

ナウマンゾウ、オオツノシカのAMS ^{14}C 年代と $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比
による最終氷期の気候変動

中井信之・有田陽子*

中村俊夫**

亀井節夫・秋山雅彦・沢田 健***

- *) 名古屋大学理学部地球科学科 464-01名古屋市千種区不老町 1
**) 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 1
***) 信州大学理学部地質学科 390 松本市旭3-1-1

1. はじめに

先史モンゴロイドの新大陸アメリカへの移動は、最終氷期のベーリング海峡陸化時期と関係するといわれている。これと同様に、日本列島への古代人類の移動も、大陸との地理的なつながりが重要な鍵となるであろう。そこで、最終氷期に日本列島に棲息していたとされている巨大哺乳類ナウマンゾウ・マンモスゾウの骨・歯・牙化石を用いて ^{14}C 年代測定を行ない、それらの棲息年代を明らかにすることにより、大陸～日本列島間の陸つずきの時期の推定を試みた。また、同じ試料を用いて安定炭素同位体比($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)の測定から、これら草食哺乳類の食性と生活環境変化(古気温の変化)の様子を考察した。

本研究の特徴は、化石骨等を用いて哺乳動物それ自身の年代を直接測定したことで、それにはタンデム加速器質量分析法を使用した。従来は、化石骨・歯等の年代を直接測定できなかったのも、同じ地層から出土した木材の ^{14}C 年代を測定し、その年代を哺乳類化石の年代としてきた。しかし、必ずしも両者一致せず、大きくくいちがう場合が多い。使用した哺乳類化石は主としてナウマンゾウで、一部マンモスゾウとオオツノシカが含まれている。同一地域で一連の異なる地層(異なる年代)から発掘された試料として、野尻湖のナウマンゾウ化石と木片を選んだ。これらの貴重な試料は、地学団体研究会野尻湖発掘調査団から提供された。

2. 化石骨・歯・牙・角の ^{14}C 年代測定と $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比測定試料の調製

哺乳類化石骨・歯等に残された硬タンパク質であるコラーゲン(collagen)は、生前の食物の炭素同位体比を記録としてもっている。

2-1. 化石試料からコラーゲンの抽出

本研究で哺乳類化石のコラーゲンを抽出するのに用いた方法のフローチャートを図1に示した。一回の調製に用いる試料の量は、1～5gである。調製法は大きく分けて「前処理」、「脱灰」、「抽出」に分けられる。

