第 7 節　炭化材・炭化種実の放射性炭素年代（AMS 測定）

株式会社 加速器分析研究所

1. 測定対象試料

谷地遺跡は、宮城県刈田郡蔵王町大字円田字谷地（北緯 38° 06′ 01″、東経 140° 39′ 05″）に所在し、阿武隈川水系白石川圏域の松川左岸、矢附段丘面上に立地する。測定対象試料は、住居跡、炉跡、フラスコ状土坑、遺物包含層から出土した炭化材、炭化種実の合計 23 点である（第 1 表）。試料は調査現場にて土壌ごと採取された。試料 2 ～ 10 については、これらの土壌に対して 1mm 目のふるいによる水洗選別が行われ、回収された。

各遺構、遺物包含層の出土土器は縄文時代中期前半に位置づけられ、大木 7a ～ 8a 式が主体を占めている。

2. 測定の意義

重複して分布する遺構、遺物包含層の年代を明らかにし、集落の存続期間を推定する。また、SK721 フラスコ状土坑出土試料については、各堆積土層の年代を確認し、貯蔵穴の廃絶から埋没までの時間幅を把握する。

3. 化学処理工程

（1）メス・ピンセットを使い、根・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（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}C/^{12}C）、^{14}C 濃度（^{14}C/^{12}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）δ^{13}C は、試料炭素の ^{13}C 濃度（^{13}C/^{12}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（第 1 表）。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 Polach 1977）。^{14}C 年代は δ^{13}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

第 1 表に、補正していない値を参考値として第 2 表に示した。^{14}C 年代と誤差は、下 1 桁を四捨五入して 10 年単位で表示される。また、^{14}C 年代の誤差（± 1 σ）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 δ ^{13}C によって補正する必要があるため、補正した値を第 1 表に、補正していない値を参考値として第 2 表に示した。

（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 σ ＝ 68.2％）あるいは 2 標準偏差（2 σ ＝ 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、δ ^{13}C 補正を行い、下 1 桁を四捨五入しない ^{14}C 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（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第 2 表に示した。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「cal BC/AD」（または「cal BP」）という単位で表される。

6. 測定結果

測定結果を第 1、2 表に示す。

試料 23 点の ^{14}C 年代は、4590 ± 30yrBP（試料 4・12）から 4440 ± 30yrBP（試料 5・7）のかなり狭い範囲に集中する。暦年較正年代（1 σ）は、最も古い試料 4 が 5438 ～ 5298cal BP、最も新しい試料 7 が 5214 ～ 4967cal BP の間に各々 2 つの範囲で示される。谷地遺跡が所在する東北地方南半部の測定例を参照すると、今回測定された 23 点の年代値は縄文時代中期初頭大木 7a 式期から中期中葉大木 8a 式期の事例におおむね一致する。ただし、中期初頭大木 7a 式期、中期前葉大木 7b 式期の事例は乏しいため、不明な部分もある（早瀬 2010）。他地域の検討成果も踏まえて対比すると、やはり中期初頭から中葉頃に相当すると見られる（小林編 2008）。試料が出土した遺構、遺物包含層の出土土器については、大木 7b 式を主体として、大木 7a・8a 式が少数、大木 6 式がごく少数含まれることから、土器が示す考古学編年上の時期に対して、おおむね整合するか、若干古い年代値となっている。

次に、同一の遺構、遺物包含層で複数の試料を測定した SI22・SB611・SX717 について検討する。SI22 出土試料 1・2 は、^{14}C 年代が誤差（± 1 σ）の範囲で近接する。較正年代は、1 σ 暦年代範囲ではわずかに重なる程度だが、2 σ では重なる範囲が少なくない。SB611 出土試料 5・6 は、^{14}C 年代が誤差範囲で一致せず、較正年代の 1 σ 暦年代範囲も重ならないが、2 σ 暦年代範囲では重なる範囲が少なくない。SX717 出土試料 11・12 も SB611 出土試料と同様の傾向を示す。これらの傾向は、今回測定された試料の ^{14}C 年代に対応する暦年較正曲線が、平坦に近い状態で推移することによるもので、^{14}C 年代に表れる見かけの年代差に比べて、較正年代（特に 2 σ 暦年代範囲）の年代差は小さくなる。

また、1 遺構の異なる堆積層から出土した試料を測定した SK721 出土試料 19 ～ 23 は、全試料の ^{14}C 年代が誤差範囲で一致し、較正年代も重なる範囲が多い。上述のように、較正曲線が平坦に近い状態で推移する部分に当たるため、暦年代の絞り込みは難しいが、SK721 においてこれらの試料が出土した層の堆積は短期間

