

### 3. 庭月観音像の使用材の樹種鑑定結果報告

#### 2-1. はじめに

仏像（木彫）に使用された樹種を特定することは、その修復方針を決定するだけでなく、仏像の製作技法や過去の修復技術を解明することができるという、大きな意義を有する。また、近年、年輪年代学（年輪が形成された年代を誤差無く特定する）のデータベースの蓄積が増加しており、仏像の制作年代特定への貢献が目覚ましい。その際に、樹種が特定していれば年輪年代学（第4章参照）への適用が可能かどうか判断できる。

樹種の特定方法は、なるべくならば非破壊検査（像の表面を目視や実体顕微鏡を用いた観察）が望ましいが、その場合は、表面の劣化状態や木取りにより左右されるため、特定できる樹種に限られるなどの困難を伴う。より確実な鑑定を行うためには、樹木を構成している組織を生物顕微鏡や電子顕微鏡を用いて、材の3断面（図1）をそれぞれ観察する

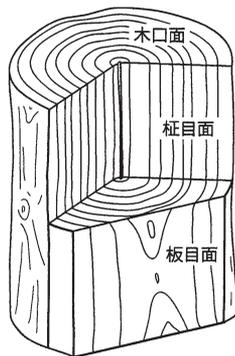


図1 木材の三断面

ことによるべきである。

今回は解体修理ということも相まって、劣化により自然脱落した破損材（2～5 mm<sup>3</sup>）を所有者の許可を得て採取することができた。本稿では、各部位に使用された樹種鑑定結果の概要を報告する。

#### 2-2. 樹種鑑定方法

劣化により自然脱落した破損材（2～5 mm<sup>3</sup>）所有者の許可を得て採取した。破損材に脱イオン水またはエタノールを滴下後、カミソリを使用して3断面（木口、板目、柱目面）の切片を調製した。その後、プレパラートを作製して光学顕微鏡（OLYMPUS社製 BX51）を用いて組織を観察することにより樹種鑑定を行った。

#### 2-3. 樹種鑑定結果

表1に調査した部材ごとに樹種名を示す。同定に至った根拠は組織の観察写真とともに次に示す。

#### 2-4. 顕微鏡写真一覧

##### 1) 頭部材・体幹部材

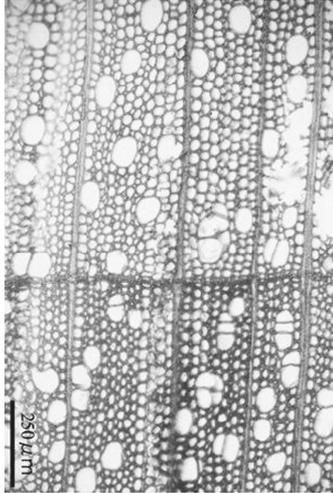
モクレン属：散孔材。放射組織は単列または2細胞幅の複列で、すべて平伏細胞または辺縁に直立細胞からなる。また、繊維仮道管は隔膜を持つ。モクレン属には、ホオノキ、コブシ、タムシバ等の種が属す。本像は径50cmを超える樹木から切り出したものと考えられるので、木材組織の観察結果と合わせて、ホオノキである可能性が高い（コブシ、タムシバは径20～30cm程度）。よって、以降の章では本材をホオノキと記載する。

表1 部材名と樹種名

部材名	樹種	和名と学名
1 頭部材・体幹部材	モクレン属	<i>Magnolia</i>
2 左上腕材（右上腕部材）	モクレン属	<i>Magnolia</i>
3 首周囲マチ材	アスナロ属	<i>Thujopsis</i>
4 右上腕下部材（右前腕材）	スギ	<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don
5 右手先材	不明	
6 左前腕部材	モクレン属	<i>Magnolia</i>
7 左右天衣材	アスナロ属	<i>Thujopsis</i>
8 宝冠材	アスナロ属	<i>Thujopsis</i>
9 両足先材	アスナロ属	<i>Thujopsis</i>
10 左脚柄材	カツラ	<i>Cerdiphyllum japonicum</i> Sieb. et Zucc
11 右脚柄材	カツラ	<i>Cerdiphyllum japonicum</i> Sieb. et Zucc
12 下部背板材	スギ	<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don
13 下部背板小材	カツラ	<i>Cerdiphyllum japonicum</i> Sieb. et Zucc
14 左側面像底部材	不明	

## 2) 左上腕材 (右上腕部材)

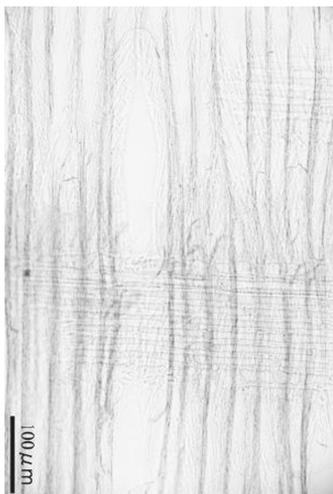
モクレン属：破損材は左上腕材から採取した。右上腕部材は、表面の目視観察から左上腕材と同材とみなした。



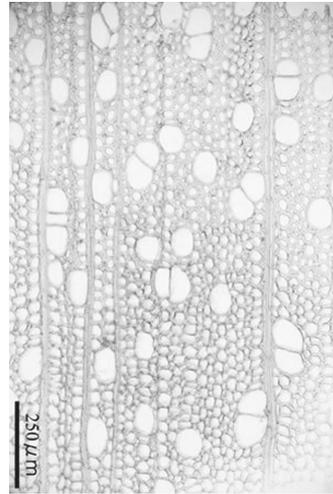
木口面



板目面



柱目面



木口面



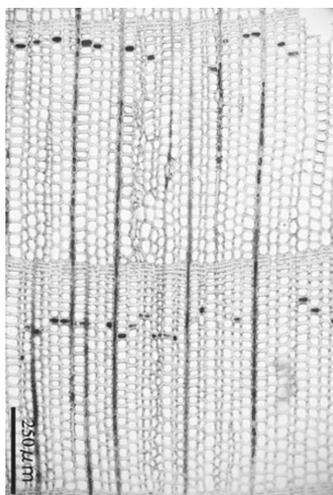
板目面



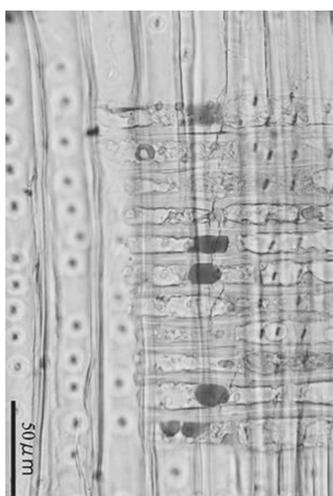
柱目面

### 3) 首周囲マチ材

アスナロ属：早材部から晩材部への移行はやや急で、晩材部が少ない。樹脂細胞が接線方向に配列する。分野壁孔は小型のスギ〜ヒノキ型で1分野辺り1-4個。分野壁孔の開孔部の長軸方向は斜めに立ち上がる。放射柔細胞に着色物質が詰まっている。



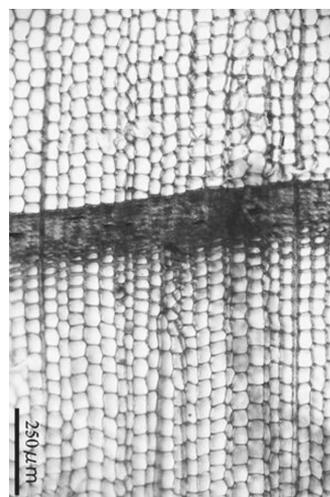
木口面



柁目面

### 4) 右上腕下部材 (右前腕部材)

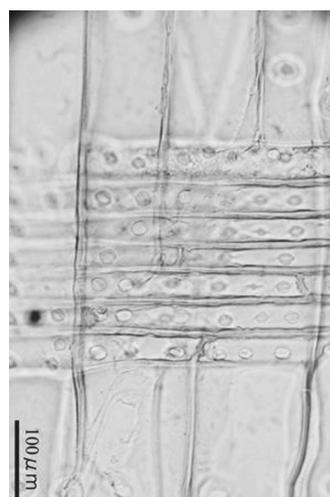
スギ：分野壁孔は大型のスギ型、一分野辺り2個。破損材は右上腕下部材から採取した。右前腕材は、表面の目視観察から左上腕材と同材とみなした。



