

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月27日現在

機関番号：84604

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2018

課題番号：25282077

研究課題名(和文) 中国漢代の木槨・木棺材を用いた年輪年代学の確立と用材選択の意義

研究課題名(英文) Construction of a tree-ring chronology and the implication of wood species analysis on wooden outer coffin & wooden coffin in Han Dynasty

研究代表者

光谷 拓実 (MITSUTANI, Takumi)

独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所・埋蔵文化財センター・客員研究員

研究者番号：90099961

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：中国漢代の木槨・木棺材の樹種は同定により、コウヨウザンの多用が確認された。この樹種を用いた年輪年代学の可能性を探るため年輪パターンの解析をおこなったところ、本研究に適用可能であることがわかった。暦年未確定の年輪パターンは相関の高い供試材10点の年輪幅データを用いて564年間の作成に成功した。このなかの1点について14C法(AMS法)による年代測定を実施した結果、564年間分はB.C.6世紀～A.D.1世紀頃のものであることが判明した。今後、この年輪パターンは漢代の木槨・木棺材の年代解明に資するものと思われる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

漢代出土木槨・木棺材の主要樹種であるコウヨウザンの年輪を用いて年代測定の基準となる年輪パターンを564年間分(B.C.6世紀～A.D.1世紀)作成したことにより、前漢、後漢の木槨墓や木棺墓に使用されている木材の年代を明らかにすることが可能となった。この基準パターンを使って得られる成果は土器やその他の共伴遺物の編年研究に大きく貢献できる。かつ、その成果は中国国内ばかりでなく、わが国の弥生時代・古墳時代の年代観にも大きな影響を与えることになり、その意義は極めて大きい。

研究成果の概要(英文)：Main tree species used for wooden outer coffin & wooden coffin from the Han Dynasty was identified as Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* H.) A tree-ring pattern of this species was examined, and the result indicated that dendrochronological analysis based on the ring pattern was applicable for the study of the wooden outer coffin & wooden coffin. The tree-ring pattern with unknown calendar years was crossdated with 10 highly correlated samples, and a chronology of 564 years was successfully developed. The result of the 14C wiggle-match dating method conducted on one of the samples showed that the 564 years fell between B.C.6C and A.D.1C. In the future, it is considered that this constructed chronology would be helpful for dating the wooden outer coffin & wooden coffin from the Han Dynasty.

研究分野：樹木年輪を調査対象とする年輪年代学(年輪年代法)をベースに歴史学への応用研究

キーワード：年輪年代学 漢代 漢墓 木槨墓 コウヨウザン 楠木

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

中国の年輪年代学研究の状況についてみると、暦年標準パターン(年代を割り出す基準パターン)の作成がチベットなどの西域の高地に生息しているヒノキ科のビャクシンを用いて 3585 年分が確立されているが、その応用事例は少なく、ごく狭い地域にとどまっている。

中国漢代(紀元前 206 年～後 220 年)の墓は大型と中小型のものに分類される。墓の副葬品に被葬者の名前や紀年銘などがあれば文献史料と照合して被葬者を特定し、築造年代を知ることができる。しかし、このような事例は少ない。墓から出土した木材の年輪から年代がわかれば、被葬者の特定につながる有効な年代情報となるばかりでなく、漢墓や土器などの編年研究に大きく貢献することができる。中国の漢代の木槨・木棺墓には大量のコウヨウザン(スギ科)が使われており、コウヨウザンを調査対象とした年輪年代学の確立が期待される状況にある。

