

加速器¹⁴C年代測定による野尻湖層の編年－野尻湖における火山灰層序および人類考古の研究に関連して

沢田健・公文富士夫・秋山雅彦*
中村俊夫・中井信之・有田陽子**
野尻湖人類考古グループ***

- * 信州大学理学部地質学教室 390 松本市旭3-1-1
** 名古屋大学年代測定資料研究センター・名古屋大学理学部地球科学教室
464-01名古屋市千種区不老町
*** 野尻湖博物館 中村由克気付 389-13長野県信濃町野尻287-5

I はじめに

長野県北部に位置する野尻湖は、標高654.3m、面積4.6km²、最大水深38.5mの山間の湖である。この湖の西岸に位置する立が鼻遺跡は、最終氷期の動・植物化石と人類の遺物がともに産出する重要な旧石器時代の遺跡として知られている。立が鼻周辺に分布する野尻湖層は、砂層やシルト層を主体とし、さらに主として黒姫山・妙高山に起源をもつ約42層の火山灰層が挟在する上部更新統の湖成層である。多くの化石・遺物は、それらの地層に包含されている。

立が鼻遺跡およびその周辺では、1962年の第1次野尻湖発掘以来、現在までに11回の湖底発掘と6回の陸上発掘が野尻湖発掘調査団によって行われ、それらの成果が報告されてきている（野尻湖地質グループ, 1980;1984;1987;1990, 野尻湖発掘調査団, 1990）。

立が鼻周辺の地質層序は、野尻湖発掘調査団の地質グループによって、第8次発掘までに確立されている。上部更新統の野尻湖層の編年は、材化石を試料としてβ線計数法による¹⁴C年代をもとに行われてきた。しかし、それから得られた測定値は、分散が著しく、野尻湖層の編年としては2通りの可能性が指摘されていた（中村由克・野尻湖発掘調査団, 1990）。

そこで、従来の方法より精度が高く、ミリグラムオーダーの微量の試料で測定可能な加速器質量分析計を用いて、野尻湖層から発掘されたナウマンゾウ、オオツノシカ、材についての¹⁴C年代測定を行った。その結果、約23,000y.B.P.より古いものについては、従来の年代値に比べて約8,000～15,000年ほど古い値を得た。この研究では、それらの加速器¹⁴C年代にもとづいて野尻湖層の年代を再検討し、野尻湖周辺で行われている火山灰層序学および人類考古学的研究との関係についての考察を行う。

