

# 木彫像の樹種 – 木彫像用材の科学的分析 –

森林総合研究所 多摩森林科学園 藤井智之

## 1. はじめに

日本にはおおよそ 1200 ~ 1400 種の樹木が生育しており、そのうち木材として用いられる樹種が約 300 種である。遺跡から出土する木材の樹種識別の結果から、約 1 万年前の縄文時代早期においてすでに本格的な木材利用が始まっており、縄文時代前期になると樹種の特性和その用途に関する明瞭な体系が確立していたと考えられる（鈴木 2002）。従って、奈良～平安時代には木材利用に関して相当高度な知識が蓄積されていたと考えられ、木彫像の制作に当たっては対象にふさわしい樹種を選択していたはずである。

木彫像の樹種に関する先駆的な業績は小原二郎氏によるもので、1960 年代までに飛鳥時代から室町時代までの約 750 体に及ぶ広範な調査がある（小原 1972）。光学顕微鏡を用いた識別、つまり自然科学的手法を用いた識別結果に基づき、飛鳥時代にはクスノキが使われていたものが、奈良時代前半の金銅像、乾漆像、塑像が優勢な時代を経て、奈良時代後半にはヒノキを主流とする一木彫に代わり、平安時代後期から鎌倉時代にはヒノキの寄木造りが集大成され（図 1）、カヤなどのその他の樹種は傍流とする説が定説となっていた。

しかし、美術史の分野では、木彫像の用材としてのカヤとヒノキに関するいくつかの新しい

問題が提起されるとともに、樹種の識別についても従来の定説に対して疑問が提示されるなど、小原氏の説を疑問視する声もあった（金子・他 1998）。玄奘訳『十一面神呪心経』の解釈書として唐の慧沼が著述した『十一面神呪心経義疏』には、十一面観音像を造る場合には「白檀」の代用として「栢木」を用いることが説かれている。この『十一面神呪心経義疏』は、日本では天平 15 年 (743) に書写されており、白檀の代用材、つまり十一面観音像の用材樹種としての「栢木」の認識があっても当然である。奈良時代後半（8 世紀後半）に木彫像の主流になる針葉樹材の樹種を考えていく上で「栢木」の概念が重要な視点となるが、『出雲国風土記』（天平 5 年 (733)）ではすでに「栢」はカヤと認識されており、ヒノキとは区別されていた。

このような背景で、1994 年に森林総合研究所と東京国立博物館との共同調査を開始した。その結果、8 ~ 9 世紀の主要な一木彫の仏像の全てが、ヒノキではなく、カヤであることが判明した（金子・他 1998）。さらにその後、一木彫と合わせて技法の異なる乾漆像および塑像の心木をも対象に木彫像の樹種識別した結果、一木彫像ではカヤが選択されているのに対して、乾漆像と塑像の心木には一部の例外を除けばカヤは使われておらず、その用材選択のあり方には一木彫とは明らかに異なる傾向が明らかとなった（金

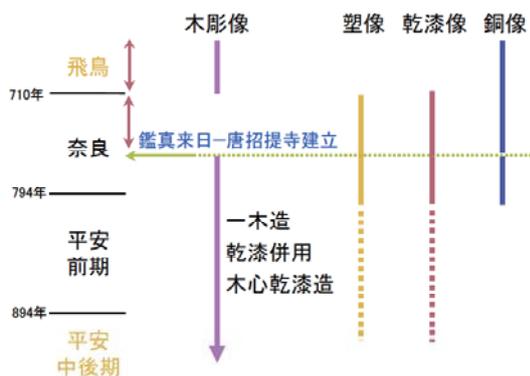


図 1 制作技法の変遷

表 1 一木彫の識別結果

樹種名	奈良時代		平安時代		
	8c後半	8~9c	9c	9~10c	
	奈良	他	奈良	他	他
カヤ	13	2	3	21	6
ケヤキ				1	近畿・中国・四国
ケヤキ?				4	宮城
クスノキ科		1	福島		
センダン		愛媛			
トチノキ					1 大分
総計	13	3	6	3	25 7