まず「前処理」では、試料の表面に付着した土壌等を蒸留水中で超音波洗浄により

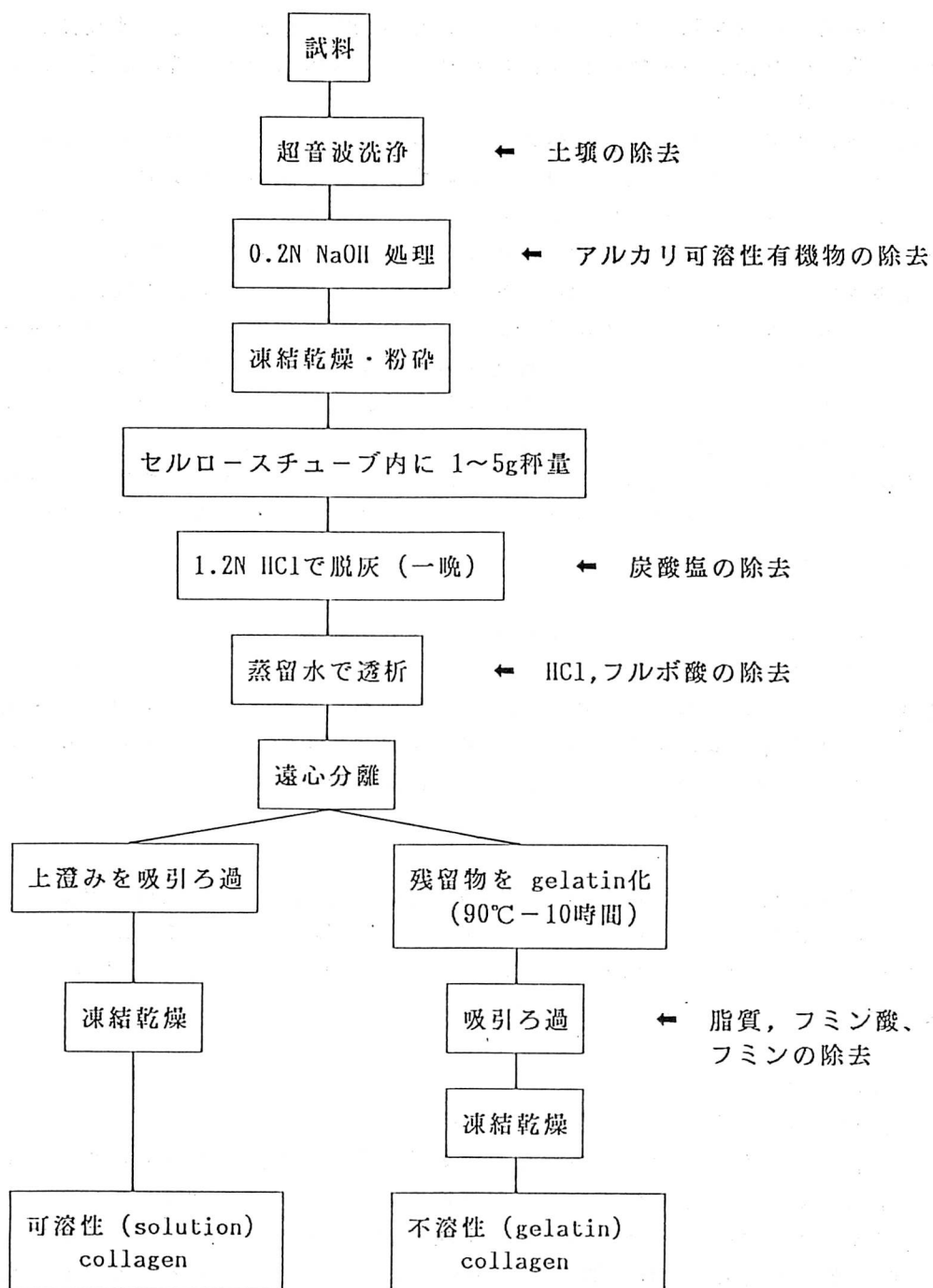


図1. AMS年代測定のための哺乳類骨・歯試料からの Collagen 抽出法
Extraction procedure of collagen from mammal bones and teeth
for AMS ^{14}C dating

、機械的不純物を除去する。次いで、0.2N NaOH 水溶液中で超音波洗浄して、アルカリ可溶性の有機質不純物を化学的にとり除く。蒸留水でよく洗浄した後、試料を凍結乾燥し、粉碎する。

前処理した試料について、塩酸による「脱灰」を行なう。すなわち、試料1～5gをセルロースチューブに入れ、1.2N-HCl溶液中に浸けて試料中の炭酸塩（主として炭酸カルシウム： CaCO_3 ）を溶出除去する。次に、蒸留水をチューブの中に入れ、蒸留水中に浸けて透析し、過剰の塩酸・不純フミン酸・不純フルボ酸を除去する。

最終的に、「コラーゲンの抽出」を行なうのであるが、上記の脱灰を終えたセルロース中の蒸留水の中には①不溶性のコラーゲンと②可溶性のコラーゲンが存在する。そこで、セルロースチューブの内容物を遠心分離して、①と②を分ける。①については、ゼラチン化によりコラーゲンを精製し、凍結乾燥する[G:Gelatin collagen]。②は蒸留水を凍結乾燥によりとり除く[S:Solution collagen]。このようにして、不溶性・可溶性の2種のコラーゲンを得ることができるが、一般的に①の不溶性ゼラチンコラーゲンの方が汚染が無く、 ^{14}C 年代測定や安定炭素同位体比測定に適しているといわれている。

2-2. 加速器による ^{14}C 測定用試料ターゲットの調製

抽出されたコラーゲン（主に①）のC/N比をCNコーダにより測定し、その純度を確認した後、真空封管中で 500°C に加熱して炭化し、非晶質炭素を調製する。この非晶質元素状炭素2～5mgに銀粉を混ぜ、手動プレスにより直径3mm・厚さ1.5～2.0mmの錠剤を作る。この錠剤を加速器質量分析による ^{14}C 測定の際に、試料ターゲットとして使用する（Nakamura et al., 1985；中村・中井, 1988）。

2-3. 質量分析による $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ （安定同位体比）測定用 CO_2 試料の調製

抽出されたコラーゲン5mgを秤取し、酸化銅（ CuO ）と還元銅（ Cu ）を入れた真空封管中で 950°C に加熱し、二酸化炭素（ CO_2 ）に変換・精製した後、同位体比質量分析計による $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比測定に用いる。

3. 同位体比の測定

3-1. 加速器 ^{14}C 年代測定（ $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 比の測定）

従来 ^{14}C 年代測定をするには、放射性炭素 ^{14}C が放射崩壊する際に放出する β 線を計数することにより炭素中の ^{14}C 濃度を求め、年代値を計算していた。今回は、 ^{14}C の原子数を勘定する新しい技術、加速器質量分析法を用いた。この方法によると、測定感度が従来の β 線計数法の1,000倍以上になり、必要とする試料の量は従来の1/1,000以下である。使用した名古屋大学年代測定資料研究センターに設置されている“タンデトロン加速器質量分析計”の測定条件と性能は次のとおりである。

測定に必要な試料の量：炭素として2～5mg

加速器のターミナル電圧：1.8～2.0 MV

一試料の測定時間 : 4 ~ 5 時間
測定可能年代の限界 : 6 ~ 6.5 万年
測定年代の誤差 : $\pm 1 \%$

年代値の計算に用いた ^{14}C の半減期 : 5,730 年である。

加速器による高感度 ^{14}C の測定が可能になったため、人骨をはじめ哺乳動物の骨や歯等の年代測定ができるようになった。タンデトロン加速器による年代測定の詳細については、文献を参照頂きたい (Nakai et al., 1984 ; Nakamura et al., 1985 ; 中村・中井, 1988 ; 中井・中村, 1988)。

