

三瓶小豆原埋没林の保存に関する経緯と課題

大野 志津香*・石田 弓子*・中山 侑也*

Problems and history on conservation management of Sanbe Azukihara Buried Forests

Shizuka Ohno, Yumiko Ishida and Yuya Nakayama

1. はじめに

三瓶小豆原埋没林（島根県大田市三瓶町多根）は、約4000年前の巨木群が地中に幹を残した状態で林立する「森の化石」である。長大な幹が直立状態で残存する埋没林は極めて珍しく、国内では他に例を見ない。この埋没林は、1998年に島根県が実施した発掘調査で発見され、立木30本と多数の流木が確認されているほか、未発掘地にはまだ多数の立木が埋蔵されていると推定される（島根県景観自然課編、三瓶埋没林調査報告書Ⅰ、三瓶埋没林調査報告書Ⅱ、三瓶埋没林調査報告書Ⅲ、2000;2002;2003）。発見地には発掘状態で現地を公開する「三瓶小豆原埋没林公園」が設けられ、大規模な地下発掘坑をそのまま展示室に活用している。埋没林の木々（以下、埋没木）は、地下で「生木」の状態に残されていたものであり、展示は腐朽、劣化の可能性を伴っている。腐朽の可能性のある有機質出土物の現地展示としては規模的に前例を見ないので、保存管理の方策が確立されているとはいえない段階で、「壮大な実験」的に展示公開を先行した経緯がある。そのため、2003年の施設開設以来、展示標本の保存管理に関するいくつもの課題に直面してきた。課題に応じて検討と対策が島根県により行われ、同施設の歴代のスタッフは日々の状態観察や地下水調査、温湿度調査など各種データの収集、保存処理にかかる作業などに携わってきた。何年にもわたる検討に基づいて、ここ数年の間にいくつかの具体的な対策が施されてきたことで、保存管理の環境は改善されつつあり、良好に展示ができる段階に移行してきている。しかし、保存管理は終わりが無い事業であり、今後新たな課題が発生する可能性がある。将来、新たな課題に直面した時に対策を検討する上で、これまでの情報

を継承することが重要であり、大規模現地展示における事例としても貴重と思われることから、本稿では歴代のスタッフが担い、関わってきた保存対策の概要をとりまとめて報告する。

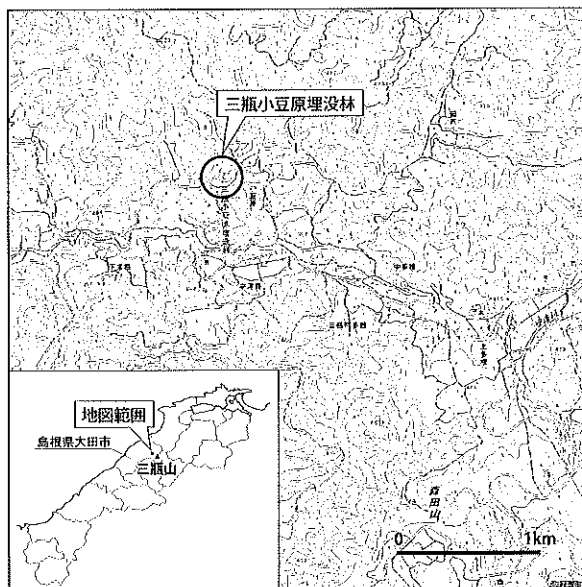


図1 三瓶小豆原埋没林の位置図(地理院地図を使用)
三瓶小豆原埋没林は三瓶山の北西麓に位置する。静間川水系の小豆原川が流れる谷に、約4000年前の三瓶火山の活動がもたらした噴出物が厚く堆積しており、その堆積物によって噴火当時の森が埋没している。

2. 展示保存の経緯

(1) 展示開始まで

三瓶小豆原埋没林は、島根県が実施した発掘調査によって1998年11月に発見され、翌1月に公表された。1999年2月から三瓶自然館での標本展示を目的にした

* 三瓶小豆原埋没林公園、〒694-0003 島根県大田市三瓶町多根口 58-2

Sanbe Azukihara Bureid Forest Museum, 58-2 Tane, Sanbe-cho, Ohda, Shimane, 694-0003, Japan

掘り出し作業が開始され、同年に比較的幹が短い2本のスギ(A-9, A-19), 1999年から2000年にかけて長さ10m以上の幹を残すスギ(A-5)の掘り出しが行われた。それぞれの埋没木の出土位置を図2に示す。

2000年には埋没木の輪切り標本を採取する目的で、1983年の水田工事中に出土した立木の残存部の掘り出しが行われた。1983年の工事では2本の立木が出現しており、工事業者が上部約3mを切断した。その残存部を掘り出したところ、立木の周囲に折り重なった状態で埋もれた流木群が確認され、その迫力を活かすために現地での展示公開が計画されることになった。2001年に流木群を含む範囲を円筒形の連続地中壁で囲い、公開に向けた掘り出しが進められた。約2年かけて掘り出しと上屋などの施設整備が行われ、2003年5月から現地での展示公開を開始、その運営は、財団法人三瓶フィールドミュージアム財団(現公益財団法人しまね自然と環境財団)が鳥根県から受託して行うことになった。