子・他 2003、表 1)。

## 2. 木材の組織に関する基礎知識

樹木の幹を輪切りにすると、樹皮の内側に木部（木材）があり、その外周部の淡色の材を辺材と呼び、内部の濃色の材を心材と呼ぶ。また、丸太の輪切りにした面を木口面、軸を含む軸方向の面を柀目面、そして軸を含まない軸方向の面を板目面と呼ぶ。これらの木材の基本的な3断面には木材の特徴が現れる（図2）。

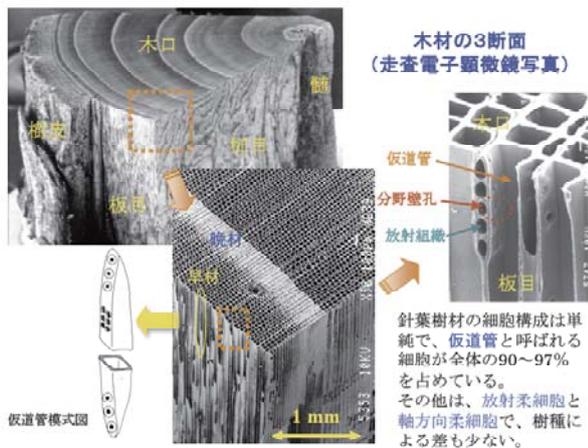
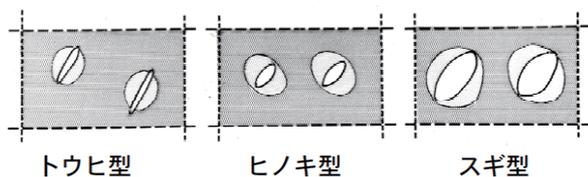


図2 木材の3断面



トウヒ型壁孔は、狭くスリット状でしばしば両端がはみ出ている孔口の幅よりもずっと幅広い壁孔縁をもつ。

ヒノキ型壁孔は、孔口が長楕円形で壁孔縁の境界内に収まっている（はみ出すことが多いトウヒ型とは対照的）。孔口幅は壁孔縁の幅よりも明らかに狭い。孔口の長軸の向きは、一つの試料内でも軸方向から水平方向まで変化に富む。

スギ型壁孔は、孔口が大きく、卵形ないし円形を呈し、輪内孔口。孔口幅は壁孔縁の最も幅の広い部分と比べても広い。

図4 分野壁孔

木材は木本植物（樹木）によって生産される細胞の集合体であり、針葉樹材では、一般的に仮道管が木材体積の90%以上を占めるため、その細胞構成は単純である。仮道管は直径が20～70 μm程度で長さが1～6mm程度の細長い中空の繊維状の細胞で、木口面に見られるように、放射方向に整然と配列している。1年輪の中で、成長期の前半では大径で薄壁の仮道管がつくられるため淡色の早材となり、成長期の後半には小径で厚壁の仮道管がつくられるため濃色の晩材となる。早材から晩材への移行の緩急は樹種毎の特徴であり、例えば木目が明瞭なカラマツやアカマツでは著しく急であるのに対して、木目が目立たないヒノキやカヤでは緩やかである（図3）。

仮道管は樹木中では水分通導機能を果たしているため、その細胞壁には仮道管相互間を連絡する有縁壁孔が数多く分布する。また、養分貯蔵する放射柔細胞との間にも特徴的な壁孔（分野壁孔、図4）があり、樹種識別の重要な特徴となっている。

## 3. ヒノキとカヤの識別

ヒノキとカヤの木材を肉眼的に比べてみると、比較的均質で木目が目立たない、直径1mを超える大径で通直な木材が得られる等の共通点がある。しかし、カヤの方がヒノキよりやや重厚で、木材の色も薄紅色がかったヒノキに対してカヤはクリーム色で、木材の匂いもヒノキが木の浴槽の匂いで知られているのに対してカヤはバナラ