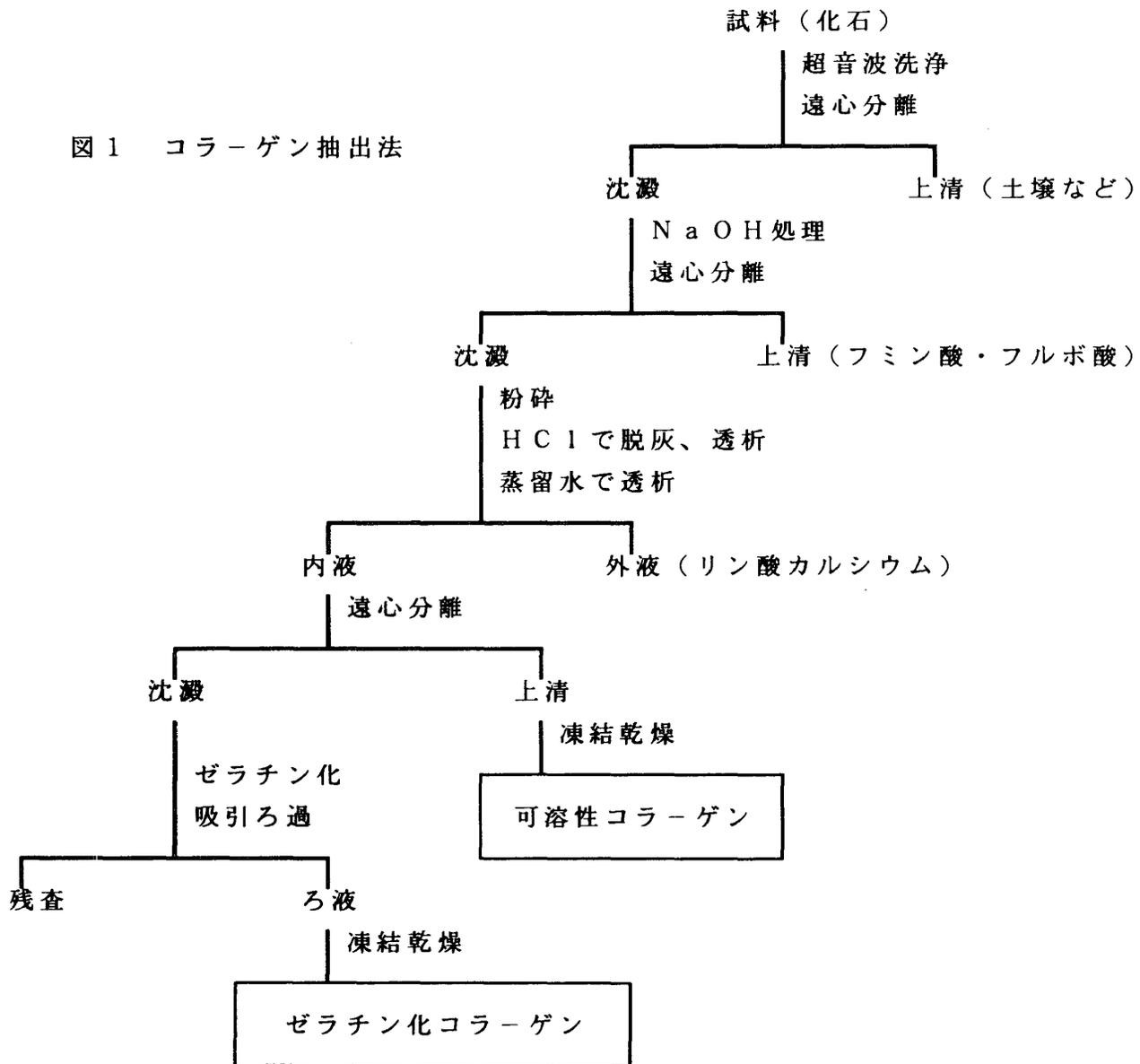
II 測定試料とその調製

1) 測定試料

立が鼻周辺における野尻湖湖底の堆積物の層序は、図2に示されるように、下位より上部更新統の貫ノ木層、下部野尻湖層、中部野尻湖層、上部野尻湖層、そして、完新統のJ列層と現湖底堆積物に区分されている（野尻湖地質グループ，1984;1987;1990）。

測定に使用したナウマンゾウとオオツノシカの化石は下部野尻湖層Ⅲ最下部から上部野尻湖層Ⅰまでの産出試料で、また、材化石は下部野尻湖層Ⅲ最下部からJ列層までの産出試料である。ナウマンゾウやオオツノシカ化石は、それぞれ切歯・臼歯と掌状角の象牙質から抽出したコラーゲンを測定試料とした。

図1 コラーゲン抽出法



2) コラーゲンの抽出

産出化石は、保存の過程で腐植質をはじめとする各種の有機物の汚染を受けている可能性がある。したがって、化石からコラーゲンを抽出して測定試料とする際には、コラーゲンと汚染有機物（おもに腐植質）を完全に分離できる方法をとらなければならない。この研究では、コラーゲン抽出を半透膜を用いて脱灰し、さらにゼラチン化させて回収する方法を用いて行った（図1）。詳細は、沢田ほか（1992）に述べられている。この方法で、可溶性のものとゼラチン化したものの2種のコラーゲンを得ることができる。試料が著しく少ない場合以外は、ゼラチン化コラーゲンだけを測定試料とした。

III 加速器質量分析計による ^{14}C 年代測定法

本研究では、名古屋大学年代測定資料研究センター設置されているタンデトロン加速器質量分析計を用いて ^{14}C 年代測定を行った。求める年代を t とすると、その年代は次式により求められる。

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N_0}{N} = \frac{T_{1/2}}{0.693} \ln \frac{N_0}{N}$$

$T_{1/2}$: 半減期 (5570年)

λ : 壊変定数 (0.693)

N_0 : $t = 0$ のときの ^{14}C の数

N : 試料中の ^{14}C の数

ここで、 ^{14}C 年代値の算出にあたっては、慣例により ^{14}C の半減期としてLibbyの半減期5570年を用いることとした。（中井・中村，1988；中村・中井，1988）。

タンデトロンの測定条件と性能、測定方法の詳細は、中井・中村（1988）中村・中井（1988）の記述と同様であるので、ここでは重複を避けて再述しないこととする。

従来の β 線計数法では、放射壊変の際放出される β 線を計数して ^{14}C 年代を測定する。この場合、 β 線は1mgの現代の炭素から1分間に 1.34×10^{-2} 個しか放出されないので、化石のミリグラムオーダーの試料では計数は不可能である。それに対して ^{14}C そのものを計数する加速器質量分析計による測定の場合は、1mgの現代の炭素に含まれる ^{14}C の原子数は 6×10^7 個であることから、 β 線測定より著しく能率がよいといえる。すなわち、加速器質量分析計の試料炭素の必要量は2~5mgときわめて少量で、 β 線計数法と比較すると、その1,000分の1以下で済むことになる。したがって、これまで不可能とされていた哺乳類の小さな化石片などについての年代測定も可能になり、測定に要する時間も短縮されるという利点がある。

