

難燃処理木材に含まれている薬 剤の可視化技術の開発および 白華発生メカニズムの検討

静岡大学大学院農学領域

田中 孝

本発表の内容

ここでは

- X線による難燃処理木材の内部の薬剤分布状況の可視化技術の開発
- 難燃処理木材の高湿度環境への暴露試験と上述の技術の適用による難燃薬剤の材内分布と白華発生部位との関連性の検討
- 考えられる白華発生メカニズム仮説の提案の3点について発表する。

1 X線による難燃薬剤の材内分布の可視化技術の開発

X線とは

- レントゲン博士が1895年にX線を発見した。



(Röntgen 1895, 1896)

X線は人体を透過する = 人体を透視できると報告

⇒ **非破壊測定**の基盤技術へ

発表者のX線関連論文

- 松信航平, 田中 孝, 小林研治, 山田雅章: スギひき板の曲げ強度とX線を用いて測定した密度分布との関係. *木材工業* (2017)
- 村井彩花, 田中 孝, 山田雅章: 集成材中の水性高分子-イソシアネート系接着剤分布のX線非破壊計測手法の開発. *木材学会誌* (2017)
- 田中 孝: X線透過像を利用した各種計測技術の林産学への応用(総説). *木材工業* (2015)
- 田中 孝, 足立 健, 山田雅章: 代表的な木材用接着剤の管電圧15 kVから100 kVの範囲におけるX線質量減弱係数. *木材学会誌* (2015)
- Tanaka, T.: Improved method based on dual-energy X-ray absorptiometry for nondestructive evaluation of solid wood moisture content. *Holzforschung* (2015)
- Tanaka, T., Kawai, Y.: Migration of cesium chloride dissolved in the liquid water of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) during drying at 65°C. *Holzforschung* (2014)
- Tanaka, T., Kawai, Y.: A new method for nondestructive evaluation of solid wood moisture content based on dual-energy X-ray absorptiometry. *Wood Science and Technology* (2013)
- 田中 孝, 信田 聡: 吸湿過程にある木材および木質材料の厚さ方向の水分分布の経時変化(第3報)合板およびシーリングボード内部に形成される水分分布の非破壊測定. *木材学会誌* (2012)
- 田中 孝, 信田 聡: 吸湿過程にある木材および木質材料の厚さ方向の水分分布の経時変化(第1報)—スギ材の含水率分布の非破壊測定—. *木材工業* (2012)
- Tanaka, T., Avramidis, S., Shida, S.: Evaluation of moisture content distribution in wood by soft X-ray imaging. *Journal of Wood Science* (2009)

研究背景と目的

- 木造建築の高層化が世界的なトレンド
⇒耐火性能が重要
- 木材をあらわしで使いたい
⇒難燃薬剤による処理
- 完成後しばらくして発生する“白華”問題
- 問題解決のためには、白華メカニズムの
解明が重要。そのためには木材中の薬剤
分布状況を非破壊で詳細に観察できる技
術が求められる



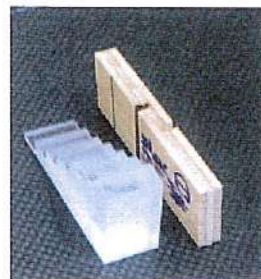
2016.08.05 撮影

発表者の持つX線技術の水平展開の一つとして、**木材中の難燃薬剤の可視化**を試みた。

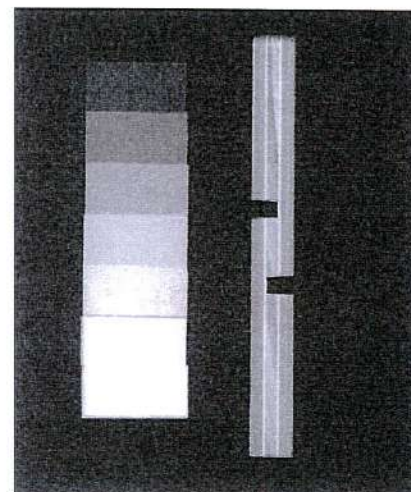
物質のX線写真への写りやすさ

物質のX線写真への写りやすさを決める要素は以下の2つ

- 密度が高い物質ほど写りやすい
- 原子番号(質量数)が大きいほど写りやすい



合板のせん断
強さ測定試験体
のX線写真(フェ
ノール樹脂接着
剤を使用)



木材の中の難燃薬剤を観察する場合、そもそもの薬剤含有量が多い(かなりの量を加えないと難燃性が発揮されない)ことに加えて、リンチツソ系についてはリンを含む、ホウ素系はナトリウムを含むため、概してX線写真によく写ると予想されるが、これを実験により確認する。

