

伊勢神宮スギ年輪の炭素 14 年代測定 (AD1540 ~ AD1990)

坂本 稔

(国立歴史民俗博物館)

1. はじめに

炭素 14 年代法における暦上の年代（暦年代）の導出には、未知試料の炭素 14 年代（ ^{14}C 濃度に相当）を暦年代の判明した炭素 14 年代と比較する「較正」が行なわれる。例えば、樹木年輪は形成された年の大気中二酸化炭素を固定しているため、年輪年代法で暦年代の確定した年輪には同時期の試料とおなじ濃度の ^{14}C が残されている。国際学会が中心となり、樹木年輪やウラン・トリウム法により年代を測定したサンゴや石筍、また海盆や湖底の年縞堆積物の炭素 14 年代が測定され、「較正曲線」としてまとめられている。

大気成分は半球内でよく攪拌され、一方で南北半球間の交換が遅れることから、較正曲線は北半球と南半球それぞれに対して提案されている。これまではおもに古い時期の充実が図られてきた。例えば、2009 年に発表された IntCal09¹⁾ では炭素 14 年代法における検出限界に近い 5 万年前に達し、2013 年の IntCal13²⁾ では福井県水月湖の年縞堆積物に基づく修正が行なわれた。一方、新しい時期については IntCal13 に Netherland oak (670-804 cal BP)、Irish oak (1140-1710 cal BP)、Bristlecone pine (2300-2750 cal BP)、German oak (2600-2640, 3060-3660 cal BP) などのデータが追加され、IntCal09 に比べ若干の見直しが行なわれている。南半球では Tasmanian Huon pine (855-2115 cal BP)、New Zealand kauri (955-2145 cal BP) などの測定が新たに行なわれ、SHCal13³⁾ ではこれまでモデル計算によってきた 1000-2000 cal BP の実データによる充実が図られた。樹木年輪は太陽活動の 11 年周期による変動を相殺するために 10 年輪を 1 試料として測定さ

れることが多く、較正曲線自身も統計的な処理を施して平滑化されている。これは較正曲線の汎用性を高めることになり、また較正年代の導出に際しても十分な分解能との判断もあった。

しかしながら、近年の加速器質量分析計による炭素 14 年代法 (AMS- ^{14}C 法) は測定精度の向上と測定の効率化が進み、そのなかで較正曲線における「地域効果」、すなわち地域による大気中 ^{14}C 濃度の違いが明らかになりつつある。尾寄らは紀元前後の日本産樹木年輪の炭素 14 年代が南半球産の樹木年輪に近い挙動を示していることから、時期によって南半球の大気が日本列島周辺に及んでいる可能性を指摘した⁴⁾。また、筆者らを含む研究グループは炭素 14- ウィグルマツチ法による近世の文化財建造物の年代研究をすすめ、その有効性を確認している⁵⁾ もの、較正年代を正確に導くためにも日本産樹木年輪の詳細な炭素 14 年代測定の必要性を認識していた。そこで、2009 年の台風で倒壊した、500 年近い年輪数をもつ三重県伊勢神宮スギの炭素 14 年代測定を実施した。

2. 試料と測定

試料は 2009 年 10 月上旬の台風で倒壊した、伊勢神宮内宮の正宮前の石段下にあったスギである。名古屋大学の中塚教授（当時）が現地でチェーンソーを用いて円盤試料を採取し、その後ミカン割にされた試料を拝受した。さらに製材所で整形し、セルロース抽出を行なうため長さ 10cm、幅 2cm 程度のブロック 8 点 (A ~ H) に切り分けた。次いでダイヤモンドホイールソーを用いて、木口面から厚さ 1mm の板を切り出した。

試料にはアセトンおよびクロロホルム・メタノー

ル混液 (2:1 v/v) 中での超音波洗浄を施し、樹脂分を溶出、除去した。乾燥後、フラットヘッドスキャナを用いて年輪を撮影し、テフロン製パンチシートに挟んで外周を木綿糸で縫合し、試験管に投じた。純水中で超音波洗浄を行なった後、70℃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で漂白を行なった (1時間、4回)。次いで80℃の温浴中で、17.5wt%の水酸化ナトリウム溶液によるヘミセルロース分解を行なった (1時間、3回)。酸性に傾けた後、純水で洗浄し、パンチシートごと試料を凍結乾燥した。

得られた板状のセルロースは透明な写真袋に入れてスキャンした後、実体顕微鏡下で5年輪ずつ切り分けた (ただし、AD1963-1972は10年輪の採取)。それぞれをアルミ箔に包み、(株) 加速器分析研究所に送付して測定試料となるグラファイトの調製、および AMS-¹⁴C 法による測定を依頼した。

