

出土木製品に残る劣化痕跡の解析(I)

— 奈良県四条古墳出土「木製祭祀具」の使用環境 —

酒井温子¹⁾・今津節生²⁾・西藤清秀²⁾

1. 緒言

遺跡で発掘される木製品の中には、用途が不明なもの、あるいは使用場所や使用方法が明らかでないものが数多くある。

一方、木材には、置かれた環境によって特徴的な劣化が生じる。2. 1 項で詳細に説明するが、たとえば、微生物による腐朽や紫外線による劣化が挙げられる。また、出土木材の多くは劣化して脆弱になっており、顕微鏡で観察すると様々な劣化痕跡が認められる(酒井:1991, 酒井・仁王:1993)。これらは、木製品として使用されてから発掘されるまでの様々な環境で受けた劣化の総合である。そこで、出土木製品の劣化痕跡の中から、木製品として使用されていた時期に受けた劣化を見つけ出すことができれば、その木製品がどのような環境で使用されたかを推定できる可能性がある。

今回は、四条古墳出土の木製祭祀具を肉眼と光学顕微鏡で観察し、劣化痕跡を解析することで、これらの木製品が、埴輪と同様に長期間古墳の上に立てられていたかについて考察を行った。

なお、本研究の一部は、住友財団1995~1996年度、文化財維持・修復事業助成金により行った。また、本研究の一部は日本文化財科学会第12回大会(奈良市, 1995年6月)で発表した。

2. 原理

2-1 様々な環境下での木材の劣化 (原口・布村:1982, 善本:1983)

劣化痕跡の解析を行う上で把握しておかなければならない木材の劣化について、環境ごとに説明する。なお、ここでは奈良県の平野部の場合を記した。

「日光と雨の当たる所」では、日光の中の主に紫外線によって細胞壁が化学的な劣化を受け、さらに雨による濡れと晴れによる乾燥で劣化した細胞壁に落ち込みが生じる。この落ち込みは細胞壁の厚さが薄い早材部(春から夏にかけて成長した部分)で著しいため、木材の表面では早材部がへこみ、凹凸が生じる(図1)。古い寺院の濡れ縁や外壁等で、木材の表面の年輪が浮き立つように見えるのはこのためである。この現象は目痩せと呼ばれる。目痩せは、日光と雨に当たると徐々に著しくなり、日当たりの良い野外では針葉樹材の場合数年で肉眼でも確認できる程度になるが、劣化した表面の細

¹⁾ 奈良県林業試験場:〒635-0133 奈良県高市郡高取町吉備1

²⁾ 奈良県立橿原考古学研究所:〒634-0065 奈良県橿原市畝傍町1番地

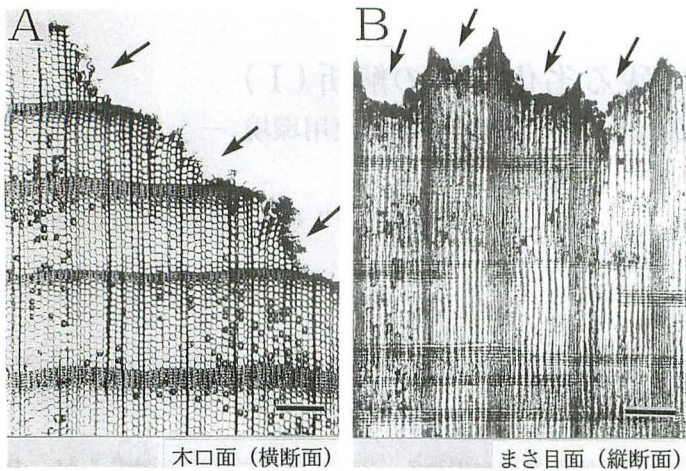


図1 目やせ (矢印が劣化によって生じた凹部)

Fig.1 Micrographs of conceives of the surface occurred by ultraviolet rays and rain.

Notes: Arrows show conceives. Bars :150 μ m.

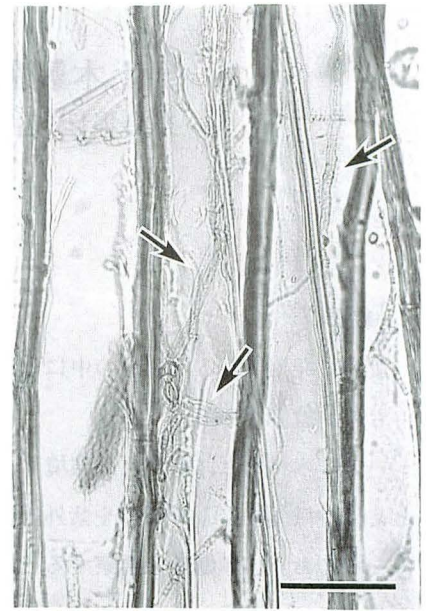


図2 カビあるいは木材腐朽菌の菌糸

Fig.2 Micrograph of hyper of mildew or fungi.

Note: Bar:25 μ m.

