

宮古島産旧象化石ならびに東シナ海・瀬戸内海の海底から採取された哺乳類化石の加速器¹⁴C年代

大塚裕之¹⁾・奥野 充²⁾・太田友子³⁾・中村俊夫³⁾

1) 鹿児島大学理学部地学教室, 〒890 鹿児島市郡元1-21-35

2) 名古屋大学大学院人間情報学研究科(日本学術振興会特別研究員), 〒464-01 名古屋市千種区不老町

3) 名古屋大学年代測定資料研究センター, 〒464-01 名古屋市千種区不老町

I. はじめに

日本列島の第四紀の脊椎動物化石は、各地の湖沼、浅海、洞窟または裂罅堆積物から産出するが、それらは第四紀の各時代にわたっている。また、それらの地質年代については、各動物化石群集の生層序学的見地からの考証のみならず、それらの包含層についての種々の手法による放射年代の測定がなされてきた。

瀬戸内海の海底からは、ナウマンゾウを代表種とする哺乳動物化石群が多産し、日本の第四紀後期の哺乳動物化石群の一つを代表する。しかしながら、その地質時代については、他地域の化石群集との対比ならびに海底下の地質層序から推定がなされてきた(Hasegawa, 1972; Otsuka and Shikama, 1976; 大塚, 1987)のみで、化石そのものの放射年代は測定されていない。

東シナ海の大陸棚から産出する脊椎動物化石群集については、これまでにその分布が同大陸棚の広範囲にわたっていることが知られており、その動物化石群は瀬戸内海のナウマンゾウ動物群に対比されている(大塚, 1987)。さらに、これまで同大陸棚から採集された貝殻や泥炭の¹⁴C年代は、約3,000 yr BPから6,000 yr BPにわたり、同大陸棚にはウルム氷期の最盛期からその後の海進期にかけての遺存堆積物が分布していることが知られている(Emery *et al.*, 1970)。したがって、同大陸棚の海底にはウルム氷期の最盛期に生息していたであろう低陸地の動物群や、ウルム氷期の最盛期にいたる以前あるいは以降の動物化石群の存在が予想される。同大陸棚海底の各地に分布している*Palaeoloxodon-Elaphurus mayai* 群集(大塚, 1987)は、古生物学的な見地から瀬戸内海のナウマンゾウ動物群に対比されたが、動物化石そのものの放射年代は測定されていなかった。最近、奄美大島東方の水深約120~140mの通称“くちみの瀬”から採集された大型鹿類の脛骨(大塚ほか, 1977)の加速器¹⁴C年代が、25,740±220 yr BPと報告された(中村ほか, 1996)。また、同時に測定したゾウの臼歯ならびに水牛の角化石については、14,640~19,980 yr BPとウルム氷期の最盛期を含む¹⁴C年代値が得られたが、コラーゲン含有率が低いことから、実際よりも若い年代を示している可能性が高いと考えられている(中村ほか, 1996)。このように、東シナ海の脊椎動物

化石の放射年代については、まだ十分なデータが得られているとは言えない。

南西諸島の脊椎動物群集の起源は地質時代にさかのぼり、そのおおよその年代は、それらの包含層の層位に基づいて決定されている。これら包含層の放射年代については、いくつかの¹⁴C年代値が報告されている（高井，1975；高井・長谷川，1971；浜田，1985）。南西諸島の古地理および動物群の起源を考える上で重要な化石記録の一つには、1940年に発見された宮古島平良市大野越棚原の燐鉍石採掘場から発見された旧象化石がある（Tokunaga, 1940；Otuka, 1941）。この象化石については、最初の報告者による古生物学記載がなされないまま半世紀以上を経過しており、その分類学的位置については確定されないまま今日に至っている。この象化石を包含する洞窟堆積物は琉球層群の最上部層の堆積後形成されたもので、更新世後期の洞穴堆積物に含まれているが、その放射年代は未だに測定されていない。

今回、上記の宮古島産旧象化石と東シナ海および瀬戸内海の海底から採取された哺乳類化石の¹⁴C年代を名古屋大学年代測定資料研究センターのタンデトロン加速器質量分析計（中村・中井，1988；中村，1995）により測定したので、以下にその結果を報告する。

