

特集

ミャンマー中部の新第三系の地質と動物相の変遷

高井正成*・楠橋 直**・西岡佑一郎***・タウン・タイ****・ジン・マウン・マウン・テイン*****

*京都大学霊長類研究所・**愛媛大学大学院理工学研究科・***早稲田大学高等研究所・****メイッティエラ大学地質学科・*****マグウェイ大学地質学科

Geological setting and transition of the Neogene mammal fauna in central Myanmar

Masanaru Takai*, Nao Kusuhashi**, Yuichiro Nishioka***, Thaung-Htike**** and Zin-Maung-Maung-Tein*****

*Primate Research Institute, Kyoto University, Inuyama 484-8506, Japan (takai.masanaru.2s@kyoto-u.ac.jp); **Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, 2-5 Bunkyo-cho Matsuyama 790-8577, Japan; ***Waseda Institute for Advanced Study, Waseda University, 1-6-1, Nishi-Waseda, Shinjuku-ku, 169-8050, Japan; ****Department of Geology, Meiktila University, Meiktila, Myanmar; *****Department of Geology, Magway University, Magway, Myanmar

Abstract. Since 2002, Primate Research Institute of Kyoto University, Japan, and the Department of Archaeology of the Ministry of Culture, Myanmar, have jointly carried out the paleontological investigations at the late Neogene sediments, including the Upper Pegu Group and Irrawaddy sediments, that are widely distributed along two large rivers, Ayeyarwady and Chindwin Rivers, in central Myanmar. Here we examined the transition of the mammalian fauna in Myanmar, mainly based on four later Neogene localities in central Myanmar: Thanbinkan (late Middle Miocene), Yenangyaung (early Late Miocene), Chaingzauk (latest Miocene/early Pliocene), and Gwebin (Late Pliocene). As a result, at least two turnover events of terrestrial mammal fauna were recognized. The first faunal turn over likely occurred around the boundary between the Middle and Late Miocene. Many primitive proboscideans, including a deinotheriid (*Prodeinotherium*), an amebelodontid (*Amebelodon*) and several gomphotheriids (*Protanancus*, *Anancus* and unidentified taxon), which have been discovered from Thanbinkan, are not discovered from the Yenangyaung locality. The second turnover likely occurred in the middle Late Miocene: several middle to large-size terrestrial mammals including *Tetraconodon*, *Hipparion*, *Bramatherium* and *Brachypotherium*, all of which were common animals in the Yenangyaung fauna, were replaced by new members, such as *Sivachoerus*, *Hexaprotodon*, *Rhinoceros* and *Stegodon*, which characterize the Chaingzauk and/or Gwebin faunas. These turnover events were probably influenced by the environmental changes during the early Late Miocene in central Myanmar. However, we have discovered very few small sized mammal fossils from the Neogene sediments in central Myanmar to date, and most large-sized fossils donated to the temples and/or to the public museums lack the exact locality data. Additional specimens including not only large- but also middle- to small-sized mammals would shed light to the faunal transition in the Late Neogene mammal fauna in central Myanmar.

Key words: central Myanmar, Neogene, geology, faunal transition, turnover

ミャンマーの自然環境：地理的配置と気候

東南アジアの大陸部に位置するミャンマー連邦（旧名ビルマ）は、面積が日本の約1.8倍、約67万km²で、北緯10～28度、東経93～103度に広がり南北に長い形をしている（図1）。北西部はインドとバングラデシュ、北東部は中国とラオス、東部はタイと接している。南西部はベンガル湾とアンダマン海に面しているが、西部では

パトカイ丘陵～アラカン山脈がインドとの国境部を形成し、東部は横断山脈～シャン高原がそれぞれ中国・タイとの国境部を形成している。南東部はマレー半島基部まで延びていて、東側のタイと長い国境で接している。ミャンマーのほぼ中心を南北に貫通するように流れているエーヤワディ河 Ayeyarwady River（旧名イラワジ河 Irrawaddy River）とチンドウィン河 Chindwin River はミャンマー中央部で合流し、南のアンダマン海に流れ込

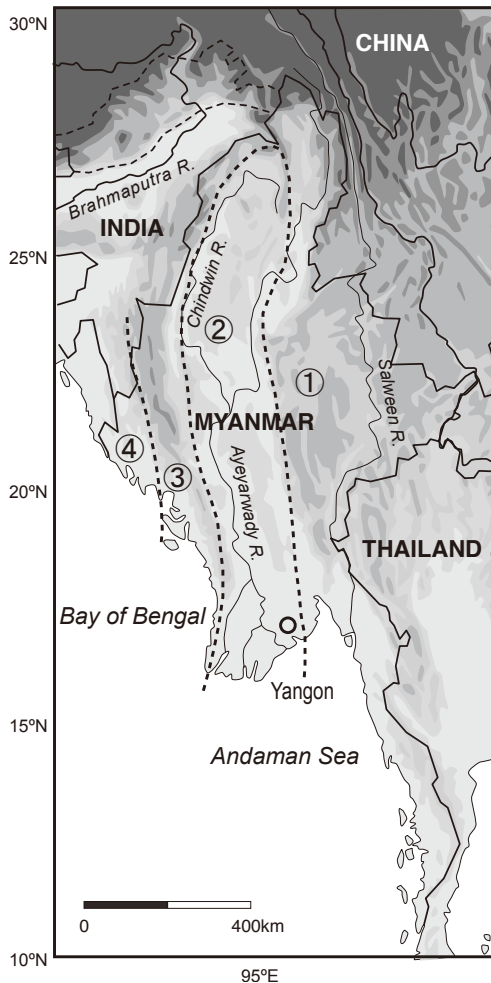


図1. ミャンマーの地質構造図. 1, 東部高地 Eastern Highland (または中国・ビルマ山脈地帯 Sino-Burman Ranges). 2, 中央第三系帯 Central Tertiary Belt (CTB) (または中央第三系盆地 Central Tertiary Basin). 3, 西部山脈地帯 Western Ranges (またはインド・ビルマ山脈地帯 Indo-Burman Ranges). 4, ラカイン海岸平地 Rakhine Coastal Plain (またはアラカン海岸地域 Arakan Coastal Area).

んでいる。東部のシャン高原の中央にはチベットを源流とするサルウィン河 Salween River (別名タンルウィン河 Thanlwin River, 中国名は怒江 Nujiang River) が流れていて、最終的には東部のタイ国境に近いマルタバン湾へと流れ込んでいる。このようにミャンマーの地形は基本的に南北方向の縞状の区域に分けられ、東部高地、中央低地帯、西部山脈、そしてバングラデシュに接するラカイン海岸平地の4つの地域に分けられることが多い (Chhibber, 1934; Bender, 1983)。

一方、東南アジアに位置するミャンマーはアジア性熱帯モンスーン気候下にあり、6～10月はインド洋から吹き付けるモンスーンの影響で大量の雨が降るが、その後は比較的過ごしやすい乾季が始まり、やがて3月からは灼熱の暑季となる。したがって西部山脈とラカイン海岸平地では夏季モンスーンによる年間降雨量が非常に多い。

しかし西部山脈の西南部に吹き付ける夏季モンスーンが大量の雨を降らしてしまうので、その裏側にあたる中央低地帯では雨陰効果により夏季モンスーンの時期もほとんど雨が降らない (図2A)。この中央低地帯はケッペンの気候区分では、熱帯サバナ気候 (Aw) に分類されていて、植生も比較的貧弱で灌木林や草原が広がっている (図2B)。したがってこの地域に広く分布している地層は化石が残しやすい環境にあり、19世紀末から様々な動物化石が見つかることが知られていた (Clift, 1828; Falconer, 1868; Lydekker, 1883; Noetling, 1897)。見つかった化石の年代は大きく分けて中期～後期始新世 (ポンダウン層) と後期中新世～鮮新世 (イラワジ堆積層) の二つに分けられる。京都大学霊長類研究所を中心とする調査隊は、1998年からミャンマー中央部での古生物学的発掘調査を開始し、ポンダウン層及びイラワジ堆積層を対象に脊椎動物化石の発掘調査を継続してきた。本稿では、主にイラワジ堆積層を中心としたミャンマー中央部の地質構造と新第三紀後半の動物化石の産出状況について概説する。なおミャンマーでは地名の英語表記が一定していないことが多く、一方で同じ地名や (日本語では) 同じ発音になる地名も多い。表1に主な産地や都市名のよく使われている英語表記を列記してあるので、参考にされたい。

ミャンマーの地質構造

ミャンマーの地質構造は地形に対応する形で大きく4つのブロックに分けられる (図1)。シャン州を中心とする東部高地 Eastern Highland (または中国・ビルマ山脈 Sino-Burman Ranges)、中央部を流れるエーヤワディ河とチンドウィン河流域の中央第三系帯 Central Tertiary Belt (CTB) (または中央第三系盆地 Central Tertiary Basin)、インド・バングラデシュとの国境付近のアラカン山脈を中心とした西部山脈地域 Western Ranges (またはインド・ビルマ山脈 Indo-Burman Ranges)、そしてアラカン山脈の西側の海岸部であるラカイン海岸平地 Rakhine Coastal Plain (またはアラカン海岸地域 Arakan Coastal Area) である (Chhibber, 1934; Bender, 1983)。東部高地は、基本的に先カンブリア時代や古生代の地層からできていて、石灰岩の洞窟などが散在している。こういった石灰岩の洞窟または裂か堆積物からは、中期～後期更新世の動物化石がいくつか報告されている (Woodward, 1915)。また西部山脈とラカイン海岸平地は白亜紀と始新世の地層からなる褶曲山脈である。この二つの高地帯に挟まれている中央第三系帯は、北からチンドウィン盆地 Chindwin Basin, 中央盆地 Central Basin (またはミンブー盆地 Minbu Basin), イラワジデルタ Irrawaddy Delta と3地域に分けられる (Bender, 1983)。基本的に河川成または浅海成の砂岩・泥岩から構成され、