第１表　放射性炭素年代測定結果（δ ^{13}C 補正値）

測定番号	試料名	採取場所	試料形態	処理方法	δ ^{13}C（‰）（AMS）	δ ^{13}C 補正あり	
						Libby Age（yrBP）	pMC（%）
IAAA-140962	1（YT-C-045）	SI22 竪穴住居跡 堆積土２層	炭化材	AAA	-25.82 ± 0.57	4,510 ± 30	57.03 ± 0.19
IAAA-140963	2（YT-C-047）	SI22 竪穴住居跡 堆積土２層	炭化材	AAA	-27.79 ± 0.48	4,450 ± 30	57.48 ± 0.21
IAAA-140964	3（YT-C-081）	SX361 遺物包含層 堆積土（焼骨片集中）	炭化種実	AAA	-21.05 ± 0.49	4,540 ± 30	56.85 ± 0.19
IAAA-140965	4（YT-C-170）	SB256 掘立柱建物跡 P9 柱穴　抜取痕跡（焼骨片集中）	炭化材	AAA	-22.18 ± 0.45	4,590 ± 30	56.44 ± 0.20
IAAA-140966	5（YT-C-108）	SB611 掘立柱建物跡 床面直上（炉跡 F4）	炭化材	AaA	-25.92 ± 0.44	4,440 ± 30	57.51 ± 0.20
IAAA-140967	6（YT-C-112）	SB611 掘立柱建物跡 床面直上（炉跡 F4，焼骨片集中）	炭化材	AAA	-28.49 ± 0.45	4,550 ± 30	56.78 ± 0.20
IAAA-140968	7（YT-C-067）	SX4 竪穴状遺構 堆積土４層(炭化物層,焼骨片集中)	炭化材	AaA	-28.11 ± 0.33	4,440 ± 30	57.57 ± 0.19
IAAA-140969	8（YT-C-075）	SX17 遺物包含層 堆積土１層（焼骨片集中）	炭化材	AAA	-21.67 ± 0.60	4,500 ± 30	57.13 ± 0.20
IAAA-140970	9（YT-C-086）	SB358 掘立柱建物跡 SX304 炉跡 底面（焼面上面，焼骨片集中）	炭化材	AaA	-24.37 ± 0.50	4,510 ± 30	57.05 ± 0.19
IAAA-140971	10（YT-C-090）	SX361 遺物包含層 堆積土（焼骨片集中）	炭化材	AaA	-25.17 ± 0.50	4,540 ± 30	56.82 ± 0.20
IAAA-140972	11（YT-C-186）	SX717 遺物包含層 堆積土１層(S12 W12,骨片混入黒色土)	炭化材	AAA	-24.92 ± 0.45	4,490 ± 30	57.17 ± 0.20
IAAA-140973	12（YT-C-187）	SX717 遺物包含層 堆積土２層（Pot597 内）	炭化材	AAA	-18.64 ± 0.44	4,590 ± 30	56.51 ± 0.20
IAAA-140974	13（YT-C-120）	SK91 フラスコ状土坑 堆積土 17 層下部	炭化材	AAA	-20.67 ± 0.37	4,530 ± 30	56.90 ± 0.19
IAAA-140975	14（YT-C-122）	SK108 フラスコ状土坑 底面付近	炭化材	AAA	-22.77 ± 0.46	4,540 ± 30	56.81 ± 0.20
IAAA-140976	15（YT-C-126）	SK116 フラスコ状土坑 底面（Pot123 下）	炭化材	AAA	-24.93 ± 0.38	4,520 ± 30	57.00 ± 0.19
IAAA-140977	16（YT-C-128）	SK126 フラスコ状土坑 堆積土 16 層	炭化材	AAA	-23.01 ± 0.55	4,480 ± 30	57.26 ± 0.20
IAAA-140978	17（YT-C-131）	SK315 フラスコ状土坑 堆積土９層	炭化材	AaA	-25.22 ± 0.54	4,500 ± 30	57.09 ± 0.20
IAAA-140979	18（YT-C-134）	SK612 フラスコ状土坑 堆積土下層（深鉢底部内）	炭化材	AAA	-29.63 ± 0.48	4,510 ± 30	57.03 ± 0.19
IAAA-140980	19（YT-C-136）	SK721 フラスコ状土坑 堆積土３層	炭化材	AAA	-26.66 ± 0.48	4,550 ± 30	56.78 ± 0.20
IAAA-140981	20（YT-C-138）	SK721 フラスコ状土坑 堆積土５層	炭化材	AaA	-25.45 ± 0.44	4,520 ± 30	56.98 ± 0.19
IAAA-140982	21（YT-C-141）	SK721 フラスコ状土坑 堆積土 10 層	炭化材	AaA	-24.64 ± 0.42	4,540 ± 30	56.81 ± 0.20
IAAA-140983	22（YT-C-145）	SK721 フラスコ状土坑 堆積土 15 層	炭化材	AaA	-23.10 ± 0.44	4,530 ± 30	56.89 ± 0.20
IAAA-140984	23（YT-C-150）	SK721 フラスコ状土坑 堆積土 20 層	炭化材	AaA	-20.78 ± 0.49	4,550 ± 30	56.76 ± 0.19