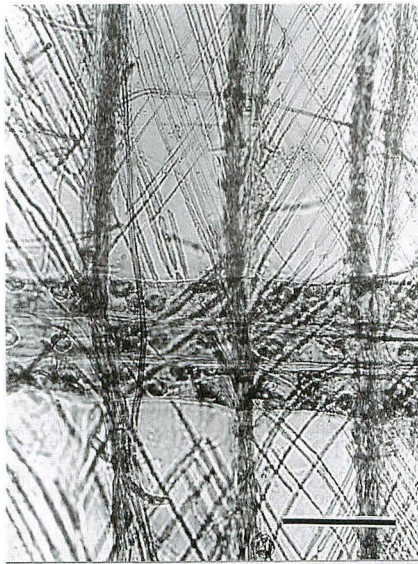
胞壁がその下の細胞壁を保護するので、年月に比例して進行するわけではない。なお、木材が腐朽した後に乾燥した場合も木材の表面に凹凸が生じることがあるが、その場合は木材の表面部分だけではなく比較的内部まで細胞が落ち込むので、顕微鏡観察により、両者を区別することができる。

「水が少ない所」で、木材の含水率が30%以下の乾燥した状態が続く場合、例外的に虫害や腐朽が発生する場合もあるが、一般には木材に劣化は生じない。

「水と酸素がどちらも十分に存在する所」、たとえば、家屋の土台や水まわりのように湿りやすい所では、木材は、カビ、木材腐朽菌および虫によって生物劣化を受ける。この時の木材の含水率は30%以上で、かつ木材が水で飽和されておらず空気(酸素)も存在する状態である。カビは、生物の分類学上は子のう菌、不完全菌あるいは接合菌に属し、木材を汚し変色を生じさせるが、細胞壁を分解する能力はなく脆弱化は引き起こさない。それに対して、担子菌に属する木材腐朽菌は、細胞壁の分解力が強く、木材を急速に腐朽させる。両者はともに直径が2~3 μ mの菌糸を持ち、木材内部へと進入する(図2)。木材の虫害は、シロアリやキクイムシ等によって生じる。虫の大きさにもよるが、多くの場合直径が1 mm以上の穴を開ける。

「水が多く酸素がやや少ない所」、たとえば、地際部や浅い地中では、酸素要求度の低い軟腐朽菌による腐朽が進行する。光学顕微鏡で観察すると、図3に示したように、まさ目面や板目面(縦断面)で、細胞壁に斜めの穴が認められる。この穴は先端が三角に尖るのが特徴である。

「水が多く酸素がかなり少ない所」、たとえば、水中や木製品が発掘されることが多い水を多く含んだ土壌中では、細菌による腐朽が生じる。しかしその進行速度は遅く、酸素の量や酸化還元状



まさ目面（縦断面）

図3 軟腐朽菌による分解跡

Fig. 3 Micrograph of the tangential section of the wood degraded by soft rot fungi.

Note: Bar:25 μ m.

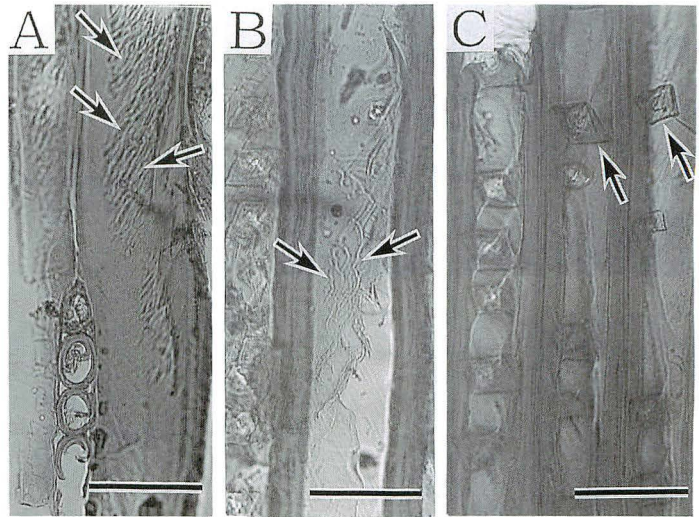


図4 バクテリアによる分解跡

Fig. 4 Micrographs of the radial or tangential sections of the wood degraded by bacteria.

Notes: A: By eroding bacteria, B: by tunneling bacteria, C: by cavitation bacteria. Bars:25 μ m.

表1 木材の劣化

Table 1. Degradation of wood

環境 Environment	原因 Cause	現象 Effect	劣化の特徴 Character of degradation	
			肉眼観察の場合 By eyes	光学顕微鏡による観察の場合 By an ordinary microscope
日光と雨の当たる所 Exposed by sunshine and rain	紫外線+乾・湿（雨・晴れ）の繰り返し Irradiation of ultraviolet and repeating of rain and fine weather	目やせ Uneven surface	木材表面の凹凸 Uneven surface	早材部の細胞の落ち込み Collapse of cell walls of early wood
水と酸素が十分にある所 Existing of enough water and oxygen	カビ（不完全菌など） Mildew	変色 Discoloration	変色 Discoloration	菌糸 Hypae
	木材腐朽菌（担子菌） Fungi	腐朽 Decay	脆弱、へこみ Tenderness, depression	菌糸、および細胞壁に菌糸による穴や浸食跡 Hypae, and hole or erosion by hypae in cell walls
	虫（シロアリ、キクイムシなど） Insect (termite etc.)	穴 Hole	直径1mm以上の穴 Hole of more than 1mm in diameter	直径1mm以上の穴 Hole of more than 1mm in diameter
水が多く酸素がやや少ない所 Existing of enough water and a little oxygen	軟腐朽菌 Soft rot fungi	腐朽 Decay	脆弱、へこみ Tenderness, depression	細胞壁にセルロースミクログリブに沿った斜めの穴 Cavities along micro fibril in cell walls
水が多く酸素がかなり少ない所 Existing of enough water and little oxygen	バクテリア Bacteria	腐朽 Decay	脆弱、へこみ Tenderness, depression	細胞壁に微細なトンネルや浸食跡 Small tunnel or erosion in cell walls