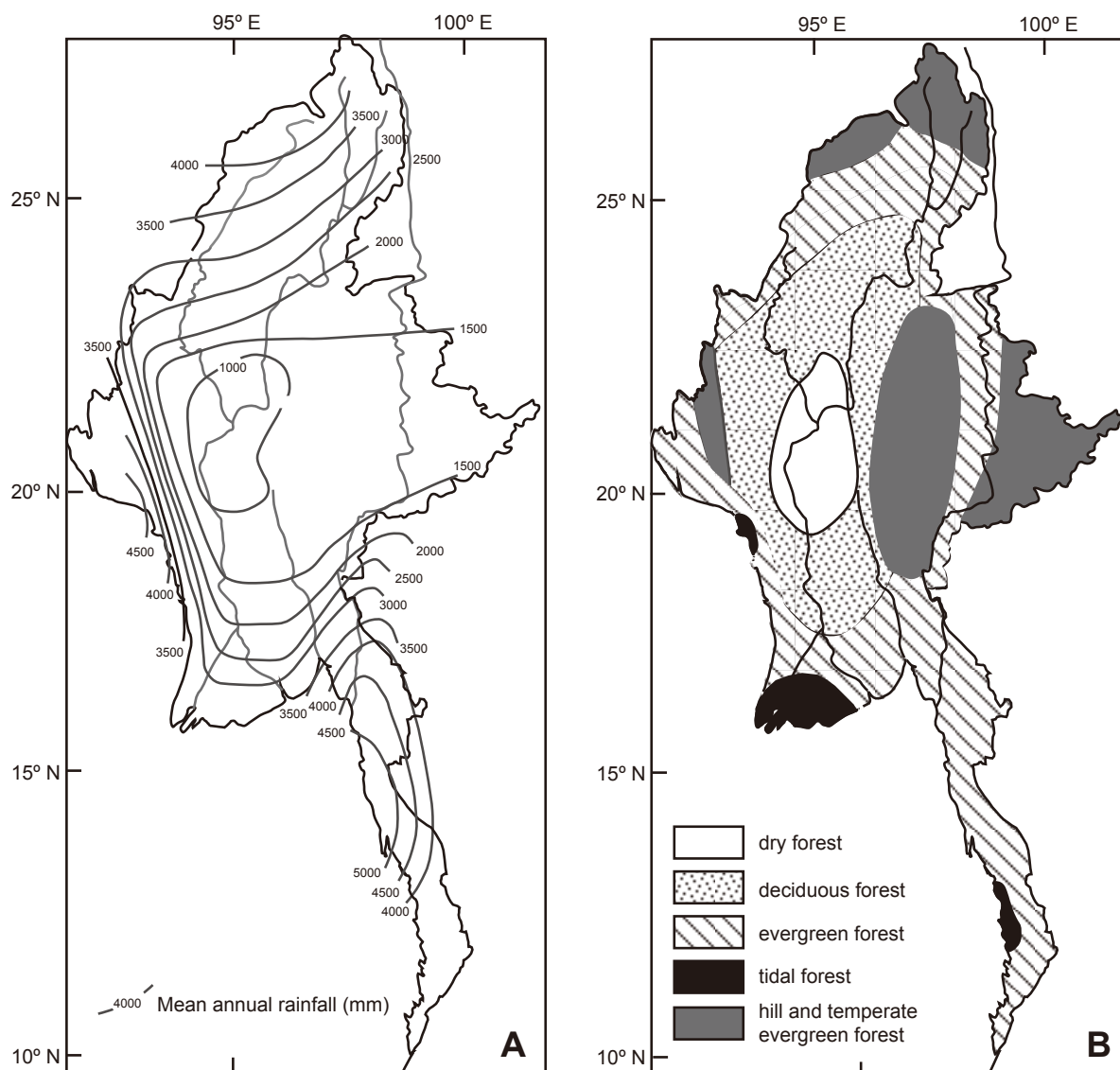


図2. ミャンマーの平均年間降水量 (A) と植生図 (B). ミャンマー中央部では年間を通じての降水量が少なく乾燥しており、それに対応した植生になっている。

まれに礫岩が含まれている。時折10mを越えるような厚い砂岩層が出現するが、河成層に特徴的な側方変化が激しいので連続性のある鍵層としてはあまり有効ではない。

南北に長いミャンマーは、インドプレートとユーラシアプレートという二つのプレートの境界域の東端に相当する。ミャンマー東部の横断山脈からシャン高原の地形は、二つのプレートの境界としての隆起部が衝突の際にL字型に折れ曲がった部分に相当する。中生代にはテチス海の北側の沿岸部に現在のチベット高原からシャン高原に至る古生代の地層が位置していた。さらにインド・ユーラシア両大陸の衝突にしたがって両高原が隆起し、さらに北上するインドプレートの圧力を受けたチベット高原はより高度が増したが、中国雲南省西部にある横断山脈～シャン高原は結果的に「90度折れ曲がった」形になったと考えられる (Morley, 2012; Robinson *et al.*,

2014)。

中央第三系帯の中央盆地付近の新第三紀層は、漸新世～中期中新世の地層をペグー層群Pegu Group、後期中新世から更新世の地層をイラワジ堆積層Irrawaddy beds (またはイラワジ堆積物Irrawaddy sediments) として分けられている。中央盆地付近の新第三系のペグー層群は、下位から前期中新世のピャウウェ層Pyawbwe Formation (以下Fm.と略す)、前期～中期中新世のチャウコック層Kyaukkok Fm., 中期中新世後半のオボゴン層Obogon Fm.から構成される (図3, 図4)。地域によってはチャウコック層の上部がカボー層Khabo Fm. (またはカボー砂岩層Khabo Sandstone) と呼ばれることもある (Kyi Khin and Myitta, 1999; Nwe Nwe San, 2013)。またペグー層群は基本的に海成層であるが、その最上部は淡水成であるためペグー層群最上部だけがFreshwater Pegu Bedsと

して別呼称で呼ばれることが多い (Stamp, 1922; Bender, 1983; Kyi Khin and Myitta, 1999)。したがってミャンマー中央部では中新世を通じて全体的に海退傾向が続いていたと考えられている。ペグー層群とイラワジ堆積層の境界年代は中期中新世末～後期中新世初頭と考えられているが (Chavasseau *et al.*, 2006; Chit Sein, 2006), ここで火山性の堆積物が見つからないので数値年代の推

定はできていない。

イラワジ堆積層はエーヤワディ河とチンドウィン河の流域に広範囲に分布している (図5)。イラワジ堆積層全体の層厚は2000～3000mと推定されており (Bender, 1983), 後期中新世～前期鮮新世の下部イラワジ堆積層 Lower Irrawaddy と, それ以降の後期鮮新世～更新世の上部イラワジ堆積層 Upper Irrawaddy に分けられてきた

表1: 主な化石産地・地名と英語表記の対応表。

和名	英名	略号	年代または地層
化石産地			
イエーナンジャウン	Yenangyaung	YNG	下部～上部イラワジ層
インセイ	Yinseit	YNS	下部イラワジ層
オンウェ	Ondwe	OND	上部ペグー層～下部イラワジ層
ガンゴー	Gangaw		下部～上部イラワジ層
グウェビン	Gwebin	Gbn	上部イラワジ層
サベ	Sabe		後期更新世?
シャクワ	Shakwa	Shk	下部イラワジ層
シングー	Singu		更新世テラス堆積物
シンバウンウェ	Sinbaungwe		下部～上部イラワジ層
スーレーゴン	Sulegon	SLG	上部イラワジ層?
スピツァン	Supyitsan	SPY	上部ペグー層～下部イラワジ層
セイピュー	Seikpyu		下部イラワジ層
タドゥー	Tado Oo		上部ペグー層
タウンビンジ	Taungbyinge		下部イラワジ層
タンビンカン	Than-bin-kan	TBK	上部ペグー層～下部イラワジ層
タンビンジャン	Thangbingyaung	TBG	上部イラワジ層
ティリン	Tilin		下部～上部イラワジ層
チッソソウエ	Kyitsonbwe		下部イラワジ層
テビンガン	Tebingan	TeB	上部ペグー層～下部イラワジ層
チャインザウック	Chaingzauk	CHZ	下部イラワジ層
チャウクサウンサン	Kyauksaungsan		下部イラワジ層
チャウック	Chauk		下部～上部イラワジ層
チャウンター	Chaungtha		上部ペグー層～下部イラワジ層
ニャウンウー	Nyaung U		中期更新世テラス堆積物
パウク	Pauk		下部イラワジ層
パコック	Pakokku		上部ペグー層～下部イラワジ層
パラウン	Palaung	PAL	下部イラワジ層
ペイスウェ	Peikswé	Psw	上部イラワジ層
ブドージノウ洞窟	Buddawzinaw Cave		更新世洞窟堆積物
ボディタタウン (寺院)	Bodi Tataung		上部ペグー層
マレー	Malé		上部ペグー層～下部イラワジ層
ミジャウンジェ	Migyaungye		下部イラワジ層
ミョーキンタ	Myokhintha	MKT	下部イラワジ層
ミンジン	Mingin		下部イラワジ層
モービエ	Mobie		更新世洞窟堆積物
モゴック洞窟	Mogok cave		更新世洞窟堆積物
地名 (都市名)			
アヴァ	Ava		
ザガイン	Sagaing		
シュウェボー	Shwebo		
チャウンウー	Chaung U		
バガン	Bagan		
マグウェイ	Magway		
マンダレー	Mandalay		
モンユワ	Monywa		
ネピドー	Naypyidaw		

Ma	Age	Myanmar		Siwalik		East Asia		Europe	
						EALMA	NMU	ELMA	MN
1	Pleist.	Irrawaddy sediments	Terrace Deposits	Upper Siwalik	Boulder congl.	Nihewanian	14	Biharian	
2			Upper Irrawaddy		Pinjor	Mazegouan	13	Vilanyan	17/16
3									
4	Plio.		Lower Irrawaddy	Tatrot	Gaozhauangian	12	Ruscinian	15/14	
5									
6	Middle Siwalik			Dhok Pathan	Baodian	11/10	Turolian	13/12/11	
7									
8		Nagri		Bahean	9/8	Vallesian	10/9		
9									
10									
11	Miocene	Late		Middle Siwalik	Chinji	Tunggurian	7/6	Astaracian	8/7/6
12									
13									
14									
15									
16		Middle	Freshwater Pegu Beds or Obogon Fm	Lower Siwalik	Kamlial	Shanwanigian	5/4	Orleanian	5/4/3
17									
18									
19									
20									
21	Early	Chitarwata (Upper)		Xiejian	3/2/1	Agenian	2/1		
22									
23									

図3：シワリク、東アジア（中国）、ヨーロッパの新第三紀の動物相とミャンマーの層序の大きな対比。Wang *et al.* (2013), Qiu *et al.* (2013) 及び Woodburne *et al.* (2013) を元に層序・動物相の年代を簡略化してある。EALMA, East Asia Land Mammal Age. NMU, Neogene Mammal Unit. ELMA, Europe Land Mammal Age. MN, Mammal Unit of Neogene.

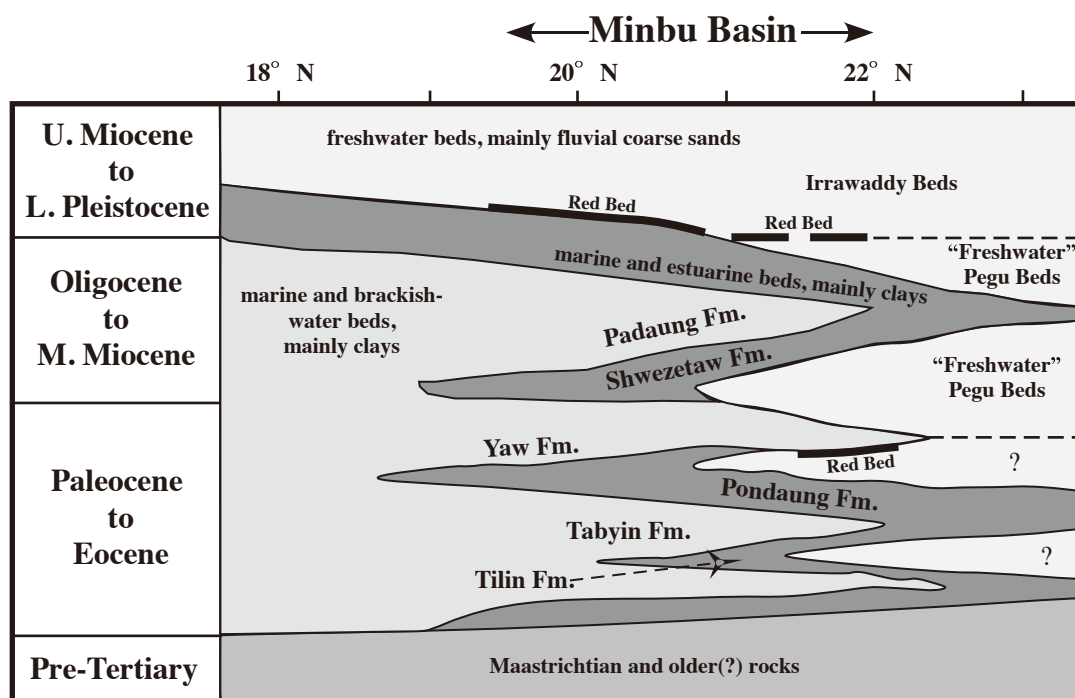


図4. ミャンマー中央部（ミンブー盆地、北緯18-23°付近）の層序概念図。Stamp (1922), Rodolfo (1975), Varga (1997) を改変。