II. 測定試料

本研究で用いた哺乳類化石をまとめて表1に示す。今回分析した試料は、計3点である。試料1は、沖縄県、宮古島産旧象の上顎臼歯化石で、現在東京大学総合研究資料館に所蔵されているものである。予察的な研究の結果、この臼歯化石はゾウ科（Elephantidae）のmammoth属（*Mammuthus*）であることが明らかになった。試料2は、瀬戸内海の倉敷市下津井沖の備讃瀬戸の海底から採取されたナウマンゾウの牙化石で、倉敷市立自然史博物館所蔵の山本慶一氏コレクション

表1 哺乳類化石の種類、採取地点とその水深
Table 1 Sample materials, localities and water depth for mammal fossils

Sample no.	Material (Specimen)	Sampling location (Latitude, Longitude)	Depth (meter)
1	Upper molar (<i>Mammuthus</i> sp.)	Tanabaru of Hirara City, Miyako Is. of the Nansei Is. (ca. 24° 47' N, 125° 19' E)	—
2	Tusk (<i>Palaeoloxodon naumanni</i>)	Bisan strait of Seto Inland Sea (ca. 34° ~34.5° N, 133° E)	uncertain
3	Horn core (<i>Bos grunniens</i>)	Western part of East China Sea (29° 15' 55" N, 124° 19' E)	70

表2 哺乳類化石のコラーゲン収量, 二酸化炭素収量, $\delta^{13}\text{C}$ 値および ^{14}C 年代値
Table 2 Collagen yields, CO_2 yields from collagen, $\delta^{13}\text{C}$ and ^{14}C ages for mammalian fossils

Sample No.	Sample weight (g)	Yield of Collagen* (mg)/(%)	Collagen weight for analysis** (mg)	CO_2 yield (mgC)/(%)	$\delta^{13}\text{C}$ *** (‰)	^{14}C age (yr BP)	Lab no. (NUTA-)
1	9.45	GC:0.61/0.006 SC:3.91/0.041	GC+SC=4.52 (0.61+3.91)	0.21/4.73	n.d.	2,950 ± 360	4231
2	7.07	GC: 2.75/0.039 SC:25.83/0.365	GC+SC=14.48 (2.75+11.73)	5.24/36.2	-24.5	28,290 ± 410	4232
3	-	-	10.43	4.32/41.4	-14.8	Modern	4230

* GC: Gelatin collagen, SC: Solution collagen ** GC+SC: Mixture of gelatin and solution collagen fractions *** n.d.= not determined

の一部である。試料3は、東シナ海の揚子江沖水深70mの海底から採取されたヤクの角鞘である。

試料1と試料2は、化石種の生層序学的ならびに進化学的見地から10万年～20万年前の年代が予想されることから、今回の ^{14}C 年代測定ではスケールアウトすることが期待される。また、試料3は、内陸的要素（乾燥気候）の強い牛科であることから、更新世末のウルム氷期最盛期（2.0～1.8万年前）の年代値が期待される。

Ⅲ. 測定結果および考察

骨、角や臼歯を構成する無機成分は外部の炭素との交換が起き易く、硬タンパク質であるコラーゲンの方が化学的風化に対してより安定であるとされている（Aitken, 1990）。このため、本研究では試料からコラーゲンを抽出して ^{14}C 年代を測定した（有田ほか, 1990；中村ほか, 1996）。なお、このコラーゲン抽出法では、45,000 yr BPをこえる ^{14}C 年代値が報告されている（有田ほか, 1990；沢田ほか, 1992）。

表2に測定結果を示す。 ^{14}C 年代値は、Libbyの半減期5,568年を用いて算出し、西暦1950年から遡った年数で示した。誤差は1標準偏差（one sigma）で示した。これは同様な条件で年代測定を100回繰り返したとき、その年代値が誤差範囲内に入る割合は68回と予想されることを意味する。試料2、試料3については、得られた二酸化炭素の一部を用いて、トリプルコレクター式気体用質量分析計（Finnigan MAT社製, MAT-252）により炭素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 値）を測定して、炭素同位体分別の補正を行った（中村ほか, 1994；小田, 1994）。