2. 研究の目的

わが国の年輪年代学研究は考古学などの歴史研究の分野に幅広く応用され、貴重な成果を得てきている。一方、中華人民共和国(以下、中国と略記)では、年輪年代学による木質考古遺物の実年代決定の成果はきわめて少ない。申請者らは長年中国における遺跡出土木材の研究に関わっており、その経験から針葉樹の 1 種であるスギ科のコウヨウザン(*Cunninghamia lanceolata*)が時代を問わず、広い地域で多様な木製品に利用されていること、および中国ではコウヨウザンを用いた年輪年代学的研究は全くおこなわれていないことを知った。そこで本研究課題の申請前に現地に出向き本樹種の予備調査をおこなった結果、年輪パターン特性が漢代の木槨や木棺の年輪年代学的研究に応用可能であるとわかり、考古学的手法による考古編年に曖昧さが残る中国漢代における長期の標準パターン(基準パターン)を作成し、これに ^{14}C 年代法を併用してある程度の年代観を把握する。併せて木槨や木棺の樹種同定をとおして漢代の埋葬制度である“黄腸题凑”(Huangchang Ticou)の意義について用材選択の観点から解明することを目的とした。

3. 研究の方法

中国の漢代の木槨・木棺材のサンプル採取は出土木材を大量に保管している儀征博物館、江蘇省揚州文物考古研究所にて実施した。具体的には以下の手順によっておこなった。

年輪解析用に適した試料(年輪数の多いもの)の選別と一部切断

カッターナイフで木口表面を薄く削り、デジタルカメラを用いて写真撮影

計測用年輪画像データは研究室に持ち帰り、年輪解析および年輪パターンの照合をおこない、暦年未確定の標準年輪パターン(基準パターン)を作成

試供材の一部については ^{14}C 法年代法による年代測定をおこない、年代情報を取得

すべての試料につき一部小片を持ち帰り、樹種同定を実施

つぎに、撮影した年輪画像から計測収集した年輪データを用いた年輪パターン照合は、時系列に用いられる相関分析法によった。

$$1) 5 \text{ 年移動平均} \quad z(i) = \frac{5x(i+2)}{\{x(i)+x(i+1)+x(i+2)+x(i+3)+x(i+4)\}} \times 100$$

$$2) \text{ 相関係数 } r \quad r = \frac{(\sum_i x_i y_i - N \frac{\bar{x}\bar{y}}{xy})}{\sqrt{(\sum_i x_i^2 - Nx^{-2})(\sum_i y_i^2 - Ny^{-2})}}$$

$$3) t \text{ 検定} \quad t = |r| \sqrt{(N-2)/(1-r^2)}$$

その具体的な統計処理法の手順は最初に各部材の年輪データを 5 年移動平均法によって規準化し、自然対数に変換後、比較照合する相互の相関係数 r を中心から樹皮方向に向かって順次算定、つぎに得られた相関係数 r と重複年輪データ数とを用いて t 検定をおこない、そのなかで最大 t 値を検出する方法を採用した。この検出結果をもとに各部材の年輪パターングラフと暦年標準パターングラフとを重ねあわせ、目視で双方の年輪パターンの一致状況を詳細に検討して判断した。

なお、コンピュータで検出した最大 t 値の扱いは t 値が 5.0 以上を示した年代位置を照合成立時の一応の設定条件としているが、 t 値が 5.0 以下でも成立する場合もあるので必ずしもこの設定がぎりではない。つぎに、高い相関を示す年輪データだけを使って、暦年未確定の標準年輪パターン(基準パターン)を作成する。

4. 研究成果

研究期間中に収集した木材サンプルは儀征博物館：総数 44 点、揚州文物考古研究所：43 点ならびに個人蔵：11 点であった。コウヨウザンの年輪は年によって正常な年輪ができていない不連続年輪(欠損年輪)を含むものが多く、すべてのサンプルから年輪データ(年輪幅計測データ)は収集できなかった。実際に年輪データ化できたものは儀征博物館：25 点、揚州文物考古研究所：16 点、個人蔵：4 点であった。これらの年輪データを使って試料間相互の年輪パターンの照合作業を進めるにあたって、まず長期の暦年未確定の年

輪パターンを作成する必要があるため、計測年輪数が 400 層を超えるものに着目し、儀征博物館：2 点（図 1 のなかの (B)、(D)）、揚州文物考古：2 点（図 1 のなかの (A)、(C)）の 4 点を選別し、4 点相互の年輪パターン照合をおこなった。その結果、4 点相互の照合位置が確認できたので、4 点の年輪データを総平均し、564 年間分の基準パターン（一種の標準パターンに近いものであるが試料点数が少ないもの）を作成した（図 1）。以下、この基準パターンを使って、(1) 儀征博物館、(2) 揚州文物考古研究所、(3) 個人蔵の順に結果を報告する。