3. 結果と考察

報告された炭素14年代を、較正曲線 IntCal13 および SHCal13 に対してプロットしたグラフを示す (図1)。AD1960 から AD1990 の試料は大気圏内核実験の影響を受けて高い ¹⁴C 濃度となり、グラフでは下方に外れ表示されていない。AD 1863-1867 と AD 1878-1882 の2試料は異なるブロック (G, H) の年輪を測定したが、測定値は誤差の範囲で一致した。

伊勢神宮スギ年輪の炭素14年代が IntCal13 に沿っているのは17世紀中ごろ、20世紀初頭などの時期に限られ、多くは上下方向に外れている。採取試料は単年輪ごとにばらつきがあるので、厳密な意味での5年間の炭素14年代の平均値ではなく「平均的な値」として扱われるべきであるが、5年単位であってもパルス状に変動する時期があり、必ずしも平滑化されているとはいえない。

この変動が試料自身、ないし試料処理における汚染によらないとすれば、統計処理で平滑化された

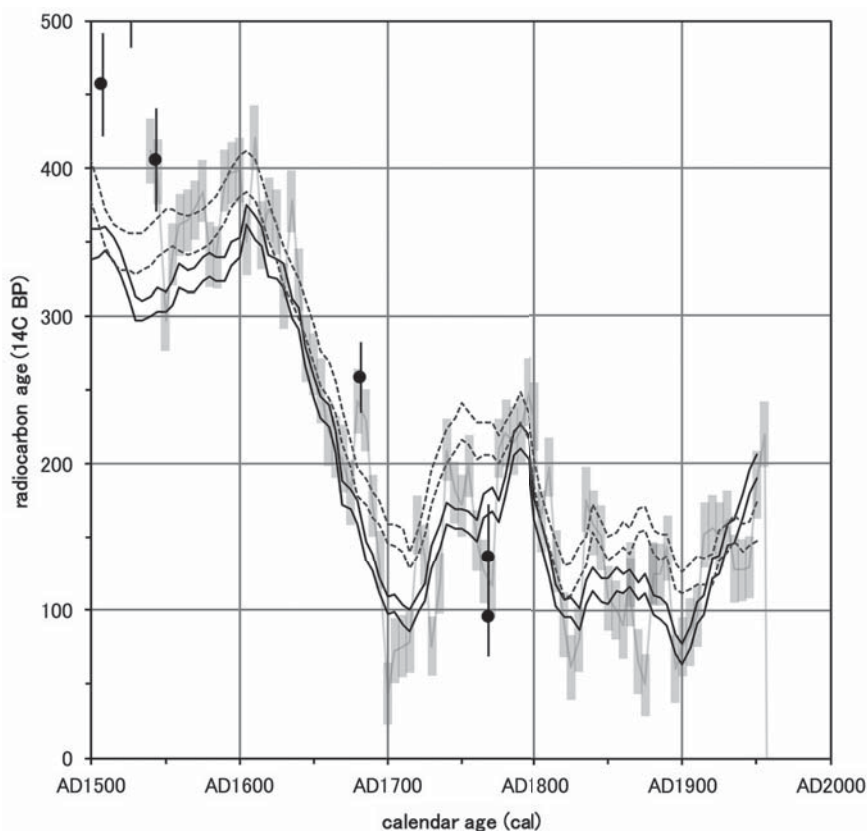


図1 伊勢神宮スギ年輪の炭素14年代を、1σの測定誤差とともに淡色で示す。実線で示した IntCal13、点線で示した SHCal13 に沿う時期は限られているが、黒丸で示した水月湖の年輪堆積物の炭素14年代とは合致する

IntCal13 に対し、日本列島周辺におけるより詳細な大気中 ^{14}C 濃度の変動を反映している可能性がある。IntCal13 に対して上方に外れる時期は、当時の大気中 ^{14}C 濃度が IntCal13 に代表される北半球中緯度地域の値よりも低かったことを意味し、その要因の一つに南半球大気の混入が挙げられる。しかしながら 17 世紀末に見られるピークは SHCal13 よりも上方にあり、南半球大気よりも ^{14}C 濃度の低いソースを仮定する必要がある。一方、IntCal13 に対して下方に外れるには ^{14}C 濃度の高いソースが必要で、その起源を当時の大気成分に求めるには、銀河宇宙線の作用で ^{14}C が生成される大気圏上層ないし北半球高緯度地域からの混入を仮定する必要がある。

Nakamura et al. は AD1413-1615 の屋久スギおよび AD1617-1860 の奈良県室生寺スギの炭素 14 年代測定を実施しているが、本報告で見られたようなパルス状の変動は確認できず、測定結果が IntCal と SHCal の間にあることから南半球大気の混入を指摘するにとどまっている⁶⁾。一方で図 1 に示したように、数点の測定に限られるものの水月湖の年縞堆積物の炭素 14 年代⁷⁾ が本報告の変動と合致していることは注目される。