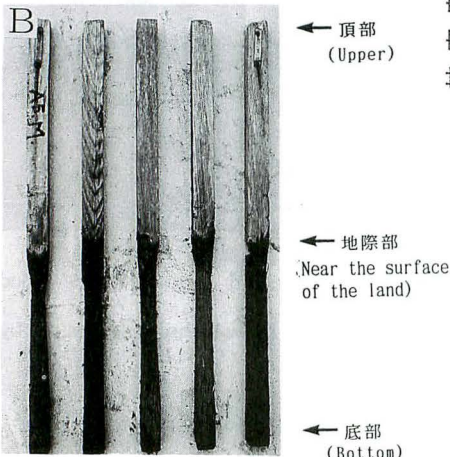


図5 野外木材腐朽試験地の風景と観察のために引き抜かれた杭
Fig.5 Field test on degradation of wood (A) and test pieces (B).

態によっては、ほとんど進行しないと考えられる(酒井・今津・仁王:1994)。光学顕微鏡で観察すると、図4に示したように、軟腐朽菌によるよりもさらに微細な穴やトンネルが確認される。なお、湖や海の底や、木材が発掘されることが多い水を多く含んだ土壌中では、針葉樹材よりも広葉樹材でバクテリアによる劣化が進行しやすいことが知られている(Holt・Jones:1983, 酒井・仁王:未発表)。

以上の説明を表1に簡潔にまとめた。ここで注目すべき点は、肉眼観察では腐朽としか判断できなくても、光学顕微鏡で観察することで、原因となる微生物の種類を特定することができ、木材の置かれていた環境を推定できることである。そこで、本報では、出土木製品に対して肉眼および光学顕微鏡による観察を行い、木製品のたどった環境を推定することにした。

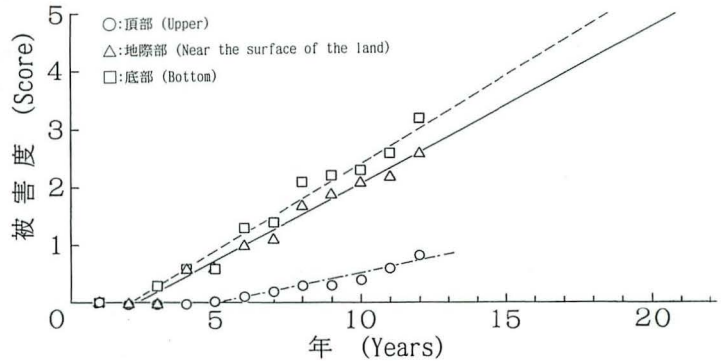


図6 コウヤマキ材(心材部)の劣化速度
(試験体の大きさ:30×30×600mm)
Fig.6 The rate of degradation of heart wood of kouyamaki wood (Sciadopitys verticillata Sieb. et Zucc.).
Note: The size of test pieces: 30×30×600mm.

表2 野外木材腐朽試験の評価基準
Table 2. Standard of damage of wooden pole in field test

被害度 Score	劣化の状態 Degree of damage
0	健全。 Sound.
1	部分的に軽度の虫害、または腐朽。 Light damage by attack of insect or fungi in a part.
2	全面的に軽度の虫害、または腐朽。 Light damage by attack of insect or fungi in all parts.
3	2.の状態にうえに部分的に激しい虫害、または腐朽。 Heavy damage by attack of insect or fungi in a part.
4	全面的に激しい虫害、または腐朽。 Heavy damage by attack of insect or fungi in all parts.
5	虫害、または腐朽により形が崩れる。 Breakdown of the wood caused by attack of insect or fungi.

2-2 劣化の進行速度 (松岡ら：1970, 1984, 中村：1990)

国内のいくつかの木材関係の研究機関では、杭を地面に立て、劣化の進行を経時的に観察している。図5に奈良県林業試験場での野外木材腐朽試験地の風景と、観察のために引き抜かれた杭を示した。1樹種に、断面が30×30mm、長さが600mmの杭を20本程度使い、劣化の程度は、杭の地上部(頂部)と地際部および地中部(底部)において、肉眼および触覚で表2の基準に基づきそれぞれ6段階で評価される。図6は、四条古墳出土の木製品に多く使用されていたコウヤマキ材の心材部分について、国立林業試験場(現在の森林総合研究所)において東京都内の関東ローム層の土壌で行われた結果である(松岡ら：1984)。コウヤマキ材の野外腐朽試験結果は、今のところこの報告しかない。

