

北海道のゾウ化石とその研究の到達点

高橋啓一*・添田雄二**・出穂雅実***・小田寛貴****・大石 徹*****

A review of studies of proboscidean fossils from Hokkaido

TAKAHASHI, Keiichi*, SOEDA, Yuji**, IZUHO, Masami***, ODA, Hirokata**** and OISHI, Toru*****

Abstract

In this article, we describe the research history and recent studies on elephant fossils from Hokkaido and present five new results of AMS ^{14}C dating. Recently, the dates of many Naumann's elephants, *Palaeoloxodon naumanni*, and mammoths, *Mammuthus primigenius*, from Hokkaido were clarified by AMS ^{14}C dating, and enabling discussions on the relationship of global climatic changes and the north-south migrations of the two fossil elephant species.

Examination of previous AMS ^{14}C dates, together with the five new dates presented herein, reveal that the range of Naumann's elephants and, that of mammoths overlapped at around 34,000 – 35,000 cal BP and at 45,000 cal BP. However, it is known that these two kinds of elephant inhabited different environments, as shown by pollen analyses and plant macrofossils at some localities. The apparent overlapping ranges of the two kinds of elephant during these periods is a result of measurement errors, and it shows that it is difficult to mark their precise location on a graph of global climate change. We should not trust only results of AMS ^{14}C dating, but must also consider the relationship between elephants and habitat in a comprehensive way by including paleoenvironment of data.

Key words: Hokkaido, Proboscidea, *Palaeoloxodon naumanni*, *Mammuthus primigenius*, AMS ^{14}C dating, global climatic change

1. はじめに

本報告は、2012年6月9日に札幌市で開催されたシンポジウム「北海道から生物進化の謎を解く－日本を

往来した動物たちの軌跡－」の中で、筆者のひとり高橋が講演した「マンモスとナウマンゾウは北海道で出会ったか？」を化石研究会誌にまとめる目的で書か

2012年9月20日受付, 2012年12月20日受理

*〒525-0001 滋賀県草津市下物町1091番地 滋賀県立琵琶湖博物館
Lake Biwa Museum, Kusatsu, Shiga 525-0001, Japan
E-mail: takahasi@lbm.go.jp

**〒004-0006 北海道札幌市厚別区厚別町小野幌53-2 北海道開拓記念館
Historical Museum of Hokkaido, 53-2 Atsubetsucho-konopporo, Atsubetsuko, Sapporo, Hokkaido 004-0006, Japan

***〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 首都大学東京大学院人文科学研究科考古学研究室
Faculty of Social Sciences and Humanities, Tokyo Metropolitan University, Minami-Osawa 1-1, Hachioji, Tokyo 192-0397, Japan

****〒464-8602 愛知県名古屋市中種区不老町名古屋大学年代測定総合研究センター
Nagoya University Center for Chronological Research, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8602, Japan

*****日鉄環境エンジニアリング(株)環境テクノ事業本部環境コンサル部

〒101-0031 東京都千代田区東神田1-9-8
Nippon Steel Kankyo Engineering Co., Ltd., 1-9-8 Higashi-kanda, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0031, Japan

れた。講演では、タイトルの内容を中心に最近のゾウ化石年代測定成果について要約して話したが、ここでは講演では時間の都合で話せなかった北海道のゾウ化石研究に関するこれまでの成果も含めてこの機会にまとめておきたい。特に、本論では、新たに年代測定をした5標本の結果を加えて、北海道におけるマンモスゾウとナウマンゾウの地球規模の気候変動に伴う種の入れ替わりの問題についても考察を行う。

2. 研究史

北海道のゾウ化石に関する研究史は、木村（2004）によって発表年までの経緯がまとめられている。ここでは、重複する部分もあるが、木村の報告と前後して、北海道のゾウ化石に関する再検討が著者らによって開始され、その後、新たな展開が見られたことから、木村の報告以降の部分を加えて、改めて今日までの研究史を述べることにする。

北海道のゾウ化石研究の始まりは、松本（1924）による石狩国空知産（現空知郡）のナウマンゾウの産出報告であり、当時の種名は*Loxodonta (Palaeoloxodon) namadicus* とされた。この論文では、ただ産地名が記されたのみであったが、同じ標本は、Matsumoto（1929）で新亜種やベゾウ*Loxodonta (Palaeoloxodon) namadica (yabei)* の参照標本として記載され、写真も掲載された。

一方、京都帝国大学の横山次郎は、1938年に「Japonic Proboscidea」と題する論文の中で、夕張産とされる臼歯化石について報告した（Makiyama, 1938）。これ以前にも当時日本領であったサハリンから発見された標本もあったが、現在の地理からいえば、夕張産とされているこの標本が、国内から産出した最初のマンモスゾウ化石ということになる。夕張産の標本についての記載は短く、その中にはこの標本が貿易商から発見場所の地質に関する記載なしで購入されたことが書かれている。後にこの標本に関して、鹿間（1943）は、標本が水流による磨耗を相当受けていることを理由にサハリンからの産出を疑った。また、亀井（1987）も、形態的に他の北海道産の標本よりも進歩的（咬板数が多い、エナメル壁が滑らか、咬板の配列が平行状態）であることを指摘し、北海道産であることを疑った。しかし、磨耗の状態や進歩的な形態であることは、北海道産であることを直接的に否定する材料にはならず、産地に関する疑問が残ったままとなっている。

1941年には襟裳岬付近の小越小学校の北100mの地点から臼歯化石が発見された。また、1954年には同じく襟裳岬付近のクマソ沢（クマの沢）の河口から約500m上流で新たな臼歯化石が発見された。これらの標本は、Minato（1955）によって、太櫓郡太櫓村若松（現：せたな町北檜山区若松）から発見された種不

明の切歯片とともに報告された。

襟裳岬付近から発見されたマンモスゾウ化石の産出層準について、Minato（1967）は小越層であるとし、支笏降下軽石層1（Spfa 1；40～45ka、町田・新井、2003）よりも古い層準であるとした。しかし、実際は両標本ともに地層の中から採取されたものではなく、いわゆる転石の状態で見つかったものであった。

松澤・小坂（1987）は、これらの標本が産出した周辺の地質調査を行い、その産出層準の再検討を行った。その結果、この地域に分布する泥炭層に特徴的に夾在する重角礫層あるいは重角礫層や角礫を含む粘土層などからなる地層を「えりも岬層」と命名し、2標本ともにこの地層の上部から産出したと推定した。そして第1標本の産出地点と推定される沢に見られた薄い泥炭層中の木片の年代測定を行い、 $21,810 \pm 150\text{BP}$ という値を報告した。

この襟裳岬付近から発見されたマンモスゾウ化石の年代については、山田ほか（1996）が羅臼沖から発見されたマンモスゾウ臼歯化石を報告した中でも触れている。そこでは、由仁町や羅臼沖から発見された臼歯化石の年代が約4～6万年前であることから、襟裳岬からの標本もMinato（1967）のこのような年代であっても矛盾しないとした。これらの見解の違いから、その産出年代については、この時点では不明確なままとなった。

