

高圧蒸気による木材の着色

森田 慎一 山角 達也

木材を高圧蒸気で処理することによって着色する方法について、ベイツガを用いて試験を行い、着色が材内部においてどのように進行してゆくかを調べた。また蒸気処理によって材の化学的性質がどのような変化を示すかスギ木粉を用いて調べた。その結果、材表面における着色は対数関数的に進行するが、材内部においては、深さに応じて進行のパターンが異なることがわかった。また高圧蒸気処理によって、材のpHが4程度まで低下し、これにともなってエタノール・ベンゼン抽出物量の割合が増加することが明らかになった。

1. はじめに

木材を高温多湿の条件下におくと変色することはよく知られている。例えば乾燥時の変色などもこれにあたるものがある。このような熱による変色の原因としては、木材中のフェノール成分が空気中の酸素と反応して着色物質に変わったり、ヘミセルロースの加水分解で暗色物質が生成することなどが考えられている¹⁾。

このような現象は、木材を高圧の飽和蒸気で処理することによってさらに促進される。そこでこの変色現象を積極的に木材の着色方法として利用することを考え、高圧蒸気を用いて木材を着色することによって、より付加価値を高める可能性を探ろうと試みた。ここで高圧蒸気処理とは、大気圧以上 5 kg f/cm^2 以下程度の圧力の飽和蒸気を用いて、圧力容器内で木材を熱処理することをいう。この着色方法は竹材の着色法としては比較的早くから用いられており、これで茶褐色に着色したものをスダケの代替品として利用したりしている。この高圧蒸気を用いた着色方法によれば、材料の表面だけでなく内部まで着色ができるので、通常の着色方法よりも深みのある色が得られ、着色後の加工も可能であるなど有利な点がある。その反面、得られる色が褐色にほぼ限定されるので、この着色法が使える樹種及び用途はおのずから限られてくると考えられる。

これまでに3樹種を用いた実験で、処理圧力と着色度との間にはほぼ直線的な関係があることなどを報告したが^{2), 3), 4)}、今回は処理時間の経過とともに着色がどのように進行するかについて調べた。また蒸気処理することで、材の化学的性質がどのように変化するかについても調べた。

2. 実験方法

本研究は高圧蒸気処理による着色の進行と、それによる材の化学的性質の変化を調べることを中心に行った。

着色の進行に関しては、ベイツガを用いて実験を行った。ベイツガを選んだのは、材内部での着色を推定する

ために、淡色で比較的均一な材色を持つ試験材が取れるということが最大の理由である。試験材には10cmの角材を用い、長さは50cmとした。材表面および材内部での着色の経時的進行について調べるために、試験材のまき目面中央部について、蒸気処理する前の材表面の色を色差計により $L^* a^* b^*$ 表色系で測色し、これを基準の色と定めた。処理後の色差 ΔE^* を求め、これを着色度として表した。次に測色した面を自動かんなで削り、3mmごとに中央部を測色し、同じく処理前の表面の色を基準とした着色度がどのように推移しているかを、材の厚みの半分程度まで調べた。

材の化学的な変化については、スギの心材及び辺材から得た木粉を用いて、それぞれ高圧蒸気処理による着色の進行にともなってpHおよび抽出成分量がどのように変化するかを調べた。pHは木粉懸濁液の値である。抽出成分は、エタノール・ベンゼン混液および温水により、常法に従って逐次抽出・定量した。

表1に供試材の未処理時の色を示した。ベイツガ試験材は比較的颜色の類以したものを選んだが、 L^* が74.70~79.58、 a^* は4.49~6.52、 b^* は18.70~22.31の範囲のパラッキを持っていた。この範囲の色は、ベイツガでは比較的白っぽい部類のものである。 L^* 、 a^* 、 b^* のうち高圧蒸気処理による着色度に最も影響するのは L^* 値の変動である。

スギ材の色は、市販の47年生材から柁目取りしたサンプルを、心・辺材別に分けてウィレーミルで1mm以下に粉碎した後、よくかきまぜてガラスセルにできるだけ均一になるよう詰めて3回測定したものの平均値を示した。

なお供試材はすべて気乾材(含水率12~14%程度)を用いた。またベイツガ試験材は、蒸気の侵入と木口割れを防ぐために、ゴム系接着剤とアルミ箔で木口面をシールして蒸気処理に供した。

