

第5章 自然科学分析

第1節 遺構出土炭化物の放射性炭素年代測定

(株) 加速器分析研究所

1. 測定対象試料

亀ヶ岡遺跡は、日本海沿岸部に南北に連なる屏風山砂丘地上に立地する。遺跡は丘陵上から南北の低湿地に広がり、今回試料が採取された調査地点は、沢根 83-8 地点（青森県つがる市木造館岡沢根 83-8、北緯 40° 53′ 04″、東経 140° 20′ 11″）、亀山 36-1 地点（木造亀ヶ岡亀山 36-1、北緯 40° 53′ 04″、東経 140° 20′ 11″）、沢根 83-9 地点（木造館岡沢根 83-9、北緯 40° 53′ 04″、東経 140° 20′ 11″）である。

沢根 83-8 地点は、標高 18m ほどの丘陵上に位置し、竪穴建物跡（1号）とフラスコ状土坑（2号）から出土した炭化物各 1 点を測定対象とした（表 1-1）。竪穴建物跡（1号）の覆土最下層に当たる 11 層（床面直上付近）から 1 号炭化物 No. 1 が出土した。この住居跡の床面付近からは、縄文時代中期中葉頃の円筒上層 d 式土器が出土しているが、テラス状施設を伴う住居跡の特徴を考慮すると、円筒上層 d 式期より遡る可能性もある。フラスコ状土坑（2号）の覆土最下層に当たる 18 層（底面直上付近）から 2 号炭化物 No. 1 が出土した。この土坑および周辺で検出されたフラスコ状土坑からは、いずれも年代の根拠となる遺物が出土していない。

亀山 36-1 地点は、標高 13m ほどの丘陵地上に位置し、土坑墓から採取された炭化物 5 点を測定対象とした（表 1-1）。周辺遺構との比較により、縄文時代晩期中葉（大洞 C1～C2 式期）頃と推定される。

沢根 83-9 地点は、標高 18m ほどの丘陵地上に位置し、フラスコ状土坑から採取された炭化物 2 点を測定対象とした（表 1-1）。出土遺物や周辺の遺構との比較により、縄文時代前期末葉（円筒下層 d 1 式期）頃と推定される。

2. 測定の意義

沢根 83-8 地点では、1 号炭化物 No. 1 の測定により、縄文時代中期中葉頃か、それより遡る可能性のある竪穴建物跡の時期を検討する。2 号炭化物 No. 1 の測定により、年代の根拠となる遺物が出土していないフラスコ状土坑の時期を明らかにする。亀山 36-1 地点、沢根 83-9 地点では、試料が出土した遺構について、時期決定の根拠となる遺物が乏しいため、年代測定により遺構の時期を検討する。

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 : Acid Alkali 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 1 に記載する。
- (3) 試料を燃焼させ、二酸化炭素（CO₂）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¹⁴C-AMS専用装置（NEC社製）を使用し、¹⁴Cの計数、¹³C濃度（¹³C/¹²C）、¹⁴C濃度（¹⁴C/¹²C）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（HOxII）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¹³C濃度（¹³C/¹²C）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1）。AMS装置による測定値を用い、表中に「AMS」と注記する。
- (2) ¹⁴C年代（Libby Age : yrBP）は、過去の大気中¹⁴C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 Polach 1977）。¹⁴C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1-1に、補正していない値を参考値として表1-2に示した。¹⁴C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、¹⁴C年代の誤差（ $\pm 1\sigma$ ）は、試料の¹⁴C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¹⁴C濃度の割合である。pMCが小さい（¹⁴Cが少ない）ほど古い年代を示し、pMCが100以上（¹⁴C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1-1に、補正していない値を参考値として表1-2に示した。
- (4) 暦年較正年代とは、年代が既知の試料の¹⁴C濃度をもとに描かれた較正曲線と照らし合わせ、過去の¹⁴C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、¹⁴C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¹⁴C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¹⁴C年代値である。なお、較正曲線およ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、OxCalv4.2較正プログラム（IAAA-161870、161871）およびOxCalv4.3較正プログラム（IAAA-181228～181234）（いずれも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1-2に示した。暦年較正年代は、¹⁴C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「cal BC/AD」または「cal BP」という単位で表される。

6. 測定結果(表1-1・1-2)

沢根 83-8 地点の竪穴建物跡（1号）出土試料（1号炭化物 No. 1）の¹⁴C年代は $4470 \pm 30\text{yrBP}$ 、暦年較正年代（ 1σ ）は縄文時代中期中葉頃の円筒上層d式もしくはその前後の型式の時期に相当する（小林2017、小林編2008）。フラスコ状土坑（2号）出土試料（2号炭化物 No. 1）の¹⁴C年代は $4650 \pm 30\text{yrBP}$ 、暦年較正年代（ 1σ ）は縄文時代前期末葉の円筒下層d式の時期頃に相当する（小林2017、小林編2008）。

