

平成13年度 農林水産省補助事業
木材産業技術実用化促進緊急対策事業

木材産業技術実用化促進緊急対策事業報告書

IV ボード製造、利用編（5課題）

平成15年1月

財団法人 日本住宅木材技術センター

まえがき

地球温暖化対策森林資源の炭素固定機能の高度発揮が求められている中、我が国においては、スギ等人工林を中心とした森林資源が成熟しつつあり、木材の持続的利用を担う木材産業の発展が緊急の課題となっております。

また、我が国の木材産業は、木材需要及び価格の低迷、木材製品輸入の増大等から厳しい経営環境におかれており、木材産業の活性化が必要となっております。一方、木材関連企業の中には、木材利用の推進に資する新たな製品及び利用技術等の開発に真剣に取り組んでいる企業も見受けられます。

こうした中で、林野庁の平成13年度補正予算により、「木材産業技術実用化促進緊急対策事業」が実施されることになり、(財)日本住宅・木材技術センターが事業実施主体となって実施したところです。

この事業は、木材の利用推進や木材産業の発展に資する幅広い分野での新製品あるいは新技術の実用化に向けて必要な品質性能試験、市場調査、技術可能性評価等の試験調査課題を公募し、122件の応募課題の中から外部委員による評価を経て31課題を選定し、これらの課題に必要な試験調査を当センターと実施企業及び試験研究機関と共同で実施したものです。

これらの試験調査結果については、各課題毎に報告書を取りまとめたところですが、31分冊にもなるため、ここでは、活用と保存の便宜を考慮し、下記のように課題を7分類し、それぞれを合本・編集したところです。

- I 木質構造編
- II 集成材、合板、LVL編
- III 乾燥編
- IV ボード製造、利用編
- V 成型、防・耐火編
- VI 樹皮利用、廃棄物抑制編
- VII 高齢者対策、圧密化、サッシ保存編

多くの方にご活用頂きますようお願いする次第です。

平成15年1月

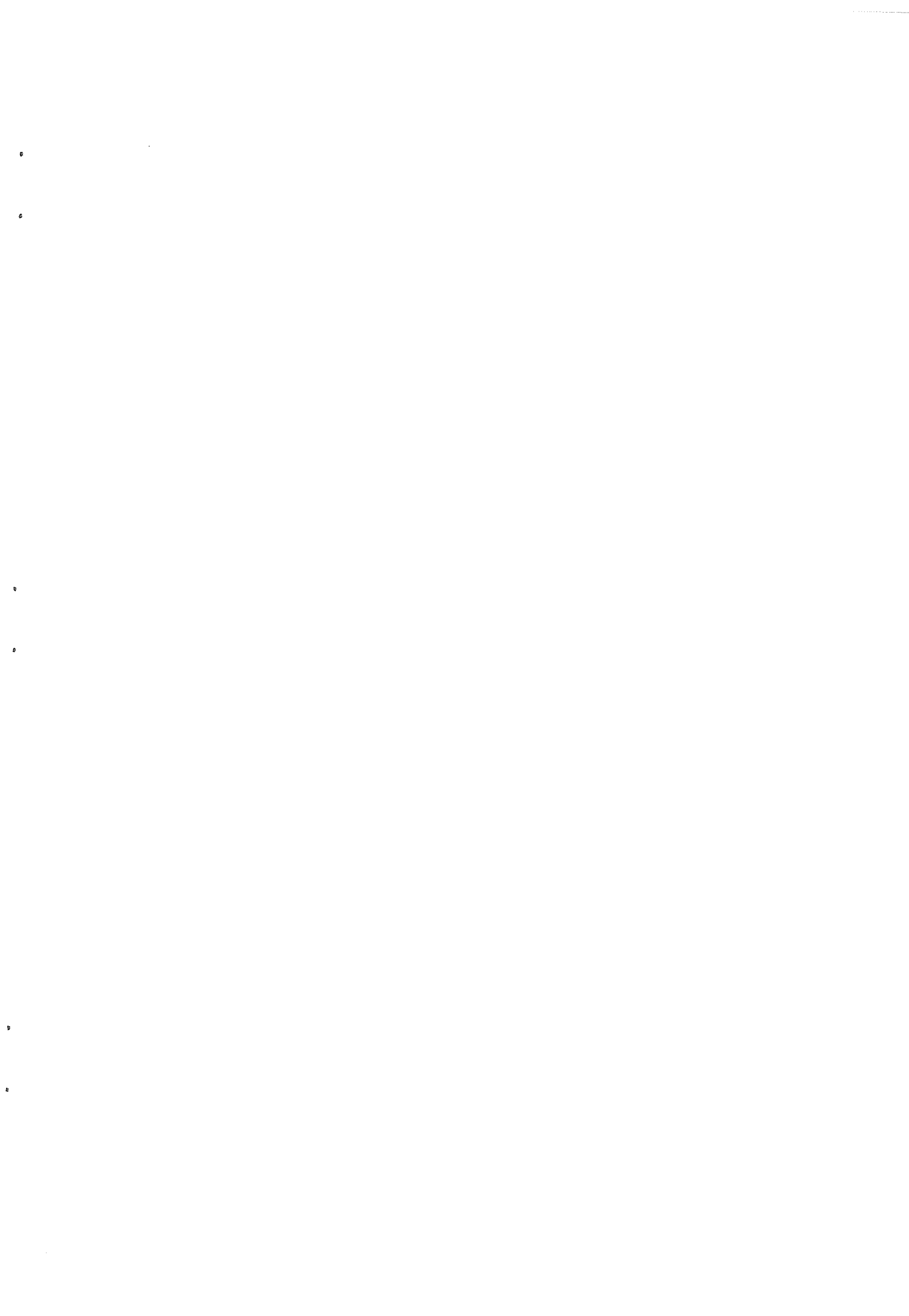
財団法人 日本住宅・木材技術センター
理事長 岡 勝 男

木材産業実用化促進緊急対策事業報告書

IV ボード製造・利用編

- 1302 スギ樹皮木質系断熱材等の実証化試験等
- 1304 低密度木質繊維ボードの建築用断熱材としての実用化
- 1317 国産ストランドボードの製造技術と性能評価
- 1320 国産材ストランドによる内装兼用構造用パネルの実用化
- 1330 炭化物成型ボードの住宅資材としての実証試験

1302 スギ樹皮木質系断熱材等の実証化試験等



課題番号：1302

スギ樹皮木質系断熱材等の実証化試験等

アキモクボード株式会社

要旨

スギ樹皮は燃料、産廃として扱われ、資源としての高度利用はなされていなかった。しかしながら、原木材積の10%程度を占め、靱皮繊維に富む耐久性の大きい材料である。そこで、弊社と秋田県立大学木材高高度加工研究所は、その特徴を生かす様々な製品開発に取組み、成果の一つとしてスギ樹皮木質系断熱材を開発した。この断熱材としての基本的諸物性は実験室的規模で検討され、その結果を踏まえて住宅用断熱材として試用されている。本事業は、この製品を断熱材市場に本格的に参入させるため、壁体断熱材としての実用下での性能を明らかにし、その特徴を生かした合理的設計法を提案するために実施した。実大試験、市場調査などの結果、この製品は住宅の断熱材として適当な性能を持ち、資源の有効利用、天然材料志向などの観点から、市場性も大きいことが明らかとなった。

キーワード

スギ樹皮、靱皮繊維、産業廃棄物、断熱材、結露、吸放湿性、熱貫流率、天然素材、環境負荷低減

目 次

1. はじめに	1
2. 調査の目的	1
3. 試験調査の内容	2
4. 試験調査の日程	3
5. 試験調査の結果	4
5.1 試験調査内容の検討経過	4
5.2 実大規模壁体による断熱性、結露及び温度分布に関する試験	4
5.3 スギ樹皮木質系断熱材の市場性調査	7
6. 実用化の見通し	9
7. 今後の対応	9
8. 特筆すべき成果	10
9. 試験調査委員会 委員	10
10. 技術者	11
11. 他からの指導または協力事項	11
12. 参考文献	11
13. 参考資料	11

スギ樹皮木質系断熱材等の実証化試験等

アキモクボード株式会社

1. はじめに

従来、スギ樹皮の大部分は燃料あるいは産業廃棄物として扱われ、資源としての高度な利用はほとんどなされていなかった。しかしながら、この樹皮は、原木材積の5-10%程度を占め、靱皮繊維に富む、比較的耐久性の大きい材料である。スギは我が国森林蓄積のトップに位置しているが、秋田県でも例外ではなく、県内人工林針葉樹蓄積約76百万 m^3 のうち、実に61百万 m^3 がスギで占められている。また、県内における素材生産量は706千 m^3 であるが、そのうちスギは543千 m^3 と70%にもものぼる¹⁾。これらの数字から単純に計算しても、年間に排出される樹皮は25-50千 m^3 と見積もられる。木材工業クラスターが形成されている地域では、これら排出される樹皮を有効利用する上でネックになる集荷エネルギーがわずかで済む。したがって、廃棄物として処分するより資源として有効活用することが、エネルギーおよびエコノミックコスト節約の観点からも大きな意義がある。

弊社は、木材産業都市能代の工業団地内に位置しているが、周辺には製材工場が集結しているため、廃棄される樹皮を容易に収集できる。こうした立地条件をふまえ、弊社と秋田県立大学木材高度加工研究所は、スギ樹皮の特徴を生かす様々な製品開発に取り組む、成果の一つとしてスギ樹皮木質系断熱材を開発した。この断熱材としての基本的諸物性は実験室的規模で検討され、その結果を踏まえて住宅用断熱材として試用されている。本事業は、この製品を断熱材市場に本格的に参入させるため、壁体断熱材としての実用規模での性能を明らかにし、その特徴を生かした合理的設計法を提案するために実施した。

2. 試験調査の目的

秋田県における産業廃棄物のうち、スギ樹皮に焦点をあてた製品開発の必要性が木材関連産業界から要請されている。これは、産業廃棄物の減量化と有効利用を目的とした要請である。これまでに樹皮ボードが面建材として実用化されたが、この開発で得られた諸データや技術を生かして新しい製品開発が模索されてきた。その結果、既存のインシュレーションあるいはハードボードのラインを利用し、新たな設備投資をほとんど必要とせずに製造可能なスギ樹皮

木質系断熱材が開発された。実験室的規模での検討によれば、この製品は既存のグラスウール（厚さ 100mm, 密度 10kg/m³）と同等、あるいはそれ以上の断熱性を持ち、熱容量はグラスウールやウレタン樹脂などより大きいので、蓄熱性も期待できるとされている。

近年、省エネルギーや快適性の要求などの観点から、住宅の高気密・高断熱化が求められ断熱材の使用量が増大している。当該断熱材が、廃棄物の有効利用、天然素材の利用、廃棄時の環境負荷低減、資源の循環的利用などの要求をも満足する材料として普及するためには、実験室的規模でのデータ蓄積にとどまらず、実際に使用した時の性能、あるいは市場参入の可能性などを多面的に検討しておかなければならない。そこで本事業における調査は、次の2項目によって構成する事とした。

- 1) 実験室的規模で得られたスギ樹皮木質系断熱材としての性能が実大規模の試験壁体でどのように発揮されるか、構成の異なる試験体を作製して、断熱性、結露に対する挙動などについて試験を行い、その結果に基づいて、問題点あるいは既存断熱材との競合で有利になる点などを摘出、合理的な使用方法を提案すること。
- 2) 断熱材市場への本格的参入のために、既存断熱材とスギ樹皮木質系断熱材の性能的比較、断熱区分Ⅲ地域内での市場規模、工務店などユーザーの断熱材に対する要望、あるいは施工上要求される仕様書との整合性などに関して調査を実施し、商品開発のポイントを把握しておくこと。

3. 試験調査の内容

前項で述べた目的を達成するために、以下の試験・調査を行った。

(1) スギ樹皮木質系断熱材の製造

インシュレーションボード製造ラインを用いて、スギ樹皮木質系断熱材を製造した。用いたスギ樹皮は 5000kg であり、これに木質パルプを等量混合、リファイニング、ウエットフォーミングおよび乾燥・整形の過程を経て、最終的には 25×910×1820mm のスギ樹皮木質系断熱材 500 枚を得た。

(2) 実大規模壁体による断熱性、結露及び温度分布に関する試験

製造した断熱材を用いて、以下に示すような構成の異なる壁試験体 3 体を作製した。いずれも外寸法 1925×1990mm、壁本体の厚さは標準的な 105mm であり、防湿層がなく、外壁通気層を 24mm 設定した壁である。

TYPE-B: 断熱材を 4 枚重ねて壁の内側に隙間を設けずに充填し、外壁通気層

と接する部分に透湿防水シートを介して 12mm の構造用合板を配置したタイプ。

TYPE-C：この壁体は外断熱を想定した構成で、通常の壁の外側に断熱材 2 枚を重ねて配置したタイプ、外壁通気層と接する部分には 9mm の構造用合板を使用した。

TYPE-D：これは壁内部に 3 枚の断熱材を配置し、外壁側通気層との境界部分には合板を用いず、透湿防水シートで押さえたタイプである。

以上の 3 試験体を供試体とし、サイディング、合板、断熱材相互間などに熱電対、湿度センサー、あるいは結露センサーを埋め込んで、断熱性試験（JIS K 1420）及び結露防止性試験を実施した。また、TYPE-D については、冬期の温度条件を想定した温度負荷をかけて赤外線カメラによる壁内外の温度分布を測定した。

（3）スギ樹皮木質系断熱材の市場性調査

本断熱材の市場性は、既存断熱材の普及状況及び住宅施主の断熱性に対する要求度などによって左右されると考えられたので、①東北 6 県で、本断熱材の利用が想定される断熱住宅戸数を住宅統計などを基礎にして推定した。②断熱住宅を建築している工務店で、施工性などに関する施工者側の要求あるいは消費者のニーズについての聞き取り調査を行った。③本断熱材と既存断熱材との比較検討を、既存断熱材の市場現況、物性、価格および省エネルギー基準への対応性などの点から行った。④上記（2）の結果に基づき本断熱材に関する木造建築専門家の所見を聞き取った。

4. 試験調査の日程

平成 14 年 2 月から平成 14 年 8 月まで

日程詳細は以下の通りである。

平成 14 年 2 月：市場調査、事前打ち合わせ

平成 14 年 3 月：第 1 回試験調査委員会開催、スギ樹皮粉碎及び試験壁体に用いるインシュレーションボード生産、試験壁体作製

平成 14 年 4 月：試験壁体（3 体）（財）建材試験センターへ発送、試験開始

平成 14 年 6 月：第 2 回試験調査委員会開催

平成 14 年 7 月：第 3 回試験調査委員会開催

平成 14 年 7 月：市場性調査報告書受理

平成 14 年 7 月：(財) 建材試験センターより試験報告書受理

平成 14 年 8 月：報告書作成

5. 試験調査の結果

5.1 試験調査内容の検討経過

第 1 回試験調査委員会（平成 14 年 3 月 7 日）では実大試験に供試する壁試験体の構成を検討し、それらを用いて測定する試験項目などを整理した。また市場性調査で委託すべき内容について検討した。さらに、試験スケジュールの調整、データの検討時期などを決定した。

第 2 回試験調査委員会（平成 14 年 4 月 23 日）では前回の委員会で決定した壁構成（TYPE-B、TYPE-C、TYPE-D）ごとに、熱電対（温度センサ）、湿度センサ、結露センサの取り付け位置について決定した。委託先（(財) 建材試験センター）からの試験方法に関する提案内容についても協議し、それを考慮した試験方法を確定した。なお、委託先における試験実施の時期が遅れるとの情報もたらされた。最後に、市場性調査に関する経過が報告された。

第 3 回委員会（平成 14 年 7 月 4 日）には(財) 建材試験センターの試験結果報告（原稿）と市場性調査の中間報告が提出された。前者について吟味した結果、いくつかの疑問点と訂正を要する点が摘出され、センターに確認することとした。市場性調査に関しては、委託先から報告書の骨子が報告された。

5.2 実大規模壁体による断熱性、結露及び温度分布に関する試験

5.2.1 試験壁体の作製

(1) スギ樹皮木質系断熱材の製造

試験壁体を作製する前にスギ樹皮木質系断熱材を実ラインで製造した。その手順は以下の通りである。すなわち、スギ樹皮 5000kg をシュレッダーで粉碎、これに廃材から調製した木質パルプを等量混合してリファイニング、以降、図 1 に示すフローで 25×910×1820mm のボードを 500 枚生産した。これを適宜裁断加工するなどして試験壁体の断熱材とした。

(2) 試験壁体の断面構成と各種センサーの設置、測定条件

試験に用いる壁体は 3 体 (TYPE-B、C 及び D) 作製した。いずれも外寸法 1925×1990mm で、壁本体の厚さは標準的な 105mm とした。ただし、防湿層は設けず、外壁通気層を 24mm 設定した。これらの試験体各部における温・湿度分布は、温・湿度センサーにより夏と冬の温度条件を考慮した定常状態で測定した

(以上、参考資料-1の図-1 試験体を参照)。壁体面の温度分布に関しては、赤外線カメラ(サーモグラフィ)を用いTYPE-Dのみで測定した。

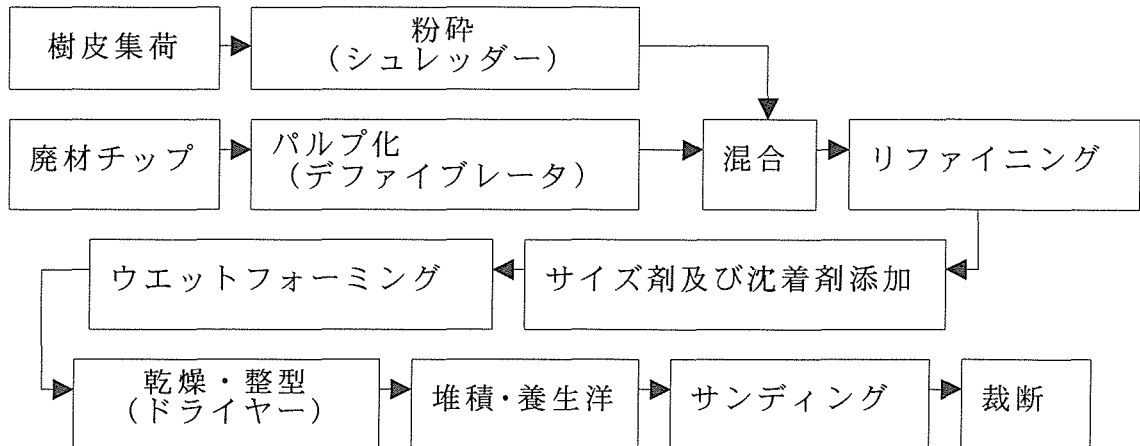


図1 スギ樹皮木質系断熱材製造工程

5.2.2 壁体による試験結果と考察

試験壁体を使って行った断熱性などのデータの詳細は、参考資料-1に掲載したが、これらの試験結果の概要とそれに対する考察を以下に示す。

(1) 断熱性試験

試験は、JIS K 1420(住宅用断熱材及び構成材の断熱性試験方法)に準じて行った。温度負荷条件は加熱箱側20℃ 低温室側0℃であり、前者のみ表面気流を0.5mm/s以下になるように設定した(条件及び装置の詳細は参考資料-1の表-1, 図-2参照)。定常状態での測定の結果、試験壁体TYPE-B~Dの熱貫流率 $W/(m^2 \cdot K)$ はそれぞれ0.40, 0.48及び0.45となった。これらの数値は用いた断熱材の枚数(厚さ)に依存しており、施工枚数が多ければ熱貫流率が低くなること、すなわち断熱性を高めることが出来ることを示している。この試験の場合、施工法が異なるため、比例的な数字が示されているわけではないが、本断熱材が、断熱性の面からみれば妥当な性能を有していると判断できる。

(2) 結露防止性試験

この試験は、断熱性試験終了後に同じ試験壁体を使って行った。最初に夏型結露一室内側を冷房によって温度26℃、相対湿度60%の一定条件に保持し、室外側を高温にした時(この試験では温度26~32℃、相対湿度55~80%)に壁内結露が生ずる危険性一に関する試験を3日間行った。壁の方位は最も厳しい条

件に曝される南面を想定している。次に2日間の養生期間を経て冬型結露、つまり室内側が暖房によって温度20℃、相対湿度60%の一定条件に保持され、室外側が低温（この試験では温度0℃あるいは-5℃の定常状態、相対湿度は成り行き）で推移した時の結露発生の危険性、を推定するための試験を実施した。試験は、外気温度条件ごとにそれぞれ2日間ずつ連続的に行った。

以上の試験の結果は参考資料-1の、図-5～34に示されているが、それらから以下のことが明らかとなった。

①いずれのタイプの壁体でも、使われている合板などの含水率が著しく高いなどの齟齬を生じなければ、夏型結露が発生する危険性はないと判断できる。

②TYPE-Bでは、この試験期間の範囲では冬型結露を生ずるに至っていない。しかしながら、断熱材室内及び外気側相対湿度の推移（参考資料-1、図12）から判断すると、設定した外気温度が10日間程度連続すれば合板表面に近いところで結露を生ずる危険性が有ることが分かる。これは、外気側に透湿抵抗の大きい12mm構造用合板を配置したためと考えられる。なお、同資料の図13に示された断熱材外気側における一時的な絶対湿度の低下は、本断熱材が湿度吸着能を持っていることを示唆している。

③TYPE-Cでも、外気側に構造用合板9mmを用いている。このためTYPE-B同様に冬型結露の発生が懸念されたが、相対湿度の推移（参考資料-1、図22）は、その恐れが無いことを示している。この場合、壁構成が外側断熱で105mm中空層を設けているので、多少温度面で有利に働き、且つ合板の透湿抵抗が若干低いことを反映しているであろう。

④TYPE-Dでは、相対湿度の推移は参考資料-1、図32に示すように外気側と室内側とで並行しているが、外気側が48時間後-5℃になると若干上昇する傾向を示している。しかし、その程度はTYPE-Bより小さく、冬型結露の恐れは小さいと判断できる。これは、断熱材外気側に透湿抵抗の高い構造用合板を配置していないことによると考えられる。

なお、冬型結露試験終了後、試験壁体TYPE-BとCの合板各部の含水率を電気抵抗式含水率計で測定した。また、全壁体の断熱材含水率については、中央部分上、中、下の3カ所の外気側から小さなテストピースを切り取り全乾法で測定した。その結果を参考資料-1、図35に示した。TYPE-B、Cいずれの試験壁体でも木部の含水率は8～9.4%の範囲にあったが、枠材付近でやや高い傾向が観察された。これは枠材の断熱性が低いことによるものとも思われるが、この測定法の限界や繰り返しが無いことから因果関係は明らかでないとするの

が妥当であろう。いずれにせよ冬型結露試験終了後の合板、断熱材の含水率はともに8%前後なので、壁体製造時の含水率（断熱材、合板とも約8%）から大きく変動はしていないと判断できる。

（3）赤外線カメラによる TYPE-D 壁体の温度分布測定

TYPE-D のみ、赤外線カメラによって室内側から温度分布を測定した。測定時の室内側温度は20℃、室外側温度は0℃の定常状態である。結果は参考資料-1、写真1～8に示した。いずれの写真でも壁体外周部で温度が低くなっているのが明らかであるが、これは試験体取り付け枠の影響である。また、壁体内の柱の部分は熱橋となるため写真5と7に見られるように断熱性が若干劣るが、その差は1℃程度なので表面結露を引き起こすような差では無いと判断できる。むしろ、本断熱材は木部より断熱性が高いということを示しているわけで、きちんと施工されればそれなりの断熱性を持つ断熱材であるということが出来る。

（4）定常結露の計算結果について

（2）においては、時間的な制約から結露防止性試験の期間が短かったため、冬型結露発生の有無を確認するまでには至らなかった。そこで、試験壁体に使った各材料などの透湿抵抗文献値を参考にして定常結露計算を試みた。その結果を参考資料-1、図36～38に示す。この結果によれば、実験から推定されたとおり、TYPE-B 以外ではいずれの外気条件でも冬型結露は発生しないことが明らかである。しかしながら、TYPE-B では外気側に近い構造用合板部分で結露を生ずることが示された。用いた材料のうち透湿抵抗が最も高いのは合板なので、これを外気側に配置したことに原因があると判断できる。したがって、これを透湿抵抗の低い材料に代替することで内部に流入した湿気を外気側に排出し、外壁通気層をも機能させることによって容易に冬型結露を阻止できると考えられる。

5.3 スギ樹皮木質系断熱材の市場性調査

5.3.1 調査方法

市場性調査については外部に委託した。その調査委託の内容と方法は次のようである。

①スギ樹皮木質系断熱材の利用が想定される断熱住宅戸数の推定：住宅を建築する場合に施主が重視する住宅性能と、在来軸組木造住宅で断熱性を重視する住宅戸数の推定値、および東北6県で予想される断熱住宅戸数を、主として、住宅金融公庫の住宅・建築主要データ報告書などに依拠して推定した。

②断熱住宅を建築している工務店での聞き取り調査：能代市内の工務店2店で行った。

③スギ樹皮木質系断熱材と既存断熱材との比較：既存断熱材の市場普及率、それらの断熱材との物性比較（熱伝導率、年間暖冷房負荷計算による比較）、価格比較および省エネルギー基準への対応性について調査した。主としてSMASH(熱負荷計算プログラム)による年間暖冷房負荷の計算及びIBECの検証モデルプラン（延べ床面積149㎡）によって行った。

④試験壁体の試験結果を基に、スギ樹皮木質系断熱材の実用性などに関する所見を木造建築専門家（東京大学大学院工学系研究科 坂本雄三教授）に伺った。

5.3.2 調査結果と考察

調査結果の詳細は参考資料-2として添付したが、その概要はおおよそ次のようになる。

①秋田県を含む東北地区の断熱区分Ⅲ地域における在来軸組住宅建設戸数は年間約3万戸であるが、それらの施主が断熱性を最も重視する率は30%から50%に及ぶ。これを考慮して断熱住宅の建築戸数を予測するとおよそ8400戸となり、断熱材の市場規模はほぼ1/3となる。

②秋田県内工務店の聞き取り調査では、現場施工タイプよりパネル型の供給が要望されていることが示された。これは防湿層施工の手間と筋交いのある状態での断熱材充填が困難なことによるのであろう。

③既存断熱材との性能比較に関しては、初期含水率に依拠し年間暖冷房負荷によって評価した結果を参考資料-2の資料Ⅱ（スギ樹皮木質系断熱材等のSMASH（熱負荷計算プログラム）による年間暖冷房負荷の計算）に示す。この計算の際、防湿材には従来のようなシートを使うのではなく、合板など、比較的透湿抵抗が高い面材で構造性能上でも有利となる材料で代替することを前提とした。

計算によれば硬質ウレタン65mmに比べると熱損失が大きいガラスウール10K,100mm(GW)よりは断熱性能が大きい。この数値を基礎に、それぞれの断熱材を使って屋根、壁及び床断熱にほぼ同等程度の断熱性を付与した住宅における年間暖冷房負荷の計算をした結果では、断熱区分Ⅱ～Ⅳ地域のいずれでもGWよりわずかに断熱性能が優れていることが確認された。また、秋田県内の断熱区分Ⅲ地域で次世代省エネ住宅の基準（等級4）に到達し、Ⅳ地域でも屋根断

熱を強化すればこの基準に達することが明らかとなった。

試験壁体に屋根あるいは天井断熱及び床断熱を組み合わせて施工することを想定したタイプ別比較では、TYPE-B を用いⅢ地域で等級4に達するには天井、床断熱を併用することが必要であること、TYPE-D で同様の性能に達するためには天井断熱をさらに強化しなければならないことなどが明らかとなった。

以上の結果より、断熱材の市場性は、きわめて大きいと判断される。しかしながら、単位面積・厚さあたりの価格をスギ樹皮木質系断熱材:4520円/m²/100mm、硬質ウレタン:4000円/m²/100mm、GW:675円/m²/100mmとし、IBECのモデルプランにおける各部位の要求断熱性能を満足するような使い方で試算すると、1戸あたりの断熱材コストは、本断熱材:約100万円、硬質ウレタン:約66万円、GW:約17.5万円、となる。したがって、同程度の断熱性能を要求される工事においては硬質ウレタンと比較しても価格がネックになって市場が広がらないことが容易に想像される。市場を拡大するためにはその断熱性比較だけでなく、廃棄物の有効利用、天然素材の利用、廃棄時の環境負荷低減、資源の循環的利用などといった特徴を全面に打ち出した啓蒙活動も必要であろう。同時に量産によるコスト削減が重要であると考えられる。なお、施工性を向上させてコスト削減するには、工場での生産に適しているパネルタイプTYPE-Bを普及する必要がある。そのためにも結露対策を早急に確立しなければならないと思われる。

6. 実用化の見通し

既に、スギ樹皮木質系断熱材自体は既存のグラスウール(10K)同等の断熱性を持つことが明らかにされていたが、本試験調査では、この断熱材を実際の断熱壁に用いた場合の性能を評価した。評価対象とした試験壁体の構成のうち、最も普及する可能性の高い、工場生産型のパネルタイプ(TYPE-B)では、冬型結露が発生する恐れが示唆された。しかしながら、このデータは、最も厳しい室内外温度差における定常条件下での試験結果である。したがって、現時点では、室外側の構造用合板を透湿抵抗の低い材料に代替する、あるいは室内側に内装材を施工する際に透湿抵抗の高い素材を採用することによって、この問題を克服でき、十分に実用化が可能と思料される。

7. 今後の対応

参考資料-2の第5項で東大の坂本教授が指摘しているように、冬型結露の試

験においては、試験期間が短時間であったために想定した定常状態に達していない。この点で、この試験は実験としては不十分と考えられ、この試験結果だけから結論を導き出すことはできない。しかし、冬期の気温がそれほど低下しない場合や冬期の室内湿度がそれほど上昇しない保証のある場合には、TYPE-Bのような壁体でも結露まで至らない可能性があるので、実験や非定常計算を用いてさらにこのことを検討する価値はあるものと思われる。

また、市場性調査の結果から判断しても市場は決して小さくないので、当面の結露防止対策を早急に具体化し、実際の家屋に試用しつつ、結露および断熱性に関するデータを集積しながら東北地域全体での普及につなげたいと考えている。断熱区分Ⅲ地域にとどまらず、Ⅱ地域まで枠を広げて広く普及するようになれば、量産が可能になりコストも下がるので加速的に市場を確保できる可能性がある。

8. 特筆すべき成果

本事業では、秋田の木材産業界で処分に難渋していたスギ樹皮を資源として作られた断熱材が既存のグラスウール(10K)と同等の断熱性を持つことに着目して、実大規模の断熱壁体を試作、その断熱壁としての性能をいくつかの面から評価した。また、これらの市場性について調査した。

その結果、壁の構成を若干変更することによって、パネルタイプの断熱壁をグラスウール使用時と同様に製造できる見通しが得られた。このことは、木質資源の有効利用、カスケード型利用に直結するものである。また、新築住宅での断熱性向上が消費者の強い要望であること、工務店からは施工が容易な断熱壁体が求められていることなどの点から市場性も高いことが裏づけられた。今後、量産する環境が整えばコスト面でも他の断熱材と十分に競合することができるとと思われる。廃棄物を資源に転化し、住宅資材としての完成度を高めた点は特筆すべき成果といえよう。

9. 試験調査委員会 委員

委員長 土居修一 秋田県立大学木材高度加工研究所 教授

委員 松本真一 秋田県立大学システム科学技術学部 教授

委員 西方里見 (有)西方設計 代表

委員 赤塚康男 アキモクボード(株) 代表取締役

委員 神谷章 アキモクボード(株) 取締役工場長(主任技術者)

10. 技術者

主任技術者 神谷章 アキモクボード（株）取締役工場長
技術者 近藤俊明 アキモクボード（株）開発営業課長

11. 他からの指導または協力事項

研究指導

岡崎康男 秋田県立大学木材高度加工研究所 講師
栗本康司 秋田県立大学木材高度加工研究所 助教授

市場性調査協力

草階英夫 （財）秋田県木材加工推進機構 参与
伊藤良介 （財）秋田県木材加工推進機構 参与
山田 稔 山田事務所

12. 参考文献

1)秋田県林務部：平成 11 年度版 秋田県林業統計(2002)

13. 参考資料

参考資料-1：“スギ樹皮木質系断熱材入パネルの断熱性、結露防止性試験” 財
団法人 建材試験センター 品質性能試験報告書 受付第
01A33645号（平成 14 年 3 月 14 日）平成 14 年 7 月 26 日
参考資料-2：依頼調査報告書“課題名「スギ樹皮木質系断熱材等の実証化試験
等（課題番号：1302）」、調査名「スギ樹皮木質系断熱材の市場性
調査」平成 14 年 7 月 山田事務所 山田稔

〔試験名称〕

スギ樹皮木質系断熱材入パネルの断熱性，結露防止性試験

〔目次〕

1. 試験項目	-----	13
2. 試験体	-----	13
3. 試験方法	-----	15
4. 試験結果	-----	17
5. 試験の期間，担当者及び場所	-----	43

1. 試験項目

財団法人日本住宅・木材技術センターから提出されたスギ樹皮木質系断熱材入パネルについて、以下の項目の試験を行った。

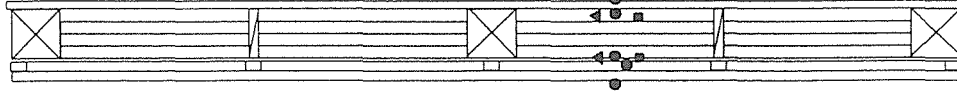
- (1) 断熱性
- (2) 結露防止性
- (3) 赤外線カメラによる温度分布測定

2. 試験体

試験体は、図-1に示す外装をサイディングで仕上げたTYPE-BからTYPE-Dの、3種類の壁体モデルである。スギ樹皮木質系断熱材の吸放湿性を有効に使うため、試験体に防湿層は設けていない。それぞれの試験体は、断熱材の位置、厚さ、合板の有無等が異なっている。

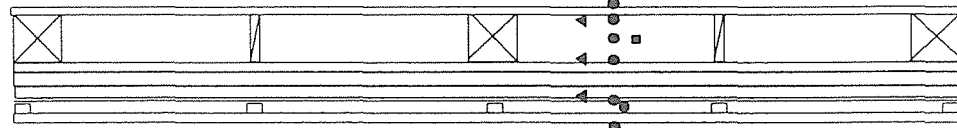
試験体寸法は、断熱性及び結露双方の試験において、1925×1990mmとした。

TYPE-D



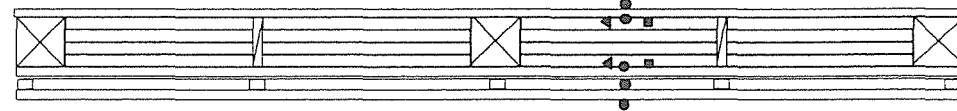
サイディング 24mm
 透気層 防水シート 25mm × 3
 木質繊維断熱材 30mm
 中空層 石膏ボード 9mm