また、測定可能年代の限界という面からみると、 β 線計数法での信頼できる測定年代が3~4万年前までであるのに対して、加速器質量分析計は ^{14}C 計数のバックグラウンドがきわめて低いため、測定年代は6万年前まで可能である（中村・中井，1991）。ただし、5万年前を越える測定値については誤差が大きい。

これらのことから、野尻湖層のように2万年より古いと予想される試料を研究対象とする場合には、加速器質量分析計による年代測定が適しているといえる。

IV 野尻湖層の加速器¹⁴C年代

1) コラーゲン含有率およびC/N比

ナウマンゾウ・オオツノシカの化石の象牙質から抽出されたコラーゲンの収量をコラーゲンの全含有量とし、それを可溶性コラーゲン(S)とゼラチン化コラーゲン(G)に分けて表1に示した。コラーゲン含有率は、試料の保存の程度を示すと考えてよい。この値と¹⁴C年代値との関係は後述する。

C/N比は、抽出物のコラーゲンとしての純度の指標となる。コラーゲンのようにグリシンの含有率の大きなタンパク質では、C/N比は 3.2 ± 0.5 である(Hare and von Endt, 1990)。本研究では、C/N比がその値に近いものを選び、¹⁴C年代の測定試料とし、C/N比が6.0以上のものは汚染の可能性が大きいと考えて、すべて「測定不能(N, D)」として示した(表1)。

2) ¹⁴C年代測定値

加速器質量分析計によるナウマンゾウとオオツノシカの化石のコラーゲンの¹⁴C年代測定結果を表1に、材化石の測定結果を表2に示した。また、年代値と産出層準の関係や従来のβ線計数法による測定結果との比較を図2に示した。おもに測定試料としてゼラチン化コラーゲンを使用した。同一の象牙質から抽出された可溶性コラーゲンについてもいくつか測定した。測定した可溶性コラーゲンの¹⁴C年代測定値は、ゼラチン化コラーゲンの値とよく一致している。

図2からわかるとおり、種・部位によっては、測定結果に多少ばらつきがある。それらは次の3つのパターンに分けることができる。

- (a)コラーゲン含有率の大きい(0.7~4.7%)ナウマンゾウの臼歯の象牙質と材化石が示す年代値
- (b)ナウマンゾウの切歯、オオツノシカの掌状角、コラーゲン含有率の小さい(0.7%未満)ナウマンゾウの臼歯の象牙質が示す若い年代値
- (c)コラーゲン含有率の大きいナウマンゾウの臼歯のいくつかを示す特に他の値から逸脱して古い年代値

この3つのグループに属する¹⁴C年代値は、(a)が30個、(b)が7個、(c)が5個であり、(b)(a)(c)の順に数千年ずつ古くなる。

この3つのグループの中で野尻湖層の¹⁴C年代として信頼できるのは、(a)の示す値であると考えられる。信頼できると判断した根拠は、コラーゲン含有率が大きいこと、C/N比がコラーゲンの値とよく一致すること、測定値の頻度が多いことである。(b)、(c)については、そのような¹⁴C年代値が得られたのは次の要因があると予想される。まず、(b)については、コラーゲンの含有率が小さい、すなわち試料の保存の程度が悪いという

表1 野尻湖層産ナウマンゾウ・オオツノシカ化石の象牙質コラーゲンの¹⁴C年代(沢田ほか, 1992引用)
 S: 可溶性コラーゲン G: セラチン化コラーゲン
 上部野尻湖層I → 上部I 他の層準も同様に表記