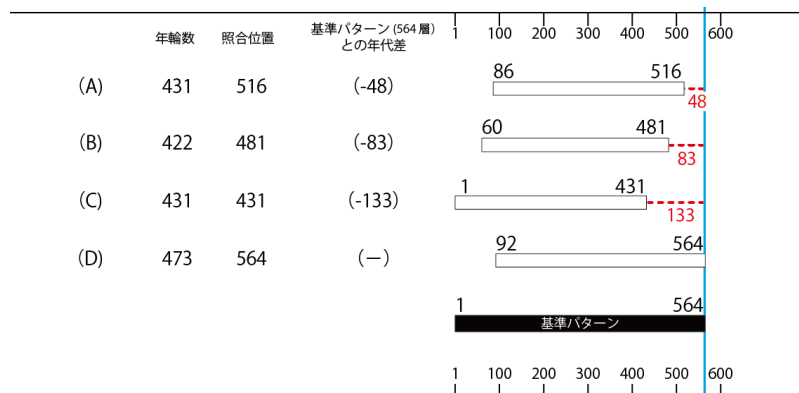


図 1 基準パターン作成の模式図

(1) 儀征博物館所蔵の木樺材の年輪パターン照合

儀征博物館からは総数 44 点の試料を収集した。このなかで不連続年輪を含むものや年輪画像が不鮮明なものを除き年輪データが収集できたものは 25 点であった。これらと 564 年間分の暦年未確定の基準パターンと相互に年輪パターン照合をおこなった結果、11 点とのあいだで照合が成立した（図 2）。なお図中の 6 と 10 の 2 点は基準パターンの作成に使用したものである。したがって、儀征博物館所蔵の木樺材は 25 点のうち 13 点はそれぞれの照合位置が判明したことになる。

研究開始当初、コウヨウザンは年輪年代学研究に不向きであるという否定的な考えであったが、この結果を見るかぎり年代測定法として実用化できることを明らかにできた。今後、この 564 年間の基準パターンは中国側において暦年の確定作業とさらなる延長が期待される。