3-2. 安定同位体比 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比の測定

抽出コラーゲンを燃焼させて調製・精製した CO_2 を用いて、VARIAN MAT CH-7 同位体比測定用質量分析計により、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を測定した (中井ら, 1983 ; Nakai et al., 1984)。この安定炭素同位体比は、世界共通の STANDARD の同位体比からの千分偏差 ($\delta^{13}\text{C}$, 単位‰) で表現する。

$$\delta^{13}\text{C} (\%) = \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{試料}} - (^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{STANDARD}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{STANDARD}}} \times 1,000$$

ここで、 $(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{STANDARD}} = 0.0112372$ である。 $\delta^{13}\text{C}$ 値が大きい試料程 ^{13}C に富んだ重い炭素であり、小さい試料程 ^{13}C の少ない軽い炭素であることを意味することになる。 $\delta^{13}\text{C}$ 値の測定誤差は $\pm 0.1\%$ である。

4. ナウマンゾウ・マンモスゾウの ^{14}C 年代

ナウマンゾウ (*Elephas naumanni*) は、第四紀更新世の後期に日本列島に棲息していたとされている。その化石の分布は、北海道から九州・沖縄にかけて広く、山陰沖や瀬戸内海の海底からも採取されている。すなわち、温帯北部地域に最も多く見られるようである。これに対して、マンモスゾウ (*Elephas primigenius*: 更新世後期のマンモス) はユーラシアおよび北アメリカの北部寒帯地域に棲息し、氷期に南下したとされている。日本列島では、最終氷期 [ウルム氷期] に北海道まで南下したことが、化石の分布から知られている。しかし、本州以南では化石は見出されていない。これらナウマンゾウやマンモスゾウは、旧石器時代後期の人類と共存し、狩猟の対象となつて、食資源として重要な役割をもっていたであろう。しかし、これらゾウ化石自身を用いて ^{14}C 年代を測定した例は殆ど無いのが現状である。そこで、少量の骨や歯の化石を使用して、 ^{14}C 年代測定ができるタンデトロン加速器質量分析によって、年代測定を行なった。

この結果を、日本列島全体を概観したゾウ化石の年代と同一地域で得られた地層別ゾウ化石 (野尻湖発掘化石) の年代とに分けて、以下に紹介する。

4-1. 日本列島のゾウ化石の ^{14}C 年代

日本列島各地から発掘されたナウマンゾウ・マンモスゾウの ^{14}C 年代値は表 1

表1. ナウマンゾウ、マンモスゾウの切歯・臼歯化石の

放射性炭素年代 [野尻湖試料以外]

Radiocarbon dates of *Elephas naumanni* and
Elephas primigenius fossils from Japan Island
 [except Lake Nojiriko Samples]

試	料	^{14}C 年代 (年前)
ナウマンゾウ		
	山陰沖 (海底 250m)	29,000 $\pm$ 300
	(" 176m)	38,500 $\pm$ 600
	(" 166m)	35,560 $\pm$ 1,300
	山口県萩市沖 (海底160m)	48,874 $\pm$ 1,758
	甲府市相川	30,542 $\pm$ 2,427
	佐倉市成田層	34,800 $\pm$ 800
マンモスゾウ		
	知床沖 (海底)	23,816 $\pm$ 884
	別海2号標本 (海底)	20,243 $\pm$ 670
	レニングラード博物館標本	24,260 $\pm$ 270
現生の象の牙		
	A	— 320 $\pm$ 40
	B	—1,460 $\pm$ 160

に示した。この表には、野尻湖の試料は除外してある。試料の数は限られているが、両ゾウ化石の年代は、すべて約2万年～4万9千年前の値を示している。これは、明らかにウルム氷期の時代である（次項で述べる野尻湖のナウマンゾウ化石も、すべてこの年代範囲に入る）。また、興味あることは、ナウマンゾウの年代とマンモスゾウの年代が3万年前を境として、明確に分かれることである。すなわち、前者はほぼ4万9千年前→3万年前、後者はほぼ2万4千年前→2万年前となっている。マンモス化石の試料の数が少ないが、ナウマンがウルム氷期の中期頃まで棲息し、つづいてウルム氷期最寒冷期である亜氷期に近づいてマンモスが南下してきたものと思われる。そして、約2万年前頃にこれらゾウは絶滅したことを物語っている。それでは、この2万年前の絶滅が何に起因したのか、それが旧石器時代のこの頃の人類にどのような影響を与えたかが問題になるだろう。

現生のアフリカ象について、切歯のコラーゲンの年代測定の結果も表1に示したが、表にみられるように、-320年前と-1,460年前となった。これは、明らかに1955年以降の核実験によって明らかに大気CO₂の¹⁴Cが天然レベルの2倍近くまで増加した事実（Nakai et al., 1984）と、その高¹⁴C濃度のCO₂を光合成で取り入れた植物を摂取した象の切歯であることを物語っている。

