

木材保存

Wood Preservation

2009
Vol.35 No.2

社団法人 日本木材保存協会
Japan Wood Preserving Association

エコアコールウッド(低分子フェノール樹脂処理木材)について

内 倉 清 隆*

1. はじめに

環境問題が世界的にとりざたされるようになり、「エコ」や「環境に優しい」「CO₂削減」というキーワードを耳にする機会も多くなった。環境問題に対する問題意識は浸透しつつあるようだが、根本的にこの問題を解決するためには、生態系のバランスを崩さないように資源の活用を行うことが必要である。中でも森林は炭素の固定、水循環表、土壌流出防止等、様々な環境問題に対して重要な役割を果たしている一方で、再生産が可能な資源でもあり、根本的な解決のためには森林保全を考慮しながら木材を活用していくことを真剣に考えなくてはならない。

エコアコールウッド(低分子フェノール樹脂処理木材)はこの問題を解決する1つの手段として、大いに期待できる新規の保存処理木材である。以下にその概要を記す。

2. エコアコールウッドとは

エコアコールウッドは、国産材であるスギ・ヒノキを有効活用し、日本の森林を守るという目的で、九州大学大学院農学研究院、福岡県工業技術センターインテリア研究所そして弊社九州木材工業株式会社の産・学・官の共同研究で開発された安全性が高く高耐久性を付与した、低分子フェノール樹脂処理木材である(写真1)。

もともとフェノール樹脂注入処理自体は行われていたものであるが、1990年頃、九州大学の樋口

光夫教授(当時)は注入用フェノール樹脂の分子組成に関心を持ち、その分子組成について調査研究を行った。注入用フェノール樹脂の主成分はメチロール化フェノールモノマーであるが、研究の結果、従来の注入用フェノール樹脂は未反応フェノールと重合体の割合が非常に高く、樹脂の硬化や細胞壁への浸透において不利であることが分かった¹⁾。そこで、より効果的な樹脂の開発を目指して合成方法の研究に取り組み、未反応フェノールと重合体の割合が従来品より極めて低い低分子フェノール樹脂「エコアコール」が開発された²⁾。

しかし、商品化に向けてはまだ解決しなければならぬ重要な課題が残されていた。それは個体差のある木材に対して樹脂の浸透にムラが生じることであった。弊社ではこの課題を克服すべく、注入時の圧力と、注入量、浸透状態の関連性の研究を行った。



写真1 エコアコールウッド

*九州木材工業株式会社

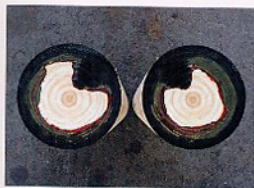


写真2 注入条件②の浸透状態（硬化前、切断面）

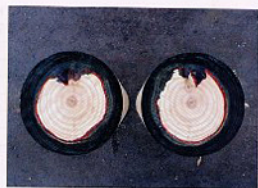


写真3 注入条件③の浸透状態（硬化前、切断面）

同条件のスギ丸太を用意し、①0.1MPaで20分減圧し、薬液充填後、常圧で30分浸漬、②0.1MPaで20分減圧し、薬液充填後、1.0MPaで30分間加圧、③0.1MPaで20分減圧し、薬液充填後、0.2MPaで5分、0.4MPaで5分、0.6MPaで5分、0.8MPaで5分、1.0MPaで20分加圧、の計3パターンで各々の条件につき3本の注入を行い、平均注入量、浸透状態を比較した。その結果、条件①は平均注入量が $110\text{kg}/\text{m}^3$ で、浸透状態は横断面において周縁から1~2mm程度であった。②は平均注入量が $370\text{kg}/\text{m}^3$ で、浸透状態はバツキがあり横断面において均一な浸透は認められなかった（写真2）。③は平均注入量が $360\text{kg}/\text{m}^3$ で、浸透状態は横断面において周縁から20mm以上内部まで認められた（写真3）。

これらの結果から、薬液の注入量は Σ （圧力×時間）によって決まり、浸透状態は圧力上昇速度が大切な要因であることが分かったため、それに沿った注入プログラムを作成した。

さらに、注入後の養生期間、乾燥・硬化の温度と、製品の仕上がりの関連性の研究も行った。同条件のスギ材を用意し、①養生期間をとらず、乾燥・硬化を 130°C で3日間、②3週間の養生期間をとる、乾燥・硬化を 130°C で3日間、③3週間の養生期間をとる、乾燥・硬化を 100°C 未満で2日間（主に乾燥目的）、 130°C で1日（主に硬化目的）の3パターンの養生、乾燥・硬化を行い、製品の仕上がりを比較した。①は薬液の噴き出し、割れが認められた。②は①よりは良いが、やはり薬液の噴き出し、割れが認められた。一方、③は薬液の噴き出しがなく、割れもほとんど認められなかつ