TYPE-C

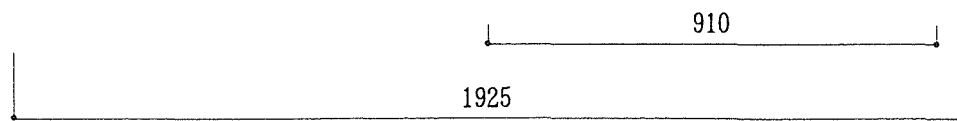


サイディング 24mm
 透気層 防水シート 9mm
 透気層 防水シート 25mm × 2
 構造用合板 105mm
 木質繊維断熱材 9mm
 中空層 石膏ボード 9mm

TYPE-B



サイディング 24mm
 透気層 防水シート 12mm
 透気層 防水シート 25mm × 4
 構造用合板 9mm
 木質繊維断熱材 9mm
 石膏ボード



測定項目

- T 熱電対
- 相対湿度センサー
- ▲ 結露センサー

図-1 試験体

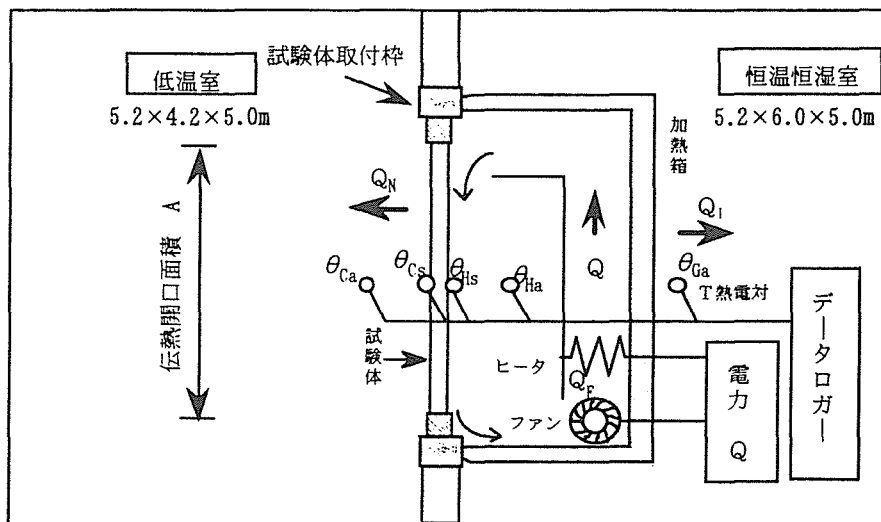
3. 試験方法

3.1 断熱性試験

JIS A 1420 (住宅用断熱材及び構成材の断熱性試験方法) に従って行った。試験条件を表-1に、試験装置図を図-2に示す。

表-1 試験条件 (断熱性能試験)

熱流方向	水 平
設定温度	加熱箱内空気 20℃ 低温室内空気 0℃
表面気流	加熱箱側 0.5m/s以下 低温室側 自然対流



- ・伝熱開口 W1980×H1980
- ・伝熱開口面積 3.92m²
- ・加熱箱の内のり寸法 W2000×H2000×D700mm
- ・加熱箱材質 押出法ポリスチレンフォーム (厚さ200mm)

図-2 試験装置図

3.2 結露防止性試験

試験は図-3に示す人工気候室で行った。結露防止性試験においては、図-1に示す中央寄りのスパンの高さ方向中央に各センサーを埋め込んだ。

夏型結露試験の試験条件は、東京の8月の標準気象データを参考にして、図-4に示す温湿度及びSAT (相当外気温) を用いた。壁の方位は南とし、SATは、赤外線ランプを用いSAT計により制御し、3日間の試験を行った。室内条件は終日冷房を仮定し、温度26℃、相対湿度60%の一定温湿度とした。

冬型結露試験では、試験対象部位を北側壁体とするため、温度一定の定常状態とし、室内条件は温度20℃、相対湿度60%の一定温湿度とした。外気温度については0℃及び-5℃の2条件とし、各条件2日間ずつの試験を行った。

(財) 建材試験センター

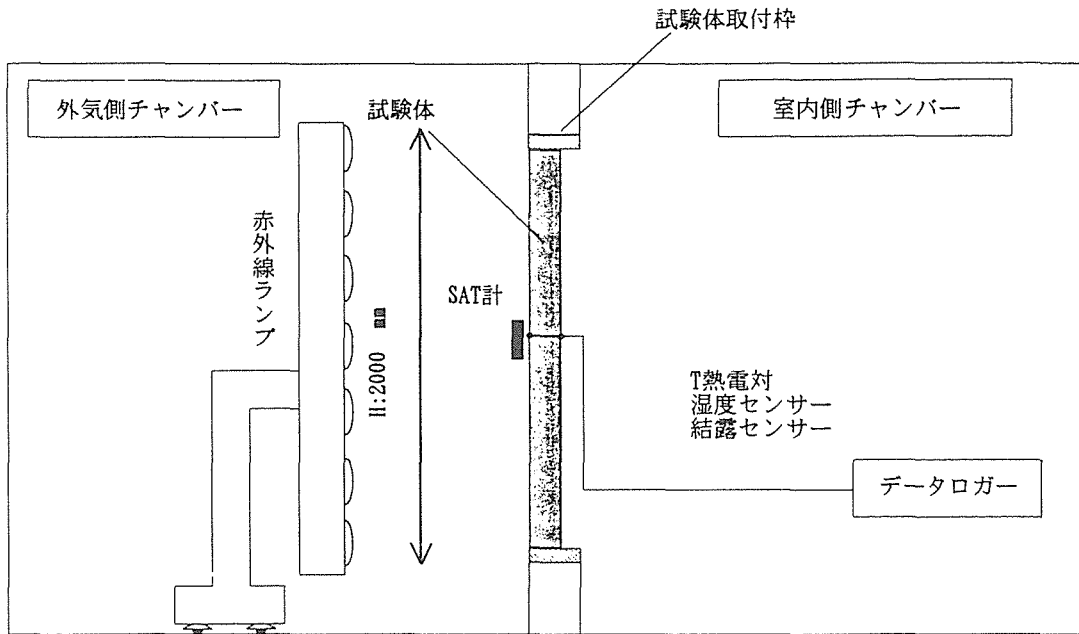


図-3 人工気候室

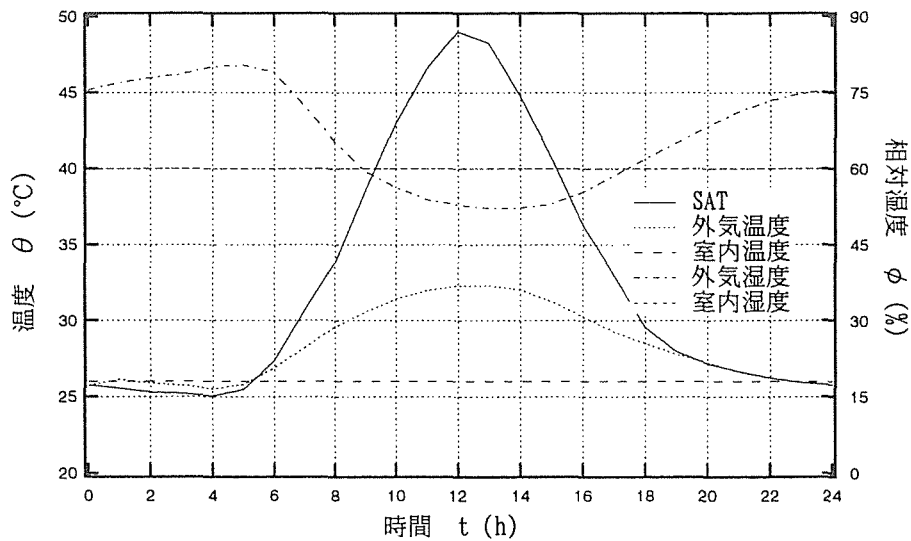


図-4 夏型結露試験条件

3.3 赤外線カメラによる温度分布測定

赤外線カメラによる温度分布測定は、人工気候室において室内側 20℃、外気側 0℃とし、定常状態となった後に、室内側より測定を行った。試験体は TYPE-D のみとした。

4. 試験結果

試験は各試験体について、初めに断熱性試験を行った後に、夏型結露試験、冬型結露試験を行った。

4.1 断熱性

断熱性試験の結果を表-2に示す。

表-2 断熱性試験結果

項目	TYPE-B	TYPE-C	TYPE-D
伝熱開口面積 (m ²)	3.831		
発生熱量 $Q = Q_H + Q_F$ (W)	39.3	39.6	44.7
校正熱量 Q_i (W)	9.1	4.5	10.6
試験体通過熱量 $Q_N = Q - Q_i$ (W)	30.2	35.1	34.1
恒温室内空気温度 θ_{Ca} (°C)	20.6	21.8	20.7
加熱箱内空気温度 θ_{Ha} (°C)	20.0	19.8	20.6
低温室内空気温度 θ_{ca} (°C)	0.1	0.5	1.0
空気温度差 $\Delta\theta = \theta_{Ha} - \theta_{Ca}$ (°C)	19.9	19.3	19.6
試験体平均温度 $\bar{\theta} = \frac{\theta_{Ha} + \theta_{Ca}}{2}$ (°C)	10.0	10.2	10.8
熱貫流抵抗 $R = \frac{\Delta\theta \cdot A}{Q_N}$ [(m ² ·K) / W]	2.5	2.1	2.2
熱貫流率 $K = \frac{1}{R}$ [W / (m ² ·K)]	0.40	0.48	0.45
〔備考〕 熱貫流抵抗及び熱貫流率は有効数字2桁に丸めた。			

4.2 結露防止性試験

結露防止性試験は、はじめに夏型結露試験を行い、2日間の養生をした後に冬型結露試験を行った。夏型結露試験は、試験開始時を南中時刻と想定している。結露センサー出力は2.5Vが初期値、5V以上が結露発生を示し、結露発生時はステップ的に変化する。

4.2.1 温湿度測定結果

(1) TYPE-B

TYPE-Bの夏型結露の試験結果を図-5～図-9に示す。夏型結露発生が懸念される断熱材室内側の相対湿度は、図-7に示すように60%程度に抑えられている。図-8の絶対湿度の変動からは、断熱材外気側において躯体からの放湿による湿度上昇が見受けられるが、断熱材室内側の絶対湿度の上昇は僅かであった。また、結露センサー出力も約2.5Vで推移しており、結露発生の兆候は見られなかった。これらの結果より、断熱材日射授受時に断熱材室内側の相対湿度は若干上昇するものの、合板等の含水率が著しく高くない限り、夏型結露発生の危険性は極めて小さいと考えられる。

冬型結露の試験結果を図-10～図-14に示す。図-12では、試験開始後、断熱材外気側の相対湿度が、試験開始後48時間で41%から54%まで上昇している。外気温の設定を-5℃に変更した後も、相対湿度は同程度の割合で増えている。図-13の絶対湿度は温度設定変更後、若干下がっているが、これは断熱材や合板等の吸放湿性のある部材が、温度変化により水蒸気を吸着したことによるものと考えられる。図-14の結露センサー出力は変化がなく、試験中に結露は発生していない。しかし、図-12の湿度上昇を考慮すると、試験時の外気条件が10日程度続けば、合板表面に結露が発生する危険性があると考えられる。

(2) TYPE-C

TYPE-Cの夏型結露の試験結果を図-15～図-19に示す。図-17の断熱材室内側の相対湿度は、50%程度で安定しており、図-18の絶対湿度も外気の変動に対応して上昇しているが、変動は小さい。図-18では室内外の湿度変動が安定していないが、夏型結露試験ではこの程度の変化は、壁体内部の結果に大きな影響は及ぼさない。図-19によれば、結露発生の兆候はない。

冬型結露の試験結果を図-20～図-24に示す。図-22の断熱材室内側の相対湿度変動によれば、試験開始後約48時間で定常状態になっていることがわかる。TYPE-Cでは、断熱材外気側に構造用合板のような透湿抵抗の大きい部材が使われていないので、比較的短時間で定常状態に達したのと考えられる。

(3) TYPE-D

TYPE-Dの夏型結露の試験結果を図-25～図-29に示す。図-27によれば、断熱材室内側の相対湿度は60%程度で推移している。図-28の絶対湿度の変動からは温度上昇に伴う吸放湿材からの放湿現象が見受けられるが、図-29の結露センサー出力は安定しており、結露は発生していない。図-26でサイディングの温度が50℃を超えているが、これは制御用のSAT計が赤外線ランプの照射分布により、他の試験より低く推移したためと推測される。しかしながら、夏型結露試験において外装材の表面温度が若干高くなる場合、試験結果は安全側となるので防露性能の判定に大きな支障は出ない。

冬型結露の試験結果を図-30～図-34に示す。外気温度が0℃の場合、図-32の断熱材外気側の相対湿度に大きな変化は見られないが、外気設定値が-5℃になると、若干上昇している。図-33の絶対湿度でも同じ傾向が見られているが、値の上昇の割合はTYPE-Bより小さい。TYPE-DもTYPE-Cと同様に、断熱材外気側の透湿抵抗が小さいため、結露発生の可能性は小さいと考えられる。

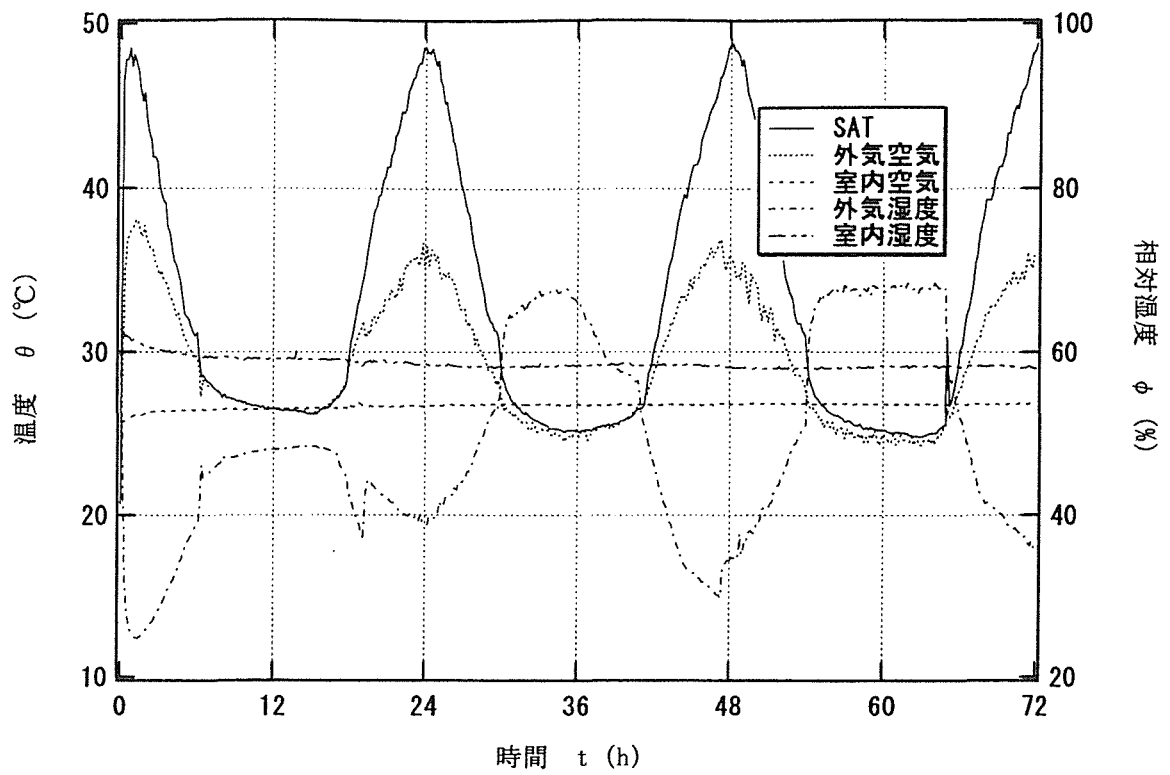


図-5 外気及び室内温湿度測定結果 (夏型結露試験: TYPE-B)

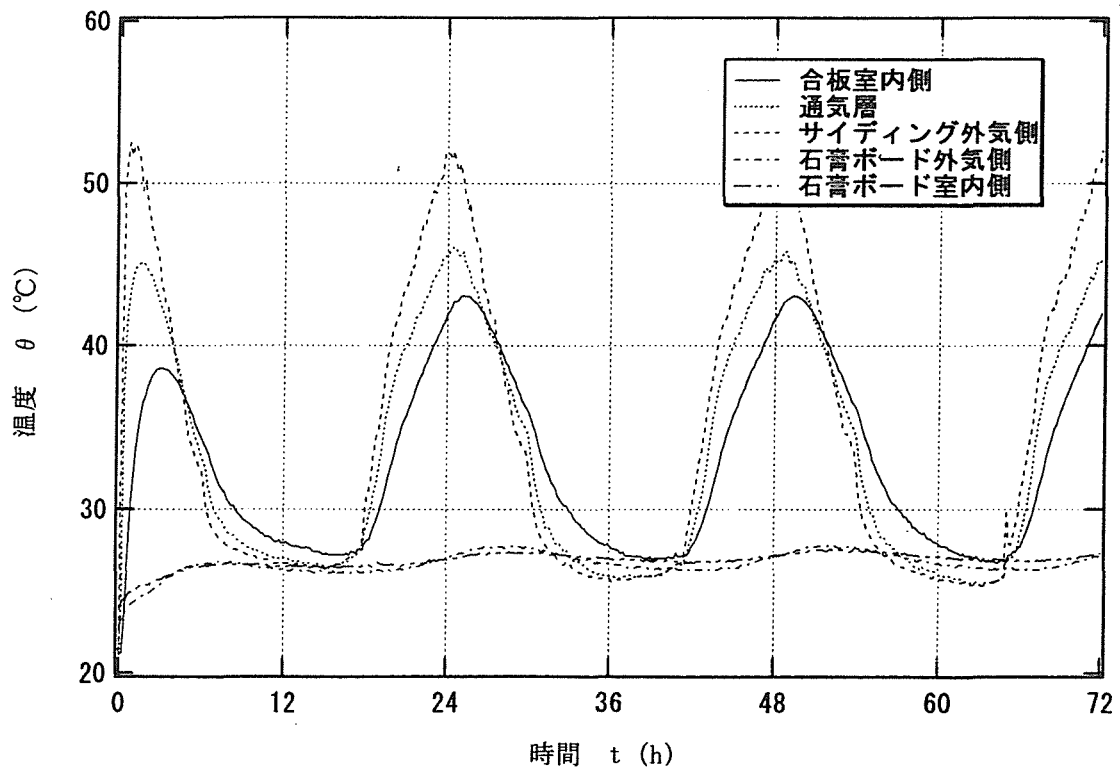


図-6 温度測定結果 (夏型結露試験: TYPE-B)

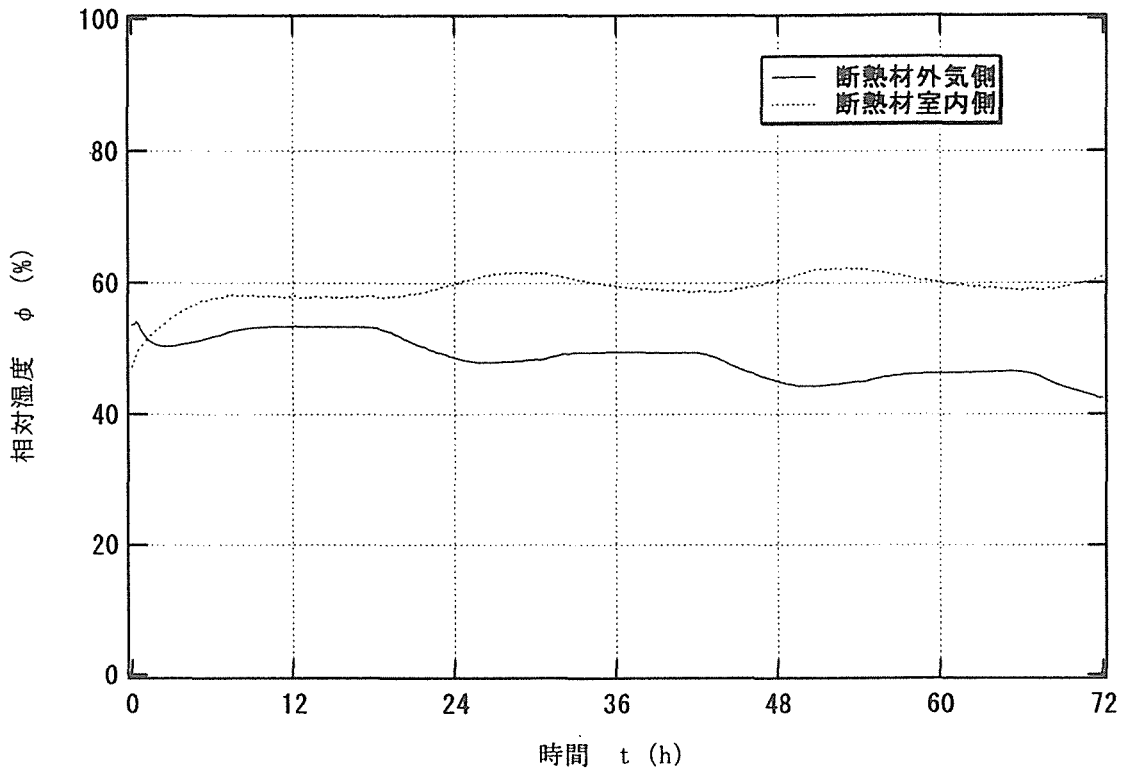


図-7 相对湿度測定結果 (夏型結露試験: TYPE-B)

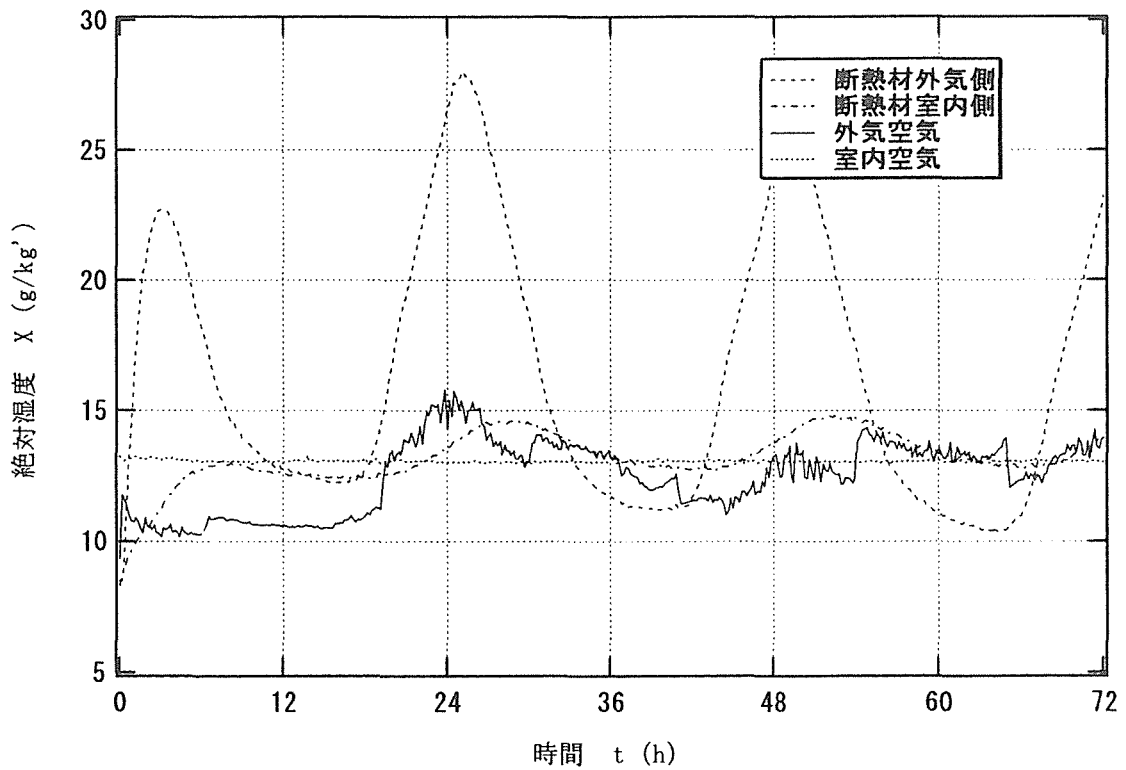


図-8 絶対湿度測定結果 (夏型結露試験: TYPE-B)

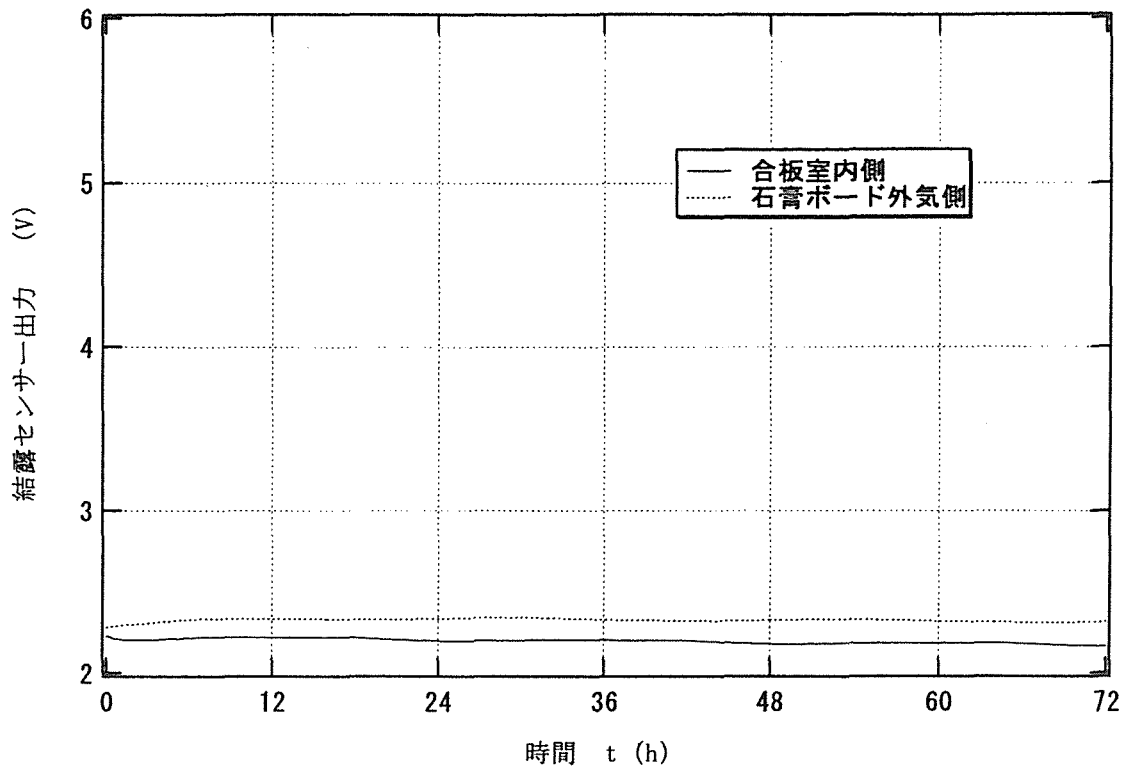


図-9 結露センサー出力 (夏型結露試験: TYPE-B)

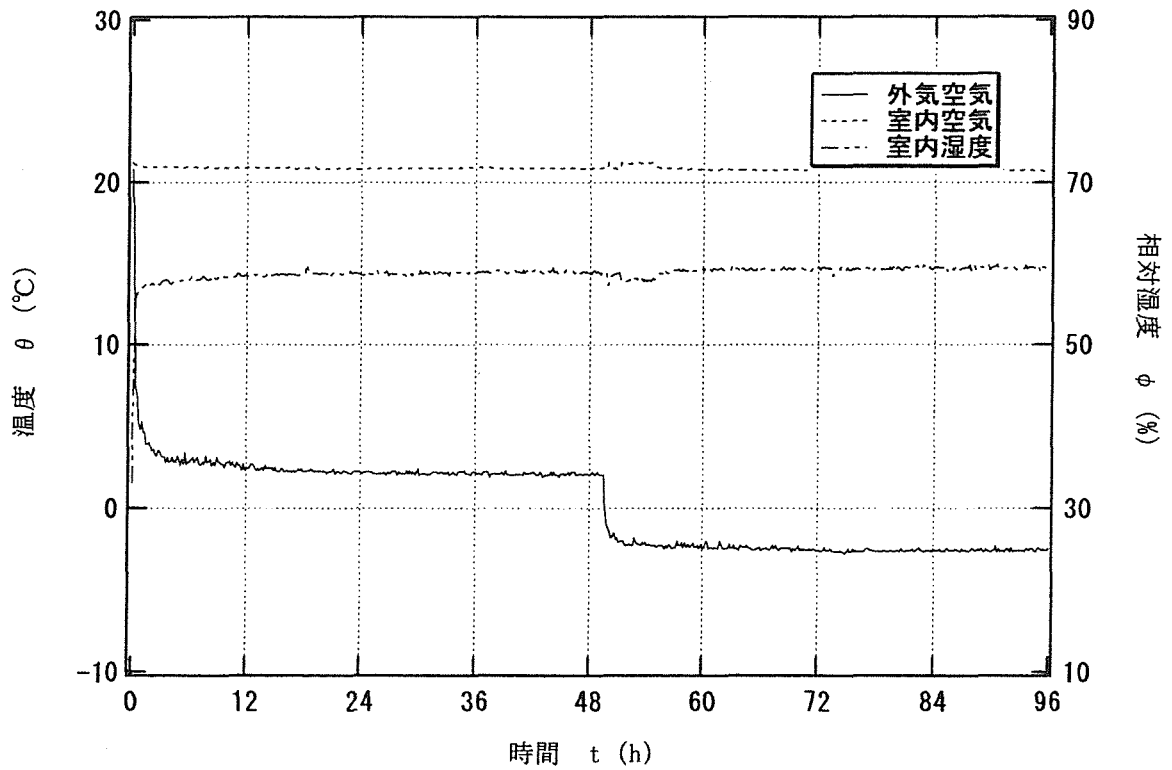


図-10 外気及び室内温湿度測定結果 (冬型結露試験: TYPE-B)

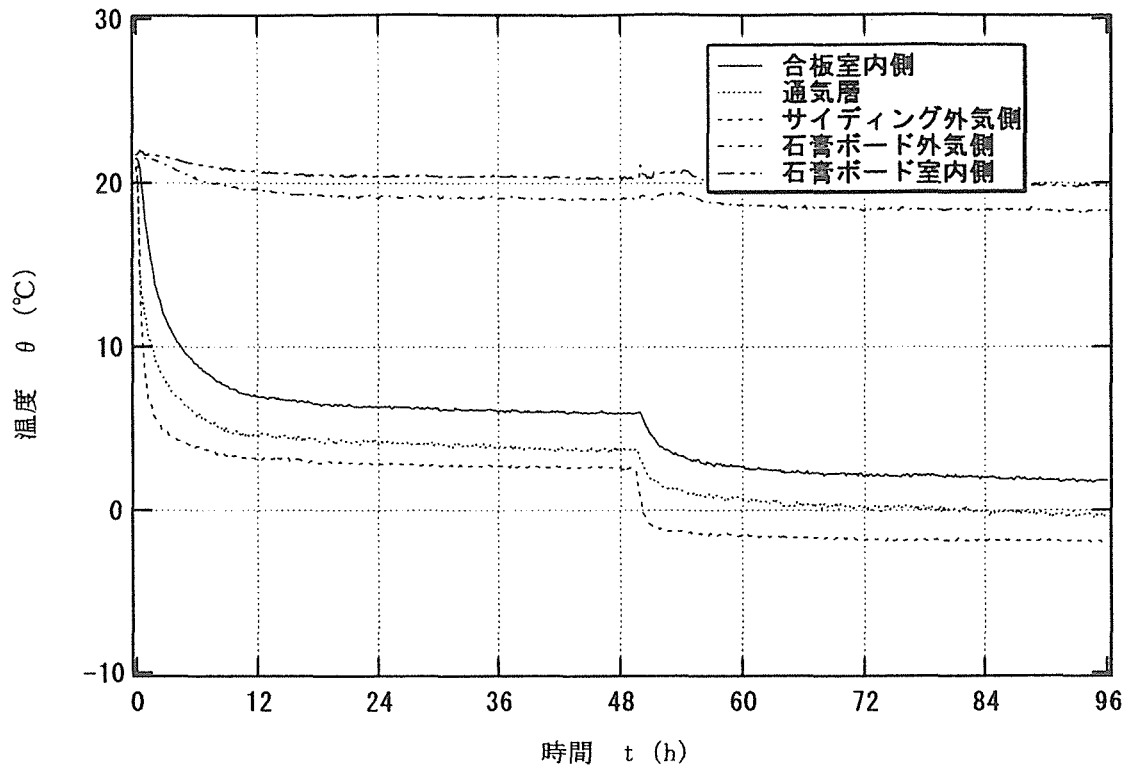


図-1 1 温度測定結果 (冬型結露試験 : TYPE-B)

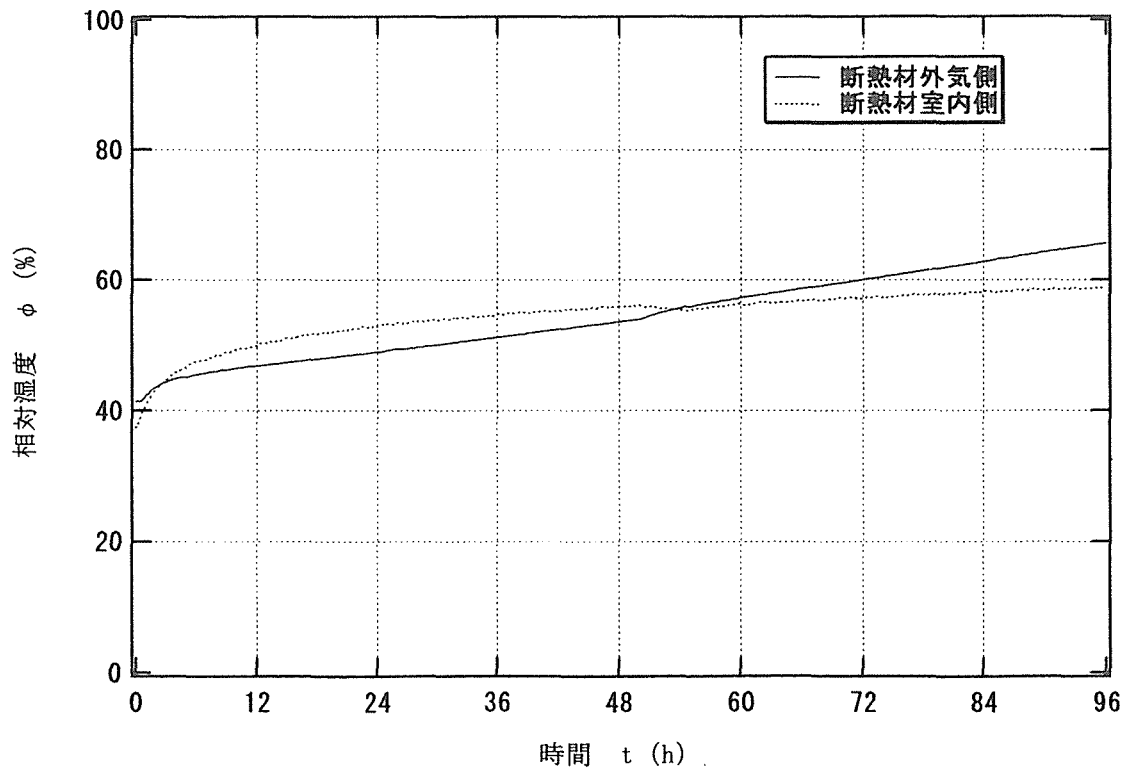


図-1 2 相对湿度測定結果 (冬型結露試験 : TYPE-B)