4-2. 日本列島中部におけるナウマンゾウの年代

同じ地域でのナウマンゾウの棲息年代を地層別に明らかにするために、長野県野尻湖から発掘されたナウマンゾウの切歯・臼歯化石について詳細な¹⁴C年代測定を行った。同時に、オオツノシカの角化石及び木片の¹⁴C年代測定も行った。

すべての試料が最終氷期（ウルム氷期）の堆積層から出土していること、及び4-1の結果から2万年前以前の古い年代値が予想される。そこで、ナウマンゾウの臼歯・切歯とシカの角試料に関しては、試料中に含まれるコラーゲンの含有量とC/N比を測定し、その保存の良さを検定した。コラーゲンの抽出にあたって、最終的に①不溶性ゼラチンコラーゲンと、②可溶性コラーゲンが得られる（図1）。同一試料について両者のC/N比と年代値を比較してみた。その結果を表2に示した。その結果、同じ試料から抽出された2種のコラーゲン（S, G）のC/N比、 $\delta^{13}\text{C}$ 値、¹⁴C年代値は、良く一致することが判明した。このことから、本研究ではG-コラーゲンのみで十分なコラーゲンが得られない場合は、S-コラーゲンも混合して、年代測定を行うこととした。

野尻湖層の地質層序は図2に示した。地層は不整合により下部野尻湖層、中部野尻湖層、上部野尻湖層に三分され（野尻湖発掘調査団, 1975；野尻湖地質グループ, 1987）、下・中・上の各層はそれぞれ下位より層相によってⅠ、Ⅱ、Ⅲ（下部層のみⅣ）に細分されている。マウマンゾウ化石とオオツノシカ化石は、共に下部層Ⅲの上半分から上部層Ⅰにかけて産出する。その測定の結果は、表3に示した。化石試料のコラーゲン含有量と¹⁴C年代値との間に一つの重要な関係が見出された。すなわち、コラーゲンの含有量が0.7%以上の比較的保存の良い試料の年代値は、同じ層準から採取

された木片の年代値と非常に良く一致した。これに反し、コラーゲン含有量が0.7%未満の保存の悪い試料〔表3中コラーゲン含有量に*印を付した〕は、同じ地層から発掘された木片の ^{14}C 年代よりも数千年若い年代値を示した。したがって、保存が悪

表2. ナウマンゾウ・シカのゼラチンコラーゲンと可溶性コラーゲンの
C/N比、 ^{14}C 年代値及び $\delta^{13}\text{C}$ 値の比較

C/N ratios, Radiocarbon dates and $\delta^{13}\text{C}$ values of gelatin
(G) and HCl-soluble collagen(S) extracted from *Elephas naumanni* and Yabe's giant deer fossils

		含有量 (%)	C/N (wt.ratio)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C 年代 (年BP)
ナウマン臼歯 (象牙質)	S	2.06	3.9	-21.8	41,570 $\pm$ 930
	G	1.22	3.8	-21.8	42,420 $\pm$ 1,500
ナウマン切歯	S	0.63	4.4	-22.5	39,940 $\pm$ 1,040
	G	0.29	4.4	-22.5	37,250 $\pm$ 1,280
シカ (角片)	S	0.33	5.0	---	34,360 $\pm$ 1,350
	G	0.22	4.0	---	33,660 $\pm$ 1,850

S : 可溶性コラーゲン G : ゼラチンコラーゲン

くコラーゲン含有量の少ない試料は、 ^{14}C 年代測定には不適であると結論することができる。また、ナウマンゾウの場合、一般的に臼歯の方が保存が良く、切歯は保存が悪いといえる。そこで、コラーゲン含有量の多い保存の良い試料の年代値を地層順に図で示すと図2のようになる。この図には、シカ化石と木片の年代値も示した。これらの結果から、野尻湖層上・中・下部のマンモスゾウのおおよその年代範囲は、次のようになる。すなわち、

野尻湖層上部のナウマンゾウ： 35,000 ～ 39,000 年前

〃 中部のナウマンゾウ： 39,000 ～ 42,000 年前

〃 下部のナウマンゾウ： 42,000 ～ 50,000 年前

となり、野尻湖のナウマンゾウは、約5万年前から3万5千年前のものであることが結論づけられる。

5. ナウマンゾウ化石コラーゲンの $\delta^{13}\text{C}$ 値からみた古環境変動

草食哺乳動物であるナウマンゾウ・マンモスゾウ・シカ化石の骨、歯や角の中に残されているコラーゲンの炭素には、生前に摂取した植物の同位体組成が記録されている。さらに、植物の安定炭素同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ 値は、光合成により植物が成育した当時の環境、すなわち気温によって変化する (Park and Epstein, 1960 : Sackett

表3. 野尻湖発掘のナウマンゾウ、オオツノシカ化石及び木片
の放射性炭素年代

Radiocarbon dates of *Elephas naumanni*, *Megaloceros* (Giantic deer) and wood-chip fossils from Lake Nojiriko