現地の展示施設は、連続地中壁の内側を掘り出した掘削坑をそのまま用いたもので、直径30m、地表からの深さは13.5mの規模を有する(図3)。展示室内には7本の立木と、大きなものだけで11本以上の流木が展示されている。立木は埋没林の木々が生育していた縄文時代の古土壌に根を張ったままの状態である。最大で胸高直径約2.5m、残存部の幹高約12mに達するスギをはじめ、立木、流木とも幹径1mを超える巨木が中心である。流木は一旦掘削坑から取り上げ

た後、主なものを坑内に戻して展示に用いている。また、三瓶自然館展示標本(A-5)の発掘坑も展示に活用し、根株部分を原位置で展示している。以下、直径30mの展示施設を「大展示棟」、A-5発掘坑を「小展示棟」と記す。

(2) 展示開始後

大展示棟での展示は、ポリエチレングリコール(PEG)溶液をシャワー方式で散布する方法により、出土木の保存処理を行いながら公開する計画で始まった。

PEGは医薬品や化粧品などに用いられる高分子化合物で、埋蔵文化財の分野において出土木材の保存処理に用いられているほか、建築用木材でも収縮防止の目的で用いられる。PEGには分子量によっていくつかのバリエーションがあり、ここでは出土木材の保存処理に一般的に使われる「PEG4000」が使用された。

出土木材のPEG法による保存処理は、劣化した木材に十分な量の溶液を含浸させた後に乾燥させ、材の内部で固体化したPEGが劣化部を補強することで乾燥に伴う細胞の収縮を防ぎ、変形を防止するものである。PEGは高温、高湿度では水を含んで溶解するため、乾燥処理の終了後はそのような環境を避けて保管することが条件である。

シャワー方式によるPEG法は、後述のように三瓶自然館の展示標本で先行して採用された。シャワー方式は大型の出土木材に対して行われることがあり、世

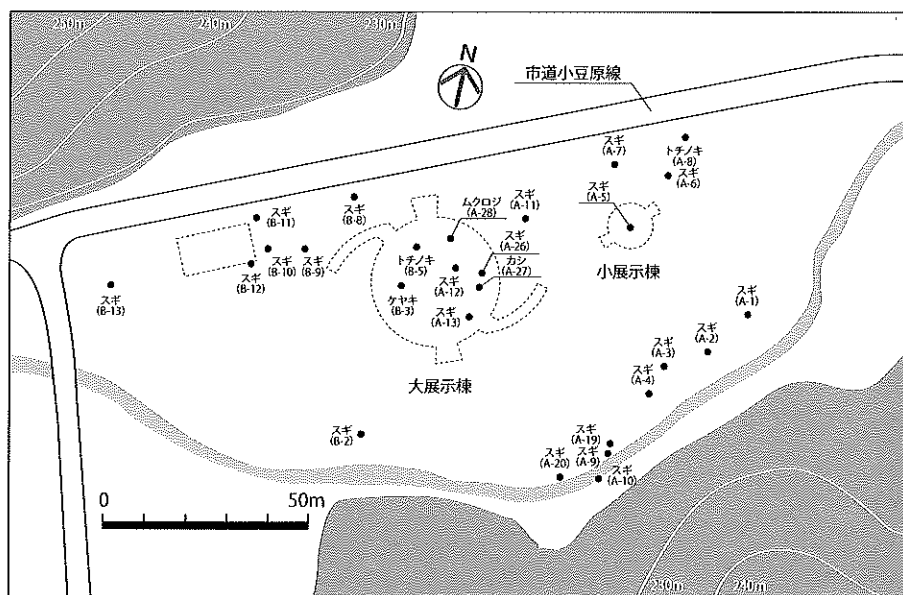


図2 確認された埋没木の位置と三瓶小豆原埋没林公園の施設配置
 図中、黒丸で示した位置で立木が確認されている。立木の樹種と発見時に付けられた番号を示している。
 図中の白抜き部分は三瓶火山噴出物が堆積した谷底平地を示す。

界的には17世紀に沈没したスウェーデンの戦艦ヴァーサ号を引き揚げ、この方法で保存処理された例がある。

大展示棟では、展示開始直後の2003年5月にPEG溶液の流出事故が発生し、これがきっかけで、PEG溶液を大量に散布して保存処理を行うことへの懸念が生じた。流出事故は、展示棟床面下の地下水を揚水して河川に排出する経路に、散布したPEG溶液が誤って流入したことが原因であったが、同様の事象が発生する可能性があることに加えて、地下水への混入も懸念された。大展示棟の床面はPEG溶液を散布する範囲をコンクリート底盤にしてあり、散布後のPEG溶液を回収する仕組みであった。底盤設置は部分的で、全体としては密閉性が低く、立木の根は地盤に通じていることから、地盤や地下水にPEG溶液が流出する可能性があった。そこで、2004年に展示棟内からの揚水を一旦貯留するための調整池を芝生園地に設けた上で、展示棟内外から揚水した地下水に含まれるPEG含有量の分析を行いながら、試験的に散布を再開した。地下水のPEG含有量は専門業者に委託して高精度の分析を行い、外部への流出は認められなかった。しかし、PEG溶液と床面に湧出する地下水の混合が著しく、地下水側への流出の可能性を払拭できないことから、2005年3月に散布を中断した。流出の可能性に加えて、PEG溶液に地下水が混合することで、散布量よりも回収量が上回るために溶液の総量が増え続け、余剰分を定期的に廃液として処理する必要が生じたことも大きな問題で、施設面の改善なしに溶液散