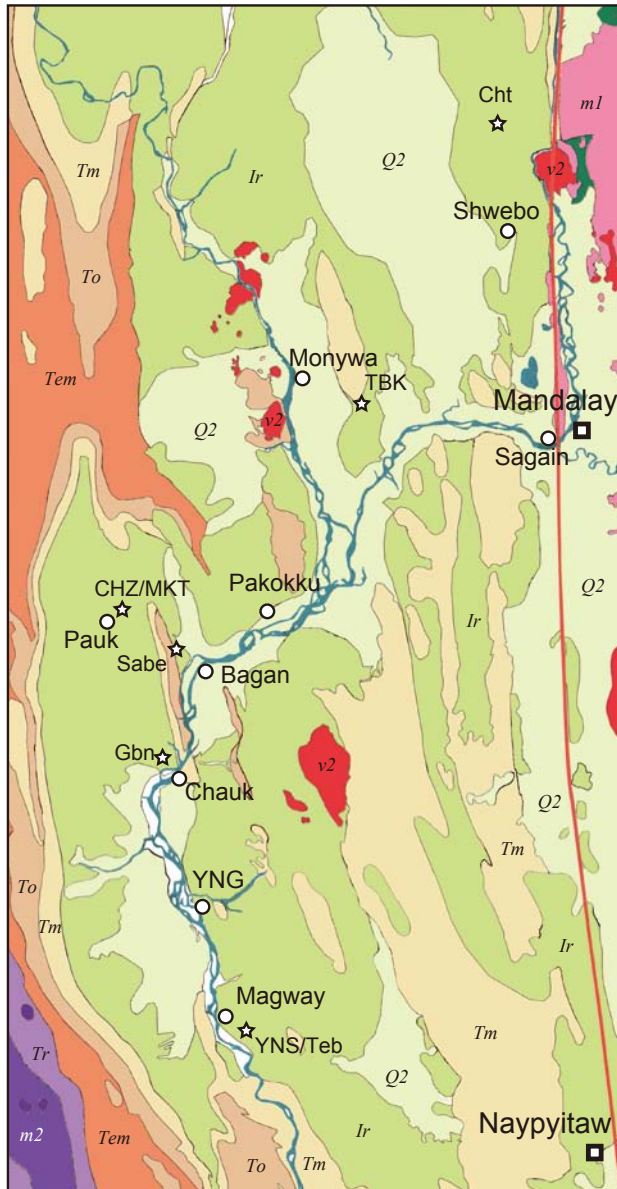


図5. ミャンマー中央部の地質概略図と主な化石産出地点。地名・産地名は表2を参照のこと。地質図はMyanmar Geosciences Society (2014)を簡略化した。Q2, 完新統; Ir, イラワジ堆積層; Tm, ベグー層群上部(またはその相当層, 中新統); To, ベグー層群下部(またはその相当層, 漸新統); Tem, パウンジー層 Paunggyi Formation (モラッセ型堆積物, 晩新統~始新統); Tr, タンバヤ層 Thanbaya Formation (三畳系); m1, 古生代変成岩(一部ジュラ系); m2, 中生代変成岩(主に三畳系); v2, 新生代火山岩。右側の赤太線はザガイン断層 Sagaing Faultを示す。

(Stamp, 1922; Colbert, 1938; Bender, 1983; Wandrey, 2006). これまでミャンマーの下部イラワジ堆積層は、産出する哺乳類化石の研究から、南アジアのシワリク層群 Siwalik Group のドク・パタン層 Dhok Pathan Fm. に対比され、その堆積年代は後期中新世~前期鮮新世であるとされてきた(図3, Colbert, 1935, 1938). 一方、上部イラワジ堆積層は固結度の低い砂岩が卓越する岩相とされていて、従来は後期鮮新世~更新世の地層とされてきた。

しかし近年第四紀の下限の定義が古くなったため、本層の年代は現在では前期更新世に相当し、シワリク層群のタトロット層 Tatrot Fm. とピンジョール層 Pinjor Fm. に対比されている(Colbert, 1938, 1943; Bender, 1983). しかしこの下部イラワジ堆積層と上部イラワジ堆積層の区別は、元々産出する動物化石相の違いから提唱されたものであり、境界を示す模式地も定義されていない。露頭での堆積物の観察だけでは区別は非常に難しいので、地層の区分単位として今後も使用するのには難しいだろう。イラワジ堆積層の上位には河川成の段丘堆積物が不整合関係で覆っており、年代は中期~後期更新世と考えられている(Colbert, 1943; de Terra, 1943).

なお中部盆地付近のイラワジ堆積層は、20世紀前半から Irrawaddy Series と呼ばれ、その後ミャンマーの研究者によってミャンマー中部のイエーナンジャウン Yenangyaung 地域を模式地として「イラワジ層 Irrawaddy Fm.」と定義された(Aung Khin and Kyaw Win, 1969). しかしこの論文ではイラワジ層の記載は十分にされておらず、年代も後期中新世から更新世後半まで連続することから、近年の欧米系の研究者は層群として扱うべきだとしてイラワジ層群 Irrawaddy Group を使用する傾向が強い(Bender, 1983). しかしミャンマーでは従来のイラワジ層を使用する立場の研究者も依然として多いので、本稿ではイラワジ堆積層 Irrawaddy beds という名称を使用する。

イラワジ化石動物相と現生動物相

1940年代までは、ミャンマーで発見された新第三紀後半の動物化石はイギリスやアメリカなどの調査隊によって記載研究がおこなわれてきた。イラワジ化石動物相はインド亜大陸のシワリク哺乳類化石相の中部と上部に対比され、年代としては後期中新世~前期更新世に相当すると考えられてきた(Pilgrim, 1910, 1937, 1939; Woodward, 1915; Stamp, 1922; Matthew, 1929; Chhibber, 1934; Colbert, 1935, 1938, 1943; de Terra, 1943; Hooijer, 1951; Bender, 1983). 最近ではイラワジ堆積層の下部は中期中新世まで遡る可能性も指摘されているが(Chit Sein, 2006), 基本的には後期中新世~前期更新世とみなしてかまわないだろう。第2次大戦後は様々な事情によりしばらく調査がおこなわれてこなかったが、20世紀末から日本、フランス、アメリカなどの調査隊がミャンマー中央部のイラワジ堆積層を対象とした調査を始め、次々と化石の報告がおこなわれている。産出する哺乳類化石は多岐にわたっているが、霊長目(オナガザル科 Cercopithecidae, オランウータン科 Pongidae), 齧歯目(ネズミ科 Muridae, ヤマアラシ科 Hystricidae, リス科 Sciuridae, メクラネズミ科 Spalacidae), ウサギ形目(ウサギ科? Leporidae), 長鼻類(ダイノテリウム科

Deinotheriidae, マストドン科 Mastodontidae, ステゴドン科 Stegodontidae, アメベロドン科 Amebelodontidae), 食肉類 (アンフィキオン科 Amphicyonidae, マングース科, ハイエナ科 Hyenidae, ネコ科 Felidae, クマ科 Ursidae), 奇蹄目 (サイ科 Rhinocerotidae, カリコテリウム科 Chalicotheriidae, ウマ科 Equidae), 偶蹄類 (カバ科 Hippopotamidae, ウシ科 Bovidae, アントラコテリウム科 Anthracotheriidae, マメジカ科 Tragulidae) などが報告されている (表2) (Thaung-Htike *et al.*, 2005, 2006,

2007, 2008; Chavasseau *et al.*, 2006, 2010, 2013; Takai *et al.*, 2006, 2015, 2016; Tsubamoto *et al.*, 2006, 2012; Thaung-Htike, 2008; Zin-Maung-Maung-Thein *et al.*, 2008, 2010, 2011; Zin-Maung-Maung-Thein, 2010; Egi *et al.*, 2011; Nishioka *et al.*, 2011, 2015; Ogino *et al.*, 2011; Nishioka, 2013). また哺乳類以外の動物化石としては貝化石 (Anandale, 1919, 1923; Vredenburg and Prasad, 1921; Gupta, 1930; Prasad, 1930; Ugai *et al.*, 2006), メジロザメ科 Carcharhinidae の淡水性サメ *Glyphis*

表2: ミャンマー中央部の新第三紀化石産出リスト. Chaungtha と Yenangyaung (lower) は Chavasseau *et al.* (2006, 2008, 2013) を元に行っている. TBK, Than-bin-kan. Cht, Chaungtha. Yng, Yenangyaung. PAL, Palaung. CHZ, Chaingzauk. Gbn, Gwebin. SLG, Su Le Gon. Teb, Tebingan.

Locality	Miocene						Late Plio.	Early Pleist.?	Mid-Late Pleist.
	TBK	Cht	Teb	Yng	PAL	CHZ			
SORICOMORPHA									
Talpidae?									
gen. et sp. indet.							X		
PRIMATE									
Hominoidea									
<i>Khoratpithecus ayeayawadyensis</i>				X					
<i>Khoratpithecus</i> sp.				X					
Cercopithecidae									
<i>Myanmarcolobus yawensis</i>						X			
Colobinae gen. et sp. indet.						X			
<i>Semnopithecus gwebinensis</i>							X		
CARNIVORA									
Amphicyonidae									
Amphicyoninae gen. nov.			X						
amphicyonid?				X					
<i>?Ysengrinia</i>						X			
Herpestidae									
<i>Urva</i> sp. indet.							X		
Felidae									
<i>Homotherium</i>						X			
Machairodontinae gen. et sp. indet.						X			
gen. et sp. indet.							X	X	
Viverridae									
gen. et sp. indet.		X							
viverrinae gen et sp indet.							X		
Ursidae									
<i>Agriotherium myanmarensis</i>						X			
Percrocutidae									
<i>Percrocuta</i> ? sp. indet. (brachydont form)						X			
Hyaenidae									
Ichthytherinae gen. et sp. indet.						X			
<i>Hyaenictis</i>						X			
<i>?Hyaenictitherium</i>						X			
gen. et sp. indet.						X		X	
gen. et sp. indet.							X		
RODENTIA									
Hystriichidae									
<i>Hystrix paukensis</i>						X	X		
<i>Hystrix</i> sp. indet. (brachydont-form)							X		
<i>Hystrix</i> cf. <i>brachyura</i>							X		
Muridae									
<i>Hapalomys</i> cf. <i>longicaudatus</i>							X		
<i>Maxomys</i> sp. nov.							X		
<i>Rattus jaegeri</i>							X		
cf. <i>Rattus</i> sp. indet.							X		
Spalacidae									
<i>Cannomys</i> cf. <i>badius</i>							X		
Sciuridae									
gen. et sp. indet.							X		
LAGOMORPHA									
Leporidae									
gen. et sp. indet.							X		
	TBK	Cht	Teb	Yng	PAL	CHZ	Gbn	SLG	