層 準	試 料	コラーゲン G (%) S		^{14}C 年 代 (年 B.P.)	登録番号
上部I層上部	ナウマンゾウ臼歯(T-58)	0.77	0.28	34,500 ± 670	NUTA-1281
下部	" " (T-59)	2.14	0.52	38,310 ± 1,400	NUTA-1262
"	" " (T-57)	0.98	0.26	38,820 ± 1,580	NUTA-1263
"	シ カ (T-30) *	0.14	0.16	30,580 ± 1,290	NUTA-1194
"	" (T-28) *	0.22	0.33	33,660 ± 1,850	NUTA-1190
"	木 片 (ⅡX19-b09)	--	--	38,490 ± 520	NUTA-1240
"	" (ⅡG24-b4)	--	--	39,290 ± 480	NUTA-1237
中部II層	ナウマンゾウ臼歯(T-53)	2.53	0.64	40,770 ± 1,200	NUTA-1280
	シ カ (T-54)	2.29	1.29	40,560 ± 1,500	NUTA-1261
中部I層	ナウマンゾウ臼歯(T-19)	--	1.47	40,860 ± 1,165	NUTA-1231
	木 片 (ⅡH11-b40)	--	--	39,420 ± 950	NUTA-1239
	ナウマンゾウ切歯(AK-14) *	0.15	--	35,570 ± 790	NUTA-1077
	ナウマンゾウ臼歯(T-51)	1.36	0.31	41,520 ± 1,020	NUTA-1282
	シ カ (T-21) *	0.14	0.14	35,410 ± 1,550	NUTA-1195
下部B ₃ 層	ナウマンゾウ臼歯(T-35)	2.88	1.26	45,810 ± 1,290	NUTA-1279
	" " (T-49)	2.97	0.54	45,120 ± 1,350	NUTA-1267
	" 切歯(T-16) *	0.21	0.15	35,140 ± 910	NUTA-1232
	" " (AK-7)	--	--	37,320 ± 1,160	NUTA-630
下部B ₂ 層	" 臼歯(A20-118)	2.92	1.12	45,100 ± 1,190	NUTA-1252
	" " (T-34)	1.96	1.80	42,670 ± 1,120	NUTA-1260
	" " (T-48)	4.22	1.35	42,250 ± 990	NUTA-1283
	木 片 (ⅡY14-b3)	--	--	42,550 ± 530	NUTA-1242
	ナウマンゾウ切歯(AK-9)	--	--	33,620 ± 810	NUTA-631
下部B ₁ 層	ナウマンゾウ臼歯(L16-m12)	1.22	2.06	42,420 ± 1,500	NUTA-1254
	" " (T-32)	0.70	0.29	48,800 ± 1,950	NUTA-1278
下部A ₂ 層	木 片 (ⅡY13-b5)	--	--	43,070 ± 570	NUTA-1241
下部A ₁ 層	ナウマンゾウ臼歯(T-40)	2.22	0.43	43,310 ± 1,200	NUTA-1268
	" 切歯(T-9) *	0.29	0.63	37,250 ± 1,280	NUTA-1230
下部Ⅲ下部層	木 片	--	--	47,150 ± 810	NUTA-1273
下部Ⅲ最下部層	ナウマンゾウ臼歯(H-5)	*0.55	0.27	39,180 ± 1,370	NUTA-1251
	木 片	--	--	49,410 ± 970	NUTA-1274

* : コラーゲンの保存悪く、年代値に不確かさのある試料

G : gelatin collagen, S : solution collagen

NUTA : Nagoya University Tandetron Age

地層区分		鍵層
現在湖底堆積物		
J 列層		ウグイス色粘土
上部	Ⅲ	
	Ⅱ	
	Ⅰ	上部 上Ⅰピンク
		下部 黄 ク ロ Ⅱ 黄 ク ロ Ⅰ 赤 ス コ
中部	Ⅲ	
	Ⅱ	中ⅡピンクⅡ 中ⅡピンクⅠ
		ニセノミ
	Ⅰ	中ⅠピンクⅡ ⅠピンクⅠ
		青ヒゲ ヒゲスコ~~~~
	(Ⅳ)	~~~~~
下部	Ⅲ	B4
		B3
		B2
		B1
		A2 ~~~~~
		A1
		下 トライカレ~~~~ 粉アズキ
		部 キナコ プレッチャzone
	最下部	
	Ⅱ	~~~~~
	Ⅰ	
		黄ゴマ