布を行うことは困難という状況でもあった。

PEGの毒性については、錠剤等での直接摂取においても低量であれば安全上の懸念はないとされ、比較的安全性が高い物質ではあるが、自然界に流出した場合の長期的な影響は不明であり、埋没林現地は大田市の上水道水源である三瓶ダムの上流にあたることから、安全性を最優先して中断の判断がなされた。揚水した地下水のPEG含有量は、散布中止後も2009年まで年1回程度の高精度分析を行い、流出がないことを確認した。日常的には、展示棟内からの揚水について糖度計を用いた簡便な測定と泡立ちの有無を2009年まで毎日実施し、安全を確認した。PEG濃度は1/100～1/1000オーダーであれば糖度計で濃度を測定できるため、万一、多量に流出した場合は検出可能である。また、糖度計での検出限界付近の濃度であっても、PEGを含む水は顕著に泡立つことから、この方法でも確認できる。

展示棟床面からの湧水について、建設時には地下水は湧出しない想定で設計されたはずであるが、地下の透水性が高く、展示棟内の深井戸からの揚水量は1日10t以上に達し、さらにA-13根元から湧水した水が床面を流れる状態であった。

PEG法による保存処理を中断した後、次の対応を探る目的で2007年に島根県が「三瓶小豆原埋没林保存検討委員会」(高妻洋成委員長)を設置し、保存管理の方針を検討することになった。同委員会での検討から、現状を把握するために展示棟の構造的な調査、温

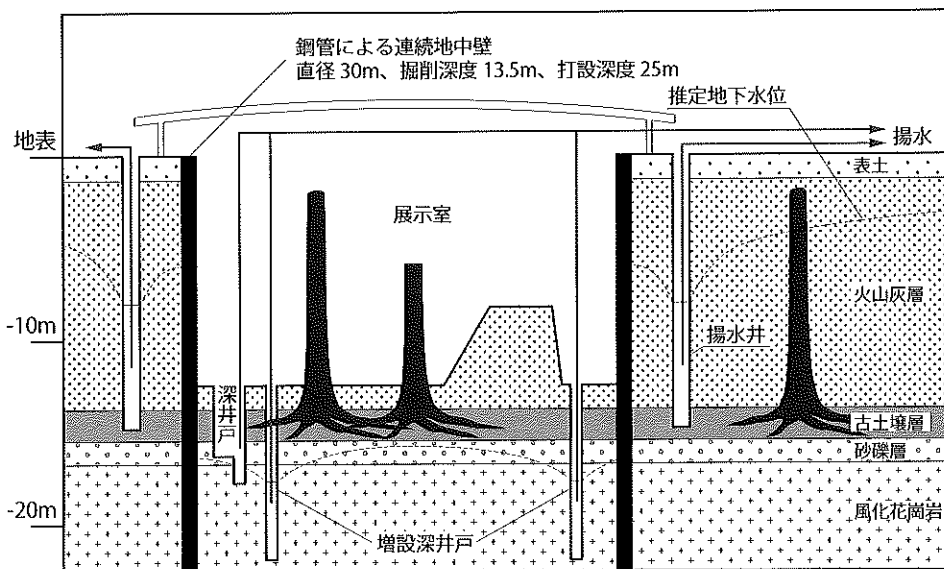


図3 展示棟の構造と埋め戻し埋没木のご概念図
大展示棟、小展示棟とも鋼管(直径80cm)を基盤岩中まで打設した連続地中壁の内側を掘削した地下構造物。いずれも掘削深度は13.5m。図は大展示棟のイメージを示している。展示棟の内外で揚水しており、周辺の埋め戻し埋没木への影響が懸念される

度湿度、地下水位等各種の調査が行われた。これにより、以下の課題が浮上した。

課題①：大展示棟の床面から地下水が湧出する。この環境では、PEG 法による保存処理に必須の乾燥状態への移行ができず、この方法による保存処理に不適である。また、湧水は立木の腐朽要因になるため、止水対策が必要である。

課題②：大展示棟では、気温が高い時期に温度成層が顕著に発達し、床面付近に低温の空気塊が滞留する。この空気は展示木の表面に結露を生じるほどの高湿度

となり（図4）、腐朽要因になる。高湿度の解消が必要である。

課題③：気温が低い時期には大展示棟内の湿度が低下し材表面が乾燥する。年間を通じた乾燥と湿潤により材は膨張と収縮を繰り返し、割れや剥離などの劣化をもたらしている。乾湿の差を低減する必要がある。