この図からも明らかなように、水はけの良い土壌では地際部と地中部でほぼ同程度に腐朽が進行するが、水はけの悪い土壌では、図5下図のように地中部よりも地際部で腐朽が先行する。もっとも劣化が遅いのは地上部である。また、樹種によって劣化の進行速度は大きく異なること、さらに同じ樹種であっても土壌の状態や気候等によって、劣化の進行速度が若干異なることが知られている。本報では、図6を用いて、出土したコウヤマキ材の杭形木製品が地面に立っていた期間を推定する。

3. 材料と方法

3-1 材料

1987年、奈良県橿原市の四条古墳において、500点以上の木製品が出土した。その中には、葬送儀礼に使用されたと考えられる木製品が多く含まれていた。図7に示したように、木製品は古墳の周濠の中から出土した。木製品の周辺の土が茶褐色の有機質土壌や青灰色土壌であったことから、酸素を含まない嫌氣的な(還元的な)状態であることが推定された(酒井・今津・仁王：1994)。また発掘後は保存処理が行われるまでの期間、水中で保管された。

以上から、ここで出土した木製品は、使用されたり、放置や廃棄された後、周濠に落ち、埋没し、嫌氣的な土壌から発掘される、という経緯をたどったと考えられる。2.1項で説明したように、周濠の水の中、埋没後の嫌氣的な土壌中および発掘後の水中保管中は、木材に劣化が生じたとしても細菌による腐朽である。そのため、木製品を

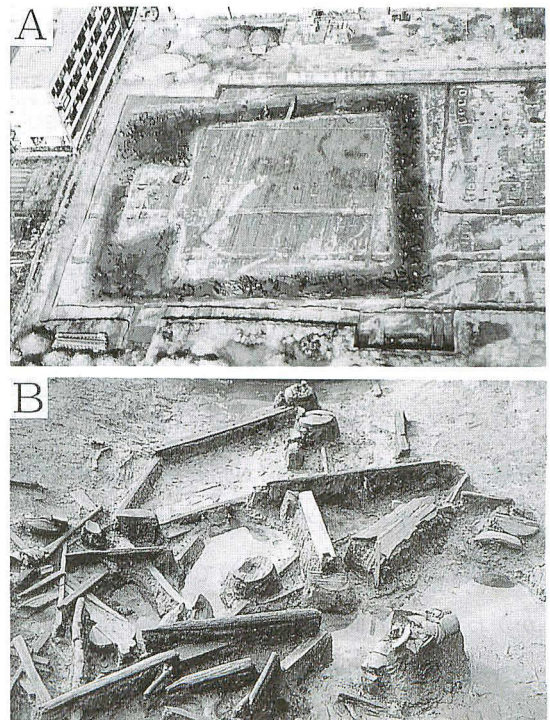


図7 四条古墳と木製品の出土状況
Fig.7 Shijo tomb (A) and wooden objects excavated from the moat (B).

観察してそれ以外の劣化が観察された場合には、それは周濠に落ちるまでの時期、すなわち木製品として使用された時期や放置、廃棄された時期に受けた劣化であると考えられる。

今回、観察を行ったのは、盾形木製品、杭形木製品、笠形木製品、鳥形木製品および櫛形木製品の5点である。樹種は、櫛形木製品はヒノキで、その他はコウヤマキであった。3.2項で説明するように、光学顕微鏡観察の際には、5mm立方程度の試料を木製品の数カ所から採取する必要がある。そのため、完形品を傷つけることを避け、代表的な木製品でかつ破断面を有するこの5点を使用することにした。

3-2 実験方法

劣化痕跡は、肉眼および光学顕微鏡で観察した。肉眼観察は、木製品の各部分の劣化状態、特に目痩せと腐朽の程度に注目して行った。また、光学顕微鏡観察は、木製品ごとに数カ所から5mm立方程度の大きさの試料を採取し、カミソリの刃を用いて薄切片を切り出し、サフラニンで染色して行った。観察試料の採取の際には、破断面等を利用して、木製品を新たに傷つけないように心がけた。また、観察は、木口面、まさ目面および板目面で行ったが、試料が小さい場合は、劣化の特徴が最も顕著に示される断面で、すなわち目痩せは木口面で、腐朽はまさ目面で行った。

4. 結果と考察

4-1 盾形木製品

図8に光学顕微鏡観察用の試料を採取した場所を、矢印で示した。

まず、光学顕微鏡観察により、木製品のすべての位置で、図9Aに示したように細菌による分解跡が認められた。前述したように、細菌による分解が顕著に現れるのは、好気的な腐朽菌が活動できない水中や水を多く含む土壌中であること、およびこの分解跡は木製品のいずれの位置においても表面から約3mmの範囲で生じており、部位による差がないことから、細菌による分解は、周濠の中もしくは埋没後の土壌中や発掘後の水中保管中に生じたと考えられる。

細菌による分解跡以外の劣化としては、木製品の上部で、肉眼観察により、表面に著しい凹凸が認められた。光学顕微鏡で観察したところ、図9Bに示すように、内部は細胞が健全であるにもかかわらず、表面の凹凸部分で細胞が落ち込んでいることが確認され、長期間日光と雨にさらされ、紫外線と雨・晴れの繰り返しによって生じた目痩せと推定された。