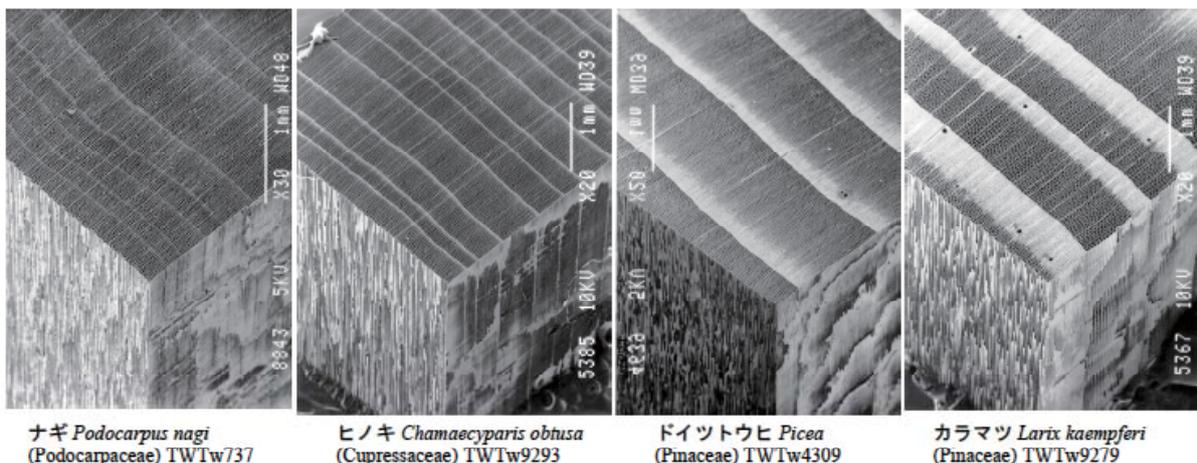


図3 針葉樹の組織



図5 ヒノキ材とカヤ材

のような匂いが特徴的である(図5)。

ヒノキとカヤの木材を比較して最も異なるのは、ヒノキの仮道管の内表面は例外なく平滑であるのに対し、カヤの仮道管には例外なく2~3本が対となった特徴的ならせん肥厚があることである。このため、ヒノキかカヤの二者択一の識別であれば(図6)、仮道管が一本でもあれば、さらにはその断片からでも、らせん肥厚の有無が確認できればカヤ材と識別することは可能である。

仮道管のらせん肥厚は、カヤ属の樹種以外では、イチイ属の樹種、イヌガヤ属の樹種、およびトガサワラ属の樹種の木材にも顕著に認められる(図7)。その他にもらせん肥厚のある仮道管を持つ針葉樹があるが、そこではらせん肥厚が偶発的であったり、仮道管内腔で局部的であったり、顕著に観察されることはない。これらのらせん肥厚が特徴的な針葉樹材のなかでも、カヤ属の仮道管のらせん肥厚は2-3本が対になる傾向が強く認められることで、他の属の樹種からも識別される。

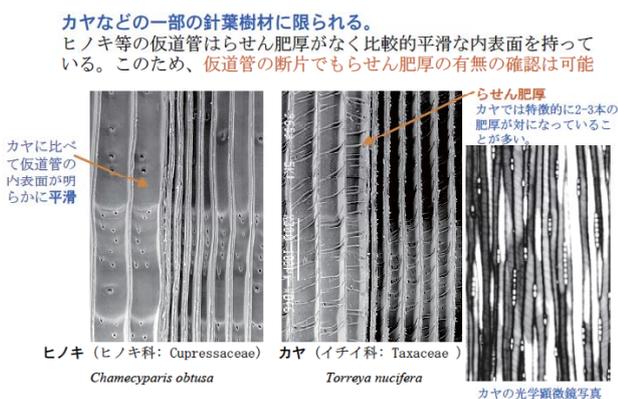


図6 木材組織的特徴によるヒノキとカヤの識別

#### カヤ: *Torreya nucifera* (Taxaceae)

本州(東北南部以南)~四国、九州~屋久島の主に暖帯林に散生する常緑大高木の針葉樹。Torreya属は7種が日本、中国南部、北米南部に隔離分布。早晚材の移行は緩やかで、年輪はあまり目立たない。辺材は淡褐色、心材は帯褐黄色で、辺心材の区別はやや不明瞭。気乾比重: 0.55 (0.47-0.75)。材は均質かつ緻密。香気・光沢がある基盤、将棋盤に賞用される。