(Shimada *et al.*, 2016), クロコダイル科Crocodylidaeのワニ, 複数種のカメ類(リクガメ科Testudinidae, イシガメ科Geoemydidae, スッポン科Trionychidae, スッポンモドキ科Carettochelyidae, ナンベイヨコクビガメ科Podocnemididae)などが確認されている。特に最大甲長が2mに達する大型のリクガメ科メガロケリス *Megalocherys*の化石はシワリクやインドネシアでも見つかっていることで注目されている (Swinton, 1939; Gaffney *et al.*, 2011)。その他, サギ科Ardeidaeとコウノトリ科Ciconiidaeの鳥化石がスーレーゴン Su Le Gon の上部鮮新統(イラワジ堆積層)から見つかっている (Stidham *et al.*, 2016)。

現在の地球上の動物の分布はいくつかの動物地理区に分けられている (Holt *et al.*, 2013)。アジア地域はヒマラヤ山脈以北の旧北区Palaeartic Regionと南側のインドマラヤ区Indomalayan Region (または東洋区Oriental Region)に分割され, 現在のミャンマーは後者のインドマラヤ区に含まれる(図6, Corbet and Hill, 1992)。旧北区とインドマラヤ区の間には中国日本区Sino-Japanese Regionを設定することもあるが (Holt *et al.*, 2013), この場合でもミャンマーはインドマラヤ区に含まれている。インドマラヤ区はさらにインド亜区Indian Subregion, ヒマラヤ亜区Himalayan Subregion, インドシナ亜区Indochinese Subregion, スンダ亜区Sundaic Subregion, フィリピン亜区Philippine Subregionに細分されるが (Corbet and Hill, 1992), ミャンマーは他の東南アジア大陸部やバングラデシュ, 中国南部とともにインドシナ亜区に含まれている。即ち現在のミャンマーの動物の分布パターンは, インド亜大陸よりも東南アジア大陸部との類似性が高い。しかし, もともとミャンマーのイラワジ化石動物相はインド亜大陸のシワリク化石動物相に最

も類似していたが, 鮮新世頃から南アジアのシワリク相との類似性が低下し, 次第に東南～東アジアの動物相との類似性が増加してきたことが明らかになりつつある (Nishioka, 2013; Nishioka *et al.*, 2015)。本稿では, こういったミャンマー中央部の新第三系(新第三系)の陸棲動物化石(主に哺乳類)の産出状況と動物相の変遷について概説する。ただしミャンマーの新第三系の火山性堆積物に基づく数値年代推定の報告がなく, 河成砂岩層が不規則に出現することから古地磁気学的調査にも適していない。したがって隣接地域の哺乳類化石相との比較による相対的年代推定しかできていないので注意が必要である。

産出化石の状況

ミャンマーの中央低地帯の地層は基本的にエーヤワディ河を起源とする砂岩層と泥岩層から成っている。したがって樹木が生い茂っていたり田畑になっていたりしなければ, 化石が見つかる可能性は非常に高い。現地では生活している村人達は農作業の合間などに様々な化石を拾って自宅に置いていることが多いが, 大型で見栄えのいい化石が見つかったと近くの寺院に寄進したり, 外国人の化石商などに売って貴重な現金収入にしてしまうこともある。また運良く博物館や大学に化石が寄贈されても, 詳しい発見地点がはっきりしないため層序が特定できないことが多いのが残念である。

また見つかる化石のほとんどが大型のゾウ, サイ, カバ, ウシ科, イノシシ科のもので, 年代推定に重要な齧歯類などの小型化石は全くといっていいほど見つからない。これはエーヤワディ河という大河流域の堆積物であるため, 小型化石が集積することなく流れてしまうためだと考えられる。唯一の例外は後述するグウェビンGwebin地域で, ここでは同じサイトで採取した土を水洗篩い分けして, 10種類ほどの小型哺乳類化石が採集されている (Nishioka *et al.*, 2015)。こういった小型哺乳類の産出地点を徐々に発見していった年代推定の根拠にするべきであろう。

このように, ミャンマーでは化石の産出地域があまりに広範囲にわたるので, 研究者が現地で実際に採集地点と地層を確認しないと信頼性に欠けるという問題点がある。しかし一方で, 始新統～更新統まで地層がほぼ同じ地域で連続しており (Suzuki *et al.*, 2006), いずれの層準でも豊富に動物化石が見つかるという点は世界的に見ても貴重である。

イラワジ堆積層と主な化石産出地点

以下, 主な化石産出地点と産出する化石群集を年代別に概説する(図5, 表2)。なお, ミャンマーでは地名の表記が一定していないことが多く, 同名や(日本語では)

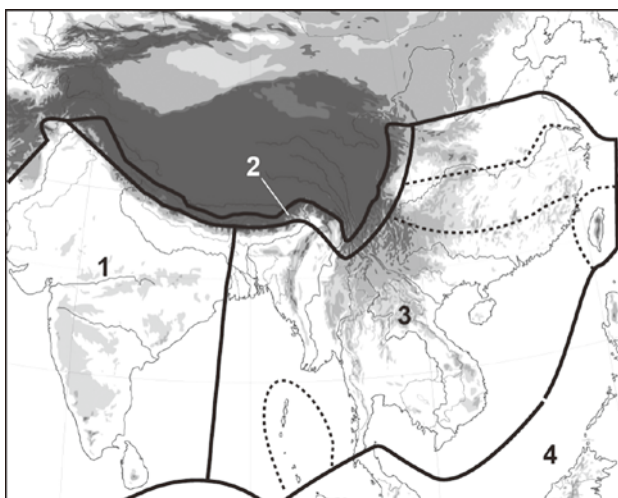


図6: インドマラヤ動物区の細分。破線はインドシナ亜区をさらに細分した領域を示す。1, インド亜区。2, ヒマラヤ亜区。3, インドシナ亜区。4, スンダ亜区。Corbet and Hill (1992) を改変。

同じ発音になる地名が多いので注意が必要である。

中期中新世

チャウンター Chaungtha とタンビンカン Than-bin-kan の2地域から産出する化石群集が中期中新世のものと考えられている。チャウンターはミャンマー中部のシュウェボー Shwebo の北約20 km に位置し、産出化石から同地域の層準は中部中新統上部、イラワジ堆積層の最下部にあたると考えられている (Chavasseau *et al.*, 2006)。タンビンカンはモンユワ Monywa の南東約20 km にあり、その層準イラワジ堆積層の下の「淡水成ペグー層」 Freshwater Pegu bed の最上部またはカボー層 Khabo Fm. (または Khabo Sandstone bed) に相当する (Myint Thein, 1966; Thaung-Htike *et al.*, 2005, 2008; Thaung-Htike, 2008; Nwe Nwe San, 2013)。両地域とも出土している長鼻類の化石はデイノテリウム類 (*Prodeinotherium*)、アメベロドン類 (*Amebelodontinae*)、ゴンフォテリウム類 (*Gomphotheriinae*) などの比較的原始的な種類である。モンユワ近郊のボディタタウンの寺院には大量のゾウ化石が寄贈されており、そのほとんどがタンビンカンで見つかったものと思われる、この中にもステゴドン類の化石はほとんど含まれていなかった。

Prodeinotherium は中部シワリク層のチンジ層 Chinji Fm. から見つかっており、中期中新世の地質年代を示唆している (三枝, 投稿中)。奇蹄類サイ科の化石としては原始的な *Brachypotherium* だけが見つかっていて、現生属である *Rhinoceros* や *Dicerorhinus* は確認されていない。偶蹄類では、後期中新世以降に急増するウシ科 Bovidae の化石がほとんど見つからず、シノシシ科 Suidae の化石も比較的原始的な *Tetraconodon malensis* しか報告が無い。アントラコテリウム科 Anthracotheriidae では *Microbunodon* と *Bothriodontinae* indet. が報告されている (Tsubamoto *et al.*, 2012)。マメジカ科ではチャウンターから cf. *Siamotragulus* (Chavasseau *et al.*, 2006, 2013) と *Dorcatherium* (New New San, 2013) が報告されているが、追加標本による確認が必要だろう。

後期中新世

ミャンマー中部のマグウェイ Magway とその約40 km 北にあるイエーナンジャウン周辺は石油産出地点として知られているが、保存状態の良い動物化石が見つかることで20世紀から有名である (Aung Khin and Kyaw Win, 1969; Thaung-Htike, 2008)。出土した動物化石の解析から同地域の層準の年代は中期中新世後半～後期中新世前半と考えられている (Chit Sein, 2006; Chavasseau *et al.*, 2010; Jaeger *et al.*, 2011)。ただし、イエーナンジャウン地域の一部では後期鮮新世と思われる上部イラワジ堆積層に特有の化石も見つかったので産出層準に関しては注意が必要である (Chavasseau *et al.*, 2013)。この地

域では昔から化石の売買が行われており、かなりの数の化石標本が中国やタイなどミャンマー国外に流出しているらしい。村人が発見した化石はある程度発見地点が推定できるが、一度化石取引商人の手を経ているとかなり産出地点の情報は怪しくなる。

例えばマグウェイ近郊のインセイ Yinseik 地点でフランスの調査隊により発見された大型ホミノイド類 *Khoratpithecus* の上顎大白歯は種未定として報告されたが³ (Jaeger *et al.*, 2011)、同じ論文で新種 *K. ayeyarwadyensis* として記載されている下顎骨標本は、イエーナンジャウン地域で発見され化石商を経てタイのコレクターの手に渡ったものなので、産出地点と年代が不明で、タイで見つっている模式種とどちらが古いのか不明な状態が続いている (Chaimanee *et al.*, 2003, 2004)。

この他、イエーナンジャウン地域からみつっている動物化石は多岐にわたっている。表2にはイエーナンジャウンの産出化石をまとめているが、同地域の下部イラワジ堆積層と上部イラワジ堆積層の両層準から見つかった化石が混在している可能性がある。注目すべき点は原始的なウマ科化石種のヒッパリオン *Hipparion* がみつっていることである。ユーラシア大陸におけるヒッパリオンの出現イベント (*Hipparion datum*) は10.5 Ma 前後とされているので (例えば Bernor *et al.*, 1996)、イエーナンジャウンの地層はそれ以降である事は確実である。今後、頭骨化石が見つかり種同定が確立すれば、より詳しい年代推定も可能になるだろう。またイノシシ科の *Tetraconodon* (*T. minor*, *T. irramagnus*)、*Hippopotamodon*、*Propotamochoerus* がみつっているが、*Sivachoerus* は全くみつっていない。カバの化石は Thaung Htike (2008) の「イラワジ層の Unit I」の最上部からみつった *Hexaprotodon irravaticus* が最も古いと考えられている。後期中新世の後半以降に急増するウシ科の化石も比較的少ないことなどから、明らかに後述するチャインザウック地域から産出する化石群集よりも年代的に古く、後期中新世前半と考えられる。

パコック Pakokku の約60 km 西にあるパウク Pauk 近郊のパラウン Palaung とチャインザウック Chaingzauk 地域は、後期中新世後半～鮮新世初頭の地層が分布している。パラウン地域は畑になっている地点が多く、ほとんどの化石は村人が採集したものだが、*Zygodontopithecus* などの比較的原始的な長鼻類化石が産出する。一方、ヒッパリオンの報告はなく、ウシ科化石も比較的少ない。したがってパラウンから産出する化石群集の年代はイエーナンジャウン下部層のものよりも新しく、チャインザウック地域の化石群集よりやや古いと考えられている。

一方、パウク近郊のチャインザウックとその南のミョーキンタ Myokhintha にかけての地域は、19世紀末から豊富な動物化石が見つかることで知られていた (Matthew,