供試材料

•静岡県産スギ 105×25×100 (L) mm

辺材: 3体、心材: 3体、心辺材: 3体

•リン・チツソ系化合物難燃薬剤

(ノンネンW2-50, 丸菱油化工業株式会社) (固形分: 48-52%) (仕様値)

•ホウ素系難燃薬剤

(Tim-bor, U.S.Borax.inc) (質量%: 9.7) (実測値)

•純水

(超純水製造装置 Purelab Flex-3, ELGA Lab Water)

方法

(1)薬液含浸

試験体を各種難燃薬剤または純水にそれぞれ3体ずつ投入し、減圧注入した。

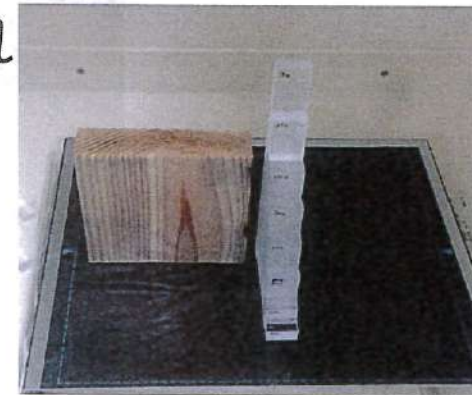
(2)試験体の乾燥実験

恒温恒湿槽（65℃、相対湿度32%）に入れた。（9日間）

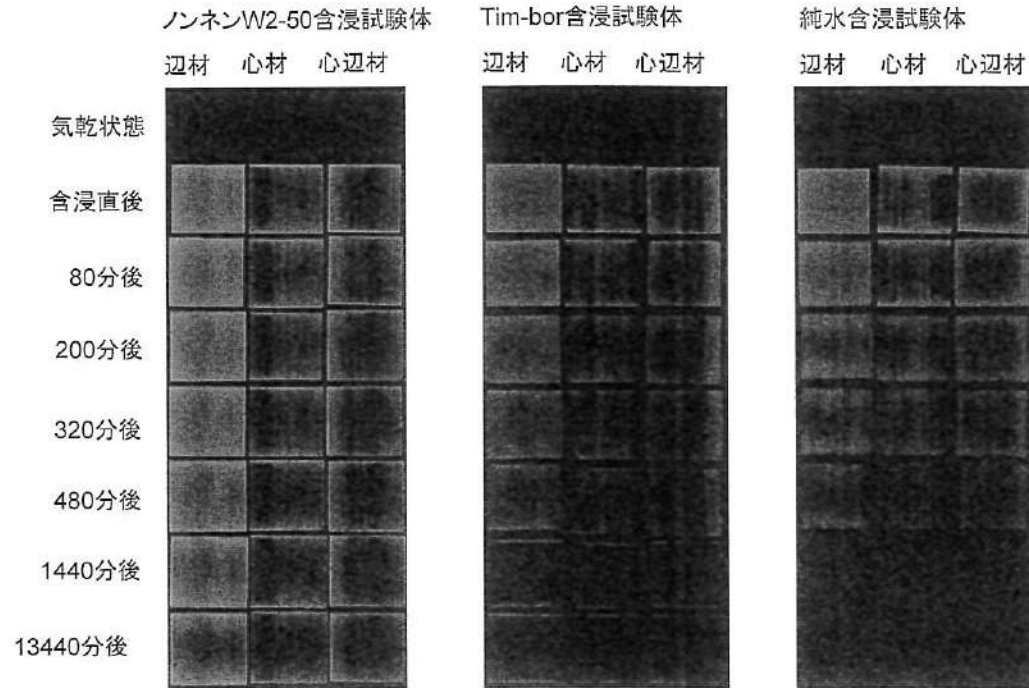
(3)試験体のX線透過像撮影

試験体を一定時間ごとに取り出し、木口面、
柾目面、板目面の3方向からX線透過像撮影
をした。撮影条件：

- 65.3 kV, 3.00 mA, 50 s