産出年代が不明確な点では、1951年に栗山町丸山で発見されたナウマンゾウの臼歯化石も同様であった。その産出層準については、この付近に分布する最終氷期に形成された段丘礫層とする意見（石狩低地帯団研グループ、1963；矢野、1964；馬追団体研究会、1987）と、それより古い酸素同位体ステージ5ごろに形成された角田層下部あるいはその相当層であるという意見（第四紀総研北海道グループ、1969；松井ほか、1978；岩見沢団研グループ、1983；能條ほか、2002）が出された。このように見解が分かれたのは、臼歯化石を包含していた水田が、付近に用水路を設置したときに掘りだされた角田層下部の礫層で谷を埋めて作られたという経緯があるからで、このため臼歯化石はその埋め立てられた角田層の礫に入っていたという考えと、この地域にある段丘堆積物に入っていたという考えに分かれたことによる。

1969年にはナウマンゾウの全身骨格が広尾郡忠類村字晩成（現中川郡幕別町忠類晩成）の農道工事現場において発見され、全国的な話題を呼んだ。発掘調査は、十勝団体研究会を主体とする1969年8月の緊急発掘、同年10月の第1次発掘調査（予備調査とも呼ばれた）、1970年6月～7月に行われた第2次発掘調査（本発掘とも呼ばれた）などが行われた。このほか、1970年10月には北海道開拓記念館開設準備事務所、北海道立地下資源調査所、北海道大学理学部などによる

“ナウマン象化石関連遺物発掘調査”が行われ、第3次発掘調査とも呼ばれた。

これらの発掘調査の結果、最終的には47点の同一個体と考えられるナウマンゾウの化石が発掘された（亀井, 1970, 1978; 北海道開拓記念館, 1971, 1972; 斎藤, 1974; 十勝団体研究会編, 1978; 池守, 1985）。その産出層準については、周辺の第四系との層序関係や花粉分析に基づく気候変遷の状態から、現在の知識ではMIS 5に相当するリス＝ウルム間氷期とする意見（十勝団体研究会, 1971; 松井ほか, 1978）とMIS 7に相当するミンデル＝リス間氷期とする意見（小山内ほか, 1971）とが出された。

発掘したナウマンゾウのさまざまな部位の骨格からは、全身骨格復元が行われた。これまで、復元されたナウマンゾウの全身骨格標本には、忠類標本の他に千葉県印旛沼から産出した標本（印旛沼標本）、東京都中央区日本橋浜町の地下鉄工事現場から産出した標本（浜町標本）、神奈川県藤沢市渡内天岳院下から産出した標本（天岳院標本）の3標本がある。これらの中で、忠類標本は最も多く復元レプリカが製作された標本であり、国内21箇所のほかクウェートでも展示されている。

1975年から1978年にかけては、野幌丘陵の南端にあった砂利採石場から海棲哺乳類の化石とともにゾウ類の臼歯化石5点と切歯片の化石1点が発見された。それらは、木村ほか（1983）によって報告され、臼歯化石については、中期更新世の下野幌層から産出した *Mammuthus* sp. cf. *paramammonteus*（3標本）と音江別川層から産出した *M.* sp. cf. *armeniacus*（2標本）として記載された。

その後、樽野・河村（2007）は、木村ほか（1983）が *M.* sp. cf. *armeniacus* として報告した2標本のうち、1標本をマンモスゾウ *M. primigenius* とし、その他の標本をすべてナウマンゾウ *Palaeoloxodon naumanni* として再同定した。また、その産出層準としては、ナウマンゾウと再同定したものは音江別川層から、マンモスゾウとしたものは音江別川層よりも上位の層準である可能性もあったとした。

1981年には、野付半島の沖の海底からマンモスゾウの臼歯化石が漁船によって引き上げられたが、その後、1992年までに根室海峡の海底からは4点の臼歯化石が引き上げられた（亀井, 1987; 秋山ほか, 1989; 中井ほか, 1991; 山田ほか, 1996）。これらは、羅臼沖と野付半島沖の2か所の海域からの発見であった。これらの標本のうち、野付崎第1標本、羅臼沖第2標本については、 ^{14}C 年代測定が行われ、その年代値が公表された。

1990年および1991年には、由仁町東三川において、水田の下に掘られた砂利採取場からマンモスゾウの臼歯化石が発見された。この発見の報告は、小野

（1991）によって行われ、その発見状況は仲谷ほか（1992）で述べられた。臼歯化石は、砂利採集場の底から転石の状態で見えられたり、砂利選別機を通した後の砂利の中から発見されたことから、産出層準については正確にはわからなかった。しかし、仲谷ほか（1992）では、露頭でみられた支笏降下軽石堆積物（Spfa7およびSpfa10; 当時は約4万～4.5万年前とされていた）より下位の礫層から産出したと判断し、その中の木片の年代が $58,450 \pm 1,610$ BPであったことから、これらマンモスゾウの臼歯化石は、約5万年前のものと推定した。

1998年には、北海道庁湧別町東芭露の林道沿いの沢で、ゾウの臼歯化石が発見された。この標本は発見当時には、マンモスゾウの臼歯化石として報道されたが、その後の正式な記載ではナウマンゾウとして報告された（Takahashi *et al.*, 2004）。臼歯化石の年代測定結果は $30,480 \pm 220$ BPであった。その当時、北海道のゾウ化石の年代は、ナウマンゾウが約12万年前、マンモスゾウが6～4万年前と考えられていたことから、この湧別産のナウマンゾウの年代は、北海道におけるマンモスゾウとナウマンゾウの入れ替わりや気候変動に伴う植生との関係性を考えるきっかけを生んだ（Takahashi *et al.*, 2004）。

このように北海道のゾウ化石の研究を概観すると、おおよそ2000年以前の研究は標本の発見とその記載を中心とした研究であったことがわかる。しかし、2000年以降には、北海道のゾウ化石を標本群として扱い、環境との関連性も踏まえた研究へと発展していった。こうした研究の基礎となったのは、マンモスゾウ化石のAMS法による ^{14}C 年代測定の成果であった。

この作業は、高橋、添田、出穂などが化石を保管している各施設の協力を得て進めた。調査の結果、北海道におけるマンモスゾウの生息年代が明らかとなるとともに、気候変動やそれに関係した植生の変化に伴うナウマンゾウとの入れ替えについても議論されるようになった（Takahashi *et al.*, 2004, 2006; 高橋ほか, 2005; 高橋, 2007; Takahashi and Izuho, 2012）。