木口面

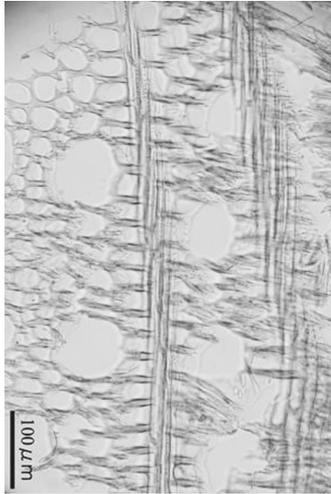


板目面



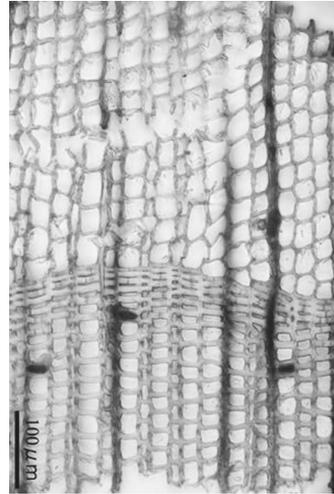
柁目面

5) 右手先材  
不明：広葉樹材。



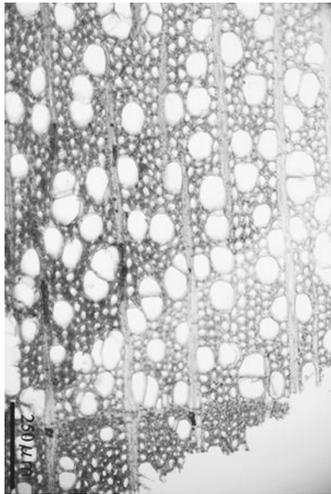
木口面

7) 左右天衣材  
アスナロ属

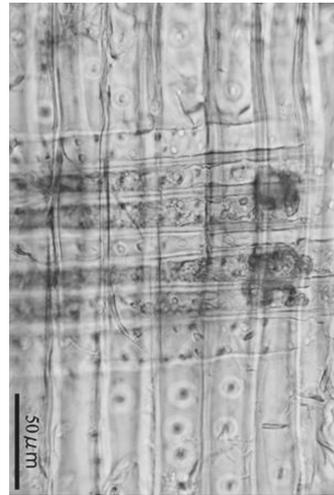


木口面

6) 左前腕部材  
モクレン属



木口面



柁目面

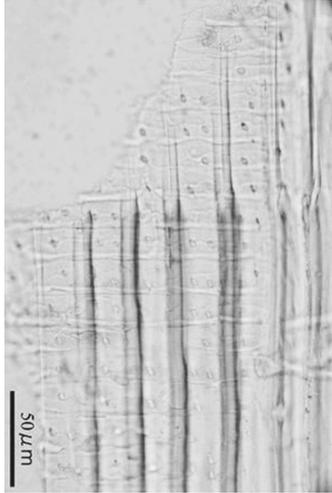
8) 宝冠材  
アスナロ属



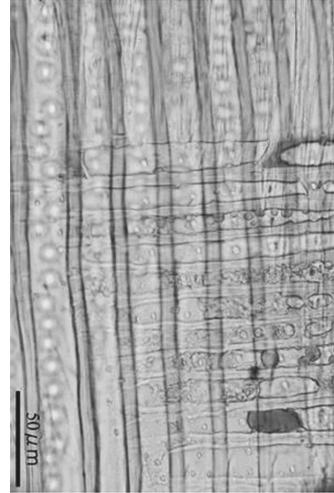
板目面



木口面



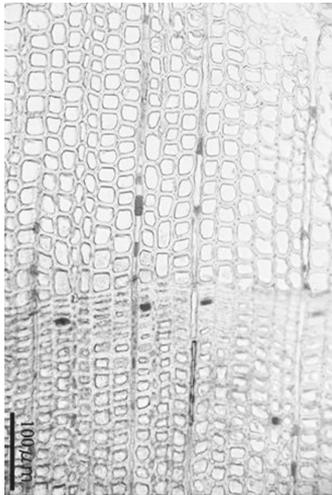
柁目面



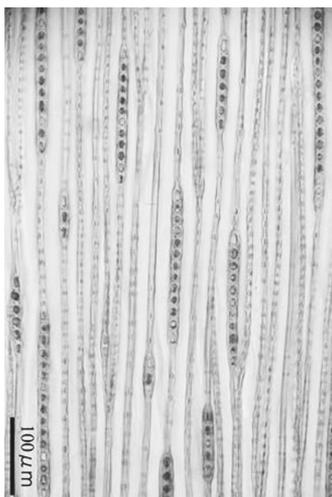
柁目面

9) 両足先材

アスナロ属



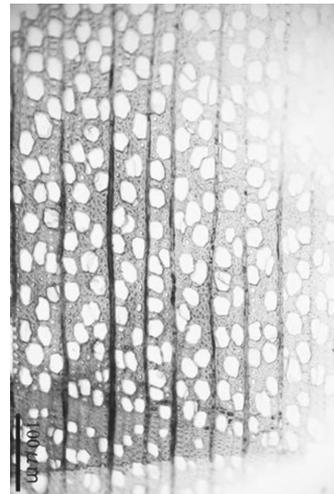
木口面



板目面

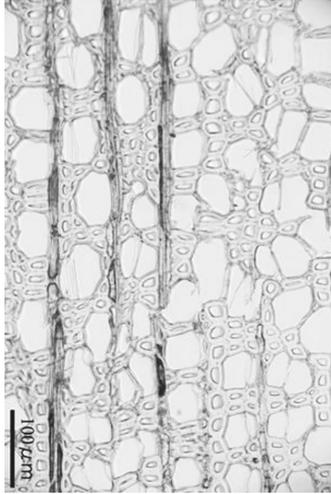
10) 左脚柄材

カツラ：散孔材。道管が材中で占める割合が多い。  
また、道管の形状は花様であり、典型的なカツラである。

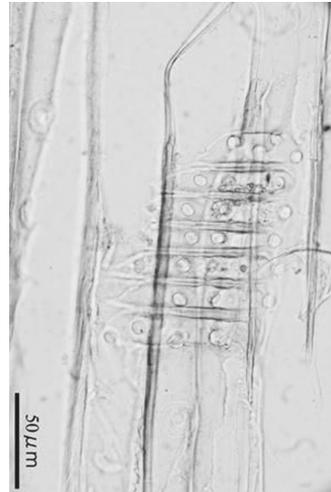


木口面

11) 右脚柄材  
カツラ

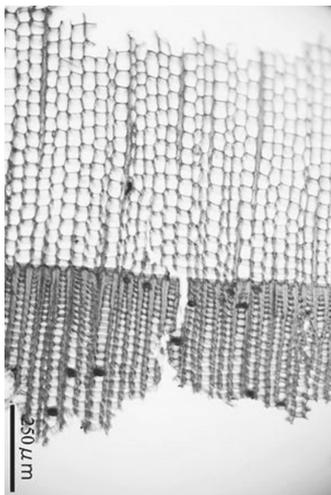


木口面

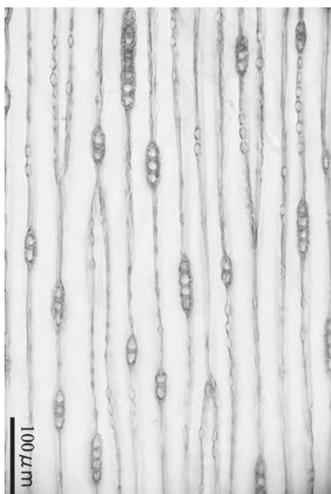


板目面

12) 下部背板材  
スギ



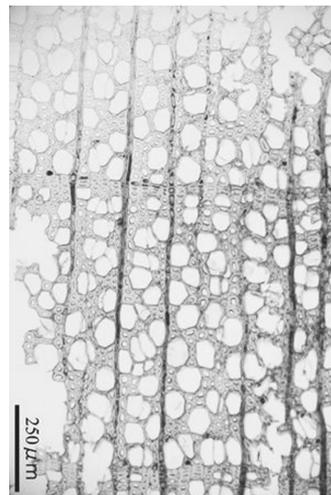
木口面



板目面

13) 下部背板小材

カツラ：散孔材。道管が材中で占める割合が多い。道管要素の両端の穿孔板は著しく傾斜しており、階段穿孔である。放射組織は接線方向に1～3であり、上下両縁が1列の直立細胞からなり、その中間は平伏細胞と方形細胞からなる異性である。