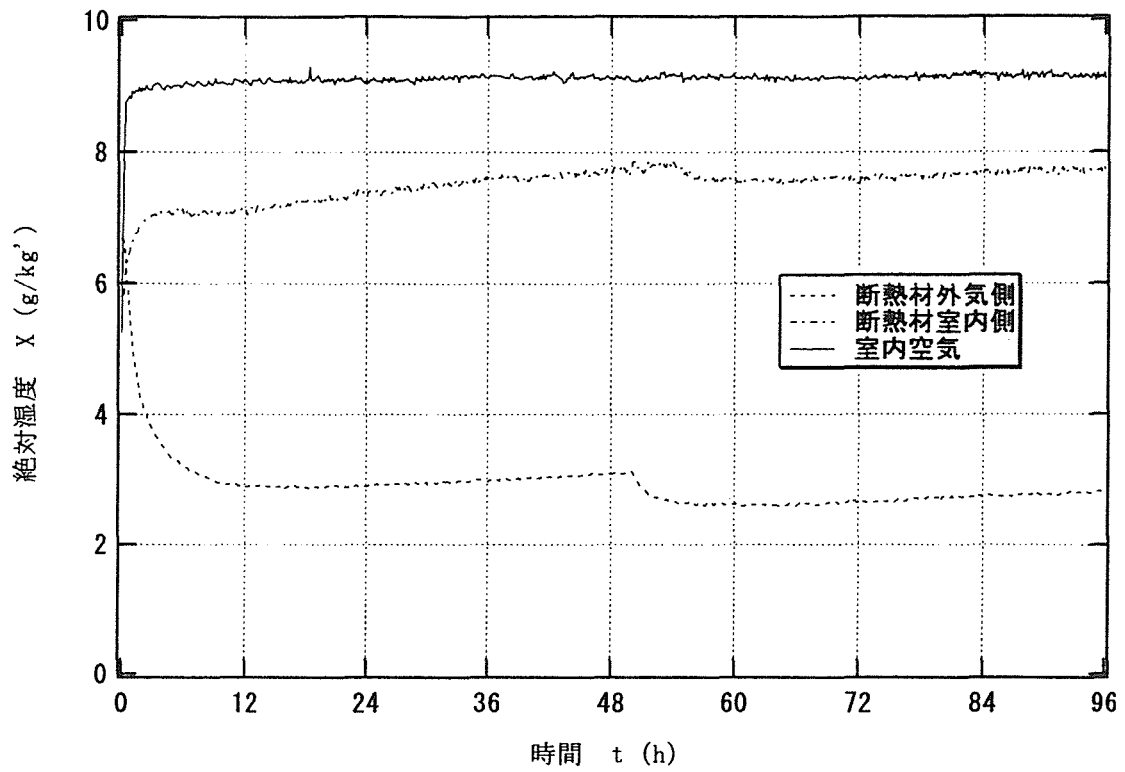


図-13 絶対湿度測定結果 (冬型結露試験: TYPE-B)

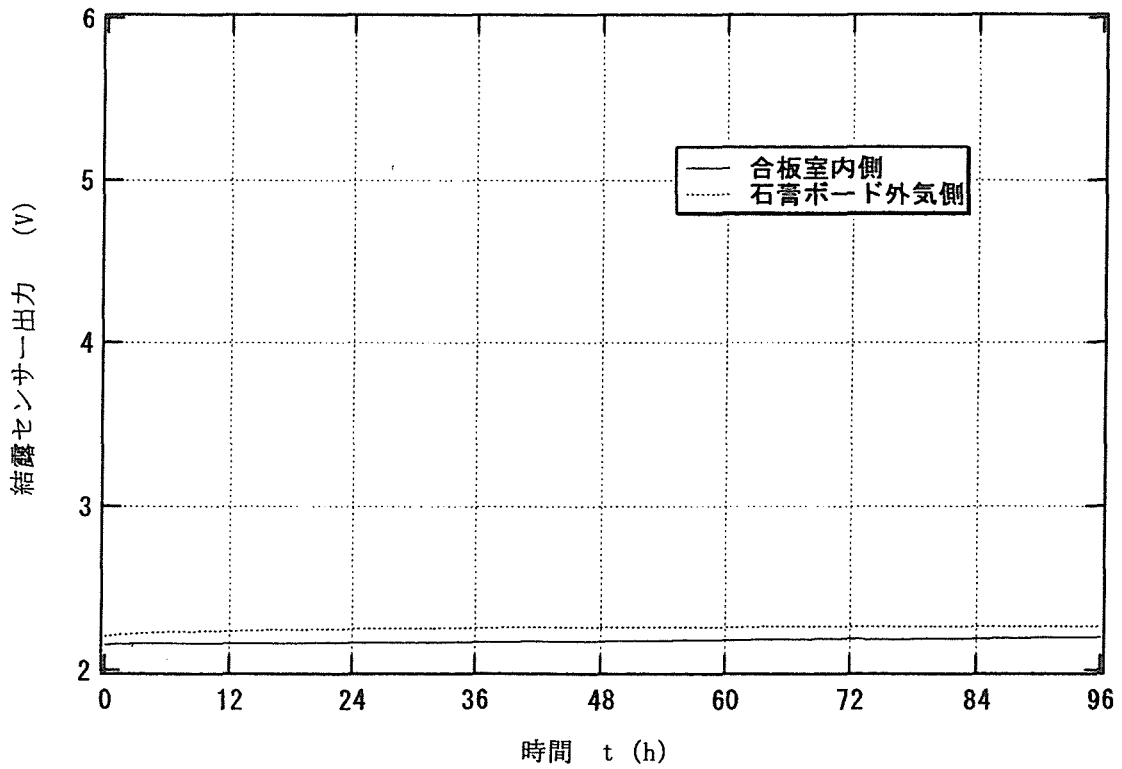


図-14 結露センサー出力 (冬型結露試験: TYPE-B)

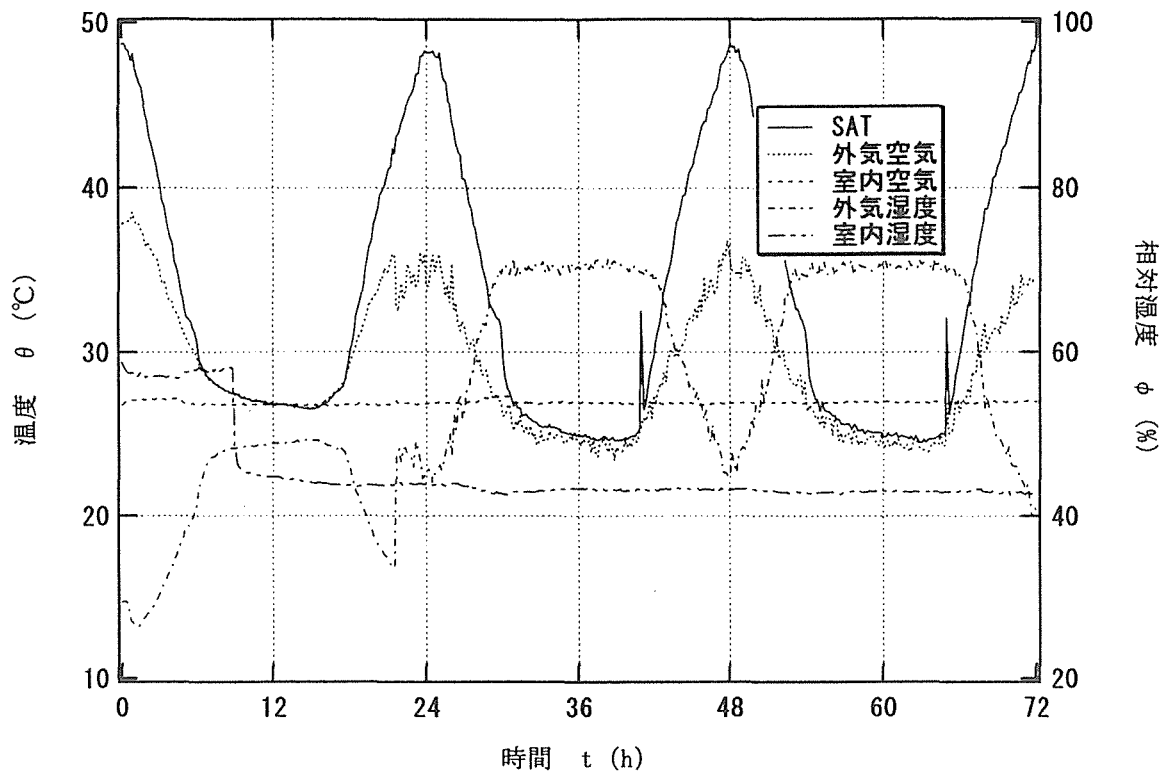


図-15 外気及び室内温湿度測定結果 (夏型結露試験: TYPE-C)

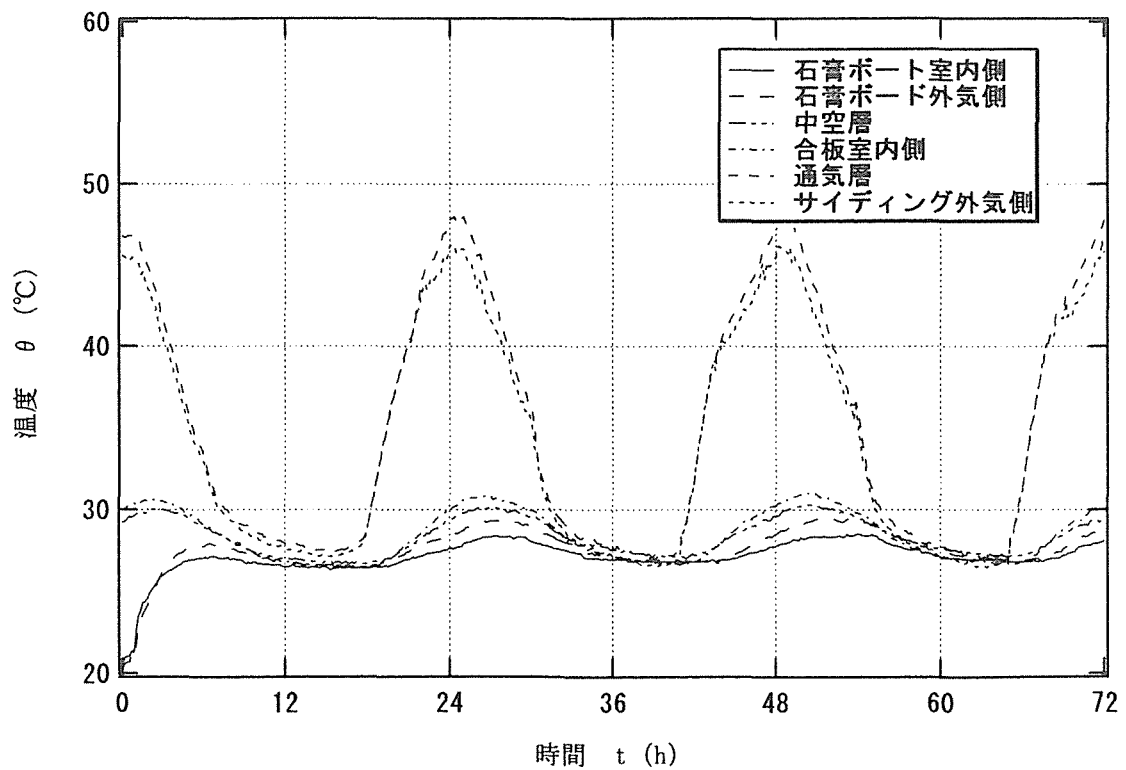


図-16 温度測定結果 (夏型結露試験: TYPE-C)

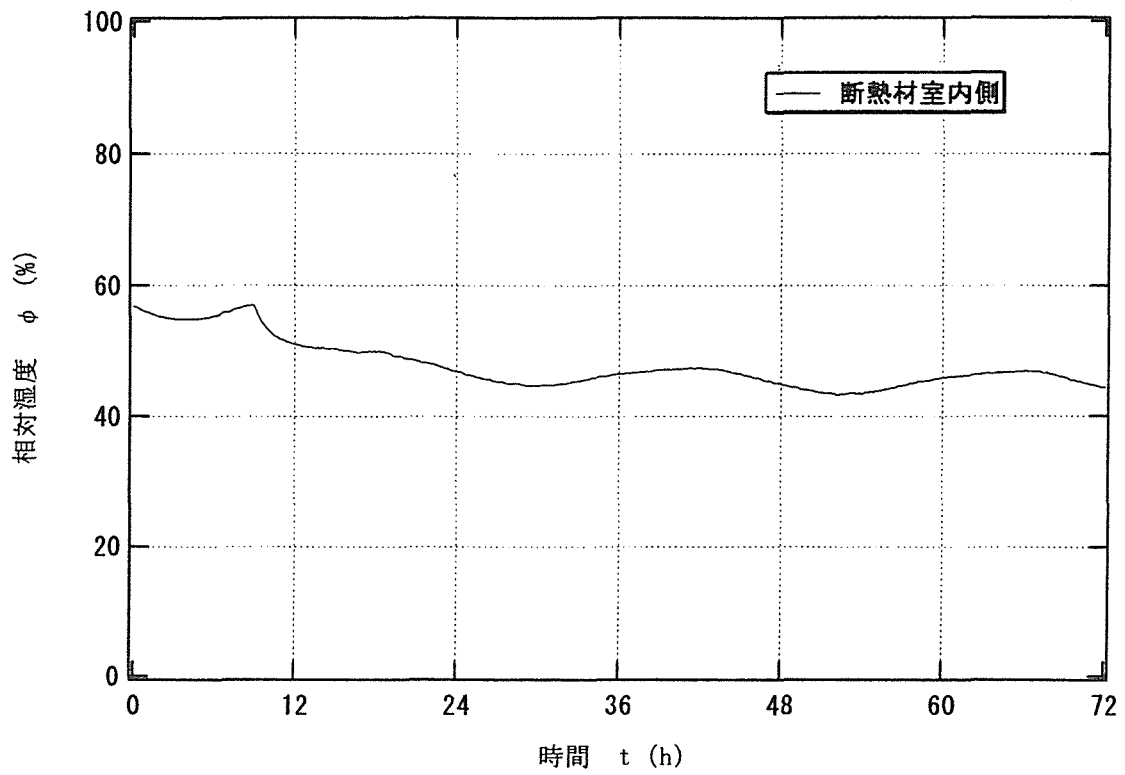


図-17 相对湿度測定結果 (夏型結露試験: TYPE-C)

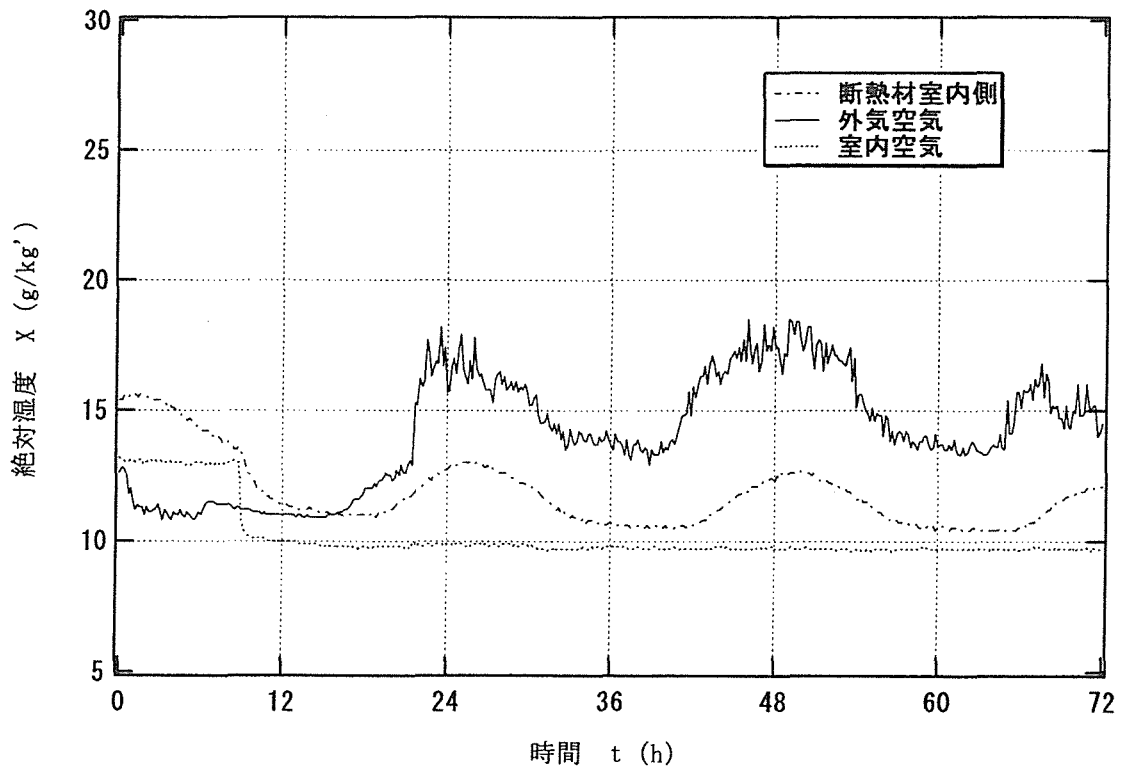


図-18 絶対湿度測定結果 (夏型結露試験: TYPE-C)

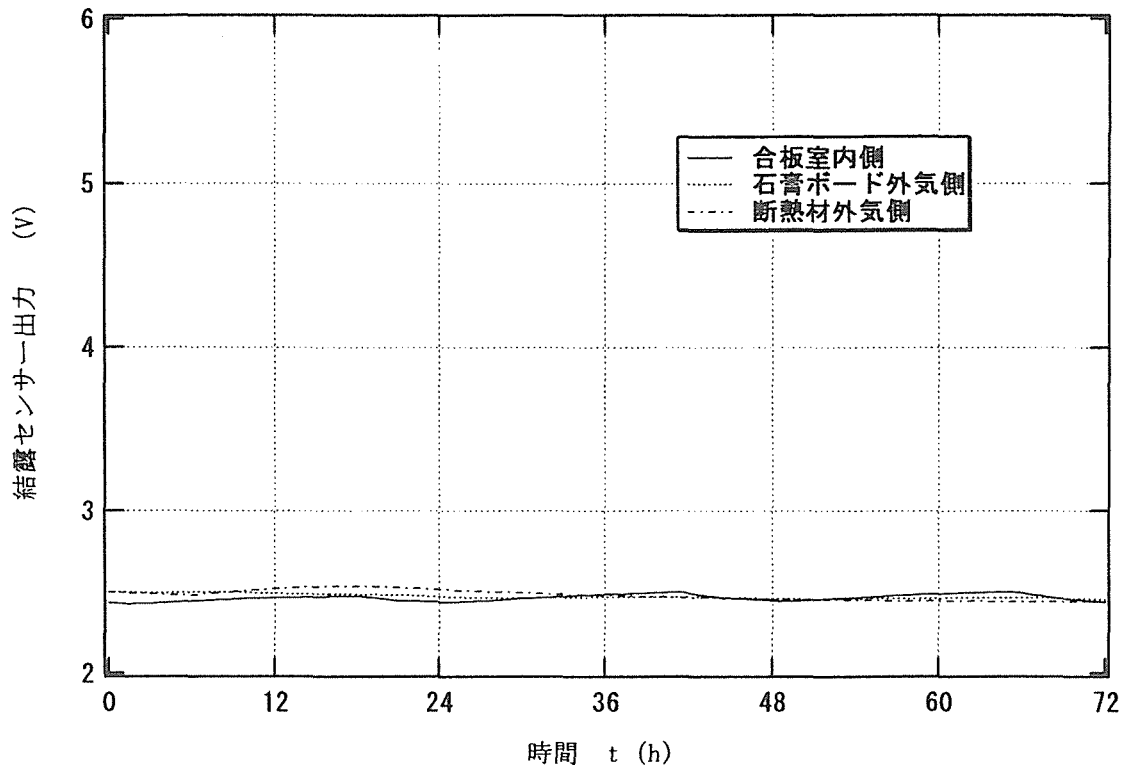


図-19 結露センサー出力 (夏型結露試験: TYPE-C)

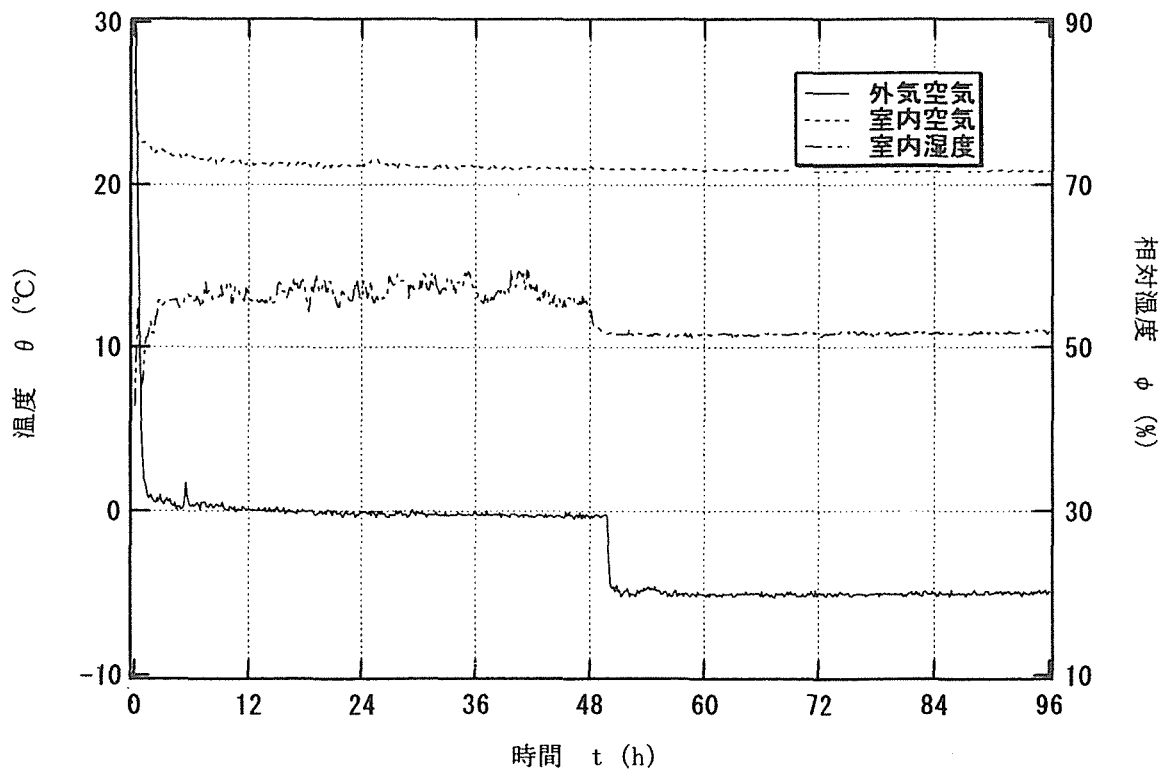


図-20 外気及び室内温湿度測定結果 (冬型結露試験: TYPE-C)

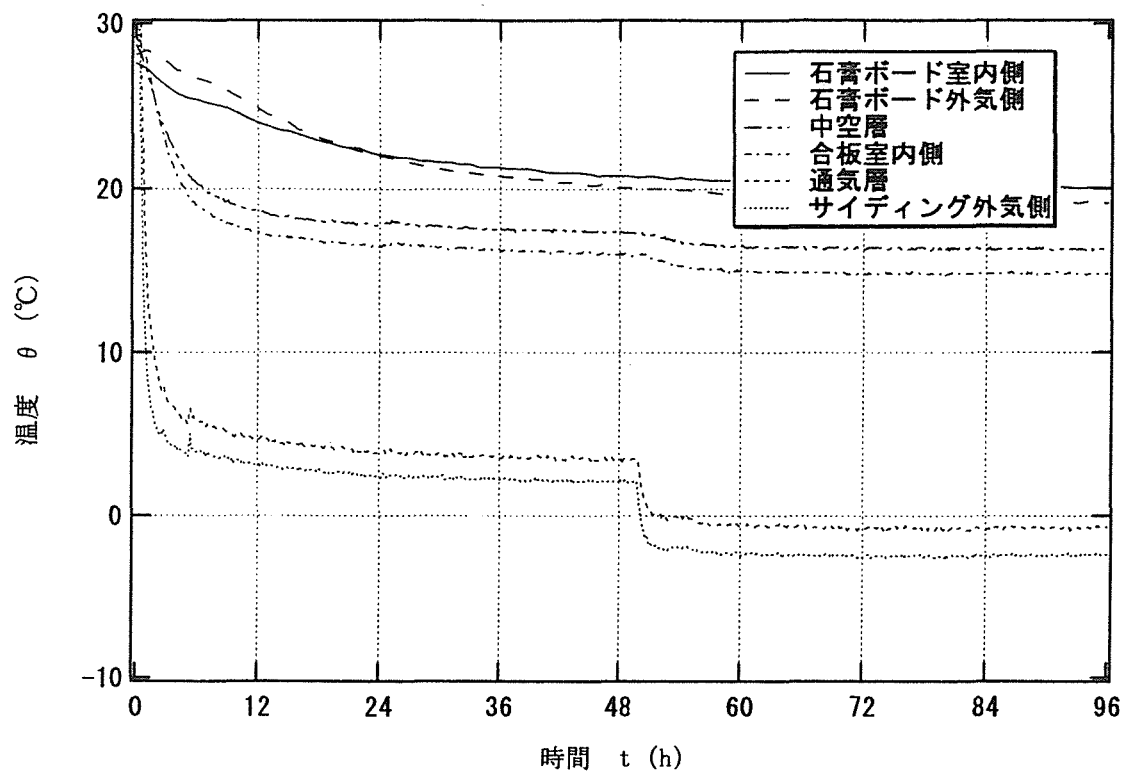


図-2 1 温度測定結果 (冬型結露試験 : TYPE-C)

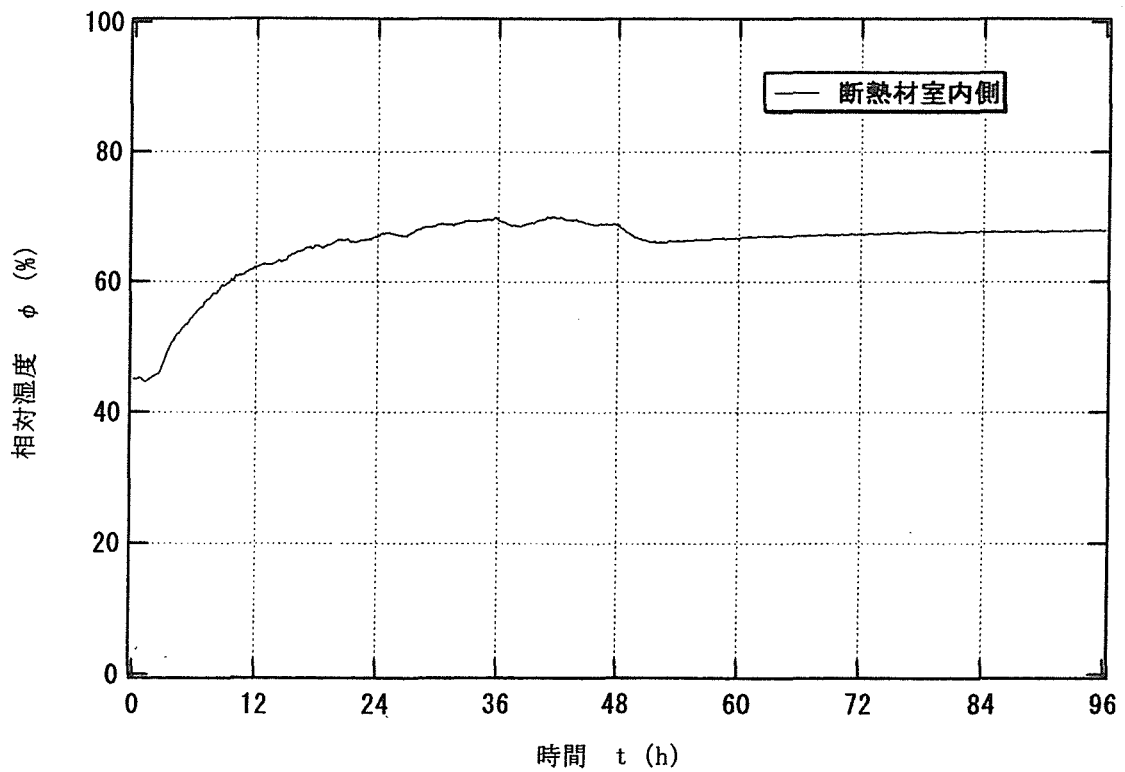


図-2 2 相対湿度測定結果 (冬型結露試験 : TYPE-C)

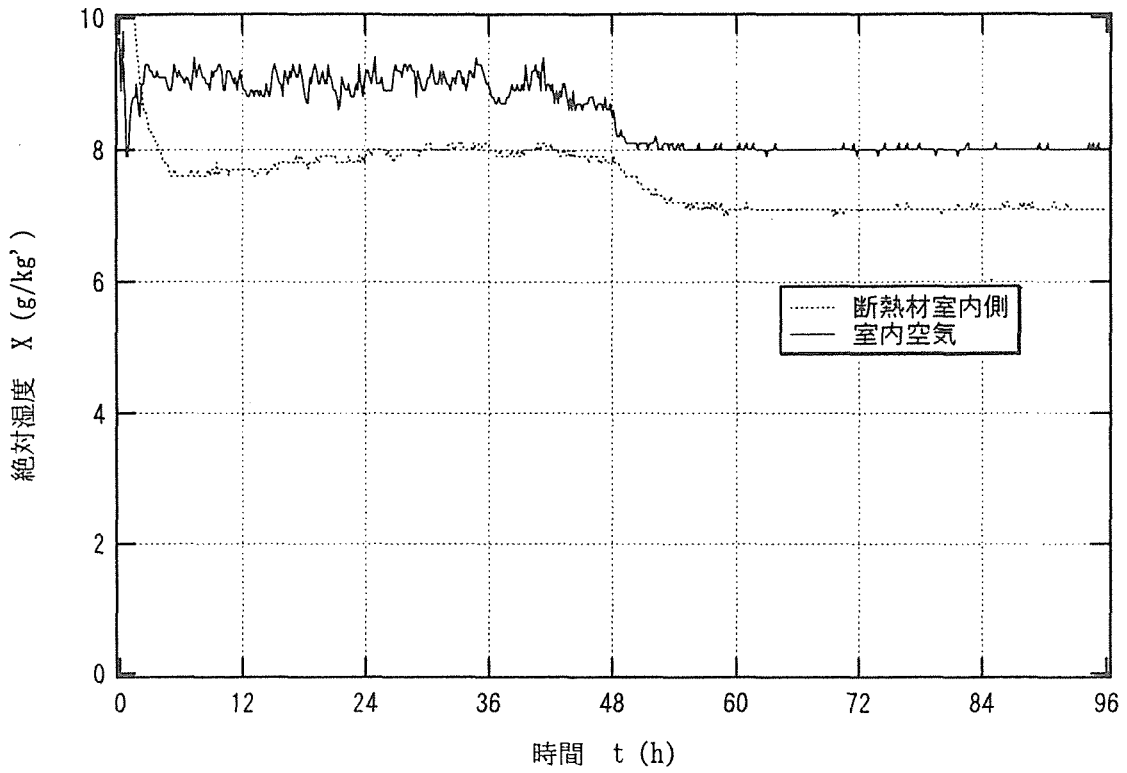


図-23 絶対湿度測定結果 (冬型結露試験: TYPE-C)

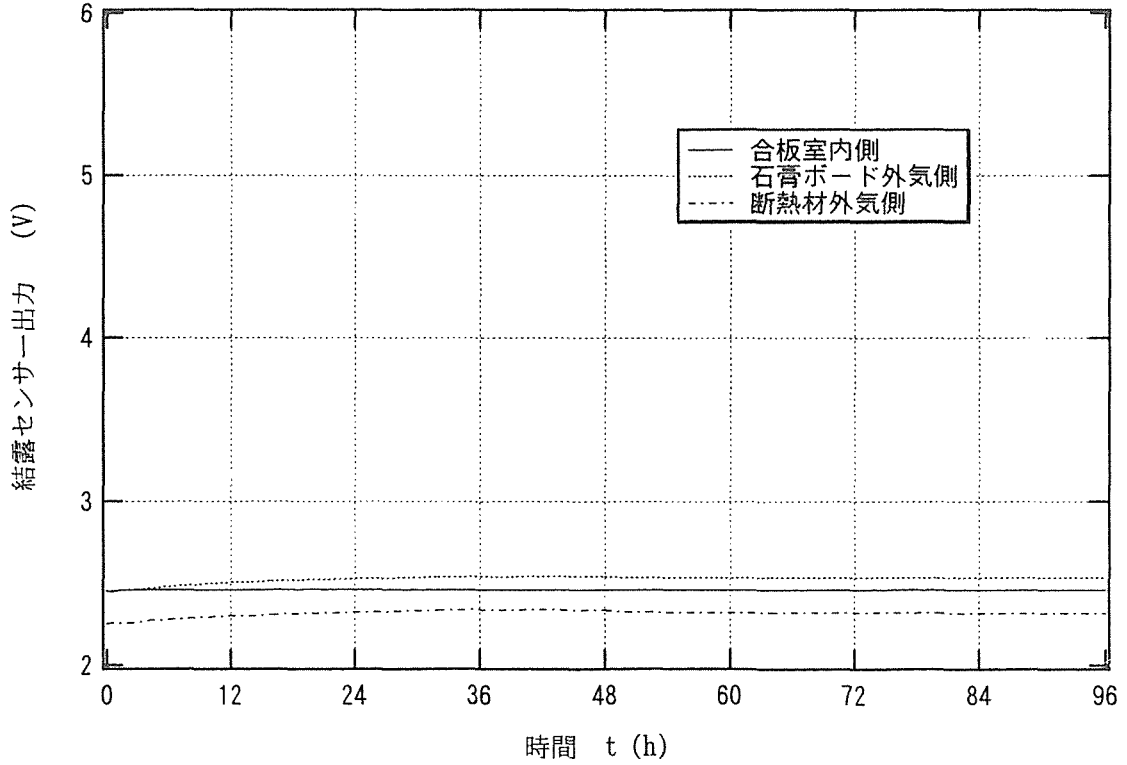


図-24 結露センサー出力 (冬型結露試験: TYPE-C)