試料1の ^{14}C 年代は、2,950 ± 360 yr BPとかなり若い値を示している。試料1のコラーゲンは、その収率がゼラチンコラーゲンと可溶性コラーゲンを足しあわせ

ても0.047%ときわめて低いことから、ほとんど分解されてなくなってしまったものと判断される。さらに、この抽出された“コラーゲン”は、二酸化炭素(CO₂)の収率も4.73%と新鮮な骨のコラーゲン(40~50%)と比較してきわめて低いことから、元来含まれていたコラーゲンではない可能性が高い。したがって、測定に用いたCO₂は、その後に混入した有機物に由来する可能性が高い。なお、 $\delta^{13}\text{C}$ 値は得られたCO₂が0.21mgときわめて少量であったため測定していない。

試料2の¹⁴C年代は、28,950±360 yr BPである。コラーゲンからのCO₂の収率は、36.2%と標準的な値に近い。しかし、コラーゲンの収率は、ゼラチンコラーゲンが0.039%、可溶性コラーゲンが0.365%とやや低い。また、一般に新鮮な骨のコラーゲンの含有率は、可溶性コラーゲンよりもゼラチンコラーゲンの方が高く、年代が古くなるにつれて可溶性コラーゲンの割合が増加する傾向がみられる(中村・中井, 1993)。したがって、試料2のコラーゲンもかなり分解が進んでいるものと考えられる。このため、得られた年代値も若返っている可能性が十分考えられる。この試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値は-24.5‰であった。この値は、C3植物($\delta^{13}\text{C}$ 値~-26‰)を食する陸上の草食動物の標準的な $\delta^{13}\text{C}$ 値と一致している(表3)。

試料3の¹⁴C年代は、Modernであった。この試料からのCO₂の収率は41.4%であり、タンパク質として適当な炭素を含んでいる。したがって、得られた結果は十分信頼できものと考えられる。また、この試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値は-14.8‰であり、見かけ上は海獣類のコラーゲンの値を示している(表3)。前述のようにCO₂の収率はよいことから、外部の炭素による汚染によって-21~-23‰から-14.8‰まで変化したとは考えられない。むしろ、このヤクが食物としてC3植物と共にC4植物(~-10‰)を利用したと考えた方が妥当であろう。コラーゲンの $\delta^{13}\text{C}$ 値として-14.8‰を得るためには、計算上C3植物とC4植物をほぼ同じ割合で食物として利用したことになる。ただし、アワ、ヒエ、キビなどのC4植物のうち、どの植物を実際利用していたかは明らかではない。

表3 哺乳動物の食物と骨コラーゲンの $\delta^{13}\text{C}$ 値
Table 3 Typical values of $\delta^{13}\text{C}$ for bone collagen of mammals and their feed plants

Sample materials	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
C3 plants	-26
C4 plants	-10
Bone collagen of herbivorous mammals feeding on only C3 plants	-21~-23
Bone Collagen of marine mammals	-14~-16

IV. おわりに

今回分析した3つの試料は、すべて予想した年代値を示さなかった。そのうち試料1, 2の年代値は、コラーゲンの含有率が低いことから、実際より若い年代を示している可能性が高い。また、試料3の炭素含有量は、タンパク質として十分な量であったが、その年代値はmodernであった。

海底風化にさらされた化石試料がどの程度測定に耐えることができるか、化石試料のどの部位が ^{14}C 年代測定に適切であるかなどを検討するには、今後さらに測定例を増やす必要があるだろう。また、海底から採取された哺乳類化石についての ^{14}C 年代値は、これまでにそれほど多く報告されていない。第四紀後期における哺乳類の時空分布を考察するためには、さらに多くの年代値が得られることが期待される。

謝 辞

宮古島産の臼歯標本(試料1)は、東京大学総合研究資料館に所蔵されているもので、同館と同大学理学部地質学教室の棚部一成教授の御好意により分析することができた。一方、備讃瀬戸海底産ナウマンゾウの牙化石(試料2)については、倉敷市立自然史博物館のご協力を得た。記して謝意を表します。