産出層準	サンプル 番号	種 部位	コラ- ゲン	コラ-ゲン 含有率(%)	C / N	¹⁴ C年代 (y. B. P)
上部I 上半部	8N-U-13 m-4	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.28 0.77	3.11 3.63	34497 ± 668
上部I 下半部	8N-P-9 m-6	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.52 2.14	3.12 3.65	38314 ± 1403
	8N-P-9 m-1	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.26 0.98	3.21 3.75	38819 ± 1579
	7N-M-18 m-2	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.85 1.30	3.87	42540 ± 1420
	90-L-19 m-4	オオツノシカ 肢骨	S G	0.16 0.14	N, D 5.62	30583 ± 1291
	90-B-11 m-11	オオツノシカ 掌状角	S G	0.33 0.22	4.96 3.99	34355 ± 1345 33659 ± 1850
	90-G-6 m-13	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.49 0.37	4.24	31920 ± 700
中部II	87-L-23 m-1	ナウマンゾウ 臼歯	S G	2.41 1.20	3.79	40130 ± 1080
	9N-G-7 m-18	オオツノシカ 掌状角	S G	1.29 2.29	3.10 3.61	40557 ± 1496
	8N-P-23 m-19	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.64 2.53	3.04 3.55	40772 ± 1197
	90-E-29 m-1	ナウマンゾウ 臼歯	S G	1.26 1.54	3.65	41700 ± 1260
中部I	8N-H-12 m-17	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.31 1.36	3.00 3.49	41516 ± 1023
	90-D-29 m-7	オオツノシカ 足骨	S G	0.16 0.14	5.72 4.46	35405 ± 1550
	90-B-29 m-2	ナウマンゾウ 臼歯	S G	2.77 1.93	3.82	40860 ± 1165
下部III B3	8N-P-13 m-11	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.54 2.97	3.10 3.62	45115 ± 1349
	87-E-18 m-3	ナウマンゾウ 臼歯	S G	1.26 2.88	3.02 3.52	45812 ± 1289
	90-L-16 m-34	ナウマンゾウ 切歯	S G	0.15 0.21	5.30 5.16	35138 ± 906
下部III B2	90-A-20 m-8	ナウマンゾウ 臼歯	S G	2.92 1.12	3.79 3.73	45100 ± 1191
	9N-Q-16 m-22	ナウマンゾウ 臼歯	S G	1.35 4.22	2.94 3.43	42254 ± 989
	87-E-15 m-145	ナウマンゾウ 臼歯	S G	1.80 1.96	4.24 4.10	42671 ± 1120
下部III B1	90-L-16 m-12	ナウマンゾウ 臼歯	S G	1.22 2.06	3.92 3.82	41566 ± 927 42421 ± 1503

産出層準	サンプル 番号	種 部位	コー ゲン	コー 含有率(%)	C / N	¹⁴ C年代 (y.B.P)
下部Ⅲ B 1	8N-C-20 m-1	ナウマンゾウ 臼歯	S G	1.68 1.78	3.64	43351 ± 1164
	87-E-17 m-18	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.29 0.70	3.15 3.68	48799 ± 1950
	90-L-16 m-135	オオツノシカ 掌状角	S G		3.72	41250 ± 1190
下部Ⅲ A 2	87-E-23 m-16	ナウマンゾウ 臼歯	G	<3.54	3.52	43520 ± 1340
	87-I-24 m-10	ナウマンゾウ 切歯	S G	0.63 0.29	4.42 4.32	39944 ± 1043 37250 ± 1280
下部Ⅲ A 1	8N-H-12 m-43	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.43 2.22	2.99 3.48	43307 ± 1200
下部Ⅲ 下部	90-A-29 m-17	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.40 0.58	3.92	43460 ± 1630
	90-N-0 m-10	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.30 0.73	3.58	41770 ± 1470
	90-A-20 m-40	ナウマンゾウ 臼歯	S G	1.24 1.70	3.90	46230 ± 2430
下部Ⅲ 最下部	90-J-4 m-33	ナウマンゾウ 臼歯	S G	0.55 0.48	4.07	43635 ± 920

表2 材化石の¹⁴C年代(沢田ほか, 1992引用)

サンプル 番号	産出層準	¹⁴ C年代 (y.B.P)
8N-H-7 b-16	上部Ⅲ	17460 ± 340
8N-X-18 b-18	上部Ⅲ	16860 ± 250
90-H-7 b-28	上部Ⅱ	28350 ± 350
90-U-14 b-10	上部Ⅰ上半部	32730 ± 1420
90-J-29 b-20	上部Ⅰ下半部	38490 ± 520
90-G-24 b-4	上部Ⅰ下半部	39290 ± 480
8N-H-11 b-40	中部Ⅰ	39420 ± 950
8N-Y-14 b-3	下部ⅢB 2	42550 ± 530
8N-Y-13 b-5	下部ⅢA 2	43070 ± 570
90-N-0 b-12	下部Ⅲ下部	47150 ± 810
90-J-3 b-20	下部Ⅲ最下部	49410 ± 970
90-X-18 b-8	J列層	8260 ± 140

ことから、汚染による年代の若返りを示していると考えられる。(b)にあたるゼラチン化コラーゲンの含有率が0.7%に満たない保存の悪い試料は、(a)にあたる0.7%以上の保存のよい試料と比べて2,000~5,000年ほど新しい値を示している。