課題④：本施設でのPEG 法による保存処理は、安全面と効果の両面で問題である。安全かつ効果的な保存処理法を選定する必要がある。

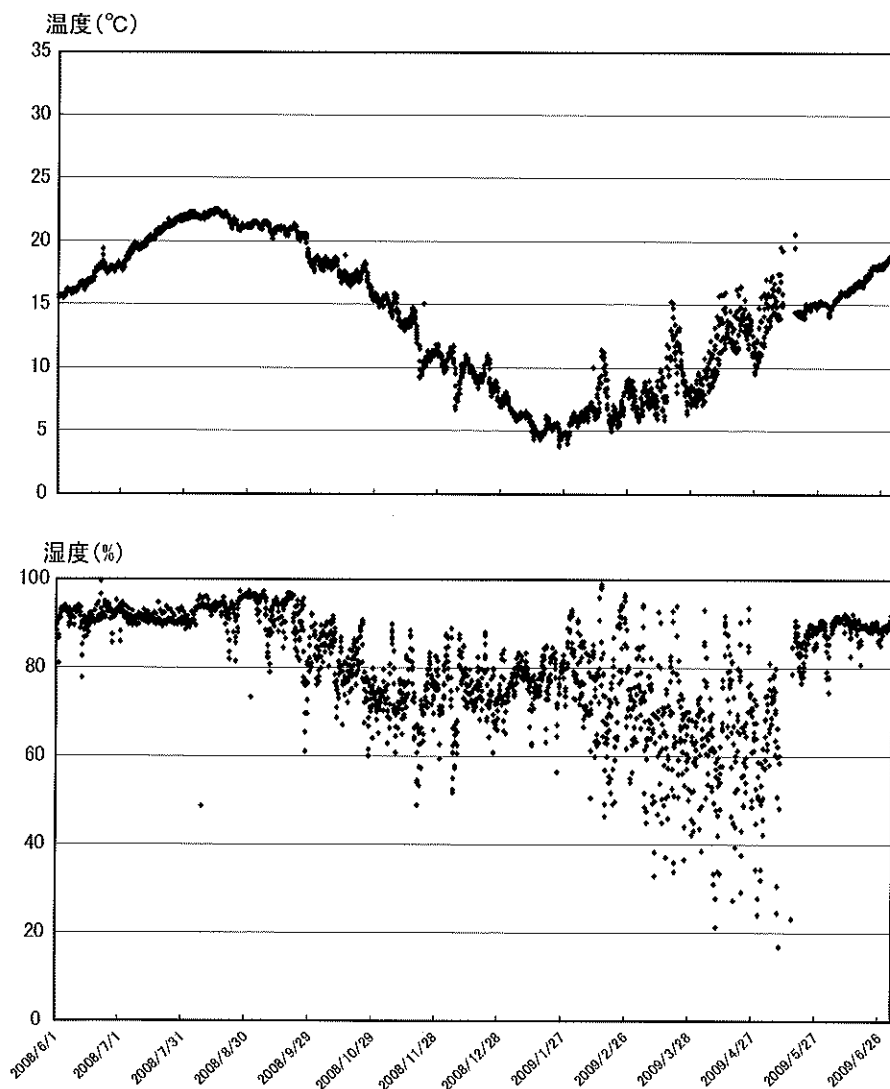


図4 大展示棟床面付近の温度湿度

2008年2月14日から2009年7月1日までの間、床面付近に設置した自記式温湿度計で記録したデータを示している。夏期は温度成層して上下方向での空気循環が起こりにくく、床面付近は高湿度状態が続く。気温が低下する時期には温度成層が壊れ、外気の流入によって湿度は大きく変化する。外気の流入は展示棟出入口の開放によるほか、換気装置の稼働によって生じる。換気装置は地下の低酸化を防止する目的で設置されたもので、2015年以前は展示棟内でカビ臭がこもることがあったことから頻繁に稼働させていた。高湿度が改善された2015年以降は稼働頻度が少ない。

課題⑤：展示棟内部での揚水に加えて、構造体への土圧軽減のために展示棟外部でも揚水が必要である。地下水位が低下することによって、展示棟外の埋没林の頂部付近が好气的環境となり、腐朽の進行が懸念されるため、対策が必要である。

課題①の大展示棟床面からの地下水湧出は、2018年に展示棟内に揚水井戸が3坑追加され、床面から10m下から揚水することにより解消された。鳥根県および保存検討委員会による対策検討の段階では、床面下の地盤などへの止水工（グラウト注入）により地下水の動きを止める案や、立木を根元で切断して地盤と切り離し密閉性を高める案なども浮上したが、費用や期待される効果などの検討に基づいて、井戸の追加が選択された。

課題②の高湿度対策は、2015年に試行的に除湿機を設置した。この試行以前は大展示棟の広い空間に対しては大規模な空調設備が必要と思われていたが、試行により床面付近の空気塊を効率的に除湿できることが明らかになった。温度成層は高湿度の原因であるが、一方で空気が大きく循環しないおかげで除湿効果が得られるとみられる。この結果に基づいて、2018年に除湿機と制御装置が設置された。これにより、湿度が90%以上に上昇することがなくなり、課題③の乾湿差も問題が生じない程度に軽減された。

課題④は、検討の開始時には最優先の課題と思われ

たが、展示環境に関わる①～③の課題が解決されるまでは具体的な方法を検討できないことから、しばらく保留された。各種の議論の過程で、2010年にPEG法の再開は基本的に行わない方針が示され、2015年にトレハロース法が提案された。その具体的な内容は「3. 保存処理」で述べる。