亀山 36-1 地点の土坑墓から出土した試料の¹⁴C年代は、 $3420 \pm 20\text{yrBP}$ （Bトレンチ10号の炭化物 No. 5）から $2760 \pm 20\text{yrBP}$ （Aトレンチ11号の炭化物 No. 5）の間にある。暦年較正年代（ 1σ ）は、最も古いBトレンチ10号の炭化物 No. 5 が $3695 \sim 3636\text{cal BP}$ の範囲、最も新しいAトレンチ11号の炭化物 No. 5 が $2871 \sim 2795\text{cal BP}$ の間に2つの範囲で示される。Aトレンチ6号の炭化物 No. 1 が縄文時代晩期前葉から中葉頃、Aトレンチ11号の炭化物 No. 5 が晩期中葉頃、Aトレンチ22号の炭化物 No. 2

が後期末葉から晩期前葉頃、B トレンチ 5 号の炭化物 No. 1、B トレンチ 10 号の炭化物 No. 5 が後期中葉頃に相当する（小林 2017、小林編 2008）。

沢根 83-9 地点のフラスコ状土坑から出土した試料の ^{14}C 年代は、A トレンチ 6 号の炭化物 No. 2 が $4610 \pm 30\text{yrBP}$ 、A トレンチ 12 号の炭化物 No. 1 が $4790 \pm 20\text{yrBP}$ である。暦年較正年代 (1σ) は、A トレンチ 6 号の炭化物 No. 2 が $5440 \sim 5308\text{cal BP}$ の間に 2 つの範囲で示され、類例が乏しいものの縄文時代前期後葉頃に相当すると見られる。A トレンチ 12 号の炭化物 No. 1 は、 $5586 \sim 5484\text{cal BP}$ の間に 2 つの範囲で示され、縄文時代前期末葉頃に相当する（小林 2017、小林編 2008）。

試料の炭素含有率はいずれも 43% を超えるおおむね適正な値で、化学処理、測定上の問題は認められない。

文献

Bronk Ramsey, C. 2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon* 51(1), 337-360

小林謙一 2017 縄文時代の実年代 一土器型式編年と炭素 14 年代一, 同成社

小林達雄編 2008 総覧縄文土器, 総覧縄文土器刊行委員会, アム・プロモーション

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

表 1-1 放射性炭素年代測定結果 ($\delta^{13}\text{C}$ 補正值)

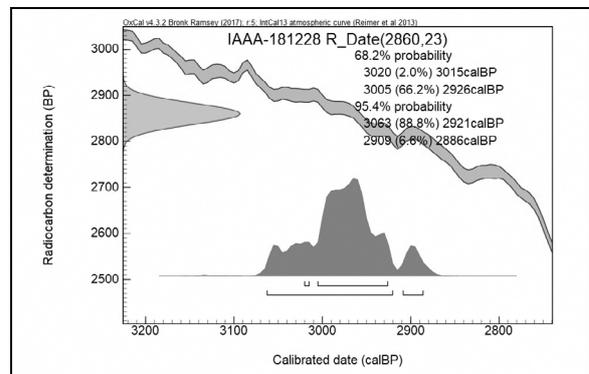
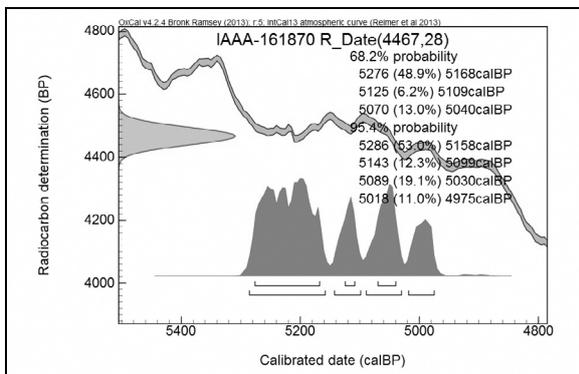
測定番号	試料名	採取場所	試料 形態	処理 方法	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMS)	$\delta^{13}\text{C}$ 補正あり	
						Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-161870	1号炭化物 No.1	沢根 83-8 地点 1号(竪穴建物跡) 11層	炭化物	AAA	-28.03 ± 0.42	4,470 ± 30	57.34 ± 0.20
IAAA-161871	2号炭化物 No.1	沢根 83-8 地点 2号(フラスコ状土坑) 18層	炭化物	AaA	-26.50 ± 0.35	4,650 ± 30	56.08 ± 0.18
IAAA-181228	炭化物 No.1	亀山 36-1 地点 Aトレンチ 6号(土抗墓) 1層	炭化物	AAA	-25.56 ± 0.30	2,860 ± 20	70.04 ± 0.21
IAAA-181229	炭化物 No.5	亀山 36-1 地点 Aトレンチ 11号(土抗墓) 5層	炭化物	AaA	-27.82 ± 0.29	2,760 ± 20	70.96 ± 0.19
IAAA-181230	炭化物 No.2	亀山 36-1 地点 Aトレンチ 22号(土抗墓) 6層	炭化物	AaA	-10.02 ± 0.20	3,030 ± 20	68.59 ± 0.19
IAAA-181231	炭化物 No.1	亀山 36-1 地点 Bトレンチ 5号(土抗墓) 4層	炭化物	AAA	-25.90 ± 0.23	3,290 ± 20	66.40 ± 0.19
IAAA-181232	炭化物 No.5	亀山 36-1 地点 Bトレンチ 10号(土抗墓) 1層	炭化物	AAA	-29.59 ± 0.26	3,420 ± 20	65.36 ± 0.19
IAAA-181233	炭化物 No.2	沢根 83-9 地点 Aトレンチ 6号(フラスコ状土坑) 9層	炭化物	AAA	-28.11 ± 0.22	4,610 ± 30	56.32 ± 0.18
IAAA-181234	炭化物 No.1	沢根 83-9 地点 Aトレンチ 12号(フラスコ状土坑) 16層	炭化物	AAA	-28.73 ± 0.23	4,790 ± 20	55.09 ± 0.17