(c)のように他の値よりかけはなれた古い年代値については、再堆積した化石試料である場合と古い年代の炭素(Dead carbon)の汚染によるという2つの可能性が考えられる。しかし、後者の場合、多量に汚染されていることになり、ここで扱った処理法では、その可能性は全くないといってよい。むしろ、産出した層準より下位の層準に含まれていた化石が再堆積した二次化石であると考えられる。

ここで、信頼できる測定結果を各層準ごとにわかりやすくまとめると以下のようなになる。

J列層	; 11,000~8,000 y. B. P.
上部野尻湖層Ⅱ・Ⅲ	; 33,000~11,000y. B. P.
上部野尻湖層Ⅰ	; 39,000~33,000y. B. P.
中部野尻湖層	; 41,000~39,000y. B. P.
下部野尻湖層ⅢB・A	; 43,000~41,000y. B. P.
下部野尻湖層Ⅲ下部・最下部	; 49,000~43,000y. B. P.

(a)グループに属する年代値について各々の層準の平均値をとり、それらを結ぶと図2に示された太線が得られる。

ここで、これらの測定結果をβ線計数法による従来の資料と比較すると、その違いは顕著である。図2において太線で示されている曲線は、前述のように、本研究で扱った加速器質量分析計による¹⁴C年代値である。また、従来の野尻湖層の編年のもとになった中村由克・野尻湖発掘調査団(1990)による結果は細線の曲線によって示してある。これらを比較すると、上部野尻湖層Ⅱ、すなわち約23,000y. B. P.までは両者の値はよく一致するが、それより下位のものについては加速器質量分析計による年代値の方が約8,000~15,000年古くなることがわかる。

このように、加速器質量分析計の測定値で約2万年前を越える年代値がβ線計数法にくらべ古い値を示すのは、測定法の特徴や測定試料の前処理や調製の仕方の違いによるという可能性が考えられる。加速器質量分析計による年代値は、材化石とナウマンゾウの臼歯の象牙質コラーゲンとの間でよい一致を示している。しかし、β線計数法による材化石についての測定値とその加速器質量分析計による測定値とは互いに異なる。このことから、試料の種類の違いによる年代値の差ではないと考えられ、従来の23,000y. B. P.を越えるものの値は、取り込まれた新しい炭素の除去が不十分であったためか、または、β線計数法の場合、測定の際バックグラウンドの影響を受けているとみることができよう。