1929; Cotter, 1938; Colbert, 1938). 最近の我々の調査でも大量の動物化石を採集し、詳しい動物相の解析をおこなっている (Thaung-Htike *et al.*, 2005, 2006, 2007, 2008; Thaung-Htike, 2008; Zin-Maung-Maung-Thein, 2010; Nishioka *et al.*, 2011; Ogino *et al.*, 2011; Zin-Maung-Maung-Thein *et al.*, 2011; Takai *et al.*, 2015 など). 両村の地層は層準的にほぼ同じで明瞭な地理的境界もなく、産出する動物化石にも違いがみられないことから、本稿では一括してチャインザウック層準・地域として扱っている. 5~6種類のウシ科化石と2種類のカバ科化石 (*Hexaprotodon*) が見つかっていて、イノシシ科化石としては *Sivachoerus* と *Propotamochoerus* が共産するが、*Tetraconodon* は全く見つかっていない. 食肉類もクマ科の *Agriotherium*, ペルクロクータ科 *Percrocutidae* とみられる化石、ハイエナ科 *Hyaenidae*, ネコ科 *Felidae* (マカイロドゥス亜科 *Machairodontinae*) など多種類が見つっている. 特に *Agriotherium* の存在により年代が中新世末~鮮新世初頭に相当することが確認された (Ogino *et al.*, 2011). また大型齧歯類のヤマアラシ *Hystrix paukensis* が新種として報告されている (Nishioka *et al.*, 2011). 霊長類ではオナガザル科コロブス亜科 *Colobinae* の化石が2種類みつき、ひとは新属新種の *Myanmarcolobus yawensis*, もうひとは属種未定の *Colobinae* indet. として報告された (Takai *et al.*, 2015). 現在のミャンマーにはコロブス亜科のラングール *Trachypithecus* の他にオナガザル亜科のマカク属 *Macaca* のサルが複数種広範囲に生息しているが、不思議なことにチャインザウック地域からはマカク化石が見つかっていない.

一方、チャインザウック地域から見つかった哺乳類化石の歯のエナメル質から抽出した炭素と酸素の安定同位体比の分析では、当時のチャインザウック地域は現在ほど乾燥した気候ではなかったが、ある程度の季節性がある森林と草原が混在した環境だったと推測されている (Zin-Maung-Maung-Thein, 2010; Zin-Maung-Maung-Thein *et al.*, 2011).

後期鮮新世~前期更新世

仏教遺跡として有名なバガン Bagan の南南西約 30 km にあるチャウク Chauk の対岸に位置するグウェビン地域も状態の良い動物化石を豊富に産出することで20世紀初頭から知られていた (Colbert, 1938; 1943). この地域の化石産出地点はグウェビン、タンビンジャン Thang-bin-gyaung, ペイスウェ Peikswé の3村からなるが、3地域の層準はほとんど同じで、別地域として区別できるような明瞭な境界もないので、ここでは全てグウェビン層準・地域として扱う (Moe Nyunt, 1987; Thaung-Htike, 2008; Egi *et al.*, 2011; Nishioka, 2013; Nishioka *et al.*, 2015; Takai *et al.*, 2016). この地域の最大の特徴は、他地域のイラワジ堆積層からはほとんど見つからない小型哺乳類

化石 (齧歯類, ウサギ形類, 霊長類, トガリネズミ形類など) が, Mg 1 と呼ばれる小さなマウンド状の地点から見つかったことである (Nishioka, 2013; Nishioka *et al.*, 2015; Takai *et al.*, 2016; 西岡ほか, 印刷中). これらの標本は現地で水洗篩い分け法により採集されたもので、ほとんどが魚, 爬虫類 (ワニ類) そして小型哺乳類の遊離歯か上下顎の破片からなる. これまでの分析で、小型哺乳類化石はヤマアラシ科 (*Hystrix*), ネズミ科 (*Hapalomys*, *Maxomys*, *Rattus*, cf. *Rattus*), メクラネズミ科 (*Cannomys*), リス科 (属種不明) の4科7属の齧歯類と、属種不明のウサギ科, そしてモグラ科らしき歯の破片が確認されている. これらの化石齧歯類の詳しい解析から、グウェビン層準の動物相は後期鮮新世~前期更新世に相当すると考えられている (Nishioka, 2013; Nishioka *et al.*, 2015). この他、グウェビン層準から産する哺乳類としては *Hexaprotodon* cf. *sivalensis* の頭骨やイノシシ科の *Sus* らしき化石が見つっている. しかしイェーナンジャウンでよく見つかった *Tetraconodon* は見つかっていない. アントラコテリウム科の *Merycopotamus* と *Microbune* は両方ともみついている. ウシ科は4~5種類が確認されている (Nishioka, 2013; 西岡ほか, 2018). マメジカ科の *Dorcabune* と *Dorcatherium* も見つかったが、これらの化石はパキスタンの上部シワリク層と中国南部の前期更新世の堆積物からも報告されている (Han, 1974; Gaur *et al.*, 1983; Khan and Akhtar, 2011; Khan *et al.*, 2012). Moe Nyunt (1987) はウシ科の *Capricornis* がグウェビンから見つかったと報告しているが、我々の長期にわたる調査では全く確認されていないので同定の間違いか上位の第四紀層のものが混じったと考えられる. また食肉類ではマングース科の *Urva* の化石が報告されている (Egi *et al.*, 2011).

Mg 1 からみつかった霊長類は、全てコロブス亜科の *Semnopithecus* 属の新種 *S. gwebinensis* として記載された (Takai *et al.*, 2016). *Semnopithecus* 属はハヌマンラングールと呼ばれる現生属であり、現在はインド亜大陸を中心に非常に広範囲に分布しているが、ミャンマーには現在生息していない. 現在のミャンマー西部からバングラデシュにかけた地域には *Semnopithecus* と *Trachypithecus* が交雑して生じたとされるボウシラングール *Trachypithecus pileatus* が分布しているが、グウェビンの化石はその祖先種にあたると考えられる (Takai *et al.*, 2016).

中期~後期更新世

中期~後期更新世の動物化石は厳密にはイラワジ堆積層の産出物には含まれないが、ミャンマー各地の洞窟堆積物や段丘堆積物からいくつかの報告があるので簡単に紹介する. エーヤワディ河流域の段丘堆積物からは派生

的なカバ *Hexaprotodon palaeindicus* (Thaung-Htike, 2008) や、スイギュウ *Bubalus* sp. の頭骨などが見つかったているが、発見地点がはっきりしないため正式に報告されていないものが多い。ミャンマー中部のモゴック洞窟 Mogok Cave からは中期更新世のものと思われる動物化石がいくつか報告されていて、ジャイアントパンダ *Ailuropoda baconi* の頭骨や *Stegodon orientalis*, *Palaeoloxodon namadicus*, *Cervus*, *Sus*, *Hystrix* などが含まれている (Woodward, 1915; Colbert, 1943)。 *Ailuropoda* は現在中国南部の四川省から雲南省の山岳部にしか生息していないが、化石記録としては中国南部 (四川省, 安徽省, 貴州省, 広西壮族自治区など) や東南アジア (ベトナム, ラオス, タイ) などの鮮新統～上部更新統から報告がある (Tougard, 2001; Jin *et al.*, 2007)。特に *A. baconi* は中期更新世に中国南部から東南アジアかけて広がっていたステゴドン-ジャイアントパンダ動物相 *Stegodon-Ailuopoda* fauna の代表的な種とされており、更新世以降のミャンマーの動物相と中国南部や東南アジアの動物相の類似性を示している。

またミャンマー南部のモラミヤイン Mawlamyaing 近郊のナウンウェタウン Naungkwe Taung の中期更新世とみられる洞窟堆積物からはシカ, ウシ科, 大小2種のイノシシの化石などがみつかったている (Pickford, 2013)。その他, シャン州 Shan State のモービエ洞窟 Mobie Cave やパコック西方のサベ Sabe といった地点から後期更新世のものと思われるウシ科, ハイエナ科, オナガザル科, ヤマアラシ科などの化石が見つかったている。これらの化石はミャンマー各地の博物館などに保管されているが, これまでのところ正式な報告はされていない。

ミャンマーの動物相のターンオーバー現象

これまでの調査で比較的化石標本が充実している4つの新第三紀後半の動物化石群集を産出する調査地 (タンビンカン, イェーナンジャウン下部, チャインザウック, グウェビン) の動物相を比較してみたところ, 中期中新世末と後期中新世の中頃に2回の動物相のターンオーバー現象 faunal turnover event (分類群の入れ替わり現象) があったことが示唆された (図7, 表2)。

まず中期中新世後半のタンビンカン動物群集ではデインテリウム *Prodeinotherium*, アメベロドン *Amebelodon*, 複数のゴンフォテリウム類 (*Protanancus* など) など比較的原始的な長鼻類が多種類見つかったているが, 後期中新世以降の3地点の地層ではこれらの化石は全く見つからない。タンビンカンとイェーナンジャウン下部ではステゴドン類 (*Stegolophodon* と *Stegodon*) のみが共通しており, 後期中新世後半のチャインザウック動物群集とパラウン動物群集で *Sinomastodon* と *Zygodolophodon* がわずかに報告されているだけである。比較的南方に位置

するイェーナンジャウンに対し, タンビンカンがやや北方に位置していたため長鼻類の生息域の偏りを反映している可能性もあるが, 長鼻類の多様性が中期中新世末に急激に低下した可能性はかなり高いと思われる。

また後期中新世前半のイェーナンジャウン下部動物群集と後期中新世後半のチャインザウック動物群集の間でも動物相に大きな違いが見られる。前半のイェーナンジャウンからは *Tetraconodon* (イノシシ科), *Hipparion* (ウマ科), *Bramatherium* (キリン科), *Brachypotherium* (サイ科), *Stegolophodon* (長鼻類) などの動物が見つかるが, チャインザウックやグウェビンではこれらの動物が姿を消し, *Hexaprotodon* (カバ科), *Sivachoerus* (イノシシ科), *Rhinoceros* (サイ科) などが出現する。後期鮮新世のグウェビン動物群集になると, このうちの *Sivachoerus* と *Sinomastodon* がいなくなり, より現代的な *Sus* (または cf. *Sus*) などが出現する。またイェーナンジャウンではウシ科の遊離歯化石が非常に少ないのであるが, チャインザウックやグウェビンでは約半数を占めるようになることから (西岡ほか, 2018), 後期中新世の中頃にウシ科が急速に適応放散したことがわかる。食肉類や中型～小型の植物食性の哺乳類化石の産出状況が貧弱なので不明な点も多いが, 今後はこのターンオーバー現象の年代と環境的な背景を検討する必要がある。

このターンオーバー現象が起こった年代は, 西隣のシワリク相 Siwalik fauna との比較からある程度の推測が可能である。シワリク相ではヒッパリオンの出現時期が 10.5 Ma 前後, キリン科が出現しなくなるのが 7 Ma, 逆にカバが出現するのが 7.1 Ma 以降 (あるいはもう少し後), そしてウシ科の急激な増加イベントも 8.0 Ma と 7.3 Ma の2回生じたとされている (Barry *et al.*, 2002)。我々のミャンマー調査の精度ではこういった2回のターンオーバー現象の確認は不可能であるが, 8～7 Ma あたりにウシ科が急増した可能性はかなり高そうである。Thaung-Htike (2008) も *Hexaprotodon* と *Sivachoerus* が後期中新世にアフリカから東南アジアにまで分布を広げてきた可能性を指摘している。今後はシワリク相とミャンマーの各地域での化石相の解析を詳細に比較検討することにより, ミャンマーにおける化石動物相の変化に関するより正確な年代推定が可能になると思われる。