[IAA 登録番号:#8336, 9274]

表 1-2 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-161870	4,520 ± 30	56.99 ± 0.19	4,467 ± 28	5276calBP - 5168calBP (48.9%) 5125calBP - 5109calBP (6.2%) 5070calBP - 5040calBP (13.0%)	5286calBP - 5158calBP (53.0%) 5143calBP - 5099calBP (12.3%) 5089calBP - 5030calBP (19.1%) 5018calBP - 4975calBP (11.0%)
IAAA-161871	4,670 ± 30	55.90 ± 0.18	4,646 ± 26	5447calBP - 5388calBP (59.2%) 5327calBP - 5318calBP (9.0%)	5465calBP - 5346calBP (80.1%) 5335calBP - 5311calBP (15.3%)
IAAA-181228	2,870 ± 20	69.96 ± 0.20	2,860 ± 23	3020calBP - 3015calBP (2.0%) 3005calBP - 2926calBP (66.2%)	3063calBP - 2921calBP (88.8%) 2909calBP - 2886calBP (6.6%)
IAAA-181229	2,800 ± 20	70.54 ± 0.19	2,756 ± 22	2871calBP - 2840calBP (36.2%) 2828calBP - 2795calBP (32.0%)	2921calBP - 2907calBP (4.3%) 2888calBP - 2782calBP (91.1%)
IAAA-181230	2,780 ± 20	70.71 ± 0.19	3,028 ± 22	3319calBP - 3309calBP (7.6%) 3247calBP - 3179calBP (60.6%)	3337calBP - 3288calBP (21.7%) 3265calBP - 3162calBP (73.7%)
IAAA-181231	3,300 ± 20	66.28 ± 0.19	3,288 ± 23	3560calBP - 3479calBP (68.2%)	3569calBP - 3457calBP (95.4%)
IAAA-181232	3,490 ± 20	64.75 ± 0.18	3,415 ± 23	3695calBP - 3636calBP (68.2%)	3719calBP - 3589calBP (95.4%)
IAAA-181233	4,660 ± 30	55.96 ± 0.17	4,611 ± 25	5440calBP - 5419calBP (39.4%) 5323calBP - 5308calBP (28.8%)	5448calBP - 5386calBP (57.5%) 5328calBP - 5298calBP (37.9%)
IAAA-181234	4,850 ± 20	54.67 ± 0.17	4,788 ± 24	5586calBP - 5580calBP (7.5%) 5528calBP - 5484calBP (60.7%)	5590calBP - 5571calBP (15.0%) 5554calBP - 5472calBP (80.4%)

[参考値]



