

附章 I 西迫横穴墓群における自然科学分析

第 1 節 放射性炭素年代測定

(株) 加速器分析研究所

1 はじめに

福島県南相馬市に所在する西迫横穴墓群で出土した試料を対象に、放射性炭素年代測定を実施した。

2 測定対象試料

測定対象試料は、横穴墓から出土した木炭 8 点である (表 53)。全体として時期は 7 ～ 9 世紀頃と推定されている。

3 化学処理工程

- (1) メス・ピンセットを使い、土等の付着物を取り除く。
- (2) 酸 - アルカリ - 酸 (AAA: AcidAlkali Acid) 処理により不純物を化学的に取り除く。その後、超純水で中性になるまで希釈し、乾燥させる。AAA 処理における酸処理では、通常 1mol/l (1M) の塩酸 (HCl) を用いる。アルカリ処理では水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液を用い、0.001M から 1M まで徐々に濃度を上げながら処理を行う。アルカリ濃度が 1M に達した時には「AAA」、1M 未満の場合は「AaA」と表 53 に記載する。
- (3) 試料を燃焼させ、二酸化炭素 (CO_2) を発生させる。
- (4) 真空ラインで二酸化炭素を精製する。
- (5) 精製した二酸化炭素を、鉄を触媒として水素で還元し、グラファイト (C) を生成させる。
- (6) グラファイトを内径 1mm のカソードにハンドプレス機で詰め、それをホイールにはめ込み、測定装置に装着する。

4 測定方法

加速器をベースとした ^{14}C -AMS 専用装置 (NEC 社製) を使用し、 ^{14}C の計数、 ^{13}C 濃度 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)、 ^{14}C 濃度 ($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$) の測定を行う。測定では、米国国立標準局 (NIST) から提供されたシュウ酸 (HOx II) を標準試料とする。この標準試料とバックグラウンド試料の測定も同時に実施する。

5 算出方法

- (1) $\delta^{13}\text{C}$ は、試料炭素の ^{13}C 濃度 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) を測定し、基準試料からのずれを千分偏差 (‰) で表した値である (表 53)。AMS 装置による測定値を用い、表中に「AMS」と注記する。
- (2) ^{14}C 年代 (Libby Age: yrBP) は、過去の大気中 ^{14}C 濃度が一定であったと仮定して測定され、

1950 年を基準年(0yrBP)として遡る年代である。年代値の算出には、Libby の半減期(5568 年)を使用する(Stuiver and Polach1977)。 ^{14}C 年代は $\delta^{13}\text{C}$ によって同位体効果を補正する必要がある。補正した値を表 53 に、補正していない値を参考値として表 54 に示した。 ^{14}C 年代と誤差は、下 1 桁を丸めて 10 年単位で表示される。また、 ^{14}C 年代の誤差($\pm 1 \sigma$)は、試料の ^{14}C 年代がその誤差範囲に入る確率が 68.2%であることを意味する。

- (3) pMC(percent Modern Carbon)は、標準現代炭素に対する試料炭素の ^{14}C 濃度の割合である。pMC が小さい(^{14}C が少ない)ほど古い年代を示し、pMC が 100 以上(^{14}C の量が標準現代炭素と同等以上)の場合 Modern とする。この値も $\delta^{13}\text{C}$ によって補正する必要があるため、補正した値を表 53 に、補正していない値を参考値として表 54 に示した。
- (4) 暦年較正年代とは、年代が既知の試料の ^{14}C 濃度をもとに描かれた較正曲線と照らし合わせ、過去の ^{14}C 濃度変化などを補正し、実年代に近づけた値である。暦年較正年代は、 ^{14}C 年代に対応する較正曲線上の暦年代範囲であり、1 標準偏差($1 \sigma = 68.2\%$)あるいは 2 標準偏差($2 \sigma = 95.4\%$)で表示される。グラフの縦軸が ^{14}C 年代、横軸が暦年較正年代を表す。暦年較正プログラムに入力される値は、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行い、下 1 桁を丸めない ^{14}C 年代値である。なお、較正曲線及び較正プログラムは、データの蓄積によって更新される。また、プログラムの種類によっても結果が異なるため、年代の活用にあたってはその種類とバージョンを確認する必要がある。ここでは、暦年較正年代の計算に、IntCal13 データベース(Reimer et al.2013)を用い、OxCalv4.3 較正プログラム(Bronk Ramsey 2009)を使用した。暦年較正年代については、特定のデータベース、プログラムに依存する点を考慮し、プログラムに入力する値とともに参考値として表 54 に示した。暦年較正年代は、 ^{14}C 年代に基づいて較正(calibrate)された年代値であることを明示するために「calBC/AD」または「calBP」という単位で表される。