近世の日本産樹木年輪の炭素 14 年代が大きく変動していた可能性は、ほかの試料からも指摘しうる。宮城県の T 寺山門柱年輪 (図 2) は、17 世紀前半は IntCal13 の急峻な時期に沿っているものの 18 世紀は

乱れている。また、新潟県の S 建物梁年輪 (図 3) も IntCal13 に対する 17 世紀後半からの乖離が顕著である。両試料は酸素同位体比法で年輪年代を確定した上で再検討し、また T 寺山門柱は同一箇所の年輪試料が異なった炭素 14 年代を示すなど不安定な要素が多いため再測定を予定している。

中尾ら (2015) は近世日本の古建築部材のなかに、これまで試料汚染や測定の不具合の結果としてきた炭素 14-ウイグルマッチ法のパターンが伊勢神宮スギの示す変動に合致する例を多く見出している。なかでも、群馬県の重文彦部家住宅長押、東京都の K 家住宅壁板、富山県の重文江向家住宅柱、京都府の重文石清水八幡宮楼門隅行肘木など、伊勢神宮スギ年輪が示す 17 世紀末のピークに相当する炭素 14 年代を示すことを明らかにした⁸⁾。これは伊勢神宮スギ年輪に見られる炭素 14 年代の変動を追認するにとどまらず、この変動が日本列島内の比較的広範な地域に共通する可能性も示すものである。

4. おわりに

伊勢神宮内宮の正宮前の石段下にあったスギ年輪からセルロースを抽出し、5 年輪ごとの炭素 14 年代測定を行ない、AD1540 から AD1990 の結果を得た。AD1955 以前の炭素 14 年代について IntCal13 に沿う時期は限られ、むしろその上下に分布している。既

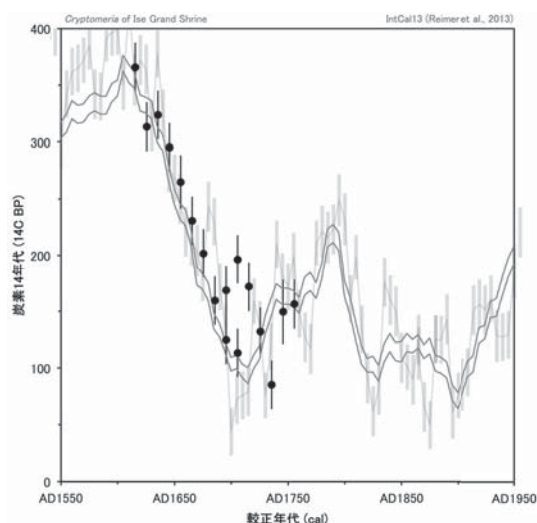


図 2 宮城県 T 寺山門柱年輪の炭素 14 年代 (黒丸) を伊勢神宮スギ年輪 (淡色) 上に配する。背景は IntCal13

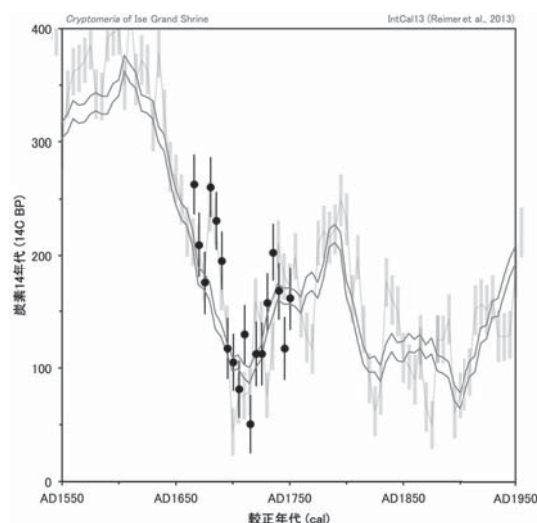


図 3 新潟県 S 建物梁年輪の炭素 14 年代 (黒丸) を伊勢神宮スギ年輪 (淡色) 上に配する。背景は IntCal13

報の屋久スギ年輪や室生寺スギ年輪の示す炭素 14 年代とは整合的でないが、水月湖年縞堆積物との合致は注目される。これまでに測定された近世の日本産樹木年輪には本試料のように炭素 14 年代がばらつくものがあり、また近世日本の古建築部材にもこの傾向と合致する例が見られている。試料汚染の影響については慎重になるべきであるが、伊勢神宮スギ年輪の示した炭素 14 年代のばらつきは、当時の日本列