#### ヒノキ: *Chamaecyparis obtusa* (Cupressaceae)

本州(関東以南)~屋久島の温帯~暖帯に分布し、中腹~尾根筋を好んで生ずる常緑大高木の針葉樹で、日本を代表する造林樹種。Chamaecyparis属は6種が東アジア、北米に分布。早材から晩材への移行が緩やかで、比較的均質。材色は辺材: 淡黄白色、心材: 淡紅色。加工性、耐久性が良く、特有の芳香と光沢があり、世界に誇る優良材。気乾比重: 0.41 (0.34-0.54)。用途は建築(特に社寺建築)、器具、家具、建具等。

#### 4. 一木彫像の用材樹種

1998年のMUSEUM No.555(金子・他1998)には、奈良の唐招提寺の如来立像、十一面観音立像、伝衆宝王菩薩立像、伝薬師如来立像等、大安寺の十一面観音立像、聖観音立像、伝馬頭観音立像、広目天立像等、神護寺の薬師如来立像、元興寺の薬師如来立像の17体の仏像の32の部位から採取された試料の走査電子顕微鏡および光学顕微鏡観察に基づく木材樹種識別結果を報告している。ヒノキとカヤの両方が検出された大安寺の多聞天立像の岩座からの試料を除いて、全てがカヤ

仮道管のらせん肥厚は、カヤ属の樹種以外では、イチイ属の樹種、イヌガヤ属の樹種、およびトガサワラ属の樹種の木材にも顕著に認められる。その他にもらせん肥厚のある仮道管を持つ針葉樹があるが、そこではらせん肥厚が偶発的であったり、仮道管内腔で局部的であったり、顕著に観察されることはない。これらのらせん肥厚が特徴的な針葉樹材のなかでも、カヤ属の仮道管のらせん肥厚は2-3本が対になる傾向が強く認められることで、他の属の樹種からも識別される。

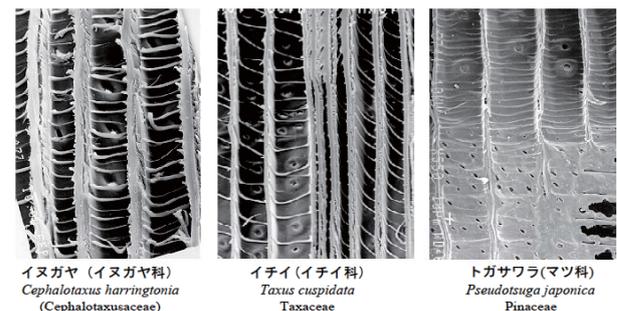


図7 らせん肥厚を持つその他の針葉樹材

であった。ちなみに、小原氏（小原 1972）はこのうち唐招提寺の如来立像についてはカヤとしているが、未同定の 4 体を除く残りの 12 体については全てヒノキと報している。

一木彫の用材樹種の識別結果（表 1）に明確なように、8 世紀後半から 10 世紀にかけての当時の中央における一木彫の用材選択ではカヤが圧倒的であり、この研究の背景で述べた日本における「栢」をカヤとする認識と一致する結果である。特に、上述のように鑑真と密接な関係にある唐招提寺の木彫像群の主要な像の用材がカヤであったことで、それらの木彫像の用材のカヤが日本のカヤなのか中国のカヤなのかの問題を提起することとなった。

カヤは、出土木材の識別結果から見る限り、縄文時代から少ないながらも使われてきているが、古代の奈良地方の建築用材としては全く使われておらず、その他でも他の雑多な樹種と同じ程度にしか用いられておらず、特定の用途に主要な用材樹種とはされていない（島地・伊東 1988）。従って、今回の木彫像の用材がカヤのみであったことは、一木彫の制作にあたって厳格な用材樹種選択の意識があったことを示している。

カヤ属の樹木は日本にも中国南部にも天然分布しており（図 8）、木材組織的な特徴では種のレベルまでは識別することが不可能である。従って、用材樹種の識別結果からは判別することはできないが、唐招提寺の主要な一木彫像が中国で制作されて鑑真の来朝に伴ってもたらされたものか、または鑑真と同行した中国の工人が日本のカヤを使って制作したものか、はたまた中国のカヤの原木を日本で彫ったのかを判別する