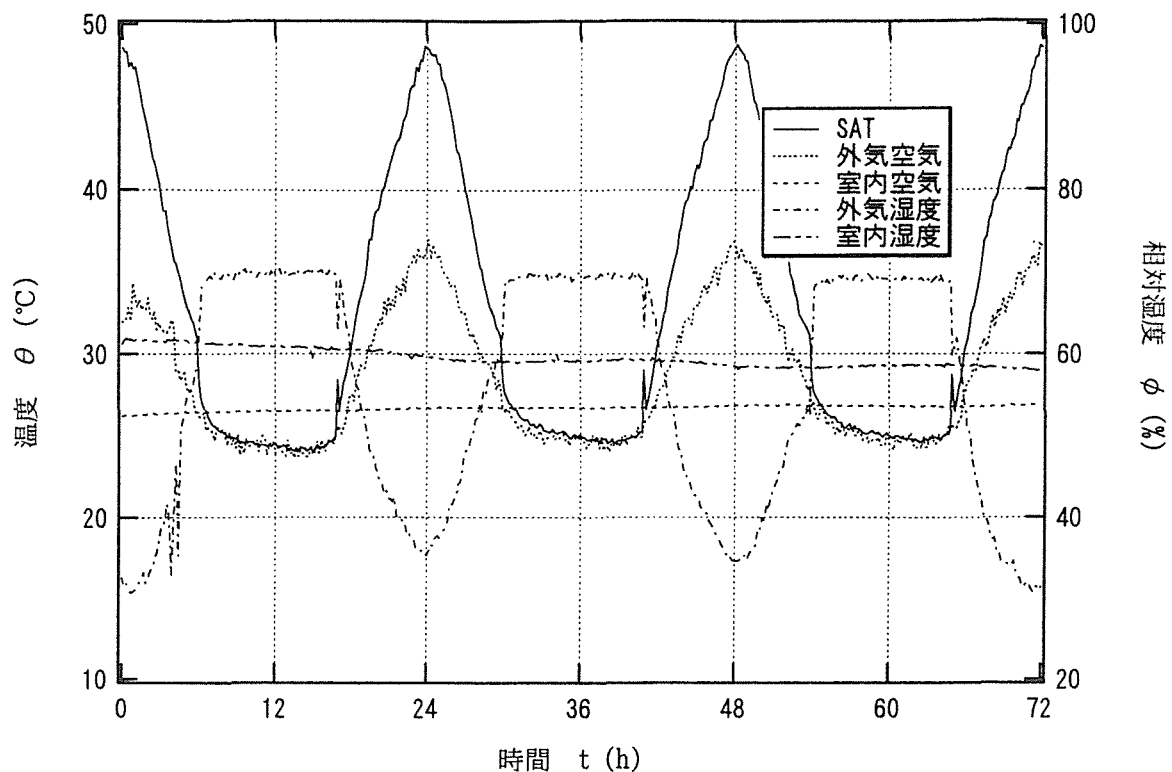


図-25 外気及び室内温湿度測定結果 (夏型結露試験: TYPE-D)

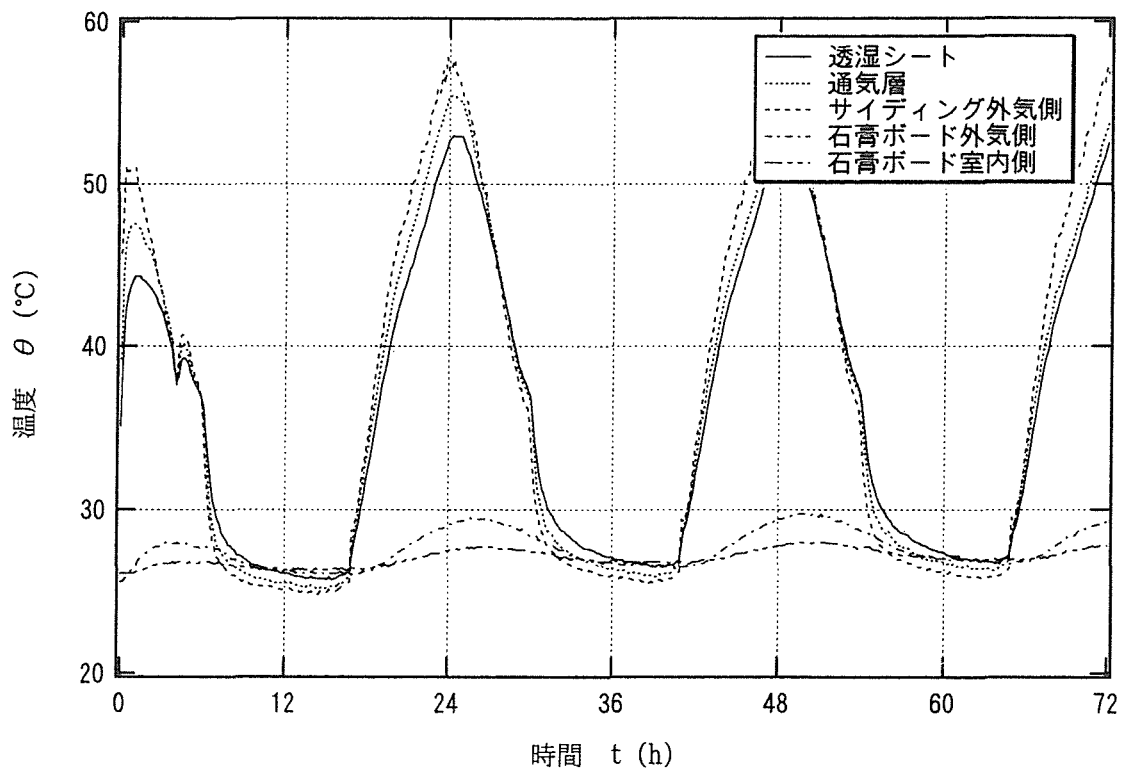


図-26 温度測定結果 (夏型結露試験: TYPE-D)

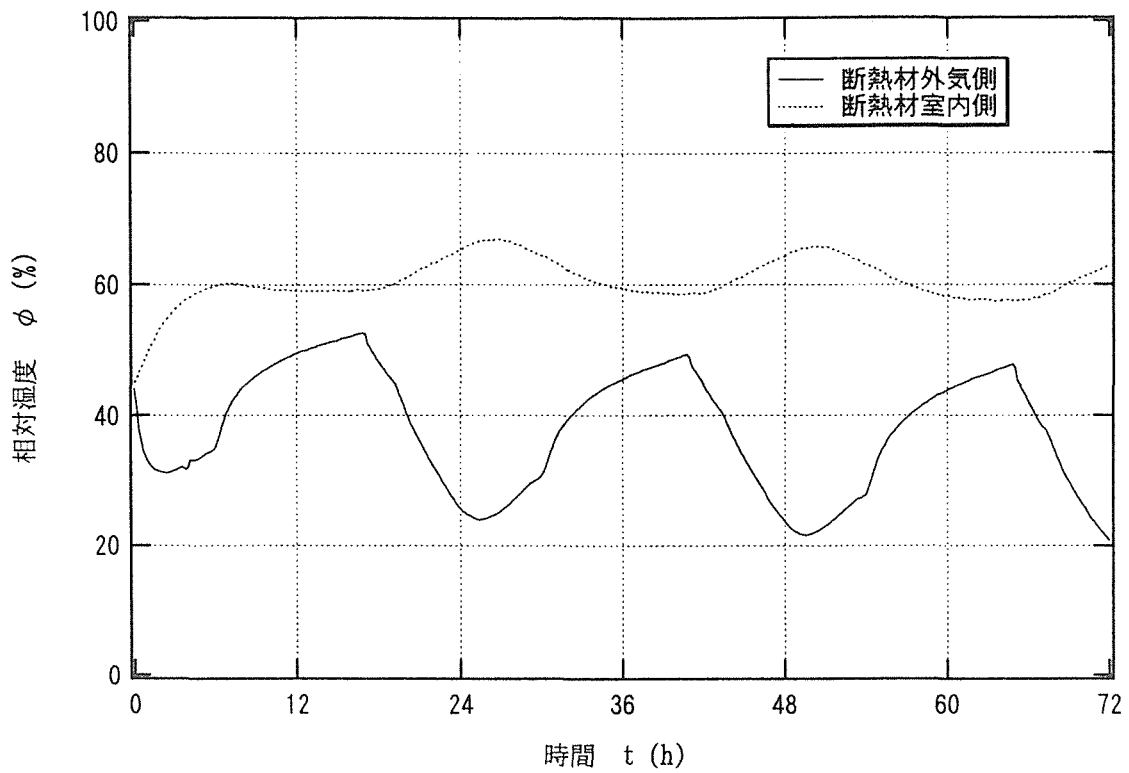


図-27 相对湿度測定結果 (夏型結露試験 : TYPE-D)

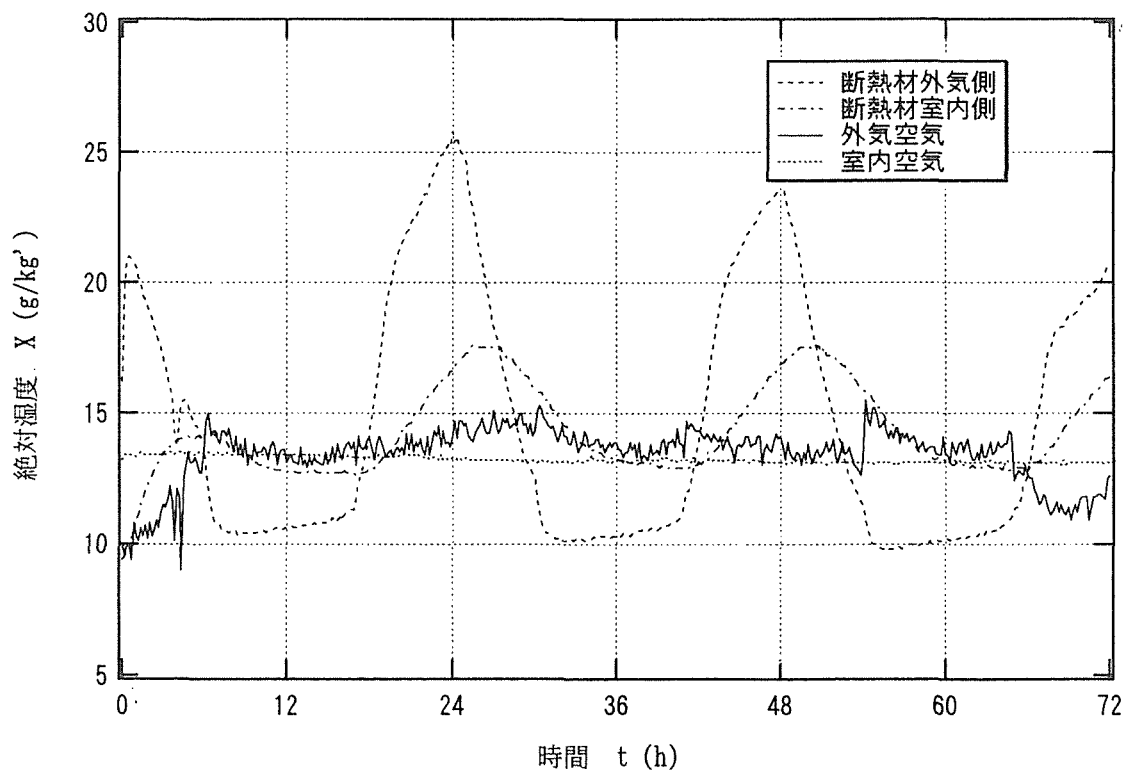


図-28 絶対湿度測定結果 (夏型結露試験 : TYPE-D)

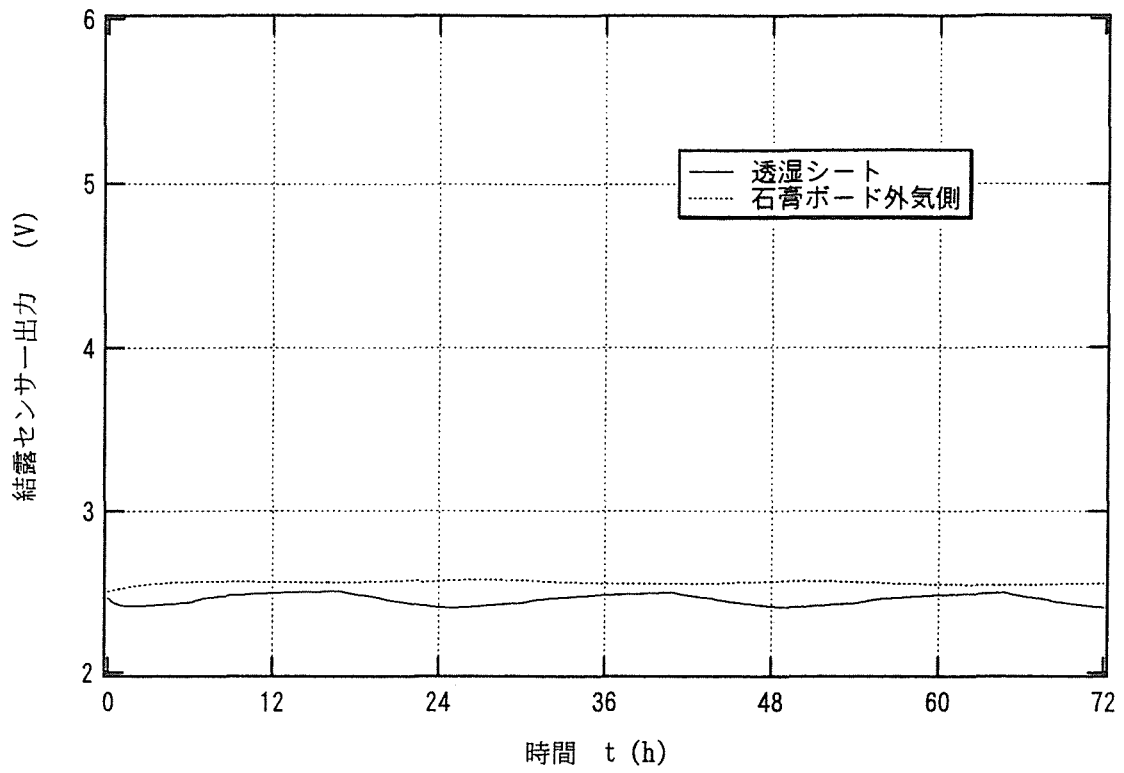


図-29 結露センサー出力 (夏型結露試験: TYPE-D)

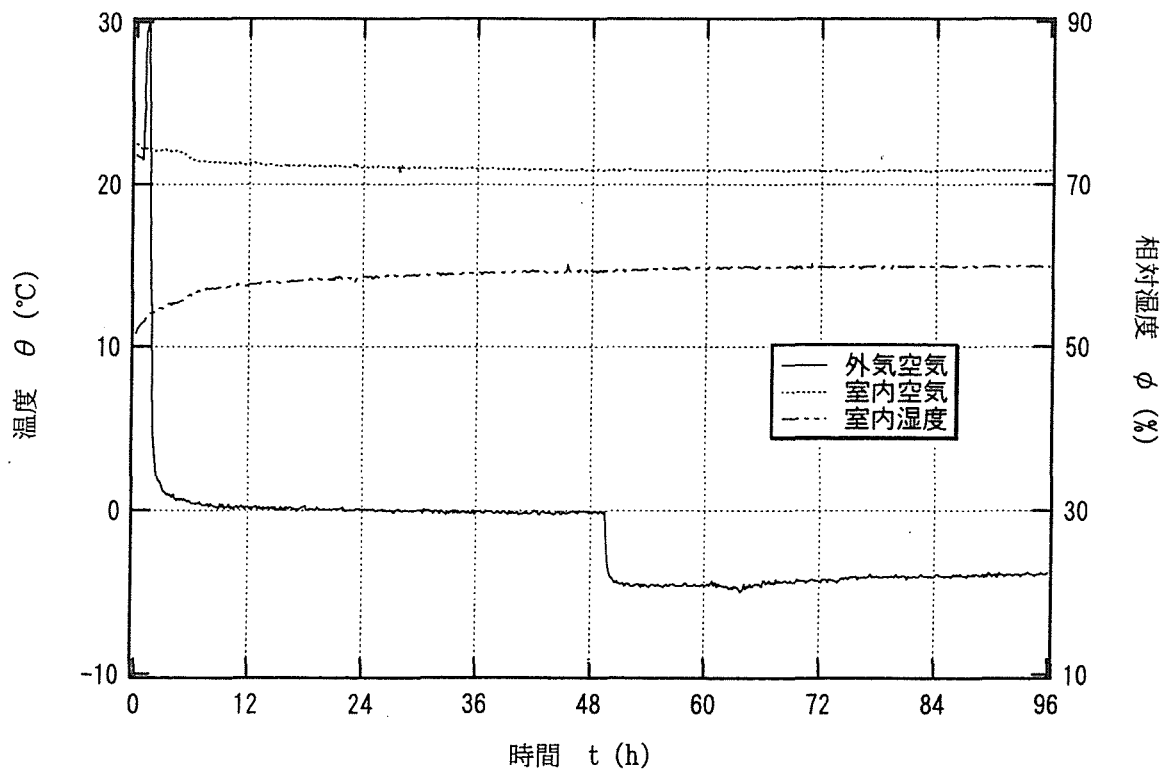


図-30 外気及び室内温湿度測定結果 (冬型結露試験: TYPE-D)

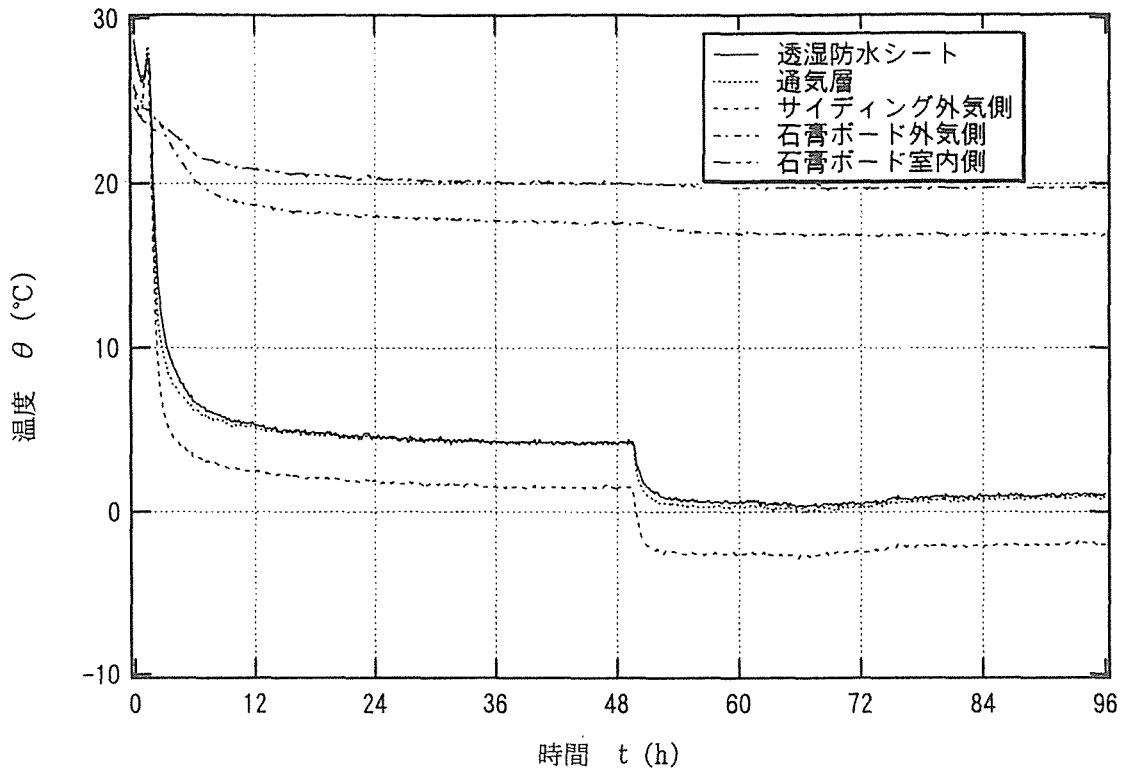


図-3 1 温度測定結果 (冬型結露試験 : TYPE-D)

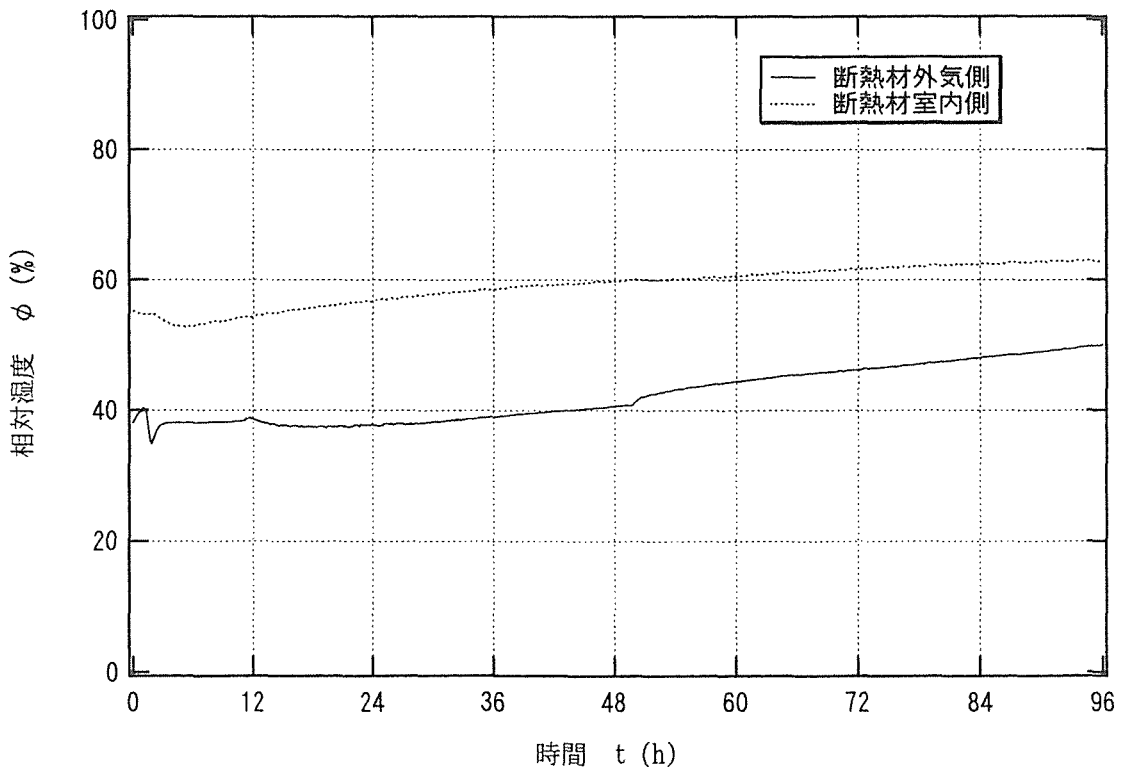


図-3 2 相対湿度測定結果 (冬型結露試験 : TYPE-D)

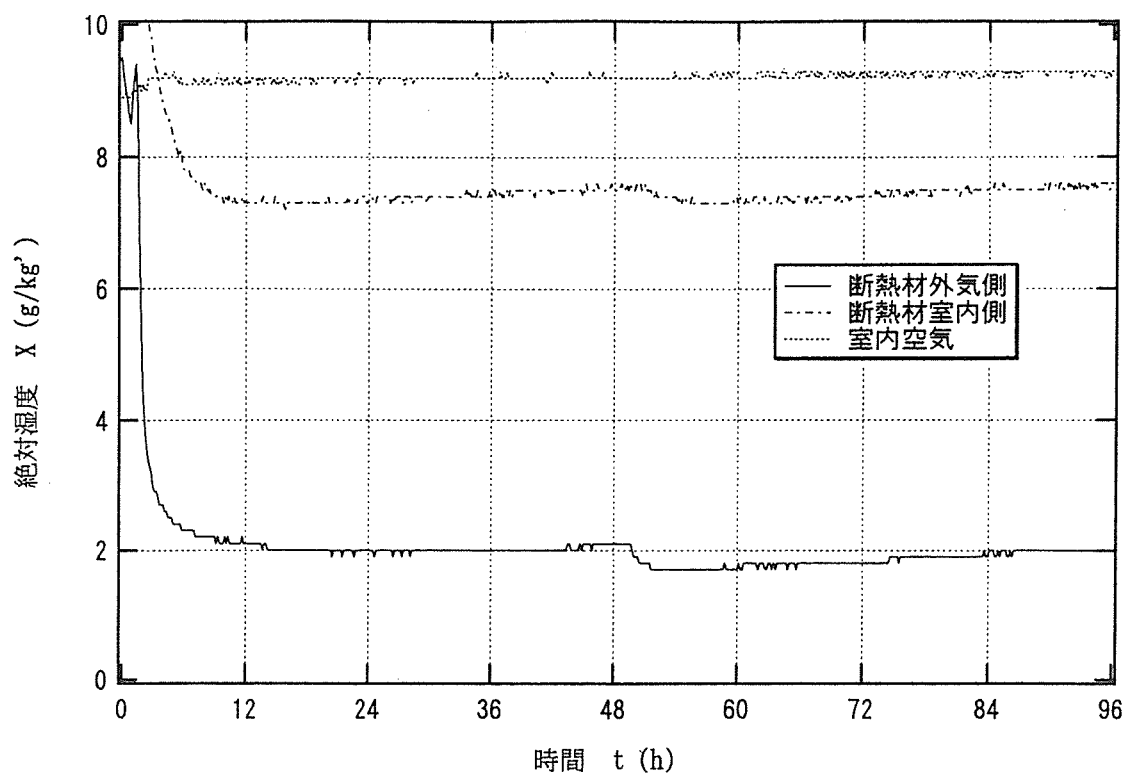


図-33 絶対湿度測定結果 (冬型結露試験: TYPE-D)

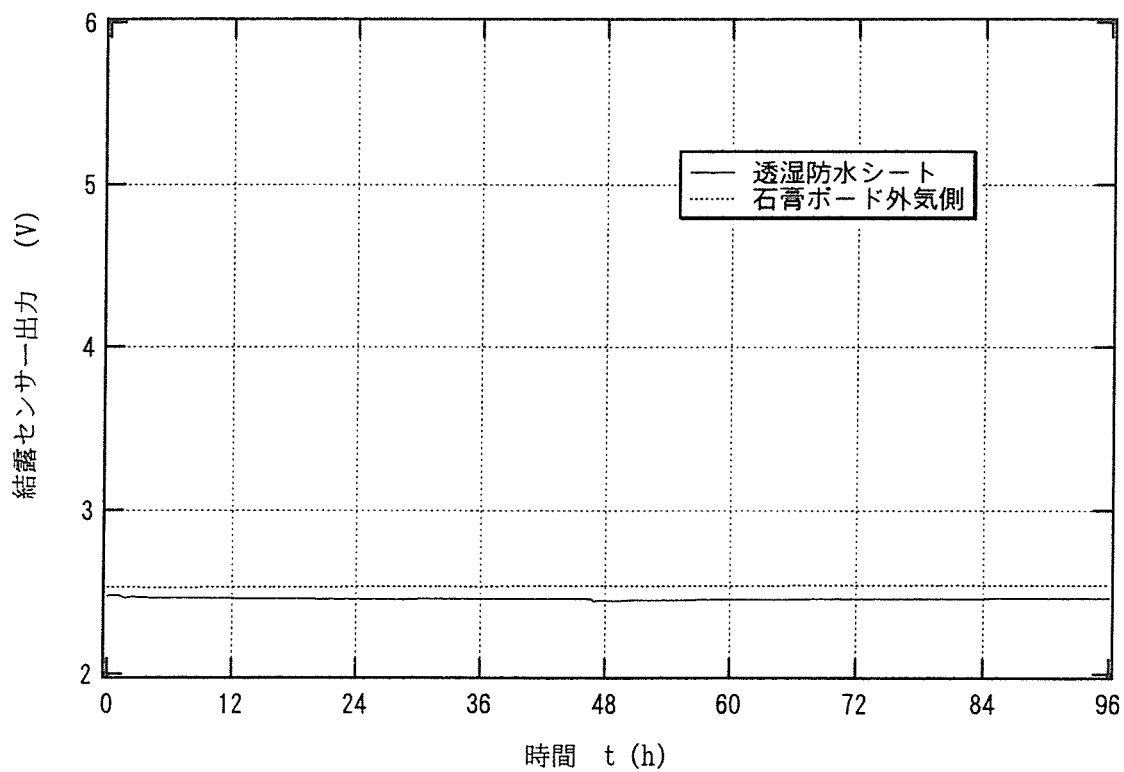


図-34 結露センサー出力 (冬型結露試験: TYPE-D)

4.2.2 含水率測定結果

冬型結露試験終了後の合板及び断熱材の含水率を図-35に示す。合板の含水率は、電気抵抗式の含水率計により測定した。また、断熱材は、試験終了後に50×50×25mm程度のピースを切り取り、乾燥前後の質量を測定し、含水率を算出した。

図-35は試験体を室内側から見た図であるが、合板及び断熱材の含水率ともに、枠材付近で高くなっている。特にTYPE-Bでは、試験体上部において含水率がやや高くなっている。

TYPE-B

9.4	8.9 (9.3)	8.9
8.5	8.7 (8.6)	8.3
8.0	8.4 (8.6)	7.9

TYPE-C

8.1	8.1 (7.9)	8.3
8.3	7.7 (7.8)	8.8
8.6	8.0 (7.9)	8.8

TYPE-D

	(7.4)	
	(6.9)	
	(7.6)	

数値は合板質量含水率 (%) を示す。
 () 内の数値は外気側の断熱材質量含水率 (%) を示す。

図-35 試験終了後の部材の含水率

4.2.3 定常結露計算結果

冬期の条件における定常結露計算結果を図-36～図-38に示す。図中の飽和絶対湿度は、冬型結露試験における温度測定値より試験体各部の温度低下率を求めて、任意の温度設定(外気温度5°C, 0°C, -5°C)における値を算出した。試験体の各構成部材の透湿抵抗は表-3に示す値を使用した。

定常結露計算によれば、TYPE-B 以外は、外気温度-5°Cにおいても結露は発生していない。一般に定常結露計算は安全側の結果を示すため、TYPE-C, TYPE-D については、施工上の問題などによる、室内空気の流入が無い限りは、冬型結露が発生する可能性はかなり小さいと考えられる。一方、TYPE-B は、断熱材外気側に構造用合板があるため、この部分で水蒸気移動が遮られ結露が発生する可能性がある。結露試験結果では、TYPE-B も結露の発生は見られなかったが、これは合板及び断熱材の湿気容量の影響によるものであると考えられる。本試験で用いた断熱材は、吸放湿性があるため、無機繊維断熱材に比べ結露発生を緩和する働きがあり、TYPE-B の適用範囲(気候地域)を詳細に検討する場合は、長期の試験又は気象データを用いた水分移動モデルによる非定常計算が必要である。

表-3 定常結露計算に用いた透湿抵抗値

材 料	透湿抵抗値 ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg} / \text{g}$)	備 考
伝達抵抗	0.1	—
石膏ボード	1.0	—
密閉中空層	0.25	—
断熱材	1.5*	厚さ 100mm あたり
合板	23.2	—

(注)1. 通気層は外気空気の流入があるため、結露計算上外気とみなし、通気層より外気側の透湿抵抗は無いものと仮定した。

2.* 断熱材の透湿抵抗は、セルローズファイバーの透湿抵抗を参考として仮定した。

室内側：20°C、60%RH
外気側：5°C、60%RH

室内側：20°C、60%RH
外気側：0°C、60%RH

室内側：20°C、60%RH
外気側：-5°C、60%RH

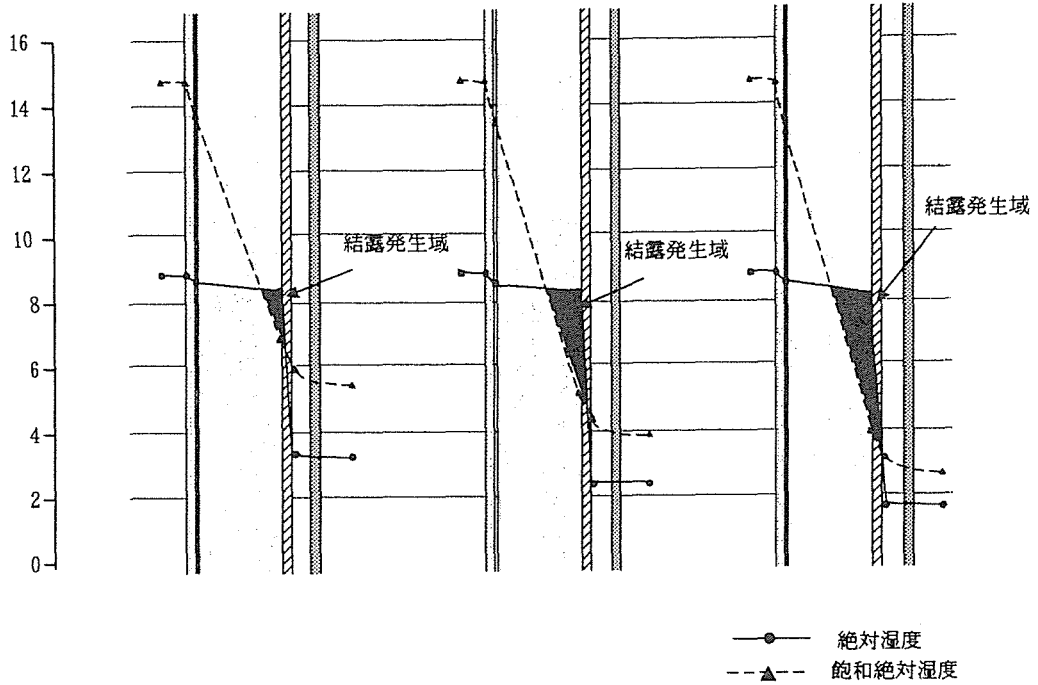


図-36 定常結露計算結果 (TYPE-B)

室内側：20°C、60%RH
外気側：5°C、60%RH

室内側：20°C、60%RH
外気側：0°C、60%RH

室内側：20°C、60%RH
外気側：-5°C、60%RH

絶対湿度 (g/kg³)