地質柱状図は地研専報/37
「野尻湖の発掘5 (1987-1989)」
(1990)より引用

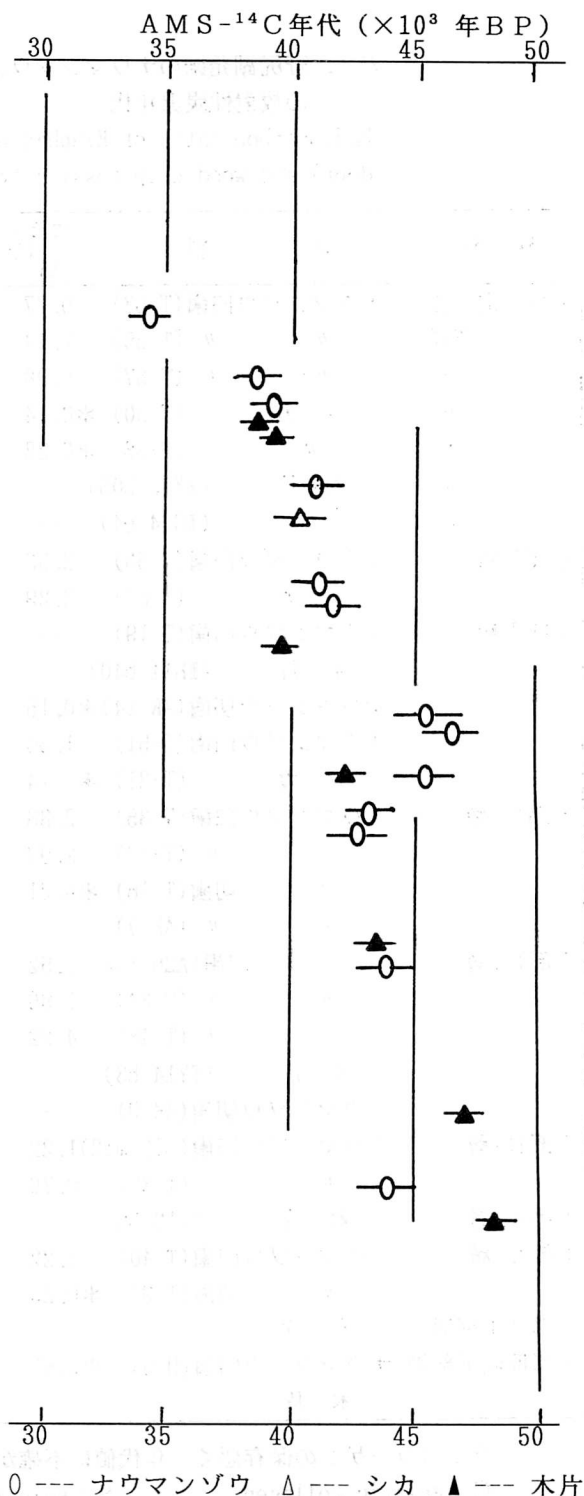


図2. 野尻湖出土のナウマンゾウ、オオツノシカ、木片の¹⁴C年代
Radiocarbon dates of *Elephas naumanni*, Yabe's giant deer
and wood chips from Lake Nojiriko

et al., 1965 : Nakai, 1972)。すなわち、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が大きい程暖かい気候環境であったことを示すのである。したがって、化石のコラーゲンの $\delta^{13}\text{C}$ 値を測定し、その年代による変化の様子をみることにより、当時の古気温の変化を追跡することが可能である。

野尻湖で発掘されたナウマンゾウのうち、前項 4-2 の ^{14}C 年代測定を行った試料の中からコラーゲンの保存の良いもの 10 試料について $\delta^{13}\text{C}$ を測定した結果は、

$$\begin{aligned} \text{ナウマンゾウ (45,000} \rightarrow \text{35,000 年前) コラーゲンの } \delta^{13}\text{C} \\ = -23.1 \rightarrow -20.4 \text{ ‰} \end{aligned}$$

であった。また、動物が摂取した植物と体内に取り込まれるコラーゲンとの間の $\delta^{13}\text{C}$ 値の差は、

$$\delta^{13}\text{C} [\text{植物}] = \delta^{13}\text{C} [\text{コラーゲン}] - 4.5 \text{ ‰}$$

であるので、この関係から生前に摂取していた植物の $\delta^{13}\text{C}$ 値を計算すると、

$$\begin{aligned} \text{ナウマンゾウ (45,000} \rightarrow \text{35,000 年前) の摂取した植物の } \delta^{13}\text{C} \\ = -27.6 \rightarrow -24.9 \text{ ‰} \end{aligned}$$