木口面



板目面



柁目面

14) 左側面像底部材  
不明



板目面

3-5. まとめ

樹種鑑定調査により、本像に4種類の樹種の木材が使用されていることが判明した。

木製の仏像の制作当初の用材は、背板のみ別の樹種を用いる例が確認されているものの、その他の像を構成する部材は同種の木材を使用して彫りあげることが通例である。制作当初の姿で現代まで伝世している仏像はあまり多くはなく、長い歴史の中で破損し、そのたびに修理が加えられた例が多くみられる。修理の際に用いる補作部材に制作当初材と同種の木材を用いるかどうかは一概ではないが、特に用途に目的性が見いだせない状況で異なる樹種を用いている場合、背板以外は後世の修理の付加であると判断するのが妥当であろう。また、一回の修理で使用される木材は、特別な理由がない限り、一種類の木材が用いられることが通例である。そのため庭月観音像の複数の異なる木材の数は、本像が制作された時から繰り返された修理の回数を物語るものではないかと考えられる。そこで、各部材を科学的手法により調査することで年代判定を試みることにした。

スギから彫出した背板部材や腕部材と、ヒノキが使用されている光背や框座部材などの針葉樹材については、東北大学学術資源公開研究センター植物園の大山幹成と星野安治に依頼し、年輪年代学による測定を試みた。(第4章) また、ホノキが使用されている体幹部材、頭部材、上腕部材とスギが使用されている右上腕下部材から自然に脱落した破損材を所有者の許可を得て採取し、山形大学YU-AMSGグループ(門叶冬樹、加藤和浩、庵下稔)に依頼して、放射線炭素年代測定調査による年代判定を試みた。(第6章)

(片岡・小林・大山)

3. 参考文献

- 1) 島地謙・須藤彰司・原田浩著、『木材の組織』、1976年、森北出版

## 4. 庭月観音像の年輪年代学調査報告

### 4-1. 緒言

年輪年代学では、樹木年輪が1年に1層ずつ形成され、その幅の変動が地域や樹種ごとに似通った変動を示すことを利用し、年輪が形成された年代を誤差無く特定することができる（この年輪年代学での年代決定は、クロスデーティングと呼ばれる）。そのため年輪年代学は、木質文化財の年代測定に広く用いられており、特にヨーロッパでは、歴史的建築物や絵画（画板）、彫像などの年代測定が年輪年代学により行われ、大きな成果を上げている。本章では、庭月観音像の修復に伴って行った年輪年代学調査について、その成果の概要を報告する。

### 4-2. 供試部材

解体された部材のうち、樹種同定結果（第3章）を考慮して、針葉樹材について年輪数の多寡を肉眼で検討し、19点の部材を年輪年代学調査に供した（表1）。選定した部材は、本体下部背板および右腕部材（図1）、光背（図2）、台座（図3-5）の部材である。

### 4-3. 方法

年輪幅の計測は、框座底板については部材が外されていなかったためデジタルマイクロスコープ

（Hirox KH-7700）を用いた画像計測で、その他の部材については実体顕微鏡下での変位計測で行った。クロスデーティングは、本調査に供した部材間および当研究室で保有している標準年輪曲線との比較を、専用のソフトウェア（PAST；SCIEM Inc.）を用いて行い、まず年輪年代の候補を統計値により絞り込み（ $t_{BP}$ （Baillie and Pilcher, 1973））、最終的に年輪曲線をプロットしたグラフの目視評価から年輪年代を決定した（クロスデーティングの詳細は、米延ら（2010）などを参照されたい）。

### 4-4. 成果の概要

#### 1) 供試部材の年代

供試した部材の内、下部背板のytnw001は、複数の標準年輪曲線（秋田県森吉家ノ前A遺跡・スギ（星野・大山、2010）、青森県高野川（2）遺跡・ヒバ）と同じ年代関係でクロスデーティングを行うことができた（図6）。本部材の最外年輪は、秋田県森吉家ノ前A遺跡の標準年輪曲線の214層目にあたる。この秋田県森吉家ノ前A遺跡の標準年輪曲線は、他の青森県内の遺跡で構築されたヒバの標準年輪曲線との年代関係から、西暦1060から1400年頃にあたるものと考えられている。また、青森県高野川（2）遺跡の標準年輪曲線は、光谷（1993）で年輪年代測定が行われた試料と同一の試料を用いて構築