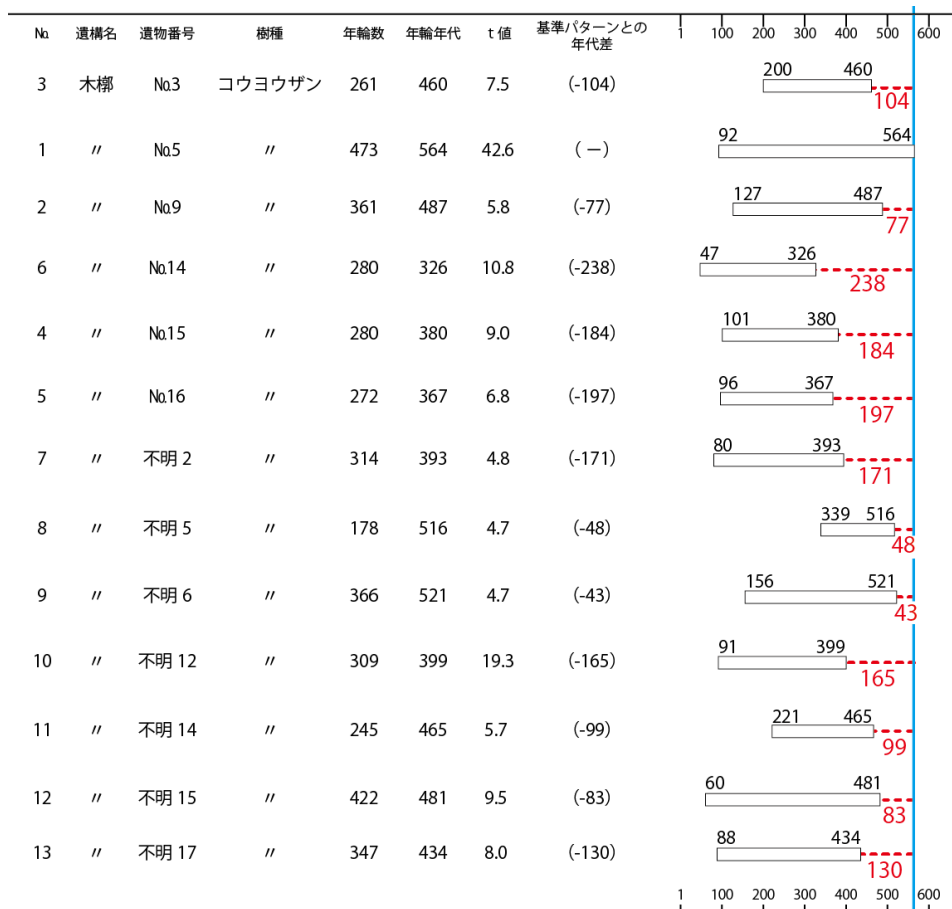


図 2 儀征博物館所蔵 木樺材の年輪パターン照合結果

(2) 揚州文物考古研究所所蔵の木槲材の年輪パターン照合

揚州文物考古研究所からは総数 43 点のサンプルを収集した。この中で年輪データ化できたのは 16 点であった。これらの年輪データと 564 年間分の年輪データを用いて相互に年輪パターン照合をおこなった結果、わずか 3 点ではあったが成立し、それぞれの照合位置がわかった(図 3)。このなかで 1 と 2 の年輪データは基準パターンの作成に使用したものである。この結果を見ると儀征博物館の場合と比べて照合成立が 5 点と極端に少ない。この原因として考えられることは不連続年輪を含む試料が多かったことが考えられる。しかし、儀征博物館の試料と揚州文物考古研究所の試料とのあいだで年輪パターン照合の成立したものが確認できたことは広域に適用できることを示唆している。