V 野尻湖の火山灰層序学および人類考古学的研究との関係

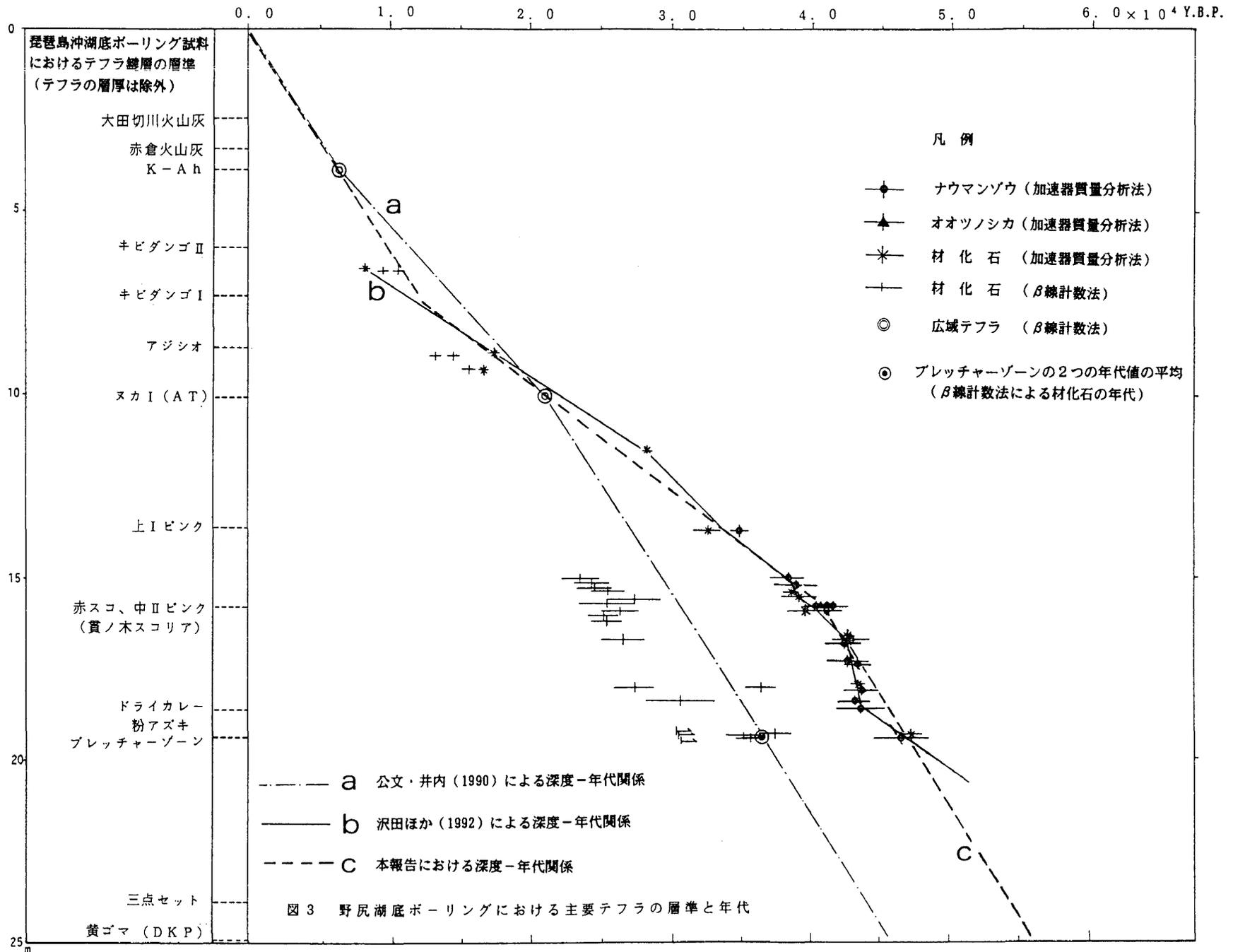
1) 野尻湖の火山灰層序との関係

野尻湖およびその周辺に分布する地層には、特徴ある火山灰やスコリア層が認められており、鍵層として層準の特定に大きな役割を果たしている。それらの相対的な新旧関係は野尻湖発掘調査団の調査でほぼ確定していると言ってよい。しかし、それらの絶対的な年代という点では、数多い β 線計数法による炭素同位体年代には相互に矛盾があり、必ずしも確定していたわけではなかった。

野尻湖地質グループ(1990b)、公文・井内(1990)は、琵琶島沖の湖底でオールコア・ボーリングを行い、野尻湖周辺に見いだされる火山灰鍵層がすべて含まれていることを報告した。また、いくつかの広域テフラの存在も確認した。そして、アカホヤ火山灰(K-Ah)、始良-丹沢火山灰(AT)およびブレッチャーゾーンの年代を基準に、堆積速度を一定と仮定して、ボーリング試料における湖底からの深度から、主要な火山灰の年代を推定した(公文・井内、1990; 図3のa)。深度からは堆積期間が極めて短いテフラの層厚を除外した。野尻湖の湖底堆積物は、テフラ以外は均質なシルト質粘土であり、堆積速度を一定とすることは無理のない仮定である。なぜなら、湖では、沿岸帯を除いて、おもに懸濁運搬による細粒堆積物が堆積していることが一般的であり、現在の野尻湖においても同様である(公文・井内、1987; 1988)。野尻湖底のボーリング試料でも、3398 cmより上では現湖底と同様な細粒の泥質堆積物が卓越している。このような泥質堆積物に限定すれば、堆積速度にはそれほど大きな時間的変化はないものと考えてよいからである。

沢田ほか(1992)が報告した加速器質量分析器による年代測定値を同じ湖底ボーリング柱状図の上に落とすと、図3のbの折れ線となる。湖岸の発掘地と湖底の柱状試料とは、岩相が大きく異なり、厳密にはテフラ鍵層しか対比できないので、年代値の層準には多少問題が残っている。野尻湖層下部ⅢA, Bから産した化石の層準が湖底柱状のどこに対応するのかは、特に難しいところである。この折れ線では、図2の折れ線に比べてかなりスムーズである。上部におけるデータが少ないという問題はあるが、ATやアジシオなどは妥当な年代を示す。中部野尻湖層は、湖底柱状においては一層準で代表される一連のテフラ(赤スコ・中Ⅱピンク)に対応している。その年代値は数多くあるが、よく揃った値であり、中部野尻湖層が短い時間を表しているという湖底ボーリングでの産状と調和的である。