時代による変化のほかに, 生息環境の違いが産地ごとの動物相に影響を与えている可能性もある。そこで, 各産地において地層からその堆積環境を復元しようと調査を始めている。まだ十分な調査はできていないが, 化石産地周辺の露頭を見る限りイェーナンジャウン地域, チャインザウック地域, およびグウェビン地域では, イラワジ堆積層の岩相が互いに少しずつ異なっているようである。イェーナンジャウン地域の下部イラワジ堆積層は, 全般に砂質で, 粘土を含むような泥岩層はあまり見られない。典型的な岩相は, しばしばリップル斜交葉理の見

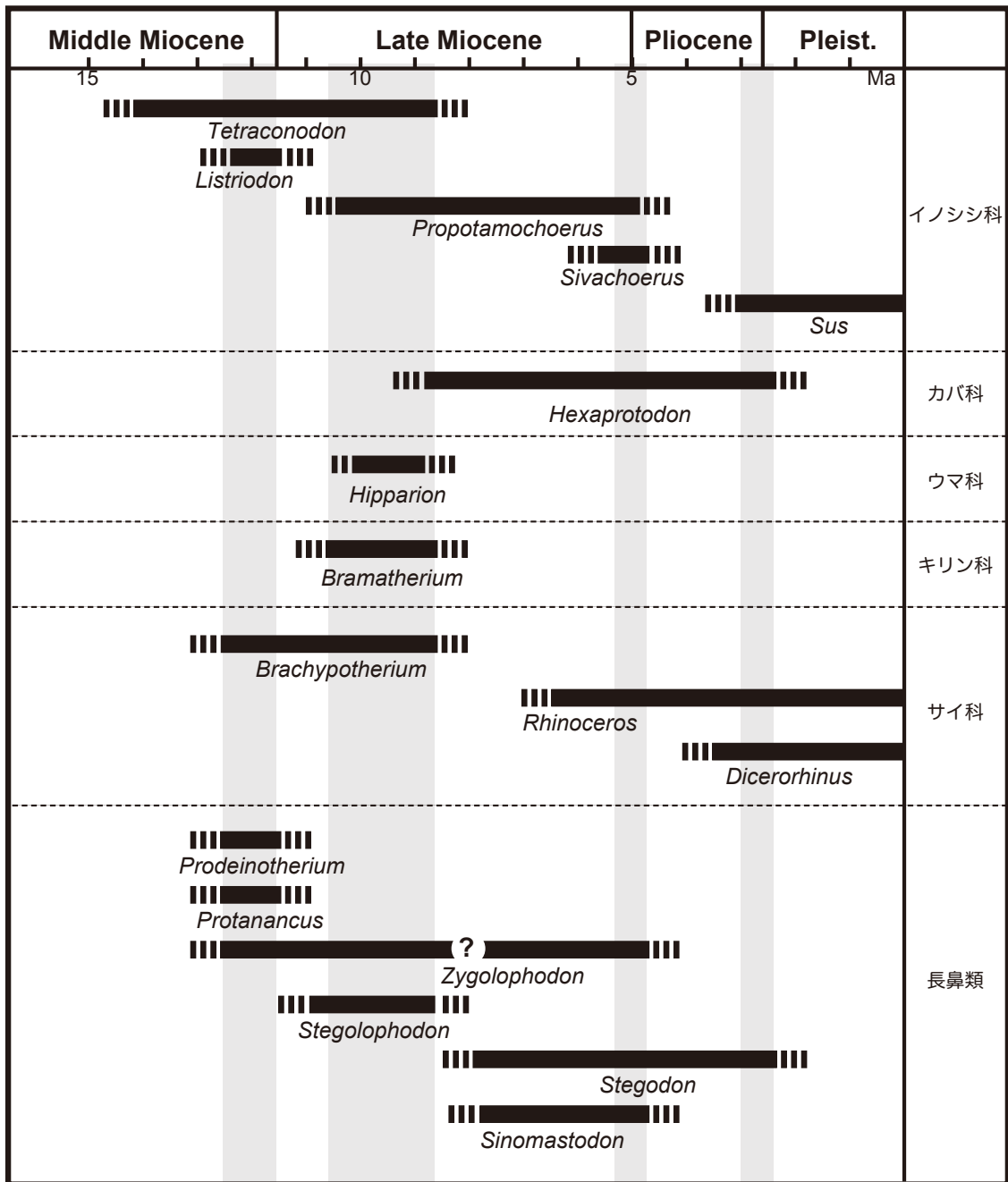


図7：ミャンマー中部における新第三紀の主な哺乳類化石（属）の生息年代の概念図．小型哺乳類，食肉類，ウシ科偶蹄類などで分類や産出状況が確定していないものは除いている．縦の灰色帯は左からタンピンカン地域，イエーナンジャウン地域（下部），チャインザウック地域，グウェビン地域のおおよその年代幅を示している．

られるような極細粒砂岩や細粒砂岩を主とする10 cm程度の薄層の互層部と，粗粒砂や中粒砂を主とし，大型（セット高が数十cm程度）の斜交層理の見られる，1～数mの比較的厚い砂岩部とが交互に重なるものである．後者を流路埋積堆積物，前者を流路間の堆積物と考えれば，網状河川のように小規模な流路が頻繁に移動するような環境だったのではないかと推測される．一部では潮汐の影響がうかがわれる堆積物も見られる．

チャインザウック地域では，イエーナンジャウン地域

と比べて，氾濫原堆積物と思われる泥質堆積物が厚く，1mを超えることも多い．流路を埋積したと思われる大型の斜交層理を持つ厚さ10mを超える様な砂岩層が出現することもあり，側方付加と思われる堆積構造も見られる．こちらは蛇行河川堆積物と考えて良いだろう．グウェビン地域では，自然堤防から氾濫原で堆積したと思われる細粒な堆積物が厚く広く広がっているようである．数mの露頭のすべてがそのような堆積物で構成されていることも普通である．グウェビン地域はイエーナンジャウ

ン地域よりもさらに規模の大きな蛇行河川システムの一部を見ているのではないかと考えられる。

これらの岩相の違いが、上方への堆積システムの移り変わりを反映しているのか、それとも単に側方変化を見ているだけなのかは、現時点では確答できない。もし堆積システムの変化だとすると、海退に伴いミャンマー中部地域において河川規模が徐々に拡大していく過程を見ているのかもしれない。

ヒマラヤ山脈の隆起と環境変動

現在チベット高原南部を東に流れているヤルツァンポー河は、ヒマラヤ山脈東端で大きく屈曲して南西方向に流れを変え、ブラマプートラ河としてベンガル湾に流れ込んでいる。しかし最近では、イラワジ堆積層のジルコンに含まれるハフニウム Hf やネオジウム Nd 同位体の量の年代的な変化分析や (Liang *et al.*, 2008; Licht *et al.*, 2013, 2014; Clark *et al.*, 2014; Robinson *et al.*, 2014), イラワジ水系の魚類の分子系統学的解析などから (Rüber *et al.*, 2004), ヤルツァンポー河の流路が前期中新世の頃に急激に変化したことが確実視されてきた。即ち漸新世の頃までヤルツァンポー河はチベット高原から東南方向に流れてエーヤワディ河水系に流れ込んでいたのであるが、前期中新世頃にチベット南東部からミャンマー北部にかけた地域の隆起現象と関連して流路が変化し、今のようにブラマプートラ河へ流れ込むようになったと考えられている (Licht *et al.*, 2013; Robinson *et al.*, 2014)。

こういったヤルツァンポー河やブラマプートラ河のような大きな河川は、陸上性の動物の移動に際して大きな障壁となることが多い。前述したように前期中新世にヤルツァンポー河の流路変化が生じたのであれば、中期中新世以降にインド亜大陸からミャンマーの中央低地まで比較的自由であった陸棲動物の移動や拡散現象が現在のブラマプートラ河付近で滞ることになった可能性は十分に考えられる。またミャンマー西部のアラカン山脈のさらなる隆起も陸棲動物相の拡散には多少の障壁になった可能性が高い。イラワジ動物相の類似性がインド亜大陸のシワリク動物相よりも東南アジアの動物相に近くなっていくのは、こういったヤルツァンポー河の流路変化などの地形変化に大きく影響されたと考えられる。

また、ヤルツァンポー河の流路変化以外にミャンマー中央部の動物相の変化に大きな影響を与えた要因としては、アラカン山脈の隆起による雨陰効果による乾燥化の進行が考えられる。1990年頃から化石哺乳類の歯のエナメル質に含まれる炭素や酸素の安定同位体比を分析する研究が進展した (Quade *et al.*, 1989; Cerling *et al.*, 1997)。これらの研究によると、後期中新世の約1000万年前以降に世界的に乾燥化が進み、その結果乾燥化した環境により適応したC4植物のイネ科の草原が広がったことが明ら

かになった。この現象は中新世末のチャインザウックで出土した哺乳類化石の分析からも確認されている (Zin-Maung-Maung-Thein, 2010; Zin-Maung-Maung-Thein *et al.*, 2011)。また、チャインザウックよりも層準が上位で年代的に若いグウェビン地域の産出化石の解析では、より乾燥化が進んでいることが予想されていた。しかし不思議なことにグウェビン地域から産出する哺乳類化石相と歯のエナメル質の炭素と酸素の安定同位体比分析の結果は、チャインザウック地域のそれらの結果とさほど違ってないことが判明した (Zin-Maung-Maung-Thein, 未公表データ)。実際、半水棲と考えられているカバ類やアントラコテリウム類は両地域で共通しており、森林棲のマメジカ類も両地域で発見されている。小型の哺乳類 (齧歯類や兎形類) などはチャインザウック地域でほとんどみつかっていないのははっきりしたことはわからないが、霊長類ではチャインザウック地域の *Myanmarcolobus* は現生の東南アジアのコロブス類よりもヨーロッパの鮮新世の *Dolichopithecus* 類との類似性を示していて、グウェビン地域の *Semnopithecus* とははっきりと違っている。しかしこの違いが環境の年代的な変化を示しているのか、それとも地域的な変異を表しているのかははっきりしない。いずれにせよミャンマー中央部の乾燥化は単純に進んだわけではないことが示唆される。ミャンマー中央部における乾燥化の過程は、今後もう少しデータを増やして詳しい解析を試みないとわからないだろう。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、ミャンマーでの発掘調査に参加・協力していただいた全ての調査隊員とミャンマー文化省考古局の隊員に深く感謝します。また「化石」誌編集委員長の佐藤たまき氏、担当編集委員の上松佐知子氏、査読者の鶴飼宏明氏と鈴木寿志氏には原稿を改良する上で貴重なコメントを頂きました。ここに感謝いたします。本研究は科学研究費基盤研究B (20405015, 26304019, 研究代表者: 高井正成) 支援を受けて行われました。

文献

- Anandale, N., 1919. The gastropod fauna of old lake-beds in Upper Burma. *Records of the Geological Survey of India*, **50**, 209–240.
 Anandale, N., 1923. Fossil molluscs from the oil-measures of the Dawna Hills, Tenasserim. *Records of the Geological Survey of India*, **55**, 97–104.
 Aung Khin and Kyaw Win, 1969. Geology and hydrocarbon prospects of the Burma Tertiary Geosyncline. *Union of Burma Journal of Science and Technology*, **2**, 52–73.
 Barry, J. C., Morgan, M. E., Flynn, L. J., Pilbeam, D., Behrensmeyer, A. K., Raza, S. M., Khan, I. A., Badgley, C., Hicks, J. and Kelley, J., 2002. Faunal and environmental change in the Late Miocene