また木製品の下部では、肉眼観察で著しい腐朽が認められた。光学顕微鏡観察で、図9Cに示すように、軟腐朽菌による分解跡が多く認められ、下部が長期間地際あるいは浅い地中に置かれていたと推定された。

以上より、この木製品は、長期間日光の当たる場所で地面に立てられており、その後周濠の中で埋没したことが明らかになった。

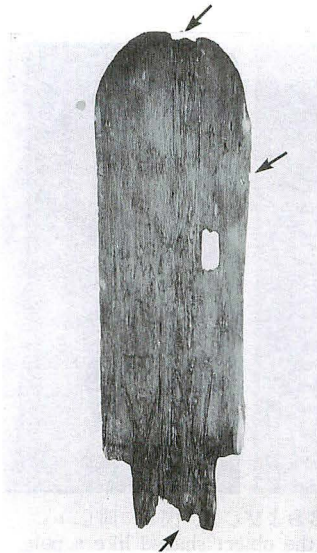


図8 盾形木製品 (矢印は光学顕微鏡観察のための試料を採取した位置)

Fig. 8 The object shaped like a shield.
Note: Arrows show the points where samples were picked for observation by an ordinary microscope.

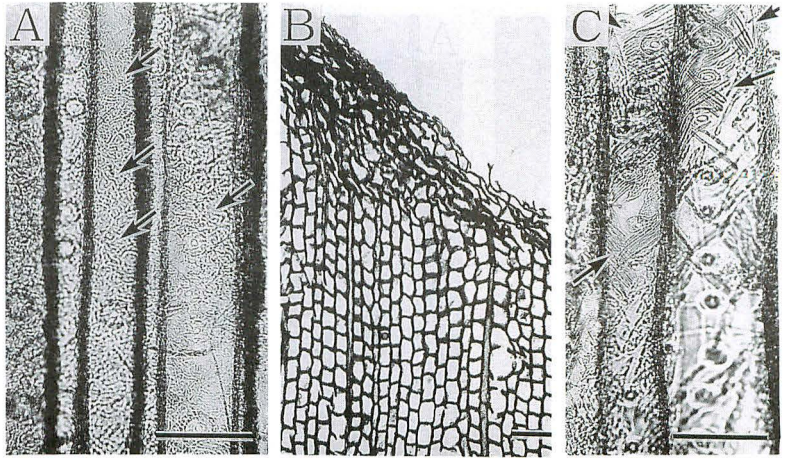


図9 盾形木製品に見られた劣化痕跡 (A: バクテリアによる分解跡, B: 目やせ, C: 軟腐朽菌による分解跡)

Fig. 9 Micrographs of degradation observed at the object shaped like a shield.
Notes: A: Degradation by bacteria, B: degradation by ultraviolet rays and rain, and C: degradation by soft rot fungi. Bars of A and C: $25 \mu\text{m}$, bar of B: $50 \mu\text{m}$.

4-2 杭形木製品

図10に光学顕微鏡観察用の試料を採取した場所を、矢印で示した。

観察結果は4.1項で述べた盾形木製品の場合と類似していた。まず木製品のすべての位置で、バクテリアによる分解跡が認められ (図11 A), ついで木製品の側面で、肉眼観察により表面に著しい凹凸が、光学顕微鏡で細胞の落ち込みが確認された (図11 B)。さらに木製品の一方の端 (図10 下側) では、光学顕微鏡で軟腐朽菌による分解跡が多く認められたが (図11 C), もう一方の端 (図10 上側) では、軟腐朽菌による分解跡はほとんど観察されなかった。以上より、この木製品も、長期間日光の当たる場所で地面に立てられており、その後周濠の中で埋没したと考えられる。

2.2項で説明したように、地面に立てられた杭は地際や浅い地中部で腐朽が最も速く進行する。この杭形木製品も地際部で腐朽して折れたと推定され、その時の劣化程度は、表2に示した被害度で表現すると4~5に相当する。本来の杭の直径が、腐朽の進行が極めておそい地上部とほぼ一致すると仮定した場合、地際部分では表面から約22~32mmが、腐朽により失われたことになる。図6で示したように、断面が30×30mmのコウヤマキ材が腐朽によって表面から約10mmが失われて被害度4~5になるには、約15~20年が必要であることから (松岡ら: 1984), この杭形木製品がここまで腐朽するには約30~60年が必要であったと計算される。しかし、2.2項でも説明したように、腐朽の進行速度は、土壌の状態や気候等によって若干の影響を受けるので、その点を考慮すると正確な年数

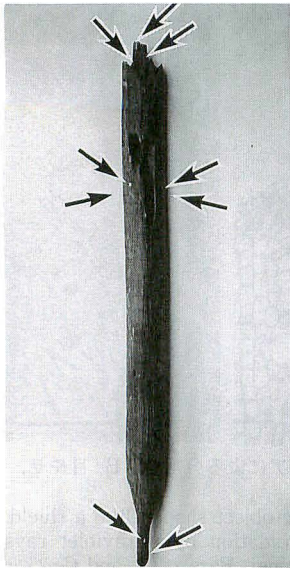


図10 杭形木製品 (矢印は光学顕微鏡観察のための試料を採取した位置)
 Fig.10 The object shaped like a pole.
 Note: Arrows are similar to those of fig.8.