6 測定結果

測定結果を表 53・54 に示す。

試料の ^{14}C 年代は、No.2・3 を除く 6 点が $1310 \pm 20\text{yrBP}$ (No.1) から $1220 \pm 20\text{yrBP}$ (No.4) の狭い範囲にまとまる。これら 6 点の暦年較正年代 (1σ) は、最も古い No.1 が 665 ~ 764calAD の間に 3 つの範囲、最も新しい No.4 が 770 ~ 867calAD の間に 3 つの範囲で示される。No.3 はこれらよりやや新しく、 ^{14}C 年代が $1100 \pm 20\text{yrBP}$ 、暦年較正年代 (1σ) が 900 ~ 980calAD の間に 2 つの範囲、No.2 はさらに新しく、 ^{14}C 年代が $970 \pm 20\text{yrBP}$ 、暦年較正年代 (1σ) が 1022 ~ 1147calAD の間に 3 つの範囲となっている。7 ~ 9 世紀頃との推定に対し、No.1・4 ~ 8 は概ね一致するが、No.2・3 は新しい年代値を示した。14 号横穴墓からは、閉塞石上面の No.5 と床面直上層の No.6 が測定され、ほぼ同年代となった。

これらの横穴墓では、追葬の可能性が指摘されるものもあるため、木炭の年代値がどの段階を示すか、層位や出土土器などと合わせて検討する必要がある。また、試料が木炭であるため、次に記す古木効果を考慮する必要がある。

樹木の年輪の放射性炭素年代は、その年輪が成長した年の年代を示す。したがって樹皮直下の最外年輪の年代が、樹木が伐採され死んだ年代を示し、内側の年輪は、最外年輪からの年輪数の分、古い年代値を示すことになる（古木効果）。今回測定された試料はいずれも樹皮が確認されていないことから、試料となった木が死んだ年代は測定された年代値よりも新しい可能性がある。

試料の炭素含有率は、61%（No.8）から71%（No.4）の十分な値で、化学処理、測定上の問題は認められない。

表 53 放射性炭素年代測定結果（ $\delta^{13}\text{C}$ 補正值）

測定番号	試料名	採取場所	試料形態	処理方法	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMS)	$\delta^{13}\text{C}$ 補正あり	
						Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-180275	No.1	4号横穴墓 玄門 31層（床面直上層）木炭	木炭	AAA	-26.32 ± 0.38	1,310 ± 20	84.99 ± 0.24
IAAA-180276	No.2	5号横穴墓 玄室 確認面	木炭	AAA	-23.80 ± 0.32	970 ± 20	88.62 ± 0.24
IAAA-180277	No.3	6号横穴墓 義道 21層（床面直上層）取り上げ No.116	木炭	AAA	-25.56 ± 0.36	1,100 ± 20	87.19 ± 0.24
IAAA-180278	No.4	11号横穴墓 玄門 23層（床面直上層）	木炭	AAA	-25.58 ± 0.35	1,220 ± 20	85.95 ± 0.23
IAAA-180279	No.5	14号横穴墓 義道 閉塞石上面 木炭	木炭	AAA	-28.21 ± 0.38	1,260 ± 20	85.45 ± 0.24
IAAA-180280	No.6	14号横穴墓 玄門 27層（床面直上層）取り上げ No.106 木炭	木炭	AAA	-26.26 ± 0.49	1,260 ± 20	85.51 ± 0.24
IAAA-180281	No.7	15号横穴墓 玄室 11層（床面直上層）取り上げ No.46 木炭	木炭	AAA	-25.37 ± 0.42	1,230 ± 20	85.85 ± 0.24
IAAA-180282	No.8	22号横穴墓 義道 39層（床面直上層）取り上げ No.7 木炭	木炭	AAA	-24.02 ± 0.46	1,270 ± 20	85.40 ± 0.24