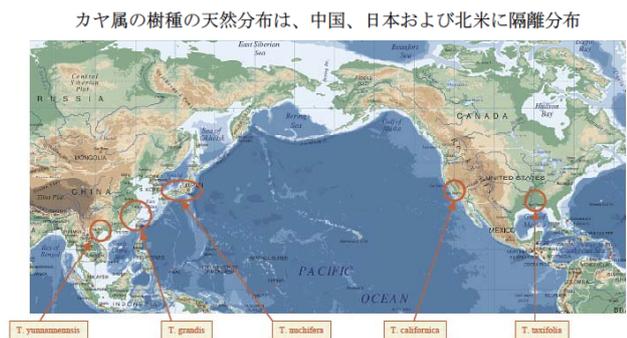


図 8 カヤ属の現生種 (*Torreya* spp.) の天然分布

ことはできない。いずれにしても、当時の主要な木彫像にカヤを用材とした選択には、8 世紀中頃の鑑真の来朝との密接な関連が示唆される。8 世紀後半の主要な一木彫像の用材観に関しては、MUSEUM No.555（金子・他 1998）に詳しく記述されている。

## 5. 広葉樹材の組織

古代の木彫像の用材としてカヤを選択する意識がどの程度の広がりを持って展開していたかについての研究を展開していく過程で、一木彫から一木造・乾漆併用そして心木や台差へ、対象の制作技法に広がりを持った、北は宮城県から南は大分県にかけての地域の奈良時代から平安時代前期にかけての 80 体の木彫仏像の用材樹種を識別する過程で、用材樹種はカヤからヒノキやスギの針葉樹材に留まらず、ケヤキやクス・トチノキ等の広葉樹に広がってきた（表 2）。

広葉樹材の木口面には、針葉樹材と異なり、大きな孔が並んでいる。これを道管といい、軸方向要素が道管と木部繊維に分化している。道管はケヤキやミズナラ等では直径が 0.2mm 程度

表 2 古代の木彫像の技法と樹種

(金子ほか (1998)の結果も含む)  
MUSEUM no.583 表2から編集

樹種名	一木造				一木造・乾漆併用			心木		台座
	8c	8-9c	9c	9-10c	8c	8-9c	9c	8c	9c	
カヤ	15		24	6		3		2		
ヒノキ					1	4		14		
スギ								11		
ケヤキ			5	4				4		
センダン								1		
キリ				1			1	1		
クスノキ	1							0	1	
トチノキ		1						0		
総計	16	6	28	7	4	4	1	33	1	

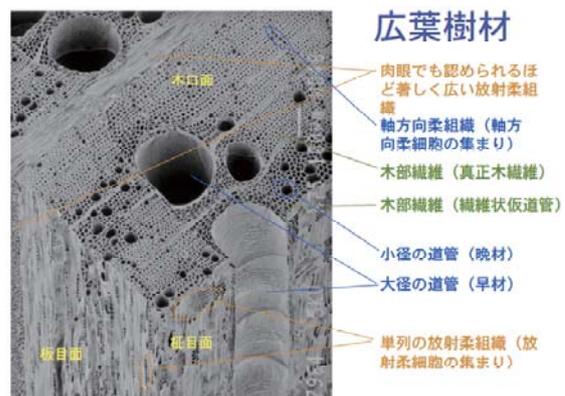


図 9 広葉樹材

木口面における道管の配列の仕方から、大きく環孔材と散孔材、そしてその中間の半環孔材に分ける。木口面における道管の配列の仕方から、大きく環孔材と散孔材、そしてその中間の半環孔材に分ける。道管の特徴的な配列から、放射孔材と紋様孔材の分類もある。

