

# 薬師寺食堂と西大寺旧境内における放射性炭素年代測定

—第500次・第505次

## 1 はじめに

本稿は、2012年度におこなわれた薬師寺食堂（第500次）と西大寺金堂院（第505次）の発掘調査において出土した炭化物および木片の放射性炭素年代測定（AMS）結果の報告である。両寺院は、奈良時代の創建以後、度重なる罹災によって焼失や再建を繰り返していたことがわかっている。これらの年代は、文献史料に記されている場合もあるが、そうでない場合も多い。薬師寺食堂については、造営年代と最終的な廃絶年代が不明で、特に後者は遺物からも手がかりが少ない状況にあった。また、西大寺金堂院についても、『七大寺巡礼私記』によれば12世紀半ばにはすでに廃絶していたようであるが、廃絶の具体的な時期については不明であった。そのため、これらの問題に関わると考えられる遺構の埋土の炭化物を複数採取し、加速器分析研究所に依頼して、放射性炭素年代測定を実施した。なお、次章および図表は、加速器分析研究所の報告書を再構成したものである。

（芝康次郎・諫早直人）

## 2 年代測定の方法

**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おこなう。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Ⅲ-8に記載する。③試料を燃焼させ、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）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。

**測定方法** 加速器をベースとした<sup>14</sup>C-AMS専用装置

（NEC社製）を使用し、<sup>14</sup>Cの計数、<sup>13</sup>C濃度（<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C）、<sup>14</sup>C濃度（<sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C）の測定をおこなう。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。

**算出方法** ① $\delta^{13}\text{C}$ は、試料炭素の<sup>13</sup>C濃度（<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>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。

②<sup>14</sup>C年代（Libby Age：yrBP）は、過去の大気中<sup>14</sup>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<sup>1)</sup>。<sup>14</sup>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。補正値を表Ⅲ-8に、未補正の値を表Ⅲ-9に示した。<sup>14</sup>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、<sup>14</sup>C年代の誤差（ $\pm 1\sigma$ ）は、試料の<sup>14</sup>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。

③pMC（percent Modern Carbon）は、標準現代炭素に対する試料炭素の<sup>14</sup>C濃度の割合である。pMCが小さい（<sup>14</sup>Cが少ない）ほど古い年代を示し、pMCが100以上（<sup>14</sup>Cの量が標準現代炭素と同等以上）の場合Modernとする。

④暦年較正年代とは、年代が既知の試料の<sup>14</sup>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<sup>14</sup>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、<sup>14</sup>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<sup>14</sup>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、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正をおこない、下1桁を丸めない<sup>14</sup>C年代値である。ここでは、暦年較正年代の計算に、IntCal09データベース<sup>2)</sup>を用い、OxCalv4.2較正プログラム<sup>3)</sup>を使用した。暦年較正年代は、<sup>14</sup>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。

（加速器分析研究所報告書より）

## 3 測定試料と年代測定の結果

**薬師寺食堂（500次）** 採取した試料は5点である。3点は食堂基壇の周囲をめぐる石敷の埋土から出土した炭化物である。2点は南面石敷SX3055、1点は北面石敷

SX3056から得られたものである。残りの2点は、食堂基壇版築中に見られた炭層から出土した木炭である。前者3点からは、食堂の廃絶年代が、後者2点からは同創建年代が得られることが期待された。測定の結果、前者3点のうち、2点については化学処理の過程で十分な炭素量が得られず、測定できなかった。1点は、測定年代で $1680 \pm 20$ yrBPが得られ、暦年較正で4～5世紀の年代となった。後2者は、 $1440 \pm 20$ 、 $1300 \pm 20$  yrBPが得られ、暦年較正で1つは7世紀半ば、もう1つは7世紀半ばから8世紀半ばの年代となった。(芝)

**西大寺金堂院 (505次)** 採取した試料は7点である。5点は西大寺金堂院と関連する遺構から出土したもので、金堂院軒廊南雨落溝SD1085埋土から出土した炭化物2点と、軒廊と西面回廊の接続部分を横断する石敷き南北溝SD1110埋土から出土した木炭3点である。残りの2点は下層3期の整地直下で確認された樹皮敷きSX1096から出土した木炭と樹皮付着木片(ヒノキ属)である。前者5点からは西大寺金堂院の廃絶年代が、後者2点からは西大寺造営直前にあたる下層3期の整地がおこなわれた年代が得られることが期待された。測定の結果、前者5点は古いもので $1820 \pm 20$ yrBP、新しいもので $1330 \pm 20$ yrBPが得られ、暦年較正で2世紀から7世紀後半の年代となった。後者2点は $1270 \pm 20$ yrBP、 $1340 \pm 20$ yrBPが得られ、暦年較正で7世紀後半から8世紀第3四半期の年代となった。(諫早)