つぎに、この 564 年間分の年代観を把握するため 2 の一部を ¹⁴C 年代法(ウイグルマッチング)によって測定したところ、以下のような結果が得られた。

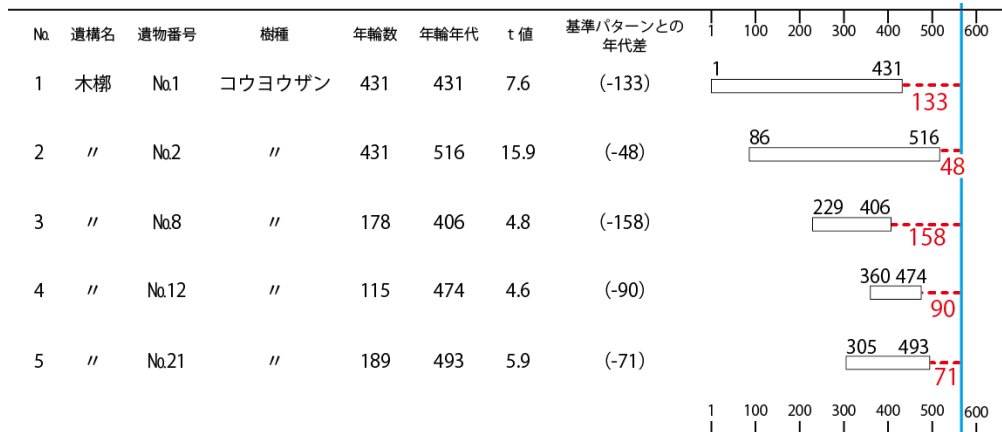


図 3 揚州文物考古研究所所蔵 木槲材の年輪パターン照合結果

(2) 12 の ¹⁴C 年代測定法(ウイグルマッチング)による測定結果

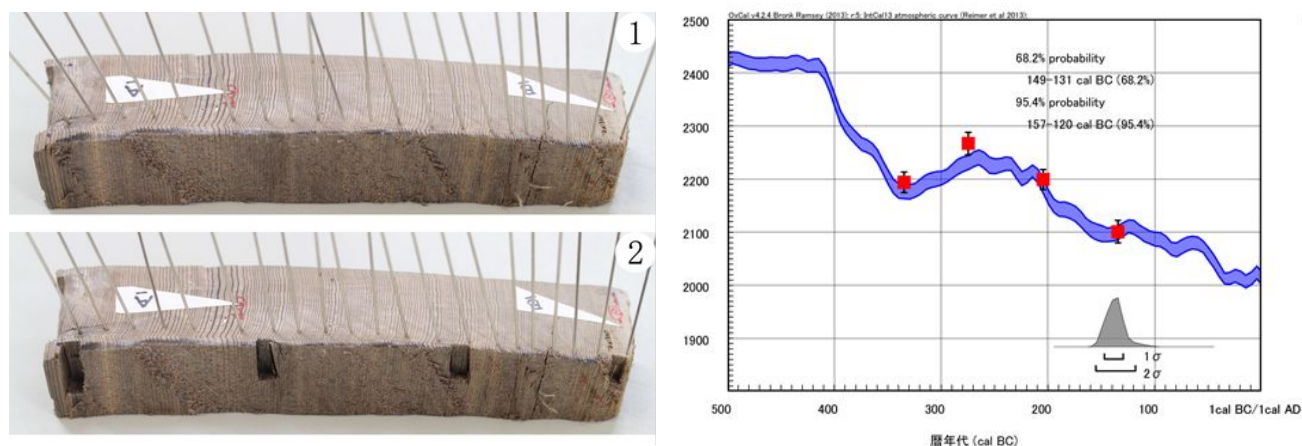
ウイグルマッチング法とは、複数の試料を測定し、それぞれの試料間の年代差の情報を用いて試料の年代パターンと較正曲線のパターンが最も一致する年代値を算出することによって、高精度で年代値を求める方法である。測定では、得られた年輪数が確認できる木材について、1 年毎或いは数年分をまとめた年輪を数点用意し、それぞれ年代測定をおこなう。個々の測定値から暦年較正を行い、得られた確率分布を最外試料と当該試料の中心値の差だけずらしてすべてを掛け合わせるにより最外試料の確率分布を算出し、年代範囲を求める。なお、得られた最外試料の年代範囲は、5 年輪分をまとめた試料の中心の年代を表している。そのため試料となった木材の最外年輪年代を得るためには、最外試料の中心よりも外側にある年輪数 2 年輪分(2.5 年の小数点以下切り捨て)を考慮する必要がある。

表 1 放射性炭素年代測定、暦年較正、ウイグルマッチングの結果

測定番号	¹³ C (‰)	暦年較正用年代 (yrBP ± 1)	¹⁴ C 年代 (yrBP ± 1)	¹⁴ C年代を暦年代に較正した年代範囲	
				1 暦年代範囲	2 暦年代範囲
PLD-32939 試料No. オ 点Bから1~5年輪目	-28.89 ± 0.30	2101 ± 21	2100 ± 20	170-92 cal BC (68.2%)	185-52 cal BC (95.4%)
PLD-32940 試料No. オ 点Bから71~75年輪目	-26.55 ± 0.26	2199 ± 19	2200 ± 20	356-336 cal BC (13.4%) 330-287 cal BC (32.1%) 234-204 cal BC (22.8%)	360-273 cal BC (58.1%) 262-200 cal BC (37.3%)
PLD-32941 試料No. オ 点Bから141~145年輪目	-32.40 ± 0.29	2267 ± 21	2265 ± 20	392-358 cal BC (53.8%) 275-260 cal BC (14.4%)	397-353 cal BC (58.2%) 292-231 cal BC (37.2%)
PLD-32942 試料No. オ 点Bから201~205年輪目	-26.56 ± 0.24	2194 ± 19	2195 ± 20	354-292 cal BC (47.9%) 231-203 cal BC (20.3%)	360-273 cal BC (60.0%) 262-197 cal BC (35.4%)
最外試料年代 (1~5年輪目の年代)				149-131 cal BC (68.2%)	157-120 cal BC (95.4%)
点Bの年代 (1年輪目の年代)				147-129 cal BC (68.2%)	155-118 cal BC (95.4%)