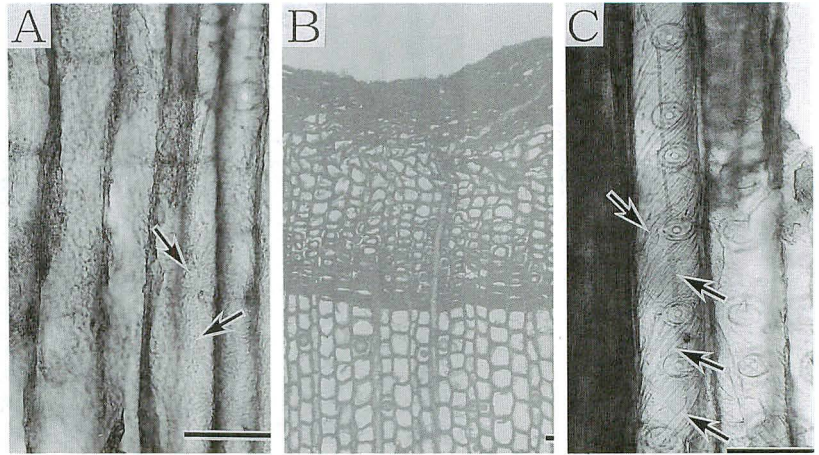


図11 杭形木製品に見られた劣化痕跡 (A、BおよびCは、図9に同じ。)
 Fig.11 Micrographs of degradation observed at the object shaped like a pole.
 Notes: A, B and C are similar to those of fig.9. Bars of A and C: 25 μ m, bar of B: 50 μ m.

は明らかではないが、杭形木製品が地面に立っていた期間は少なくとも数十年間であったと考えられる。

4-3 笠形木製品

図12に光学顕微鏡観察用の試料を採取した場所を、矢印で示した。

まず、光学顕微鏡観察により、前述の2木製品と同様に、木製品のすべての位置で、細菌による分解跡が認められた (図13 A)。

細菌による分解跡以外の劣化としては、木製品の頂部で、肉眼観察により、表面に著しい凹凸が認められ、さらに光学顕微鏡観察により、図13 B に示したように、表面部分で細胞が落ち込んでいることが確認され、日光と雨の当たる所で、紫外線と雨・晴れの繰り返しが長期間受けたと推定された。

また木製品の底部では、肉眼観察では著しい劣化は認められなかったが、光学顕微鏡観察で、図13 C に示すように、軟腐朽菌による分解跡がわずかに認められ、底部が地際あるいは浅い地中に置かれていた時期がごく短期間あったと推定された。

以上の劣化痕跡の解析から、この木製品は、周濠の中で埋没する前に、日光と雨の当たる場所に長期間置かれたことと、ごく短期間地面に接していたことが明らかになった。この木製品は破損して半分が失われているが、底面には凹型の加工があることを考え合わせると、たとえば4.2項で説明したような杭に差し込まれて、野外に長期間置かれた後、破損して地面に落ち、風で吹き飛ばされて周濠に落ちたという推測も可能である。

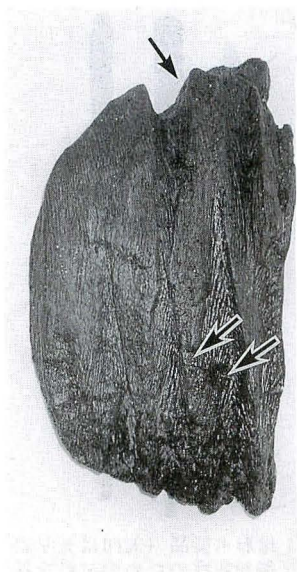


図12 笠形木製品 (矢印は光学顕微鏡観察のための試料を採取した位置)

Fig. 12 The object shaped like a hat.

Note: Arrows are similar to those of fig. 8.

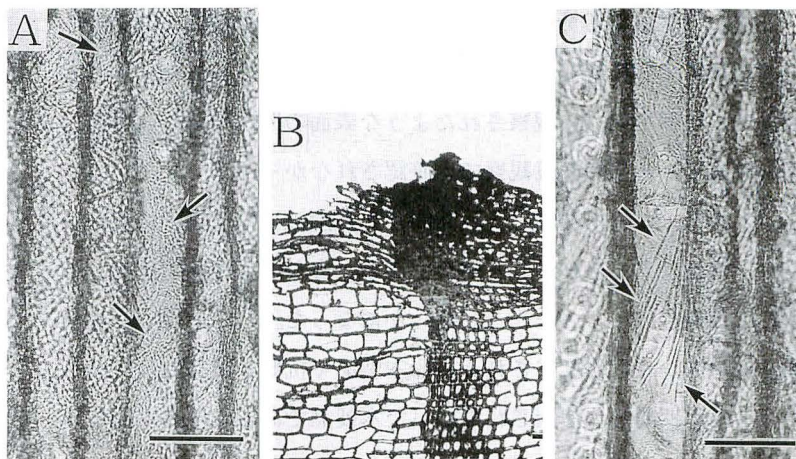


図13 笠形木製品に見られた劣化痕跡 (A, BおよびCは、図9に同じ。)

Fig. 13 Micrographs of degradation observed at the object shaped like a hat.

Notes: A, B and C are similar to those of fig. 9. Bars of A and C: 25 μ m, bar of B: 50 μ m.