[IAA 登録番号：#9102]

表 54 放射性炭素年代測定結果（ $\delta^{13}\text{C}$ 未補正值、暦年較正用 ^{14}C 年代、較正年代）

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ 補正なし		暦年較正用 (yrBP)	1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲
	Age (yrBP)	pMC (%)			
IAAA-180275	1,330 ± 20	84.76 ± 0.23	1,306 ± 22	665calAD-695calAD (42.3%) 702calAD-708calAD (5.0%) 746calAD-764calAD (20.8%)	660calAD-723calAD (67.5%) 740calAD-768calAD (27.9%)
IAAA-180276	950 ± 20	88.83 ± 0.24	970 ± 21	1022calAD-1045calAD (35.2%) 1095calAD-1120calAD (28.2%) 1142calAD-1147calAD (4.7%)	1018calAD-1052calAD (41.0%) 1081calAD-1153calAD (54.4%)
IAAA-180277	1,110 ± 20	87.09 ± 0.23	1,101 ± 22	900calAD - 922calAD (29.0%) 948calAD - 980calAD (39.2%)	891calAD-990calAD (95.4%)
IAAA-180278	1,230 ± 20	85.85 ± 0.23	1,216 ± 21	770calAD - 779calAD (8.2%) 790calAD - 831calAD (34.5%) 837calAD - 867calAD (25.5%)	719calAD-742calAD (9.8%) 766calAD-885calAD (85.6%)
IAAA-180279	1,320 ± 20	84.89 ± 0.23	1,262 ± 22	691calAD - 750calAD (60.7%) 761calAD - 769calAD (7.5%)	671calAD-776calAD (95.4%)
IAAA-180280	1,280 ± 20	85.29 ± 0.22	1,257 ± 22	694calAD - 747calAD (60.6%) 763calAD - 770calAD (7.6%)	673calAD-778calAD (93.1%) 792calAD-802calAD (1.1%) 844calAD-856calAD (1.2%)
IAAA-180281	1,230 ± 20	85.78 ± 0.23	1,225 ± 22	722calAD - 740calAD (14.5%) 767calAD - 779calAD (10.1%) 790calAD - 829calAD (25.4%) 838calAD - 865calAD (18.2%)	695calAD-701calAD (1.2%) 710calAD-745calAD (21.4%) 764calAD-882calAD (72.8%)
IAAA-180282	1,250 ± 20	85.57 ± 0.23	1,268 ± 22	690calAD - 725calAD (43.6%) 739calAD - 752calAD (15.6%) 760calAD - 767calAD (8.9%)	677calAD-772calAD (95.4%)

[参考値]

文献

- Bronk Ramsey, C. 2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon* 51 (1), 337-360
 Reimer, P.J. et al. 2013 IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP, *Radiocarbon* 55 (4), 1869-1887
 Stuiver, M. and Polach, H.A. 1977 Discussion: Reporting of ^{14}C data, *Radiocarbon* 19 (3), 355-363