測定したマンモスゾウの年代値のうち、国立科学博物館に保管されていた小越第2標本の年代（ $19,580 \pm 80$ BP）は、襟裳岬産マンモスゾウの産出層準が、松澤・小坂（1987）の見解のように「えりも岬層」からの産出であることを支持した。同様に由仁町産のマンモスゾウ化石の年代測定結果は、これらの化石が支笏降下火山灰層の下位の礫層からではなく、上位の礫層から産出したことを明らかにし（高橋ほか, 2005; Takahashi *et al.*, 2006）、それまで解決できないまま残っていたいくつかの産出層準の問題に終止符を打つことができた。

このようなマンモスゾウの年代測定の作業を進めている一方で、高橋、添田、出穂は、2004年から2007年

にかけて、ホタテ漁漁船に乗船させてもらい、海底の堆積物について調査を行った。このきっかけとなったのは、2003年に野付半島沖で発見された野付崎第2標本であった（高橋ほか，2005）。この漁船に乗船しての調査では、2004年には骨片を回収できたものの、その後、特に大きな成果を得ることができなかった。しかし、そのことで改めてこれまでの野付半島沖の臼歯化石発見場所を再検討し、それらの臼歯が深度20メートルよりも深い窪地から回収されていることをつきとめ、今後の狙いを明らかにすることができた。

さらに、これらとは別に、忠類産ナウマンゾウに関する新たな発見もあった。高橋と張は、2000年に北海道のゾウ化石について調査を行ったが、その際に、最後に訪れた北海道開拓記念館で忠類産のナウマンゾウ臼歯化石を観察し、それまで報告されていた記載に誤りがあることに気づいた。その第1点は、歯種の同定の誤りである。それまでの報告（亀井，1970，亀井，1978）では、5点ある臼歯化石のうち、4点は咬耗の進んだ第2大白歯、残り1点は未咬耗の“第3大白歯？”としていた。ところが、高橋らの観察では、第2大白歯とされた標本は、形態的な特徴から4点とも第3大白歯であった。このことは、北川博道の現生ゾウ類の体幹・体肢骨骨端の閉鎖状態の観察結果（北川，2008）を基に行った忠類標本の調査結果においても、臼歯の同定結果が支持されることがわかり、忠類産のナウマンゾウの年齢は約25歳といわれていたものが約50歳と書き改められることになった（高橋ほか，2008）。

忠類標本に関する第2点目の誤りは、それまで“第3大白歯？”とされてきた臼歯がナウマンゾウのものではなく、マンモスゾウの臼歯であったことである（高橋ほか，2008）。このように忠類標本にマンモスゾウの臼歯化石が含まれていたことから、私たちはそのマンモスゾウの産出層準を明らかにすることや、意見が分かれたままになっていたナウマンゾウの産出時代を確定するために、忠類産ナウマンゾウの発掘現場での再調査を行うことにした。この調査は、大学共同利用機関法人の人間文化研究機構に所属する総合地球環境学研究所のプロジェクト研究の一環として、地形、地質、年代測定、各種の化石などの調査が総合的に行われた。その結果、マンモスゾウの産出層準については突き止めることはできなかったが、ナウマンゾウの産出時代が海洋酸素同位体ステージのMIS5eから5dへの移行期であることが確定された（高橋ほか編，2010）。

さらに、北海道のゾウ化石の研究、特に気候変動や植生変遷と関係したマンモスゾウとナウマンゾウとの入れ替えの研究は、旧石器時代の人類との活動との関係性についても論じられるようになり（Izuho and Takahashi, 2005；Takahashi and Izuho, 2012）、学

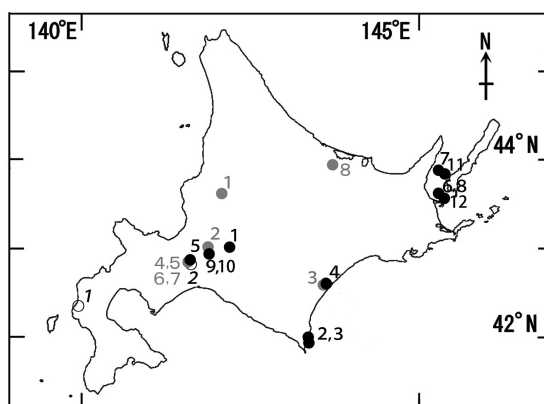


図1. 北海道のゾウ化石の産出位置
●マンモスゾウ、●ナウマンゾウ、○種不明
番号は表1に使用した番号と同じ。種不明については斜体の数字で示す。

際的な研究へと発展してきた。

これまで北海道で発見されてきたゾウ化石の産出場所は図1に、また産出リストは表1に示した。

3. 新たな ^{14}C 年代結果

本報告では、新たに年代測定を行った5標本について報告する。

1) 試料

(1) 野幌丘陵標本（4点）

野幌丘陵標本は、すでに研究史のところで述べたように木村ほか（1983）では、中期更新世の下野幌層から産出した *Mammuthus* sp. cf. *paramammonteus*（3標本）と音江別川層から産出した *M.* sp. cf. *armeniacus*（2標本）として記載されたものである。これらは、樽野・河村（2007）によって、ナウマンゾウあるいはマンモスゾウとして再同定された。

今回年代測定を行った標本は、北海道開拓記念館の標本番号 H.M.H.-86042, -86043, -86044, -86045 である。

化石から以下のような化学処理によって、著者の一人である小田が、名古屋大学年代測定総合研究センターにおいて、 ^{14}C 年代測定用のコラーゲンを抽出した。

抽出にあたっては、まず化石の断片0.3~0.5g（表2中の初期重量）を分取し、デンタルドリルによって表面の汚染物を除去した。ついで、蒸留水中での超音波洗浄（ca. 30min, 氷水温度下）、0.01N NaOHでの洗浄（ca. 30min, ca. 4℃）を行った。その後、1.2N HClにより試料の表面を溶解させた（ca. 30min, ca. 4℃）。蒸留水での洗浄の後、試料の凍結乾燥を行った。