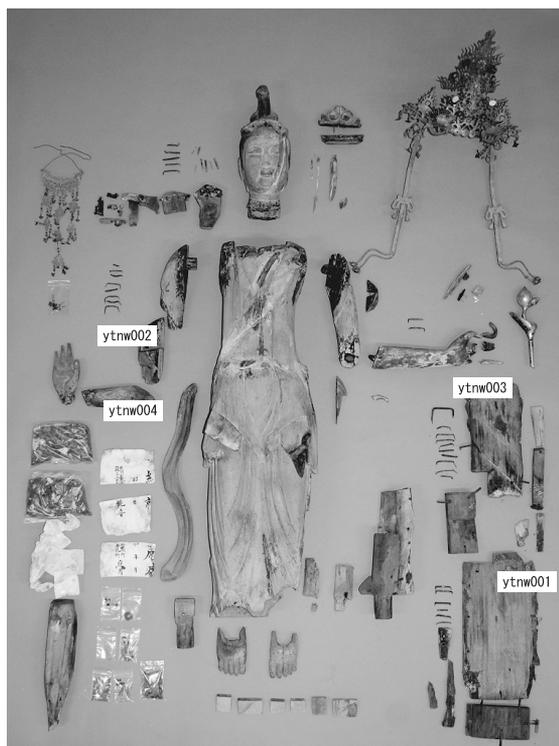


図1 供試試料（本体）

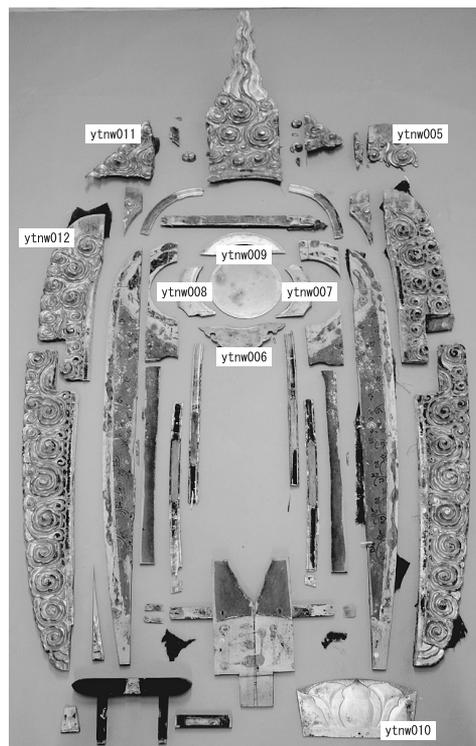


図2 供試試料（光背）

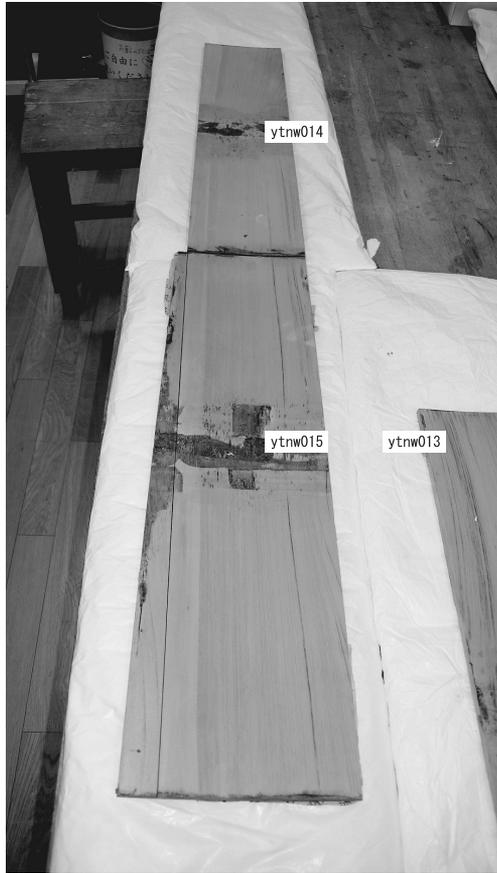


図3 供試試料（框座天板）



図4 供試試料（蓮華座天板）

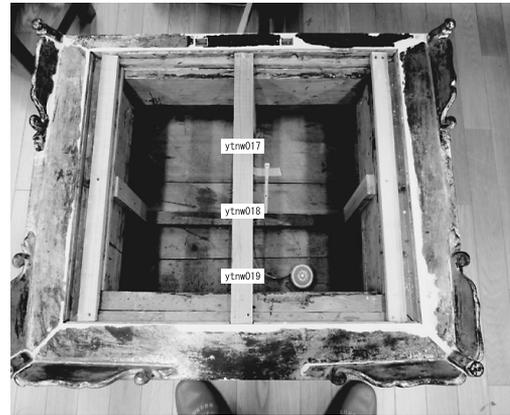


図5 供試試料（框座底板）

表1 供試部材と計測年輪の概要

年輪ID	部材	樹種ID	樹種	計測年輪数	年輪幅 (mm)			
					平均	最小	最大	標準偏差
ytnw001	本体下部背板	12	スギ	232	0.81	0.31	1.91	0.32
ytnw002	本体右上腕下部	-	スギ	60	1.19	0.71	2.01	0.30
ytnw003	本体上部背板	-	スギ	81	1.55	0.47	2.86	0.46
ytnw004	本体右前腕	4	スギ	51	1.18	0.70	1.92	0.30
ytnw005	光背左肩上	-	ヒノキ	107	1.36	0.44	2.98	0.46
ytnw006	光背中央丸下	-	ヒノキ	68	1.07	0.42	2.82	0.44
ytnw007	光背中央丸左肩	-	ヒノキ	137	0.80	0.27	1.79	0.36
ytnw008	光背中央丸右肩	-	ヒノキ	149	0.69	0.28	1.52	0.27
ytnw009	光背中央丸上	-	ヒノキ	126	0.58	0.27	1.17	0.17
ytnw010	光背中央下四角	-	ヒノキ	217	0.64	0.28	1.51	0.24
ytnw011	光背外側右肩上	-	ヒノキ	85	1.79	1.10	2.68	0.34
ytnw012	光背外側右肩下	-	ヒノキ	105	1.47	0.73	2.78	0.40
ytnw013	框座天板墨書左側	-	ヒノキ	162	0.77	0.44	1.16	0.15
ytnw014	框座天板中央	-	ヒノキ	194	0.80	0.39	1.65	0.22
ytnw015	框座天板墨書右側	-	ヒノキ	178	0.70	0.32	1.47	0.21
ytnw016	蓮華座天板	-	ヒノキ	161	0.97	0.33	1.88	0.36
ytnw017	框座底板奥側	-	ヒノキ	174	0.69	0.22	1.64	0.26
ytnw018	框座底板中央	-	ヒノキ	87	0.71	0.25	1.22	0.23
ytnw019	框座底板手前側	-	ヒノキ	115	0.90	0.30	1.52	0.29

※樹種IDは第3章に対応。切片採取による樹種同定が行えなかった部材の樹種は肉眼での判断による。

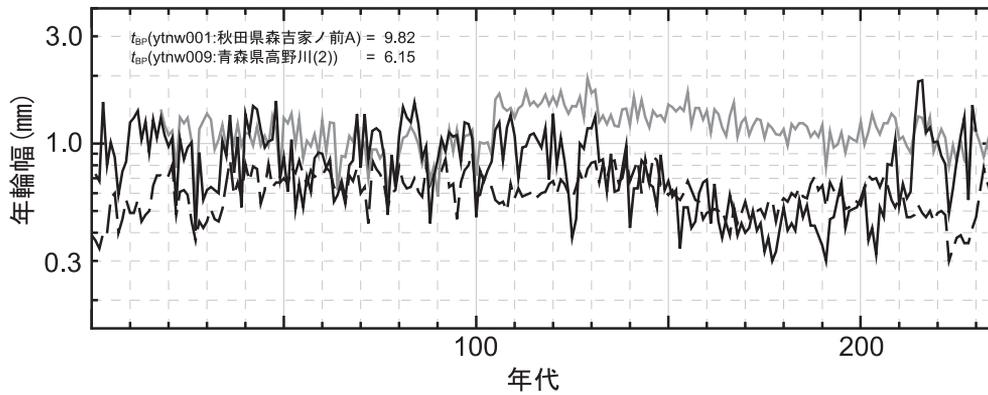


図6 本体下部背板 (ytnw001) の年輪曲線 (黒・実線) と標準年輪曲線 (秋田県森吉家ノ前 A 遺跡: 灰・実線、青森県高野川 (2) 遺跡: 黒・破線)。ytnw001の最も古い年代の年輪を1層目として、クロスデーティング位置で重ねて表示。



図7 本体下部背板 (ytnw001)。矢印から右側が辺材。

された標準年輪曲線であり、その報告されている年輪年代から導き出される年代とも矛盾しない。これらのことから本部材の最外年輪の年輪年代は、1270年頃と考えられる。本部材には、辺材が48層残存している (図7)。スギの辺材年輪数は現生秋田スギでの検討で、23個体について平均40.9 (標準偏差10.2) 層 (未公表データ) であることから、ytnw001の伐採年は最外年輪の年輪年代以降、そう遠くない年代と考えられる。そのため下部背板のytnw001は、13世紀後半頃 (鎌倉時代) に伐採された木と考えられる。

本像は、美術史の見解 (第2章) および放射性炭素年代測定 (第5章) から、平安時代後期 (11世紀頃) に造立されたものと考えられている (第6章)。また、鮭川村文化財指定時や今回の修理前調査 (第1章) では、外観から室町時代後期から江戸時代初

頃頃の特徴を見せる仏像と判断されており、この頃に修理がなされたと考えられている。下部背板のytnw001は、造立当初のものではなく後世の修理部材と考えられているため、この部材が13世紀後半頃 (鎌倉時代) に伐採されたということは、本像の造立年代と矛盾しない。しかし、この頃の修理記録や造形的な特徴は見られないため、今回得られた年輪年代は本像の修理履歴の新たな可能性を示唆するものといえる。ただし年輪年代は、あくまで部材の上限年代を示すものである。そのため、本像に関わる史実の再検討や、本部材に転用の痕跡が無いかどうかの確認など、さらなる詳細な検討が望まれる。

## 2) 材料利用の可能性

供試部材間でクロスデーティングできた組み合わせの年輪曲線を、図8-12に示す (ytnw002・004: 図8、ytnw005・011・012: 図9、ytnw006-010: 図10 (上図)、ytnw013-015: 図11、ytnw017-019: 図12)。これらは、それぞれ組み合わせで部材間の年輪幅変動が重複する期間全体を通して酷似していること、年輪幅の絶対値がほぼ同じであること、また統計値も高いと評価できることから、それぞれの組み合わせの部材が同一木由来である可能性が高いと考えられる。ただし、年輪年代学の結果のみから同一木由来とは断定できないので注意が必要である。ytnw002・004は右腕部材、ytnw005・011・012は光背外側部分の部材、ytnw006-010は光背内側部分の板状の部材、ytnw013-015は框座天板、ytnw017-019は框座底板であり、いずれの組み合わせも一連の部位とみなされる部材といえる。またytnw014・015は接合できる試料 (図3) であり、これらのことは年輪年代学から指摘できる同一木由来である可能性を支持し、使われている原木の個体

数が比較的少ないことを示唆する。

さらに、ytnw006-010に含まれる年輪を相対的な年代関係でバーチャートに示すと図10(下図)の様になる。ytnw006-008は木材の比較的内側(ytnw006・13-80年目、007・1-137年目、008・5-153年目)、ytnw009は木材の比較的外側(91-216年目)、ytnw010は木材の内側から外側全体にわたっていることがわかる(7-223年目)。また、ytnw006と009とは、年代が重複する期間がない。これらの部材はいずれも同様の比較的薄い板状の部材であり、以上のことから同一木由来というだけでなく同じ板から切り分けられて作製された可能性が高いと考えられる。このような視点で、部材の形状や加工痕などを検討することにより、年代情報だけでなく、年輪年代学から木取りの方法や、どのくらいの量の材料を使用していたかなど、当時の材利用の一端を明らかにできる可能性がある。

### 3) クロスデーティングできなかった試料について

上記以外については、供試部材間、また現有の標準年輪曲線群とのクロスデーティングができなかった。特にytnw003(上部背板)と016(蓮華座天板)は、クロスデーティングが全くできなかった。主な理由として、年輪数が少なかったこと、また一連の部材が無かったことなどがあげられる。しかし、現時点でクロスデーティングできなかったということから必ずしも他の部材と同一時期でないとは結論付けられず、またこれらの部材から得られた年輪幅データも、今後、標準年輪曲線のデータベースが蓄積されることにより年輪年代が特定できる可能性もある。