引用文献

- Aitken, M.J. (1990) *Science-based dating in archeology*. Longman Archaeology Series, Longman Inc., New York, 274p.
- 有田陽子・中井信之・中村俊夫・亀井節夫・秋山雅彦・沢田 健(1990) 哺乳類化石のコラーゲン抽出法とそのAMS法による ^{14}C 年代測定. 名古屋大学古川総合研究資料館報告, 6, 45-54.
- Emery, K. O., Niino, H. and Silliva, B. (1970) Post-Pleistocene sea levels of the East China Sea. *Silliman Volume to honour Professor-R. F. Flint*, 381-390, Yale Univ. Press.
- Hasegawa, H. (1972) The Naumann's Elephant, *Palaeoloxodon naumanni* (Makiyama) from the Late Pleistocene off Shodoshima Island in Seto Inland Sea, Japan. *Bull. Natn. Sci. Mus.*, 15, 513-591.
- 浜田隆士(1985) ^{14}C 年代測定. ピンザアブ洞穴発掘調査報告, 沖縄県教育委員会.
- 中村俊夫(1995) 加速器質量分析(AMS)法による ^{14}C 年代測定の高精度化および正確度向上の検討. 第四紀研究, 34, 173-185.
- 中村俊夫・中井信之(1988) 放射性炭素年代測定の基礎—加速器質量分析法に重点をおいて—. 地質学論集, 29, 83-106.
- 中村俊夫・中井信之(1993) 先史モンゴロイド集団の移動拡散のタイムスケール—加速器を用いる ^{14}C 年代測定による解析—. 平成4年度科学研究費補助金「重点領域研究(1)」

- (先史モンゴロイド集団の拡散と適応戦略) 研究成果報告書, A03班, 拡散集団の食生態と時空分布(同位体法による古栄養学, AMS法による年代測定), 70-95.
- 中村俊夫・池田晃子・小田寛貴(1994) タンデトロン加速器質量分析計による ^{14}C 測定における炭素同位体分別の補正について— ^{14}C 年代算出の手引き—. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **V**, 237-251.
- 中村俊夫・大塚裕之・奥野 充・太田友子(1996) 東シナ海の大陸棚および琉球弧の海底から採集された哺乳類化石の加速器質量分析法による ^{14}C 年代測定. 地学雑誌, 印刷中.
- 小田寛貴(1994) 加速器質量分析計による $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 比測定における同位体効果の補正. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **V**, 244-251.
- 大塚裕之・大木公彦・早坂祥三(1977) 東シナ海から採集されたシカの化石について. 地質学雑誌, **83**, 735-736.
- Otsuka, H. and Shikama, T. (1976) Studies on fossil deer of the Takao Collection (Pleistocene deer fauna in the Seto Inland Sea, West Japan-Part I). *Bull. Natn. Mus., Ser. C*, **3**, 11-24.
- 大塚裕之(1987) 日本列島における更新世中・後期の哺乳動物化石群. 国立歴史民俗博物館研究報告, **13**, 237-251.
- Otsuka, Y. (1941) On the stratigraphic horizon of *Elephas* from Miyako Is. Ryukyu Islands, Japan. *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, **17**, 43-47.
- 沢田 健・有田陽子・中村俊夫・秋山雅彦・亀井節夫・中井信之(1992) 加速器質量分析計を用いた ^{14}C 年代測定による野尻湖層の編年. 地球科学, **46**, 133-142.
- 高井冬二(1975) 山下町第1洞発見の鹿化石. 人類学雑誌, **83**, 280-293.
- 高井冬二・長谷川善和(1971) 琉球諸島の脊椎動物化石について. 九州海域の地質学的諸問題(日本地質学会), 107-109.
- Tokunaga, S. (1940) A fossil elephant tooth discovered in Miyako, Japan. *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, **16**, 122-124.