加速器質量分析計で今回測定された年代値は、特定の層準に偏っていることやその層準に不確かさが残ることが弱点である。湖底ボーリング試料では堆積速度を一定と仮定できるという利点があり、相対的新旧関係を定量的に推定できる。両者を組み合わせることで、かなり正確なテフラの年代推定が可能である。つまり、次のように主要なテフラの年代を仮定する。比較的上部の年代については、アカホヤ火山灰の年代として6,300年前(町田・新井, 1978)、ATの年代として21,000年前(町田・新井, 1976)をつかう。中部野尻湖層の年代としては、平均値の41,000年前を用いる。ブレッチャーゾーンの年代値は2つにすぎないが、よく一致した値であり、その平均は46,700年前であ



る。以上4つの層準の間の堆積速度を一定とすると、図3のcの折れ線が得られる。それが現時点ではもっとも正確と考えられる年代を表していると考えられる。

折れ線cの最上部の直線部(節)は、厚密が進んでいないために見かけの堆積速度が大きくなっているものと考えられる。それは本当は徐々に傾斜が緩くなり、2つめの節に移行するものである。2つめの節は赤スコの層準までつづき、比較的小さな堆積速度をもっている。最後の節は、かなり大きな堆積速度を持っている。両者の境界の層準で堆積の中心がポーリング地点から東方に移動していることは判明しており(野尻湖音探グループ、1987)、その違いが堆積速度に反映しているものと考えられる。

この深度-年代関係に基づくと、太田切火山灰が4,000年前、赤倉火山灰が5,450年前、キビダンゴⅡが10,000年前、キビダンゴⅠが12,000年前、アジシオが16,500年前、上Ⅰピンクが33,500年前、ドライカレーが45,000年前、三点セットが53,000年前、黄ゴマ(=DKP, 大山倉吉パミス)が約55,000年前となる。黄ゴマは、DKPと同定されている(早津、1985; 公文・井内、1990)。DKPの年代は46,000~47,000年前と推定されている(町田・新井、1979; Omura, 1986)が、DKPの年代はもう少し古くなる可能性が高い。

この推定線でもかなり問題が残されている。それは、個々の鍵層テフラの年代を正確に出すという視点での試料採取と年代測定が行われておらず、基準とするテフラの年代として使える測定値が少ないことである。今後、このような視点での資料を増やして、鍵層テフラの年代を1つ1つ詰めていく必要がある。

2) 人類考古遺物との関係

野尻湖の立が鼻遺跡では、下部野尻湖層Ⅲから上部野尻湖層Ⅰまでの層準から、石製、骨製、木製の遺物が得られている。この層準におけるナウマンゾウやオオツノシカからなる大型哺乳動物化石に伴っている遺物は一括して「野尻湖文化」としてとらえられている。野尻湖文化の最大の特徴は、石器と同程度に、あるいはそれ以上に骨器が含まれる点にある。石器は、ナイフ形石器文化にみられるような典型的な形態のものが安定してみられないこと、骨器の中には石器の後期旧石器時代以前を代表するクリーヴァーが含まれ、また磨製骨器が欠如することなどの特徴は、野尻湖文化が後期旧石器時代より以前の文化的要素を多くもっていることを示す。

以前より野尻湖文化の編年的位置づけについては多くの検討を重ねてきており、前期旧石器時代から後期旧石器時代の初頭にかけてと考えられきた。β線計数法による¹⁴C年代からは、約4.0~2.4万年前としていた(中村由克・野尻湖人類考古グループ、1990)。年代的にみると新しい方は、ナイフ形石器文化期に属することが予想されていたが、ナイフ形石器文化の典型的な石器がみられないことから、石器群の違いは立が鼻遺跡がキルサイトであるという遺跡の性格の違いによる可能性が検討されてきた。

しかし、加速器¹⁴C年代から、野尻湖文化は、4.9~3.3万年前のものであると考えられる。この年代は、これまでのβ線計数法による¹⁴C年代値よりは不都合な点が少ないと思われる。この加速器¹⁴C年代や野尻湖文化とその直後のナイフ形石器文化の考古学的位置づけから判断して、野尻湖文化は、日本の前期旧石器時代の末期に位置づけられ

と思われる（中村由克・野尻湖人類考古グループ，1992；野尻湖人類考古グループ，1993）。

ユーラシア大陸とアフリカにおいて、 ^{14}C 年代で約4.2～3.3万年前にかけては、前期（中期）旧石器文化と後期旧石器文化の両方がみられ、また、ネアンデルタール人に代表される旧人からクロマニヨン人に代表される新人に移行する時期とされている。野尻湖ではまだ人骨が出土していないが、野尻湖文化の特徴とその年代値は、旧人段階から新人段階への移行期に相当するものであることが予想され、人類史の上からも野尻湖文化の解明はますます重要な意義をもってくるとと思われる。

