

出土木材の 非破壊内部構造調査

はじめに 出土考古遺物に対する非破壊内部調査の代表的なものには、X線透過撮影やX線コンピュータトモグラフィ（X線CT）などがあげられるが、これらの手法はいずれも金属製品をはじめ、石製品や土器などの無機質の遺物に対して極めて有効であり、出土木製品などの有機質遺物に対しては、いまだ有効な非破壊内部構造調査の手法は確立されているとは言いがたい状況である。現在、出土木製品に対して行われている非破壊内部構造調査としては、軟X線透過撮影による亀裂個所の検出、超音波画像診断などがあるが、材自体の劣化状態をその内部まで

正確に把握するには至っていない。X線透過撮影では、水の密度と木材実質の密度に大きな差がないため、各部位における劣化状態を示す水分量の差異が明確とはならない。超音波画像診断は、木材の弾性率と密接に関わるという点で有効な手法ではあるが、得られる像の鮮明さなどに問題があるといえよう。

水浸状態にある出土有機質遺物の非破壊内部構造調査を考えるとき、水を直接観測することのできる磁気共鳴イメージング（Nuclear Magnetic Resonance Imaging, MRI）は、出土有機質遺物の完全非破壊調査法として極めて有効であるものと期待できる。MRIは、X線CTとともに人体内部の断層撮影診断技術として医療の分野で急速に発展してきた技術である。

出土木材の劣化状態は、通常その含水率の大小により比較することが可能である。これは、腐朽にともなって、細胞壁構成成分が分解消失した部分が新たな空隙となり、その空隙へ水が浸入することにより水分量が増大するためである。したがって、MRIにより材の任意の部分における水分量の分布を、画像的に視覚化し、さらにその定量的取り扱いが可能となれば、非破壊法により正確に出土木材の内部劣化状態を調査することが、確立されるものと思われる。

木材内部の水分量分布 図1は飽水状態にある現生スギ材を乾燥させていきながら、任意の含水状態において取得した同一部位のMR画像である。乾燥開始直後のMR画像（図1上）においては辺材部分が心材部分よりも輝度が高く、水分量が多いことを示している。また、早材と晚材を比較した場合、早材部分の空隙量が晚材のそれに比べて大きいため、早材部分の水分量がより高く、その結果、早材部分の輝度が晚材部分より高い画像となり、年輪構造を顕著に表すものと思われる。年輪構造がより精度よく観察できるようになれば、年輪年代測定法への応用も可能となるであろう。乾燥がある程度進行した場合（図1下）、画像の輝度は全体に低くなる一方で、辺材部分になお「水持ち」のよい部分が存在していることが明らかとなった。また、外観上認めることのできない乾燥にともなう内部亀裂の発生も、画像的に捉えることが可能である。

MR Iを用いた薬剤含浸過程の追跡 出土木材を保存処理する際には、脆弱化した材を強化する目的で、ポリエ

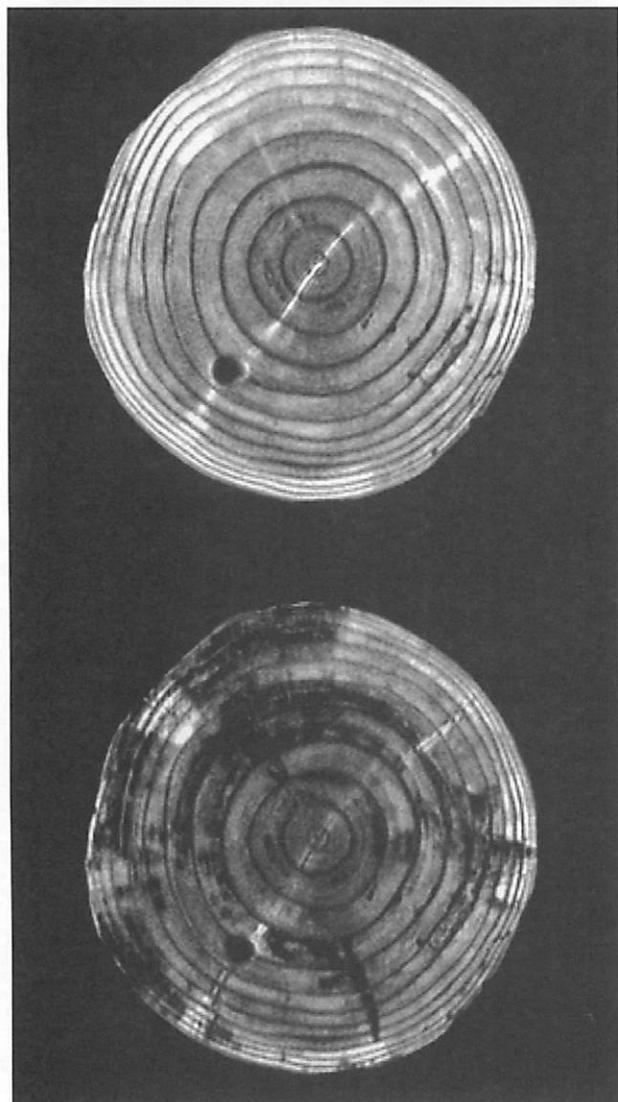


図1 木材内部の水分量分布

チレングリコール (Polyethylene Glycol, PEG) などの薬剤が含浸される。出土木材の保存処理においては、薬剤含浸が内部まで十分に行われているかが常に問題となる。現状では、含浸状況の確認には、生長錐などを用いて、サンプリングされた木片からPEGを抽出して、直接含浸量を定量する方法がとられている。