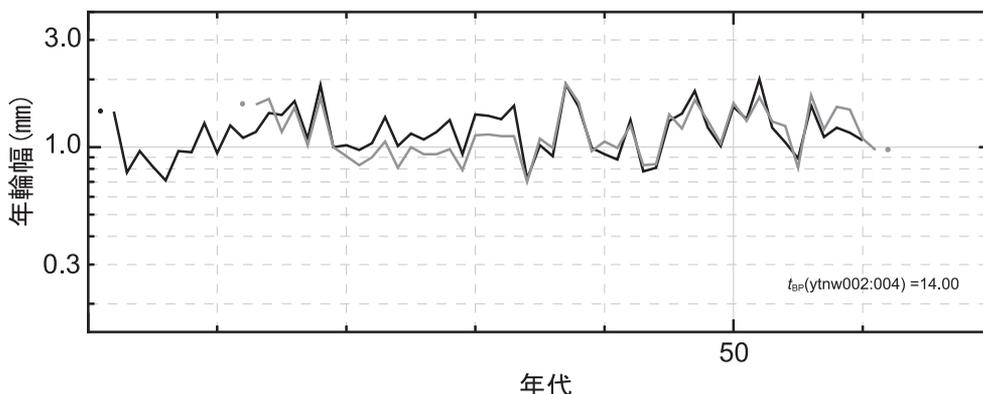


図8 本体右腕部材(ytnw002:黒、004:灰)の年輪曲線。最も古い年代の年輪を1層目として、クロスデーティング位置で重ね、年輪幅を計測せず層数のみ数えた箇所を点で表示。

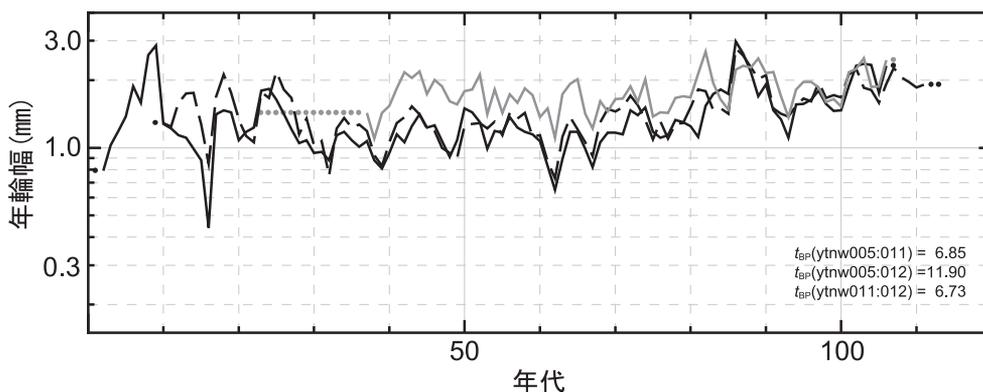


図9 光背外側部分の部材(ytnw005:黒・実線、011:灰・実線、012:黒・破線)の年輪曲線。最も古い年代の年輪を1層目として、クロスデーティング位置で重ね、年輪幅を計測せず層数のみ数えた箇所を点で表示。

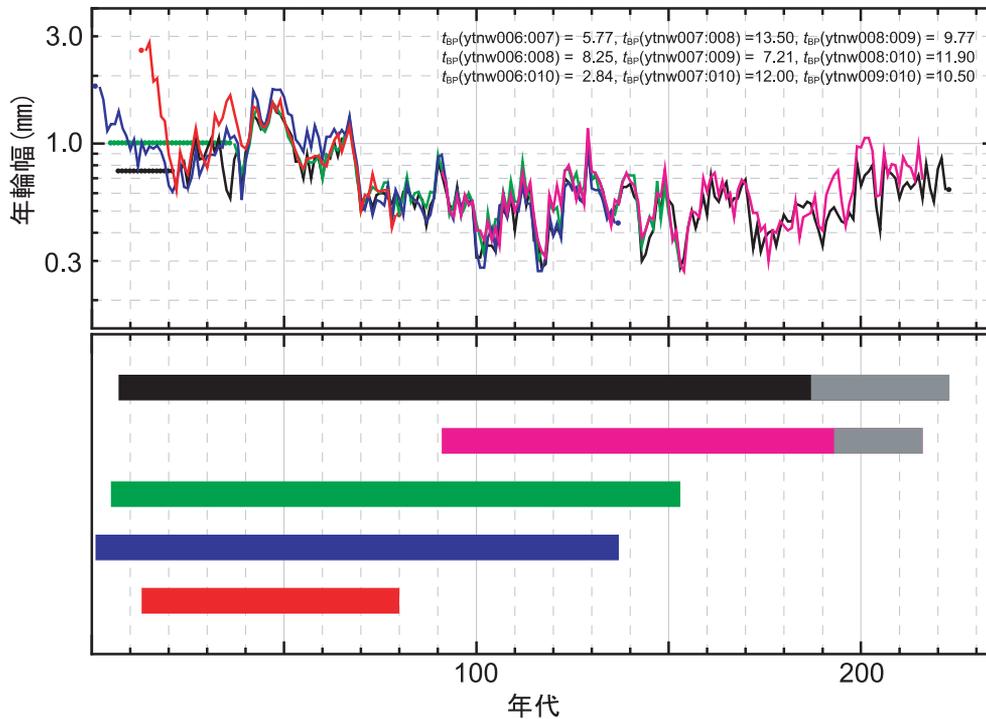


図10 光背内側部分板状の部材の年輪曲線（上図）とバーチャート（下図）。ytnw006：赤、007：008：緑、009：桃、010：黒、辺材：灰（下図のみ）。最も古い年代の年輪を1層目として、クロスデーティング位置で重ね、年輪幅を計測せず層数のみ数えた箇所を点で表示（上図のみ）。

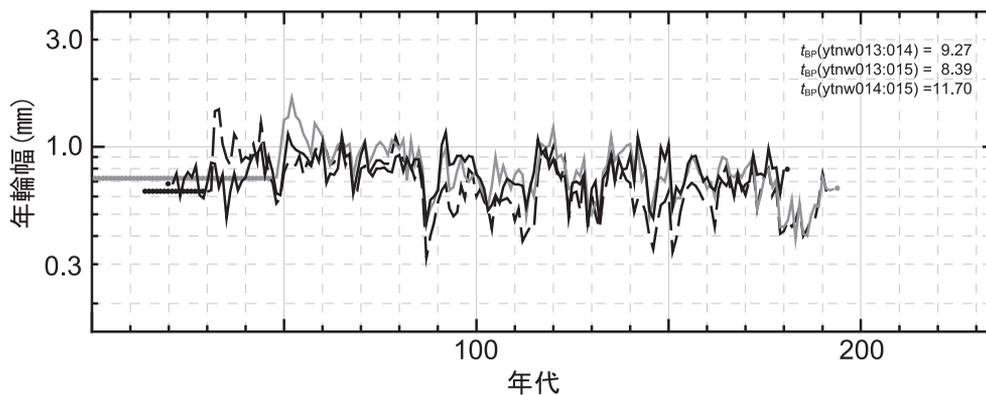


図11 框座天板（ytnw013：黒・実線、014：灰・実線、015：黒・破線）の年輪曲線。最も古い年代の年輪を1層目として、クロスデーティング位置で重ね、年輪幅を計測せず層数のみ数えた箇所を点線で表示。

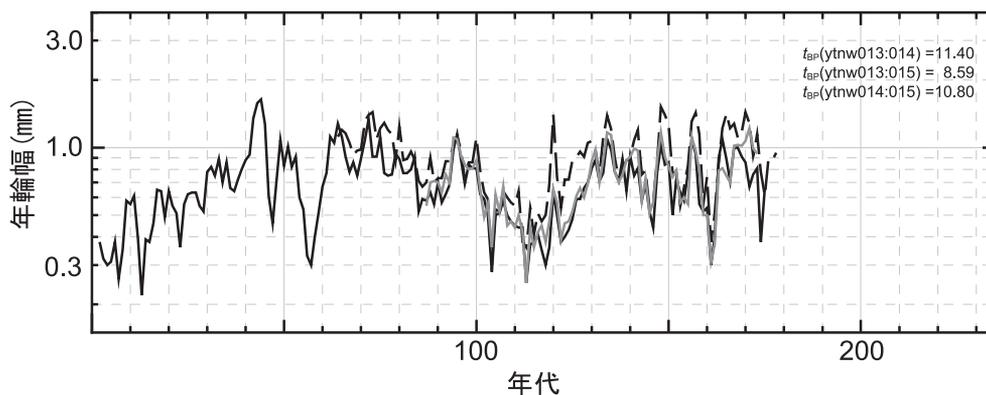


図12 框座底板（ytnw017：黒・実線、018：灰・実線、019：黒・破線）の年輪曲線。最も古い年代の年輪を1層目として、クロスデーティング位置で重ねて表示。