[#6756]

に進行した可能性がある。

試料の炭素含有率を確認すると、試料 10 を除く 22 点はすべて 50％を超える適正な値であった。試料 10 は、1 辺 2mm 以下の微細な炭化物粒 4 個程度を試料としており、これに灰色の鉱物粒と見られるものが付着していたが、完全に除去することが困難だった。炭素含有率は 8％という低い値となっており、測定された炭素の由来に注意を要する。

第 2-1 表　放射性炭素年代測定結果（δ ^{13}C 未補正値，暦年校正用 ^{14}C 年代，較正年代）（1）

測定番号	δ ^{13}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-140962（試料 1）	4,530 ± 30	56.93 ± 0.18	4,512 ± 27	5292calBP- 5270calBP（10.5%） 5221calBP- 5216calBP（ 2.3%） 5185calBP- 5119calBP（31.5%） 5113calBP- 5064calBP（24.0%）	5300calBP- 5212calBP（31.9%） 5195calBP- 5049calBP（63.5%）
IAAA-140963（試料 2）	4,490 ± 30	57.15 ± 0.21	4,447 ± 29	5265calBP- 5222calBP（13.0%） 5215calBP- 5186calBP（14.1%） 5117calBP- 5114calBP（ 0.7%） 5059calBP- 4973calBP（40.3%）	5283calBP- 5161calBP（38.7%） 5140calBP- 5102calBP（ 6.5%） 5085calBP- 4959calBP（48.0%） 4929calBP- 4910calBP（ 1.3%） 4902calBP- 4891calBP（ 0.8%）
IAAA-140964（試料 3）	4,470 ± 30	57.31 ± 0.19	4,537 ± 27	5307calBP- 5277calBP（20.3%） 5167calBP- 5127calBP（25.2%） 5108calBP- 5071calBP（22.7%）	5313calBP- 5257calBP（26.2%） 5249calBP- 5232calBP（ 2.9%） 5225calBP- 5213calBP（ 2.5%） 5189calBP- 5053calBP（63.8%）
IAAA-140965（試料 4）	4,550 ± 30	56.77 ± 0.19	4,594 ± 28	5438calBP- 5420calBP（22.9%） 5322calBP- 5298calBP（45.3%）	5448calBP- 5386calBP（35.1%） 5328calBP- 5283calBP（52.9%） 5160calBP- 5140calBP（ 4.3%） 5102calBP- 5085calBP（ 3.1%）
IAAA-140966（試料 5）	4,460 ± 30	57.40 ± 0.19	4,443 ± 28	5260calBP- 5244calBP（ 5.1%） 5235calBP- 5224calBP（ 3.5%） 5214calBP- 5188calBP（13.3%） 5056calBP- 4971calBP（46.3%）	5280calBP- 5163calBP（34.6%） 5135calBP- 5105calBP（ 4.9%） 5077calBP- 4958calBP（52.5%） 4931calBP- 4887calBP（ 3.4%）
IAAA-140967（試料 6）	4,600 ± 30	56.38 ± 0.19	4,546 ± 28	5310calBP- 5280calBP（25.6%） 5164calBP- 5135calBP（22.1%） 5106calBP- 5076calBP（20.4%）	5316calBP- 5259calBP（31.1%） 5244calBP- 5235calBP（ 1.4%） 5224calBP- 5214calBP（ 1.8%） 5188calBP- 5054calBP（61.1%）
IAAA-140968（試料 7）	4,490 ± 30	57.20 ± 0.19	4,435 ± 26	5214calBP- 5190calBP（10.8%） 5054calBP- 4967calBP（57.4%）	5276calBP- 5168calBP（24.1%） 5125calBP- 5109calBP（ 2.0%） 5070calBP- 4956calBP（62.2%） 4936calBP- 4880calBP（ 7.0%）
IAAA-140969（試料 8）	4,440 ± 30	57.51 ± 0.19	4,497 ± 28	5283calBP- 5214calBP（28.1%） 5190calBP- 5161calBP（12.7%） 5139calBP- 5103calBP（15.3%） 5083calBP- 5054calBP（12.1%）	5294calBP- 5045calBP（95.4%）
IAAA-140970（試料 9）	4,500 ± 30	57.12 ± 0.19	4,509 ± 27	5290calBP- 5266calBP（10.3%） 5242calBP- 5238calBP（ 1.4%） 5222calBP- 5215calBP（ 3.0%） 5186calBP- 5060calBP（53.5%）	5299calBP- 5211calBP（32.3%） 5197calBP- 5048calBP（63.1%）
IAAA-140971（試料 10）	4,540 ± 30	56.80 ± 0.20	4,540 ± 28	5309calBP- 5278calBP（21.7%） 5166calBP- 5128calBP（24.4%） 5108calBP- 5072calBP（22.1%）	5314calBP- 5257calBP（27.5%） 5250calBP- 5232calBP（ 3.0%） 5225calBP- 5213calBP（ 2.4%） 5189calBP- 5053calBP（62.6%）
IAAA-140972（試料 11）	4,490 ± 30	57.18 ± 0.20	4,491 ± 28	5281calBP- 5213calBP（30.7%） 5193calBP- 5163calBP（13.5%） 5135calBP- 5105calBP（13.2%） 5076calBP- 5052calBP（10.8%）	5295calBP- 5041calBP（95.4%）
IAAA-140973（試料 12）	4,480 ± 30	57.24 ± 0.19	4,585 ± 28	5438calBP- 5420calBP（15.4%） 5322calBP- 5290calBP（52.8%）	5447calBP- 5405calBP（20.5%） 5327calBP- 5278calBP（56.8%） 5165calBP- 5129calBP（ 9.9%） 5108calBP- 5072calBP（ 8.2%）
IAAA-140974（試料 13）	4,460 ± 30	57.41 ± 0.18	4,529 ± 26	5303calBP- 5275calBP（16.3%） 5179calBP- 5174calBP（ 2.0%） 5169calBP- 5123calBP（26.3%） 5110calBP- 5068calBP（23.6%）	5309calBP- 5213calBP（30.5%） 5190calBP- 5053calBP（64.9%）
IAAA-140975（試料 14）	4,510 ± 30	57.06 ± 0.19	4,542 ± 28	5309calBP- 5278calBP（22.8%） 5165calBP- 5130calBP（23.8%） 5107calBP- 5073calBP（21.6%）	5315calBP- 5257calBP（28.6%） 5249calBP- 5232calBP（ 2.6%） 5225calBP- 5213calBP（ 2.2%） 5189calBP- 5053calBP（62.0%）