- 4.06 mm厚純チタン(99.5%)板フィルター



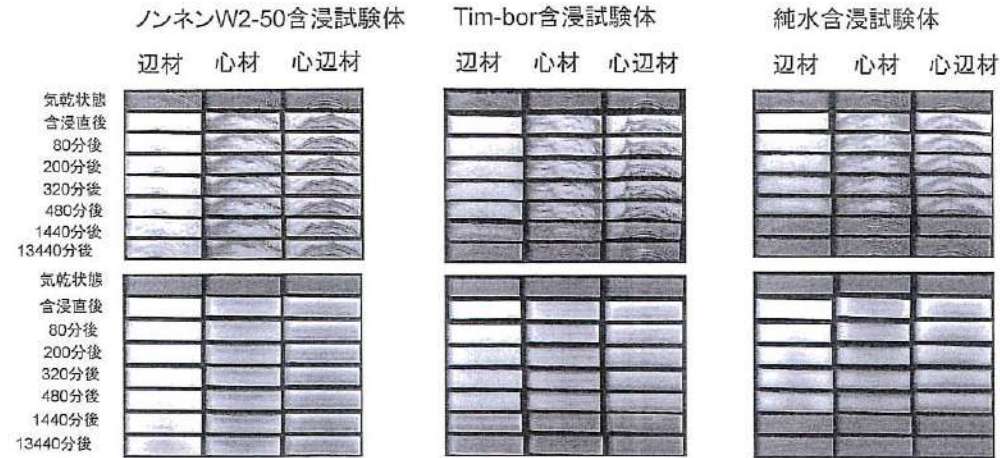
結果と考察



難燃薬剤を含浸させた試験体のみ、乾燥後に白い部分が残った⇒白い部分は難燃薬剤の成分

リンチツソ系薬剤とホウ素系薬剤、いずれも乾燥後の薬剤分布を可視化することができた。

結果と考察



心材において薬液を均一に行きわたらなかったことについても可視化することができた。

X線写真により木材中の難燃薬剤の分布状況を詳細に可視化することができた。⇒今後の研究に有用。心材への含浸確認などの品質管理にも使えるかも。

2 難燃処理木材の高湿度環境への暴露試験と
上述の技術の適用による難燃薬剤の材内分
布と白華発生部位との関連性の検討

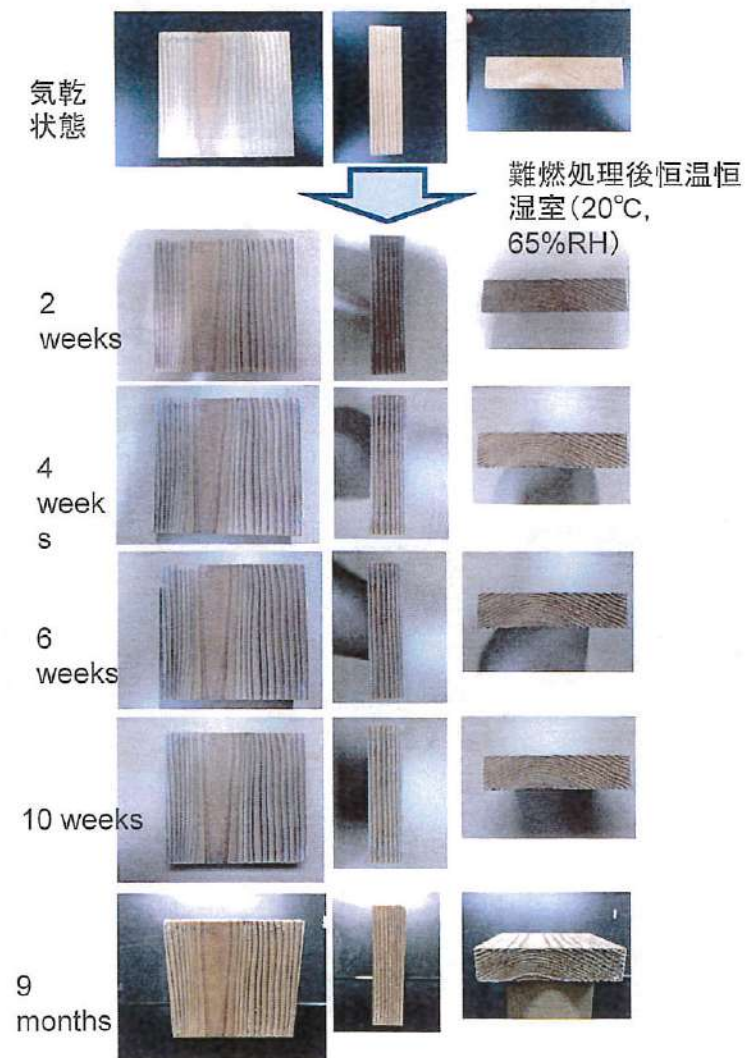
目的

- 難燃処理木材に白華を生じるような環境に長期間置き、白華現象が強く生じた試験体をX線CT断層像を撮影することで、難燃薬剤の材内分布と白華発生部位と関連性を検討する