今回は、現生のスギ材を30%のPEG#4000水溶液に所定期間含浸させたもののMR画像を取得し、含浸過程を追跡することを試みた。

図2は、上述のPEG水溶液に2週間含浸させたスギ現生材と、7週間含浸させたもののMR画像である。7週間含浸した材の輝度は全体的に低くなっていることが分かる。また、図2に示す直線上でピクセル値を比較すると、7週間含浸材のピクセル値の方が低く、より水分量が少ないことが明らかである。これは、PEGの拡散浸透により、材内部の水分がPEGに置換されたため、水分量が減少しているものと考えることができる。

出土木材のMR画像 図4は島根県三瓶山の縄文時代の埋没林から出土したスギ材のMR画像である。比較的よく年輪構造を観察することができるが、年輪幅が極めて密であるのに対して、MR画像の解像度がその精度に達していないことから、明瞭な早晚材の区別が十分ではない。また、この材の特徴であるのか、辺心材の区別が明確とはなっていない。これに対し、材中央部において比較的輝度の高い部分が観察されたことから、この部分での含水率が高いこと、ひいては腐朽の進行が推測される。実際に生長錐にてサンプリングを行い腐朽の程度を確認したところ、この部分における含水率が高いことが明らかとなった。この他、外観からは認める事のできない内部亀裂および穴を確認することができる。このような材の欠点を検出できることは、保存処理を行う上で重要な情報をもたらすものと言うことができる。

医療の分野では、それぞれの人体組織に対して最適なMR画像を撮影するための条件・データの蓄積があり、目的に応じた最適な画像撮影法を選択することができる。出土木材の内部構造をさらに明瞭に撮影するためには、今後様々な条件・方法を検討し、ノウハウを蓄積していく必要があろう。

(高妻洋成・村上 隆・肥塚隆保・沢田正昭)

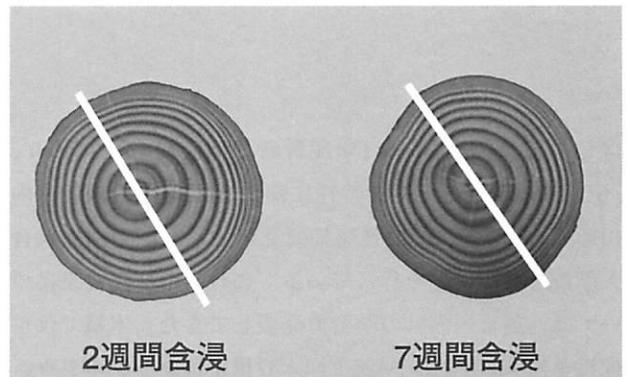


図2 薬剤含浸過程の追跡

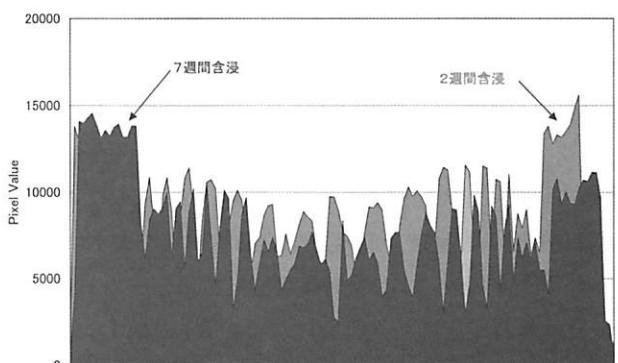


図3 含浸薬剤過程における水分量の変化

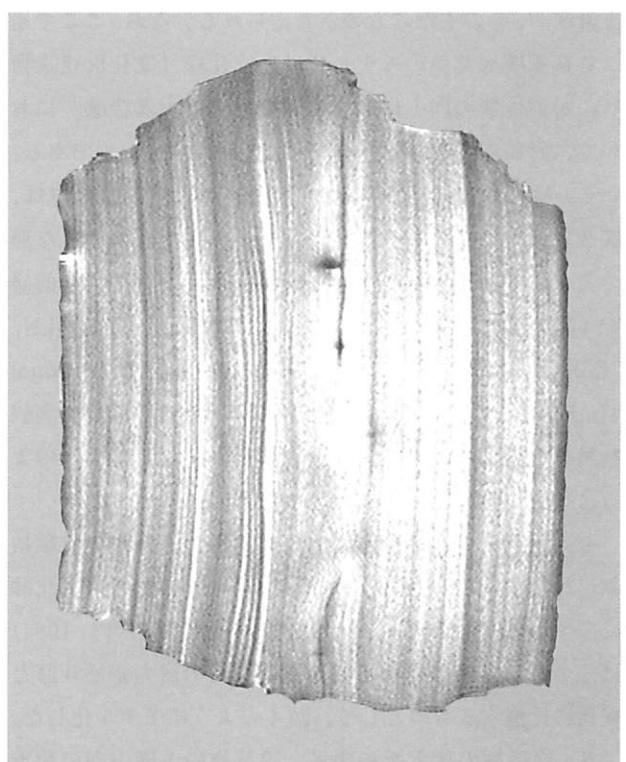


図4 島根県三瓶山埋没林出土スギ材のMR画像