## 4 年代測定の結果とその解釈

**薬師寺食堂 (500次)** 石敷上面から得られた炭化物の測定結果は較正年代で4～5世紀であり、期待された廃絶年代よりも古い値となった。石敷上面には粗砂層がのっており、測定された木炭が何らかの作用で流れてきたものであった可能性がある。一方、食堂の造営年代が期待された、版築土中の木炭から得られた測定結果は較正年代で7世紀半ばと、7世紀半ば～8世紀半ばの比較的長い年代を示した。想定される8世紀前半に矛盾はない。前者はやや古い値を示すが、木炭に使用された木材が古い可能性が考えられる。後者の長い年代範囲を示す要因は、8世紀前半付近で較正曲線カーブが緩やかになるためと考えられる。(芝)

**西大寺金堂院 (505次)** 軒廊南雨落溝から出土した炭

化物と、軒廊と西面回廊の接続部分を横断する石敷き南北溝から出土した木炭の測定結果は、較正年代で2世紀から7世紀後半であり、期待された年代よりも古い値となった。ただし、共伴する瓦磚類同様、試料が西大寺金堂院の創建伽藍を構成していた建築部材に由来するとみれば矛盾はない。一方、下層3期の整地直下で確認された樹皮敷きから出土した木炭と木片は較正年代で7世紀後半から8世紀第3四半期という年代を示した。これは下層3期の存続時期の下限が764年の西大寺の造営開始に求められる層位学的知見と整合する。ただし伐採年代に近い値を示しているとみられる樹皮付着木片の値は、西大寺造営直前という下層3期に想定される年代よりも若干古い値を示していることが注意される。これについては試料がヒノキ材であることをふまれば、建築部材用に伐採され、一定期間を経て製材されたものに由来する可能性も考慮すべきだろう。(諫早)

## 5 おわりに

今回の年代測定は、薬師寺食堂および西大寺金堂院の造営および廃絶年代に迫るために実施した。廃絶年代については、残念ながら期待された値は得られなかったが、造営年代については、層位的所見と矛盾がない値が得られた。ただし、測定年代が想定よりもかなり古い値を示したり、長い年代範囲を示す場合があった。この要因として、前者は、採取した炭化物が巨木の心材片に由来する可能性が挙げられ、後者は、較正曲線の平坦面にあたるため、暦年較正をおこなう際に年代の絞り込みにくい時期であるということが挙げられる。これらの問題解決には、採取時における試料の吟味が必須であり、 $^{14}\text{C}$  ウィグルマッチング法も積極的に取り入れる必要がある。(芝・諫早・星野安治)

### 註

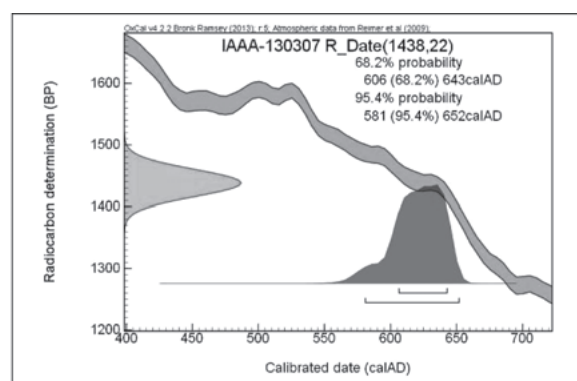
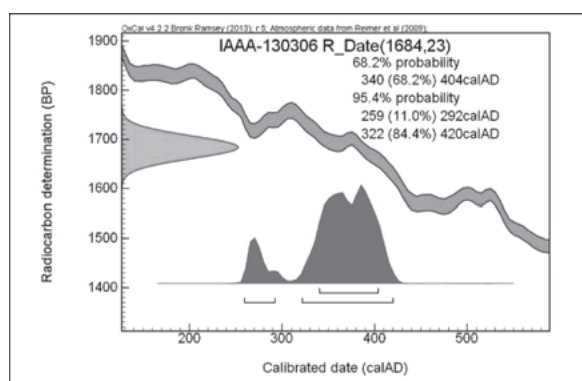
- 1) Stuiver, M. and Polach, H.A. 1977 Discussion: Reporting of  $^{14}\text{C}$  data. *Radiocarbon* 19(3).
- 2) Reimer, P.J. et al. 2009 IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 51(4).
- 3) Bronk Ramsey, C. 2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51(1).

