

文化財建造物の年代研究に関わる中世・近世期日本産樹木の炭素 14 年代測定

Radiocarbon dating of Japanese tree-rings from middle to early modern period associated with the dating of cultural property buildings.

坂本 稔¹⁾

中尾 七重²⁾

Minoru SAKAMOTO

Nanae NAKAO

¹⁾ 国立歴史民俗博物館／総合研究大学院大学

²⁾ 武蔵大学

(概要)

文化財建造物の年代研究に資するため、中世・近世の日本産樹木年輪の炭素 14 年代測定を行い、較正曲線 IntCal13, SHCal13 との比較を行った。15 世紀中～16 世紀中にかけては炭素 14 年代に一部パルス状の変動が見られるものの大きな乱れはなく、ほぼ較正曲線に沿っている。一方 17 世紀中～18 世紀中にかけては炭素 14 年代が乱れ、慎重に扱われるべきである。また神奈川県伊勢原市日向薬師宝城坊の解体修理に伴う部材の年代測定を実施し、炭素 14-ウィグルマッチ法により IntCal13, SHCal13 と比較した。前者では 11 世紀という古い試料が見られる一方で、後者ではほぼ鎌倉時代に関連付けられた。精度・確度の高い建築年代の判定のためにも、当該期の日本産樹木年輪の炭素 14 年代測定の蓄積が求められる。

キーワード：炭素 14 年代，較正曲線，地域効果，文化財建造物，中世，近世

1. 目的

文化財建造物の建築年代を判定するために、炭素 14-ウィグルマッチ法による建築部材の年代測定が成果を上げている。北半球にある日本の試料は基本的に IntCal に対する照合を行うが、中世・近世のある時期、マッチングが機能しないことがあり建造物の年代判定を困難にしている。日本産樹木の炭素 14 年代は、地域・時期によって北半球よりも南半球的な挙動を示すことが次第に明らかになりつつあり、却って SHCal と照合した方が良好な結果を与えることさえある。本研究は、文化財建造物の年代研究に欠かせない中世・近世の日本産樹木の炭素 14 年代を測定し、挙動を明らかにした上で、精度・確度の高い建築年代判定を目的とする。

2. 方法

2-1. 樹木年輪試料としての古建築部材の測定

樹木年輪試料として、兵庫県姫路市円教寺護法堂若天桔木枕（試料番号：HGHEK-2）、および新潟県新発田市白壁兵舎合掌梁（試料番号：NGSSH-1）の測定を実施した。前者は当初柱として用いられた部材が桔木枕に転用されたもので、114 本の年輪を持つケヤキ材、事前の測定から 15 世紀中～16 世紀中の年代を示すことが予想された。また後者は 90 本の年輪を持つマツ材で、同じく事前の測定から 17 世紀中～18 世紀中の年代を示すことが予想された。

試料は幅 2cm、長さ 10cm 程度に切断し、窒化ケイ素の回転刃を用いて厚さ 1mm の板を切り出した。クロロホルム 2・メタノール 1 の混合溶液（CM 混液）およびアセトン中での超音波洗浄を施し、フラットヘッドスキャナで年輪を撮影したのち、1mm 孔のテフロン製パンチシートに挟んで木綿糸で縫い合わせた。純水中で超音波洗浄を施した後、70 度の温浴中で、亜塩素酸溶液に濃塩酸を加えて塩素を発生させた溶液による漂白を繰り返した（1 時間×5 回）。水洗後、80 度の温浴中で、17.5 重量%の水酸化ナトリウム溶液によるヘミセルロース分解を繰り返した（1 時間×4 回）。希塩酸で pH を一旦酸に傾けたのち水洗を繰り返し、pH が 7 付近にあるのを確認してから凍結乾燥機で乾燥させた。セルロース化された年輪試料をパンチシートから取り出し、透明な写真袋に入れてフラットヘッドスキャナで撮影した。顕微鏡の視野下で 5 年分を 1 単位として採取し、炭素 14 年代測定のための試料とした。以降、測定試料となるグラファイトの調製と AMS による炭素 14 年代測定は、日本原子力研究開発機構のペレトロン年代測定施設で実施した。

2-2. 文化財建造物部材の年代測定

神奈川県伊勢原市日向薬師宝城坊の解体修理に伴い、部材の年代調査を行った。古建築部材は後世の修理工事を経て新しいものに交換されていることも多いが、建築史学の方法論である「痕跡復原法」、すなわち部材に残る痕跡をもとに建造物の当初の姿を復原することができる。事前の測定で鎌倉時代にさかのぼる可能性のある部材が見つかり、本調査ではあらためて当初材とされた組物（方斗 1、巻斗 6）および杵肘木 4 本を選択した。