4-4 鳥形木製品

図14に光学顕微鏡観察用の試料を採取した場所を、矢印で示した。

この木製品は全体的に劣化が著しく脆弱で、光学顕微鏡観察のための切片を切り出すことも困難であった。また観察できた範囲では、木製品のすべての位置で、図9 A や図11 A に類似の細菌による分解跡しか認められなかった。以上から、この木製品は周濠の水中もしくは埋没後に、細菌による劣化を著しく受けたため、木製品として使用された時期の劣化痕跡が不明瞭になったと考えられる。木製品の形状からは、笠形木製品と同様に、たとえば杭のようなものに差し込まれて、野外に立てられていたと推定されるが、劣化痕跡からは使用状況が推定できなかった。

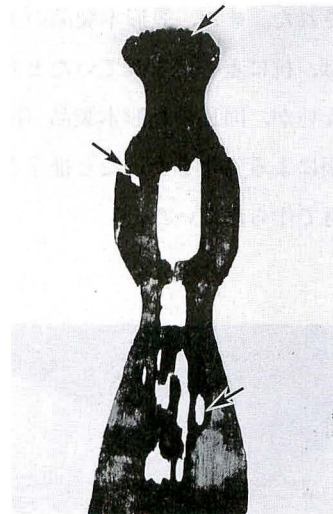


図14 鳥形木製品 (矢印は光学顕微鏡観察のための試料を採取した位置)

Fig. 14 The object shaped like a bird.

Note: Arrows are similar to those of fig. 8.

4-5 櫛形木製品

図15に光学顕微鏡観察用の試料を採取した場所を、矢印で示した。

まず、光学顕微鏡観察により、木製品のすべての位置で、図9 A や図11 A に類似の細菌による分解跡が認められた。

バクテリアによる分解跡以外の劣化としては、木製品の側面で、軟腐朽菌による軽度な劣化痕跡が確認されただけであった。盾形木製品や、杭形木製品に観察されたような表面の凹凸や著しい腐朽は、肉眼観察でも光学顕微鏡観察でも確認されなかった。

以上から、この木製品は、長期間日光と雨の当たる場所に置かれたり、地面に立てられたことがないこと、またごく短期間横倒しの状態で地面に接していたことが明らかになった。したがって、長期間野外に置かれたと推定される盾形木製品や杭形木製品とは異なり、おそらく短期間しか使用されなかった木製品であると考えられる。たとえば、葬式等の儀式用と考えることができる。

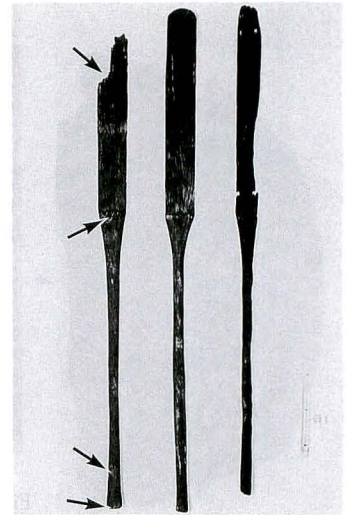


図15 櫂形木製品（矢印は光学顕微鏡観察のための試料を採取した位置）

Fig.15 The object shaped like a oar.

Note: Arrows are similar to those of fig.8.

5. まとめ

四条古墳出土木製祭祀具を肉眼および光学顕微鏡で観察し、劣化痕跡の解析から、使用環境を考察した。その結果、次のことが明らかになった。

盾形木製品や杭形木製品のように、長期間土に埋め込まれて立っていた木製品があることが確認された。さらに、今回観察に使用した杭形木製品は、地面に立っていた期間が数十年間であったと推定された。また、笠形木製品のように、長期間空中にあったと考えられる木製品が確認された。たとえば、杭に差し込まれていたと考えられる。この他にも、たとえば完形品であるため肉眼観察しかできないが、図16の鳥形木製品（図14とは別の木製品）には表面に著しい凹凸が観察され、長期間日光と雨による劣化を受けたと推定された。このような著しい劣化が認められたものの多くが、コウヤマキ材で作られていた。



図16 鳥形木製品

Fig.16 The part of the object shaped like a bird.

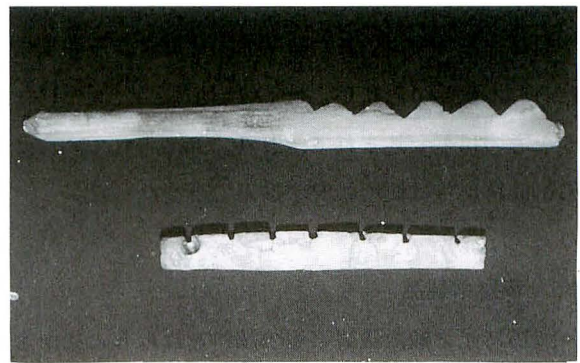


図17 ひきり白と刀形木製品

Fig.17 The object making fire and the object shaped like a knife.

