

氏 名	ムイン ムスリザル Muin Musrizal
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1332 号
学位授与の日付	平 成 15 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	農 学 研 究 科 森 林 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	ALTERNATIVE APPROACH TO THE PRESERVATIVE TREATMENT OF WOOD-BASED COMPOSITES USING SU- PERCRITICAL CARBON DIOXIDE (超臨界二酸化炭素を利用した木質材料の新規保存処理法)
論文調査委員	(主 査) 教 授 今 村 祐 嗣 教 授 川 井 秀 一 助 教 授 角 田 邦 夫

論 文 内 容 の 要 旨

超臨界流体をキャリアガスとして利用する木材及び木質材料の保存処理は、排水や排ガスを伴わない閉鎖系の低環境負荷型保存処理法である。また、最終製品を必要な時に必要な量を処理できるだけでなく、処理後の乾燥が不必要なため、直ちに実用に供することができる特色がある。本論文は、超臨界二酸化炭素処理の木材及び木質材料への物理的・機械的影響を明らかにし、超臨界二酸化炭素をキャリアガスとして保存処理に適用できるかを検討した一連の基礎的研究結果をまとめたものである。

第1章では、木材及び木質材料に 50°C/9.81MPa (100kgf/cm²) 下で超臨界二酸化炭素のみを注入した場合と、防腐剤である 3-ヨード-2-プロピニル プチルカルバメート (IPBC) を同条件下で超臨界二酸化炭素を溶媒として注入した場合の機械的・物理的影響を比較検討した。木材では、木材本来の注入性の影響が大きく、難注入性材の注入では、外層と内層との圧力差に起因する落ち込みが生じ、多種多様な木材への注入は現実的に不可能であると判断した。一方、5 種の木質材料 (中比重ファイバーボード、広葉樹合板、針葉樹合板、パーティクルボード、配向性ストランドボード) では、注入による劣化は認められなかった。得られた結果を踏まえ、これ以降の研究は木質材料に限定して行った。

第2章では、超臨界 4 条件 [35°C/7.85MPa (80kgf/cm²), 35°C/11.77MPa (120kgf/cm²), 45°C/7.85MPa, 45°C/11.77MPa] と亜臨界 (25°C/7.85MPa) 1 条件下で、鋸断面をエポキシ樹脂で被覆した木質材料 (210×30mm×材料厚さ) に超臨界二酸化炭素を注入した場合の影響を精査し、改めて超臨界二酸化炭素注入によって機械的・物理的に負の影響がないことを証明した。

第3章では、9 条件 [35°C/7.85MPa, 35°C/9.81MPa (100kgf/cm²), 35°C/11.77MPa, 45°C/7.85MPa, 45°C/9.81MPa, 45°C/11.77MPa, 55°C/7.85MPa, 55°C/9.81MPa, 55°C/11.77MPa] 下で、超臨界二酸化炭素を溶媒にして、2 レベルの IPBC 量を注入した木質材料の腐朽抵抗性を室内試験によって評価した。低レベル IPBC 処理では、添加した IPBC の全てが処理に供した木質材料に吸収されたと仮定した時の吸収量の理論値は 0.8~1.0kg/m³ であり、腐朽菌を抑制するには十分な量でなかった。処理条件の影響を検討したところ、55°C/11.77MPa が木質材料の種類に関係なく耐腐朽性の付与にもっとも大きく貢献し、35°C/7.85MPa と 35°C/9.81MPa がそれに次いだ。これら 3 条件下で 2.5 倍量の IPBC を添加した高レベル処理では、木質材料の種類と処理条件との組み合わせによって腐朽による質量減少率を 3%未満に抑制できる高耐腐朽性を達成できた。

第4章では、防蟻剤であるシラフルオフエンを第3章と同じ9条件下で注入処理した木質材料の耐蟻性を室内試験で評価し、同時に、処理条件の影響も合わせて検討した。木質材料の種類に応じて処理条件を選択することによって高い耐蟻性が得られた。処理に要するエネルギーなどの処理コストを考慮した場合、35°C/11.77MPa と 55°C/7.85MPa で高耐蟻性が得られた配向性ストランドボードを除くと、35°C/7.85MPa が最大の防蟻効果をもたらす処理条件であることが明らかになった。

第5章では、第4章で調製したシラフルオフエン処理木質材料中央部から化学分析用試料を採取し、外層部と内層部にお

ける吸収量を測定した。外層部よりも低い値を記録した内層部吸収量の大半がスギ辺材を用いた試験で決定された毒性閾値 $0.025\text{kg}/\text{m}^3$ 以上であり、鋸断などの加工によって処理木質材料の高耐蟻性が損なわれないことが証明された。