乾燥後の試料をメノウ乳鉢により粉碎した。半透膜

表 1. 北海道産ゾウ化石一覧
 較正暦年代には OxCal4.2 (較正曲線データ: IntCal09) を使用した。

マンモスゾウ <i>Mammuthus primigenius</i>										保管場所 (標本番号)	備 考
番号	標本名	部 位	発見時期	発見場所	産出層準	¹⁴ C 年代 (BP) (年代測定番号)	補正 ¹⁴ C 年代 (BP)	較正暦年代 (cal BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)		
1	夕張標本 大臼歯	右上顎第 3 大臼歯	不 明	夕張?	不 明	16,250±90 (Beta-187606)	16,320±90	19,562–19,404	–20.8	Makiyama (1938) Takahashi <i>et al.</i> (2006)	京都大学 (KUC-95008)
2	小越 第 1 標本	右上顎第 2 大臼歯	1941 年頃	幌泉郡幌泉村 (現: 幌 泉郡えりも町), 小越 小学校北 100m の小沢	不 明	—	—	—	—	Minato (1955) 松澤・小坂 (1987)	1964 年に焼失
3	小越 第 2 標本	右下顎第 3 大臼歯	1954 年 5 月 30 日	幌泉郡幌泉村 (現: 幌 泉郡えりも町), クマ ソ沢 (クマの沢) の河 口から約 500m 上流	不明 (年代測定 結果はえりも層 であることを示 す)	19,530±80 (Beta-188519)	19,580±80	23,645–23,280	–21.7	Minato (1955) 松澤・小坂 (1987) Takahashi <i>et al.</i> (2006)	国立科学博物館 (PV-04902)
4	忠類標本	左下顎第 2 あるいは第 3 大臼歯	1969 年 6 月 25 日	広尾郡忠類村字晩成 (現: 中川郡幕別町忠 類晩成)	ホロカヤントウ層	42,820±510 (Beta-241409)	42,850±510	46,366–45,490	–22.9	Takahashi <i>et al.</i> (2008)	北海道開拓記念 館 (H.M.H.-61789)
5	野幌丘陵 第 6 標本	左上顎第 4 乳臼歯ある いは第 1 大 臼歯	1978 年 4 月	北広島市音江別川流域	不明 (木村ほか か、1983 では音 江別川層と記 載)	42,540±320 (PLD-20763)	42,542±318	46,014–45,409	–21.8	木村ほか (1983) 樽野・河村 (2007) 本報告	北海道開拓記念 館 (H.M.H.-86045) 木村ほか (1983) では、 <i>M. cf.</i> <i>armeniacus</i> と記載。
6	野付崎 第 1 標本	右下顎第 3 大臼歯	1981 年 5 月中旬	野付崎の北方	不明 (深度 17– 20m の海底)	20,243±243 20,700±120 (Beta-184269)	20,770±120	24,454–23,871 24,925–24,549	— –20.6	亀井 (1987) 秋山ほか (1989) Takahashi <i>et al.</i> (2006)	別海町郷土資料 館
7	羅臼沖 第 1 標本	右下顎第 3 大臼歯	1982 年 2 月	羅臼港から国後島に向 かって 6 マイルの地点	不明 (深度 120 –130m の海底)	23,816±884 25,000±120 (Beta-185830)	25,010±120	29,641–27,733 30,171–29,601	— –24.1	亀井 (1987) 中井ほか (1991) Takahashi <i>et al.</i> (2006)	根室市歴史と自 然の資料館
8	トドワラ 標本	右下顎第 4 乳臼歯ある いは第 1 大 臼歯	1986 年 5 月 11 日	野付崎トドワラ沖 2–3 km	不 明	有機物不足で 測定できず (Beta-184268)	—	—	—	亀井 (1987) Takahashi <i>et al.</i> (2006)	別海町郷土資料 館
9	由仁 第 1 標本	右上顎第 1 大臼歯	1990 年 6 月	夕張郡由仁町東三川	雨竜段丘堆積物 (東千歳層)	45,110±480 (IAAA-32222)	45,110±480	49,226–47,620	–25.1	Takahashi <i>et al.</i> (2006)	由仁町ゆめっく 館
10	由仁 第 2 標本	左上顎第 2 大臼歯	1991 年 10 月	同 上	同 上	37,410±250 (IAAA-32223)	37,400±250	42,350–41,910	–25.6	Takahashi <i>et al.</i> (2006)	由仁町ゆめっく 館
11	羅臼沖 第 2 標本	左下顎第 3 大臼歯	1992 年 1 月 17 日	羅臼港より 16km 南東	不明 (深度 70– 80m の海底)	38,920±760 (Beta-85090)	—	43,856–42,641	–23.4	Yamada <i>et al.</i> (1996)	厚岸町教育委員 会
12	野付崎 第 2 標本	左下顎第 1 大臼歯	2003 年 5 月中旬	野付崎沖 1 km	不 明	>42,980 (Beta-184935)	—	—	–17.7	Takahashi <i>et al.</i> (2006)	別海町郷土資料 館
13	襟裳岬沖 標本	右上顎第 3 大臼歯	不 明	襟裳沖?	不 明	30,380±120 (PLD-17752)	30,379±119	35,001–34,755	–22.9	本報告	個人所有

ナウマンゾウ <i>Palaeoloxodon naumanni</i>												
番号	標本名	部 位	発見時期	発見場所	産出層準	¹⁴ C年代 (BP) (年代測定番号)	補正 ¹⁴ C年代 (BP)	較正暦年代 (cal BP)	δ ¹³ C (permil)	主な報告	保管場所 (標本番号)	備 考
1	雨竜標本	右上顎第1大臼歯	不 明	空知郡雨竜 (現：雨竜郡雨竜町)	不 明					松本 (1924) Matsumoto (1929)	東北大学総合学術博物館 (IGPS-58525)	Matsumoto (1929)では右上顎第2大臼歯と記載.
2	栗山標本	左上顎第3大臼歯	1951年 7 月	夕張郡栗山町丸山	段丘礫層あるいは角田層下部					石狩低地地研グループ (1963), 矢野 (1964), 能條ほか (2002)	不 明	石狩低地地研グループ (1963), 矢野 (1964)では左上顎第2大臼歯と記載.
3	忠類標本	全 身	1969年 7月26日	中広尾郡忠類村字晩成 (現：中川郡幕別町忠類晩成)	ホロカヤントウ層 (MIS5eから5dへの移行期)					亀井 (1970,1978), 北海道開拓記念館 (1971), 十勝国滝研究会編 (1974), 高橋ほか編 (2008)	北海道開拓記念館	
4	野幌丘陵第1標本	右下顎第3大臼歯	1975年 7 月	北広島市音江別川流域	不明 (木村ほか, 1983では下野幌層基底と記載)	41,830 ± 310 (PLD-20760)	41,825 ± 311	45,540 - 44,959	-22.4	木村ほか (1983) 樽野・河村 (2007) 本報告	北海道開拓記念館 (H.M.H.-86043)	木村ほか (1983)では <i>M. sp. cf. paramammonteus</i> と記載.
5	野幌丘陵第2標本	右上顎第2大臼歯	1975年 7 月	北広島市音江別川流域	不明 (木村ほか, 1983では下野幌層基底と記載)	52,800 ± 940 (PLD-20761)	52,796 ± 936	—	-22.1	木村ほか (1983) 樽野・河村 (2007) 本報告	北海道開拓記念館 (H.M.H.-86044)	木村ほか (1983)では <i>M. sp. cf. paramammonteus</i> と記載.
6	野幌丘陵第4標本	右下顎第3大臼歯	1976年	北広島市音江別川流域	不明 (木村ほか, 1983では下野幌層基底と記載)	47,780 ± 530 (PLD-20762)	47,782 ± 525		-21.7	木村ほか (1983) 樽野・河村 (2007) 本報告	北海道開拓記念館 (H.M.H.-86042)	木村ほか (1983)では <i>M. sp. cf. paramammonteus</i> と記載.
7	野幌丘陵第5標本	右上顎第3大臼歯の可能性が高い	1977年 5 月	北広島市音江別川流域	不明 (木村ほか, 1983では音江別川層と記載)	有機物不足で測定できず	—	—	—	木村ほか (1983) 樽野・河村 (2007)	北海道開拓記念館	木村ほか (1983)では <i>M. sp. cf. armeniacus</i> と記載.
8	湧別標本	右上顎第2大臼歯	1998年 8 月	紋別郡湧別町東芭露?	不 明	30,480 ± 220	30,520 ± 220	35,139 - 34,767	-22.8	Takahashi <i>et al.</i> (2004)	湧別町教育委員会 (H.M.H.-71231)	
種不明												
1	太槽標本	切歯片	不 明	太槽郡太槽村字小川 (現：久遠郡せたな町北檜山区太槽)	不 明					Minato (1955)	不 明	
2	野幌丘陵第3標本	切歯片	1975年	北広島市音江別川流域	不 明					木村ほか (1983)	北海道開拓記念館 (H.M.H.-86046)	