#### 4-5. おわりに

今回の年輪年代学調査での主な成果として、本像の歴史に関わる年代情報を提供することができたこと、また、材利用に関わる一考察を提示することができたことが挙げられる。これらの成果が、本像を修復する際の一助になれば望外の喜びである。

(大山・星野)

#### 4. 参考文献

- 1) Baillie, M. G. L. and J. R. Pilcher., (1973)  
A simple cross-dating program for tree-ring research, *Tree-Ring Bulletin* 33, 7-14.
- 2) 米延仁志、大山幹成、星野安治、光谷拓実、Dieter Eckstein、「年輪年代学におけるクロスデーティングのガイドライン - 日本産材を用いた方法論の分析とモンテカルロシミュレーションによる統計的クロスデーティングの再検討 - 」、『考古学と自然科学第60号』、1-12、2010年、日本文化財科学会
- 3) 星野安治、大山幹成、「秋田県森吉家ノ前A遺跡の年輪年代学調査 森吉家ノ前A遺跡（第3次） - 森吉ダム建設事業に係る埋蔵文化財発掘調査報告書XXII - 」、『秋田県文化財調査報告書第453集』、191-196、2010年、秋田県教育委員会
- 4) 光谷拓実、「年輪年代法による井戸枿材・曲物類・板材の年代測定 高野川（2）遺跡 - 県営農免農道整備事業（高野川地区）に係る埋蔵文化財発掘調査報告書 - 」、『青森県埋蔵文化財調査報告書第153集』、36-39、1993年、青森県教育委員会

## 5. 庭月観音像の放射線炭素年代測定報告

### 5-1. はじめに

庭月観音像の体幹部材の像底部（ホオノキ材・YU-47、YU-48、YU-49）3点、頭部材の首付け根部1点（ホオノキ材・YU-50）、布部に付着した木

材1点（YU-51）、右上腕上部材1点（ホオノキ材・YU-52）、右上腕下部材1点（スギ材・YU-53）について加速器質量分析法（AMS法）による放射性炭素年代測定を行った。布部に付着した木材1点以外のサンプル6点の写真を図1に示す。

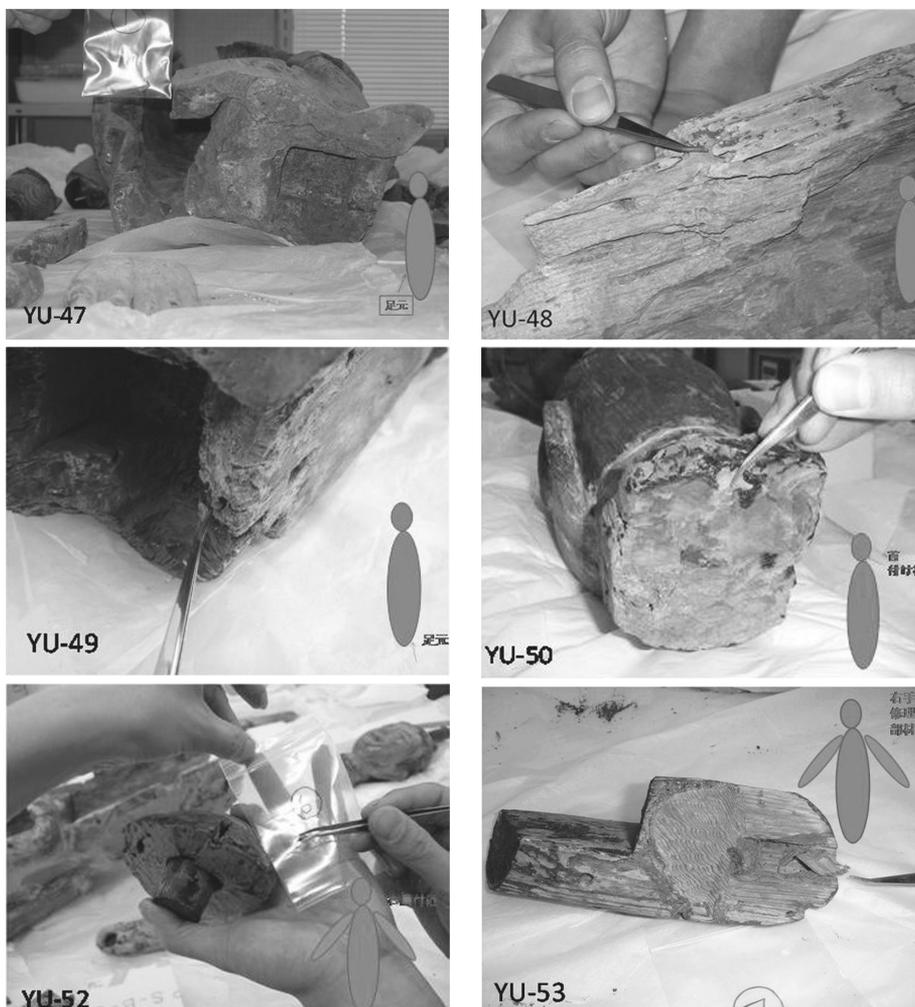


図1 AMS法で測定した庭月観音様のサンプル。それぞれのサンプルには山形大学のYU-AMS装置で測定したことを示すラボコードを明記した。

表1 放射性炭素年代測定及び暦年較正の結果

ラボコード (測定番号)	$\delta^{13}\text{C}$ (%)	暦年較正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$ )	$^{14}\text{C}$ 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$ )	$^{14}\text{C}$ 年代を暦年代に較正した年代範囲	
				1 $\sigma$ 暦年代範囲	2 $\sigma$ 暦年代範囲
YU-47	-27.71 $\pm$ 0.56	841 $\pm$ 28	840 $\pm$ 30	1165AD(68.2%)1225AD	1155AD(95.4%)1264AD
YU-48	-28.04 $\pm$ 0.55	912 $\pm$ 29	910 $\pm$ 30	1045AD(40.4%)1096AD 1120AD(16.7%)1142AD 1147AD(11.1%)1162AD	1033AD(93.8%)1187AD 1200AD(1.6%)1206AD
YU-49	-27.72 $\pm$ 0.55	903 $\pm$ 38	905 $\pm$ 40	1045AD(34.5%)1098AD 1119AD(14.1%)1142AD 1147AD(19.7%)1180AD	1035AD(95.4%)1212AD
YU-50	-29.25 $\pm$ 0.43	852 $\pm$ 27	850 $\pm$ 25	1166AD(68.2%)1218AD	1055AD(3.9%)1077AD 1154AD(91.5%)1258AD
YU-51	-30.56 $\pm$ 0.61	744 $\pm$ 28	745 $\pm$ 30	1256AD(68.2%)1285AD	1224AD(95.4%)1288AD
YU-52	-29.44 $\pm$ 0.66	863 $\pm$ 40	865 $\pm$ 40	1054AD(11.2%)1079AD 1153AD(57.0%)1223AD	1043AD(19.6%)1105AD 1118AD(75.8%)1260AD
YU-53	-30.01 $\pm$ 0.39	1300 $\pm$ 28	1300 $\pm$ 30	668AD(46.2%)710AD 747AD(22.0%)766AD	661AD(95.4%)773AD