- Siwaliks of Northern Pakistan. *Paleobiology Memoirs*, **28**, 1–71.
- Bender, F., 1983. *Geology of Burma*. 293p., Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Bernor, R. L., Koufos, G. D., Woodburne, M. O. and Fortelius, M., 1996. The evolutionary history and biochronology of European and Southwest Asian Late Miocene and Pliocene hipparionine horses. In Bernor, R. L., Fahlbusch, V. and Mittmann, H.-W. eds. *The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas*, 307–338. Columbia, New York.
- Cerling, T. E., Harris, J. M., MacFadden, B. J., Leakey, M. G., Quade, J., Eisenmann, V. and Ehleringer, J. R., 1997. Global vegetation change through the Miocene/Pliocene boundary. *Nature*, **389**, 153–158.
- Chaimanee, Y., Jolly, D., Benammi, M., Tafforeau, P., Duzer, D., Moussa, I. and Jaeger, J.-J., 2003. A Middle Miocene hominoid from Thailand and orangutan origins. *Nature*, **422**, 61–65.
- Chaimanee, Y., Suteethorn, V., Jintasakul, P., Vidthayanon, C., Marandat, B. and Jaeger, J.-J., 2004. A new orang-utan relative from the Late Miocene of Thailand. *Nature*, **427**, 439–441.
- Chavasseau O., Chaimanee Y., Soe-Thura-Tun, Aung-Naing-Soe, Barry J. C., Marandat B., Sudre J., Marivaux L., Ducrocq S. and Jaeger J.-J., 2006. Chaungtha, a new Middle Miocene mammal locality from the Irrawaddy Formation, Myanmar. *Journal of Asian Earth Sciences*, **28**, 354–362.
- Chavasseau, O., Chaimanee, Y., Coster, P., Emonet, E.-G., Aung Naing Soe, Aung Aung Kyaw, Aye Maung, Rugumbrung, Hla Shwe and Jaeger, J.-J., 2010. First record of a chalicothere from the Miocene of Myanmar. *Acta Paleontologica Polonica*, **55**, 13–22.
- Chavasseau, O., Aung Aung Kyaw, Chaimanee, Y., Coster, P., Emonet, E.-G., Aung Naing Soe, Rugumbrung, M., Soe Thura Tun and Jaeger, J.-J., 2013. Advances in the biochronology and biostratigraphy of the continental Neogene of Myanmar. In Wang, X., Flynn, L.J. and Fortelius, M., eds., *Fossil Mammals of Asia: Neogene Biostratigraphy and Chronology*, 461–474. Columbia University Press, New York.
- Chhibber, H. L., 1934. *The Geology of Burma*. 538p., Macmillan and Co. Ltd., London.
- Chit Sein, 2006. *Miocene–Pleistocene vertebrate fauna of central Myanmar with special reference to Kyauksaungsan, Tebingan, and Kyitsonbwe areas*. 250p., Unpublished PhD dissertation, Department of Geology, University of Yangon, Yangon, Myanmar.
- Clark, M. K., Schoenbohm, L. M., Royden, L. H., Whipple, K. X., Burchfiel, B. C., Zhang, X., Tang, W., Wang, E. and Chen, L., 2014. Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns. *Tectonics*, **23**, TC1006.
- Clift, W., 1828. On the fossil remains of two new species of Mastodon, and other vertebrated animals, found on the left Bank of the Irawadi. *Transactions of the Geological Society of London*, (2), **II, Part III**, 369–375.
- Colbert, E. H., 1935. Siwalik mammals in the American Museum of Natural History. *Transactions of the American Philosophical Society*, **26**, 1–401.
- Colbert, E. H., 1938. Fossil mammals from Burma in the American Museum of Natural History. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **74**, 255–436.
- Colbert, E. H., 1943. Pleistocene vertebrates collected in Burma by the American Southeast Asiatic Expedition. *Transactions of the American Philosophical Society, New Series*, **32**, 395–429.
- Corbet, G. B. and Hill, J. E., 1992. *The Mammals of the Indomalayan Region: A Systematic Review*. 488p., Oxford University Press, Oxford.
- Cotter, G. P. de, 1938. The geology of parts of the Minbu, Myingyan, Pakokku, and lower Chindwin Districts, Burma. *Memoirs of the Geological Survey of India*, **72**, 1–136.
- de Terra, H., 1943. The Pleistocene of Burma. *Transactions of the American Philosophical Society New Series*, **32**, 271–392.
- Egi, N., Thaung-Htike, Zin-Maung-Maung-Thein, Maung-Maung, Nishioka, N., Tsubamoto, T., Ogino, S. and Takai, M., 2011. A mongoose remain (Mammalia: Carnivora) from the Upper Irrawaddy sediments, Myanmar and its significance in evolutionary history of Asian herpestids. *Journal of Asian Earth Science*, **42**, 1204–1209.
- Falconer, H., 1868. *Palaeontological Memoirs I*, 590p., ('Fauna Antiqua Sivalensis,' vol. 1: 1–556.)
- Gaffney, E. S., Meylan, P. A., Wood, R. C., Simons, E. and Almeida Canpos, D. D., 2011. Evolution of the side-necked turtles: the family Podocnemididae. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **350**, 1–237.
- Gaur, R., Vasishat, R. N., Suneja, I. J. and Chopra, S. R. K., 1983. Fossil mammals (tragulids, giraffids and bovids) from the Neogene Siwalik deposits exposed in Nurpur-Ranital terrains. Western Himachal Pradesh, India. *Publication of Centre of Advance Study in Geology, Punjab University*, **13**, 180–187.
- Gupta, B. B., 1930. Two new species of Unio. *Records of the Geological Survey of India*, **58**, 210–213.
- Han, D., 1974. First discovery of Dorcabune in China. *Vertebrata Palasiatica*, **12**, 217–221.
- Holt, B. G., Lessard, J.-P., Borregaard, M. K., Fritz, S. A., Araújo, M. B., Dimitrov, D., Fabre, P.-H., Graham, C. H., Graves, G. R., Jönsson, K. A., Nogués-Bravo, D., Wang, Z., Whittaker, R. J., Fjeldsø, J. and Rahbek, C., 2013. An update of Wallace's zoogeographic regions of the world. *Science*, **339**, 74–78.
- Hooijer, D. A., 1951. A femur of a (?) chalicothere from the Pliocene of Upper Burma. *Journal of Mammalogy*, **32**, 467–468.
- Jaeger, J.-J., Soe, A. N., Chavasseau, O., Coster, P., Emonet, E.-G., Guy, F., Lebrun, R., Maung, A., Khyaw, A. A., Shwe, H., Tun, S. T., Oo, K. L., Rugumbrung, M., Bocherens, H., Benammi, M., Chaivanich, K., Tafforeau, P. and Chaimanee, Y., 2011. First Hominoid from the Late Miocene of the Irrawaddy Formation (Myanmar). *PLoS ONE*, **6**, e17065.
- Jin, C., Ciochon, R. L., Dong, W., Hunt, R. M. Jr., Liu, J., Jaeger, M. and Zhu, Q., 2007. The first skull of the earliest giant panda. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **104**, 10932–10937.
- Khan, M. A. and Akhtar, M., 2011. *Dorcatherium* cf. *nagrii* from the Chinji Type Locality (Chakwal, northern Pakistan) of the Chinji Formation, Lower Siwaliks, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, **43**, 1101–1109.
- Khan, M. A., Akhtar, M., Iliopoulos, G. and Hina, 2012. Tragulids (Artiodactyla, Ruminantia, Tragulidae) from the Middle Siwaliks of Hasnot (Late Miocene), Pakistan. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **118**, 325–341.
- Kyi Khin and Myitta, 1999. Marine transgression and regression in Miocene sequences of northern Pegu (Bago) Yoma, Central Myanmar. *Journal of Asian Earth Sciences*, **17**, 369–393.
- Liang, Y. H., Chung, S. L., Liu, D. Y., Xu, Y. G., Wu, F. Y., Yang, J. H., Wang, Y. and Lo, C. H., 2008. Detrital zircon evidence from Burma for reorganization of the eastern Himalayan river system. *American Journal of Science*, **308**, 618–638.
- Licht, A., France-Lanord, C., Reisberg, L., Fontaine, C., Aung Naing Soe and Jaeger, J.-J., 2013. A paleo tibet-myanmar connection? Reconstructing the late eocene drainage system of central Myanmar using a multi-proxy approach. *Journal of the Geological Society, London*, **170**, 929–939.
- Licht, A., Reisberg, L., France-Lanord, C., Aung Naing Soe and Jaeger, J.-J., 2014. Cenozoic evolution of the central Myanmar drainage system: insights from sediment provenance in the Minbu Sub-Basin. *Basin Research*, **1**, 1–3.
- Lydekker, T., 1883. Synopsis of the fossil vertebrata of India. *Records of the Geological Survey of India*, **16**, 61–93.