表1 供試材料

| 樹種 | 形状 | 未処理時の材色値 | n | 標準偏差 | 変動係数 |
|------|-------|----------------------|----|------|------|
| ベイツガ | 10cm角 | L* 74.70~76.96~79.58 | 24 | 1.35 | 1.8 |
| | × | a* 4.49~5.34~6.52 | | 0.56 | 10.4 |
| | 50cm | b* 18.70~20.36~22.31 | | 1.00 | 4.9 |
| スギ | 心材 | L* 58.47 | - | - | - |
| | | a* 10.19 | | | |
| | | b* 25.73 | | | |
| | 辺材 | L* 70.56 | | | |
| | | a* 5.17 | | | |
| | | b* 23.13 | | | |

図1に処理時のオートクレーブ内の温度変化を示した。容器内の空気を追い出し、また材および容器の温度をある程度上げるために、10分間ドレンバルブを開放して蒸気を流した。その後バルブを閉めて所定の圧力に上げた。この操作によって、蒸気圧をかけたときの容器内の温度は、ほぼ飽和蒸気圧の温度に等しくなった。処理圧はすべて5 kg/cmとしたので温度は約159°Cであった。この温度上昇に要する時間は約6分であった。バルブを閉めて蒸気を止めるまでの圧力保持時間tを処理時間とした。処理時間は、0~300分の範囲で変化させた。蒸気の入口を閉じて徐々にオートクレーブ内の温度を低下させ、100°Cまで下がったとき容器を開放して試験材を取り出した。この低下に要する時間は約40分程度であった。

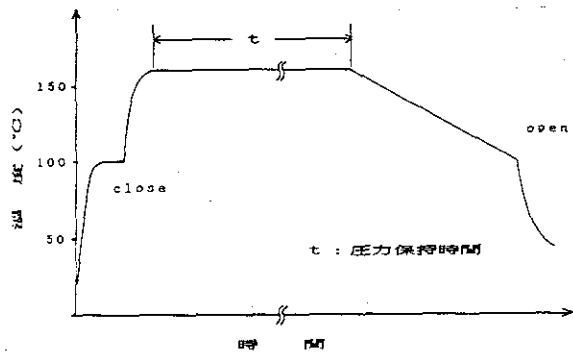


図1 高圧蒸気処理時のオートクレーブ内温度の推移

3. 結果および考察

図2に試験材表面の処理前後の色素すなわち着色度と処理時間との関係を示した。これは処理時間の1条件について3本の試験材の着色度を測定し、その中間値をプロットしたものである。両軸とも対数を取るとよく直線

に回帰でき、実験式 $\Delta E^* = 6.675 \times t^{0.238}$ が得られた。

着色度20あたりは一つの着色効果の目安と考えられるが、表面がこの程度の着色度を示すまでには、ほぼ1~2時間の処理が必要である。図3は未処理時の材表面の色を基準としたときの着色度 ΔE^* の、表面からの深さごとの推移を処理時間別に示したものである。