表Ⅲ-8 放射性炭素年代測定結果 ( $\delta^{13}\text{C}$ 補正值)

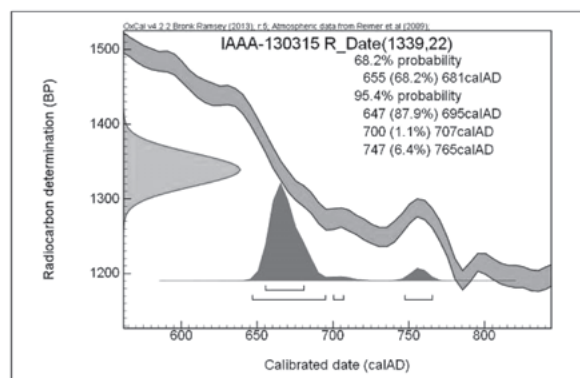
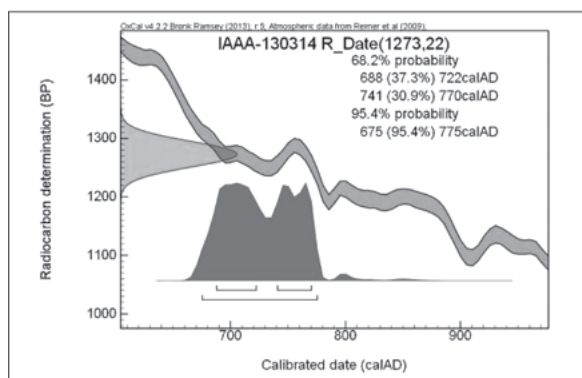
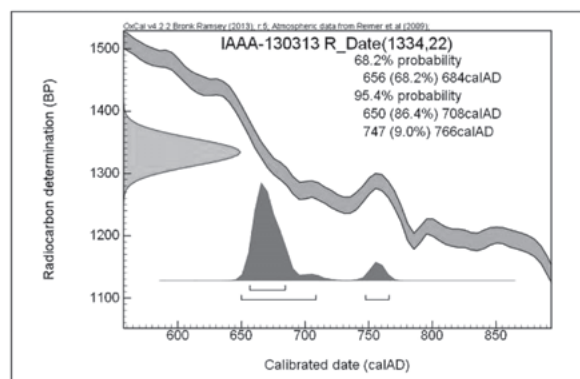
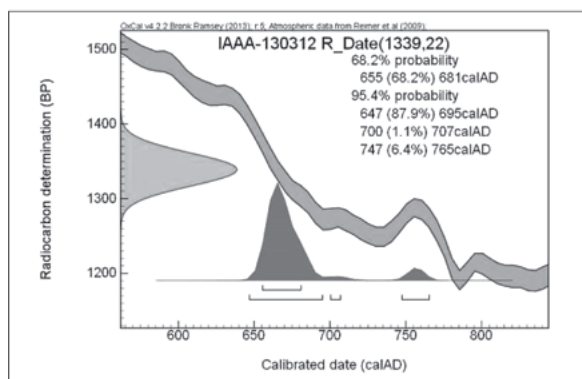
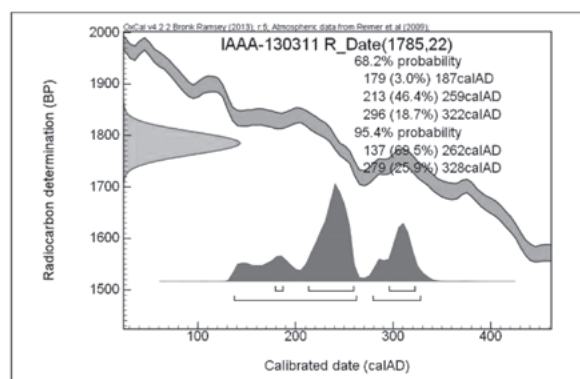
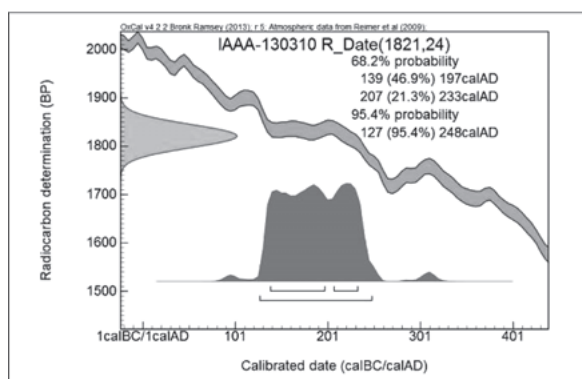
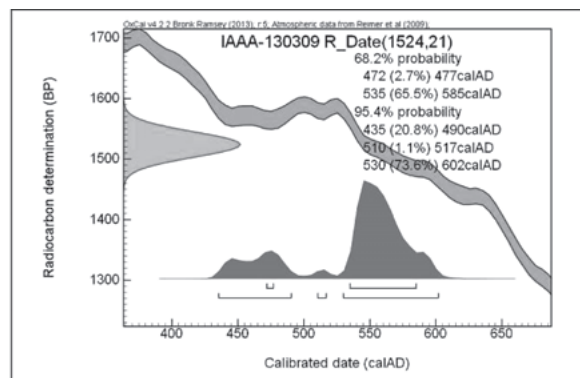
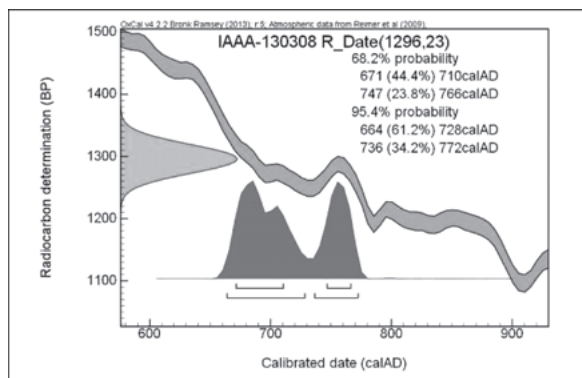
| 測定番号        | 遺跡名    | 採取場所      | 試料形態 | 処理方法   | $\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMS) | $\delta^{13}\text{C}$ 補正あり |                  |
|-------------|--------|-----------|------|--------|---------------------------------|----------------------------|------------------|
|             |        |           |      |        |                                 | Libby Age (yrBP)           | pMC(%)           |
| —           | 薬師寺食堂  | 南雨落溝埋土    | 炭化物  | 測定できず。 |                                 |                            |                  |
| —           | 薬師寺食堂  | 南雨落溝埋土    | 炭化物  | 測定できず。 |                                 |                            |                  |
| IAAA-130306 | 薬師寺食堂  | 北側雨落溝埋土   | 炭化物  | AaA    | $-24.50 \pm 0.43$               | $1,680 \pm 20$             | $81.08 \pm 0.24$ |
