

# 第V章 三瓶小豆原理没林出土スギ巨木の 保存処理について

高妻洋成 (奈良国立文化財研究所)

## 1. はじめに一なぜ保存処理をする必要があるのか

ほとんどすべての有機物は、食物連鎖の環の中にあり、最終的には菌類・細菌類などの分解者により分解され、消滅するのが通常である。しかしながら、発掘調査などにともない、長い年月を経てなおその形状を良好に維持する木製品や自然木が多く出土する。遺跡などから出土するこれらの木材は通常、出土木材と呼ばれている。これらの出土木材が長い年月を経て今日まで遺存した理由としては、木材が食物連鎖の環から逸脱した状況にあったためではなく、むしろなお食物連鎖の環の中であって、ある特定の環境において極めて緩慢な劣化プロセスをたどったためと考えるべきである。木製遺物が見出される遺跡の環境は、1) 湿原 (特に泥炭湿原など)、2) 地下水などで酸素が遮断された土壌、3) 川底・湖底・海底、4) 氷河・永久凍土、5) 砂漠などがあげられる。これらの環境下では、木材を積極的に腐朽させる菌類等の活動が大きく抑制されるため、木材は良好な形状を保ったまま遺存するものと考えられている。環境によっては数十万年を経て、その形状をよく保つ木材が出土することがある。

しかしながら、実際には、長い年月にわたり土中に埋没している間に、木材の細胞壁は菌類等により緩慢ではあるが、しかし確実にその構成成分が分解消失している。細胞壁の構成成分が分解消失した部分には水が浸入するため、全体としてはその形状をよく保持しているが、このような状態にある木材は、いわば、水で形を保っているに過ぎず、一旦乾燥をしてしまうと、取り返しのつかない収縮・変形を生じてしまう (図5-1)。乾燥をさせずに水漬けの状態でも保管しようとしても、次第に腐朽が進行し、いずれは崩壊していつてしまう。発掘調査そのものが、腐朽菌などの活動が抑制された安定した環境にあった木材を、腐朽の生じやすい環境へとドラスティックに移行させてしまう側面をもつことは否めない。敢えて調査を行ない、遺物を検出するのは、その調査をおこなうことによりかけがえのない学術的情報を得ることができるだけでなく、それを保管・展示していくことで啓蒙・普及の活動に供することができるからである。三瓶小豆原理没林の一部から巨大なスギ立木を掘り起こし、これを調査・研究・保存・展示することは、きわめて重要な意義をもつものである。このような貴重な三瓶小豆原理没林から出土したスギ立木を学術資料として利用したり展示などへ活用しようと考えた場合、なんらかの方法により、水浸しの不安定な状態から乾燥した安定な状態にする必要があるのである。

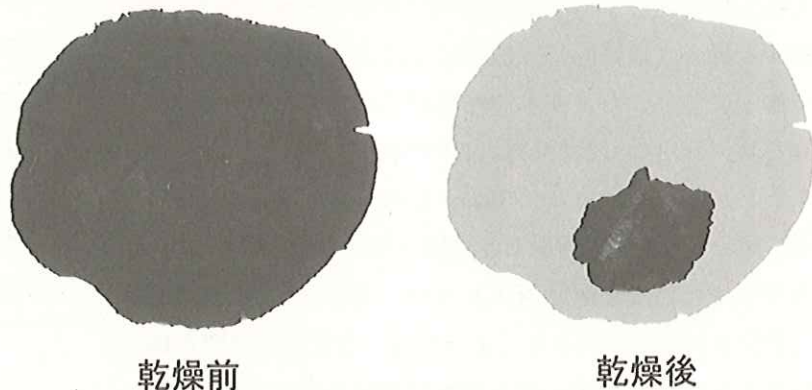


図5-1 出土木材の乾燥による収縮

## 2. 出土木材の保存処理の概要

出土木材の保存処理において最も重要なことは、木材の収縮・変形を生じることなく、展示・保管に耐え得る乾燥した状態にすることである。これまで多くの保存処理法が考案され、実施されてきているが、その全ての処理において共通していることは、「薬剤含浸」と「乾燥・薬剤固化」の2工程よりなることである。これらの2工程を基本とした処理の系列を図5-2に示す。