た。

以上の結果から、高含水率と急激な温度上昇は製品の仕上がりに悪影響を及ぼすことが分かったため、十分な養生期間と段階的な温度上昇の乾燥・硬化プログラムを作成した。

また、合わせて大学や試験機関で防腐動力試験、防蟻試験、鉄腐食性試験、強度試験、ヒメダカ急性毒性試験、ホルマリン定量試験等を行い、これらの性能にも同調がないことを確認した。

そして、これらの研究を基礎に実用化に向け、実大材を用いた研究を行った。まず、自社内に素材とエコアコルウッドの円柱を立て、屋外暴露試験を開始し（詳しくは後述）、それと共に角材で含水率と寸法安定性の試験を行った²⁾。

スギ12本、ヒノキ10本、ラジアータパイン10本の角材を用意し、各々樹種の半数をエコアコルウッド処理、残りを素材（比較対照）とした。乾燥硬化後のエコアコルウッドと素材の含水率と寸法を測り、半屋外状態のテント倉庫内で3ヶ月間暴露した後、再度含水率と寸法を測定し、変化量を比較した。なお測定箇所は径から500mmの部分と中央部とし、寸法は縦横2方で測定した。

表1に測定結果を示す。平均含水率はエコアコルウッドが0.4~1.4%、素材が1.1~2.2%上昇し、平均寸法変化量はエコアコルウッドが $-0.04\sim+0.08\text{mm}$ 、素材が $-1.01\sim-0.63\text{mm}$ であった。以上より、エコアコルウッドの高い寸法安定性と安定した含水率が確認された。

これらの研究成果が現在のエコアコルウッド製造の礎となっている。

表1 エコアコールドウッドと素材の含水率・寸法の変化

		平均含水率変化率(%)	平均寸法変化量(mm)
素材	ラジアータパイン	1.1	-1.01
	ヒノキ	2.1	-0.90
	スギ	2.2	-0.63
エコアコールドウッド	ラジアータパイン	0.4	-0.04
	ヒノキ	0.8	-0.01
	スギ	1.4	0.08

3. エコアコールドウッドの特徴

エコアコールドウッドの特徴は、前述のとおり耐久性・寸法安定性が高い上に安全性が高く、貫通も素材とほとんど変わらない点である。図1は既出の円柱(φ150×4000mm, 注入量260kg/m³, 平成8年7月～) 屋外暴露比較試験材の被害度を示したものである。素材は1年経過の時点ですでに被害が確認され、10年で腐朽により倒壊したのに対し、エコアコールドウッドは10年経過後も頭頂部でやや紫外線による劣化が見られる程度で、地際部は至って健全な状態であり(写真4)、耐朽性に優れていることがわかる。また、試験材の表面を比較すると、素材には大きな割れや、早材部と晩材部の風化の差による凹凸が見られ、材色もすでに色褪せて灰色である。それに対しエコアコールドウッドは大きな割れもなく、表面も素材に比べ滑らかである。材色も赤褐色で素材より退色の程度は軽やかで、寸法安定性、耐光性に優れていることもわかる(写真5)。

その理由を考察すると、従来の保存処理木材は薬剤そのものが腐朽菌やシロアリに対して毒性を持つものに対し、エコアコールドウッドの場合、加熱硬化させることによりメチロール化フェノールモノマーが木材の細胞壁中で高分子化し、腐朽菌等による分解を阻止する。シロアリにおいては、仮に木部を一部食害したとしても、お腹にいる原生虫がそれを分解することが困難なため、栄養源とならず餓死することが考えられる。また、従来の保存処理木材は細胞壁を固定化する機能に乏しいため、寸法変化の抑制効果をほとんど有さないのに対し、エコアコールドウッドはメチロール化フェノールモノマーが細胞壁中に浸透して高分子化することで細胞壁を固定化し、寸法の変化を抑制することで、割れ、曲がりを生じにくい機能を有している。

さらに耐光性については、写真5が示すようにエコアコールドウッドが劣化を抑制していることがわかる。これは、紫外線が樹脂の存在により、リグニンへのアタックの機会が減少すること、さら