[参考値]

第 2-2 表　放射性炭素年代測定結果（δ ^{13}C 未補正値，暦年校正用 ^{14}C 年代，較正年代）（2）

測定番号	δ ^{13}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-140976（試料 15）	4,510 ± 30	57.01 ± 0.18	4,515 ± 26	5295calBP- 5271calBP（11.7%） 5221calBP- 5218calBP（ 1.0%） 5184calBP- 5120calBP（31.5%） 5112calBP- 5065calBP（24.0%）	5301calBP- 5212calBP（31.3%） 5192calBP- 5051calBP（64.1%）
IAAA-140977（試料 16）	4,450 ± 30	57.49 ± 0.19	4,479 ± 27	5277calBP- 5167calBP（50.4%） 5126calBP- 5109calBP（ 7.5%） 5070calBP- 5047calBP（10.3%）	5288calBP- 5155calBP（56.2%） 5145calBP- 5037calBP（35.4%） 5006calBP- 4980calBP（ 3.8%）
IAAA-140978（試料 17）	4,510 ± 30	57.06 ± 0.19	4,502 ± 27	5285calBP- 5260calBP（11.5%） 5244calBP- 5234calBP（ 4.3%） 5224calBP- 5214calBP（ 4.5%） 5188calBP- 5158calBP（13.9%） 5142calBP- 5100calBP（19.3%） 5088calBP- 5055calBP（14.7%）	5297calBP- 5211calBP（33.1%） 5203calBP- 5047calBP（62.3%）
IAAA-140979（試料 18）	4,590 ± 30	56.48 ± 0.18	4,511 ± 27	5291calBP- 5270calBP（10.0%） 5221calBP- 5215calBP（ 2.6%） 5185calBP- 5120calBP（31.6%） 5112calBP- 5064calBP（24.0%）	5300calBP- 5212calBP（32.0%） 5195calBP- 5049calBP（63.4%）
IAAA-140980（試料 19）	4,570 ± 30	56.59 ± 0.19	4,546 ± 27	5310calBP- 5280calBP（25.9%） 5164calBP- 5135calBP（22.2%） 5105calBP- 5076calBP（20.1%）	5315calBP- 5260calBP（31.5%） 5244calBP- 5236calBP（ 1.2%） 5224calBP- 5214calBP（ 1.6%） 5188calBP- 5054calBP（61.2%）
IAAA-140981（試料 20）	4,530 ± 30	56.93 ± 0.18	4,517 ± 26	5297calBP- 5271calBP（12.5%） 5184calBP- 5120calBP（31.5%） 5112calBP- 5065calBP（24.2%）	5301calBP- 5213calBP（31.1%） 5191calBP- 5052calBP（64.3%）
IAAA-140982（試料 21）	4,540 ± 30	56.84 ± 0.19	4,543 ± 27	5309calBP- 5279calBP（23.6%） 5164calBP- 5132calBP（23.2%） 5107calBP- 5074calBP（21.4%）	5315calBP- 5259calBP（29.5%） 5245calBP- 5234calBP（ 1.7%） 5225calBP- 5214calBP（ 1.9%） 5189calBP- 5054calBP（62.3%）
IAAA-140983（試料 22）	4,500 ± 30	57.10 ± 0.19	4,531 ± 27	5305calBP- 5275calBP（17.1%） 5179calBP- 5174calBP（ 1.9%） 5169calBP- 5123calBP（25.9%） 5110calBP- 5068calBP（23.3%）	5310calBP- 5213calBP（31.3%） 5190calBP- 5053calBP（64.1%）
IAAA-140984（試料 23）	4,480 ± 30	57.25 ± 0.19	4,549 ± 27	5312calBP- 5280calBP（27.9%） 5163calBP- 5135calBP（21.2%） 5105calBP- 5076calBP（19.2%）	5317calBP- 5262calBP（33.6%） 5243calBP- 5236calBP（ 0.9%） 5224calBP- 5215calBP（ 1.3%） 5188calBP- 5055calBP（59.5%）