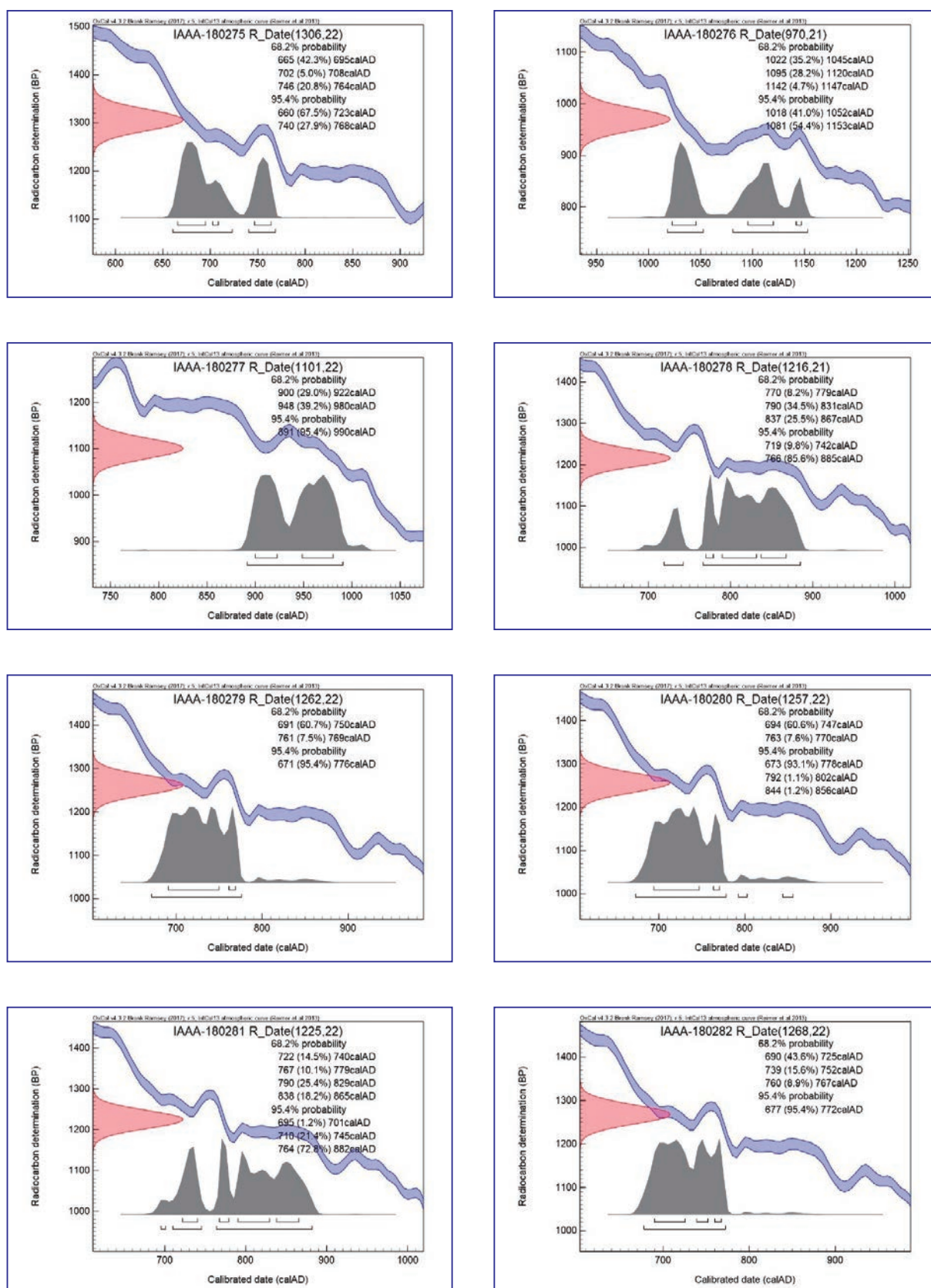


図 146 暦年較正年代グラフ（参考）