水溶性薬剤を含浸する工程には、水漬けの状態から直接水溶性薬剤を含浸する工程

(A) と一旦木材中の水分を有機溶剤に置換した上で水溶性薬剤を含浸する工程 (B) がある。非水溶性の薬剤含浸 (C) は、前処理として木材中の水分を有機溶剤に置換する作業を必要とする。非水溶性薬剤を含浸させる保存処理法は、溶剤・樹脂法とも呼ばれている方法である。薬剤含浸の主たる目的は、脆弱化した木材の強化と寸法安定化である。木材中に含まれる水分を全て含浸薬剤に置換する場合、この薬剤含浸工程そのものが脱水工程となる。この工程では、薬剤の木材中への浸透・拡散が重要なポイントとなる。一般に、低い濃度の溶液に高い濃度の溶液を加えると、全体の濃度を均一にしようとして、溶質と溶媒の移動が生じる。ポリエチレングリコール含浸法を例にとるならば、溶質がポリエチレングリコールであり、溶媒が水である。すなわち、木材の内外の溶液濃度を均一にしようとして、木材中の水が徐々に外に出て行くと同時に、ポリエチレングリコールなどの含浸薬剤が木材中に浸透・拡散していくことで薬剤置換が進行するのである。薬剤含浸工程で厄介なのは、薬剤の浸透・拡散が薬剤の性質だけに依存するのではなく、樹種、劣化状態など木材の性状にも大きく影響を受けることである。出土木材の場合、特にクスノキ、クリおよびアカガシ亜属は薬剤含浸処理が困難な三大樹種である。また、皮肉なことに材の中心部分が健全に遺存しているものほど、薬剤の浸透性が悪い。

これまで、有機質遺物の保存処理に用いられてきている含浸薬剤を表5-1に示す。

薬剤含浸の終了した遺物は、続いて「乾燥・薬剤固化工程」に移される。水溶性薬剤で遺物中の水分を全て置換する場合、最終的には加熱により含浸薬剤を融かして液体とする。また、非水溶性薬剤でも加熱により液体となる含浸薬剤は最終的には材中の有機溶剤を全て置換することが可能である。このように水や有機溶剤などの溶媒を全て含浸薬剤に置換した遺物を処理槽から引き上げ、冷却すると含浸薬剤は固体となり、遺物は乾燥した状態で強化されることになる。あるいは、含浸薬剤濃度を100%まで上げずに、70~80%濃度で遺物を引き上げる場合

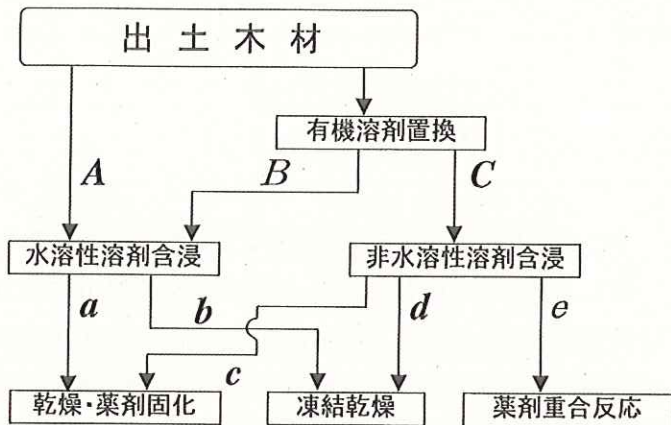


図5-2 出土木材の保存処理工程

表5-1 含浸薬剤の種類

水溶性含浸薬剤
ポリエチレングリコール
シヨ糖
マンニトール
ラクチトール
-----
非水溶性含浸薬剤
ダンマール樹脂
パラロイドB72
高級アルコール
脂肪酸エステル