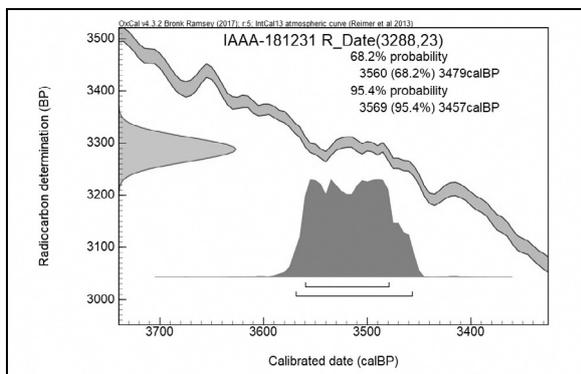
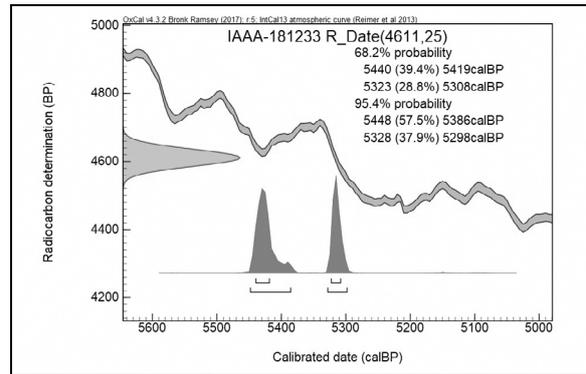
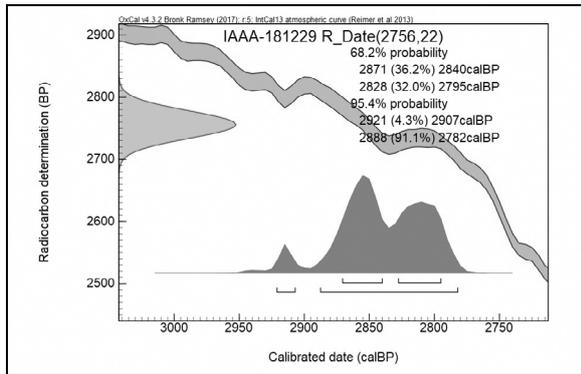
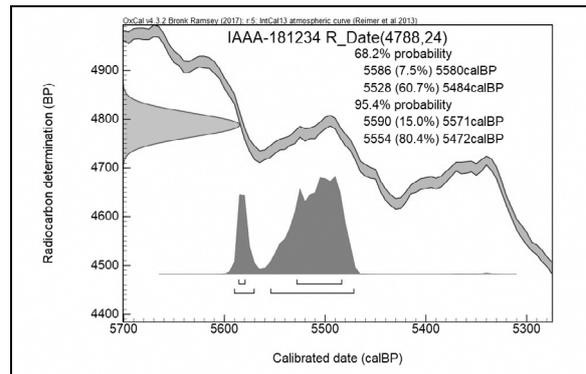
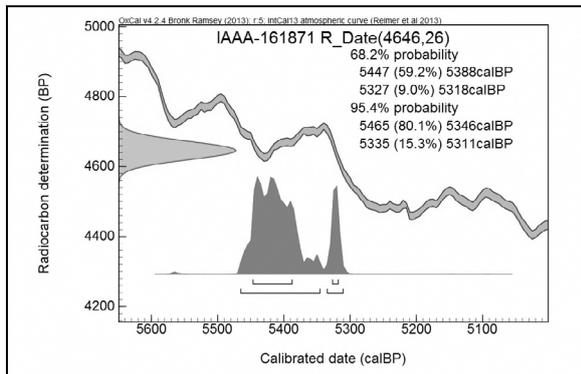
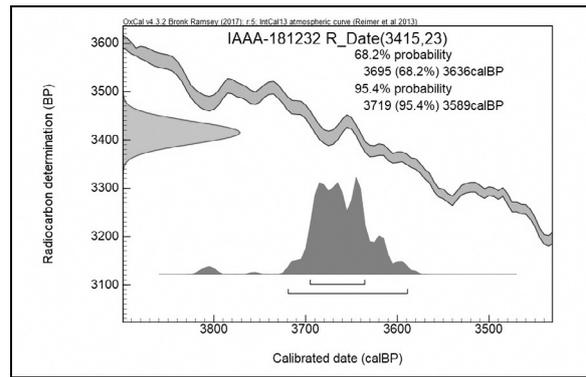
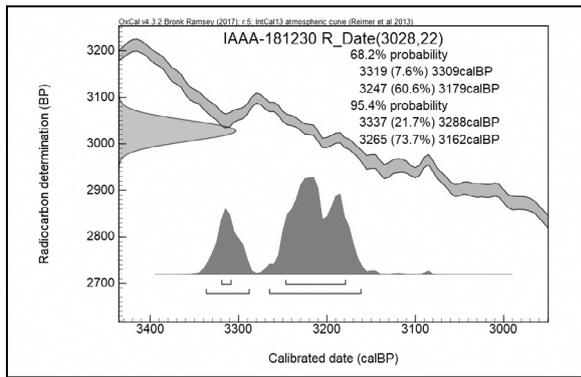


図 1-1 暦年較正年代グラフ (参考)