おわりに

加速器質量分析計を用いた ^{14}C 年代および湖底ボーリング試料に基づき、野尻湖層の年代の再検討を行った。そして、この新しい年代論により、野尻湖の火山灰層序や旧石器時代の人類考古学的研究に新しい解釈が加えられ、また、問題となっていたいくつかのことが明らかになりつつある。今後さらに、本研究の対象となった層準より下位の試料や火山灰鍵層に焦点をあてた年代測定を行い、野尻湖における研究も展開していくことを期待する。

謝辞

この研究を行うにあたり、野尻湖発掘調査団の方々から貴重な試料を提供していただき、さらに、測定結果の解釈について討論していただいた。ここに謝意をあらわす次第である。

参考文献

- Hare, P. E., and von Endt, David., (1990) Variable preservation of organic matter in fossil bone. Annual Report of Director of the Geophysical Laboratory, Carnegie Institute Washington, 1989-1990, Geophysical Laboratory, Washington, D. C., 115-118.
- 早津賢二（1985）妙高火山群－その地質と火山活動史－. 344p. 第一法規出版，東京
- 早津賢二・新井房夫（1980）妙高火山群テフラ地域の第四紀テフラ層－指標テフラ層の記載および火山活動との関係－. 地質学雑誌，86，243-263.
- 早津賢二・永高 賢・田代達雄（1980）黒姫火山・六月火山礫層（RG）の ^{14}C 年代とそれに関係した2・3の問題. 第四紀研究，19，49-51.
- 公文富士夫・井内美郎（1990）中部地方、野尻湖の湖底ボーリング試料と音波反射層との対比. 地質学論集，36，167-178
- 公文富士夫・井内美郎（1987）中部地方，野尻湖底堆積物の粒度分析（予報）. 信州大・理・紀要，22，39-48.
- 公文富士夫・井内美郎（1988）中部地方，野尻湖の湖底堆積物. 碎屑性堆積物の研究，No.5，73-83.

- 公文富士夫・井内美郎（1990）中部地方，野尻湖の湖底ボーリング試料と音波反射層との対比．地質学論集，No. 36，pp. 167-178.
- 町田 洋・新井房夫（1976）広域に分布する火山灰－始良Tn火山灰の発見とその意義－．科学，46，339-347.
- 町田 洋・新井房夫（1978）南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ－アカホヤ火山灰．第四紀研究，17，143-163.
- 町田 洋・新井房夫（1979）大山倉吉軽石層－分布の広域性と第四紀編年上の意義－．地学雑誌，88，313-330.
- 野尻湖地質グループ（1980）野尻湖発掘とその周辺の地質（1976-1978）．地質学論集，19，1-31.
- （1984）野尻湖の層序－野尻湖発掘とその周辺の地質 その3（1979-1983）地団研専報，27，1-21.
- （1987）野尻湖発掘とその周辺の地質 その5（1984-1985）．地団研専報，32，1-21.
- （1990a）野尻湖発掘とその周辺の地質 その6（1986-1988）．地団研専報，37，1-13.
- （1990b）野尻湖におけるボーリング試料の層序とその意義．地団研専報，37，15-20.
- 野尻湖地質グループ音波探査サブグループ（1987）音波探査による野尻湖底堆積物の層序と形成史．地団研専報，32，23-36.
- 野尻湖発掘調査団（1990）野尻湖発掘地の地質層序と古環境．地団研専報，37，161-178.
- 中井信之・中村俊夫（1988）放射性炭素年代測定法．地質学論集，29，235-252.
- 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，29，83-106.
- ・———（1991）加速器法による4万年前より古い試料の ^{14}C 年代測定についての検討．堆積学研究会報，34，27-32.
- 中村由克・野尻湖発掘調査団（1990）野尻湖立が鼻遺跡の旧石器文化と古環境．第四紀研究，28，257-268.
- ・———（1992）長野県仲町遺跡における第6回陸上発掘の成果－前期・後期旧石器時代の石器文化．日本考古学協会第58回総会研究発表会要旨，14-17.
- 野尻湖人類考古グループ（1993）第11次発掘の考古学的成果．野尻湖博物館研究報告，1（印刷中）
- Omura, A., (1986) Age estimation of the Daisen Kurayoshi Pumice using the ^{230}Th - ^{234}U radioactive disequilibrium system. Quaternary Research, 25, 129-132.
- 沢田 健・有田陽子・中村俊夫・秋山雅彦・亀井節夫・中井伸之（1992）加速器質量計を用いた ^{14}C 年代測定による野尻湖層の編年．地球科学，46，133-142.