- Matthew, W. D., 1929. Critical observations upon Siwalik mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **56**, 437–560.
- Moe Nyunt, 1987. *Geology and vertebrate fossils of Gwebin area, Seikpyu Township*, 253p., Master's Thesis, Department of Geology, University of Yangon (= University of Rangoon), Yangon, Myanmar.
- Morley, C. K., 2012. Late Cretaceous–Early Palaeogene tectonic development of SE Asia. *Earth-Science Reviews*, **115**, 37–75.
- Myanmar Geosciences Society, 2014. *Geological Map of Myanmar*. Myanmar Geosciences Society.
- Myint Thein, 1966. *Stratigraphy and structure of the Taungtalon area, Kyaukse Township*. 245p., Unpublished Master Thesis, Department of Geology, University of Mandalay, Mandalay, Myanmar.
- Nishioka, Y., 2013. *The mammalian fauna and paleoenvironmental change in the late Neogene Irrawaddy sediments of central Myanmar*. 113p., PhD Thesis, Kyoto University.
- Nishioka, Y., Zin-Maung-Maung-Thein, Egi, N., Tsubamoto, T., Nishimura, T., Ito, T., Thaung-Htike and Takai, M., 2011. New *Hystrix* (Rodentia, Mammalia) from the late Miocene/early Pliocene of Myanmar. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **31**, 919–924.
- Nishioka, Y., Takai, M., Nishimura, T., Thaung-Htike, Zin-Maung-Maung-Thein, Egi, N., Tsubamoto, T. and Maung-Maung, 2015. Plio-Pleistocene rodents (Mammalia) from the Irrawaddy sediments of central Myanmar and palaeogeographical significance. *Journal of Systematic Palaeontology*, **13**, 287–314.
- 西岡佑一郎・高井正成・タウンタイ・ジンマウンマウンテン, 2018. ミャンマー中部の新第三系イラワジ動物相：霊長目・トガリネズミ形目・齧歯目・兎形目。化石, (103), 21–36.
- 西岡佑一郎・鏑本武久・タウンタイ・ジンマウンマウンテン・高井正成, 印刷中. ミャンマー中部の新第三系イラワジ動物相：奇蹄目・偶蹄目。化石, (104).
- Noetling, F., 1897. Note on a worn femur of *Hipopotamus irrawadicus*, Caut. and Falc., from the Lower Pliocene of Burma. *Records of the Geological Survey of India*, **30**, 19–20.
- Nwe Nwe San, 2013. *Stratigraphy and paleontology of the Middle Miocene-Pliocene sedimentary units in Thanbinkan-Tigyon area, Chaung-U Township*. 85p., PhD Dissertation, University of Mandalay, Myanmar.
- Ogino, S., Egi, N., Zin-Maung-Maung-Thein, Thaung-Htike and Takai, M., 2011. New species of *Agriotherium* (Mammalia, Carnivora) from the late Miocene to early Pliocene of central Myanmar. *Journal of Asian Earth Sciences*, **42**, 408–414.
- Pickford, M., 2013. Suids from the Pleistocene of Naungkwe Taung, Kayin State, Myanmar. *Paleontological Research*, **16**, 307–317.
- Pilgrim, G. E., 1910. Notices of new mammalian genera and species from the Tertiaries of India. *Records of the Geological Survey of India*, **40**, 63–71.
- Pilgrim, G. E., 1937. Siwalik antelopes and oxen in the American Museum of Natural History. *Bulletin of American Museum of Natural History*, **72**, 729–874.
- Pilgrim, G. E., 1939. The fossil Bovidae of India. *Palaeontologia Indica*, **26**, 1–356.
- Prashad, B., 1930. On some Undescribed freshwater molluscs from various parts of India and Burma. *Records of the Geological Survey of India*, **63**, 428–433.
- Qiu, Z.-X., Qiu, Z.-D., Deng, T., Li, C.-K., Zhang, Z.-Q., Wang, B.-Y. and Wang, X., 2013. Neogene Land Mammal Stages/Ages of China. In Wang, X., Flynn, L.J. and Fortelius, M., eds., *Fossil Mammals of Asia: Neogene Biostratigraphy and Chronology*, 29–90. Columbia University Press, New York.
- Quade, J., Cerling, T. E. and Bowman, J. R., 1989. Development of Asian monsoon revealed by marked ecological shift during the latest Miocene in northern Pakistan. *Nature*, **342**, 163–166.
- Robinson, R. A. J., Brezina, C. A., Parrish, R. R., Horstwood, M. S. A., Nay Win Oo, Bird, M. I., Myint Thein, Walters, A. S., Oliver, G. J. H. and Khin Zaw, 2014. Large rivers and orogens: The evolution of the Yarlung Tsangpo-Irrawaddy system and the eastern Himalayan syntaxis. *Gondwana Research*, **26**, 112–121.
- Rodolfo, K. S., 1975. The Irrawaddy Delta: Tertiary setting and modern offshore sedimentation. In Bruzzard, M.L., ed., *Deltas: Models for Exploration*, 339–356. Houston Geological Society, Houston.
- Rüber, L., Britz, R., Kullander, S. O. and Zardoya, R., 2004. Evolutionary and biogeographic pattern of the Badidae (Teleostei: Perciformes) inferred from mitochondrial and nuclear DNA sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **32**, 1010–1022.
- 三枝春生, 投稿中. 中部ミャンマーの後期新生界より産出した長鼻類の新標本について。化石.
- Shimada, K., Egi, N., Tsubamoto, T., Maung-Maung, Thaung-Htike, Zin-Maung-Maung-Thein, Nishioka, Y. and Takai, M., 2016. Extinct river shark *Glyphis pagoda* (Noetling) from the Miocene of Myanmar, and review of the fossil record of the Genus *Glyphis* (Carchrhiniformes: Carcharhinidae). *Zootaxa*, **4161**, 237–251.
- Stamp, L. D., 1922. An outline of the Tertiary Geology of Burma. *Geological Magazine*, **59**, 481–501.
- Stidham, T. A., Tsubamoto, T., Zin-Maung-Maung-Thein, Thaung-Htike, Egi, N., Nishioka, Y., Maung-Maung and Takai, M., 2016. A night heron (Ciconiiformes, Ardeidae) and an ergilornithine (Gruiformes, Eogruidae) from the late Pliocene of Myanmar (Burma). *Palaeontologica Electronica*, **19.2.37A**, 1–12.
- Suzuki, H., Maung Maung, Zaw Win, Tsubamoto, T., Zin-Maung-Maung-Thein, Egi, N., Takai, M. and Shigehara, N., 2006. Stratigraphic positions of the Eocene vertebrate localities in the Paukkaung area (Pondaung Formation, central Myanmar). *Asian Paleoprimatology*, **4**, 67–74.
- Swinton, W. E., 1939. A new fresh-water tortoise from Burma. *Records of the Geological Survey of India*, **74**, 548–551.
- Takai, M., Saegusa, H., Thaung-Htike and Zin-Maung-Maung-Thein, 2006. Neogene mammalian fauna in Myanmar. *Asian Paleoprimatology*, **4**, 143–172.
- Takai, M., Thaung-Htike, Zin-Maung-Maung-Thein, Soe, A. N., Maung-Maung, Tsubamoto, T., Egi, N., Nishimura, T. D. and Nishioka, Y., 2015. First discovery of colobine fossils from the Late Miocene/Early Pliocene of central Myanmar. *Journal of Human Evolution*, **84**, 1–15.
- Takai, M., Nishioka, Y., Thaung-Htike, Maung-Maung, Kyaw-Khaing, Zin-Maung-Maung-Thein, Tsubamoto, T. and Egi, N., 2016. Late Pliocene *Semnopithecus* fossil from central Myanmar: rethinking of the evolutionary history of cercopithecoid monkeys in Southeast Asia. *Historical Biology*, **28**, 171–187.
- Thaung-Htike, Tsubamoto, T., Takai, M., Egi, N., Zin-Maung-Maung-Thein, Chit-Sein and Maung-Maung, 2006. Discovery of *Propotamochoerus* (Artiodactyla, Suidae) from the Neogene of Myanmar. *Asian Paleoprimatology*, **4**, 173–185.
- Thaung-Htike, Chit-Sein, Takai, M., Egi, N., Tsubamoto, T., Zin-Maung-Maung-Thein and Maung-Maung, 2007. New species of large-sized *Tetraconodon* (Mammalia, Artiodactyla, Suidae) from the late Miocene of Myanmar. *Paleontological Research*, **11**, 307–315.
- Thaung-Htike, Tsubamoto, T., Takai, M., Natori, M., Egi, N., Maung-Maung and Chit-Sein, 2005. A revision of *Tetraconodon* (Mammalia, Artiodactyla, Suidae) from the Miocene of Myanmar and description of a new species. *Paleontological Research*, **9**, 243–253.
- Thaung-Htike, 2008. *Paleontological analysis of Suidae and Hippopotamidae (Mammalia, Artiodactyla) from the Neogene of central Myanmar*. 171p., PhD Thesis, Kyoto University, Japan.
- Thaung-Htike, Zin-Maung-Maung-Thein and Hnin-Hnin-Htay, 2008. New Materials of *Tetraconodon malensis* (Mammalia, Artiodactyla, Suidae) from the Middle Miocene of Central Myanmar. *Universities Research Journal*, **1**, 65–76.

- Tougaard, C., 2001. Biogeography and migration routes of large mammal faunas in South-East Asia During the late middle Pleistocene: focus on the fossil and extant faunas from Thailand. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **168**, 337–358.
- Tsubamoto, T., Thaung-Htike, Zin-Maung-Maung-Thein, Egi, N., Nishioka, Y., Maung-Maung and Takai, M., 2012. New data on the Neogene anthracotheres (Mammalia, Artiodactyla) from central Myanmar. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **32**, 956–964.
- Tsubamoto, T., Zin-Maung-Maung-Thein, Thaung-Htike, Egi, N., Chit-Sein, Maung-Maung and Takai, M., 2006. Discovery of chalicotheres and Dorcabune from the upper part (lower Pleistocene) of the Irrawaddy Formation, Myanmar. *Asian Paleoprimatology*, **4**, 98–110.
- Tougaard, C., 2001. Biogeography and migration routes of large mammal faunas in South-East Asia During the late middle Pleistocene: focus on the fossil and extant faunas from Thailand. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **168**, 337–358.
- Ugai, H., Takai, M., Tsubamoto, T., Egi, N., Maung-Maung, Chit-Sein, Thaung-Htike and Zin-Maung-Maung-Thein, 2006. A preliminary report on the freshwater molluscan fossils from Myanmar. *Asian Paleoprimatology*, **4**, 205–220.
- Varga, R. J., 1997. Burma. In Moores, E. M. and Fairbridge, R. W. eds., *Encyclopedia of European and Asian Regional Geology*, 109–121. Springer, Neatherlands.
- Vredenburg, E. and Prasad, B., 1921. Unionidae from the Miocene of Burma. *Records of the Geological Survey of India*, **51**, 371–374.
- Wang, X., Flynn, L. J. and Fortelius, M., 2013. Introduction: Toward a continental Asian biostratigraphic and geochronologic framework. In Wang, X., Flynn, L. J. and Fortelius, M., eds., *Fossil Mammals of Asia: Neogene Biostratigraphy and Chronology*, 1–25. Columbia University Press, New York.
- Wandrey, C. J., 2006. Eocene to Miocene composite total petroleum system, Irrawaddy-Andaman and north Burma geologic provinces, Myanmar, Chapter E. In Wandrey, C. J., eds., *Petroleum systems and related geologic studies in Region 8, South Asia*. U.S. Geological Survey Bulletin 2208-E, 1–26. U. S. Geological Survey, Reston.
- Woodburne, M. O., Tedford, R. H. and Lindsay, E. H., 2013. North China Neogene Biochronology. In Wang, X., Flynn, L. J. and Fortelius, M., eds., *Fossil Mammals of Asia: Neogene Biostratigraphy and Chronology*, 91–123. Columbia University Press, New York.
- Woodward, A. S., 1915. On the skull of an extinct mammal related to *Aeluropus* from a cave in the ruby mines at Mogok, Burma. *Proceedings of the Zoological Society of London*, **1915**, 425–429.
- Zin-Maung-Maung-Thein, 2010. *Plaeoenvironmental analysis of the Chaingzaik mammalian fauna (late Neogene, Myanmar) using stable isotopes of tooth enamel*. 78p., PhD Thesis, Kyoto University, Japan.
- Zin-Maung-Maung-Thein, Takai, M., Tsubamoto, T., Thaung-Htike, Egi, N. and Maung-Maung, 2008. A new species of *Dicerorhinus* (Rhinocerotidae) from the Plio-Pleistocene of Myanmar. *Palaeontology*, **51**, 1419–1433.
- Zin-Maung-Maung-Thein, Takai, M., Tsubamoto, T., Egi, N., Thaung-Htike, Nishimura, T. and Maung-Maung, 2010. A review of fossil rhinoceroses from the Neogene of Myanmar with description of new specimens from the Irrawaddy Sediments. *Journal of Asian Earth Sciences*, **37**, 154–165.
- Zin-Maung-Maung-Thein, Takai, M., Uno, H., Wynn, J. G., Egi, N., Tsubamoto, T., Thaung-Htike, Aung-Naing-Soe, Maung-Maung, Nishimura, T. and Yoneda, M., 2011. Stable isotope analysis of the tooth enamel of Chaingzaik mammalian fauna (late Neogene, Myanmar) and its implication to paleoenvironment and paleogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **300**, 11–22.
- Zin Maung Maung Thein, Thaung Htike, Aung Naing Soe, Chit Sein, Maung Maung and Takai, M., 2017. A review of the investigation of Primate fossils in Myanmar. In Barber, A. J. and Khin Zaw eds., *Myanmar: Geology, Resources and Tectonics*, 185–206. Geological Society of London, London.

(2016年8月3日受付, 2017年2月18日受理)