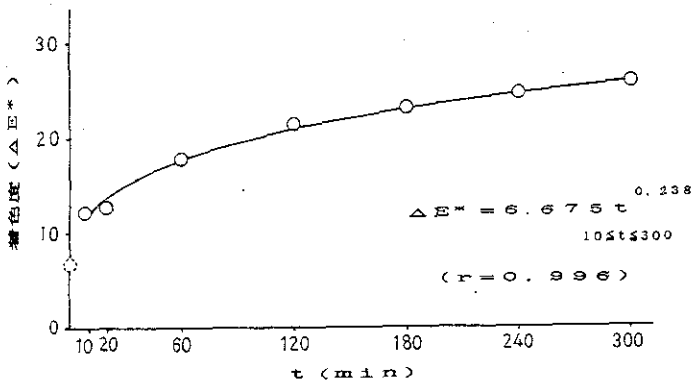


図2 ベイツガ材表面における処理時間と着色度(ΔE*)の関係

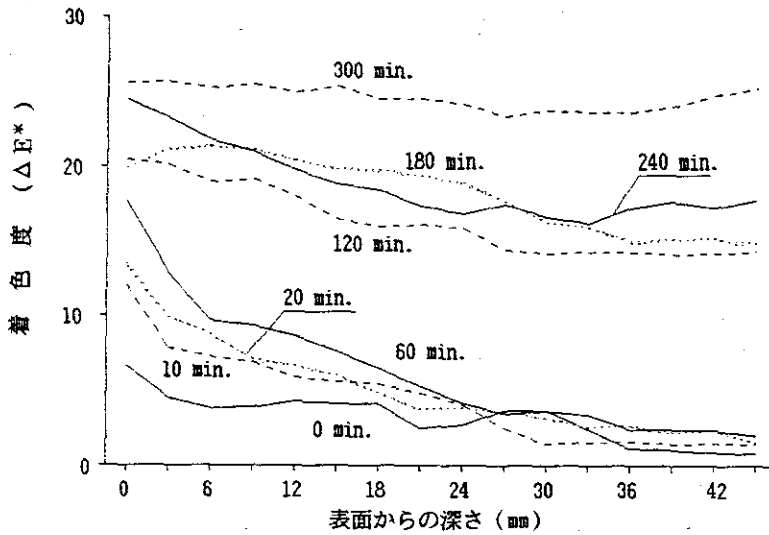


図3 高圧蒸気処理による着色の材内部での進行

表面は1時間の処理でかなりの着色がみられるようになるが、このときは材内部ではあまり着色は進行していない。しかし材内部における着色の遅れは、2時間処理になると、ほんんど目だたなくなる。これは材内の温度上昇とそれに続く着色反応に要する時間がほぼ1~2時間の間にあるためと考えられる。

図4には、表面から一定の深さを持つ位置における着色反応の進行を示した。(図3の書換えに相当) 図2にも示したように、材表面においては着色反応は対数的に進行しているが、材内部においてはこれと異なった進行の仕方を示している。着色反応の遅れは、外部から加えられる熱の伝達に時間がかかるためと考えられる。熱の伝達にともなう着色反応の進行については、今回の実験データでは不足であり、さらに検討の必要がある。

次にスギ木粉を用いて、高圧蒸気処理による材の化学的な変化を調べた実験の結果を示す。

図5は抽出処理した木粉を蒸気処理したときの着色度を、未抽出の木粉の着色度と比較したものである。処理条件は5 kg/cm²で60分である。心材・辺材とも抽出処理にともなって、着色度もやや小さくなっているが、抽出による着色度の変化の割合はそれほど高くなく、心材で3割、辺材では1割程度であった。このことから、着色

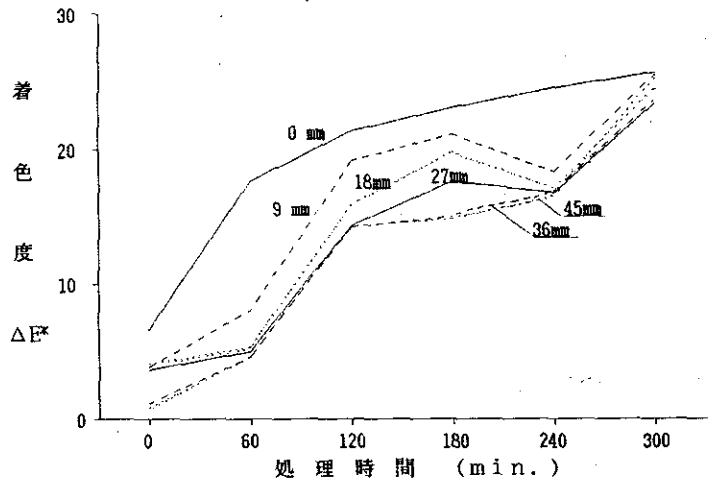


図4 材表面からの深さごとの着色の進行

現象は抽出された成分以外の、例えばヘミセルロースやリグニンなどに負うところが大きいものと考えられる。

図6には、蒸気処理にともなう木粉のpHの変化を、そのときの木粉の着色度とともに示した。

5 kg/cm²の処理で心・辺材ともpH=4程度まで低下する。また処理時間が長くなって着色度が大きくなるにつれて、pHも低下する傾向がみられる。心材よりも辺材の方が、やや低い値を示した。このようなpH値の