もある。この場合、溶液組成で20～30%程度、遺物中に残っている水や有機溶媒を自然乾燥により除去したり、温度コントロールにより水の一部を結晶水として薬剤の結晶化に利用し、残りを蒸発させたりすることになる。いずれにしても、冷却による薬剤固化あるいは残留する水や有機溶剤を乾燥によって除去する工程となる (aとc)。

一方、水や有機溶剤をかなりの程度含んだ状態で、含浸工程を終了し、特殊な状況で乾燥を行うのが凍結乾燥である (bとd)。液体の水を加熱すると、100℃で沸騰して水蒸気となる。しかし、コップに水を入れ、放置しておく、次第に水量が減り、最後には空になることからわかるように、100℃に加熱しなくとも液体の水の表面からは、絶えず水分子が飛び出している。この液体の水から気体の水蒸気になるときに、大きな引張り力が生じることになる。

ところで、刻んだネギを冷凍庫に入れておくと、いつのまにかカラカラの乾燥ネギになってしまうことがある。冷凍庫であるから液体の水になって、さらに水蒸気となったということは考えられない。実は、固体の水の表面からも、水分子が飛び出しているのである。固体の水から液体の水を経ずに直接気体の水蒸気となる現象は昇華と呼ばれている。昇華に際しては、表面張力の作用はないと考えてよい。この昇華という現象を利用するのが、凍結乾燥である。凍結した遺物から水が昇華するのを促進する方法としては、乾燥した空気を凍結した遺物の表面に送り込み、昇華により飛び出してきた水分子を絶えず除去する方法と氷の蒸気圧以下に減圧することで遺物より飛び出してきた水分子を除去する方法とがある。前者は常圧における凍結乾燥であり、後者は真空凍結乾燥と呼ばれている。

最後の薬剤重合反応は、含浸させた薬剤を触媒・熱などを利用して重合させ、遺物を硬化させる方法である。シリコン樹脂などを用いることで、縄などのきわめて脆弱化した遺物を、柔軟性をもたせた状態で保存することが可能である。しかしながら、薬剤重合反応であるため、処理自体は不可逆的なものであることを十分承知しておかなければならない。

### 3. 三瓶小豆原埋没林出土スギ巨木の保存処理の問題

三瓶小豆原埋没林から掘り起こしたスギ立木を保存する上で問題となるのは、何をおいてもその巨大さである。巨大な出土木製遺物の保存処理例としては、スウェーデンのストックホルム港から引き揚げられた軍艦Wasa号や大韓民国の新安難破船などがある。Wasa号の場合、船体そのものを包み込むようにして覆い屋を建設し、その中でポリエチレングリコール水溶液を噴霧することにより処理が行なわれた。ヨーロッパでは多くの沈没船が引き揚げられ、保存処理が施されているが、使用した含浸薬剤の違いこそあれ、基本的にはこのシャワー方式によっている。一方、新安難破船の場合、引き揚げられた船体を解体し、部材別に含浸タンクを用いてポリエチレングリコール水溶液による含浸処理が行なわれた。現在は、含浸処理が終了し、各部材を博物館で組み上げていっているところである。博物館における組み上げは、博物館来訪者に一般公開されている。このような船体の保存処理では、船体をそのまま含浸できるタンクをつくって保存処理を行なうことは極めて困難であるため、シャワー方式ないしは解体・含浸方式がとられている。いずれも十数年の歳月をかけて保存処理が行なわれている。

一方、これから保存処理を行なおうとしている三瓶山のスギ立木であるが、その規模は根回りの径が約2m、長さも短い方で4m、長い方で10m以上もある巨大なものである。このような巨大な材に対して薬剤含浸を行なうことはきわめて大きな問題である。