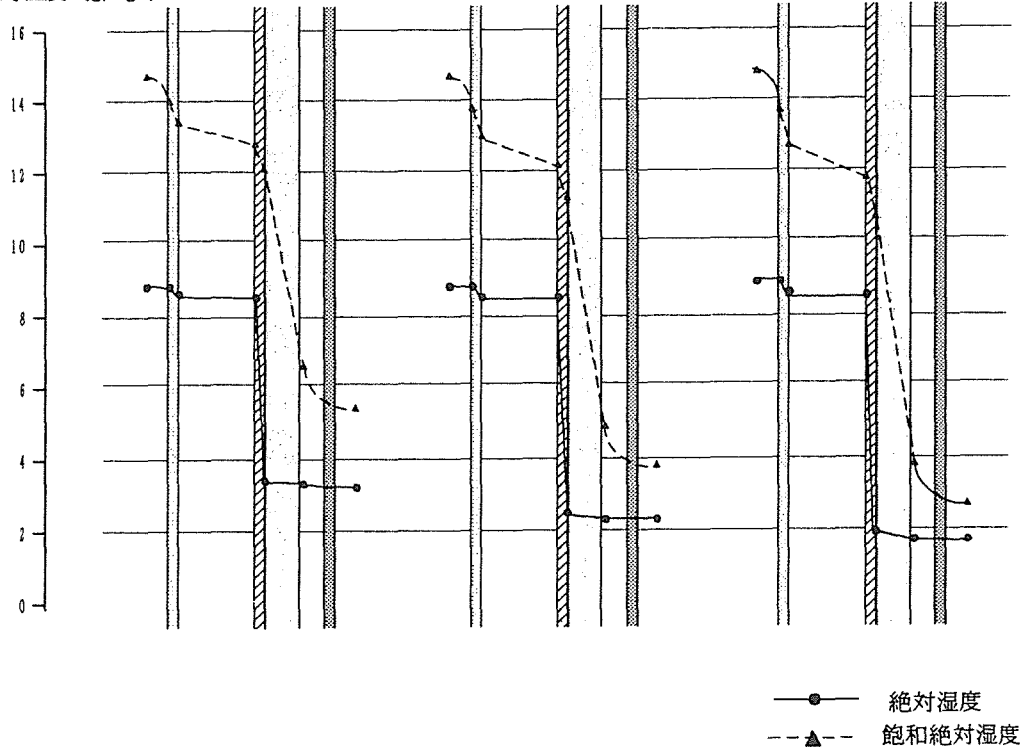


図-37 定常結露計算結果 (TYPE-C)

室内側：20°C、60%RH
外気側：5°C、60%RH

室内側：20°C、60%RH
外気側：0°C、60%RH

室内側：20°C、60%RH
外気側：-5°C、60%RH

絶対湿度 (g/kg')

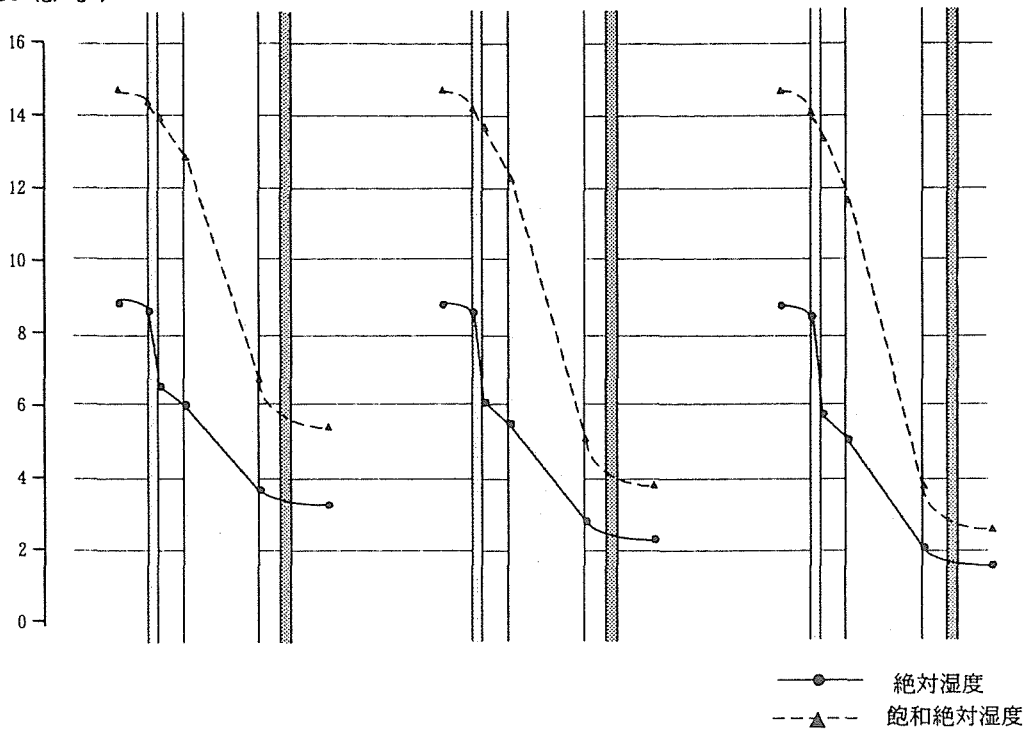


図-38 定常結露計算結果 (TYPE-D)

4.3 赤外線カメラによる温度分布測定

写真-1～写真-8に赤外線カメラによる温度分布測定結果及び測定部位を示す。写真は室内側から撮影したものであるが、各写真とも、試験体外周部分の温度が低くなっているが、これは試験体取付枠の影響であり、試験体自体の断熱性によるものではない。柱のある試験体中央部分は熱橋となるため、断熱材充填部分より若干低くなっているが、その差は約1°C程度であり、表面結露の発生等を引き起こす可能性は小さい。

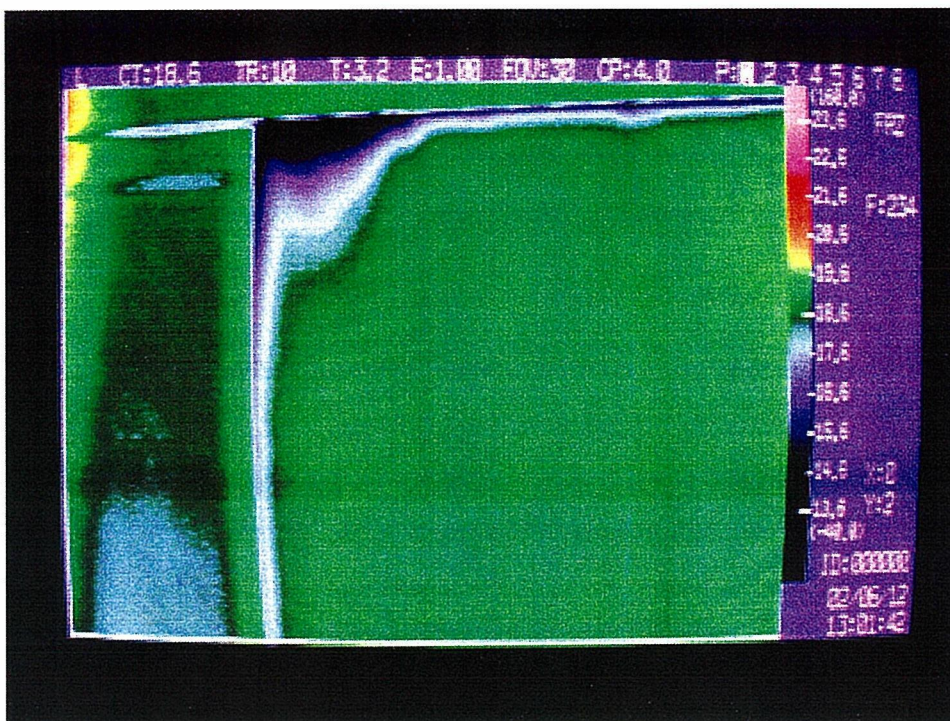


写真-1 温度分布測定結果 (TYPE-D:室内側より左上)

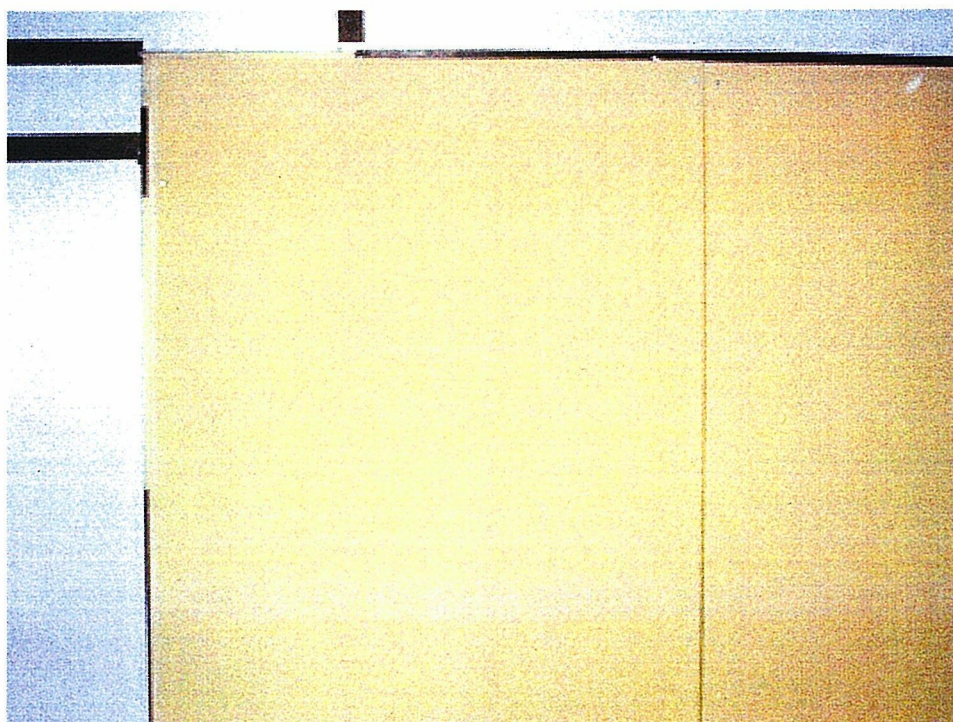


写真-2 温度分布測定位置 (TYPE-D:室内側より左上)

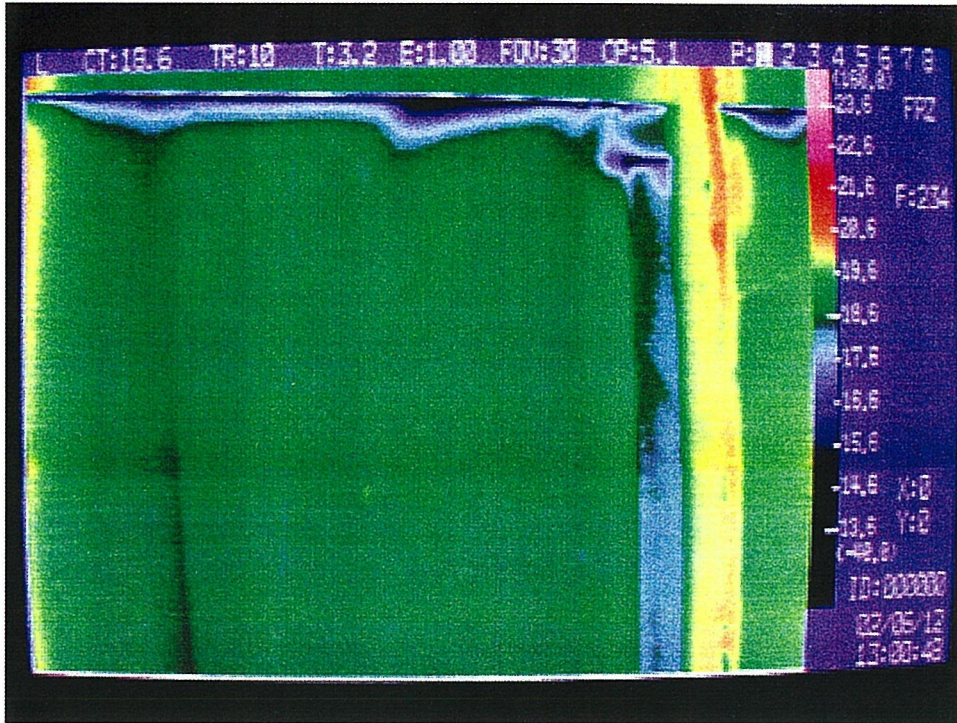


写真-3 温度分布測定結果 (TYPE-D：室内側より右上)



写真-4 温度分布測定位置 (TYPE-D：室内側より右上)

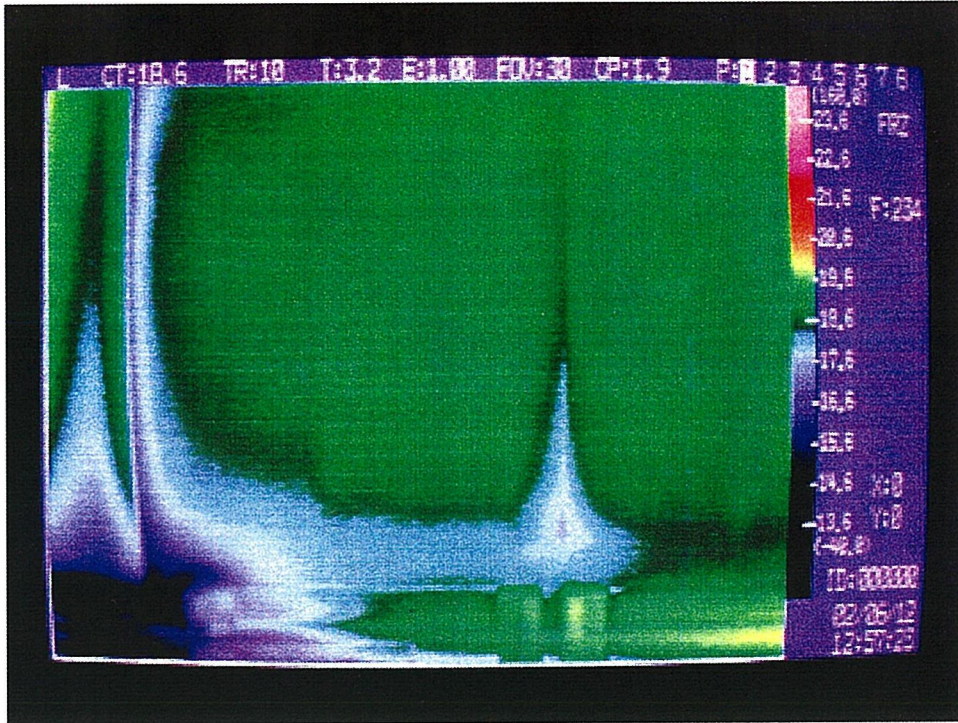


写真-5 温度分布測定結果 (TYPE-D:室内側より左下)

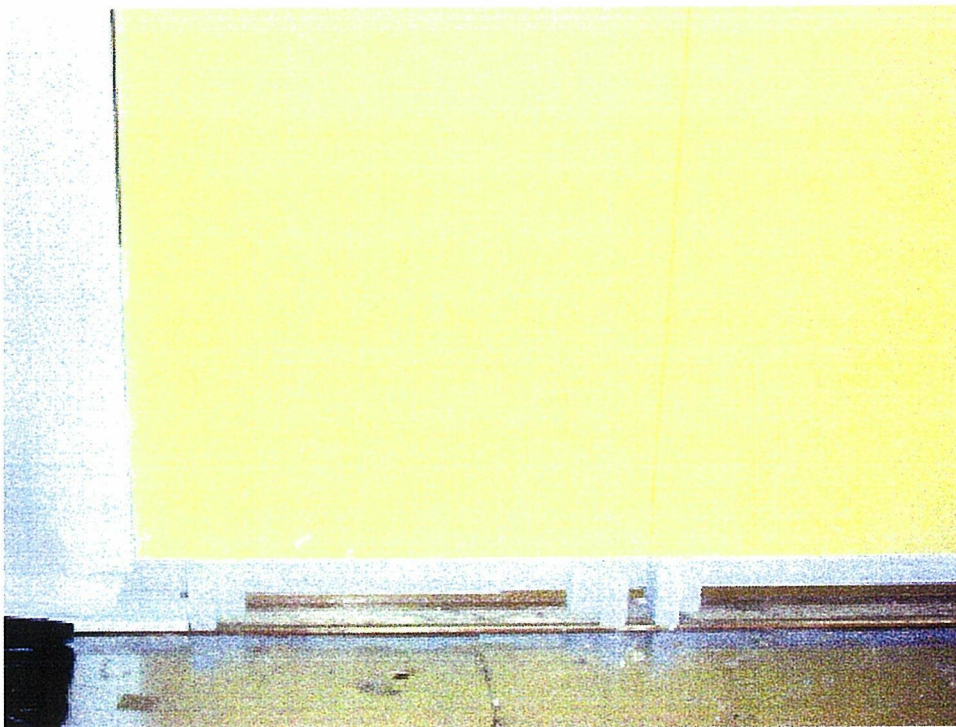


写真-6 温度分布測定位置 (TYPE-D:室内側より左下)

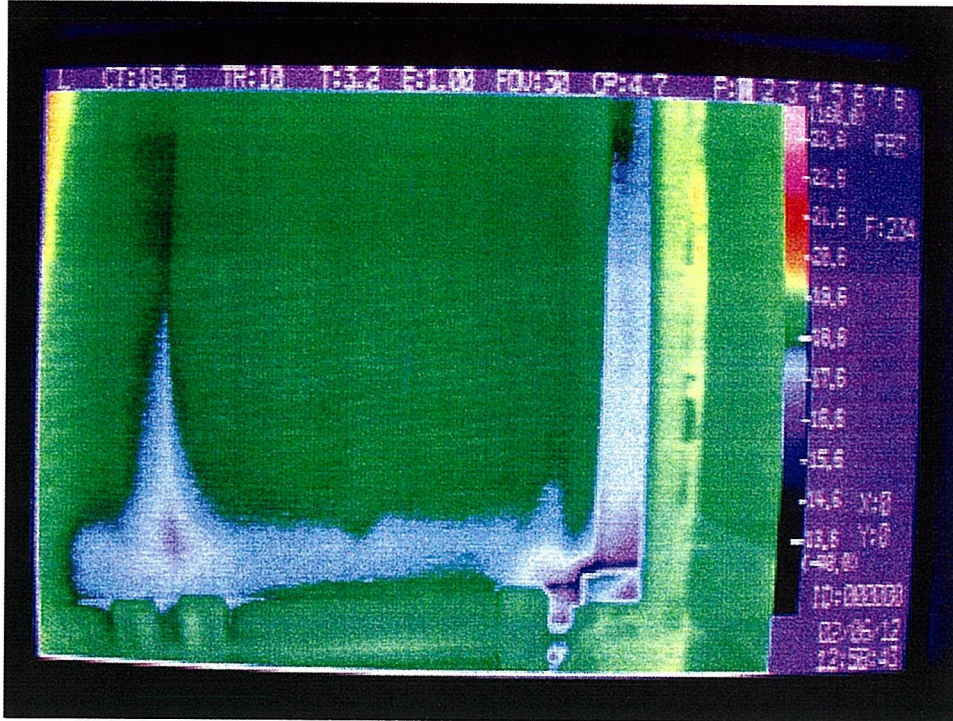


写真-7 温度分布測定結果 (TYPE-D: 室内側より右下)

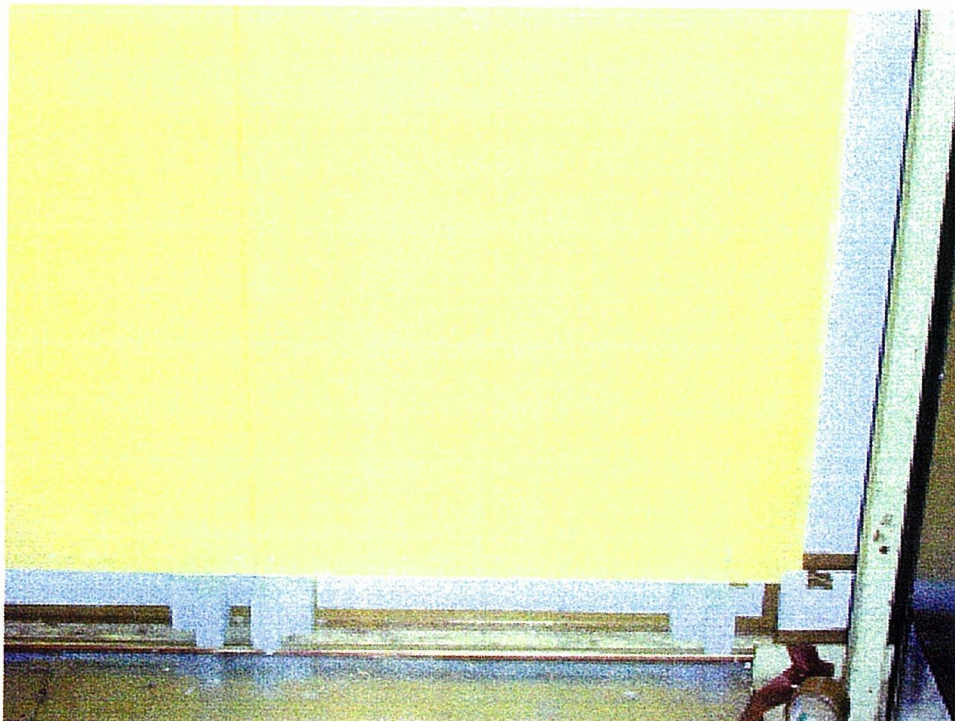


写真-8 温度分布測定位置 (TYPE-D: 室内側より右下)

5. 試験の期間, 担当者及び場所

期 間 平成14年 4月23日から
平成14年 6月20日まで

担 当 者 環 境 グ ル ー プ
試験監督者 黒 木 勝 一
試験責任者 藤 本 哲 夫
試験実施者 齋 藤 宏 昭

場 所 中 央 試 験 所

～目次～

- 1 はじめに
- 2 スギ樹皮木質系断熱材等を含めて使用する断熱住宅戸数の推定
 - 2.1 断熱区分Ⅲ地域で住宅性能として重視される「断熱性」とその割合
 - 2.2 在来軸組木造住宅で「断熱性」を重視する住宅戸数の推定
 - 2.3 東北6県において建築される在来軸組木造住宅のうち断熱住宅戸数推定
- 3 断熱住宅を建築する工務店調査
 - 3.1 池田建築所（能代市）
 - 3.2 熊谷工務店㈱（能代市）
- 4 スギ樹皮木質系断熱材等と既存断熱材との比較
 - 4.1 既存断熱材の市場現況
 - ① 断熱材の普及状況
 - ② 自然素材系断熱材の吸放湿性と気密の関係
 - 4.2 断熱材の物性比較
 - ① 熱伝導率
 - ② 年間暖冷房負荷計算による比較検証
 - 4.3 スギ樹皮木質系断熱材の価格比較
 - 4.4 省エネルギー基準への対応性
- 5 スギ樹皮木質系断熱材等の所見
（東京大学大学院工学系研究科 坂本雄三教授）

添付資料：

- 資料Ⅰ. 断熱区分Ⅲ地域における在来軸組木造住宅の着工戸数の推移
- 資料Ⅱ. スギ樹皮木質系断熱材等の SMASH(熱負荷計算プログラム)による
年間暖冷房負荷の計算
- 資料Ⅲ. IBEC の検証モデルプラン（延べ床面積 149 m²）

1 はじめに

本報告書は、アキモクボード®の開発したスギ樹皮木質系断熱材が在来軸組断熱住宅に用いられる可能性について、既存断熱材との性能比較や市場調査などを参考に考察した結果である。

まず、スギ樹皮木質系断熱材を用いて作成された試験壁体で、断熱区分Ⅲ地域の断熱住宅に用いた場合の壁体としての性能に関して言及した。すなわちスギ樹皮木質系断熱材を用いた試験体 Type-B, C, D について SMASH (熱負荷計算プログラム) を用いて計算し既存断熱材との比較をした。さらに、東北地域の断熱区分Ⅲ地域における断熱住宅の着工戸数を各種統計資料から推算、また工務店の聞き取り調査の結果を考慮してスギ樹皮木質系断熱材の市場規模を推定した。

2 スギ樹皮木質系断熱材を使用する可能性のある断熱住宅戸数の推定

2.1 断熱区分Ⅲ地域で住宅性能として重視される「断熱性」とその割合

建築主が住宅建築時に重視した1位の住宅性能には地域的な違いがある。東北地域の寒冷地において、住宅を新築するときに重視する住宅性能として「断熱性」を1位としてとりあげた割合がたかい。西日本地域においては断熱性よりも耐久性について重視する傾向が見受けられる。

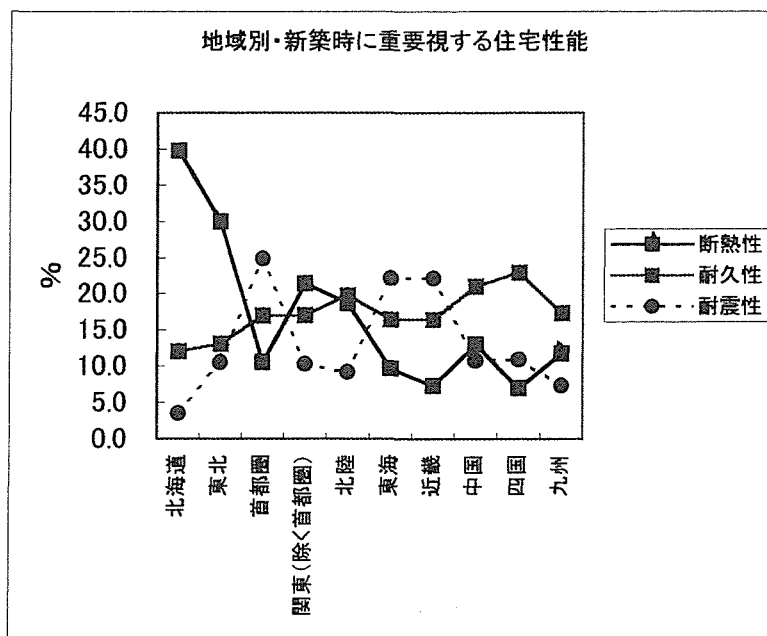


図1 住宅購入時に重視した1位の住宅性能 (地域別)

資料：平成12年度、住宅・建築主要データ調査報告書
住宅金融公庫編

地域別において、北海道地域では住宅購入時に重視する住宅性能の1位に断熱性をあげた割合は39.8%である。東北地域では30.0%である。断熱性を住宅建築時に要求性能の1位として選択するのは地域の気候風土に依存している。

このような住宅性能に対する選択特性からすると、東北地域においてスギ樹皮木質系断熱材を普及するには断熱住宅の市場規模の把握が必要であるので、まず地域の断熱住宅の着工戸数を推定する。

次いで、平成12年度、住宅・建築主要データ調査報告書から、東北地域における住宅購入時に重視した1位の住宅性能「断熱性」の割合を整理した。(表1 住宅購入時に重視した1位の住宅性能「断熱性」の割合)

断熱区分Ⅱ地域の青森県、秋田県、岩手県等において、1位に住宅性能「断熱性」を重視した割合は、それぞれ青森県50.0%、秋田県36.1%、岩手県34.0%等である。断熱区分Ⅲ地域の宮城県36.1%、山形県25.8%、福島県22.1%等である。

表1 住宅購入時に重視した1位の住宅性能「断熱性」の割合

単位：%

	断熱性	気密性	耐久性	日当たりのよさ	耐震性
青森県	50.0	2.4	7.3	9.8	7.3
岩手県	34.0	5.3	8.5	19.1	5.3
宮城県	36.1	3.3	-	6.6	6.6
秋田県	36.1	3.3	16.4	6.6	6.6
山形県	25.8	-	8.1	16.1	14.5
福島県	22.1	4.1	14.8	19.7	10.7

資料：平成12年度、住宅・建築主要データ調査報告書
住宅金融公庫編

このような東北地域における断熱住宅に対する高い選択嗜好性は、スギ樹皮木質系断熱材を用いた住宅断熱工法が在来軸組住宅の市場において消費者から認知される可能性があることを示している。(資料1.1-5.東北6県内で断熱区分Ⅲ地域において建築された断熱住宅戸数の推定)

2.2 在来軸組木造住宅で「断熱性」を重視する住宅戸数の推定

① 秋田県、青森県、岩手県等で断熱区分Ⅲ地域の在来軸組木造住宅戸数

秋田県、青森県、岩手県等の三県は殆どが断熱区分Ⅱ地域であるが、断熱区分Ⅲ地域に区分されている市町村がある。この地域における在来軸組木造住宅戸数は平成12年度の住宅着工統計を基準として推定する。

断熱区分Ⅲ地域は郡部に偏っているため、県全体としての在来軸組住宅の割合からすると低めになる。

② 秋田県、青森県、岩手県等における在来軸組木造住宅の断熱住宅戸数の推定

秋田県、青森県、岩手県等の三県の断熱区分Ⅲ地域における在来軸組木造住宅で断熱住宅を建築する戸数を推定した。

平成12年度の住宅着工統計を基準とすると在来軸組木造住宅戸数は下表のように5,979戸である。（資料1.1-1.秋田県の場合③、1-2.青森県の場合③、1-3.岩手県の場合③）

表-2 秋田 青森 岩手県における在来軸組木造住宅数

	断熱区分Ⅲ地域の住宅着工戸数（戸）	在来軸組住宅の割合（％）	断熱区分Ⅲ地域で在来軸組の住宅戸数（戸）
秋田県	4,318	70.0	3,022
青森県	2,762	71.9	1,985
岩手県	1,623	59.9	972
計	8,703	(68.8)	5,979

断熱区分Ⅲ地域の在来軸組木造住宅の戸数に対して、それぞれの県で住宅建築する場合に1位に重視する住宅性能の「断熱性」の割合が、断熱住宅を建築する割合として算出された。

この計算から秋田県、青森県、岩手県における在来軸組木造住宅で断熱住宅を建築する住宅戸数は下表のように2,412戸となる。（資料1.1-1.秋田県の場合⑤、1-2.青森県の場合⑤、1-3.岩手県の場合⑤）

表－3 在来軸組木造住宅における断熱住宅数

	断熱区分Ⅲ地域の 在来軸組木造住宅（戸）	重要視1位の断熱 性の割合（％）	断熱住宅の推計 （戸）
秋田県	3,022	36.1	1,090
青森県	1,985	50.0	992
岩手県	972	34.0	330
計	5,979	(40.3)	2,412

③ 宮城県、山形県、福島県における断熱住宅戸数の推定

断熱性区分Ⅲ地域の宮城県、山形県、福島県等の三県において断熱住宅を建築する住宅戸数は下表のように6,381戸と推計された。（資料1.1-4.2）宮城県、山形県、福島県等三県の在来軸組木造住宅で断熱性を重視する住宅戸数の推定①）

表－4 宮城 山形 福島県における在来軸組木造住宅数

	断熱区分Ⅲ地域の 在来軸組木造住宅（戸）	重要視1位の断熱性 の割合（％）	断熱住宅の推計 （戸）
宮城県	8,444	36.1	3,048
山形県	5,638	25.8	1,454
福島県	8,503	22.1	1,879
計	22,585	(28.3)	6,381

2.3 東北6県において建築される在来軸組木造住宅のうちの断熱住宅戸数推定

秋田県、青森県、岩手県等の断熱区分Ⅱ地域で断熱区分Ⅲ地域として区分されたの在来軸組木造住宅及び宮城県、山形県、福島県等の断熱区分Ⅲ地域において在来軸組木造住宅の合計戸数は28,564戸である。

在来軸組木造住宅で住宅建築する場合、断熱性を重視する1位の割合で断熱住宅を建築するものと仮定すると、断熱住宅の戸数は8,974戸と下表のように推定できる。

（資料1.1-5. 東北6県内で断熱区分Ⅲ地域において建築された断熱住宅戸数の推定）

表－5 東北6県における在来軸組木造断熱住宅数

	在来軸組木造住宅戸数 (戸)	重要視1位の断熱性 の割合 (%)	予想断熱住宅戸数 (戸)
秋田県	3,022	36.1	1,090
青森県	1,985	50.0	992
岩手県	972	34.0	330
宮城県	8,444	36.1	3,048
山形県	5,638	25.8	1,454
福島県	8,503	22.1	1,879
計	28,564	(31.4)	8,974

平成12年度 公庫個人住宅・割増融資利用率を見ると、東北地域に都市部における省エネルギー住宅工事の融資は住宅を新築する時に1位に重視した住宅性能「断熱性」の割合よりも利用率が高くなっている。

このような省エネ住宅工事の割増融資利用率から推定すると、実際の断熱住宅の建築戸数は推定した戸数よりも多く、推定戸数は最低限の戸数と考えられる。

表－6 公庫個人住宅・割増融資利用率

	省エネ住宅工事 割増融資利用率 (%)
青森市	68.6
秋田市	33.5
宮古市	24.1
仙台市	53.7
山形市	49.1
福島市	51.1

資料：都道府県別・都市別、地域住宅データ、2001
(財)住宅金融普及協会

3 断熱住宅を建築する工務店調査

スギ樹皮木質系断熱材を断熱住宅に利用する可能性につき、秋田県内において断熱住宅を建築している工務店を訪問し、実情を伺った。

断熱住宅を建築している工務店としては、スギ樹皮木質系断熱材の試験体のように「防湿シートなし・筋交いなしで構造用合板による耐力壁構造」が断熱住宅施工の省力に貢献する合理化工法と見ている。

3.1 池田建築所（能代市）

- ① 池田建築所は年間 10 棟程度の住宅建築を請負し、全て断熱住宅である。
- ② 断熱住宅は昭和 61 年頃から施主に薦めているということであったが、そのコンセプトはつぎのような事である。
 - * 省エネルギー住宅
 - * 結露しない耐久性のある住宅
 - * 生活するのに寒さを感じない室内環境の提案
- ③ 断熱材にはグラスウール、発泡ポリウレタンなどを使用していた。最近では健康住宅志向から木質インシュレーションを試験的に使用している。
- ④ 結露防止のため室内側に防湿シートを施工する。施工精度、施工工数を考慮すると、「防湿シートなし」工法が採用できれば品質の向上及び施工の合理化につながると考えている。
- ⑤ スギ樹皮木質系断熱材については、防湿シートなし・筋交いなしで構造用合板による耐力壁構造を持つ在来軸組に適用できれば施工の合理化及び断熱性向上につながるのを期待している。

3.2 熊谷建設(株)（能代市）

- ① 熊谷建設(株)は能代市を中心として、年間 10 棟程度の住宅建築を行っている。
- ② 断熱住宅は平成 7 年頃から建築を始めている。
- ③ 断熱の仕様は新住協会員として、北海道地区の断熱住宅を基本仕様として採用している。
 - * 新在来木造構造マニュアル（新木造住宅研究協議会編）
 - * 北方型住宅の熱環境計画（北海道住宅リホームセンター編）
- ④ 断熱住宅により、施主からは冬の生活が楽になったと評価されている。
- ⑤ 断熱施工の場合、防湿シート貼りに工数を必要とし、防湿シートなしの断熱施工が可能であれば施工の合理化になる。