| IAAA-130307 | 薬師寺食堂  | 版築層中の木炭   | 炭化物  | AaA    | $-25.06 \pm 0.35$               | $1,440 \pm 20$             | $83.61 \pm 0.23$ |
| IAAA-130308 | 薬師寺食堂  | 版築層中の木炭   | 炭化物  | AAA    | $-24.33 \pm 0.39$               | $1,300 \pm 20$             | $85.09 \pm 0.25$ |
| IAAA-130309 | 西大寺旧境内 | 軒廊南雨落溝埋土  | 炭化物  | AaA    | $-21.88 \pm 0.43$               | $1,520 \pm 20$             | $82.72 \pm 0.22$ |
| IAAA-130310 | 西大寺旧境内 | 軒廊南雨落溝埋土  | 炭化物  | AaA    | $-22.04 \pm 0.52$               | $1,820 \pm 20$             | $79.71 \pm 0.24$ |
| IAAA-130311 | 西大寺旧境内 | 石敷暗渠状遺構埋土 | 木炭   | AAA    | $-25.41 \pm 0.35$               | $1,790 \pm 20$             | $80.07 \pm 0.22$ |
| IAAA-130312 | 西大寺旧境内 | 石敷暗渠状遺構埋土 | 木炭   | AAA    | $-23.76 \pm 0.35$               | $1,340 \pm 20$             | $84.65 \pm 0.24$ |
| IAAA-130313 | 西大寺旧境内 | 石敷暗渠状遺構埋土 | 木炭   | AAA    | $-24.65 \pm 0.42$               | $1,330 \pm 20$             | $84.70 \pm 0.24$ |
| IAAA-130314 | 西大寺旧境内 | 樹皮敷き      | 木炭   | AAA    | $-23.26 \pm 0.42$               | $1,270 \pm 20$             | $85.34 \pm 0.24$ |
| IAAA-130315 | 西大寺旧境内 | 樹皮敷き      | 木片   | AAA    | $-24.29 \pm 0.24$               | $1,340 \pm 20$             | $84.64 \pm 0.24$ |