Accelerator Mass Spectrometric ^{14}C Dating of Mammalian Fossils Collected from the Sea Bottom of the East China Sea and Seto Inland Sea and Elephantidae from Miyako Island of the Nansei Islands

Hiroyuki OTSUKA¹⁾, Mitsuru OKUNO²⁾, Tomoko OHTA³⁾ and Toshio NAKAMURA³⁾

1) Institute of Earth Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University
Korimoto1-21-35, Kagoshima 890, Japan
Tel:+81-99-285-8139, Fax:+81-99-259-4720

2) Graduate Student (JSPS Research Fellow), Graduate School of Human Informatics, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-01, Japan
Tel:+81-52-789-2578, Fax:+81-52-259-4720

3) Dating and Materials Research Center, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-01, Japan
Tel:+81-52-789-2578, Fax:+81-52-259-4720

Abstract

We have conducted ^{14}C dating, with a Tandetron accelerator mass spectrometer (AMS) at Nagoya University, on carbon from three mammalian fossil samples: (1) an upper molar of *Mammuthus* sp. collected from Tanabaru of Hirara City, Miyako Island of the Nansei Islands; (2) a tusk of *Palaeoloxodon naumanni* from the sea bottom of the Bisan strait of Seto Inland Sea; (3) a horn core of *Bos grunniens* from western part of the East China Sea, at a depth of 70 m. The correct ^{14}C ages of those mammalian fossil samples are very important to evaluate a temporal change of paleo-environment around East Asia through the Pleistocene age.

To obtain reliable ^{14}C ages for collagen fractions extracted from molar and tusk, the collagen fractions must be preserved from weathering in nature. However, experimental yields of gelatin collagen fractions were very low (e.g. 0.006 and 0.04%), presumably as a result of weathering. The CO_2 yields from the collagen fractions, 4.7 and 36.2%, are considerably lower than a typical value of 41-42% for gelatin collagen extracted from fresh bone samples. This result suggests that the samples have suffered from contamination by other organic materials with low carbon contents and not only from weathering. Thus the ^{14}C ages of 2,950 and 28,290 yr BP obtained for samples nos. 1 and 2 should be considered unreliable. We suspect the ^{14}C ages for samples nos. 1 and 2 are probably younger than the actual dates, as a result of sample contamination by younger carbon. For sample no. 3, CO_2 is extracted directly from horn core. The CO_2 yield of 41.4% for this sample is reasonably high, enough to give a reliable ^{14}C age. Thus the ^{14}C age of "Modern" obtained for the sample should be considered reliable.

Key words: Mammalian fossil, AMS- ^{14}C age

論文発表

中村俊夫・大塚裕之・奥野 充・太田友子 (1996) 東シナ海の大陸棚および琉球弧の海底から採集された哺乳類化石の加速器質量分析法による ^{14}C 年代測定. 地学雑誌, (印刷中).

Abstract

We have conducted ^{14}C dating with a tandem accelerator mass spectrometer (AMS) at Nagoya University, on carbon from three mammalian fossil samples: (1) an upper molar of *Mammuthus* sp. collected from Tanshan of Hainan Ctr., Miyako Island of the Ryukyu Islands; (2) a tusk of *Pachyrhynchocyon wuianum* from the sea bottom of the East China Sea at a depth of 70 m. The correct ^{14}C ages of these mammalian fossil samples are very important to evaluate a temporal change of paleo-environment around East Asia through the Pleistocene age.

To obtain reliable ^{14}C ages for collagen fractions extracted from molar and tusk, the collagen fractions must be preserved from weathering in nature. However, experimental yields of gelatin collagen fractions were very low (e.g. 0.006 and 0.04%), presumably as a result of weathering. The GOR yields from the collagen fractions 4.7 and 36.3% are considerably lower than a typical value of 41-43% for gelatin collagen extracted from fresh bone samples. This result suggests that the samples have suffered from contamination by other organic materials with low carbon contents and not only from weathering. Thus the ^{14}C ages of 2,950 and 28,300 yr BP obtained for samples nos. 1 and 2 should be considered unreliable. We suspect the ^{14}C ages for samples nos. 1 and 2 are probably younger than the actual dates, as a result of sample contamination by younger carbon. For sample no. 3, CO₂ is extracted directly from horn core. The GOR yield of 41.4% for this sample is reasonably high enough to give a reliable ^{14}C age. Thus the ^{14}C age of "Modern" obtained for the sample should be considered reliable.

Key words: Mammalian fossil, AMS- ^{14}C age