解体修理工事の現場で部材の年輪を計数し、彫刻刀などを用いて 5 年輪を 1 試料として採取した。辺材が残されていない部材の伐採年を推定することは困難だが、年輪幅などの情報をもとに外側に仮定される年輪数は多くないと判断できた。採取した試料は CM 混液およびアセトン中での超音波洗浄を施したのち、自動装置を用いて酸・アルカリ・酸処理を行った（80 度：1M 塩酸溶液 1 時間×2 回，1M 水酸化ナトリウム溶液 1 時間×5 回，1M 塩酸溶液 1 時間×3 回，純水 30 分×6 回）。乾燥・秤量後、測定試料となるグラファイトの調製と AMS による炭素 14 年代測定は、日本原子力研究開発機構のペレトロン年代測定施設で実施した。

3. 結果及び考察

3-1. 樹木年輪試料としての古建築部材の測定

円教寺護法堂桔木枕の年輪の炭素 14 年代を較正曲線上にプロットしたグラフを図 1 に、白壁兵舎合掌梁の年輪の炭素 14 年代を図 2 に示す。いずれも現時点で年輪年代が確定していないため、試料中の最外年輪の較正年代を較正プログラム RHC により IntCal13 に対するウィグルマッチを行い、グラフ中に確率密度分布曲線として示した。いずれの試料も 5 年輪を 1 試料とした炭素 14 年代測定であるが、1 年輪ごとに炭素量は異なっており、測定結果は 5 年間の平均値ではなく「平均的な値」として捉える必要がある。

円教寺護法堂桔木枕の事前測定の結果は図 1 中の白丸で示し、今回の測定とほぼ整合的である。前半は較正曲線の急峻な時期にあたり、ほぼ沿っているものの AD1450 前後にパルス状の変動が見られる。一方後半は変動自体は小さなものになり、やや IntCal13 の上方にある。

一方、白壁兵舎合掌梁の結果は大きくばらつき、事前の測定結果にも合致するものとそうでないものが見られる。従来、日本産樹木年輪の炭素 14 年代は IntCal と SHCal の間に分布すると考えてきたが、その範囲を逸脱する結果も見られる。ただしランダムな変動というよりは、円教寺護法堂桔木枕に見られるようなパルス状の変動も示している。セルロース化の際に受けた汚染の可能性も否定できず、測定結果は慎重に扱われるべきであろう。今後酸素同位体比による年輪年代の確定を行い、必要であれば再測定を行うなどして検討を加える予定である。

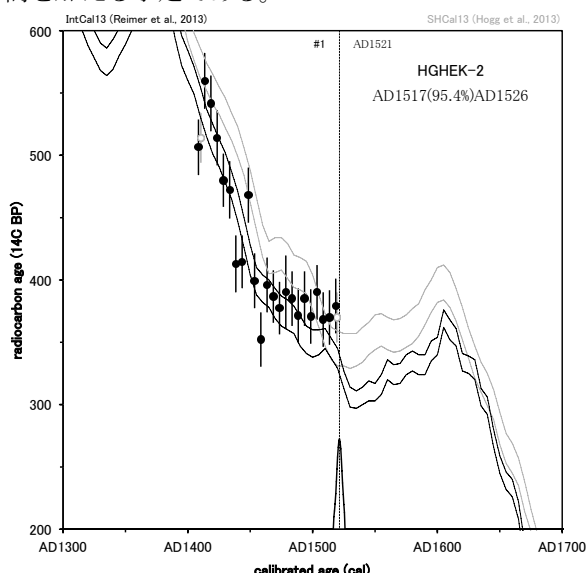


図 2：円教寺護法堂若天社桔木枕の年輪のウィグルマッチング

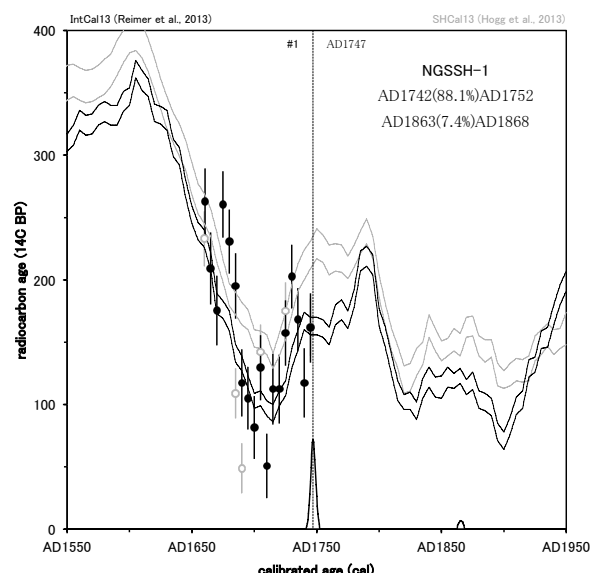


図 1：白壁兵舎合掌梁の年輪のウィグルマッチング

3-2. 文化財建造物部材の年代測定

測定された部材 11 点のうち 10 点を、IntCal13、および SHCal13 に対してウィグルマッチさせた結果を図 3 に示す。前述した通り日本産樹木は時期によってマッチングが機能しないことがあるが、RHC によるウィ