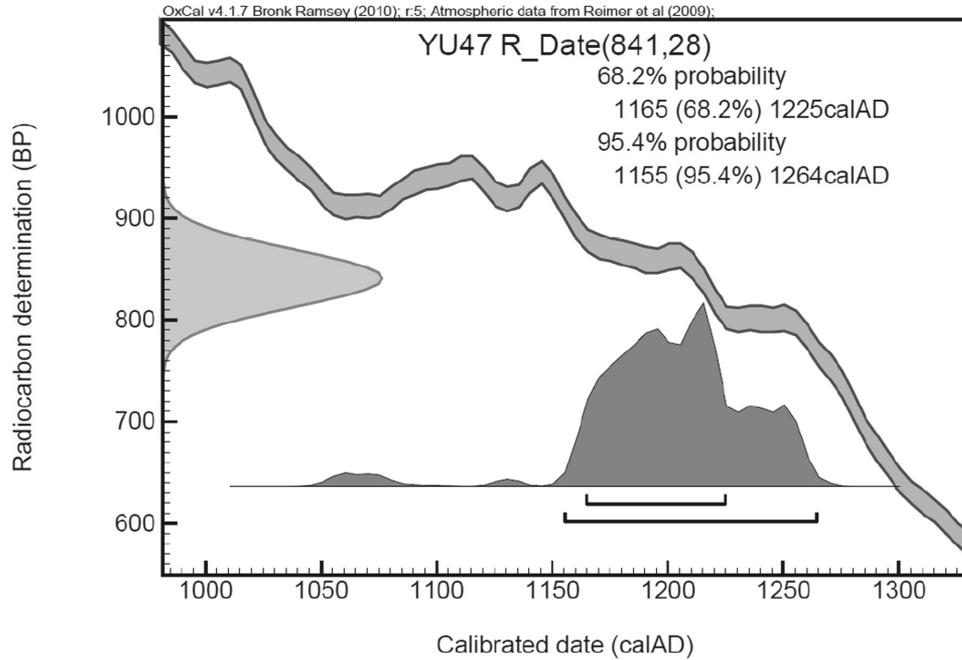


図2 YU-47の放射性炭素年代測定及び暦年較正の結果。

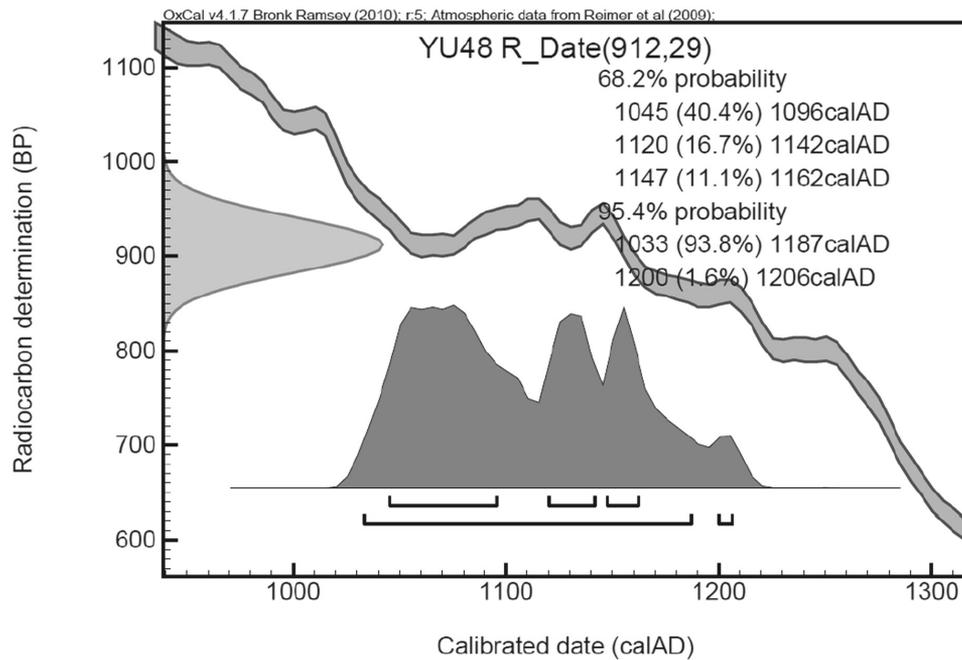


図3 YU-48の放射性炭素年代測定及び暦年較正の結果。

## 5-2. 試料と方法

サンプルの処理は外部に委託し、山形大学に設置した加速器質量分析計（YU-AMS：NEC製1.5SDH）を用いて測定した。得られた<sup>14</sup>C濃度について同位体分別効果の補正を行った後、<sup>14</sup>C年代、暦年代を算出した。それぞれのサンプルには、山形大学YU-AMS装置で測定したことを明記するため

のラボコードを付記した。

（世界のAMS機関のラボコード：<http://www.radiocarbon.org/Info/labcodes.html>）

## 5-3. 結果

表1に、同位体分別効果の補正に用いる炭素同位体比（ $\delta^{13}C$ ）、同位体分別効果の補正を行って暦年

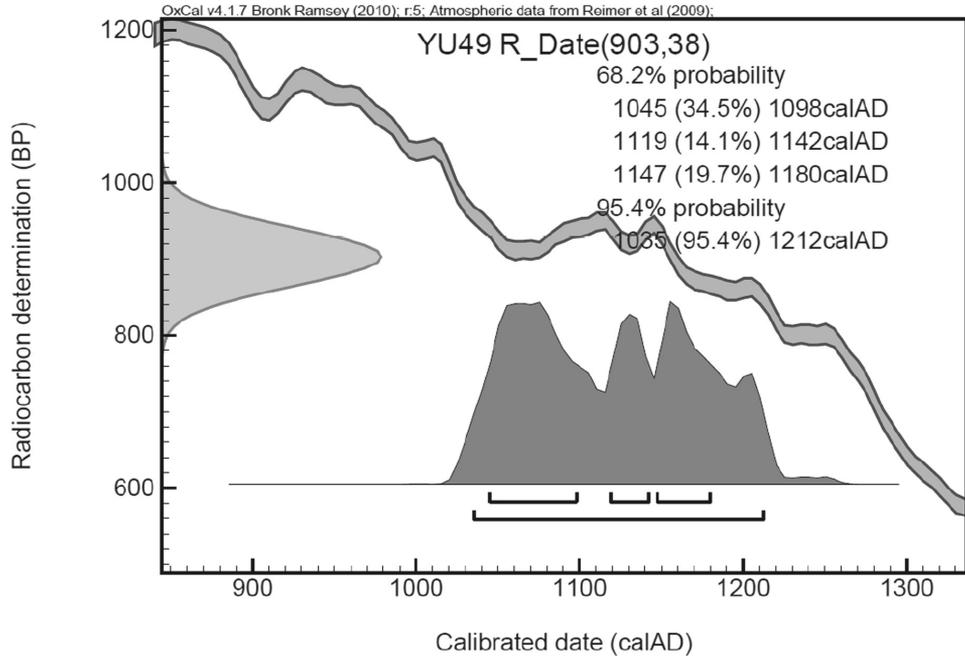


図4 YU-49の放射性炭素年代測定及び暦年校正の結果。

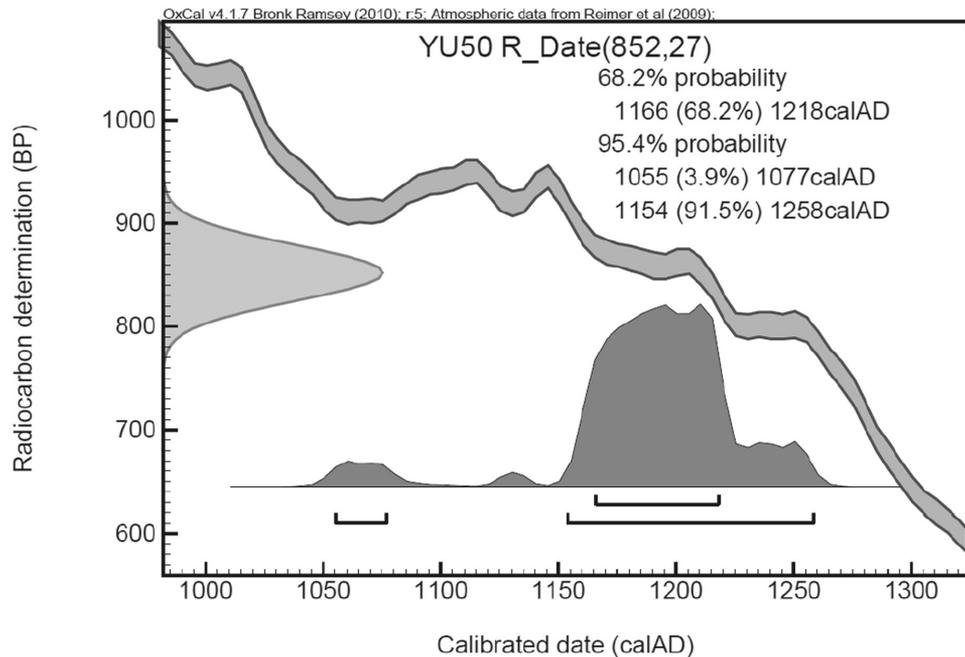


図5 YU-50の放射性炭素年代測定及び暦年校正の結果。

校正に用いた年代値、慣用に従って年代値と誤差を丸めて表示した<sup>14</sup>C年代、<sup>14</sup>C年代を暦年代に校正した年代範囲を示す。また、図2～図8にそれぞれの暦年校正結果を示す。暦年校正に用いた年代値は下1桁を丸めていない値であり、今後暦年校正曲線が更新された際にこの年代値を用いて暦年校正を行うために記載した。

#### 5-4. 考察

庭月観音像体幹部分の試料3点について、AMS測定を行い同位体分別効果の補正及び暦年校正を行った。得られた暦年代範囲のうち、その確率の最も高い年代範囲に着目すると、YU-47では1155-1264 calAD (95.4%)、YU-48では1033-1187 calAD (93.8%)、YU-49では1035-1212 calAD