一方、櫛形木製品のように、劣化がほとんど認められない木製品も確認された。また完形品であるため肉眼観察しかできないが、図17のひきり白や刀形木製品もほとんど劣化していない。これらは短期間しか使用されていないと推定された。たとえば儀式の際にのみ使用した可能性が考えられる。ひきり白には1回だけ火をおこした跡があるのが興味深い。これらの多くはヒノキ材で作られていた。

以上から、四条古墳出土の木製祭祀具には、長期間野外に置かれたものと短期間の使用のものがあることが明らかになった。また、用途と用いられた樹種に関連があることも興味深い。

なお、今回用いた手法は、今後、出土木製品の用途や使用状況を明らかにしていく上で、有効な方法と考えられるが、注意すべき点がいくつかある。まず第1に、木製品として使用された時期の劣化を正しく見つけ出さなければならぬ。木製品に見られる劣化は発掘までに受けた劣化の総合であるから、観察された劣化痕跡の解析は、発掘担当者を交えて、木製品のたどった経緯を考慮しながら、慎重に行う必要がある。今回観察した鳥形木製品(図14)は、水中もしくは地中での劣化が著しく、周濠に落ちる前に受けた劣化が消されていたため、使用環境を知ることはできなかった。このように、観察を行っても使用環境が明らかにできない場合もある。また、埋没後の細菌による劣化は、針葉樹材よりも広葉樹材で生じやすいことが知られているので(Holt・Jones:1983, 酒井・仁王:未発表), 針葉樹材の方が埋没前の劣化痕跡が残りやすいといえる。さらに、肉眼観察だけで劣化状態を判断するのは危険であり、顕微鏡による詳細な観察により、どの微生物による腐朽か、軽度な劣化を見落としていないか等を確認する必要がある。

謝 辞

図5下図の写真は、奈良県林業試験場 中村嘉明氏よりご提供いただきました。また、天理大学名誉教授 金関 恕博士、奈良国立文化財研究所 研究指導部長 沢田正昭博士からは、本研究全般についてご指導をいただきました。ここに付記して感謝いたします。

文 献

- 酒井温子(1991):出土木材の劣化過程. 木材学会誌, 37, p. 363~369.
- 酒井温子・仁王以智夫(1993):出土木材に観察された劣化と埋没土壌の特徴. 木材学会誌, 39, p. 69~74.
- 酒井温子・今津節生・仁王以智夫(1994):水浸出土木材の埋没環境. 考古学と自然科学, 30, p. 1~10.
- 中村嘉明(1990):「奈良県林試加工ハンドブック」VI保存2 木材(素材)の耐朽性. 奈良県林業試験場編, p. 272~281.
- 原口隆英・布村昭夫(1982):「木材保存学」I 腐朽, II 虫害. (社)日本木材腐朽協会編, 文教出版, p. 21~110.

- 松岡昭四郎ら(1970)：各樹種の野外試験による耐朽性調査結果(浅川実験林苗畑の杭試験(3))。林業試験場研究報告, 232, p. 109~135.
- 松岡昭四郎ら(1984)：日本産, および南洋産材の野外に設置した杭の腐朽経過と耐用年数(浅川実験林苗畑の杭試験(7))。林業試験場研究報告, 329, p. 73~106.
- 善本知孝(1983)：「木材利用の化学」2章 光。今村博之ら編, 共立出版, p. 7~22.
- D. M. Holt ; E. B. G. Jones(1983) : Bacterial Degradation of Lignified Wood Cell Walls in Anaerobic Aquatic Habitats. Applied and Environmental Microbiology, 46-3, p. 722~727.

Analysis of Degradation Observed at Waterlogged Wooden Objects (I)

The uses of objects for religious service

Haruko SAKAI¹⁾, Setuo IMAZU²⁾, Kiyohide SAITO²⁾

- 1) Nara Prefectural Forest Experiment Station, Takatori-cho, Takaichi-gun, Nara 635-0133, Japan
- 2) Kashihara Archaeological Institute, Unebi-cho, Kashihara-shi, Nara 634-0065, Japan

Wooden objects more than 500 were excavated from the ditches of Shijo tomb in Nara pref., Japan. It was thought by the shapes that a part of objects were used for religious service. But the detailed uses of them were not clear.

Several typical objects (objects shaped like a shield, a pole, a hat, a bird and an oar) were observed by eyes and an ordinary microscope. In the result, heavy degradation by ultraviolet and rain (fig.1) was found at the upper side of the object shaped like a shield (fig.8), at the upper side of the object shaped like a pole (fig.10) and at the top of the object shaped like a hat (fig.12). The objects were thought to have been exposed by sunshine and rain for a long time. Heavy degradation by soft rot fungi (fig.3) was found at the bottoms of the object shaped like a shield and the object shaped like a pole. The objects were thought to have contacted with ground for a long time. Degradation by bacteria (fig.4) was found at all parts of all objects, because all objects had been in water or under the ground with rich water for a long time. Degradation only by bacteria was found at the object shaped like an oar (fig.15). And degradation by bacteria observed at the object shaped like a bird (fig.14) was so heavy that the other degradation was not found in it.

As stated above, the uses of objects except the object shaped like a bird became clear, that is, the objects shaped like a shield, a pole and a hat had been stood on the mount for a long time, and the object shaped like an oar had been used for a short time. The period of standing of the object shaped like a pole was estimated to be some decades by degree of degradation of the bottom part and the rate of the degradation of kouyamaki wood (fig.6).