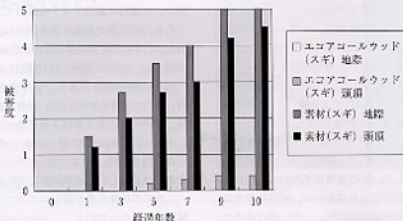


図1 エコアコールドウッド(スギ)と素材(スギ)の被害度



写真4 自社製外暴露試験材の地盤部の比較
左:素材、右:エコアコルウッド



写真5 自社製外暴露試験材の表面（地盤から1.5m高）の比較
左:素材、右:エコアコルウッド

には、樹脂そのものが紫外線による劣化への抵抗力を有していることが考えられる。一般的に木材は光が当たることによって紫外線によるリグニンの分解が起き、材色に変化する。紫外線が影響を及ぼすのは表面から1mm程度だが、分解の生成物は低分子で水溶性のため、雨で流されてしまい、新しい層が表面に出てくる。すると同じ工程が繰り返され、徐々に表面が倒れていく。

しかし、エコアコルウッドは樹脂により繊維強度を固定していることと、上記の劣化抑制のメカニズムとの相乗効果により耐久性も有していると考えられる。以上が、エコアコルウッドの大きな特徴である。

4. 施工例、各種認証と今後の展望

エコアコルウッドは従来の保存処理木材同様に、フェンス、テーブル、ベンチ、木製道具、ログハウス、デッキ等のエクステリア製品、公園資



写真6 愛知万博・ガスバビリオン



写真7 海の中道・円形トリス

材として使用でき、現在までに吉野ヶ里遺跡（佐賀県神埼郡吉野ヶ里町）、アイランドシティ（福岡県東区）などの公共事業の他、愛知万博・ガスバビリオン（愛知県愛知郡長久手町）（写真6）や海の中道海浜公園（福岡県東区）（写真7）などの施工実績がある。他にも、ポーチ柱、格子、幕板、外壁材等の住宅部材として十分に適していると考えられる。

また、エコアコルウッドに関する各種登録・認定として、ISO9001、国土交通省 NETIS 登録（登録 No. : QS-040008）、日本木材保存協会の保存処理木材認定（認定番号：B-5006）、優良木質建材等認証（AQ 認証）（認証番号：AQ-232-11-1、AQ-232-12-1）などを取得している。

さらに、今後は準不燃材料としての使用を考えている。エコアコルウッドは、2008年1月に不燃処理（硫酸アンモニウム系薬剤の加圧注入処理）を付加することで準不燃材料の認定を取得した



写真8 燃焼試験・不燃処理前

(認定番号: QM-0516)。写真8, 9は自社で3分間の加熱試験を行ったときのものである。不燃処理を行った方は最後まで着火することはなかったが、不燃処理を行っていない方は1分弱で着火した。

建築基準法では、大規模建築物や不特定多数の人が出入りする場所の天井・壁材として防火材料を使用することが義務付けられており、準不燃材料の認定を取得によりその大部分で天井・壁材として利用が可能になる。現在使用されている防火材料は非木質系の材料が主であるが、できることなら木質系の天井・壁材にしたいという話を聞く機会も多いことから、木質系の防火材料の需要は今後増加していくと思われ、エコアコルウッドにさらに防火の付加価値をつけた製品としての販売も考えている。

5. おわりに

以上、簡単ではあるが、エコアコルウッドの概要を説明した。

昨今の環境問題を考えると、やはり、有効な木材資源の活用と森林保全は欠くことのできない重要な取り組みであると考えられる。早く二酸化炭素(CO₂)の削減という言葉だけでなく、炭素(C)の固定すなわちストックという観点からいっても、我々木材保存に従事するものは再度その辺



写真9 燃焼試験・不燃処理後

を見つめ直し、真剣に取り組んで行くべきである。

そのためには、使用する木材の産地を含めて、製品性能、安全性等が確実に担保されている、といった安全、安心を基本としたポイントを押さえる必要がある。

環境問題が今後さらに深刻な問題とならないようにするために、弊社は微力ながら一手段としてエコアコルウッドの普及拡大に取り組んできた。今後はさらに、上記のポイントを強化し、エコアコルウッドを応用した用途開発や販路拡大を目指す所存である。

發俊にエコアコルウッドの開発において多大なご指導をいただいた九州大学名誉教授樋口光夫先生をはじめ、お世話、ご支援いただいた皆様にごこの場をおかりして深謝いたします。

参考文献

- 1) 樋口光夫: 木材へのフェノール樹脂注入 物理劣化の抑制が蟻害や腐朽から木を守る, 木材工業, 61 (6), 238-239 (2006).
- 2) 内倉清彦, 黒島四朗: 防蟻処理における薬剤注入技術, 木科学雑誌, 6 (2), 33-34 (1994).
- 3) 社団法人日本木材保存協会: 防蟻・防蟻処理 木材エコアコルウッド研究会報告書, 38-48 (2005).

(2008. 8. 26受付)