資料

サーモウッド®処理スギ材の耐海虫性

山 田 昌 郎*

1. はじめに

現在の日本では、海水と直接接する用途（船、栈橋など）に、木材はほとんど使われていない。これは、木材が海虫害を受けるためである。海虫とは、二枚貝類のフナクイムシ (*Teredo navalis*) や甲殻類のキクイムシ (*Limnoria lignorum*) など、海水中の木材に付着し穿孔する海生生物である（図1）。

米国等ではCCA やクレオソートを注入した栈橋の杭などが用いられてきたが、日本では戦後木材利用が抑制されたため、船や栈橋は鋼材、FRP、コンクリートなどで造られてきた。戦後半世紀を経て政策が大きく転換し、木材利用が促進されている現在、海虫害対策を施して木材を海域で使用することが現実味を帯びてきた。

海虫害対策方法として、薬剤注入のほか、木材の改質、樹脂による被覆などが考えられる。木材の改質方法の一つである熱処理は、化学物質を使用せず、海洋環境、生態系、食物連鎖等に影響を与えるおそれが少ない。熱処理の技術としては近年様々なものが開発されている¹⁾。例えば、窒素雰囲気下で180～220℃程度の温度で処理されるエステックウッドや、水蒸気存在下で180～240℃で処理されるサーモウッドが実用化されている。これらの耐朽性や耐蟻性についての検討もなされている^{2, 3)}。

本研究では、サーモウッドの耐海虫性について調べた。サーモウッド処理スギ材の試料を入手し、2008年から海中浸漬試験を開始した。本報では、

上：フナクイムシ（体長は木の寸法などによる．この個体は体長約90mm）

右：キクイムシ（体長約3mm）

図1 フナクイムシとキクイムシ

その3年目までの結果について述べる。

2. 材料および方法

2.1 材料

サーモウッド処理はフィンランドで開発された熱処理技術であり、工程1：100～120℃で材を含水率2～3%まで乾燥させる、工程2：急激に温度を上げ規定温度に達してから規定時間保持する、工程3：水スプレーで材を冷却するとともに

表1 試験片の処理温度と処理時間

処理温度 (℃)	処理時間 (時間)
無処理	無処理
185	1
195	1.5
210	2
220	2.5
230	3
237.5	5

*独立行政法人 港湾空港技術研究所

Corresponding author : Masao YAMADA (yamada-m89wm@pari.go.jp)

含水率8～9％程度に調湿する，という3工程から成る。処理はすべて常圧，水蒸気存在下で行われる。今回の試験片では，工程2の規定温度と規定時間を表1のように変化させた。

今回の試験片は，1枚の4m材から500mmの試験材を切り出し，それぞれの処理を行い，各処理材からT20mm×R20mm×L100mmのサイズに切り出したものである。厳密なエンドマッチとは言えないが，同一材から採取したものである。また，無処理材は辺材であるが，その他の処理材の心材辺材は不明で，混合のものと心材のみのものがあると推測される。各処理条件で10個ずつの試験片を作製した。

2.2 方法

試験片を海水に浸漬する前に，60℃に設定した定温乾燥器で3日間乾燥した後，質量を測定した。次に試験片をポリエチレン製のメッシュコンテナに結び付けて，試験片の長さ方向（繊維方向）が水平方向になるように，2008年6月23日に海水に浸漬した。

浸漬は，神奈川県横須賀市長瀬の港湾空港技術研究所の海水循環水槽で行った。この水槽は海に面しており，実海水が1日に2回給排水され，水深が1.0～2.5mの範囲で変化する。今回の試験片は常時海水中に没する位置に設置した。

浸漬開始から1年ごとに，各処理条件につき3個の試験片を回収し，観察と乾燥質量の測定を行うこととした。

3. 結果と考察

回収した試験片の外観を図2～5に示す。

浸漬1年で回収予定の試験片の内，無処理材と185℃処理材は消失し，195℃処理材は1個のみ残存していた。処理温度および処理時間が増すほど，食害が少なくなる傾向が見られた。220℃処理材では柁目面と木口面の晩材が食害された。230℃処理材では局所的に晩材が食害された。一般的な虫害の傾向と異なり，早材よりも晩材の方が食害された理由は不明である。

浸漬2年では，195℃以下の処理材は消失し，210℃処理材は1個消失し，残存した2個も形が大きくくずれていた。220℃と230℃処理材は，浸漬1年のものより食害が進行していた。

図2 海中浸漬1年の試験片（乾燥後）

図3 海中浸漬2年の試験片（乾燥後）

浸漬3年では，210℃以下の処理材は消失していた。220℃と230℃処理材の状況は，浸漬2年の

図4 海中浸漬3年の試験片（乾燥後）

ものと同様であった。

237.5℃ 処理材は、いずれの浸漬期間でも、いくつか小さな孔が見られたのみで、表面的にはほとんど無被害であった。

次に質量減少率を図6に示す。ここでは試験片の浸漬前の60℃乾燥質量から浸漬後の60℃乾燥質量を差し引いた値を質量減少とし、浸漬前の60℃乾燥質量に対する質量減少の割合を質量減少率とした。