試料 オの最外試料年代(1~5年輪目の年代)は、1σ 暦年代範囲(確率 68.2%)において 149-131 cal BC (68.2%)、2σ 暦年代範囲(確率 95.4%)において 157-120 cal BC (95.4%)となった。これに1年輪目である点Bの暦年代を示すために2年輪分を加えると、1σ 暦年代範囲は 147-129 cal BC (68.2%)、2σ 暦年代範囲は 155-118 cal BC (95.4%)となった。

この ^{14}C 年代法による年代測定の結果、1 の年代範囲はおよそ紀元前 6 世紀から紀元前 1 世紀をカバーしているものと思われる。したがって、564 年間分の基準パターンは紀元前 6 世紀～後 1 世紀頃の年代をカバーするものと推定される。今後、1 種の暦年に近い基準パターンとして活用されていくことになる。



図版 1 ウィグルマッチングをおこなった試料 (ピンの間隔は 10 年輪)

1. 試料 オ 年輪計測結果 (PLD-32939 ~ 32941)
2. 試料 オ 採取位置 (PLD-32939 ~ 32941)
3. 試料 オ ウィグルマッチング結果

(3) 個人蔵の木槨材の年輪パターン照合

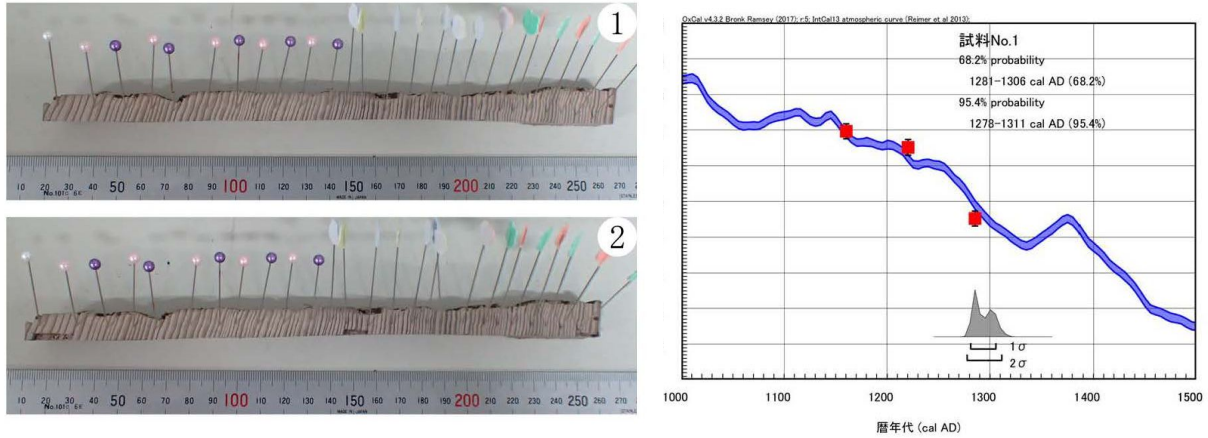
個人が所蔵している木槨材のなかから 11 点のサンプル試料を採取した。これらがいづろのものかは不明であるが、いずれも墓の構成材である。これら 11 点のうち年輪データ化できたのは 6 点であった。これらの年輪データと 564 年間分の基準パターンとの照合の結果、 t 値が 5.0 以上のものは確認されなかった。これらは漢墓のものではない可能性が考えられる。つぎに、6 点相互の年輪パターン照合をおこなった結果、2 点のあいだで t 値が 9.3 を示すものがあり、これら 2 点の年輪データを平均値化して 241 層分の年輪パターンを作成した。さらにこの 241 層分の年輪パターンの年代観を知るため ^{14}C 年代法 (ウィグルマッチング) により、年代測定をおこなった結果、以下のような結果が得られた。

