

|           |                                                                                                                      |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名       | デデ ヘルマワン<br>DEDE HERMAWAN                                                                                            |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (農 学)                                                                                                            |
| 学 位 記 番 号 | 農 博 第 1171 号                                                                                                         |
| 学位授与の日付   | 平成 13 年 3 月 23 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    | MANUFACTURE OF CEMENT-BONDED PARTICLE BOARD<br>USING CARBON DIOXIDE CURING TECHNOLOGY<br>二酸化炭素養生硬化技術を用いた木質セメントボードの製造 |
| 論文調査委員    | (主 査)<br>教 授 川 井 秀 一      教 授 則 元      京      教 授 今 村 祐 嗣                                                            |

### 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、木質セメントボードの製造に高圧二酸化炭素養生法を新たに開発し、ボードの材質向上を図ると共に、飛躍的な迅速硬化技術の確立を目指したものである。また、この養生法をアブラヤシ繊維セメントボードに応用して、硬化阻害性の改善にも有効であることを明らかにした。

第1章では、これまでの木質セメントボードの迅速硬化技術の調査を行い、セメントの硬化養生が生産工程を律速すること、新規の養生法が生産性向上に不可欠であることを明らかにした。

本研究では超迅速硬化技術を開発し、これをセメント硬化阻害が認められるアブラヤシ繊維に適用して、熱帯地域の残廃材の利用に新たな可能性を見出すことを目的とした。

第2章では、新たに開発した二酸化炭素養生法を応用して、従来法の数百倍から数千倍の迅速硬化養生技術の基礎を確立した。従来一般に用いられているコールドプレス法によってセメントを凝結させたのち、ボードの養生硬化に高圧二酸化炭素を導入してセメント水和反応の促進効果を調べた。例えば、自然養生あるいは無養生ボードのはく離強度が0.3～0.4MPaであるのに対して、二酸化炭素養生ボードのはく離強度は、いずれの場合も大きく、最適条件下では3～4倍の値を示す。処理条件としては、圧力2MPa以上、養生時間10分程度が望ましい。

曲げ強度も、二酸化炭素養生法によって大きく向上し、1MPa以上の圧力条件であれば、極めて短い処理時間で従来法の場合の2倍程度に達する。同様な傾向は、24時間吸水試験後の厚さ膨張率にも認められた。また、ボード特性は二酸化炭素濃度の上昇と共に向上した。

第3章では、二酸化炭素養生法による木質セメントボードの迅速硬化ならびに材質向上のメカニズムを調べた。すなわち、各々の養生条件の試験片から適宜試料を採取し、X線回折(XRD)、熱重量分析(TG)、および走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて解析した。二酸化炭素養生法では、基本的に水和時にセメントクリンカーから発生する水酸化カルシウムと二酸化炭素が反応して、炭酸カルシウムの生成を促す。セメントの水和作用によるケイ酸カルシウム水和物と炭酸カルシウムの高い生成量と、これらの水和物と木材の相互作用が二酸化炭素養生ボードに優れた強度特性を付与したものと推察された。

第4章では、アブラヤシフロンド繊維を用いた木質セメントボードの製造のために、まず、セメントペーストとフロンド粉末を混合して、水和実験を行った。塩化マグネシウムの添加率と水和熱による温度上昇の関係は、水/セメント比にも影響されるが、添加率10%前後で到達温度は最大値を示した。しかし、硬化促進剤の添加率は、一般に、1～3%であるのに比べると、この添加量は極めて多いと言える。

この知見をもとに、従来法でアブラヤシフロンドセメントボードを製造した。はく離強度と塩化マグネシウム添加率の関係を見ると、セメント/木質比=2.2～2.7の範囲では、塩化マグネシウム添加率は7.5～10%の範囲に最適条件が存在することが推定された。

第5章では、2章において開発された二酸化炭素養生法をアブラヤシフロンドセメントボードの製造に適用した。その結

果、1MPaの圧力条件では、ボードのはく離強度は養生時間と共に増加するが、超臨界条件下（7.5MPa）では、実験範囲（10～60分）ですでにはく離強度は飽和状態を示した。このとき、塩化マグネシウムの添加率はほとんど材質に影響しないことが明らかとなった。このことは親水性の塩化マグネシウムの添加を抑制することにより、寸法安定性の向上に寄与することのほか、リサイクル性が向上することでも利点大きい。

超臨界圧力下で60分間養生したボードをXRD、TG分析およびSEで観察した。いずれの結果も、二酸化炭素養生により、水和反応が大きく促進され、炭酸カルシウムの生成が多く認められた。アルカリ可溶性の抽出成分やヘミセルロースが溶出する前に、極めて短時間のうちにセメントの硬化が終了したものと推察される。

## 論文審査の結果の要旨

木質セメントボードは、防耐火性・耐候性・耐蟻耐朽性に優れ、さらに、省資源・省エネルギー生産が可能であるために、今後とくに東アジアで大きな発展が期待される建築材料である。しかし、従来の木質セメントボードの製造法では、樹種によってはセメントの硬化が遅れること、圧縮成形および水和養生に長時間を要することなど、セメント硬化阻害の改善と生産性の向上が大きな技術開発の課題になっている。

本論文は、木質セメントボードの製造に高圧二酸化炭素養生法を新たに開発し、ボードの材質向上を図ると共に、飛躍的な迅速養生技術の確立を目指したものであり、得られた主要な成果は以下の通りである。

- (1) 木質セメントボードの硬化養生に二酸化炭素養生法を新たに開発し、この技術の基礎を確立した。すなわち、二酸化炭素養生処理の圧力・時間・濃度等の製造条件とボード材質との関係を詳しく調べ、従来法の数百倍から数千倍の迅速硬化養生技術の基礎を確立した。
- (2) X線回折、熱重量分析、および走査型電子顕微鏡観察等により、迅速硬化ならびに材質向上の機構を調べた。その結果、二酸化炭素養生法によりケイ酸カルシウム水和物と炭酸カルシウムの生成が促進されることを証明し、後者が前者の隙間を充填して緻密な構造を作り上げるためにボードが優れた材質を示すことを明らかにした。
- (3) アブラヤシ繊維セメントボードの製造に関して水和反応とボード材質を調べ、常法（コールドプレス法＋自然養生法）では硬化促進剤（塩化マグネシウム）の添加率が7.5～10%の範囲に最適条件が存在することを明らかにした。さらに、二酸化炭素養生法をアブラヤシ繊維セメントボードの製造に応用して、同様の生産性向上効果があることを確かめ、硬化阻害性の改善にも有効であることを示した。

以上のように、本論文は、高圧二酸化炭素養生法による迅速硬化養生技術の開発に成功し、これを東南アジアで関心が高い木質廃棄物に適用できることを示したもので、木質複合材料科学並びに木質系リサイクル資源利用分野の要素技術として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13年2月14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。