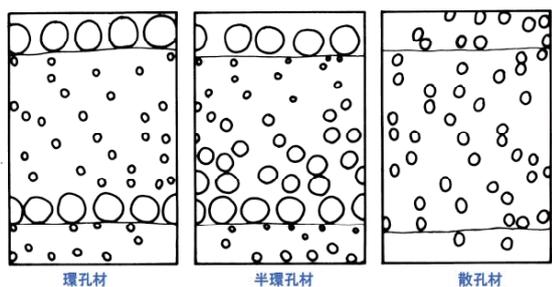


図 10 道管の配列

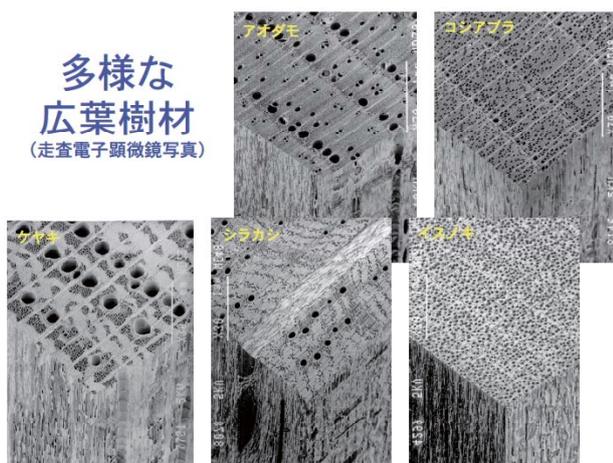


図 11 多様な広葉樹材

と大きく、ルーペでも観察することができる(図9)。道管の直径や分布の仕方は多様で、樹種の特徴となっている。年輪内での道管の直径変化で次のように分類される(図10)。

環孔材：年輪の始めに大径道管が層状に配列し、その他の道管の直径が明らかに小さい材。

散孔材：道管の直径がほぼ均一に見える材。

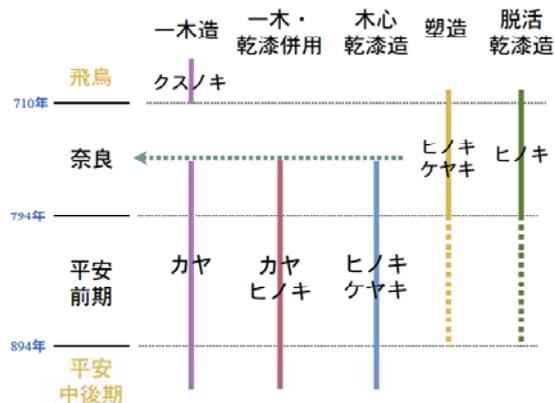
半環孔材：環孔材と散孔材の中間で、早晚材で道管径が明確に異なるが、年輪内での変化が緩やかな材。

さらに、軸方向柔組織と放射柔組織を構成する細胞の形が多様で、それぞれの組織の発達程度も樹種によって大きく異なっている(図11)。

## 6. 木彫像の製作技法と用材樹種

木彫像の製作技法と用材樹種の識別の結果からは、奈良時代から平安時代初期(8世紀から10世紀)にかけては、製作技法ごとに樹種選択がなされていたことが如実に示されている(表2, 3)。

表 3 技法・樹種の変遷



地方の作例でも中央との関係が密接と思われる8～9世紀の日本では、福井から大分までの広い地域の一木彫の31体がカヤを用材としており、十一面観音像の檀像に限らず如来像から菩薩像、天部像と限定的でなく、一木彫像の用材としてカヤを選択する意識が広く浸透していたことを物語っている。一方では、カヤ以外のケヤキおよびトチノキが用材として選択されていた一木彫像が、福島県の勝常寺の諸像6体等の12体のカヤの天然分布域の外で地域の仏像に認められた。

一木彫とは用材選択の基準が全く異なると考えられる乾漆像や塑像の心木では、ヒノキとスギそしてケヤキといった建築材に用いられていた樹種がほとんどで、カヤが使われていたのは大分に限られている。このような中で、法隆寺の観音菩薩立像、大安寺の楊柳観像と伝馬頭観音像の一木造・乾漆併用像の3例はカヤを用材としており、ヒノキを用材とした興福寺の四天王像等もあり、乾漆併用像の用材選択は多様であった。塑像の心木にはヒノキが多く見られ、薬師寺の塔本塑像残欠ではヒノキとともにスギが多く識別された。カヤが心木として用いられていたのはカヤが豊富だったと考えられる大分の天福寺の2例のみである。