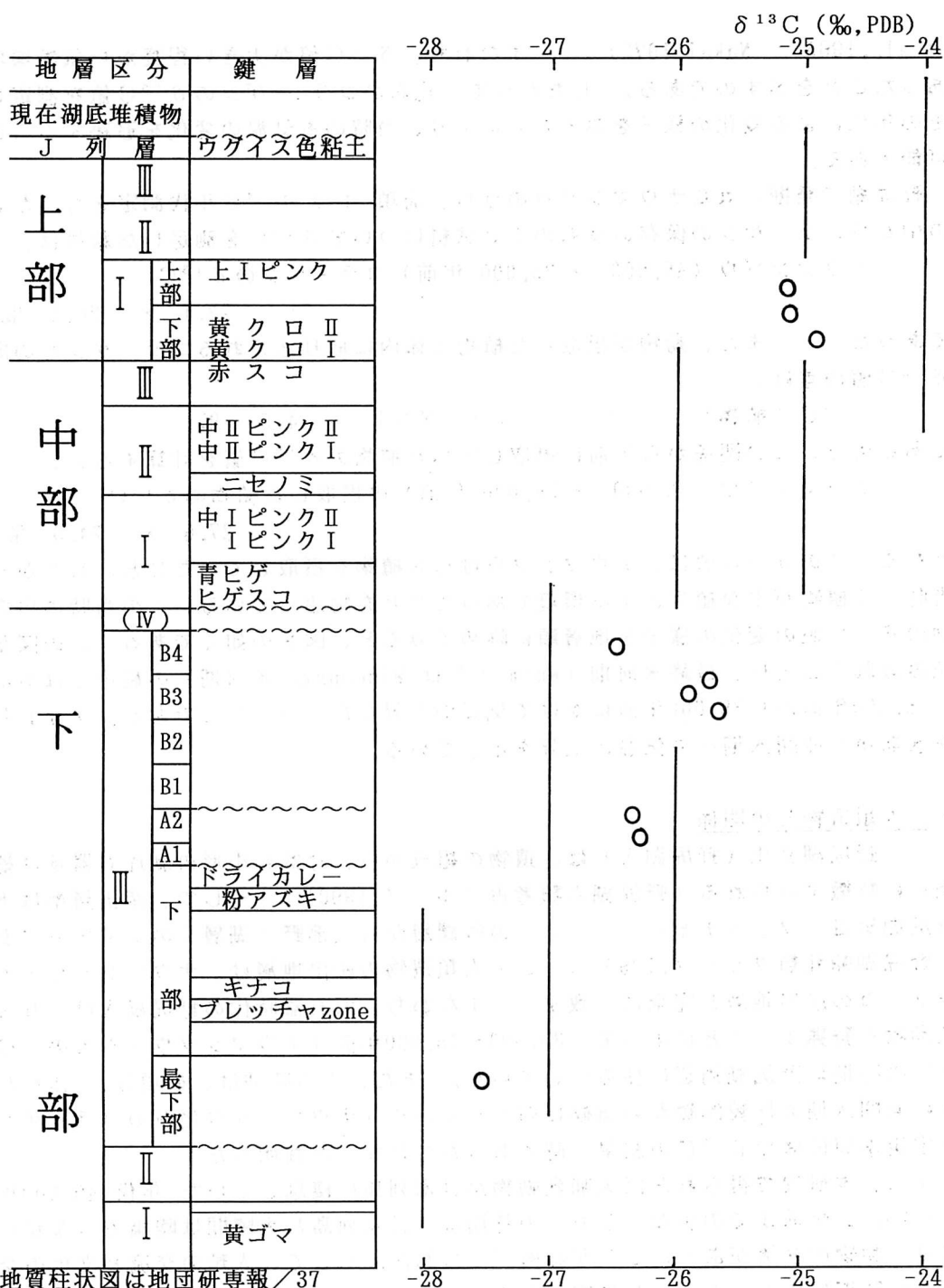
となる。この $\delta^{13}\text{C}$ 値は、ナウマンゾウは $\text{C}3$ 植物を摂取していたこと、したがって当時 $\text{C}3$ 植物が主な植生とする環境であったことを物語っている。この当時の摂取植物の $\delta^{13}\text{C}$ 値の変化の様子を地層順に眺めてみると、図3の如くである。この図から読み取れることは、最終氷河期(Würm または Wisconsin 氷河期)の最中ではあるが、45,000年前から35,000年前にかけて気温が上昇したということである。すなわち、亜氷期から亜間氷期への気温の上昇を示している。

6. 人類遺物との関係

野尻湖文化(野尻湖人)は、遺物の組成から、骨器と小形の剥片石器及び縦長剥片に特徴づけられる(野尻湖人類考古グループ, 1990)。そして、産出層準は下部野尻湖層Ⅲ(ブレッチャーゾーン)下の砂礫層から上部野尻湖層Ⅰの上部までである(野尻湖哺乳類グループ, 1990)。この人類遺物の産出地層は、ナウマンゾウ・オオツノシカの産出地層と完全に一致する。すなわち、旧石器時代の野尻湖人はこれら哺乳動物を狩猟することによって、35,000～45,000年前(ナウマンゾウ・シカの ^{14}C 年代)の時期に野尻湖周辺に住みついていた。また、この時期は、前項5.で述べたように亜間氷期の比較的暖かい気候に向かっていく(ナウマンゾウ化石のコラーゲンの安定炭素同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ の結果)時であったことなどが判明した。

また、本研究で得られた巨大哺乳動物が日本列島に棲息していた年代 49,000年前から20,000年前までの少なくともこの時期は、日本列島と大陸間は陸橋でつながっており、動物の交流があったことが証拠づけられた。そして、人類の交流と文化の交流がこの時期に盛んであったと推察される。

このようにして、人骨試料の入手が困難な旧石器時代の先史人の拡散や適応戦略追究の手段として哺乳類草食動物化石を用い、年代は勿論のこと生活環境を知ることの可能性が明らかになった。