課題⑤については、保存検討委員会の高妻委員長による現地指導の下、埋め戻し木の再発掘による調査を行い、立木の頂部付近が乾燥傾向にあることが確認されて対策が必要と判断された。展示棟外の3箇所の観測井戸では、2008年から継続して水位観測を行っている（図5）。その結果によると、2013年夏頃を境に一定の水位上昇は認められるものの、埋め戻し木の頂部よりもやや低い位置で安定しており、施設設置前に比べると50～100cm程度低い地下水位である。この対策として、地表からの酸素に富んだ水の浸透を防ぎつつ地下に水を供給することを目的とした池の設置が計画され、2019年時点で試験等が行われている。この課題については、「4. 今後の課題」で述べる。

3. 保存処理

(1) 三瓶自然館標本

三瓶自然館の展示標本は、PEG法による保存処理が行われた。自然館標本は、A-9、A-19、A-5の3本

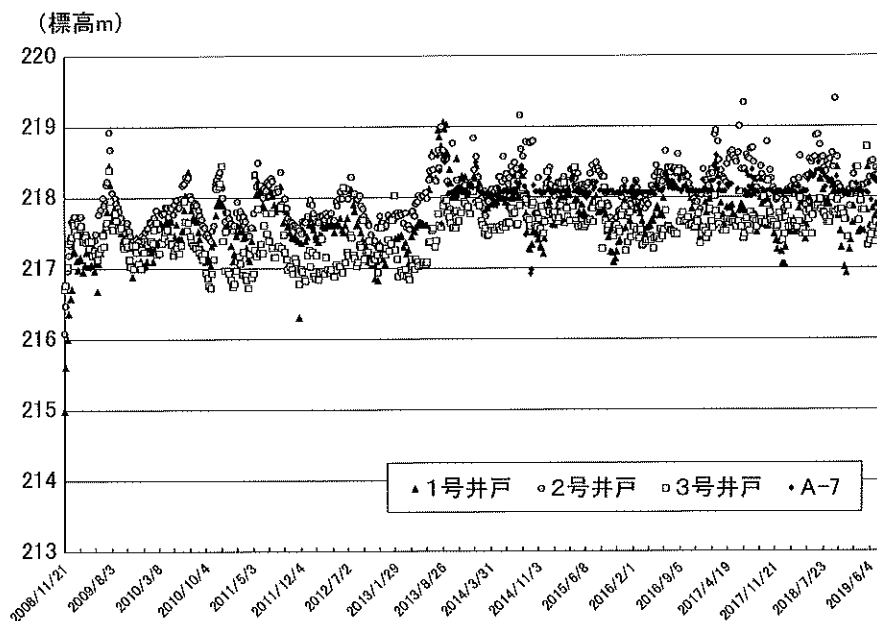


図5 埋没林地内の地下水位変化
1号～3号井戸は2008年11月21日から、4号井戸は2013年8月12日から2019年8月5日までの地下水位観測データ。埋没林地内に地下水観測井戸が3箇所と浅井戸(A-7)があり、週1回の水位観測を行っている。

である。この番号は、発掘時に確認順に付けたものである。A-9とA-19は1999年12月に掘り出され、現地に仮設したPEG溶液のプールに浸けて含浸処理を開始した。A-5は2000年6月に掘り出され、同じく溶液のプールで含浸処理を開始した。その後、2001年7月に建設中の三瓶自然館新館に設置され、2002年4月にPEG溶液のシャワー方式による処理を開始、2004年12月まで行われた。

2005年にPEG含浸率を推定するための温水抽出試験を以下の手順で実施しており、その結果を表1に示す。

- ①生長錘を用いて材表面から中心に向かって直径5mmの柱状試料を採取
- ②柱状試料の乾燥重量を測定(A)
- ③温水処理により溶出成分を抽出
- ④抽出後の乾燥重量を測定(B)
- ⑤(A-B)/Bとして、材の重量に対する抽出成分の割合を求める

試験結果は、A-5では樹幹表面から深さ3cmでは抽出成分が75%に達し、3cmより深い部分では3%以下である。この時、バックグラウンドとしてPEG処理していないA-5の材試料について同じ試験を行ったところ、抽出成分は3%未満であり、表面から深さ3cmまでの抽出成分は含浸したPEGが大部分を占めると考えられる。この深さは辺材部分の厚さとほぼ同じであり、PEGは辺材には浸透したが心材には達していないとみられる。心材部分は樹脂成分を多く含むためにこれがPEGの浸透を妨げた可能性がある。この現象は、劣化が少ない出土木材を保存処理する際に発生することが経験的に知られている。樹脂成分を十分に持ちPEGが浸透しない材は強度が高いことから、それ以上の含浸作業を行わなくとも、ゆっくり乾燥させることで変形は防ぐことができると判断されたことから、シャワー処理は中断し、乾燥段階に移行した。

乾燥段階に移行して以来15年が経過したが、自然館標本は変化が認められず安定している。ただし、2017年に展示室の電気系不調により6ヶ月程度の間、霧発生装置が作動しない期間があった。同館の展示室は、冬期に空調を暖房運転すると湿度が30%程度まで低下し、著しい乾燥環境になる。このため、樹幹表面が過乾燥して白っぽく見える状態になったが、電気系が復旧して霧発生装置による水分供給を再開してからは再び安定している。