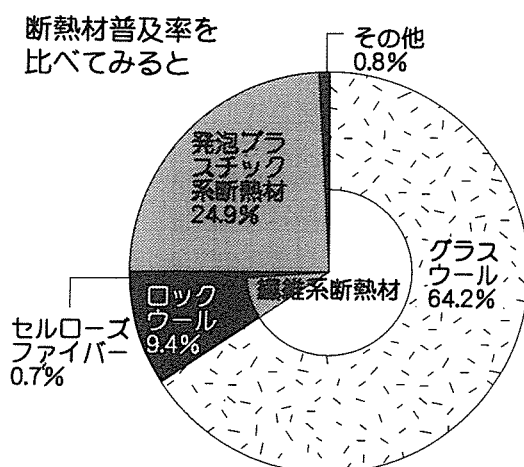
4 スギ樹皮木質系断熱材と既存断熱材との比較

4.1. 断熱材の市場現況

① 断熱材の普及状況

住宅で使用されている断熱材を大きく分けると、繊維系と発泡プラスチック系に分けられ、繊維系はグラスウール、ロックウール、セルローズファイバー、インシュレーションボードなどに分けられる。その中で最も使われている断熱材はグラスウールで、硝子繊維協会による国内の断熱材の普及率調査では、住宅用として使われている断熱材の64%をグラスウールが占めており、続いて発泡プラスチック系断熱材（ポリウレタン、ポリスチレンなど）が25%程度となっている。

●日本における住宅用断熱材の素材別面積シェア



出典：硝子繊維協会調査 2000年3月

② 自然素材系断熱材の吸放湿性と気密の関係

最近では、室内環境やエコロジー性の観点から建築材料に対しても自然素材が多く取り入れられるようになってきたが、断熱材においても欧米などでは早くから自然系の素材が多く用いられるようになってきている。

日本でも、未だ量は少ないがセルロースファイバー（再生紙利用の繊維系断熱材）などを用いた住宅用断熱材が供給され始めている。断熱性能としては、熱抵抗値が0.040W/mk（吹き込み用セルロースファイバー25K以上）で、高性能グラスファイバーと同程度であり、施工費用を含む価格が安くない点をのぞけば十分に魅力あるものである。

一方、次世代省エネルギー基準の仕様規定では、繊維系の断熱材を用いる場合、結露対策として室内側に防湿シート（ポリエチレンフィルムなど）を用いて透湿抵抗を高めることが必要とされている。これは、グラスウールやロックウールなどの繊維系断熱材を用いた場合に、室内側の水蒸気が壁内に侵入し壁体内結露が発生する事を防ぐ措置である。

しかし、セルロースファイバーなどの自然素材系の材料を用いた場合には、素材自体に吸放湿性があるので、この性質を利用して防湿シートを使用せず結露を防止し断熱効果を発揮できるのではないかという期待が寄せられている。この点の解明が今回の実大壁体を用いて行われた実験で検証されたわけであるが、結果的にはタイプBの場合、冬型結露の発生する恐れを否定できないということになった。

今のところ、(財)建築環境・省エネルギー機構の次世代省エネルギー基準適合評定において、Ⅲ地域及びⅣ地域など地域限定つきで、通気層と断熱材の間に透湿抵抗の低い材料を用いることにより室内側の防湿シートを張らないでも良いとされているようである。

注 1. シーキングボードやダイライトなどは、構造用合板より透湿抵抗がやや低いので定常計算において、結露領域を下回る結果が提示されている)

注 2. 日本セルロースファイバー断熱施工協会（山口県）では、今後もセルロースファイバーの調湿機能を訴えて、性能評価に関する実証試験などを継続していこうと考えている。

4.2. 断熱材の物性比較

①熱伝導率

スギ樹皮木質系断熱材及び既存断熱材の熱伝導率を比較してみると、スギ樹皮木質系断熱材はグラスウール 10K (0.050) よりやや低く、グラスウール 16K (0.046) とほぼ同じ断熱性があると見られるが、セルロースファイバーの 0.040 よりは少々劣る。断熱材の中では、やはりプラスチック系断熱材の性能が高く、硬質ウレタン断熱材 (1 種、1 号) の 0.021 が現在の断熱材では一番断熱性能が高いとされており、住宅の省エネルギー化の動きにつれて、最近は使用されるケースが増えてきているようである。

表-7 断熱材の熱伝導率・熱容量比較

断熱材の種類	熱伝導率 [W/(m・K)]	熱容量 [kJ/(m ³ ・K)]
スギ樹皮木質系断熱材等	0.046	320
硬質ウレタン断熱材	0.021	60
グラスウール10K	0.050	10
セルロースファイバー	0.040	40
木材	0.120	520

②年間暖冷房負荷計算による比較検証

実際にスギ樹皮木質系断熱材を用いた場合の省エネルギー性能をみるために、SMASH ((財) 建築環境・省エネルギー機構監修の熱負荷計算プログラム) を用いて、他の断熱材との比較で年間暖冷房負荷 (MJ/m²・年) を計算した。

この際、他の断熱材としては、代表的な断熱材としてグラスウール 10K (屋根 100 mm・壁 100 mm・床 100 mm) と硬質ウレタン断熱材 (屋根 100 mm・壁 50 mm・床 50 mm) を選択しており、スギ樹皮木質系断熱材の方は (屋根 100 mm・壁 100 mm・床 50 mm) としている。

※モデルプランとしては IBEC の検証モデルプラン (述べ床面積 149 m²) を用いた。又、開口については、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ地域で使用する窓を、それぞれ地域対応 (Ⅱ地域：木製又は樹脂断熱サッシ、Ⅲ地域：断熱サッシ、Ⅳ地域：金属ペアサッシ) サッシとしている。

この構成で計算をした結果、スギ樹皮木質系断熱材はⅡ地域（基準値 390 以下）では等級 4（次世代基準）に若干不足しているものの、等級 3 として十分にクリアーできることがわかった。等級 3 の場合、金融公庫の一般型割増融資が可能だが、次世代型割増融資が必要な場合は屋根又は天井の断熱材を増やすことでクリアーできる。（資料Ⅱ. 別表の断熱材暖冷房負荷の比較参照）

他の断熱材の構成では、ウレタンの場合が優位であることが分かる（各地域で等級 4 以上可能）が、スギ樹皮木質系断熱材はグラスウールに比較すれば、わずかではあるが暖冷房負荷は良い結果となっている。

次に、建材試験センターにて行われたスギ樹皮木質系断熱材等の結露実証実験に用いられた供試体（壁モデル）での比較計算を行ってみた。

表－8 試験体別熱還流率

項目	壁の構成	熱還流率(W/m ² K)
Bタイプ	ボード 25 mm×4 枚 (100 mm) 充填、 構造用合板 12 mm下地	0.498
Cタイプ	ボード 25 mm×2 枚 (50 mm) 外張り	0.666
Dタイプ	ボード 25 mm×3 枚 (75 mm) 充填、防風シートのみ	0.622

(上記で、熱還流率の値が建材試験センターの実験値と違っているが、これは計算値のため安全率のためと思われる。)

これら 3 タイプの壁構成で比較してみた結果、Ⅲ地域では天井 100 mm、床 50 mm で 4 等級がクリアーできるが、Cタイプの場合は屋根で 175 mm、Dタイプでは屋根 500 mm（又は天井 350 mm）の断熱材が必要となる。（Cタイプのケースでは、壁が外張りとしているため、天井ではなく屋根断熱のみで検証している。床はいずれの場合も 50 mm。）

又、Ⅳ地域では、いずれの構成においても等級 4 は厳しく、壁も含めて相当に断熱材の厚みを増やさなければならない結果となった。

●省エネルギー対策等級チェック表（一戸建ての住宅）

<年間冷暖房負荷による基準>

地域区分に応じ、年間暖冷房負荷がそれぞれに揚げる基準以下であること

等級	年間暖冷房負荷 (単位 MJ/m ² ・年)					
	I	II	III	IV	V	VI
4	390以下	390以下	460以下	460以下	350以下	290以下
3	470以下	610以下	680以下	800以下	610以下	560以下
2	840以下	1030以下	1030以下	1030以下	1100以下	1100以下
1	—	—	—	—	—	—

表－9 地域区分における年間暖冷房負荷基準

<熱損失係数による基準>

地域区分に応じ、熱損失係数がそれぞれに揚げる基準以下であること

等級	熱損失係数 (単位 W/m ² ・K)					
	I	II	III	IV	V	VI
4	1.6以下	1.9以下	2.4以下	2.7以下	2.7以下	3.7以下
3	1.8以下	2.7以下	3.3以下	4.2以下	4.6以下	8.1以下
2	2.8以下	4.0以下	4.7以下	5.2以下	8.3以下	8.3以下
1	—	—	—	—	—	—

表-10 地域区分における熱損失係数基準

※熱損失係数 (Q値) と主な地域

I地域 (北海道・等他)	1.6W/m ² K 以下
II地域 (青森・秋田・岩手・等他)	1.9W/m ² K 以下
III地域 (山形・宮城・福島・等他)	2.4W/m ² K 以下
IV地域 (東京・千葉県等はこの地域に該当)	2.7W/m ² K 以下
V地域 (宮崎・鹿児島等)	2.7W/m ² K 以下
VI地域 (沖縄)	3.7W/m ² K 以下

4.3 スギ樹皮木質系断熱材の価格比較

スギ樹皮木質系断熱材、グラスウール10K、硬質ウレタン断熱材について、それぞれを用いた場合の価格比較を行ってみた。

比較に際しては実際の住宅にみたてるために、前段の計算に使用した IBEC のモデルプラン (述べ床面積 149 m²) を用い、各断熱材とも比較的同レベル性能の屋根 (又は天井)・壁・床の厚みに対する面積を求め、断熱材の市場価格を掛けて算出した。

[市場価格として下記価格を前提とした]

①杉樹皮断熱材： 25 mm (1,130 円/m²)、50 mm (2,260 円/m²)
100 mm (4,520 円/m²)

②硬質ウレタン断熱材：50 mm (2,000 円/m²)、100 mm (4,000 円/m²)

③グラスウール10K：100 mm (675 円/m²)

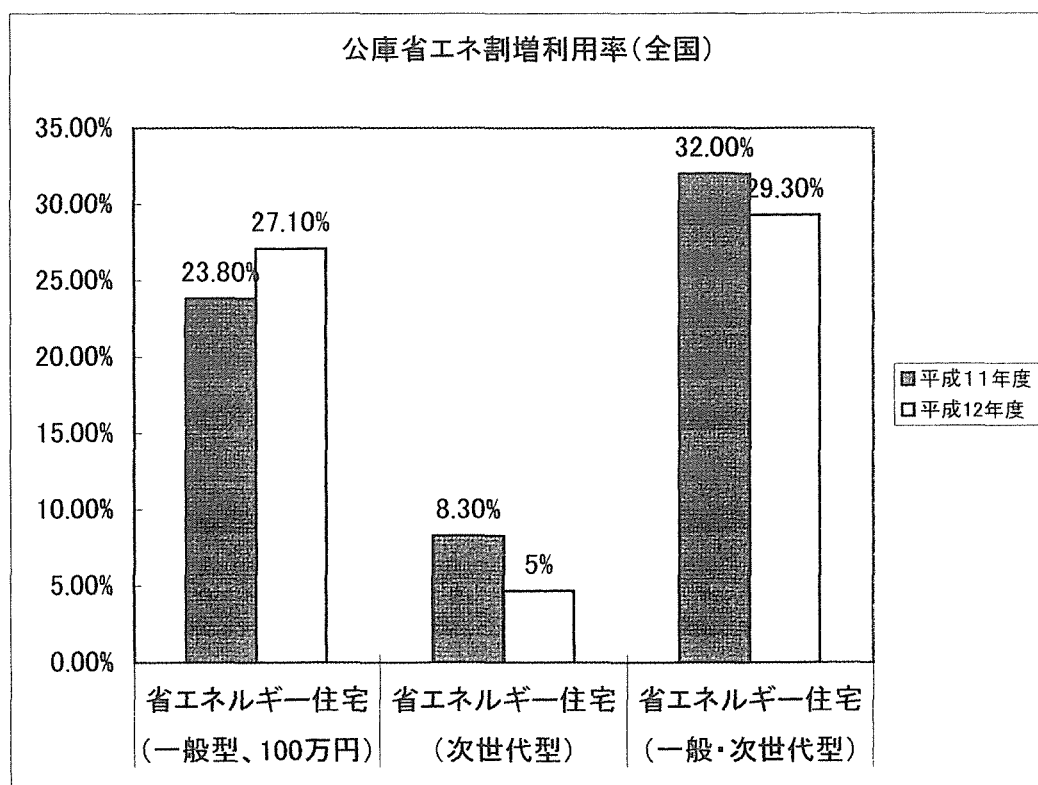
結果としては、やはりスギ樹皮木質系断熱材を用いた場合の価格がグラスウールの約5倍となり、ウレタンと比較しても1.5倍を超える価格となっている。

4.4 省エネルギー基準への対応性

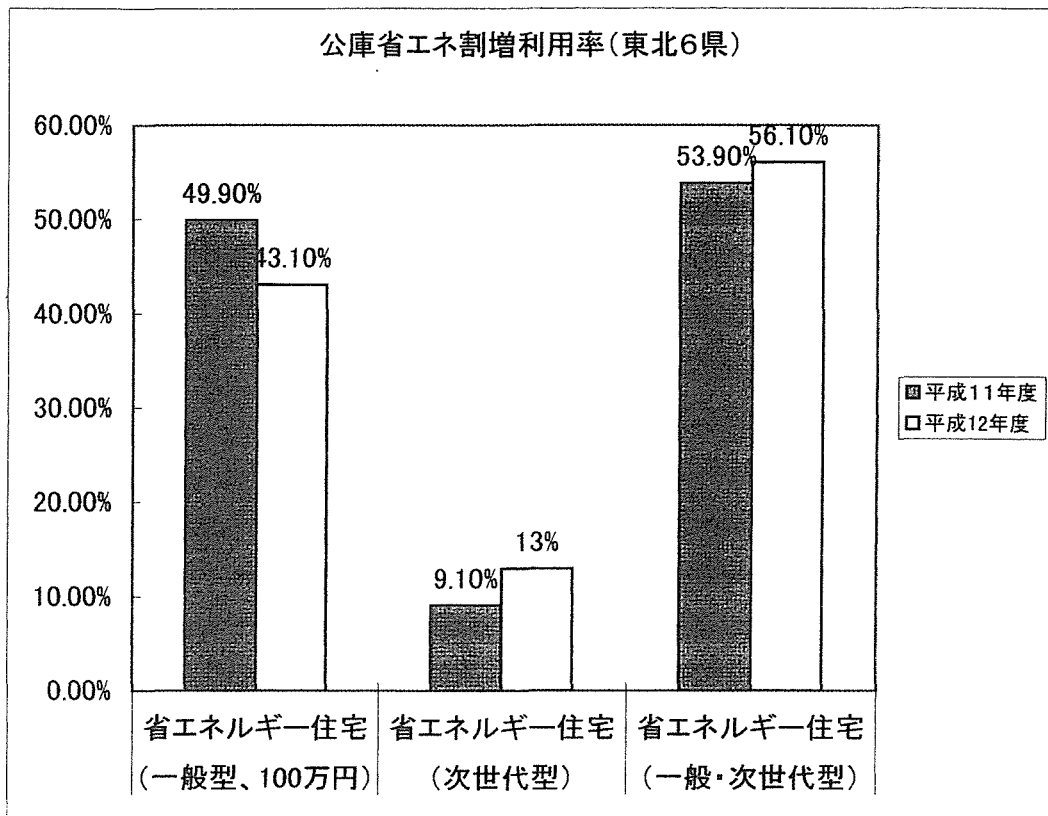
近年、住宅においても省エネルギーに対する関心が非常に高くなってきており、金融公庫の基準金利適用や割増融資などの支援制度設置などの影響からも、省エネルギー基準に準拠した家造りが増加している。

ここで、金融公庫の新省エネルギー基準（平成4年度基準）及び次世代省エネルギー基準（平成11年度基準）の採用率を下表からみると、省エネ割増利用率（全国）では平成11年が一般型（新省エネ型）27.1%、次世代型が4.7%であるが、平成12年には、一般型23.8%、次世代型8.3%となっており、全体でも29.3%から32.0%に増えている。又、公庫省エネ割増利用率（東北6県）では、採用率が全国より高く一般、次世代型を合わせた比率は5割を超えている。

こうした点からも、これからの住宅では省エネルギー基準を無視した展開は考え難く、次世代省エネルギー基準に対応したケースというものも充分に考えておく必要がある。



資料：HOUSE&LOAN 2002/6 「省エネルギー住宅の有用性について」



資料：HOUSE&LOAN 2002/6 「省エネルギー住宅の有用性について」

5 スギ樹皮木質系断熱材に対する建築研究者の所見

東京大学大学院工学系研究科 教授 坂本雄三

1. 材料物性について

スギ樹皮木質系断熱材（以下、「本断熱材」という）は、熱伝導率が $0.05\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 程度であり、住宅で最も多く使用されている断熱材であるグラスウール（密度は $10\text{kg}/\text{m}^3$ のもの）とほぼ等しい熱伝導率を有している。したがって、「断熱材」と問題なく称することができる材料である。ただし、住宅の断熱においては、断熱性能ばかりでなく、防露性の検討も要求される。したがって、測定される物性値は熱伝導率だけでは不十分であり、湿気物性値（湿気伝導率および平衡含水率曲線）なども測定されねばならない。

2. 結露試験について

結露試験においては、夏型結露と冬型結露に対する試験が行われた。夏型結露の試験においては、実験方法・結果ともほぼ問題がなく、三つの試験体はいずれも乾燥状態であり、結露の危険性は全く存在しないことが確認された。これは、三試験体とも室内側に防湿層のない、透湿性の高い壁体であったことが大きな原因と考えられる。

冬型結露の試験においては、本断熱材や合板の大きな湿気容量のために、4日間の試験期間では想定した定常状態に達していない。この点で、この試験は実験としては不十分と考えられ、この試験結果だけから結論を導き出すことはできない。それを補うために、ここでは定常の湿度計算が行われ、TYPE-B における結露が指摘されている。これに関する計算結果は、専門家の立場からみれば、妥当なものであり、冬期結露に対して大きな安全率を持たせ、高い防露性を期待するのならば、TYPE-B のような外気側に透湿抵抗の大きな材料（この場合は合板）が位置する壁体仕様は止めるべきである。しかし、冬期の気温がそれほど低下しない場合や冬期の室内湿度がそれほど上昇しない保証のある場合には、TYPE-B のような壁体でも結露まで至らない可能性があるため、実験や非定常計算を用いてさらにこのことを検討する価値はあるものと思われる。

3. まとめ

本断熱材は断熱材として十分機能するので、市場性はありうる。ただし、本断熱材より熱伝導率の小さな断熱材は他に多く存在するので、熱伝導率だけでは勝負にならない。また、住宅用断熱材として広く普及していくためには、断熱性能だけでなく、防露性や気密性、さらには遮音性、防火性なども勘案した総合性能として見たときに、十分なものではない。その点で、本断熱材は、さらに様々な検討や試験を重ねていく必要がある。

参考資料－２ 添付

資料１．東北地区の断熱区分Ⅲ地域における在来軸組木造住宅のうち、断熱工法が適用される住宅戸数の推定

東北地区各県で、スギ樹皮木質系断熱材が在来軸組木造住宅に適用されうる戸数を推定した。当該地域における新築総戸数を平成 12 年度、公庫・住宅・建築主要データ調査報告書などから抽出し、その数字に、当該地域の、住宅を建築する際に 1 位に重視する住宅性能のうち「断熱性」の占める割合を乗じて推定値とした。

1-1. 秋田県の場合

1) 住宅建築する場合に重視する住宅性能

公庫融資住宅において建築主が 1 位に重視した住宅性能のうち、「断熱性」を重視する割合は 36.1%であった。

単位：％

	断熱性	気密性	耐久性	日当たりのよさ	耐震性	バリアフリー性 (高齢者への配慮)
秋田県	36.1	3.3	16.4	6.6	6.6	16.4

注：調査 12 項目の住宅性能のうち 6 項目についての割合

2) 在来軸組木造住宅で断熱性を重視する住宅戸数の推定

① 断熱地域区分Ⅲ地域における住宅着工戸数

秋田県内の断熱地域区分Ⅲ地域に区分された市町村における平成 12 年度の住宅着工戸数は下表のとおり 4,318 戸であった。

単位：戸

秋田市	2,105	能代市	395
本庄市	419	男鹿市	153
八森市	42	山本市	72
八竜町	34	蜂浜町	40
昭和町	86	飯田川町	52
天王町	193	若美町	51
大潟町	11	雄和町	61
仁賀保町	103	金浦町	66
象浦町	95	矢島町	47
岩城町	63	由利町	41
西目町	55	鳥海町	53
大内町	81	計	4,318

② 住宅着工戸数に対する在来軸組の割合

秋田県全体の平成12年度住宅着工戸数は8,704戸であり、そのうちの在来軸組は6,091戸なのでおよそ70%である。断熱区分Ⅲ地域が郡部に偏っているため、秋田県全体のおおよその割合70%よりも多いと推定されるが、これを無視して予想される推定着工戸数を算出した。

③ 断熱区分Ⅲ地域における在来軸組戸数の推定

$$4,318 \text{ 戸} \times 70 \% = 3,022 \text{ 戸}$$

④ 建築主が重視した住宅性能1位： 断熱性 36.1%

⑤ 在来軸組木造住宅で建築主が住宅性能の断熱性を第一とする戸数

$$3,022 \text{ 戸} \times 36.1 \% = 1,090 \text{ 戸}$$

1-2. 青森県の場合

1) 住宅建築する場合に重視する住宅性能

公庫融資住宅における建築主が1位に重視する住宅性能について、青森県の場合には「断熱性」を重視する割合が50.0%である。

単位：%

	断熱性	気密性	耐久性	日当たりのよさ	耐震性	バリアフリー性 (高齢者への配慮)
青森県	50.0	2.4	7.3	9.8	7.3	13.4

注：調査12項目の住宅性能のうち6項目についての割合

2) 青森県の在来軸組木造住宅で断熱性を重視する住宅戸数の推定

① 青森県に於ける断熱地域区分Ⅲ地域の住宅着工戸数

青森県内の断熱区分Ⅲ地域に区分された市町村における平成12年度の住宅着工戸数は下表のとおり2,762戸である。

単位：戸数

青森市	2,729
深浦町	30
岩崎村	3
計	2,762

②住宅着工戸数に対する在来軸組戸数の割合

青森県全体の平成 12 年度住宅着工戸数は 11,483 戸であり、そのうちの在来軸組は 608,262 戸なので 71.9 %である。断熱区分Ⅲ地域における推定在来軸組着工戸数を青森県全体の在来軸組の割合 71.9%から算出した。

③ 断熱区分Ⅲ地域における在来軸組の推定

$$2,762 \text{ 戸} \times 71.9\% = 1,985 \text{ 戸}$$

④ 建築主が重視した住宅性能 1 位： 断熱性 50.0%

⑤ 在来軸組木造住宅で建築主が住宅性能の断熱性を第一とする戸数

$$1,985 \text{ 戸} \times 50.0\% = 992 \text{ 戸}$$

1-3. 岩手県の場合

1) 住宅建築する場合に重視する住宅性能

公庫融資住宅における建築主が 1 位に重視する住宅性能について、岩手県の場合には「断熱性」を重視する割合が 34.0%である。

単位：%

	断熱性	気密性	耐久性	日当たりのよさ	耐震性	バリアフリー性 (高齢者への配慮)
岩手県	34.0	5.3	8.5	19.1	5.3	22.3

注：調査 12 項目の住宅性能のうち 6 項目についての割合

2) 在来軸組木造住宅で断熱性を重視する住宅戸数の推定

① 断熱地域区分Ⅲ地域の住宅着工戸数

岩手県の断熱区分Ⅲ地域に区分された市町村における平成 12 年度の住宅着工戸数は下表のとおり 1,623 戸であった。

単位：戸

宮古市	297	平泉町	58
大船渡市	219	大東町	64
一関市	469	三陸町	29
陸前高田市	156	田老町	19
釜石市	230		
花泉町	82	計	1,623

③住宅着工戸数に対する在来軸組の割合

岩手県全体の平成 12 年度住宅着工戸数は 10,658 戸であり、そのうちの在来軸組は 6,358 戸なので 59.9%である。断熱区分Ⅲ地域は郡部に偏っているため、岩手県全体の割合 59.9%よりも多いと推定されるが、これを無視して予想される推定着工戸数を算出した。

③ 断熱区分Ⅲ地域における在来軸組の推定

$$1,623 \text{ 戸} \times 59.9\% = 972 \text{ 戸}$$

④ 建築主が重視した住宅性能 1 位： 断熱性 34.0%

⑤ 在来軸組木造住宅で建築主が住宅性能の断熱性を第一とする戸数

$$972 \text{ 戸} \times 34.0\% = 330 \text{ 戸}$$

1-4. 宮城県、山形県、福島県の三県の場合

1) 住宅建築する場合に重視する住宅性能

① 宮城県の場合

公庫融資住宅における建築主が 1 位に重視する住宅性能について、宮城県の場合には「断熱性」を重視する割合が 36.1%であった。

単位：%

	断熱性	気密性	耐久性	日当たりのよさ	耐震性	バリアフリー性 (高齢者への配慮)
宮城県	36.1	3.3	-	6.6	6.6	14.0

注：調査 12 項目の住宅性能のうち 6 項目についての割合

② 山形県の場合

公庫融資住宅における建築主が 1 位に重視する住宅性能について、山形県の場合には「断熱性」を重視する割合が 25.8%であった。

単位：%

	断熱性	気密性	耐久性	日当たりのよさ	耐震性	バリアフリー性 (高齢者への配慮)
山形県	25.8	-	8.1	16.1	14.5	19.4

注：調査 12 項目の住宅性能のうち 6 項目についての割合

③ 福島県の場合

公庫融資住宅における建築主が1位に重視する住宅性能について、福島県の場合には「断熱性」を重視する割合が22.1%である。

単位：%

	断熱性	気密性	耐久性	日当たりのよさ	耐震性	バリアフリー性 (高齢者への配慮)
福島県	22.1	4.1	14.8	19.7	10.7	18.0

注：調査12項目の住宅性能のうち6項目についての割合

2) 宮城県、山形県、福島県等三県の在来軸組木造住宅で断熱性を重視する住宅戸数の推定

① 宮城県、山形県、福島県に於ける断熱地域区分Ⅲ地域の平成12年度の在来軸組木造住宅戸数と断熱住宅の予想戸数

平成12年度、公庫融資住宅における建築主が1位に重視する住宅性能について、宮城県、山形県、福島県等三県の場合、住宅性能「断熱性」の割合は平均28.3%で、断熱住宅を建築する予想住宅戸数は6,381戸である。

	在来軸組住宅 (戸)	断熱住宅の重視1位%	予想断熱住宅 (戸)
宮城県	8,444	36.1	3,048
山形県	5,638	25.8	1,454
福島県	8503	22.1	1,879
計	22,585	(28.3)	6,381

1-5. 東北6県内で断熱区分Ⅲ地域において建築された断熱住宅戸数の推定

平成12年度住宅着工統計では、東北6県の断熱区分Ⅲ地域において建築された在来軸組住宅戸数は28,926戸である。この数字と、これらの地域において住宅を建築する場合に住宅性能「断熱性」を1位に重視した割合から、断熱住宅戸数を下表のように推定した。

在来軸組住宅戸数28,926戸に対して、断熱住宅の戸数は8,974戸と予想される。

	在来軸組住宅 (戸)	断熱住宅の重視1位%	予想断熱住宅 (戸)
秋田県	3,022	36.1	1,090
青森県	1,985	50.0	992
岩手県	972	34.0	330
宮城県	8,444	36.1	3,048
山形県	5,638	25.8	1,454
福島県	8,503	22.1	1,879
計	28,926	(31.0)	8,974

注：秋田県、青森県、岩手県等の在来軸組住宅戸数は断熱区分Ⅲ地域の推定戸数

- 参考資料：① 平成12年度、住宅・建築主要データ調査報告書 住宅金融公庫編
 ② 木造住宅工事共通仕様書 平成14年度版 住宅金融公庫編
 ③ 国土交通省、住宅建築着工統計

スギ樹皮木質系断熱材 省エネコストパフォーマンス (SMASHによる年間暖冷房負荷の計算)

スギ樹皮木質系断熱材の物性値

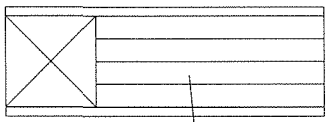
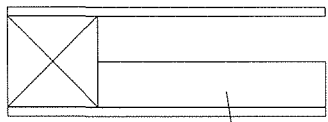
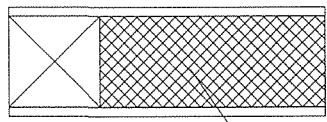
- ・ スギ樹皮木質系断熱材の断熱性はGWと同等
- ・ GWやウレタンより熱容量が高い→蓄熱性が期待できる

	熱伝導率 [W/(m・K)]	熱容量 [kJ/(m ³ ・K)]
スギ樹皮木質系断熱材	0.046	320
硬質ウレタン断熱材	0.021	60
グラスウール10K	0.050	10
セルローズファイバー	0.040	40
木材	0.120	520

外壁 実質熱貫流率の比較

(1) 各種断熱材の比較

- ・ウレタン65mmに比べると若干、熱損失が大きい。
- ・グラスウール100mmに比べれば、断熱性能は高い。

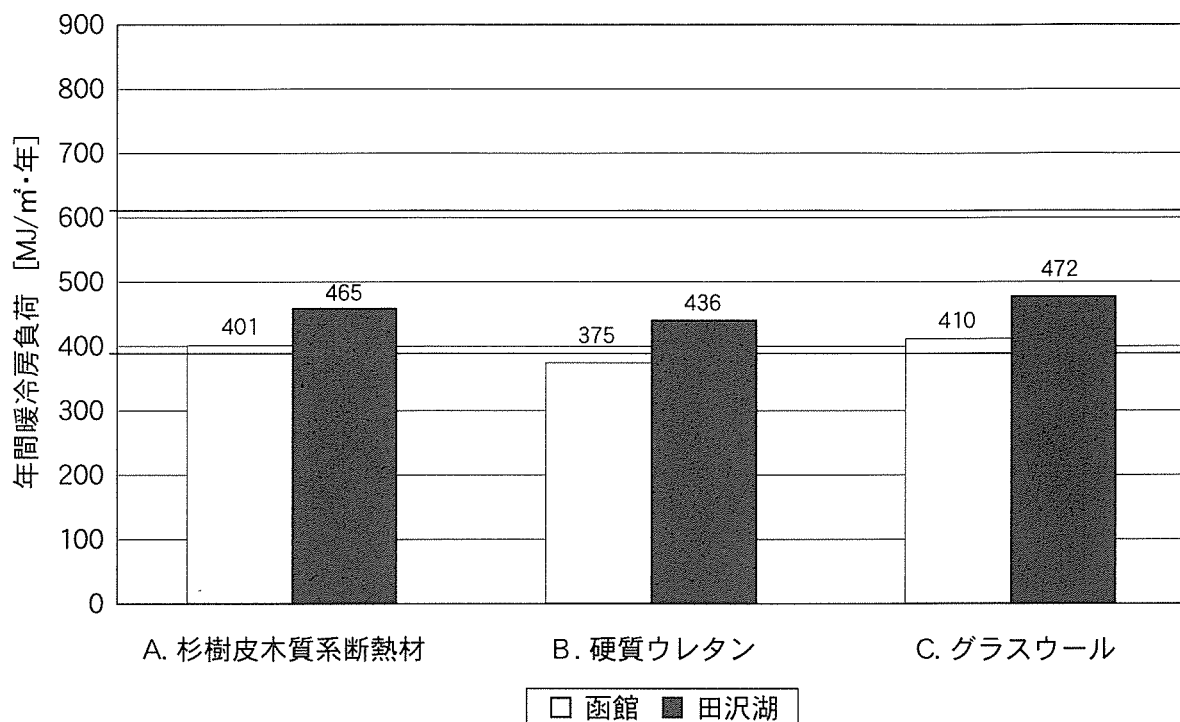
	A.スギ樹皮 木質系断熱材	B.硬質 ウレタン	C.グラスウール 10K
仕様	柱105角 せっこうボード 9mm  合板12mm スギ樹皮木質系断熱材 25×4mm	柱105角 せっこうボード 9mm  合板12mm 硬質ウレタン 50mm	柱105角 せっこうボード 9mm  合板12mm GW10K 100mm
熱貫流率	0.516 W/m ² K	0.490 W/m ² K	0.542 W/m ² K

年間暖冷房負荷の計算条件

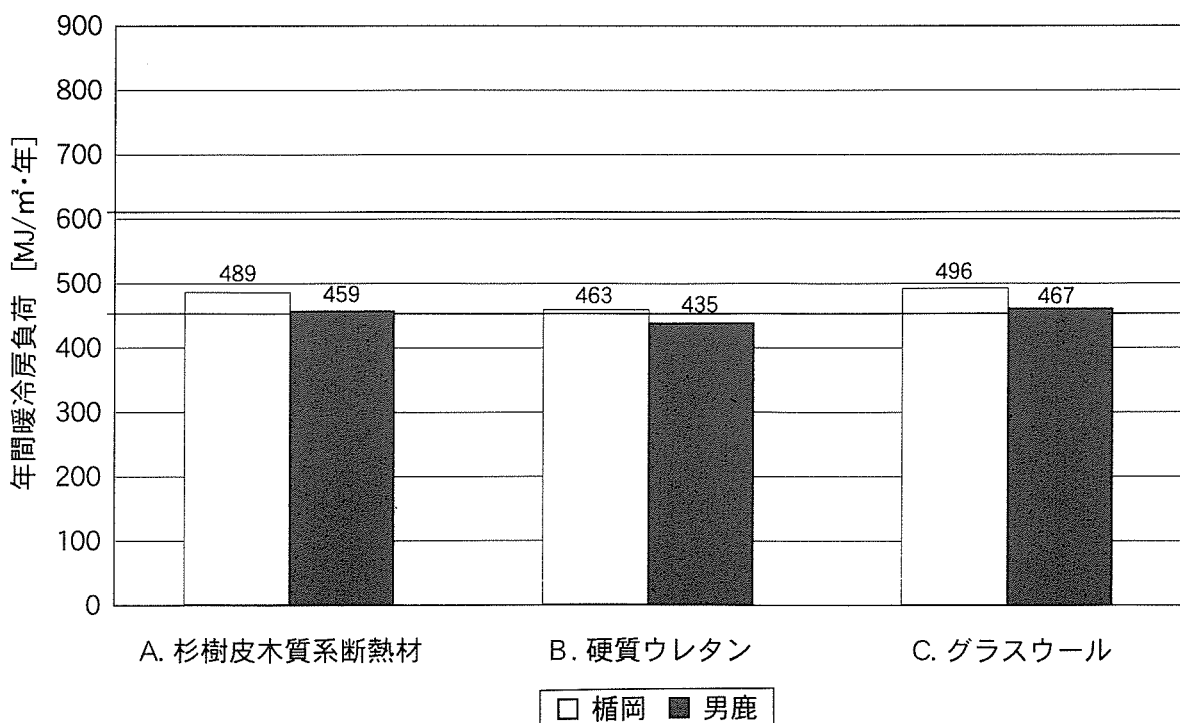
(1) 各種断熱材の比較

パターン	A.スギ樹皮 木質系断熱材	B.硬質 ウレタン	C.グラスウール 10K
屋根断熱	100mm	100mm	100mm
壁断熱	100mm	50mm	100mm
床断熱	50mm	50mm	100mm
開口部	木製サッシ(Ⅱ)、断熱サッシ(Ⅲ)、金属製サッシ(Ⅳ)		
換気回数	0.5回/h		
計算都市	全国	函館(Ⅱ)、楯岡(Ⅲ)、大野(Ⅳ)	
	秋田県	田沢湖(Ⅱ)、男鹿(Ⅲ)、象潟(Ⅳ)	
プラン	IBECのモデルプランを採用 (延べ床149m ²)		