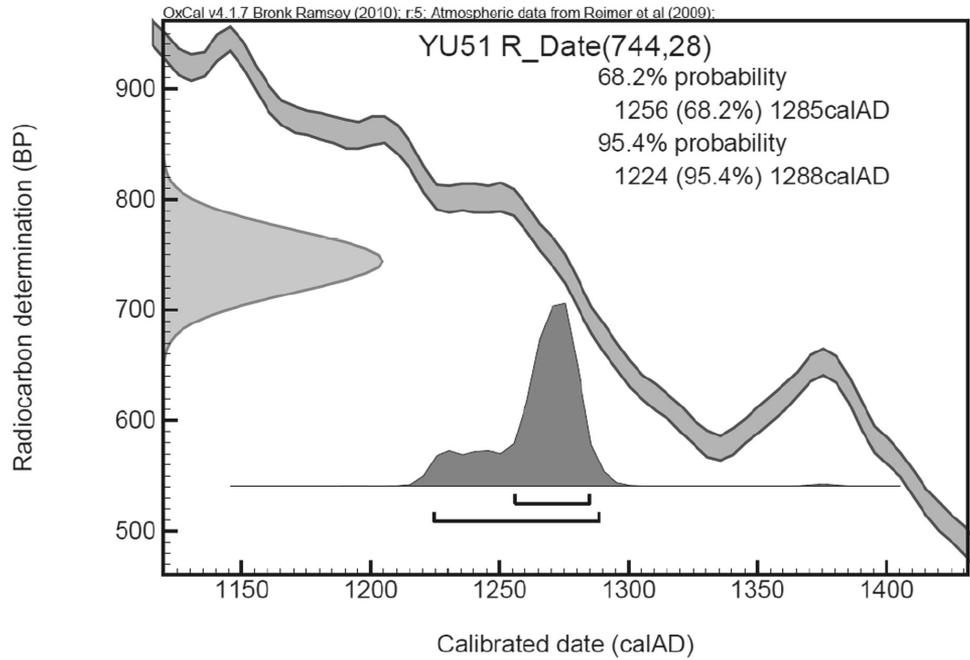


図6 YU-51の放射性炭素年代測定及び暦年較正の結果。

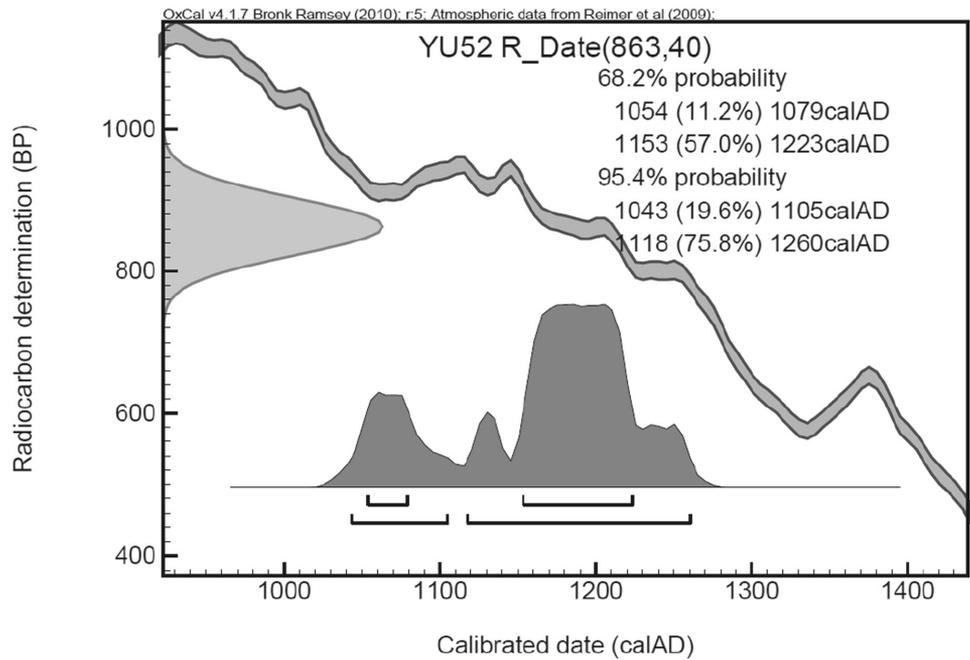


図7 YU-52の放射性炭素年代測定及び暦年較正の結果。

(95.4%)、YU-50では1154-1258 calAD (91.5%)、YU-51では1224-1288 calAD (95.4%)、YU-52では1118-1260 calAD (75.8%)、YU-53では661-773 calAD (95.4%)であった。

==== 年代測定の考え方 ====

<sup>14</sup>C年代はAD1950年を基点とし、そこからの年数

を示した年代であり、算出には<sup>14</sup>Cの半減期としてLibbyの半減期5568年を使用した。また、付記した<sup>14</sup>C年代の誤差(±1σ)は、測定の統計誤差、標準偏差等に基づいて算出され、試料の<sup>14</sup>C年代がその

<sup>14</sup>C年代誤差内に入る確率が68.2%であることを示す。

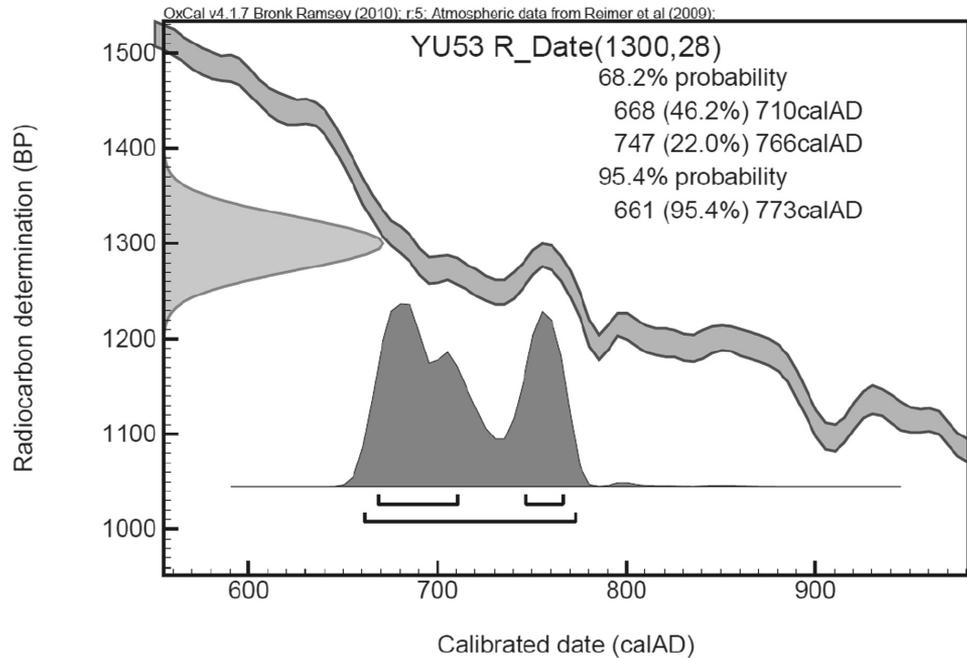


図8 YU-53の放射性炭素年代測定及び暦年校正の結果。

なお、暦年校正の詳細は以下のとおりである。

暦年校正とは、大気中の<sup>14</sup>C濃度が一定で半減期が5568年として算出された<sup>14</sup>C年代に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の<sup>14</sup>C濃度の変動、及び半減期の違い（<sup>14</sup>Cの半減期5730±40年）を校正して、より実際の年代値に近いものを算出することである。この<sup>14</sup>C年代の暦年校正にはOxCal4.1.7<sup>1)</sup>（校正曲線データ：Intcal09<sup>2)</sup>）を使用した。なお、暦年代の誤差範囲はOxCalで用いる誤差計算により算出され、1σの暦年代範囲は<sup>14</sup>C年代誤差に相当する68.2%信頼限界の暦年代範囲であり、同様に2σ暦年代範囲は95.4%信頼限界の暦年代範囲である。カッコ内の百分率の値は、その範囲内に暦年代が入る確率を意味する。グラフ中の縦軸上の曲線は<sup>14</sup>C年代の確率分布を示し、二重曲線は暦年校正曲線を示す。

（門叶・加藤・庵下）

## 5. 参考文献

- 1) Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51 (1), 337-360.
- 2) Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Burr, G. S., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes,

P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S. W., Reimer, R. W., Richards, D. A., Southon, J. R., Talamo, S., Turney, C. S. M., van der Plicht, J., & Weyhenmeyer, C. E. (2009). IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 51 (4), 1111-1150.