## 7. 木彫像の木材を識別するための試料は？

木彫像の用材の樹種を識別するためには、現状では少なくとも顕微鏡観察に必要な微細木片を試料として採取する必要がある。しかし、文化財として貴重な木彫像の文化的価値を損なう

ような試料採取は絶対に許されない。ヒノキかカヤかの識別に焦点を絞れば、前述のように、カヤには特徴的ならせん肥厚が必ずあるので、仮道管の一部でも採取できれば識別は可能である。

木彫像を損傷することなく採取可能な試料には次のものが考えられる：

- 1) 木彫像の修理時の廃材
- 2) ほぞ孔等に残る切削くず
- 3) 干割れ等に落ちた微細木片
- 4) 腐朽等で劣化して剥落した微細木片
- 5) 虫食い孔に残る虫の糞

観察しやすいのは、補修のときに切り取られるような大きな木片であるが、普通はそのような試料は期待できない。当面のヒノキかカヤかの識別に焦点を絞れば、先ほど説明したように、カヤには特徴的ならせん肥厚が必ずあるので、仮道管の一部でも採取できれば識別は可能である。

最初に、虫食い孔に残る虫の糞を顕微鏡で観察してみたところ、仮道管の一部であることが確認できる程度に形態が残っていたので、それよりも大きな切削くずや劣化して剥落した微細な木片を採取できれば、カヤを識別できる可能性が非常に高いと確信して、東京国立博物館の共同研究者に試料採取を依頼した。

ほぞ孔等に残る切削くずを試料とした例は、唐招提寺の「伝衆宝王菩薩立像」の右腕ほぞ孔から採取された微細木片(図12)で、中央の写真では黒い枠の長さが1cmである。右上の走査

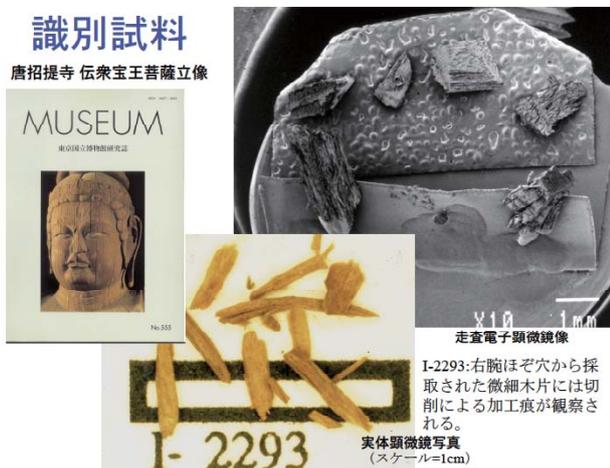


図12 識別資料(唐招提寺 伝衆宝王菩薩立像)

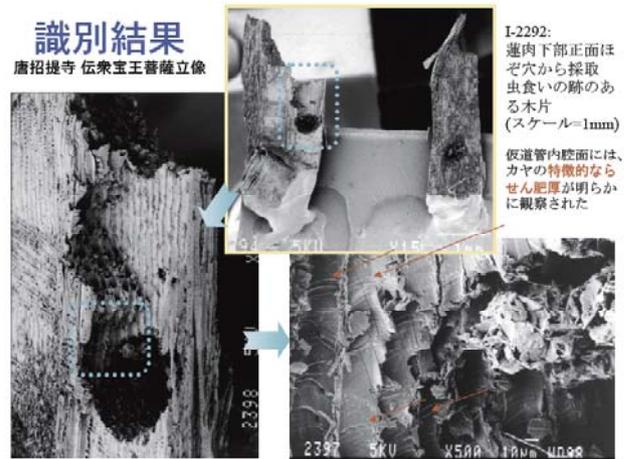


図13 識別結果(唐招提寺 伝衆宝王菩薩立像)