地質柱状図は地研専報/37
「野尻湖の発掘5 (1987-1989)」
(1990)より引用

図3. 野尻湖出土のナウマンゾウ化石から抽出したコラーゲンの $\delta^{13}\text{C}$ 値の垂直変化

Vertical variation in $\delta^{13}\text{C}$ values of collagen extracted from *Elephas naumanni* fossils from Lake Nojiriko

7. 謝辞

本研究は、文部省科学研究費補助金 科学研究費重点領域研究(1)『先史モンゴロイド集団の拡散と適応戦略』—A03班「拡散集団の食生態と時空分布(同位体による古栄養学、AMS法による年代測定)」[班代表者 中井信之](課題番号:01643004、02225105)により行なわれた。また、貴重な試料の選択・提供にご協力頂いた地団研野尻湖発掘調査団、野尻湖博物館の皆さん方に心から感謝申し上げます。

参考文献

- Park, R. and Epstein, S. (1960): Carbon isotope fractionation during photosynthesis. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 21, 110-126
- Sackett, W. M., Eckelman, W. R., Bender, M. L. and Allan, W. H. Be. (1965): Temperature dependence of carbon isotope composition in marine plankton and sediments. *Science*, 148, 235-237
- Nakai, N. (1972): Carbon isotopic variation and the paleoclimate of sediments from Lake Biwa. *Proc. Japan Acad.*, 48, 516-521
- 野尻湖発掘調査団(1975): 野尻湖の発掘 1962-1973. 共立出版, 東京
- Nakai, N., Nakamura, T., Kimura, M., Sakase, T., Sato, S. and Sakai, A. (1984): Accelerator mass spectrometry of ^{14}C at Nagoya University. *Nucl. Instr. & Meth.*, B5, 171-174
- Nakamura, T., Nakai, N., Sakase, T., Kimura, M., Ohishi, S., Taniguchi, M. and Yoshioka, S. (1985): Direct detection of radiocarbon using accelerator techniques and its application to age measurements. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 24, 1716-1723
- 野尻湖地質グループ(1987): 野尻湖の発掘 1984-1985. 地団研専報, 32, 1-21
- 中村俊夫・中井信之(1988): 放射性炭素年代測定法の基礎——加速器質量分析法に重点をおいて. 地質学論集, No. 29, 83-106
- 中井信之・中村俊夫(1988): 放射性炭素年代測定法(応用). 地質学論集, No. 29, 235-252
- 野尻湖哺乳類グループ(1990): 野尻湖の発掘 5 1987-1989. 111-134
- 野尻湖人類考古グループ(1990): 野尻湖の発掘 5 1987-1989. 145-144

AMS RADIOCARBON AGES OF MAMMAL FOSSILS FROM LAKE NOJIRIKO, NAGANO PREF.
AND ENVIRONMENTAL CHANGES DURING THE LAST GLACIAL AGE

Nobuyuki NAKAI, Yoko ARITA *

Toshio NAKAMURA **

Tadao KAMEI, Masahiko AKIYAMA, Ken SAWADA ***

- *) Department of Earth Sciences, Nagoya University. Chikusa, Nagoya 464-01, Japan
- **) Dating and Materials Research Center, Nagoya University. Chikusa, Nagoya 464-01, Japan
- ***) Department of Geology, Shinshyu University. 3-1-1 Asahi, Matsumoto 390, Japan

Giant mammals such as *Elephas naumanni* and *Elephas primigenius* inhabited the Japan Island during the last glacial period and it might mean that there was 'LAND BRIDGE' between the Japan Island and continent at the time. So, to clarify the ^{14}C age when they were living in the Japan Island, ^{14}C -dating of the mammals has been done by Accelerator Mass Spectrometry of collagens extracted from the molar tooth and tusk.

A extraction method of collagen from 1 to 5 g of the molar and tusk samples was examined to obtain accurate ages for 20 to 50 thousand years old fossils. Both of HCl-soluble collagen and HCL-insoluble gelatin collagen were prepared from each of a single sample by 1.2N HCl demineralization. The HCl-soluble and HCl-insoluble gelatin collagen from the same sample coincide well for respective values of C/N ratio, $\delta^{13}\text{C}$ and radiocarbon age.

The radiocarbon age of well-preserved molar and tusk containing gelatin collagen more than 1 % closely coincides with that of wood samples from the same horizon. For the poorly preserved samples containing less than 1 % of gelatin collagen, the ^{14}C dating indicates the age younger in several thousands years than the wood samples.

The AMS radiocarbon dating has been performed mainly for fossil elephant (*Elephas naumanni*) excavated from the Upper Pleistocene Nojiri-ko formation, Nagano Prefecture. The ^{14}C ages obtained from the well-preserved samples range from 35,000 to 50,000 years BP. Horn samples of giantic deers containing collagens more than 1 % also show the same ^{14}C -ages as those of the fossil elephant from the same horizon.

論文発表

1. 秋山雅彦・亀井節夫・中井信之(1988)日本海山陰沖海底産ナウマンゾウの加速器質量分析計による ^{14}C 年代. 地球科学, 42, (1), p.29-31.