表 2. 野幌丘陵標本の年代測定試料におけるコラーゲン重量および収率

北海道開拓記念館 標本番号	初期重量 [g]	乾燥後重量 [g]	collagen の重量 [mg] (収率 [%])	“solution collagen” の重量 [mg] (収率 [%])
野幌丘陵第 4 標本 H.M.H-86042	0.47	0.350	37.4 (9.9)	5.1 (1.4)
野幌丘陵第 1 標本 H.M.H-86043	0.29	0.175	13.5 (7.7)	1.7 (0.9)
野幌丘陵第 2 標本 H.M.H-86044	0.31	0.219	28.4 (13.0)	ca.0 (ca.0)
野幌丘陵第 6 標本 H.M.H-86045	0.30	0.193	8.6 (4.5)	2.1 (1.1)

チューブに試料を入れ、1.2N HCl 中での脱灰 ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaCO_3 等の溶解)を行った。この脱灰は、適宜1.2N HCl を交換しながら、冷蔵庫内で約24時間行った。その後、1.2N HCl を H_2O に変え、半透膜のチューブ内の試料を洗浄した。この洗浄は1~2 h 毎に H_2O に取り換え、2 日間行った。

チューブ内の試料を吸引濾過により、濾液と残渣に分けた。濾液は100ml 遠沈管にいて凍結乾燥を行い、いわゆる solution collagen 試料を得た。

残渣を H_2O 中で90℃に加温 (ca. 24h) することで、コラーゲンを抽出した。これを吸引濾過により濾液と残渣とに分け、得られた濾液を100ml 遠沈管にいて凍結乾燥をすることでコラーゲン (いわゆる gelatin collagen) 試料を得た。各試料の重量および収率も表 2 に示した。

^{14}C 年代測定は、ここで得られたコラーゲンを試料として(株)パレオ・ラボの Compact-AMS (CAMS-500, 米国 NEC 社製)で行った。

なお、H.M.H.-86045は、以前年代測定を試みた時点では、測定するために十分なコラーゲン量が得られなかった資料であるが(高橋ほか, 2005)、今回は測定に十分なコラーゲン量が得られたことから、年代が測定された。

(2) 襟裳岬沖標本 (1 点)

この標本は、著者の一人である大石 徹が所蔵する個人標本であり、咬板が19枚残存する右第 3 大臼歯である。これまでこの標本の正式な記載は行われていないが、大石ほか (2011) による口頭発表の中で紹介されている。ここでは、簡単な記載を行っておく。臼歯表面には、海棲のコケムシなどが付着しており、海底からの標本であることは間違いない。産出場所が襟裳岬沖であることは、大石が入手する際に、口頭でその産出場所を聞き取りしただけなので、正確な産出場所は確認できていないが、同海域において 2 番目の産出であったらしい。臼歯表面に付着するコケムシは、*Conopeum reticulata* に同定された。同種はヨーロッパから世界各地に広がった外来種で、日本産のものについては、Mawatari (1956) が紀伊半島、北海道の釧

路、厚岸、千島からコンブ等の大型褐藻類の表面に付着したものを報告しており、ヨーロッパでの記載データでは、河口や湾を好み、汽水域ではカキ殻の内側に多いとされている。コケムシが本種 1 種による単独被覆で他の沿岸の優勢種が全く共存しないのは、この化石標本が得られた海底環境の状況を示唆していると考えられる。

また、この標本は大石が入手後、乾燥収縮による標本の変形が継続的に生じた事、付着したコケムシの表膜が残っている点から海底から直接引き上げられたばかりのものであったと推定される。

筆者の一人添田は、えりも町郷土資料館の中岡利泰氏の協力を得て、えりも漁協を通じてこの臼歯の発見者について調べたが、現在までのところ手がかりは得られていない。

[記載]

種名：マンモスゾウ *Mammuthus primigenius*

部位：右第 3 大臼歯

産地：北海道幌泉郡えりも町襟裳岬沖海底 (伝聞)

採集者：漁師、詳細不明 (伝聞)

採集年月日：不明

計測値

咬板数：19+

使用咬板数：16

歯冠長：223+mm

最大歯冠長：同 上

咀嚼面長：185mm

歯冠高：150mm (15枚目の歯頸部まで)、

178+mm (16枚目の歯根も含めて)

最大歯冠高：同 上

歯冠幅：80+mm (9 枚目)

咀嚼面幅：79+mm (8 枚目)

エナメル厚：1.6-1.8mm

咬板傾度：7.5 (頬側), 9 (舌側)

萌出角：55°

咬合面角：64°

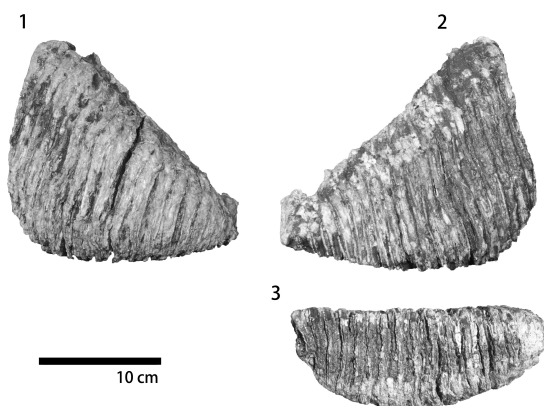


図2. 襟裳岬沖標本の写真
1. 頬側面, 2. 舌側面, 3. 咬合面

記載: 近心部は, 原標本の最近心部近くまで保存されているが, 遠心部は数枚の咬板が欠損している。冠周セメントはほとんど残存していない。頬側部がより磨耗しており, コケムシが付着していることから, この面が海底で露出していたことが伺える。咬耗は16枚目の咬板付近にまで達しているように見えることから, Lows (1966) のアフリカゾウの咬耗状態と比較するとグループ22~23にほぼ相当する段階といえる。エナメル輪は, 近遠心に薄く, その近心と遠心のエナメル質は並行である。エナメル質は薄く, 大きなエナメル褶曲は見られない。菱形歯湾曲や類似するエナメル質の突起は見られない。咬板傾度は高い。