第6章では、防腐・防蟻性を同時に付与するために、防腐剤と防蟻剤との混合剤（混合割合は、表面処理用防腐・防蟻薬剤の組成に準じた）を第3章で選定した3条件下で注入処理した木質材料の防腐・防蟻性を室内試験で評価した。供試した防蟻剤シラフルオフエン及びピフェントリンの毒性閾値が低かったため、木質材料の種類に応じた処理条件の選択によって、配合された防腐剤に関係なく高い防蟻効果が得られることが判明した。また、防腐剤の防腐性能は配合された防蟻剤によって阻害されることはなく、防蟻剤と同様に、木質材料に対応した処理条件選択の重要性が示唆された。

これらの研究を通じて、超臨界二酸化炭素をキャリアガスとして木質材料の保存処理に適用できることが立証され、必要量の保存処理木質材料を必要時に供給できる閉鎖系処理システムの構築に資するところ大である。

論文審査の結果の要旨

超臨界流体をキャリアガスとして保存剤を木材あるいは木質材料に吸収させる方法は、超臨界流体の物理・化学特性を活かしてより均質な処理を達成するだけでなく、処理後の有効成分とキャリアガスを分別回収・再利用するため、排出物が極めて少ない低環境負荷型の閉鎖系処理システムとしての可能性を有している。超臨界二酸化炭素を利用した木材の保存処理は、すでに、小規模ながら実用化されているが、木質材料保存処理への超臨界二酸化炭素の適用に関しては未知な部分が多い。

本論文は、超臨界二酸化炭素をキャリアガスとして木材及び木質材料の保存処理に適用できるかを検討し、防腐剤や防蟻剤を超臨界二酸化炭素によって木質材料中に導入する保存処理法としての可能性を明らかにしたものであり主たる成果と評価すべき点は以下の通りである。

1) 超臨界二酸化炭素を木材及び木質材料に $50^\circ\text{C}/9.81\text{MPa}$ ($100\text{kgf}/\text{cm}^2$) 下で注入した場合、木材では、短時間の昇圧によって外層と内層との圧力差に起因する落ち込みが観察される樹種があり、目的とする短時間で種々の木材に保存処理を行うことが困難であることを明らかにした。一方、5種の木質材料（中比重ファイバーボード、広葉樹合板、針葉樹合板、パーティクルボード、配向性ストランドボード）では、注入による物理的・機械的劣化は認められず、超臨界二酸化炭素の適用性が高いことが示唆された。防腐剤3-ヨード-2-プロピニル ブチルカルバメート（IPBC）を同条件下で超臨界二酸化炭素をキャリアガスとして注入した場合も同様の結果であった。

2) さらに、処理条件を増やして木質材料に超臨界二酸化炭素を注入した場合の物理的・機械的影響を詳細に検討したが、超臨界二酸化炭素注入による物理的・機械的影響は無視できることが証明された。

3) 処理条件と処理木質材料の耐朽性との関係を検討するために、超臨界二酸化炭素をキャリアガスにして、9条件下で2レベルのIPBC量を注入した木質材料の腐朽抵抗性を室内試験によって評価したところ、木質材料の種類に関係なく処理条件 $55^\circ\text{C}/11.77\text{MPa}$ の場合の耐腐朽性が最大であり、次いで $35^\circ\text{C}/7.85\text{MPa}$ と $35^\circ\text{C}/9.81\text{MPa}$ が続いた。高レベルIPBC添加処理した木質材料に関する室内強制腐朽試験では、腐朽による質量減少率を3%未満に抑制できた。このことから、木質材料の種類と処理条件との組み合わせによって高耐腐朽性を達成できることから、超臨界二酸化炭素の木質材料保存処理への適用性が高いことが証明された。

4) 防蟻剤であるシラフルオフエンを9条件下で注入処理した木質材料の耐蟻性を室内試験で評価し、処理条件と耐蟻性との関係を検討したところ、耐腐朽性と同様に、木質材料に応じた適切な処理条件下で高耐蟻性が得られた。処理コストを考慮すると、配向性ストランドボード以外の供試木質材料では、試験した9条件の内 $35^\circ\text{C}/7.85\text{MPa}$ が最適処理条件であることを明らかにした。

5) シラフルオフエン処理木質材料中央部の吸収量を、外層部と内層部に分けて化学分析によって決定した。その結果、外層部よりも内層部の吸収量が低いものの、高い耐蟻性が期待できる吸収量であった。処理木質材料に建築現場などでどのような加工を施しても、処理木質材料の高耐蟻性が損なわれないことを証明した。

6) 防腐剤と防蟻剤との混合剤によって注入処理した木質材料の防腐・防蟻性を室内試験に供して、防腐・防蟻性を同時に付与することが可能かを検討した。供試した防蟻剤シラフルオフエン及びピフェントリンによる効果は、木質材料別に適切

な処理条件を選択することによって、配合された防腐剤に関係なく高いことが判明した。また、防腐剤の防腐性能も木質材料別に的確に処理条件を選択することの重要性が示唆された。

以上のように、本論文は、超臨界二酸化炭素をキャリアガスとして木質材料の保存処理に適用する新規処理法を検討したものであり、木質劣化制御学、木質複合材料学、木質材料学の研究・発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成15年2月15日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。