電子顕微鏡写真ではスケールが1mmで、試料台の直径が1cmで、その小ささが認識される。

同じく唐招提寺の「伝衆宝王菩薩立像」の蓮肉下部正面ほぞ穴から採取された虫食いの跡のある微細木片で、丸くあけられた虫の孔にはまだ虫の糞が残っており、微少片の幅が1mm程度である。表面の仮道管にカヤに特徴的な2〜3本が対になったならせん肥厚が明らかに観察された(図13)。従って、この木材はカヤ属の木材であり、日本産の木材であればカヤ、学名では *Torreya nucifera* ということになる。しかし、中国産の可能性もあるので、日本産のカヤと断定することはできない。

木彫像から劣化により剥落した微細木片の採取例を、大安寺の増長天像(図14)から試料採取した時の記録で紹介する。木彫像の基部近くの窪み等に残っていることを期待して、多少ホコリやゴミが混じった中から拾い上げた結果、それらの微少木片が当該木彫像の本来の用材に



図14 資採取料(奈良 大安寺 増長天像)



図 15 資採取料 (奈良 大安寺 多聞天像)

由来することの保証はないが、識別結果は建築用材としてカヤがほとんど用いられていないのにもかかわらず、微細木片のほとんど全てがカヤであった。

例外は、大安寺の多聞天像の足下の干割から採取された微細木片(図 15)で、下に敷いた 1mm 方眼紙からわかるように非常に微細な試料である。この岩座から採取した試料には、カヤとヒノキが混じっていたが、背面の腰のあたりの干割れから採取された試料はカヤであった。このようなヒノキとカヤの混在は、試料採取の方法の限界を示すもので、採取された木片が木彫像の一部を切り出したものではないために、その由来を明確には特定できないことによる。当該像の制作当初の用材のカヤの他に、鎌倉時代以降に寄木造りの木彫像用材としてその座を確保したヒノキ材が使われた補修材からの剥落かもしれないが、建築用材等の外部からのヒノキの木片が岩座の窪みに混入したものと推測される。

木彫像を移動する際に像底の干割れのような

ところから微細な木片が剥落することが多く、それらの試料には混入の心配は少ないと考えられる。例えば、MUSEUM No.583 の表紙を飾る東大寺の弥勒仏座像の像底から採取された木片(図 16)は、識別の結果はカヤ材であった。

腐朽等で劣化して剥落した微細木片の採取例として、大分県宇佐市黒村の天福寺奥の院の岩屋(図 17)の諸像からの試料を示す。岩屋に納められている諸像の大部分が他から移されてきたと考えられており、像の大きさも様々で、いずれも劣化がかなりひどい状態であった。そのような中から大分県立歴史博物館に寄託されている諸像から、識別のための試料を採取したが、その多くは腐朽により剥落した薄片であった。採取された試料は腐朽が激しくて識別できないものもあったが、識別できたものの多くはカヤで、中にはセンダンが含まれていた。

## 8. おわりに

小原氏による木彫像の用材樹種識別の自然科学的手法による先駆的な研究(小原 1972)は画期的な成果をあげているが、その識別対象とした識別試料の採取において基本的な問題があった可能性が高い。文化財としての価値を損なうことなく用材識別に耐えうる試料を採取することが望まれるが、その際には対象とする木彫像の当初材と後補材の判別は重要である。それ以前に、採取された識別対象試料が対象としている像のどの部分から、何時、誰によって採取されたものであるかの、再検証を可能とする自然科学的に基本的な情報を確保した試料採取



図 16 資採取料 (東大寺 弥勒仏座像 [伝試みの大仏])



図 17 資採取料 (天福寺奥の院 岩屋)

が重要である。

#### 引用文献

- 鈴木三男：日本人と木の文化、pp.255、八坂書房 (2002)
- 小原二郎：木の文化、SD 選書、pp. 217 鹿島出版 (1972)
- 金子啓明・岩佐光晴・能城修一・藤井智之：日本古代における木彫像の樹種と用材観 -- 七・八世紀を中心に --、MUSEUM 東京国立博物館研究誌, 555, 3-54 (1998)
- 金子啓明・岩佐光晴・能城修一・藤井智之：日本古代における木彫像の樹種と用材観 -- 八・九世紀を中心に --、MUSEUM (東京国立博物館研究誌)、第 583: 5-44 (2003)
- 島地謙・伊東隆夫 (編)：日本の遺跡出土木製品総覧、雄山閣出版 (1988)