また、遺跡などから出土するスギ材は、遺存状態が良好な場合が多いが、三瓶小豆原理没林の立木の場合、心材に加えて辺材と樹皮が存在しており、その劣化状態も様々である。図5-3はスギ立木(A-9)の発掘調査にともなって出土したスギ小径木の磁器共鳴イメージング(MRI)の画像である。MRIでは、木材内部の水分の分布を断層写真として画像化することが可能であるため、出土木材の劣化状態を非破壊で把握することのできる方法である。スギ材の場合、辺材の劣化が著しく心材の残りがよいのが一般的であるが、このスギ小径木の場合、内部の心材において水分量が高い部位が存在すること、ならびに亀裂も存在していることが明らかである。保存処理を行なおうとしているスギ立木の巨大さを考えると、この劣化状態の不均一さが大きな問題となってくるであろう。



図5-3 磁器共鳴イメージング画像

#### 4. 保存処理計画

前述したように、三瓶小豆原理没林出土スギ巨木の保存処理においては、劣化状態が不均一でかつ巨大な木材に対していかにして薬剤含浸処理を施し、乾燥した状態に移行させていくかが問題となる。また、保存処理の問題のところではふれなかったが、三瓶自然館のリニューアルオープン（平成14年4月予定）にあわせて、展示をしなければならぬことである。これだけの巨木をわずか1年程で保存処理することは不可能である。

何をどう残すのかについては、様々な議論があるであろう。しかしながら、三瓶小豆原理没林の学術的な意義、掘り出した巨木を展示公開することによる啓蒙・普及の重要性を考えた場合、巨木内部に含まれる潜在的な情報をもできる限り保存しようと考えれば、現在適用しうる最大限の努力を施すべきであろう。

このような観点から、三瓶小豆原理没林出土スギ巨木に対して、次のようなプロセスに基づいて保存処理を施す計画を立てている。

1) 三瓶自然館がリニューアルするまでの期間、発掘した埋没林スギ巨木を仮設のタンク中で、ポリエチレングリコール含浸処理を行なう。含浸処理に用いるポリエチレングリコール水溶液の組成は、平均分子量400のポリエチレングリコールが5%、平均分子量3300のポリエチレングリコールが25%とする。

2) 三瓶自然館のリニューアルオープンにあわせ、スギ巨木を自然館に移設する。

3) 三瓶自然館において、上記のポリエチレングリコール水溶液をシャワー方式で噴霧する。噴霧期間は10年を一つの目安とするが、状況によっては延長もありうる。

4) ポリエチレングリコール水溶液の噴霧が終了した時点で、乾燥工程にはいる。急激な乾燥を避け、できる限りゆっくりと乾燥を行なう。

保存処理を施している間、様々な監視体制が必要となる。特にポリエチレングリコールの含浸量、変形の有無などに対して注意をしていく必要がある。また、状況に応じて臨機応変に対応できるような体制も必要であろう。

#### 5. まとめにかえて

三瓶自然館内において三瓶小豆原理没林出土スギ巨木の展示をしつつ保存処理を行なうこと、ならびに保存処理がきわめて長期にわたることに対して、理解が得られたのは大変ありがたいことである。しかしながら、世界初の試みでもあり、今後大小様々な問題が生じてくるものと思われる。不謹慎な表現であるが、この三瓶小豆原理没林出土スギ巨木の保存処理は壮大な実験であるといえよう。現段階における最大の努力を払い、生じてくるであろう様々な問題に対処していくためには、情報の公開とこの保存処理プロジェクトへの様々な学問分野からのアプローチが必要となる。出土木材の保存処理は決して確立した方法があるわけではなく、多くの問題点がなお存在している。三瓶小豆原理没林出土スギ巨木の保存処理は、単なる木材の保存にとどまるものではなく、このプロジェクトを進めていくことにより、三瓶山から世界に向けて、出土木材の保存処理に関する多くの新たな情報を発信できるものと期待している。