表Ⅲ-9 放射性炭素年代測定結果 ( $\delta^{13}\text{C}$ 未補正值、暦年較正用 $^{14}\text{C}$ 年代、較正年代)

| 測定番号        | $\delta^{13}\text{C}$ 補正なし |                  | 暦年較正用<br>(yrBP) | 1 $\sigma$ 暦年代範囲                                                                    | 2 $\sigma$ 暦年代範囲                                                                                                 |
|-------------|----------------------------|------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | Age(yrBP)                  | pMC(%)           |                 |                                                                                     |                                                                                                                  |
| IAAA-130306 | $1,680 \pm 20$             | $81.17 \pm 0.23$ | $1,684 \pm 23$  | 340calAD-404calAD (68.2%)                                                           | 259calAD-292calAD (11.0%)<br>322calAD-420calAD (84.4%)                                                           |
| IAAA-130307 | $1,440 \pm 20$             | $83.60 \pm 0.22$ | $1,438 \pm 22$  | 606calAD-643calAD (68.2%)<br>671calAD-710calAD (44.4%)                              | 581calAD-652calAD (95.4%)<br>664calAD-728calAD (61.2%)                                                           |
| IAAA-130308 | $1,300 \pm 20$             | $85.21 \pm 0.24$ | $1,296 \pm 23$  | 747calAD-766calAD (23.8%)                                                           | 736calAD-772calAD (23.8%)<br>435calAD-490calAD (20.8%)                                                           |
| IAAA-130309 | $1,470 \pm 20$             | $83.25 \pm 0.21$ | $1,524 \pm 21$  | 472calAD-477calAD ( 2.7%)<br>535calAD-585calAD (65.5%)                              | 510calAD-517calAD ( 1.1%)<br>530calAD-602calAD (73.6%)                                                           |
| IAAA-130310 | $1,770 \pm 20$             | $80.19 \pm 0.23$ | $1,821 \pm 24$  | 139calAD-197calAD (46.9%)<br>207calAD-233calAD (21.3%)<br>179calAD-187calAD ( 3.0%) | 127calAD-248calAD (95.4%)<br>137calAD-262calAD (69.5%)<br>279calAD-328calAD (25.9%)                              |
| IAAA-130311 | $1,790 \pm 20$             | $80.00 \pm 0.22$ | $1,785 \pm 22$  | 296calAD-322calAD (18.7%)                                                           | 647calAD-695calAD (87.9%)<br>700calAD-707calAD ( 1.1%)<br>747calAD-765calAD ( 6.4%)                              |
| IAAA-130312 | $1,320 \pm 20$             | $84.86 \pm 0.23$ | $1,339 \pm 22$  | 655calAD-681calAD (68.2%)                                                           | 650calAD-708calAD (86.4%)<br>747calAD-766calAD ( 9.0%)                                                           |
| IAAA-130313 | $1,330 \pm 20$             | $84.76 \pm 0.22$ | $1,334 \pm 22$  | 688calAD-722calAD (37.3%)<br>741calAD-770calAD (30.9%)                              | 675calAD-775calAD (95.4%)<br>647calAD-695calAD (87.9%)<br>700calAD-707calAD ( 1.1%)<br>747calAD-765calAD ( 6.4%) |
| IAAA-130314 | $1,250 \pm 20$             | $85.64 \pm 0.23$ | $1,273 \pm 22$  |                                                                                     |                                                                                                                  |
| IAAA-130315 | $1,330 \pm 20$             | $84.77 \pm 0.23$ | $1,339 \pm 22$  | 655calAD-681calAD (68.2%)                                                           |                                                                                                                  |



図Ⅲ-89 暦年較正年代グラフ 1



図Ⅲ-90 暦年較正年代グラフ2