島内の比較的広範な地域における大気中 ^{14}C 濃度の変動を反映している可能性がある。今後別試料の炭素 14 年代測定や再測定、ならびに単年輪試料の測定による検証が必須である。

神宮司庁営林部さまのご厚意で、スギ年輪をご提供いただけたことを深謝します。本成果は、日本文化財科学会第 32 回大会において発表⁹⁾された。

伊勢神宮スギ年輪の炭素 14 年代測定 (AD1540 ~ AD1990) (坂本 稔)

引用文献

- 1) Paula J. Reimer, Michael G. L. Baillie, Edouard Bard, Alex Bayliss, J. Warren Beck, Paul G. Blackwell, Christopher Bronk Ramsey, Caitlin E. Buck, George S. Burr, R. Lawrence Edwards, Michael Friedrich, Pieter M. Grootes, Thomas P. Guilderson, Irka Hajdas, Timothy J. Heaton, Alan G. Hogg, Konrad A. Hughen, Klaus F. Kaiser, Bernd Kromer, F. Gerry McCormac, Sturt W. Manning, Ron W. Reimer, David A. Richards, John R. Southon, Sahra Talamo, Christian S. M. Turney, Johannes van der Plicht, Constanze E. Weyhenmeyer. IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0-50, 000 Years cal BP. *Radiocarbon* **51**, pp.1111-1150, 2009.
- 2) Paula J. Reimer, Edouard Bard, Alex Bayliss, J. Warren Beck, Paul G. Blackwell, Christopher Bronk Ramsey, Caitlin E. Buck, Hai Cheng, R. Lawrence Edwards, Michael Friedrich, Pieter M. Grootes, Thomas P. Guilderson, Hafliði Haflíðason, Irka Hajdas, Christine Hatté, Timothy J. Heaton, Dirk L. Hoffmann, Alan G. Hogg, Konrad A. Hughen, K. Felix Kaiser, Bernd Kromer, Sturt W. Manning, Mu Niu, Ron W. Reimer, David A. Richards, E. Marian Scott, John R. Southon, Richard A. Staff, Christian S. M. Turney, Johannes van der Plicht. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50, 000 Years cal BP. *Radiocarbon* **55**, pp.1869-1887, 2013.
- 3) Alan G. Hogg, Quan Hua, Paul G. Blackwell, Mu Niu, Caitlin E. Buck, Thomas P. Guilderson, Timothy J. Heaton, Jonathan G. Palmer, Paula J. Reimer, Ron W. Reimer, Christian S. M. Turney, Susan R. H. Zimmerman. SHCal13 Southern Hemisphere Calibration, 0-50, 000 Years Cal BP. *Radiocarbon* **55**, pp.1889-1903, 2013.
- 4) 尾崎大真・伊藤茂・丹生越子・廣田正史・小林絃一・藤根久・坂本稔・今村峯雄・光谷拓実、紀元前3から紀元4世紀の日本産樹木年輪に記録された炭素14濃度、

- 2011 年度日本地球化学会第 58 回年会、北海道大学、
2011 年 9 月 14 ~ 16 日
- 5) Nanae Nakao, Minoru Sakamoto, Mineo Imamura.
¹⁴C dating of Historical Buildings in Japan. *Radiocarbon* **56**, pp.691-697, 2014.
 - 6) Toshio Nakamura, Kimiaki Masuda, Fusa Miyake,
Kentaro Nagaya, Takahiro Yoshimitsu. Radiocarbon
Ages of Annual Rings from Japanese Wood; Evident
Age Offset Based on IntCal09. *Radiocarbon* **55**,
pp.763-770, 2013.
 - 7) Richard A. Staff, Christopher Bronk Ramsey,
Charlotte L. Bryant, Fiona Brock, Rebecca L.
Payne, Gordon Schlolaut, Michael H. Marshall,
Achim Brauer, Henry F. Lamb, Pavel Tarasov,
Yusuke Yokoyama, Tsuyoshi Haraguchi, Katsuya
Gotanda, Hitoshi Yonenobu, Takeshi Nakagawa,
Suigetsu 2006 Project Members. New ¹⁴C
Determinations from Lake Suigetsu, Japan: 12,000
to 0 cal BP. *Radiocarbon* **53**, pp.511-529, 2011.
 - 8) 中尾七重・坂本稔・中塚武、近世日本産樹木年輪の炭
素 14 年代 - 建築部材とのマッチング、日本文化財科学
会第 32 回大会、東京学芸大学、2015 年 7 月 11・12 日
 - 9) 坂本稔・中尾七重・中塚武、近世日本産樹木年輪の炭
素 14 年代 - 較正曲線からの特徴的な乖離、日本文化財
科学会第 32 回大会、東京学芸大学、2015 年 11・12 日