なお、三瓶自然館には上記の立木のほか、A-13の輪切り標本が展示されている。この標本は自然乾燥されたものである。乾燥初期の数ヶ月は収縮により割れが生じて開口したものの、全体の乾燥が進むとともに割れの幅が縮小し、その後は変化なく安定している。

(2) 現地標本

三瓶小豆原理没林現地の標本は、大展示棟に7本の立木と11本の大型流木(小型のものは多数)、小展示棟に1本の根株がある。その他、大田市管理地にA-10根株がある。

・大展示棟

大展示棟では、2003年の開設当初はPEG溶液の散布および点滴方式による保存処理が行われた。点滴方式は、PEG溶液回収用のコンクリート底盤から離れた位置にある広葉樹に対して行われた。

PEGによる処理は、上記のように環境への流出懸念があることに加えて、立木には根から地下水が供給されているために乾燥状態に移行するめどが立たないことから中止された。

PEGによる処理を実際に行った期間は通算で約8ヶ月と短い。温水抽出試験では、樹幹表層部は抽出成分が72%に達しており、長期間処理した自然館標本と同程度に含浸している。倒木についても抽出成分が41%に達する。2016年以前は、夏期には展示棟内が高湿度環境になっており、その時には樹幹表面からPEG

A-5		A-12		大展示棟内倒木	
深さ(cm)	抽出成分(%)	深さ(cm)	抽出成分(%)	深さ(cm)	抽出成分(%)
0.0~3.0	75.0	0.0~4.0	72.4	0.0~3.0	41.6
3.0~7.0	3.0	4.0~7.0	3.3	3.0~5.0	0.7
7.0~11.0	0.4	7.0~10.0	1.9	PEG未処理材試料(A-5)	
11.0~15.0	0.0	10.0~13.0	1.7	深さ(cm)	抽出成分(%)
15.0~19.0	0.0	13.0~15.0	3.9	心材	1.2
19.0~22.0	0.4			辺材	2.9

表1 PEG処理木の温水抽出試験結果
三瓶自然館標本(A-5)と現地標本の立木(A-12)と倒木の温水抽出成分の量を示している。比較資料として、A-5のPEG未処理辺材部と心材部の試験結果を示す。温水抽出成分の大部分はPEGと推定され、材表面部分ではA-5、A-12ともに70%を超える。

がにじみ出るほどであった。したがって、含浸段階まではある程度成功していたと考えられる。しかし、乾燥段階に移行できないため、PEGによる保存処理としては未完のままであった。

散布の中止後、展示木には興味深い変化が見られた。散布中止直後の夏期には、樹幹表面に多量のカビが発生した。濃度5%に希釈したアルコールで発生したカビを除去したが、樹幹に侵入した菌糸の除去はできないため、発生を繰り返す状態であった。キノコも頻繁に発生し、腐朽の進行が懸念されたが、散布中止から3年経過した頃から少なくとも表面的にはカビ、キノコの発生が減少し、その後は、部分的にキノコが発生することがあったものの、肉眼的には安定した状態であった。樹幹の乾燥状態は特に変化しておらず、PEGが何らかの抑制原因になっている可能性も考えられたが、菌類の発生が抑制された理由は不明であった。展示木に対する保存対策を行わなかった間に菌類の著しい発生がなかったことは幸運と呼ぶべき状況であった。

その後、展示室内の環境が安定するめどが立った段階で、トレハロースを用いた保存処理を採用する方針が保存検討委員会で示された。トレハロースは甘味料として使われる糖類の一種で、材との親和性が高く、浸透が早いことから短時間で深部まで処理することが

可能で、高湿度時に吸湿して溶けることがないという長所があり、近年は木材の保存処理で使われることが多くなっている。浸透させた溶液を材の内部で結晶化させて劣化部を補うという仕組みはPEG法と共通である。

2016年に、鳥根県自然環境課から受託した三瓶小豆原埋没林保存処理試験業務の一環として、倒木の1本に対してトレハロースの塗布試験を行った。塗布濃度を20%から50%まで段階的に上げながら、範囲によって1日の塗布回数を1~3回として、その違いによる効果を判定した。この温水抽出試験の結果を図6に示す。塗布試験開始前の段階で、試験木にはPEGが含まれており、抽出成分量は20~40%程度ある。塗布試験完了後には抽出成分量が増加しており、トレハロースの含浸が認められる。一方で、塗布回数による抽出成分量の違いは有意なものとはいえない。結果として、PEGを含む樹幹に対してもトレハロースは含浸し、乾燥後も安定していることが確認でき、塗布回数は1日1回で十分と判断された。さらに、高濃度溶液を塗布すると樹幹表面での結晶化が著しく、これが被膜となって含浸を妨げていると推定された。そこで、2017年に2本、2018年に3本の倒木を対象とした処理では、10%の低濃度溶液を1日1回、120日間塗布した。