[参考値]

文献

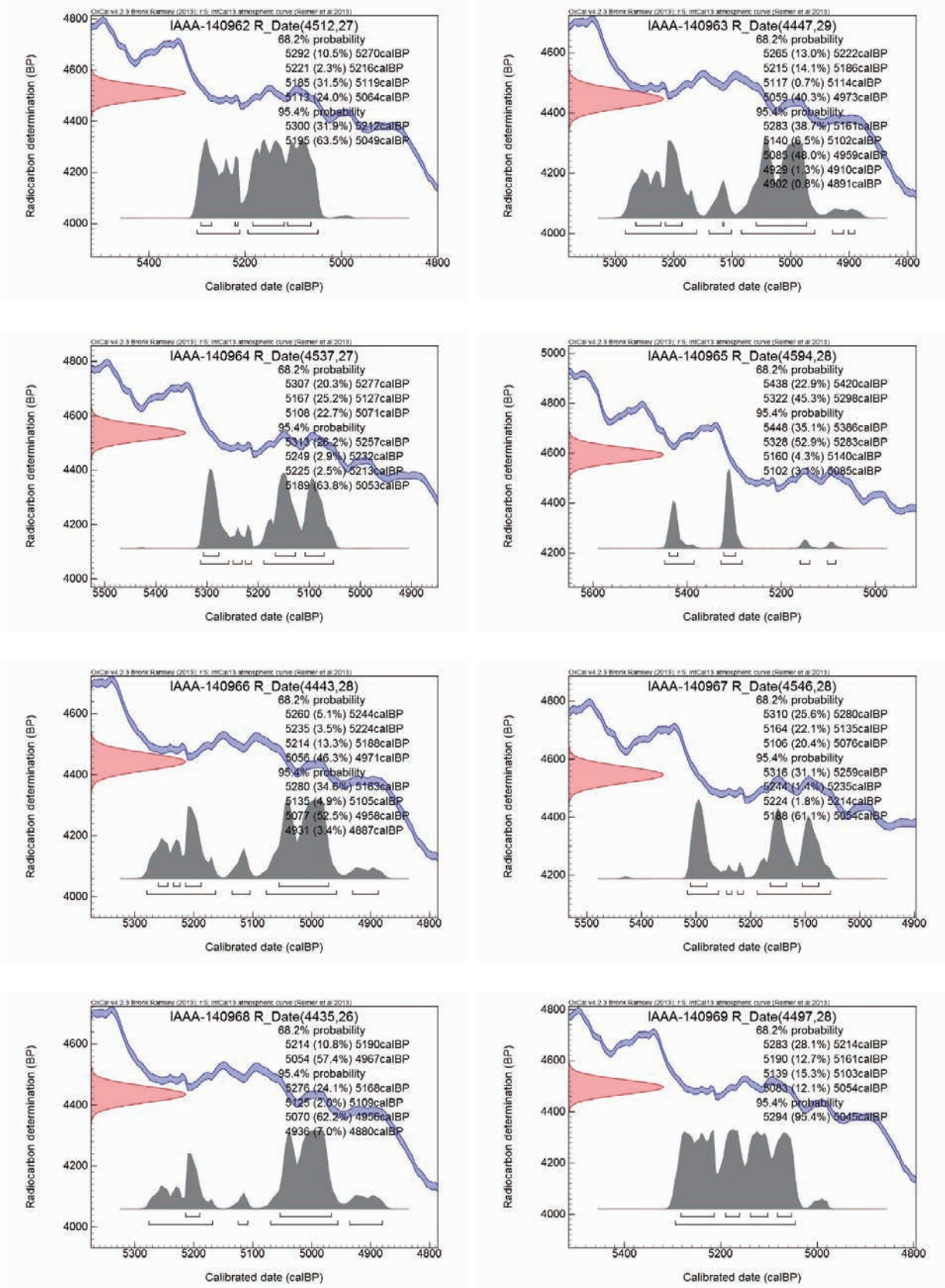
Bronk Ramsey, C. 2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates, Radiocarbon 51（1）, 337-360