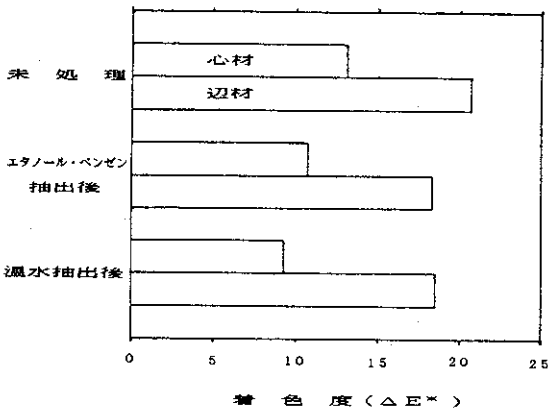


図5 抽出処理したスギ木粉の着色度

低下は、熱分解による酢酸の生成などによると考えられる。このようにpH値が低下することから、処理材を利用する場合、接着剤や金具の使用などに関して、若干の注意が必要であると思われる。図7は、高圧蒸気処理にともなって抽出成分の量がどのように変化したかを示したものである。上述のように、スギ材の抽出成分が着色度に及ぼす影響は、それほど高くはなかったが、処理材の性質を知る上では参考になるものと考えて調べてみた。図7から明らかなように、蒸気処理によって心・辺材ともに抽出物の量が増加し、特に辺材において著しい増加が認められる。エタノール・ベンゼン抽出物、温水抽出物ともに増加の傾向がみられるが、処理時間が長くなるにつれて、温水抽出物が減少し、エタノール・ベンゼン抽出物が増加することがわかる。これは蒸気処理に伴う加水分解等の反応で生成した水溶性の物質が、酸性条件下で脱水されるなどしてさらに分解され、水酸基が減少してエタノール・ベンゼン可溶性の物質に変化するのではないかと考えられる。

しかしこうした反応がどのような経過をたどって進行するか、また反応の進行が材の着色とどの程度の関連を持つかについては、今後の検討課題として残された。

高圧蒸気処理材の問題点の一つとして、材質の変化ということが考えられる。処理材を実際に加工に供すると、何かボンボンしたような感覚を受ける。事実蒸気処理によって曲げ強度が若干低下することはすでに報告した。そこで耐摩耗性などの、実際使用する場合に重要になると考えられる物性がどのように変化するかについても、今後の検討課題としたい。

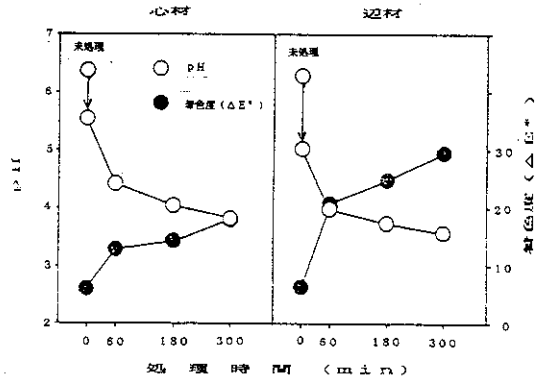


図6 高圧蒸気処理に伴うスギ木粉の着色度およびpHの変化

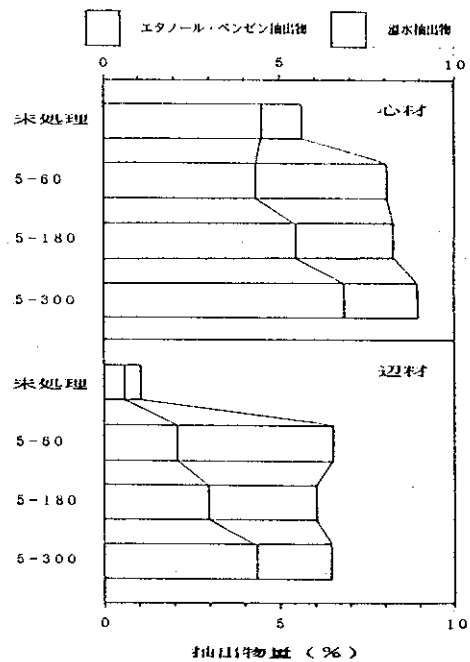


図7 高圧蒸気処理に伴うスギ木粉の抽出物量の変化

参考文献

- 1) 善本知孝ら編：木材利用の化学，（共立出版1983），222
- 2) 山角達也：昭和59年度鹿児島県木材工業試験場業務報告書，96～99，1985
- 3) 森田慎一，山角達也：第36回日本木材学会大会研究発表要旨集，350，1986
- 4) 森田慎一，山角達也，中村俊一：昭和60年度技術開発研究費補助事業成果普及講習会用テキスト⑨，VI-1～22，1986