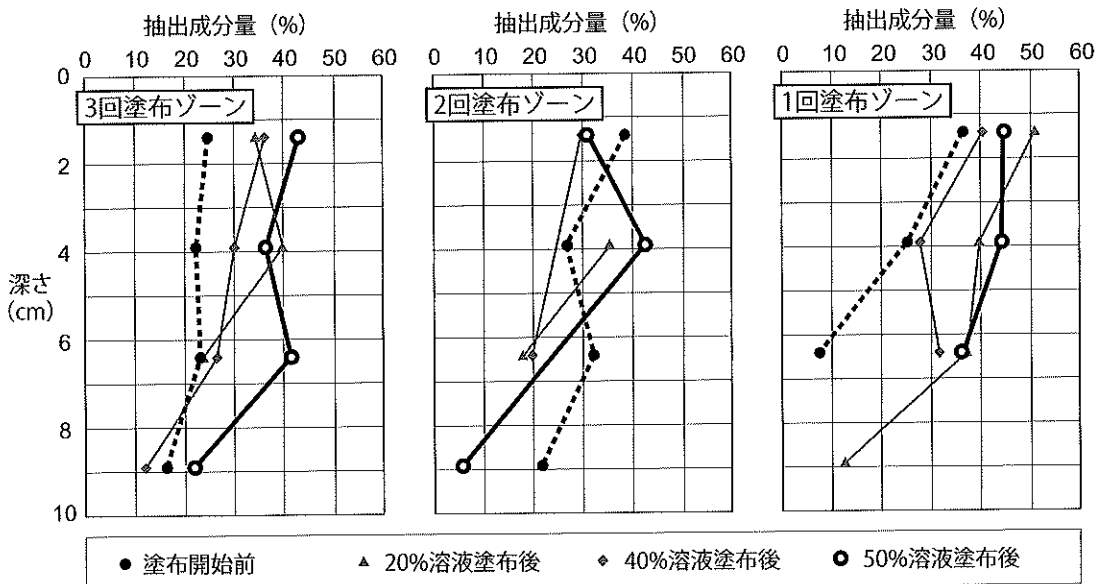


図6 トレハロース含浸試験時の温水抽出試験結果
試験は、大展示棟内の倒木を対象に行った。1本の倒木に対し、1日の塗布回数を1~3回の別でゾーン区分し、それぞれからコア試料を採取して抽出試験を行った。採取位置は近いが、同一地点ではないために塗布の前後で抽出量の逆転が生じている部分もある。試験木は表1に示した「展示棟内倒木」と同一である。2005年の抽出試験では、樹幹表面から3cm以上の深さでは抽出量はわずかだが、上図では深さ10cm付近まで10%前後を示しており、10年以上が経過する間に樹幹内でPEG移動して深部に達したと推定される。

低濃度溶液の塗布では、塗布開始から1ヶ月が経過した頃から樹幹表面にトレハロースの細かな結晶が認められるようになるが、その後その状態はほとんど変化せずに浸透が継続する。浸透した溶液が材の切断面に達する様子が観察でき、樹幹内で溶液がかなり大きく移動していることが認められた。処理対象の倒木には、劣化が進んで軟化していた箇所があったが、塗布後に乾燥するとトレハロースによって固定され硬くなっており、保存の効果が認められた。

・小展示棟

小展示棟のA-5根株は、2000年の掘り出しと切断の後、大展示棟の掘り出しが行われていた2001年から2002年にかけて噴霧器を用いたPEG溶液の塗布が行われた。

2003年の公開開始後は概ね安定した状態にあり、大きな問題はない。

小展示棟は広さの割に深いために年間を通じた温度変化が小さく、環境が安定している。また、2004年から除湿機が設置されており、根株周辺の湿度も安定している。さらに、床面と連続地中壁の間に溝が掘られており、地下水位が上昇しにくい構造である。これらの条件により、安定した状態が維持できているとみられる。

しかし、展示棟内外の揚水ポンプが不調になった際には地下水位が上昇し、根元部分が濡れた状態になる。特に、展示棟内のポンプが停止すると短時間で地下水位が上昇するため、その管理には細心の注意が必要である。

・A-10根株

本標本は大田市が管理するもので、埋没林公園では直接の管理を行っていないが、経過を記しておく。この標本は、埋没林の発見以前からA-9とともに小豆原川の河床に頂部が露出していたものである。A-9と同時に掘り出された。1999年に掘り出された後は埋没林地内に仮設した小屋に収められ、掘り出し等の作業が行われていた時期は、噴霧器を用いたPEG溶液の散布が定期的に行われていた。

2003年に埋没林公園が開設された時には現在の場所に移されており、2004年に大田市管理の「縄文の森公園」が開設された時に、その一部として東屋の中で展示が始まった。

東屋は三方をアクリル板で囲ってあるが、正面側が開放された半屋外の状態、標本は風雨にさらされる。PEG法によって処理した材の保存環境としては全く不適な条件で、展示が開始されから急速にPEGの溶脱と劣化が進み、材の軟化と昆虫による食害が発生し

た。殺虫剤や防腐材を用いることで、劣化の進行をある程度抑えることはできているが、長期的な展示に耐えうる条件ではないだろう。

4. 今後の課題

埋没林の現地公開では保存対策が長年の懸案になってきた。施設的には、PEGの流出や展示室の水没といったリスクも懸念された。埋没林公園のスタッフはこの不安定な施設を管理する重圧にさらされながら、保存に係る業務に多くの時間を費やしてきた。課題の多くは鳥根県が10年以上をかけて行った検討と対策により解消されつつある。