早瀬亮介 2010 東北地方縄文時代の ^{14}C 年代　―南半部の事例集成を中心に―, 平成 22 年度日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究（B）公開シンポジウム予稿集 河川流域の縄紋景観 , 79-90

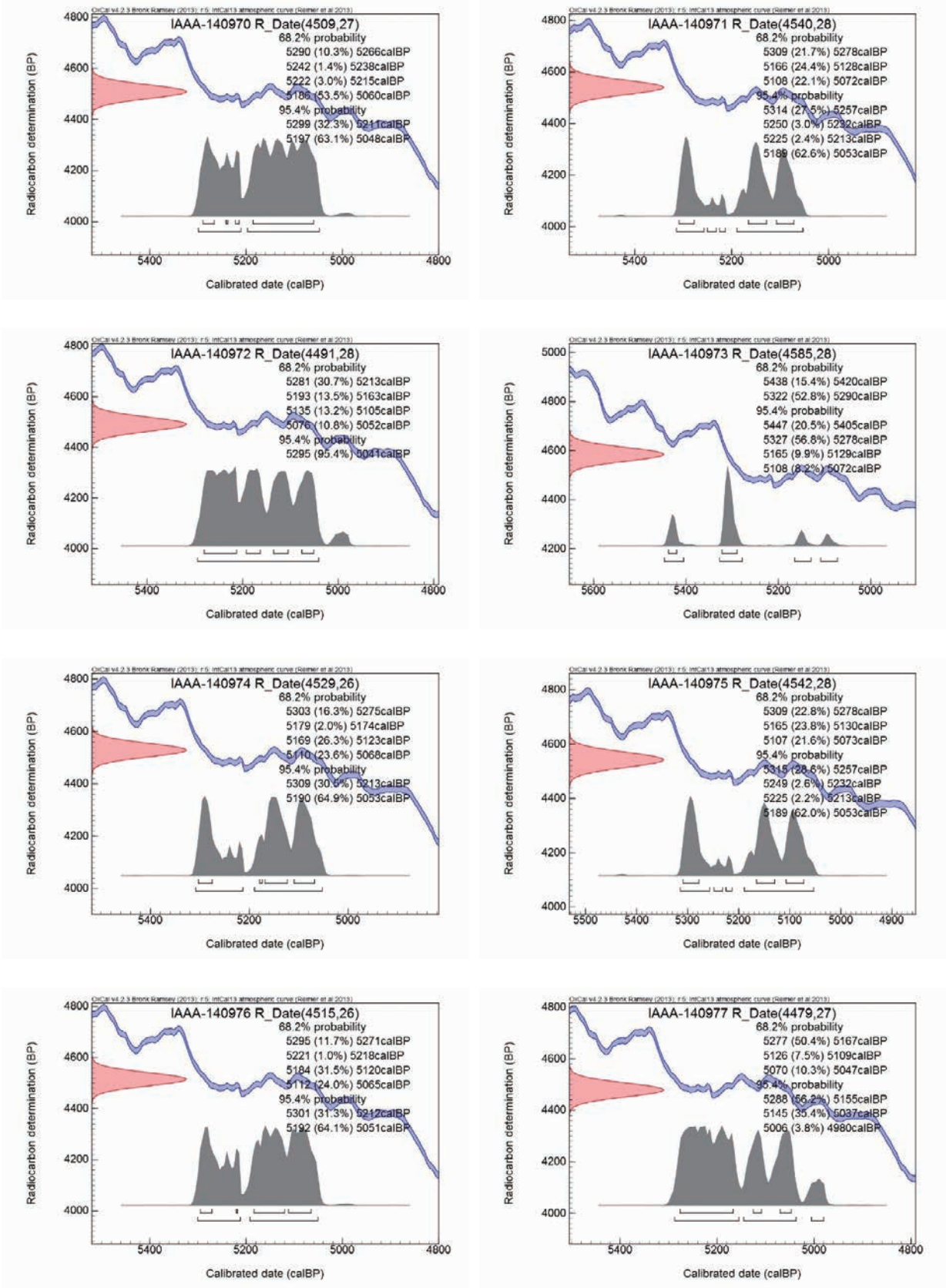
小林達雄編 2008 総覧縄文土器 , 総覧縄文土器刊行委員会 , アム・プロモーション

Reimer, P.J. et al. 2013 IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP, Radiocarbon 55（4）, 1869-1887