コラーゲンの抽出および AMS¹⁴C 年代測定は, ㈱パレオラボにて行われた。試料は, 表面の汚れを取り除き, 精製水を用いて超音波洗浄した後, 0.2N の水酸化ナトリウム水溶液にてアルカリ可溶の不純物を除去した。その後試料を粉碎して粉末にし, セルロースチューブに密封した。1.2N の塩酸を入れたビーカーにセルロースチューブを入れ, スターラーを用いて冷蔵庫内で攪拌しながら脱灰処理を行い, 精製水でセルロースチューブ内の塩酸を透析して除去した後, セルロースチューブの内容物を遠心分離した。遠心分離で得た残留固形物を約20ml の精製水と共に蓋付きの試験管に移し, 恒温槽で90℃10時間湯煎してゼラチン化した後, グラス濾紙で吸引濾過した濾過液を凍結乾燥してコラーゲンを回収した。このコラーゲンを試料として野幌丘陵標本と同様に㈱パレオ・ラボの Compact-AMS (CAMS-500, 米国 NEC 社製) で¹⁴C 年代測定を行った。

2) 結果

(1) 野幌丘陵標本

コラーゲン収率は4.5~13.0%, コラーゲンの炭素

含有量は39.7~43.6%であった。また C/N 比は3.3~3.5の範囲であり, 骨コラーゲンの値に収まっていることから, 外部からの汚染の可能性は低い試料であると考えられる (表2)。年代測定の結果は, ¹⁴C 年代で41,830~52,800 BP の値が得られた。この値を基に OxCal4.2 (較正曲線データ: IntCal09) を使用して較正暦年代を計算し, 68.2%信頼限界で示すと野幌丘陵第2および第4標本では較正曲線外の古い値が得られ, 第1および第6標本ではマンモスゾウとナウマンゾウという種の違いがあるにも関わらず, 両者は約46,000~45,000年前の近い値を示した (表1)。

(2) 襟裳岬沖標本

コラーゲン収率は3.3%, コラーゲンの炭素含有量は40.6%であった。また, C/N 比は3.33であり骨コラーゲンの値に収まっていたことから, 外部からの汚染の可能性が低い資料であると考えられる。

年代測定の結果は, ¹⁴C 年代で30,380±120 BP という値を得た。この値を OxCal4.2 (較正曲線データ: IntCal09) を使用して較正暦年代を計算し, 68.2%信頼限界で示すと35,001~34,755cal BP となった。

4. 議論

1) 北海道におけるマンモスゾウとナウマンゾウの生息年代

北海道におけるマンモスゾウとナウマンゾウの生息年代については, すでに Takahashi *et al.* (2004, 2006), 高橋ほか (2005), 高橋 (2007), Iwase *et al.* (2011), Takahashi and Izuho (2012) などでもまとめられてきた。それによれば, 日本産のマンモスゾウの年代は, 暦年に較正をしていない年代で45,110±480~16,320±90 BP の間から産出していた。最も新しい年代を示す標本が本当に国内から発見されたものかどうか疑わしい夕張標本であることを配慮すれば, 約2万~4.5万年前の年代が日本産のマンモスゾウの生息年代ということになる。

さらに, それらの年代は, 約2.5万~1.6万年前の値を示す標本群と3.9万~4.5万年前の値を示す標本群に分けられることも指摘された。このマンモスゾウが産出しない年代には, ナウマンゾウの湧別標本の年代値30,520±220 BP が入り込むと同時に, この時代が寒冷期の中のやや温暖な時期で落葉広葉樹が増加する時期であったこと (五十嵐, 1993) から, 北海道においては, マンモスゾウとナウマンゾウが気候変動とそれに伴う植生変遷に応じて棲み分けていたことが推定されてきた (Takahashi *et al.*, 2004, 2006; 高橋ほか, 2005, 高橋, 2007; Takahashi and Izuho, 2012)。

本報告では, 新たに北海道産の5標本について年代測定した結果を従来の結果に追加し, 検討を行った。その結果, 図3の示したとおり, 暦年に較正した年代で約3.5万年前および約4.5万年前付近においてマンモ

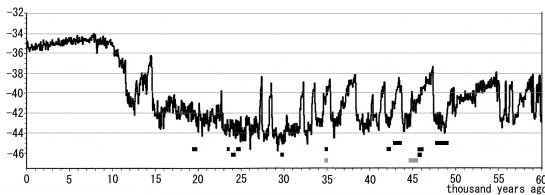


図3. 北海道におけるゾウ化石の AMS¹⁴C 年代と酸素同位体比曲線

黒い線はマンモスゾウ、灰色の線はナウマンゾウ
酸素同位体比曲線は North Greenland Ice Core Project member, 2004より引用。

スゾウとナウマンゾウは北海道で共存していたような状態が示されたことから、従来のマンモスゾウとナウマンゾウが北海道では共存していなかったという見解について再度議論が必要となってきた。

2) 年代測定の誤差と気候変動の時間の問題

表1で示した野付崎第1標本の2つの年代測定データを見てもわかるように、同一標本においても中央値が400年以上の違いが生じる場合がある。これは、年代測定用の試料を標本から採取する段階やコラーゲンの抽出過程、測定機器の状態など様々な誤差を生む要因が考えられる。暦年への較正も一応約5万年前まではできるようになったものの、実際には古い年代になるほど、まだ不確定要素を持っているため誤差は大きくなっていると思われ、MIS 2以降の年代値がより確かであるのに対して、MIS 3の時代を示す年代値はより不確かといえる。較正暦年代については、さらにその傾向が強い。

一方、気候変動は、急速に温暖化し、細かな振動を繰り返しながら徐々に寒冷化していく。急速な温暖化は数十年単位で起こり、寒暖の気候変動が頻繁に起こるような時代では、較正された年代測定結果に誤差が大きいことから、気候変動に敏感に反応して南北移動を繰り返す動物種の様子を正確に反映できない可能性が高い。

今回、ナウマンゾウとマンモスゾウの年代測定値がほぼ重なって見える5万～3万年前あたりは、このような寒暖がくりかえされる時代であって、両者が本当に棲み分けていたのか、いっしょに生息していたのかは、年代測定結果のみでは判別できないと言わざるを得ない。

3) マンモスゾウとナウマンゾウの生息環境

以上のことから、ここではマンモスゾウとナウマンゾウの生息環境について検討を行い、両者が共に生息していたか否かを考察したい。

マンモスゾウの生息環境については、マンモス・ステップに生息していたことがわかっている。マンモ

ス・ステップは、寒冷で乾燥した草原で、多くのイネ科植物に加えて、スゲ、極地ヤマヨモギ、エンドウやデージー、キンボウゲなどの草本植物が生えていた。このような植生の復元は、マンモスゾウが発見された地層の花粉分析を行うだけでなく、冷凍マンモスの胃の内容物からも調査されている。

