

第 29 回 日本木材学会奨励賞 (2017 年度)

「木材の化学処理プロセス制御

およびミリ波・テラヘルツ波による非破壊評価に関する基礎研究」

京都大学生存圏研究所 田中聡一

この度は、受賞の榮譽に浴することができ、大変光榮に思います。ご推薦いただきました産業技術総合研究所の三木恒久主任研究員、またご多忙な中、選考に携わっていただきました多くの先生方に、この場をお借りして感謝の意を表したいと思います。

受賞対象はタイトルにあるように 2 つあり、これらは、私が大学院在籍時に取り組んだ木材の新しい非破壊評価手法の研究、及びポストクとして移籍した先々で取り組んだ木材の化学処理による材質制御に関する研究です。

非破壊評価に関する研究では、通信分野で新しい技術だったミリ波(MMW、波長帯域 1 ~10mm の電磁波)に着目しました。MMW は、従来の非破壊評価技術の一つであるマイクロ波よりも波長が短く、非侵襲性であるため、木材の密度分布を安全に高分解能で検出できると期待されました。まず基礎的な検討として、木材(厚さ 2mm)を透過した波長 3mm の MMW ビームの強度・位相分布を調べました。その結果、同分布は、年輪構造(密度分布)に大きく影響されましたが、年輪の特徴と一致しない場合も多いことがわかりました。そこで、MMW が木材中を回折しながら伝搬するという理論を電磁気学及び光学に基づいて構築し、透過後の強度・位相分布を計算したところ、計算値と実測値は良好な一致を示しました。また、1 つの測定点を透過した MMW についても空隙の割合(密度)やその形状に大きく影響されることなどもわかりました。これは、MMW と近い波長帯域の技術であるテラヘルツ波(THW)時間領域分光法を用いた測定でも同様でした。以上から、MMW・THW は木材の空隙の分布に大きく影響されることが明らかになりました。今後、MMW・THW を用いた木材の非破壊評価技術を実用化に近づけるには、欠点を有する木材や厚い木材を透過する間にそれらの電磁波が受けた影響、及び含水率の影響を理論的に説明する必要があると考えています。

化学処理による材質制御では、処理物質が細胞壁中の不安定領域(非結晶領域)に十分に行き渡った状態を目指す必要があります。含浸では一般的に、木材に物質の水溶液を注入後、養生(水分蒸発)を行います。仮に含浸で木材全体に水溶液が浸透しても、細胞壁中には養生後に物質(溶質)が十分に充填されない不安定領域があります。そこで、水溶液を含浸した木材の養生過程で、細胞内腔と細胞壁における水分蒸発速度の差で生じる細胞内腔-細胞壁間の溶質濃度差を駆動力として、溶質が細胞壁に拡散する現象に着目しました。この現象は水分蒸発がもとで起こり、水分蒸発は養生雰囲気(相対湿度(RH)・温度)に影響されるので、養生雰囲気をうまく操作すれば、拡散を促進することができ、細胞壁中の不安定領域への物質充填が促されるのではないかと考えました。そのための足掛かりとして、養生の RH と温度が細胞壁への溶質拡散に及ぼす影響を明らかにすることを目的に実験を行いました。細

胞壁への処理物質の拡散量を木材の外部寸法から推定するため、処理物質にはポリエチレングリコール(PEG1540)を用いました。また、水分蒸発が木材内部までなるべく均等になるよう、木材にはヒノキの木口試験片(繊維方向に 5mm)を用いました。PEG 水溶液含浸木材の養生過程での RH と温度が、養生中の細胞壁中への PEG 拡散量に及ぼす影響について調べました。その結果、細胞壁への PEG 拡散量は RH と温度に依存することが明らかになりました。また、拡散量は「PEG 拡散性」または細胞壁-細胞内腔間の「PEG 濃度差」に伴い増加することが示唆されました。「PEG 拡散性」は細胞壁の膨潤に伴い増加し、「PEG 濃度差」は水分蒸発速度が高いほどつきやすいことも示唆されました。さらに、これらの考察に基づき、養生における RH スケジュールも考案しました。今後は、基礎的な検討として温度スケジュールの影響、及び気圧の影響を調べる必要があります、応用を見据えると、物質の種類、樹種及び木取りの影響を明らかにする必要があると考えています。

最後に、木質科学について門外漢だった私を京都大学大学院で一からご指導いただきました奥村正悟先生と藤井義久先生、ポスドクになってから産業技術総合研究所および京大大学生存圏研究所でご指導いただきました金山公三先生、生存圏研究所でお世話になりました矢野浩之先生、助言をいただきました梅村研二先生、また様々な場面でお世話になりました京都府立大学の古田裕三先生に深く感謝申し上げます。