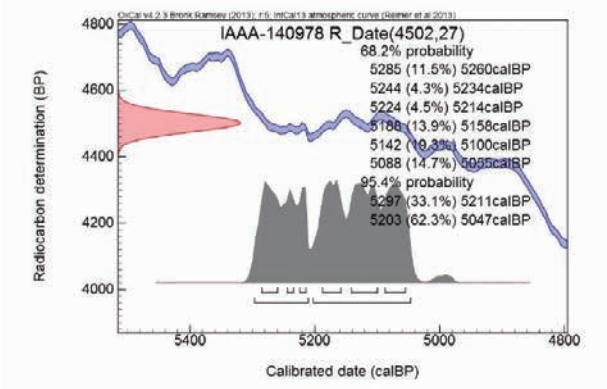
Stuiver, M. and Polach, H.A. 1977 Discussion: Reporting of ^{14}C data, Radiocarbon 19（3）, 355-363

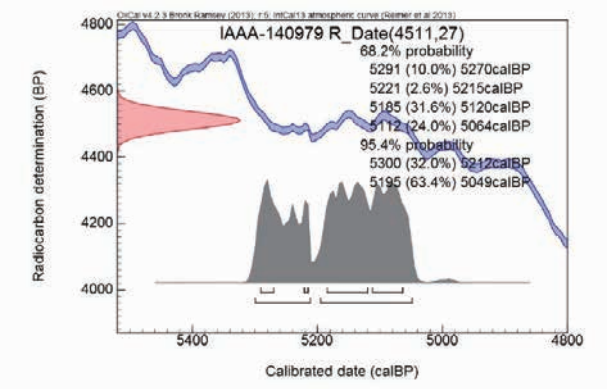


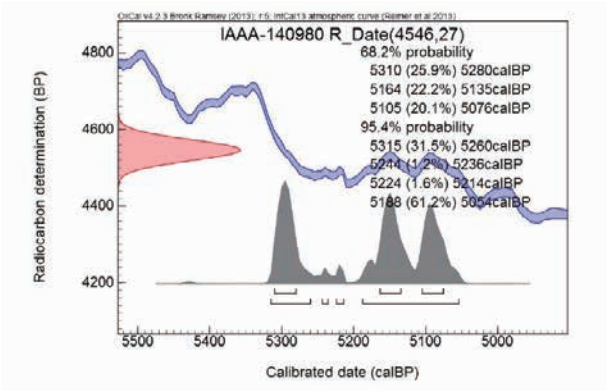
第 1-1 図　［参考］暦年較正年代グラフ（1）

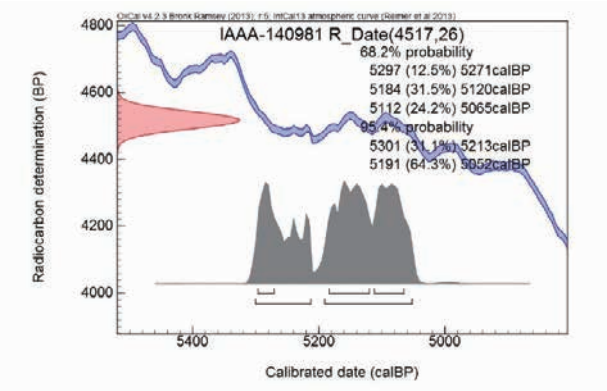