一方、ナウマンゾウの生息環境については、ナウマンゾウの発掘現場における花粉化石や大型植物遺体の研究からいくつかの場所で推定されている。それらは、MIS 7では、千葉県吉野田（奥田ほか、2006）、静岡県浜松市佐浜（吉川、2003）、MIS 5では、神奈川県藤沢市天岳院下（長谷川ほか、1982）、新潟県柏崎市鯨波（柏崎ナウマンゾウ研究会、1989）、北海道中川郡幕別町忠類（五十嵐、2010；山川、2010）、MIS 3では長野県上水内郡野尻湖（野尻湖発掘調査団、2011）などがある。これらの結果をまとめると、ナウマンゾウは温帯の落葉広葉樹や針葉樹との混交林に生息していたと考えられる。生息環境は限定されたものではなく、ある程度の環境の幅を持って生息できたと思われるが、先にあげた花粉化石や大型植物遺体の研究からは、常緑の針葉樹からなら森には生息していなかったと推定されるし、常緑の広葉樹林にも生息していなかった可能性がある。

近藤（2005）によれば、ナウマンゾウはMIS 5では東日本に分布し、MIS 4ではほとんどみられなくなり、MIS 3では日本全国に再び広がった。MIS 2では分布が狭まり暦年未較正の年代で約23,000年前（較正年代で約27,500年前）にはほぼ絶滅したと考えられる（Iwase *et al.*, 2011）。

これは寒冷化に伴い、常緑の針葉樹林が拡大し、落葉広葉樹林が減少したことと一致しており、ナウマンゾウが落葉広葉樹林に生息していたことを裏付けるものである。

これらのことから、¹⁴C年代測定で見られた、マンモスゾウとナウマンゾウの産出年代がほぼ重なって見える現象は、年代測定の精度の問題であると思われる。MIS 3においては、短期間の間に気候の変動が繰り返されることに加えて、年代測定の限界に近くなるほど誤差が大きくなることから、そのような誤差の大きな年代値を気候変動のグラフに当てはめても、それぞれのゾウの生息環境や種の入れ替わりを探ることは困難である。この問題は、たとえ年代測定の精度が多少向上しても、簡単には解決できそうにない。この点からは、生息環境や種の入れ替えの議論をする際には、年代測定値だけに頼るのではなく、ゾウ化石が発見された層準の植生復元などの環境解析の資料も十分に吟味した上で総合的に検討することが必要であることを示唆している。

謝辞

本論文をまとめるにあたって、化石研究会第30回総会におけるシンポジウムの世話人である札幌市博物館活動センターの古沢 仁氏、および秋山雅彦氏にお世話になった。また、これまでの約10年におよび研究では、北海道開拓記念館に勤務されていた赤松守雄、山田悟朗、札幌教育大学名誉教授木村方一の各氏にさまざまな援助をいただいた。北海道各地の資料を保管されている教育委員会、資料館、博物館などの皆様には、標本調査においてご協力いただいた。この場を借りてお礼申し上げる。

また、この一連の研究を進めるにあたっては、平成13～15年度滋賀県立琵琶湖博物館共同研究「島の動物相の成立過程－古琵琶湖時代の動物相の特殊性解明に向けて」、平成17～18年度科学研究費基盤 (C)「後期更新世における動植物相の変遷と旧石器文化の関係解明のための学際的研究」(課題番号17540448)ならびに平成21～23年度科学研究費基盤 (C)「日本列島におけるヒト出現期の人間－環境系復元」(課題番号21540490)、平成18～22年度総合地球環境学研究所プロジェクト研究5－3「日本列島における人間－自然相互関係の歴史的・文化的検討」、平成22～26年度北海道開拓記念館北方文化共同研究事業「北方地域の人と環境の関係史についての研究」などの研究費の一部を使用した。

引用文献

- 秋山雅彦・亀井節夫・中井信之 (1989) 海底産ゾウ化石の¹⁴C年代。化石研究会会誌 **22**, 22-23.
- 第四紀総研北海道グループ (1969) 北海道の第四系。地団研専報 no. 15, 1-35.
- 長谷川善和・松島義章・尾崎公彦 (1982) 藤沢天岳院下の象化石と古環境。横浜国立大学 (教), 特研論集 **2**, 19-41.
- 北海道開拓記念館 (1971) ナウマン象化石発掘調査報告書。北海道開拓記念館研究報告 no. 1, 82pp., pls. 35.
- 北海道開拓記念館 (1972) 忠類産ナウマン象－その発見から復元まで－。資料解説シリーズ no. 1, 82 pp., pls. 17.
- 五十嵐八枝子 (1993) 花粉分析からみた北海道の環境変遷史。東 正剛・安部 永・辻井達一編: 生態学からみた北海道, 3-21頁, 北海道大学図書刊行会。
- 五十嵐八枝子 (2010) 忠類ナウマンゾウ化石産地露頭の花化石から見た十勝地域の古環境変遷。化石研究会会誌, 特別号, 第4号, 53-59.
- 池守清吉 (1985) 回想忠類ナウマン象の発掘。忠類ナウマン象化石発掘15周年記念, 忠類村, 116頁。
- 石狩低地帯団研グループ (1963) 北海道からナウマンゾウの臼歯の化石発見。地球科学 **69**, 42.

岩見沢団研グループ (1983) 茂世丑低地・角田盆地の茂世丑層と角田層。日本地質学会北海道支部総会個人講演要旨集, 3-6.

- Iwase, A., Hashizume, J., Izuho, M., Takahashi, K. and Sato, H. (2011) Timing of megafaunal extinction in the late Late Pleistocene on the Japanese Archipelago. *Quaternary International* (2011), doi:10. 1016 (in press)
- Izuho, M. and Takahashi, K. (2005) Correlation of paleolithic industries and paleoenvironmental change in Hokkaido (Japan). *Current Research in the Pleistocene* **22**, 19-22.
- 亀井節夫 (1970) 北海道広尾郡忠類村におけるナウマン象の発掘について。化石研究会会誌 no. 3, 1-10.
- 亀井節夫 (1978) 忠類産のナウマンゾウ *Palaeoloxodon naumanni* (Makiyama). 地団研専報 **22**, 342-379.
- 亀井節夫 (1987) 北海道根室海峡で新たに発見されたマンモスゾウ臼歯化石。松井愈教授記念論文集, 1-12.
- 柏崎ナウマンゾウ研究会 (1989) 柏崎市鯨波におけるナウマンゾウ化石の発掘・研究報告書, 柏崎教育委員会, 179頁。
- 木村方一・外崎徳二・赤松守雄・北川芳男・吉田充夫・亀井節夫 (1983) 北海道石狩平野・野幌丘陵からの前期－中期更新世哺乳類化石群の発見。地球科学 **37**, 162-177.
- 木村方一 (2004) 北海道内産哺乳動物化石の研究史。郷土と科学 **116**, 34-56.
- 北川博道 (2008) 骨端閉鎖状態を用いた長鼻類の年齢査定とその応用。日本古生物学会, 第157回例会予稿集, 20.
- 近藤洋一 (2005) ナウマンゾウ研究と課題。化石研究会会誌 **38**, 110-115.
- Lowes, R. M. (1966) Age criteria for the African elephant, *Loxodonta a. Africana*. *East African Wildlife Journal* **4**, 1-37.
- 町田 洋・新井房雄 (2003) 新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺]。東京大学出版会, 336頁。
- Makiyama, J. (1938) Japonic Proboscidea. *Memoires of the College Science, Kyoto Imperial University*, [B] **14**, 1-59.
- 馬追団体研究会 (1987) 石狩低地帯東縁部の更新統層序と古地理の変遷。地球科学 **41**, 303-319.
- 松井 愈・小坂利幸・秋葉 力・春日井 昭・星野フサ・紺谷吉弘 (1978) ビラオトリ層。地団研専報 **22**, 186-192.
- 松本彦七郎 (1924) 日本産化石象の種類 (略報)。地質学雑誌 **31**, 255-272.
- Matsumoto, H. (1929) On *Loxodonta* (*Palaeoloxodon*) *namadica* (Falconer and Cautley) in Japan. *The*