グルマッチの結果がどちらにより沿ったものであるかを検討した。グラフ中で同一部材の3測定は直線で結び、試料における最外層の較正年代のピーク値を点線で示す。

一連の結果を IntCal13 に対してマッチさせると、組物が13世紀の較正年代を示す一方、杵肘木の2点が11世紀の較正年代を示した。宝城坊は後鳥羽天皇が建久年間（AD1190～99）源頼朝に修造させたとの記録（相州日向山薬師堂修造勸進帳序）があるが、それより100年以上も古い。一方、SHCal13に対してマッチさせるとこの杵肘木2点はAD1200前後の較正年代を示し、13世紀後半、14世紀初頭の較正年代を示した部材とともに鎌倉時代と関連づけられる。

なお杵肘木のうちケヤキ材の1点は、ウィグルマッチングの結果15世紀の較正年代を示した。該当する修理の記録は残らないものの、今回測定された他の部材は全てスギ材であり、修理の際に交換された部材と考えられる。いずれにしても中世の日本産樹木年輪の炭素14年代測定はまだ十分でなく、較正曲線の整備とともに建築史的な検討も加えることでより精度・確度の高い年代観を構築する必要がある。

本件は科学研究費補助金「東アジア産樹木年輪による過去千年間の大気中炭素14濃度の復原」（課題番号25282075）、および国立歴史民俗博物館共同研究「年代情報に基づく木材の利用活用に関する横断的研究」による研究の一環である。

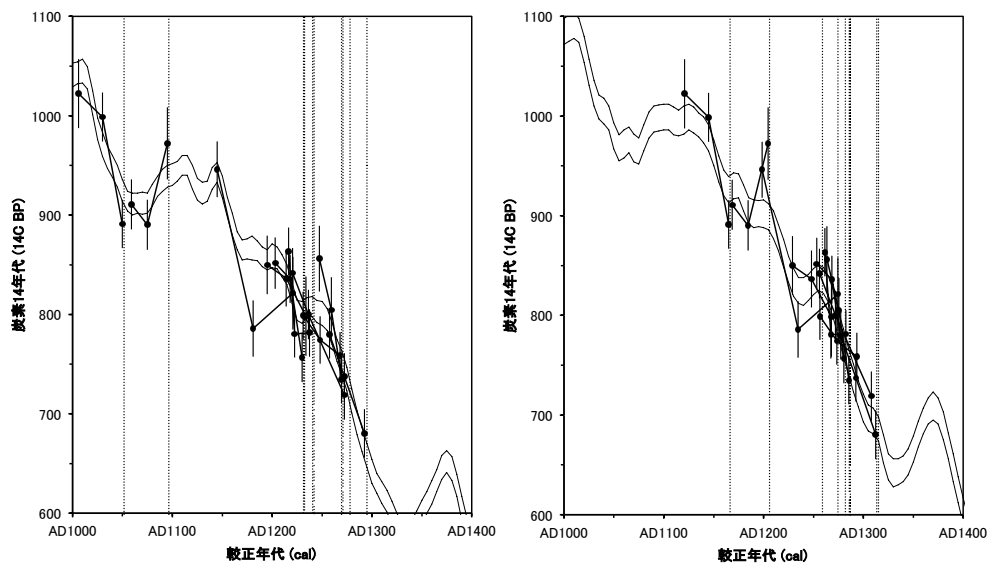


図3：宝城坊部材の部材10点のウィグルマッチング（左：IntCal13、右：SHCal13）

4. 引用(参照)文献等

Reimer, P. J. et al. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. Radiocarbon 55, pp.1869–1887, 2013.

McCormac, F. G. et al. SHCal13 Southern Hemisphere Calibration, 0–50,000 Years cal BP. Radiocarbon 55, pp.1889–1903, 2013.

Sakamoto, M. et al. Design and performance tests of an efficient sample preparation system for AMS-¹⁴C dating. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 268, pp.935–939, 2010.

坂本稔「表計算ソフトによる炭素14年代較正プログラム RHC バージョン4」『国立歴史民俗博物館研究報告』176, pp.169–176, 2012.

桔木枕：てこの原理で、建物の軒先が重さで下がらないよう支える部材（桔木：はねぎ）の支点となる材

合掌梁：屋根を形作る合掌材あるいは合掌材を支える梁を示し、本事例では前者の意

組物：軒を支えるため、柱上に置かれる材のセットで斗（ます）と肘木（ひじき）からなる

方斗：十文字に組まれた材（杵肘木）の交点を受ける方形の斗

巻斗：肘木の上であり、上の材を一方向のみ受ける斗