(3) ^{14}C 年代法による年代測定結果

表 2 試料 1 の放射性炭素年代測定、暦年較正、ウィグルマッチングの結果

測定番号	^{13}C (‰)	暦年較正用年代 (yrBP ± 1)	^{14}C 年代 (yrBP ± 1)	^{14}C 年代を暦年代に較正した年代範囲	
				1 暦年代範囲	2 暦年代範囲
PLD-35206 試料No.1 外側から1~5年輪目	-25.48 ± 0.13	652 ± 21	650 ± 20	1290-1306 cal AD (27.9%) 1364-1385 cal AD (40.3%)	1282-1319 cal AD (43.1%) 1352-1390 cal AD (52.3%)
PLD-35207 試料No.1 採取位置: 外側から66~70年輪目	-24.04 ± 0.18	852 ± 22	850 ± 20	1169-1216 cal AD (68.2%)	1156-1252 cal AD (95.4%)
PLD-35208 試料No.1 外側から126~130年輪目	-25.02 ± 0.13	897 ± 21	895 ± 20	1049-1085 cal AD (35.7%) 1124-1137 cal AD (9.1%) 1150-1170 cal AD (19.5%) 1176-1182 cal AD (3.9%)	1042-1104 cal AD (43.6%) 1117-1210 cal AD (51.8%)
最外試料年代				1281-1306 cal AD (68.2%)	1278-1311 cal AD (95.4%)
最終形成年輪年代				1283-1308 cal AD (68.2%)	1280-1313 cal AD (95.4%)

試料 No.1 の最外試料年代は、1 暦年代範囲 (確率 68.2%) において 1281-1306 cal AD (68.2%)、2 暦年代範囲 (確率 95.4%) において 1278-1311 cal AD (95.4%) となった。これに最終形成年輪の暦年代を示すために 2 年輪分を加えると、1 暦年代範囲は 1283-1308 cal AD (68.2%)、2 暦年代範囲は 1280-1313 cal AD (95.4%) となった。



図版1 ウィグルマッチングをおこなった試料(ピンの間隔は5年輪)

1. 試料 1 年輪計測結果 (PLD-35206 ~ 35208)
2. 試料 1 採取位置 (PLD-35206 ~ 35208)
3. 試料 1 ウィグルマッチング結果

^{14}C 年代法の結果からこの木材試料の年輪データ数は199層あり、この年輪データがカバーしている年代範囲は後12世紀はじめ~14世紀のはじめ頃を示している。したがって2点の年輪データで作成した241年間分の年輪パターンはおよそ11世紀~14世紀のものであることが把握できた。このように暦年未確定基準パターンにある程度の年代観を把握するには、 ^{14}C 年代法などを併用することが有効である。

(4) 漢代木槨・木棺材の樹種同定

研究期間中に分析した木槨・木棺材の利用傾向は同定の結果、漢代の木槨には広葉樹のPhoebe属(クスノキ科)の樹種と針葉樹のコウヨウザンの2樹種がほぼ大差なく利用されていたが、木槨材にはPhoebe属が優先使用されていたことが判明した。この成果は漢墓に使われた木材利用傾向を知るうえで重要な情報が得られたこと示すものである。

5. 主な発表論文等

- [雑誌論文](計 0件)
- [学会発表](計 0件)
- [図書](計 0件)
- [産業財産権]
- 出願状況(計 0件)
- 取得状況(計 0件)
- [その他]

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 伊東 隆夫

ローマ字氏名: (ITO, takao)

所属研究機関名: 独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所

部局名: 埋蔵文化財センター

職名: 客員研究員

研究者番号(8桁): 70027168

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 大河内 隆之

ローマ字氏名: (OKOCHI, takayuki)

研究協力者氏名: 星野 安治

ローマ字氏名: (HOSHINO, yasuharu)

研究協力者氏名: 深澤 芳樹

ローマ字氏名: (FUKASAWA, yoshiki)

研究協力者氏名: 加藤 真二

ローマ字氏名: (KATO, shinji)

研究協力者氏名: 今井 晃樹

ローマ字氏名: (IMAI, kouki)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。