- Science Reports of the Tohoku University*, Second series **13**, 1-5, pls. 1-6.
- 松澤逸巳・小坂利幸 (1987) 襟裳岬付近の第四系－とくにマンモスゾウ産出層準について. 松井愈教授記念論文集, 71-78.
- Mawatari, S. (1956) Cheilostomatous Bryozoa from the Kurile Islands and the neighbouring districts. *Pacific Science* **10**, 113-135.
- Minato, M. (1955) Zu den Mammontausfaunen Hokkaidos. *Japanese Journal of Geology and Geography*. **26**, 1-2, 105-113.
- Minato, M. (1967) On the age of mammoths in Japan and Siberia. *Earth Science* **21**, 13-17.
- 中井信之・有田陽子・中村俊夫・亀井節夫・秋山雅彦・澤田 健 (1991) ナウマンゾウ, オオツノシカの AMS¹⁴C 年代と ¹³C/¹²C 比による最終氷期の気候変動. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (Ⅱ). 26-39. 名古屋大学年代測定資料研究センター.
- 仲谷英夫・赤松守雄・山田悟郎 (1992) 北海道夕張郡由仁町から産出したマンモスおよびオオツノシカ化石とその意義. 日本古生物学会1992年年会予稿集, 61
- 野尻湖発掘調査団 (2011) 野尻湖人をもとめて 野尻湖発掘50年記念誌. 80頁.
- 能條 歩・高橋嘉徳・田中信明・高梨修一・橋本千秋・岩見沢団体研究グループ (2002) 北海道中央部石狩低地帯東縁地域の上部更新統層序と古環境変遷. *地球科学* **56**, 253-268.
- North Greenland Ice Core Project member (2004) High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature* **431**, 147-151.
- 奥田昌明・百原 新・平山 廉・岡崎浩子・兼子尚知 (2006) 下総層群清川層の大型植物化石群とそれにもとづく古気候復元. *第四紀研究* **45**, 211-216.
- 小野有五 (1991) 北の陸橋. *モンゴロイド* **10**, 37-44.
- 大石 徹・古山 隆・高橋啓一・荒川真司 (2011) 竜骨の科学的調査について. 資源・素材2011秋季大会, 平成23年度資源・素材関係学協会合同秋季大会企画発表講演資料, 1-4.
- 小山内熙・三谷勝利・魚住 悟・松波武雄・中村定男・重山 武 (1971) 忠類における象化石包含層の古地磁気学的測定. 北海道開拓記念館研究報告 **1** [ナウマン象化石発掘調査報告], 53-62.
- 斎藤禎男 (1974) これがナウマンの化石骨だ 忠類原野'70夏の感動. 北苑社, 札幌, 103頁.
- 鹿間時夫 (1943) 哺乳動物より観たる東亜の洪積世に就いて. 国立中央博物館論叢 **6**, 9-85.
- 高橋啓一 (2007) 日本列島の鮮新 - 更新世における陸上哺乳動物相の形成過程. *旧石器研究* **3**, 5-14.
- 高橋啓一・出穂雅実・添田雄二・張 鈞翔 (2005) 日本産マンモスゾウ化石の年代測定結果からわかったその生息年代といくつかの新知見. *化石研究会会誌* **38**, 116-125.
- 高橋啓一・北川博道・添田雄二・小田寛貴 (2008) 北海道, 忠類産ナウマンゾウの再検討. *化石* **84**, 74-80.
- 高橋啓一・出穂雅実・佐藤宏之編 (2010) 北海道忠類ナウマンゾウ産出地点の再調査報告. *化石研究会会誌*, 特別号, 第4号, 79頁.
- Takahashi, K., Soeda, Y., Izuho, M., Aoki, K., Yamada, G. and Akamatsu, M. (2004) A new specimen of *Palaeoloxodon naumanni* from Hokkaido and its significance. *The Quaternary Research* **43**, 169-180.
- Takahashi K., Soeda, Y., Izuho, M., Yamada, G., Akamatsu, M. and Chun-Hsiang Chang (2006) The chronological record of the woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) in Japan, and its temporary replacement by *Palaeoloxodon naumanni* during MIS 3 in Hokkaido (northern Japan). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **233**, 1-10.
- Takahashi, K. and Izuho, M. (2012) Formative history of terrestrial fauna of the Japanese Islands during the Plio-Pleistocene. *British Archaeological Reports International Series* **2352**, 73-86
- 樽野博幸・河村善也 (2007) 東アジアのマンモス類－その分類, 時空分布, 進化および日本への移入についての再検討－亀井節夫先生傘寿記念論文集, 59-78.
- 十勝団体研究会 (1971) ナウマン象化石第二次発掘調査研究報告 ナウマン象化石産出地点付近の地質概要および化石包含層の特性. 北海道開拓記念館研究報告 no.1, 16-26.
- 十勝団体研究会編 (1978) 地団研専報「十勝平野」no.22, 433頁.
- 山田悟朗・赤松守雄・仲谷英夫・熊崎農夫博 (1996) 羅臼沖から発見されたマンモスゾウ臼歯化石の年代について. 北海道開拓記念館研究報告 **24**, 1-8.
- 山川千代美 (2010) 北海道忠類晩成のナウマンゾウ化石産地から産出した大型植物化石. *化石研究会会誌*, 特別号, 第4号, 60-65.
- 矢野牧夫 (1964) 北海道栗山町より発見されたナウマン象臼歯の化石について. 栗山町の文化財. 47-49頁, 栗山町教育委員会.
- 吉川博章 (2003) 静岡県浜松市佐浜のナウマンゾウ発掘地から産出した大型植物化石. *静岡地学* **87**, 33-39.