237.5℃ 処理材で、質量減少率が負の値となっているのは、塩分等の侵入のためと推測される。浸漬3年の220℃、230℃ 処理材の質量減少率（3個の平均値）はそれぞれ69%、44%であった。

これまでにこの水槽で実施した各種の木材の浸漬実験の結果から、この水槽で木材を食害する海虫はキクイムシとフナクイムシであることがわか

図5 海中浸漬2年の230℃ 処理材の柱目面

（晩材が早材よりも深く食害され溝状に凹んでいる）

図6 海水浸漬試験片の質量減少率

（3個の試験片の平均値を示す。
誤差範囲は最大・最小値を示す。）

図7 海中浸漬2年の220℃ 処理材の切断面

っている。キクイムシは木材の表面を食害するため外観から食害の有無を判断できるが、フナクイムシ食害の有無は外観からはわからない。浸漬2年および3年の220℃、230℃ 処理材について、内部のフナクイムシ食害の有無を確認するため、2 cm 間隔で切断した。切断面の例を図7に示す。他の試験片においても内部にフナクイムシ特有の円形の穿孔は見られなかった。すなわち220℃、230℃ 処理材の食害はキクイムシのみによって生じていたと考えられる。237.5℃ 処理材については、質量減少が生じていないことから、内部にフナクイムシ食害は生じていないと推測される。210℃ 以下の処理材については、フナクイムシ食害の有無は不明である。220℃ 以上の処理材では、今回はフナクイムシ食害が生じなかったものの、これまでの実験からスギは無処理でも比較的フナ

クイムシ食害を受けにくいことがわかっており⁴⁾、カラマツなど比較的フナクイムシ食害を受けやすい樹種でも効果があるかどうかは不明である。

220℃および230℃処理材の早材部や、237.5℃処理材では、クイムシ食害を受けにくく、これは熱処理による細胞壁構成成分の変化による効果と推測される。ただし、窒素雰囲気下で熱処理された木材の野外耐久性について酒井²⁾が「熱処理により化学的に変化した細胞壁構成成分が、どの程度長期的に安定なものかどうか、また、細胞壁構成成分の経年変化により、吸湿性、耐朽性、耐蟻性等に変化が起こるかどうかは、今後の検討課題である。」と述べているように、今回の処理材についても耐海虫性の有効期間は不明である。237.5℃処理試験片については、回収し乾燥質量を測定した後、再び海中に戻しているため、現在未回収の1個と合わせて10個の試験片の浸漬が継続中であり、今後も定期的に海虫害の有無を観察することとしたい。

4. まとめ

常圧・水蒸気存在下で185℃～237.5℃の温度で熱処理したサーモウッド処理スギ材の、T20mm×R20mm×L100mm試験片について、神奈川県横須賀市長瀬の港湾空港技術研究所の海水循環水槽において3年間の海中浸漬試験を行った。

その結果、処理温度および処理時間が増すほど海虫害が少なくなる傾向が見られた。220℃・2.5

時間処理材と230℃・3時間処理材では、早材部では食害が少なかったが晩材部がクイムシによる食害を受け、3年浸漬後の質量減少率がそれぞれ69%、44%（3個の平均値）に達したのに対し、237.5℃・5時間処理材では、いくつか小さな孔が見られたのみで、ほとんど無被害であり、浸漬3年まで質量減少が生じなかった。

なおこれらはスギ材についての浸漬3年目までの結果であり、他の樹種や、より長期間の耐海虫性については今後の検討課題である。

謝辞

筆者の依頼に応じてサーモウッド処理スギ試験片をご提供下さいました越井木材工業株式会社に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 桃原郁夫:熱処理と耐久性, 木材保存, **31** (1), 3-11 (2005).
- 2) 酒井温子, 佐藤敬之, 金沢吉昭:窒素雰囲気下で熱処理された木材の野外耐久性, 木材保存, **38** (3), 111-116 (2012).
- 3) 森田珠生, 莊保伸一, 山口秋生, 今村祐嗣, 桃原郁夫:熱処理木材の耐朽性, 耐蟻性について, (社)日本木材保存協会第25回年次大会論文集, 2-7 (2009).
- 4) 山田昌郎, 森満範:海虫害を受けた15樹種の木材試験体の質量と強度の減少率, 土木学会第66回年次学術講演会概要集, CS13-013 (2011). (2012.6.25受付)

要 旨

サーモウッド処理（常圧・水蒸気存在下での熱処理）を施したスギ材の耐海虫性試験を、神奈川県横須賀市長瀬の港湾空港技術研究所の海水循環水槽において実施した。処理条件を変えた7種類のT20mm×R20mm×L100mmの試験片を海水中に浸漬し、3年目まで1年ごとに回収して観察と乾燥質量測定を行った。その結果、高温・長時間の熱処理を施した試験片ほど、海虫害が少ない傾向が見られた。220℃・2.5時間処理材と230℃・3時間処理材では、早材部では食害が少なかったが、晩材部がクイムシによる食害を受け、3年浸漬後の質量減少率がそれぞれ69%、44%（3個の平均値）に達したのに対し、237.5℃・5時間処理材では、いくつか小さな孔が見られたのみで、ほとんど無被害であり、浸漬3年まで質量減少が生じなかった。