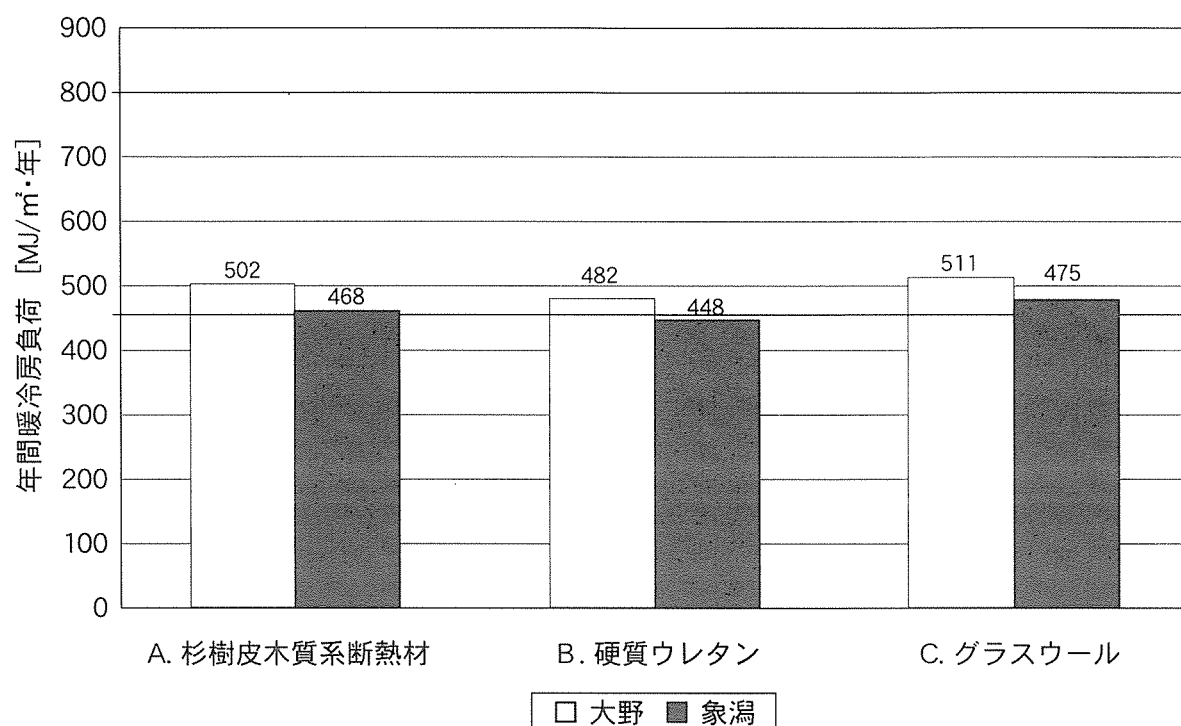
Ⅱ地域 年間暖冷房負荷の比較



Ⅲ地域 年間暖冷房負荷の比較



IV地域 年間暖冷房負荷の比較



省エネルギー性能に関する考察

(1) 各種断熱材の比較

- どの場合も硬質ウレタンより若干断熱性能が劣るが、グラスウールより若干断熱性能が優れていることが確かめられた。
- どの場合も等級3は可能である。秋田県内のⅢ地域では等級4も可能である。Ⅳ地域でも屋根の断熱性能を高めれば等級4が可能である。
- ただし、Ⅲ、Ⅳ地域でも全国的に見た場合では、等級を4を可能にするのは困難な地域もある。

外壁 実質熱貫流率の比較

(2) 壁体構成による比較

- ・ Bタイプの断熱性能がCタイプ、Dタイプに比べ高い。

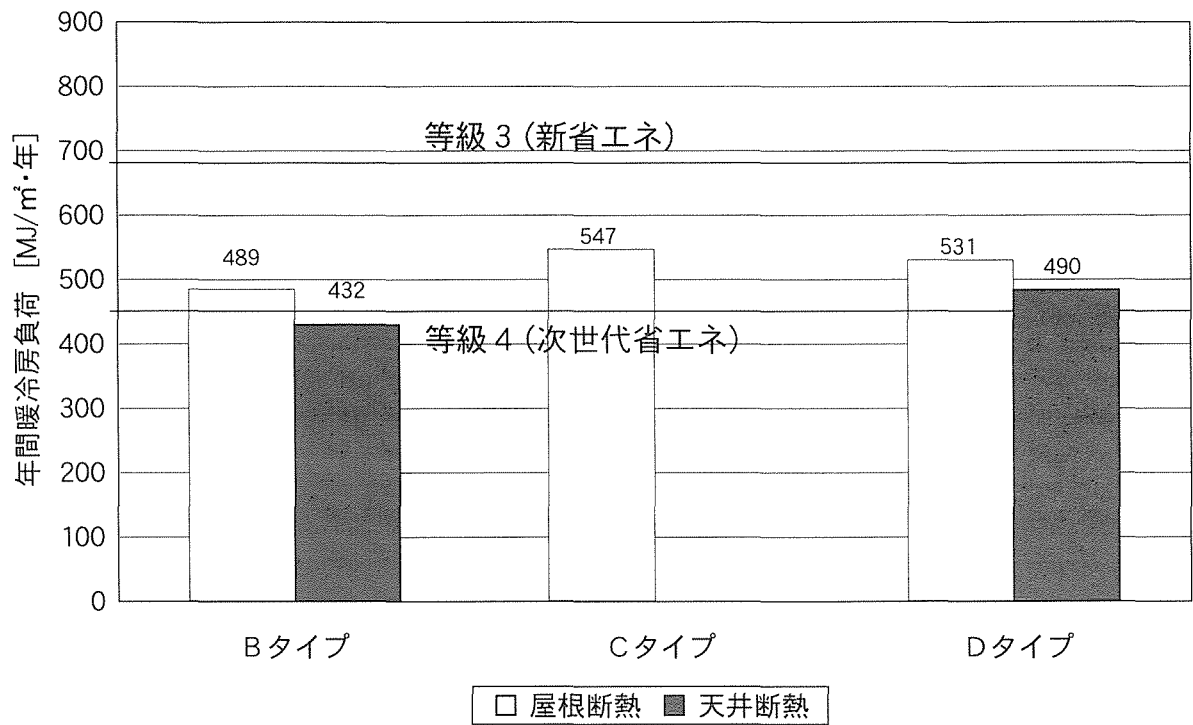
	Bタイプ (充填断熱)	Bタイプ (外張断熱)	Dタイプ (充填断熱、合板無し)
仕様	<p>柱105角 せっこうボード 9mm</p> <p>合板12mm スギ樹皮木質系断熱材 25mm×4</p>	<p>柱105角 せっこうボード 9mm</p> <p>合板9mm スギ樹皮木質系断熱材 25mm×2</p>	<p>柱105角 せっこうボード 9mm</p> <p>スギ樹皮木質系断熱材 25mm×3</p>
熱貫流率	0.516 W/m ² K	0.706 W/m ² K	0.647 W/m ² K

年間暖冷房負荷の計算条件

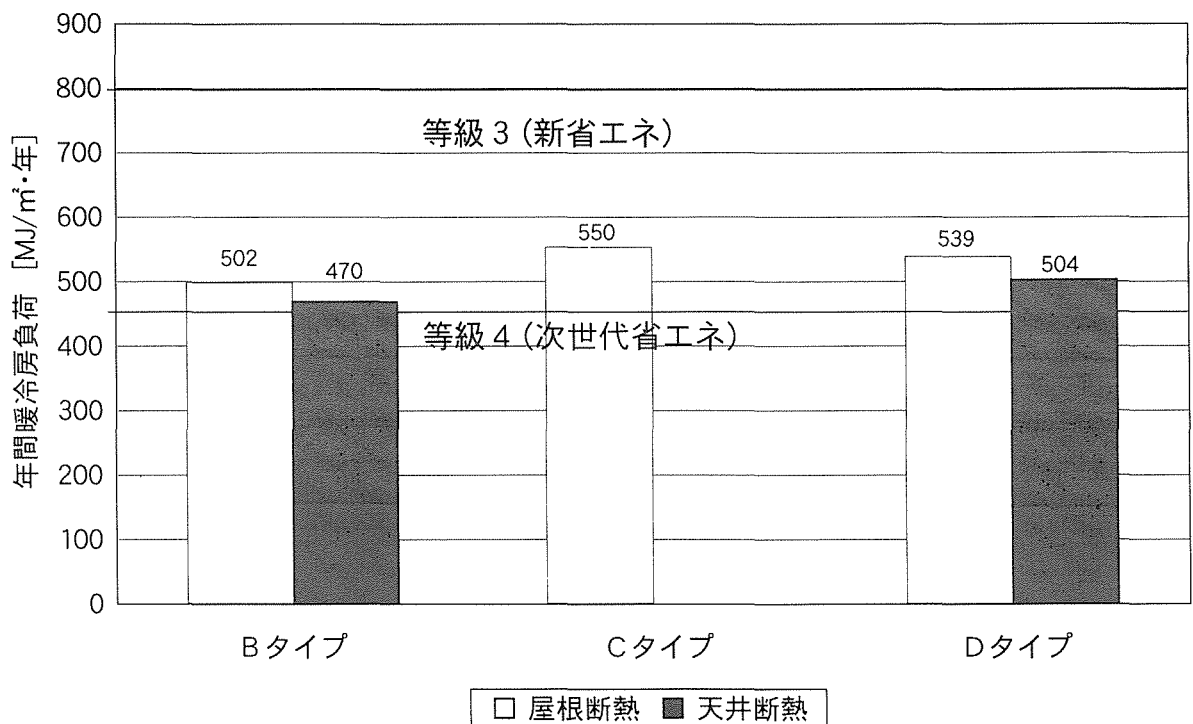
(2) 壁体構成による比較

パターン	Bタイプ (充填断熱)	Cタイプ (外断熱)	Dタイプ (充填断熱、合板無し)
屋根／天井断熱	100mm	50mm	75mm
壁断熱	100mm	50mm	75mm
床断熱	50mm	50mm	50mm
開口部	断熱サッシ(Ⅲ)、金属製サッシ(Ⅳ)		
換気回数	0.5回/h		
計算都市	楯岡(Ⅲ)、大野(Ⅳ)		
プラン	IBECのモデルプランを採用 (延べ床149m ²)		

Ⅲ地域 年間暖冷房負荷の比較



Ⅳ地域 年間暖冷房負荷の比較



等級 4 を満たすには（Ⅲ地域）

パターン	Bタイプ (充填断熱)		Cタイプ (外張断熱)		Dタイプ (充填断熱、合板無し)	
屋根断熱	225mm	—	225mm	—	750mm	—
天井断熱	—	100mm	—	—	—	200mm
壁断熱	100mm	100mm	50mm	—	75mm	75mm
床断熱	50mm	50mm	50mm	—	50mm	50mm
年間暖冷房負荷	458	432	459	—	460	457
	MJ/m ² ・年	MJ/m ² ・年	MJ/m ² ・年		MJ/m ² ・年	MJ/m ² ・年

等級 4 を満たすには（Ⅳ地域）

パターン	Bタイプ (充填断熱)		Cタイプ (外張断熱)		Dタイプ (充填断熱、合板無し)	
屋根断熱	550mm	—	500mm	—	—	—
天井断熱	—	150mm	—	—	—	700mm
壁断熱	100mm	100mm	50mm	—	—	100mm
床断熱	50mm	50mm	50mm	—	—	100mm
年間暖冷房負荷	460	459	460	—	—	459
	MJ/m ² ・年	MJ/m ² ・年	MJ/m ² ・年			MJ/m ² ・年

※Dタイプ屋根断熱は屋根を1000mmにしても等級4は不可能

省エネルギー性能に関する考察

(2) 壁体構成による比較

Ⅲ地域の場合

- ・ Bタイプの天井断熱では等級4が可能
- ・ Dタイプの天井断熱では天井の断熱性能を高めることが可能であれば等級4も可能
- ・ 屋根断熱では等級3は可能であるが等級4を可能にするのは困難

Ⅳ地域の場合

- ・ Bタイプの天井断熱の場合では天井の断熱性能を高めれば等級4が可能
- ・ それ以外の場合は等級3は可能であるが等級4を可能にするのは困難
→外壁の断熱を厚くする必要

断熱材の価格計算

- ・ スギ樹皮木質系断熱材、硬質ウレタン、グラスウールを用いた場合について、IBECのモデルプランで計算。部位別の面積は以下のとおり。

部位	屋根	天井	外壁	床
面積 (㎡) (熱橋を除く)	77.11	66.24	122.26	66.22

- ・ 単位面積・厚さあたりの価格は以下の数値を使用。

スギ樹皮木質系断熱材	硬質ウレタン	グラスウール10K
1130円/㎡・25mm	2000円/㎡・50mm	675円/㎡・100mm
2260円/㎡・50mm	4000円/㎡・100mm	
4520円/㎡・100mm		

まとめ

- ・ スギ樹皮木質系断熱材は、硬質ウレタンには及ばないものの、グラスウールと比べて単位厚さあたりの断熱性能は高い。蓄熱性能についても期待できる。
- ・ ただしⅢ、Ⅳ地域で等級4を可能にするには外壁の断熱材の厚さを100mm以上にする必要がある。今回の計算結果から考えるとBタイプの天井断熱がもっとも望ましいと思われる。
- ・ 同程度の断熱性能を得ようとするときの価格を比較すると、スギ樹皮木質系断熱材はグラスウールの5倍強になってしまう。環境への負荷が少ないことを考慮しても、かなり割高であると思われる。

価格比較結果

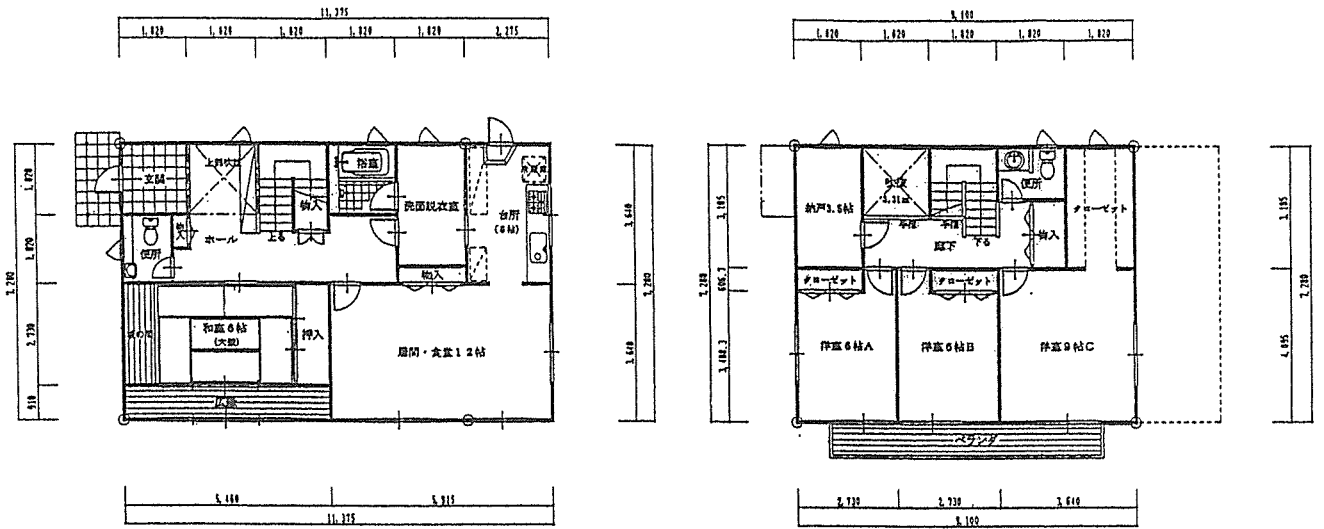
	スギ樹皮木質系断熱材		硬質ウレタン		グラスウール	
屋根	34.9 (100mm)	—	30.8 (100mm)	—	5.2 (100mm)	—
天井	—	29.9 (100mm)	—	26.5 (100mm)	—	4.5 (100mm)
外壁	55.3 (100mm)	55.3 (100mm)	24.5 (50mm)	24.5 (50mm)	8.3 (100mm)	8.3 (100mm)
床	15.0 (50mm)	15.0 (50mm)	13.2 (50mm)	13.2 (50mm)	4.5 (100mm)	4.5 (100mm)
合計	105.1	100.2	68.5	64.2	17.9	17.2

単位：約万円（ ）内の数字は断熱材厚さ

参考資料－ 2 添付

資料Ⅲ。IBECの検証モデルプラン（延べ床面積149m²）

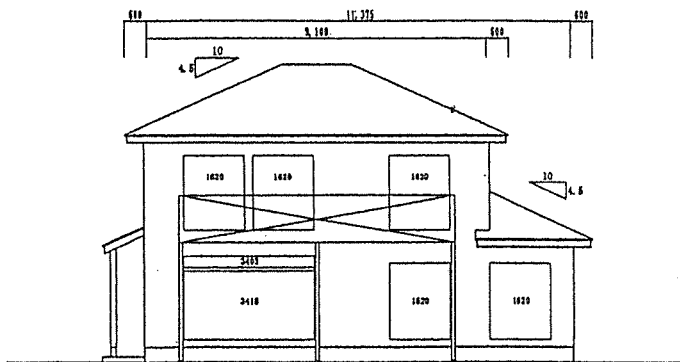
①モデルプラン平面図、立面図



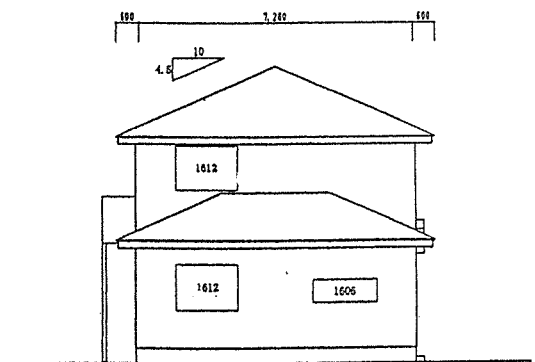
1階 平面図 S:1/100

2階 平面図 S:1/100

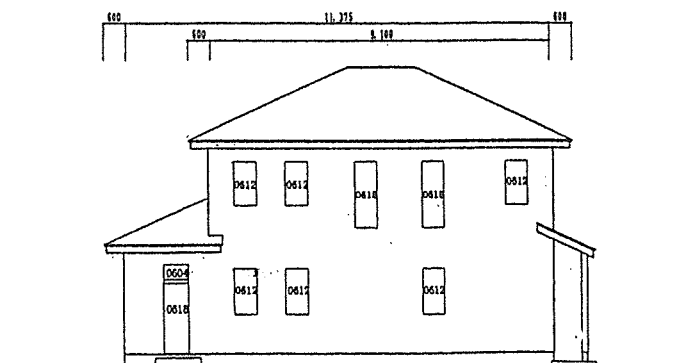
トータル面積表 (㎡)	
階層面積	84.45 (25.54)
床面積	82.81 (25.05)
延床面積	82.82 (25.05)
床面積	145.74 (44.03)
床面積	3.31 (1.00)
2階 (炊飯含む)	66.24 (20.03)
延床 (炊飯含む)	149.05 (45.08)



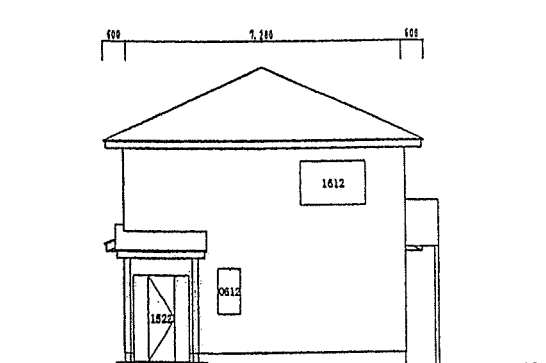
6面 立面図 S:1/100



7面 立面図 S:1/100



6面 立面図 S:1/100



8面 立面図 S:1/100

屋根断熱

部屋名	床面積	外壁面積				開口部(窓)				開口部(ドア)				天井	気積
		北東	南西	南東	北西	北東	南西	南東	北西	北東	南西	南東	北西		
2F洋室	9.94	-	7.18	3.63	-	-	1.92	3.20	-	-	-	-	-	9.94	23.86
2F洋室	9.94	-	-	3.63	-	-	-	3.20	-	-	-	-	-	9.94	23.86
2F主寝室	19.87	11.44	-	5.90	3.83	1.92	-	3.20	0.72	-	-	-	-	19.87	47.69
2F便所	3.31	-	-	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	3.31	7.94
2Fホール	13.25	-	-	-	3.47	-	-	-	1.08	-	-	-	-	13.25	31.80
2F納戸	6.62	-	9.10	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	6.62	15.89
2F合計	66.24	11.44	16.28	13.16	14.96	1.92	1.92	9.6	3.24	0	0	0	0	66.24	151.0
1F和室	19.87	-	9.10	6.51	-	-	-	7.14	-	-	-	-	-	19.87	47.69
1FLDK	26.5	14.36	-	8.4	4.38	3.84	-	6.40	-	-	-	-	1.32	26.5	63.60
1F洗面	6.62	-	-	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	6.62	15.89
1F浴室	3.31	-	-	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	3.31	7.94
1Fホール	13.24	-	-	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	13.24	31.78
1F玄関	3.31	-	1.25	-	4.55	-	-	-	-	-	3.30	-	-	3.31	7.94
1F便所	3.31	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	-	-	3.31	7.94
階段	6.62	-	-	-	8.93	-	-	-	1.08	-	-	-	-	6.62	17.21
1F合計	82.78	14.36	14.18	14.91	29.35	3.84	0.72	13.54	3.24	0	3.3	0	1.32	82.78	200.0
小屋裏	(66.25)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43.69
下屋	(13.25)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.16
階間	(66.25)	3.64	3.64	5.69	5.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
合計	149.06	29.44	34.1	33.76	50	5.76	2.64	23.14	6.48	0	3.3	0	1.32	149.0	400.9

延床面積	149.1 m ²	1F床面積	82.81 m ²	外壁面積	147.3 m ²
気積	400.9 m ³	天井面積	149.0 m ²	開口部(窓)	38.02 m ²
				開口部(ドア)	4.62 m ²

天井断熱

部屋名	床面積	外壁面積				開口部(窓)				開口部(ドア)				天井	気積
		北東	南西	南東	北西	北東	南西	南東	北西	北東	南西	南東	北西		
2F洋室	9.94	-	7.18	3.63	-	-	1.92	3.20	-	-	-	-	-	9.94	23.86
2F洋室	9.94	-	-	3.63	-	-	-	3.20	-	-	-	-	-	9.94	23.86
2F主寝室	19.87	11.44	-	5.90	3.83	1.92	-	3.20	0.72	-	-	-	-	19.87	47.69
2F便所	3.31	-	-	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	3.31	7.94
2Fホール	13.25	-	-	-	3.47	-	-	-	1.08	-	-	-	-	13.25	31.80
2F納戸	6.62	-	9.10	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	6.62	15.89
2F合計	66.24	11.44	16.28	13.16	14.96	1.92	1.92	9.6	3.24	0	0	0	0	66.24	151
1F和室	19.87	-	9.10	6.51	-	-	-	7.14	-	-	-	-	-	19.87	47.69
1FLDK	26.5	14.36	-	8.4	4.38	3.84	-	6.40	-	-	-	-	1.32	26.5	63.60
1F洗面	6.62	-	-	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	6.62	15.89
1F浴室	3.31	-	-	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	3.31	7.94
1Fホール	13.24	-	-	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	13.24	31.78
1F玄関	3.31	-	1.25	-	4.55	-	-	-	-	-	3.30	-	-	3.31	7.94
1F便所	3.31	-	3.83	-	-	-	0.72	-	-	-	-	-	-	3.31	7.94
階段	6.62	-	-	-	8.93	-	-	-	1.08	-	-	-	-	6.62	17.21
1F合計	82.78	14.36	14.18	14.91	29.35	3.84	0.72	13.54	3.24	0	3.3	0	1.32	82.78	200
小屋裏	(66.25)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
下屋	(13.25)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
階間	(66.25)	3.64	3.64	5.69	5.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
合計	149.06	29.44	34.1	33.76	50	5.76	2.64	23.14	6.48	0	3.3	0	1.32	149.0	351.0

延床面積	149.1 m ²	1F床面積	82.81 m ²	外壁面積	147.3 m ²
気積	351.0 m ³	天井面積	149.0 m ²	開口部(窓)	38.02 m ²
				開口部(ドア)	4.62 m ²

1304 低密度木質繊維ボードの建築用断熱材としての実用化

課題番号:1304

低密度木質繊維ボードの建築用断熱材としての実用化

旭ファイバーグラス株式会社

要旨

低密度木質繊維ボードの断熱性能と吸放湿特性に着目し、一般に必要とされる断熱構造の防湿材を用いることなく鉄筋コンクリート(RC)造集合住宅の断熱構造への利用検討を行った。

冬季に起こる壁体内結露の防止性を RC 壁体モデル試験並びに低密度木質繊維ボードの吸放湿特性の測定などから検証を行った。その結果、防湿材を用いずとも断熱構造内部での結露発生を抑止することが可能であることが判明したが、その結露防止性(結露しない時間)は、木質繊維ボードの吸湿開始時の含水率により決まり、定期的に十分な放湿が繰り返される条件下においては、防湿材が無い状態であっても断熱材料として利用が可能であることが判った。

同時に木質繊維ボードの吸放湿を室内の調湿効果の確認を行った。厚手の木質繊維ボードによる調湿は、室内側表層面(表層より約 5 mm程度)を除いて室内湿度変化に対する応答性が悪く、室内調湿に効果を発揮しないことが判った。

キーワード

木質繊維、吸放湿、調湿、断熱材、含水率、熱性能、鉄筋コンクリート (RC) 造、集合住宅

目次

1. はじめに	-----	1
2. 試験調査の目的	-----	3
3. 試験調査の内容	-----	4
4. 試験調査の日程	-----	5
5. 試験調査の結果	-----	6
5.1 木質繊維ボードの吸放湿特性	-----	6
5.2 木質繊維ボードの平衡含水率	-----	8
5.3 木質繊維ボードの透湿抵抗、湿気伝導率	-----	12
5.4 木質繊維ボードの熱伝導率	-----	13
5.5 RC壁体に断熱施工された木質繊維ボードの吸放湿特性	-----	14
6. 実用化の見通し	-----	28
7. 今後の対応	-----	31
8. 特筆すべき成果	-----	32
9. 試験調査委員会 委員	-----	32
10. 技術者	-----	32
11. 他からの指導又は協力事項	-----	32
12. 参考文献（図面、資料、写真等）	-----	33

低密度木質繊維ボードの建築用断熱材としての実用化

旭ファイバーグラス株式会社

1.はじめに

建物の躯体を断熱する断熱材料には、大きく分けて発泡系断熱材(硬質ウレタンフォーム、押出発泡ポリスチレン、ビーズ発泡ポリスチレン、ポリエチレンフォーム、フェノールフォームなど)と繊維系断熱材(グラスウール、ロックウール、セルロースウール)の2種類の断熱材が使われている。

発泡系断熱材は、小さな泡(セル)の集合体で一つ一つの泡に空気やガスを閉じこめ、空気の対流を抑え熱の伝達を妨げる。繊維系断熱材は布団の綿と同様に細い繊維一本一本が絡み合うことで空気の移動を抑え空気の対流を抑え熱の伝達を下げることで断熱材として機能している。

また、発泡系断熱材は泡(セル)の壁が高分子構造の膜状になっており、空気などガスの通過を防ぐだけでなく、同時に湿気の移動(透湿)を防止している。この透湿性が、繊維系断熱材との大きな違いとなっている。

建物、特に住宅に使われる場合には、冬場は室内の絶対湿度が室外より高いことから、湿気は絶えず室内から室外へと流れる。繊維系断熱材そのものでは、室内から室外への湿気の流れを抑止することが出来ず、外壁内あるいは、外壁内に取り付けられた断熱材中に湿気が流れ込み壁の中での結露を引き起こし、最悪の場合には構造などの使われる木材の腐朽などを引き起こす。このような結露を防止するため、繊維系断熱材の室内側に防湿層(透湿率が低い材料で、一般にはポリエチレンフィルム、シートなどが使われる。)を張り付けたり、防湿層(防湿材)が付いた繊維系断熱材を用い、又、壁内に入った湿気を室外側排出する構成・構造(一般に通気層構造)を採用することが一般的に行われている。現在において、木造軸組住宅や2×4木造住宅では主に防湿層が付いた繊維系断熱材が使われている。

RC造(鉄筋コンクリート造)やSRC造(鉄骨鉄筋コンクリート造)の住宅特に集合住宅では、20年以前に繊維系断熱材が使われたこともあったが、RC造の特性上、壁の中(断熱材中)に入った湿気が抜けにくく壁内こもる(木造住宅のように壁内の湿気排出構造が取りづらい)こともあって最近ではほとんど使われなくなった。発泡系断熱材は、繊維系断熱材と比較して湿気が断熱材中に入りやすく、結露の発生を抑止し易いこともあり、現在のほとんどのRC、SRC造の集合住宅で使われている。依って、木造住宅=防湿層付き繊維系断熱材、RC造住宅=発泡系断熱材が広く定着することとなった。

海外に目を向けた場合には、必ずしも「木造住宅=防湿層付き繊維系断熱材」、「RC造住宅=発泡系断熱材」とは限らず、繊維系断熱材であっても、RC造(レンガ造など含む)の住宅や建物に使われていることが知られている。代表的な事例では、最近とみに聞く「外断熱」構造の建物に繊維系断熱材が使われる。「外断熱」構造では、室内側からの湿気の侵入が少ないだけでなく、断熱在中に入った湿気そのものを室外に排出し易いことから繊維系断熱材が発泡系断熱材と同じように集合住宅において使われている。

さらに、日本のRC造集合住宅の一般的な断熱手法であるRC造の室内側から断熱する「内断熱」

においても、繊維系断熱材を使用する事例や「内断熱」に使用する繊維系断熱材が紹介されている。RC 構造集合住宅などに使用する繊維系断熱材は、今回のテーマとした軽量木質繊維ボードや麻やパインなどの自然繊維を積層した繊維系断熱材で吸放湿性を持っており、施工の事例では繊維系断熱材に必要とされる防湿層(防湿材)を持たない。(ポリエチレンフィルムやシートほどの防湿性を持たない意味であって室内仕上げとしてペイント仕上げ程度の防湿性は有している。)

しかし、日本の気候条件とは異なるだけではなく、欧州の大部分の国では生活習慣も異なり、室内環境(熱、湿度など)が異なり、そのままの構造や素材だけを持ち込むだけでは危険性が高く、RC 造集合住宅の建築ディベロッパーを十分に説得でき採用されるには至らないであろうことから、日本における吸放湿性を持った木質繊維ボードにおいて、RC 造の建物に防湿層無しで使用した場合の結露、結露の防止性並びに吸放湿性を確認し、吸放湿性断熱材による RC 造集合住宅「内断熱」を取り上げることとした。

尚、日本国内において吸放湿性を持つ木質繊維ボード(インシュレーションボード)を用いた「内断熱」での壁内の結露防止シミュレーションが近畿大学理工学部の池田氏等によって行われており(文献)、シミュレーションにおいては結露発生を防止することが述べられている。しかし、実際の施工条件に近い状態における調査実験は初めてとなる。

文献

岸本嘉彦*1、池田哲郎*2

「集合住宅における結露防止・結露被害防止に及ぼす吸放湿材の影響と最適有効貼付厚に関する研究」

日本建築学会大会学術講演梗概集・D-2・環境工学Ⅱ、pp261-262、1998 等

*1 岸本嘉彦 近畿大学大学院修士課程(1996～1997)京都大学大学院博士後期課程(1998～)

*2 池田哲郎 近畿大学理工学部建築学科・教授

2. 試験調査の目的

RC 造集合住宅(マンション)は、年間で約 18 万戸程度が建設されるが、そのほとんどが、東京、大阪、名古屋など大都市圏に集中する。RC 集合住宅の断熱構造は、内断熱と呼ばれる RC(鉄筋コンクリート)構造の内側(室内側)に断熱材を取り付けたものであり、一般的には透湿抵抗が高く、湿気が断熱材内部に入りにくい断熱材(主に現場発泡ウレタン、並びに押出発泡ポリスチレン)が用いられている。

これらの都市圏はその気象条件が比較的温暖であり、冬季の最低気温もマイナス温度になることがなく平均的には4℃程度である。しかし、比較的温暖とは言え、冬場の室内暖房温度の18~22℃、相対湿度が理想的な40~60%RH程度であればRC室内側に断熱層を持つ断熱構造に防湿層を持たないと壁体内での内部結露を発生させる。暖房が利用されない部屋(非暖房室)であって室温が低くても、室内が相対的に高湿であることが多く、十分に断熱構造内で結露を発生させる条件となっている。

最近になり、シックハウス症候群の防止を目的に室内に使用する内装建材のノンホルムアルデヒド化などの対応がとられ始めているが、室内空気環境は、建材だけでなく家具、衣類など様々な物質により汚染されていることが知られており、もう一つの対応として室内空気を外部に放出し、外部のきれいな空気と入れ替えること(24時間換気システムなどの採用。)が行われ始めており、集合住宅(マンション)でも採用され始めている。24時間換気システムにより外部の空気が室内に導かれ暖房により暖められると室内空気は乾燥する。計算上、外部空気を暖房温度まで暖めると相対湿度30%RH以下(多くは20%RH前後)と大変乾燥することになる。

このように24時間換気システムを取り入れた集合住宅では、日常的に乾燥と壁体内が結露する程度の加湿が毎日のサイクルとして繰り返されていることになる。木質繊維ボードは、その置かれた環境により吸湿と放湿を繰り返すことが判っており、室内が加湿される条件下では、その吸湿により壁体内結露を抑止し、室内が乾燥した際に放湿を行うことを繰り返すとすれば、十分にRC集合住宅の内断熱断熱材として使用することが可能になる。