展示棟内は、地下水位が低下した状態と湿度管理を維持することで、展示標本は当初に比べて良好な状態で維持できると思われる。トレハロース処理も効果的である。とはいえ、あくまで地盤と連続した現地展示であるため、応急処置的な対応に留まらざるを得ない部分がある。また、環境の安定が次の環境変化をもたらすことも現地展示ではしばしば起こりうるため、経過観察の継続と新たな課題が生じた場合への対応が今後も欠かせない。ここでは、当面想定される課題について述べる。

・展示木の水分量低下による変化

展示棟内の立木2本(A-12, A-13)については、トレハロースによる処理に先立って含水率の測定を行っている。表2に含水率を示す。A-12は200%台後半から最大400%台前半、A-13は300%台後半から最大400%台前半の水分量を持つ。A-13については、含水処理を行った後の飽和含水率も示しているが、誤差範囲の差であり、測定時点(2016年7月)では飽水状態にあったと判断できる。A-12とA-13の含水率は概ね100%の差があるが、測定時点にA-13は根元から湧水しており、樹幹への水分供給量が多いことに加えて、その水の影響による劣化が進行した分空隙が増加して含水率が高くなったと考えられる。このように飽水状態に近い水分量を持つ立木が、展示室内の地下水位低下によって水分量が減少した場合に、乾燥に伴う変形、菌類の繁殖など新たな変化が生じる可能性があり、注視が必要である。

・埋め戻し木への対応

展示棟外の埋め戻し木の保存については、目に見えない地下水の挙動を観察、制御することが求められる。展示棟維持のためには地下水位の低下が必須で、埋め戻し木のためには地下水位をなるべく高く保つことが

A-12			
深さ(cm)	含水率(%)	深さ(cm)	含水率(%)
2.5	309.9	20.0	266.5
5.0	405.9	22.5	278.8
7.5	294.3	25.0	266.3
10.0	286.2	27.5	291.9
12.5	292.2	30.0	297.7
15.0	267.9	32.5	279.6
17.5	271.5	35.0	298.7
A-13			
深さ(cm)	含水率(%)	飽水含水率(%)	
5.0	405.5	451.7	
10.0	345.9	328.8	
15.0	362.7	347.1	
20.0	340.3	475.1	

表2 A-12、A-13の含水率測定結果
材の乾燥重量に対する材中に含まれる水分重量の割合を示している。材の乾燥重量の2倍以上の水分を含んでいる。A-13については飽水含水率の測定結果も示す。

望まれる。

具体的には、大展示棟は土圧に対する安全強度を保つために、強度計算上、地下水位を地表下-4m以深に保つ必要がある。現状は地下水位を-8m付近まで下げており、理論上は水位上昇の余地があるものの、水位を上昇させると壁面からの漏水が著しく増加して施設維持ができない。

そこで、揚水を続けながら埋め戻し木に対して低酸素の水を供給する方法として、検討委員会において「保存池」が提案され、設置準備が進められている。保存池は奈良の平城宮で採用されており、木製品が多量に出土し埋め戻した地点で地下への水供給を目的に設置されている。これは、池により酸素を多く含んだ地表水を遮断しながら、ゆっくりと水を地下に供給することで、埋め戻し木の深度に達した時には水に含まれる酸素が消費されて低酸素ないし無酸素にするという考え方である。地下に滞留した地下水はほぼ無酸素となり、このような地下水に浸された木材は腐朽がほとんど進まない。

保存池は奈良での前例はあるとはいえ、試行的な試みであることに変わりない。池の設置後も地下環境への影響を長期的に観測しつつ、必要に応じて改良や見直しを行っていく必要があると思われる。

保存検討委員会では、「埋没林の公開を続ける限り保存への対策を継続する必要がある、完了は存在しない。設置者である鳥根県は責任を負い続けなければならない。」と指摘されている。保存に関する事以外に、

施設の老朽化に伴う課題の発生も予想される。展示公開施設としての管理に加え、国の天然記念物としての適切な管理を行う責任もあり、今後も適切な管理と対策が行われることを望みたい。

おわりに

本稿は、埋没林の保存管理に関して、埋没林公園のスタッフが関わった内容に加えて、鳥根県自然環境課ならびに三瓶小豆原埋没林保存検討委員会が実施してきた検討・対策事業の成果も使用させていただいた。また、株式会社復建調査設計コンサルタントならびに株式会社ワールド測量設計には、各種調査でお世話になった。資料の整理と原稿のとりまとめにあたっては、三瓶自然館の中村氏にご指導頂いた。ここに記してお礼申し上げます。

文 献

- 鳥根県環境生活部景観自然課編(2000)三瓶埋没林調査報告書～平成10～11年度概報～。122p.
- 鳥根県環境生活部景観自然課編(2002)三瓶埋没林調査報告書Ⅱ～平成12～13年度概報～。138p.
- 鳥根県環境生活部景観自然課編(2002)三瓶埋没林調査報告書Ⅲ～平成10～14年度調査まとめ～。102p.