・中野 俊(1985)美保関地域の地質. 地域 地質研究報告(5万分の1地質図幅),地質調査所, 28頁.
- 鹿野和彦・吉田史郎(1985)境港地域の地質.地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),地質調査所, 57頁.
- Kato, T. and Otsuka, H. (1995) Discovery of the Oligo-Miocene rodents from West Japan and their geological and paleontological significance. *Vertebrata PalAsiatica* 33, 315-329.
- 香住町教育委員会社会教育課編(2005)香住町足跡化 石調査報告書.香住町,26-66頁.
- 古金典隆・今岡裕作・上田康博・三瓶良和・鈴木徳行 (1994) 島根半島中新世古浦層・成相寺層境界部泥 岩の有機炭素・硫黄濃度からみた日本海海進. 島根 大学地質学研究報告 13,57-67.
- 越廼村哺乳類足跡化石調査委員会編(2001)福井県越 廼村の哺乳類足跡化石,58頁。

- Kubo, T. (2008) In quest of the *Pteraichnus* trackmaker: Comparisons to modern crocodilians. *Acta Palaeontol.* Pol. 53, 405-412.
- 松岡敬二・岡本和夫(1999)島根県出雲地域の"北山"山地南斜面からの海生~非海生貝類化石.豊橋市自然史博研究報告 9,25-31.
- Otofuji, Y., Hayashida, A. and Torii, M. (1985) When was the Japan Sea opened?: Paleomagnetic evidence from Southwest Japan. In: Nasu, N., Uyeda, S., Kushiro, I., Kobayashi, K. and Kagami, H. (eds) Formation of Active Ocean Margins, pp. 551 566. Terra Publishing Co., Tokyo.
- Padian, K. and Olsen, P. E. (1984) The fossil trackway Pteraichnus: not pterosaurian, but crocodilian. Jour. Paleontol. 58, 178-184.
- Shikama, T. (1936) The first discovery of *Pentalophodon* from Japan. *Proc. Imp. Acad. Jap. Tokyo* **12**, 292-295.
- 白竹武夫・水野幹司 (1980) 越前海岸における野外観察の一考察—エチゼンオオスッポンの発見とその周辺の古環境について—. 福井県教育研究紀要 77,89-97.
- Suzuki, K. (1949) Deveropment of the fossil non-marine molluscan faunas in eastern Asia. *Jap. Jour. Geol. Geogr.* **21**, 91-133.
- 竹山憲市(1989)福井県の中新統国見累層より産出したシカ類化石。福井県立博物館紀要3、9-21、
- 山内靖喜・三梨 昂・山本洋一郎 (1980) 島根半島の 中新統. 日本地質学会第87年総会・見学旅行案内書 第2班, 39頁.
- Yasuno, T. (1991) Occurence of fossil pharyngeal teeth of cyprinids from the Early Miocene Koura Formation, Shimane Prefecture, southwest Japan. Bull. Mizunami Fossil Museum 18, 119-124.
- 安野敏勝(1997)福井県越廼村の中新世哺乳動物足跡 化石.福井市自然史博物館研究報告44,29-34.
- 安野敏勝(1998)日本の中新統より発見された長鼻類 足跡化石.福井市自然史博物館研究報告 **45**, 1-7.
- 安野敏勝 (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(I). 福井市自然史博物館研究 報告 **52**, 43-65.