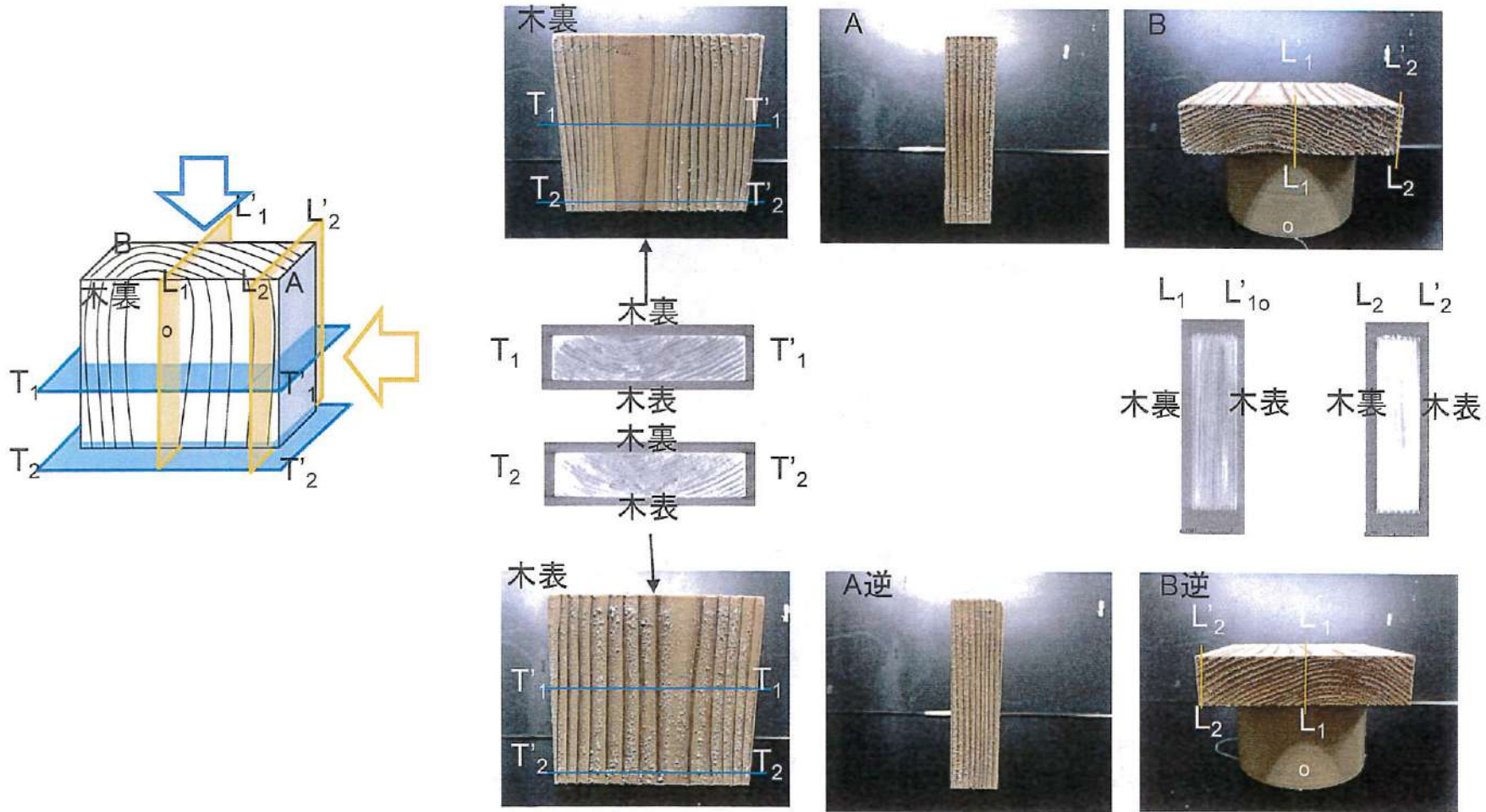
方法

- 前述の試験体を恒温恒湿室に9か月放置したのち、X線写真を撮影した。
- 薬剤の分布状態と白華箇所に関連性を三次元的に検討するため、X線CT装置を使用してCT断層像を得た。

白華の発生状況



薬剤分布と白華発生個所の比較



2 考えられる白華発生メカニズム仮説の提案

白華のメカニズム

- コーヒーリング効果とは
- 本当に湿度の問題？
- 考えられるメカニズム
- 今後の課題

謝辞

- 本研究の実施にあたり、江間忠研究助成制度による支援を受けた。
- X線CT装置の使用に際してあいち産業科学技術総合センター産業技術センター環境材料室野村昌樹氏の協力を得た。謝意を表す。
- 担当学生の渥美清隆君に謝意を表す。