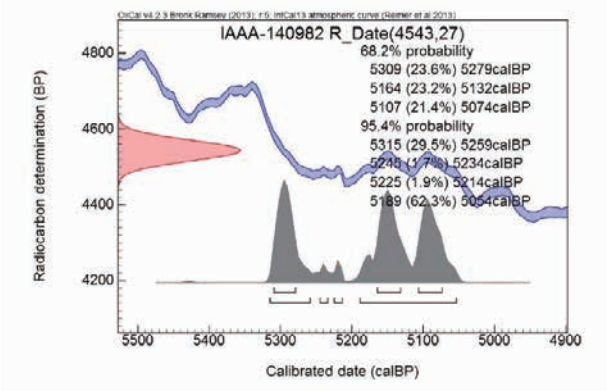
第 1-2 図　［参考］暦年較正年代グラフ（2）

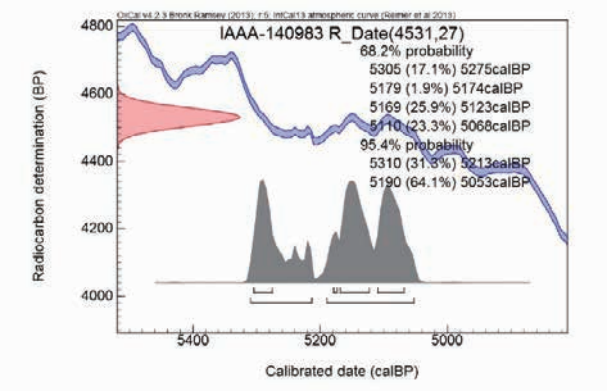


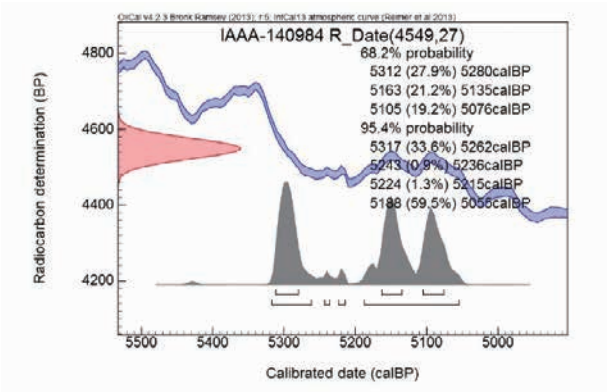




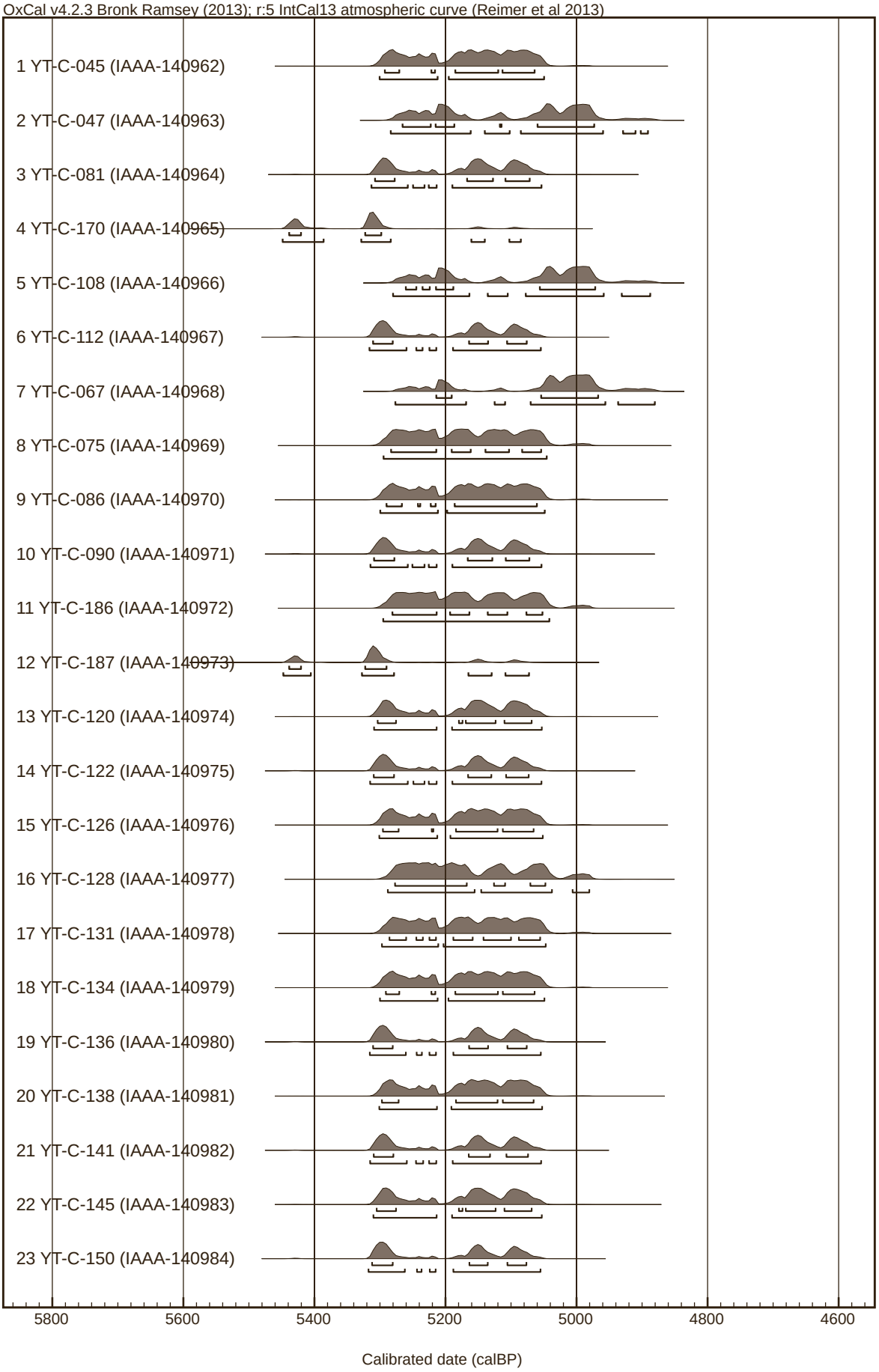








第 1-3 図　［参考］暦年較正年代グラフ（3）



第 2 図　暦年較正年代マルチプロット図