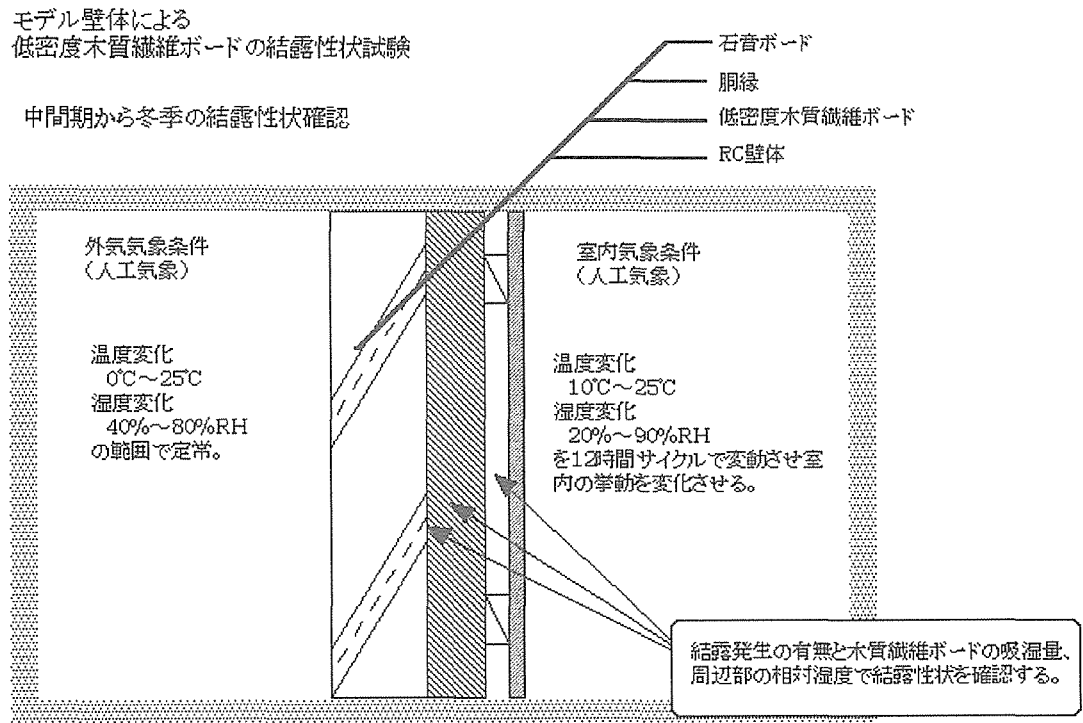
以上のような24時間換気を導入し一日の中で加湿と乾燥が繰り返されるRC集合住宅を想定し、木質繊維ボードを取り付けた断熱実験壁体を結露(加湿)条件と乾燥条件を連続的に行うことで吸放湿性を持った断熱材がどのように断熱材内部の結露を抑止し、どのように乾燥が行われるかを把握調査することを目的とした。

又、24時間換気を導入した集合住宅では、室内が一時的に過乾燥に陥りやすいことが知られている。断熱材内部の結露を防止するために吸湿した水蒸気を乾燥条件下において放湿する事で過乾燥の緩和に繋がることになる。断熱材として使用する木質繊維ボードからの放湿が室内側の調湿にどの程度の作用を施すかを同時に確認を行うことも目的としている。

実験壁体モデルは、次に示す図のごとく、実際のRC壁体構造とその両側に位置する外気ならびに室内温度、湿度条件を人工的に作り、壁体内の結露性状を再現するものである。

このような壁体モデル並びに木質繊維ボードの吸放湿性を調査試験するその他の測定を交え、今回の調査試験により、RC構造の建物に調湿性能を持つ断熱材(低密度木質繊維ボード)で防湿層を用いず内断熱する事により、壁体内の結露発生も無く、居室内の過乾燥を緩和する断熱工法が可能であるかを検証し、新築集合住宅、集合住宅環境リフォームへの応用を目指す。その一環として吸放湿実験現状を把握するものである。

中間期から冬季にかけての壁体内結露性状の確認



3. 試験調査の内容

3.1 建築材料と比較した軽量木質繊維ボードの吸放湿特性

建築材料における軽量木質繊維ボードの位置付けを確認する為、一般に吸放湿性が知られている建築材料である石膏ボード、杉板製材と軽量木質繊維ボードを比較した吸放湿性の調査試験を実施した。

3.2 軽量木質繊維ボードの平衡含水率

断熱材料として使用する際、軽量木質繊維ボードは比較的高温(40°C程度)から低温(0°C程度)にさらされることになる。例えば、冬季の場合では、外気温度が0°C、室内が暖房温度で20°Cと約20°Cの温度差を生じる。夏季には、外壁が日射により暖められた場合40°C近傍で室内が冷房温度27°Cと言った具合に変化する。軽量木質繊維ボードの吸放湿性が温度により大きく変化するようであれば、吸放湿性を利用した素材としては利用の範囲が限定されることになりかねることから、軽量木質繊維ボードの吸放湿特性の温度依存性(各温度における平衡含水率測定)の試験調査を実施

した。

又、吸放湿材料の利用を図る上で、素材の吸放湿性を表す吸放湿特性線図(平衡含水率と相対湿度(絶対湿度)との相関)は重要であることから、先の温度依存性と同時に各相対湿度における含水率の調査試験を行った。

3.3 軽量木質繊維ボードの透湿抵抗、湿気伝導率

RC造の集合住宅(マンションなど)の外壁鉄筋コンクリート(以下RCと略す。)内側に取り付ける断熱材料に使用した際に問題となる壁体の内部結露や木質繊維ボードを厚みのある断熱材料としてどの程度の湿気(水蒸気)が木質繊維ボード内部、更には、RC接触面まで浸透するかなどを判断する指標として透湿抵抗、湿気伝導率の測定を実施した。

3.4 軽量木質繊維ボードの熱伝導率

木質繊維ボードを断熱材として応用する基本物性である熱伝導率を測定した。

3.5 RC壁体に断熱施工された木質繊維ボードの吸放湿特性

RC造の集合住宅(マンションなど)外壁に見立てた実験壁体を作成し、実験壁体に断熱材として軽量木質繊維ボードを取り付け、その一方を冬場の気象条件(5℃前後)、もう一方を冬場の室内条件(20℃前後)にし、RC壁体並びに木質繊維ボード内部での結露状況を確認した。

実際の住宅に於いて木質繊維ボードは様々な状況に置かれていることを想定し、木質繊維ボードを様々な条件下に前処理をしたサンプルで実施し、実際に発生する様々な状況への推察が行えるように工夫している。

4. 試験調査の日程

平成14年2月から平成14年8月

5. 試験調査の結果

5.1 木質繊維ボードの吸放湿特性

5.1.1 木質繊維ボードの建築材料と比較した吸放湿特性測定

一般的に使用され、吸放湿性を持つ建築材料である石膏ボード、並びに杉製材と木質繊維ボードの吸放湿の特性を比較し、建築材料の中での木質繊維ボードの位置づけを確認した。

測定は図1、図2、図3に示す装置を用い恒温恒湿槽 25℃50%で24時間調湿した試料を、25℃90%で24時間、25℃50%で24時間を1サイクル48時間とした条件を2サイクル合計96時間実施して吸放湿の状況を確認した。

①測定概略図

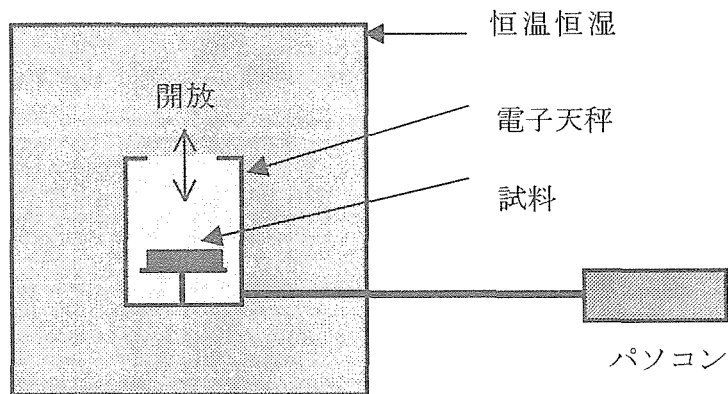


図1 吸放湿測定概略

※電子天秤による重量測定結果が、恒温恒湿槽の循環風の影響避ける為、電子天秤の左右の風防ドアは閉め、影響の少ない上部を開放して測定を行っている。

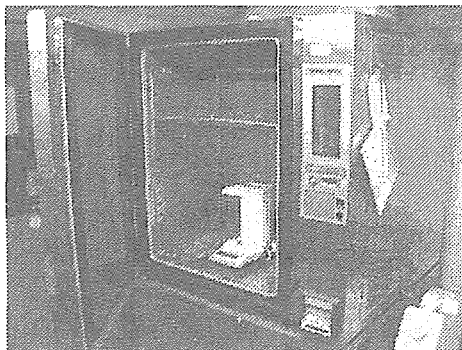


図2 平衡含水率測定恒温恒湿槽

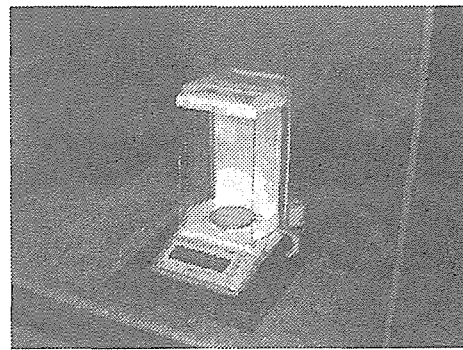


図3 電子天秤設置

②使用機器:

- ・恒温恒湿槽 --- エタック、FX221P
- ・電子天秤 --- メラー・トレド、AG204 デルタレンジ
- ・パソコン&電子天秤データ取り込みソフト

- ③試料寸法: 木質繊維ボード 100×100×5(mm)
市販石膏ボード 100×100×9.5(mm)
杉製材 100×100×12(mm)

5.1.2 木質繊維ボードの建築材料と比較した吸放湿特性測定結果

木質繊維ボード(5mm 厚)の 24 時間での吸放湿量は、図 4 に示す通り、石膏ボード(9.5mm 厚)の約 2 倍の吸放湿量、杉製材(12mm 厚)の約 2/3 の吸放湿量であった。

杉製材並びに木質繊維ボードの吸湿は、引き続き増加傾向にあり、24 時間内に平衡に達していない。又、木質繊維ボードの放湿は杉製材と比べ早い傾向が見られた。

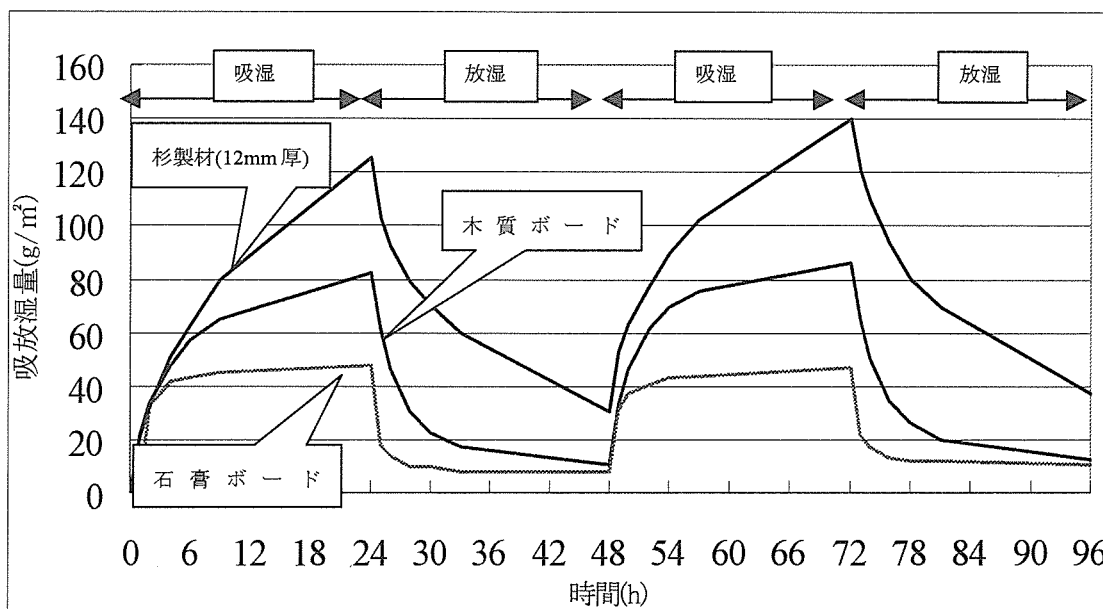


図 4 建築材料と比較した木質繊維ボードの吸放湿特性

5.2 木質繊維ボードの平衡含水率

5.2.1 平衡含水率測定方法

所定の温度湿度に調整した恒温高湿槽内に木質繊維ボードを放置し、木質繊維ボードの重量変化を測定する。重量変化が見られなくなった時点はその温度、湿度に於ける平衡含水重量とし、絶乾状態で乾燥させた木質繊維ボードの重量との差を含水量、その含水量を絶乾状態での重量で割った数値を平衡含水率とした。尚、測定装置の概要は、5.1.1 木質繊維ボードの建築材料と比較した吸放湿特性測定 に記載した。

①試料寸法： 木質繊維ボード 100×100×5 (mm)

5.2.2 木質繊維ボードの吸湿時間特性

室温にて 24 時間調整した木質繊維ボードを 25°C95%RH に調整した平衡含水率測定装置に放置し、平衡含水率に至る時間特性を大まかに把握し、平衡含水率測定の目安とした。

同条件下に於いては、平衡含水率に至るまで概略 36 時間以上を要することが確認された。

尚、このときの吸湿量の総量は、148.2 g/m² (48 時間)となった。

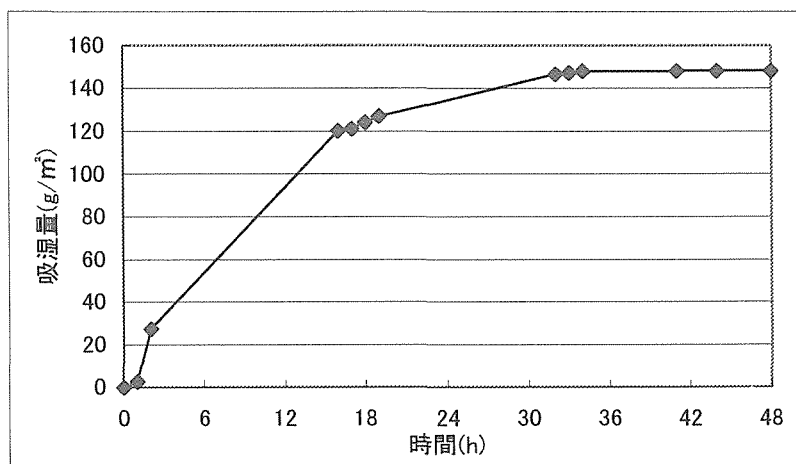


図5 木質繊維ボードの吸湿時間

5.2.3 平衡含水率の温度依存特性

住宅に用いられる断熱材料は、気象や住居内の条件により関東地域では0°C~40°Cにさらされる。例えば、室温を 20°Cとし、外気温度を 0°Cとすると断熱材として使用する木質繊維ボードの一方は 20°C近くになり、一方は 0°C近くになる。この温度の範囲に於いて木質繊維ボードの吸放湿性がどのように変化をするのか(温度依存特性)を確認した。

吸放湿性能の温度依存特性の確認は、恒温高湿槽の性能から、10°C、25°C、40°Cでの平衡含水率を確認した。試験の結果を、表 1 と図 6 に示す。

10°Cの一部で試験装置凍結が発生し、データの欠損を生じているが、それぞれの測定温度において同程度の含水率となった。このことから、木質繊維ボードの平衡含水率は 10°C~40°Cに於いて温度依存性がないものと判断される。

又、水の凍結温度である0℃までは同様に温度依存性がないものと推察される。

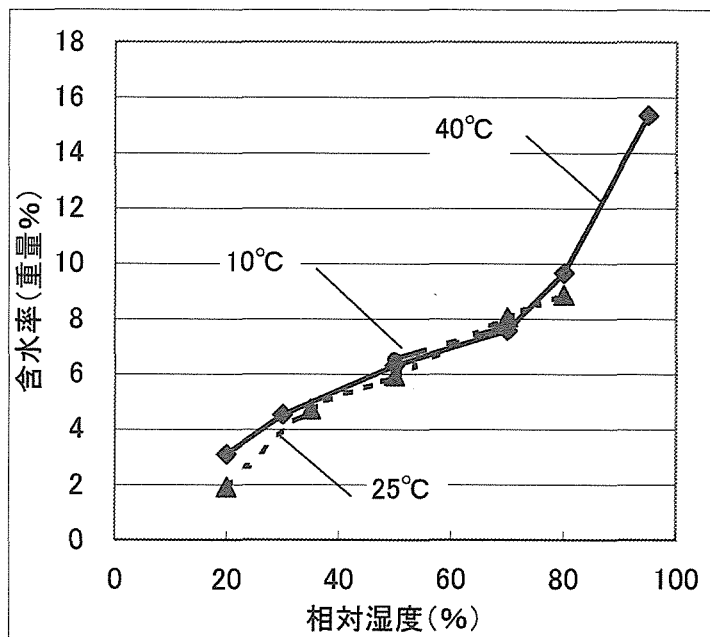


図 6 木質繊維ボードの吸放湿の温度依存性
(各温度に於ける平衡含水率曲線)

	スタート日	相対湿度 (%)	温度 (°C)	最終重量 (g)	絶乾重量 (g)	含水量 (g)	含水率 (%)
1	3/27	95	25	14.87	12.89	1.98	15.36
2	3/22	70	25	13.34	12.40	0.94	7.58
3	3/25	50	25	13.47	12.67	0.80	6.31
4	3/29	30	25	13.37	12.79	0.58	4.53
5	4/1	80	40	13.87	12.74	1.13	8.87
6	4/3	70	40	14.34	13.27	1.07	8.06
7	4/5	50	40	12.85	12.13	0.72	5.94
8	4/9	35	40	13.07	12.48	0.59	4.73
9	4/11	20	25	12.28	11.91	0.37	3.11
10	4/15	80	25	13.84	12.62	1.22	9.67
11	4/17	20	40	12.68	12.44	0.24	1.93
12	-	90	10	-	-	-	-
13	4/22	70	10	13.72	12.73	0.99	7.78
14	4/18	50	10	13.23	12.42	0.81	6.52
15	5/7	30	10			0.00	測定不能

表 1 吸放湿特性の温度依存性測定結果

5.2.4 吸湿・放湿過程に於ける平衡含水率

一般的に吸湿過程に於ける平衡含水率と放湿過程に於ける平衡含水率は異なることが知られており、吸湿過程の平衡含水率が放湿過程の平衡含水率より高い値を示す。

吸湿・放湿過程の平衡含水率をグラフに示すものを吸放湿特性線図と呼び、材料の特性を把握するのに利用される。

木質繊維ボードの吸放湿特性の測定は、委員長より提供された JIS 原案「建築材料の平衡含水率測定方法」(ドラフト)の吸放湿測定を基に測定を行った。

又、5.1.2 平衡含水率の温度依存特性の測定で明らかになった 0℃～40℃に於いて木質繊維ボードの吸放湿特性には温度依存性が見られないことから、測定は 25℃に調整された恒温高湿槽にて行うこととした。

尚、吸放湿特性の測定は 5.1.1 平衡含水率測定方法に示した試験装置を用い、所定の湿度での平衡含水率が測定された後、連続的に次の湿度での平衡含水率を測定することを繰り返す。

①吸湿過程の相対湿度調整

20% → 30% → 50% → 70% → 80% → 95% → 放湿過程の測定へ

②放湿過程の相対湿度調整

20% → 30% → 50% → 70% → 80% → 95% → 絶乾重量測定

尚、各々の相対湿度の測定には、5.2.2 木質繊維ボードの吸湿時間特性 に示した通り一点の測定に約 40 時間を要した。

5.2.5 吸湿・放湿特性線図

吸湿過程並びに放湿過程の平衡含水率の測定結果を表 2、並びに図 7 に示す。

相対湿度	20%	30%	50%	70%	80%	95%
放湿過程平衡含水率 (重量%)	—	5.43	8.00	11.08	12.66	15.22
吸湿過程平衡含水率 (重量%)	3.11	4.53	6.31	7.58	9.67	15.36

表 2 吸放湿過程に於ける平衡含水率測定結果

木質繊維ボードの吸放湿特性は、一般的な吸放湿材料と同様に、吸湿過程が放湿過程より、高湿度で吸湿し、吸湿過程に於ける平衡含水率はS字カーブとなる曲線を描いて吸湿し、放湿過程に於ける平衡含水率は直線的に放湿することが判った。

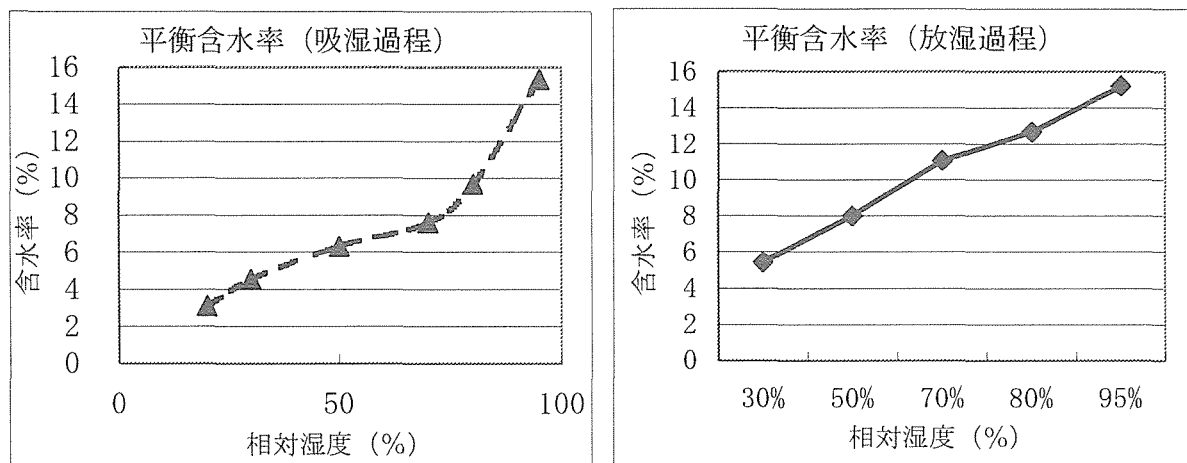


図7 木質繊維ボードの吸湿・放湿測定結果

5.2.6 吸湿・放湿特性線図からの吸放湿特性

木質繊維ボードの吸放湿特性は、図8 吸放湿線図からその流れを読みとると以下ようになる。

①吸湿

相対湿度が上昇するとともに吸湿過程のS字曲線に沿って含水率が上昇する。

②放湿

木質繊維ボードの含水率と交わる放湿過程の直線まで相対湿度が低下すると、初めて吸湿から放湿を開始することになる。

吸湿はし易いが、放湿をするにはより一層低湿の条件になる必要がある。

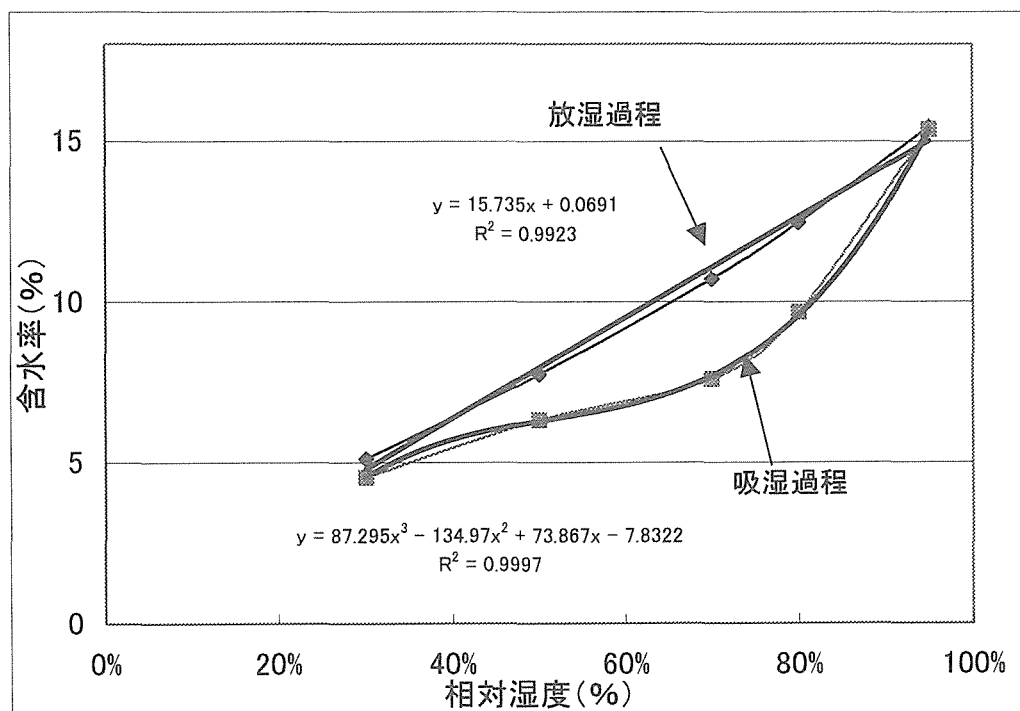


図8 木質繊維ボードの吸湿・放湿特性線図

5.3 木質繊維ボードの透湿抵抗、湿気伝導率

5.3.1 透湿抵抗、湿気伝導率の測定方法

湿気が木質繊維ボードの表面から進入し、反対側に流れる速度(湿気伝導率)を測定し、実験壁体の吸放湿性状の解析に供する。

JIS Z 0208 - 1976 防湿包装材料の透湿度試験方法(カップ法)による透湿度測定による。尚、透湿抵抗並びに湿気伝導率は透湿度より換算した。

5.3.2 木質繊維ボードの透湿抵抗、湿気伝導率

木質繊維ボードの透湿度測定結果を表 4 に示す。又、透湿度より換算した透湿抵抗、湿気伝導率を表 3 に示す。

	透湿度 (g/m ² ・24h)	透湿抵抗 (m ² ・h・mmHg /g)	湿気伝導率 (g/m・h・mmHg)
木質繊維ボード5mm厚	239	2.66	1.88×10 ⁻³

表 3 木質繊維ボードの透湿抵抗、湿気伝導率

	ブランク試験体 /塩化ナトリウム飽和水溶液			木質繊維ボード試験体 /塩化ナトリウム飽和水溶液			透湿度 (g/m ² ・ 24h)	透湿抵抗 (m ² ・h・ mmHg /g)
	試験時間 (hr)	重量(g)	重量増加 (g)	試験時間 (hr)	重量(g)	重量増加 (g)		
7.10	0	1558.71	0	1735.03	0	0	0	2.64
7.11	24	1560.16	1.45	1738.01	2.98	1.53	188.9	
7.12	48	1560.71	2.00	1740.42	5.39	3.39	209.3	
7.15	120	1561.55	2.84	1747.38	12.35	9.51	234.8	
7.17	164	1561.79	3.08	1751.3	16.27	13.19	238.3	
7.17	168	1561.77	3.06	1751.72	16.69	13.63	240.4	
7.17	0	1636.64	0	1660.89	0	0	0	
7.19	48	1638.63	1.99	1666.17	5.28	3.29	203.1	
7.22	120	1639.59	2.95	1672.93	12.04	9.09	224.4	
7.24	168	1639.93	3.29	1677.36	16.47	13.18	232.5	
7.26	212.5	1640.15	3.51	1681.44	20.55	17.04	237.6	

表 4 木質繊維ボード防湿包装材料の透湿度試験方法(カップ法)による透湿度

5.4 木質繊維ボードの熱伝導率

木質繊維ボードの断熱性能を確認し、A級インシュレーションボードとの関係を確認した。尚、測定は、JIS A 1412-1 :1999 熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 第一部：保護熱板法(GHP法)により熱抵抗の測定の後、熱伝導率換算をした。

表5に示す通り、A級インシュレーションボードと同等の断熱性能を有する。

	熱伝導率(W/m・K) ()内はkcal/m・h℃単位	
木質ボード(20mm)	0.049 (0.042)	
A級インシュレーションボード	0.050 (0.043)	住宅金融公庫住宅工事共通仕様書平成13年度版より引用

表5 木質繊維ボードの熱伝導率

この熱性能(熱伝導率)から、RC造住宅の壁体に断熱材として用いる場合、木質繊維ボードの施工厚みは、以下の表6となる。

鉄筋コンクリート造の住宅又は組積造の気密住宅の壁断熱材厚み	
新省エネ基準	35 mm (熱抵抗 0.7 m ² ・K/W)
次世代省エネ基準	45 mm (熱抵抗 0.9 m ² ・K/W)

表6 地域IVにおける断熱工事の断熱材厚さ

(参考)

平成4年公示(新省エネ基準)

「住宅に係わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断の基準」

= (財)住宅金融公庫 省エネルギー住宅(一般型)割増融資基準

平成11年公示(次世代省エネ基準)

「住宅に係わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断の基準」

= (財)住宅金融公庫 省エネルギー住宅(次世代型)割増融資基準

地域IV：北海道、青森県、岩手県、秋田県、宮城県、山形県、福島県、栃木県、新潟県、長野県、宮崎県、鹿児島県を除いた都道府県、並びに一部の市町村の例外を除いた地域。

5.5 RC 壁体に断熱施工された木質繊維ボードの吸放湿特性

5.5.1 実験壁体試験概要

十分に断熱がされた試験室に実験壁体を取り付けた冷凍庫を設置し、冷凍庫内を冬場の外気温度条件に見立て、試験室内を住宅室内と見立てた実験室壁体モデル(以下 RC 実験壁体とする。)を構成した。

①実験室概略構成図

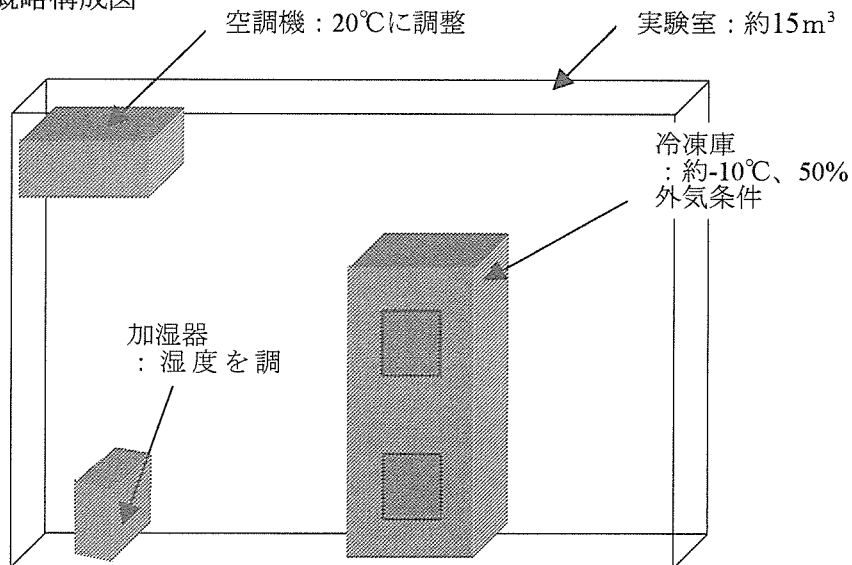


図9 RC 実験壁体設置概略(於ける旭ファイバーグラス湘南工場内結露実験室)

②実験装置外観

空調機、加湿器は、空調加湿空気が試験体に当たらないよう写真のように配置した。又、試験体取り付け部周辺には、外周部からの熱影響を排除するため発泡ウレタン断熱材で覆った。

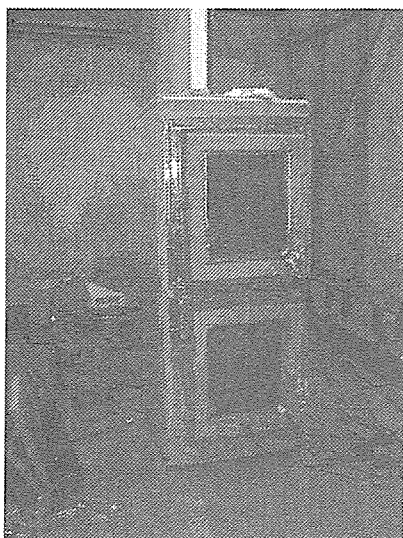


図10 RC 実験壁体設置写真

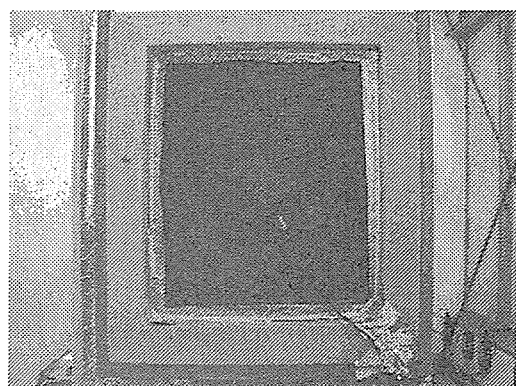


図11 RC 実験壁体木質繊維ボード取り付け

③実験壁体構成図

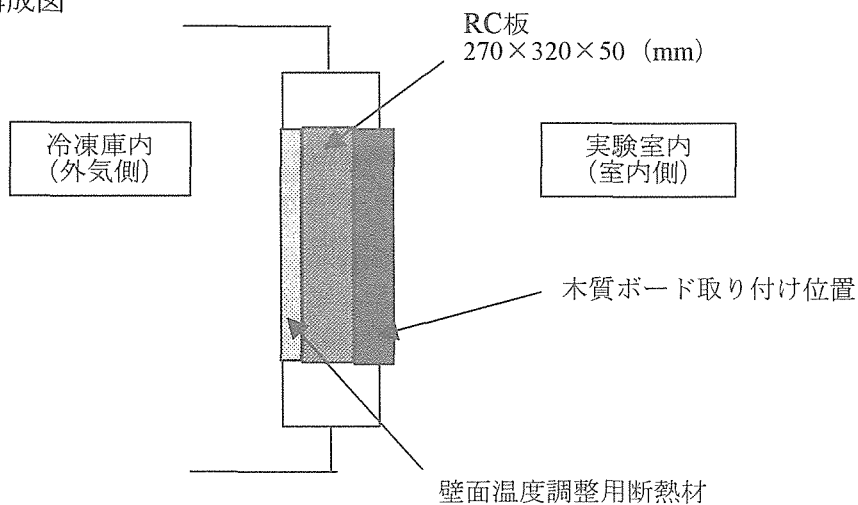


図 12 RC 実験壁体木質繊維ボード断熱構成

④実験壁体構成写真

試験体である木質繊維ボードは、5.4 木質繊維ボードの熱伝導率にて調査した新省エネ基準地域Ⅳにおける鉄筋コンクリート造気密住宅の壁断熱材厚さより総厚み 35 mmとし、木質繊維ボードの厚み方向の含水率測定を行うため厚さ 5 mmの木質繊維ボードを7枚重ね(図 13)で取り付け枠との取り合いは防湿テープ(アルミ箔テープ)で処理した。

RC板と試験体(木質繊維ボード)の界面は 100 ミクロンのアルミ箔を取り付け RC板からの湿気影響及実験による結露水が RCに吸水することの影響を排除してある。

又、RC面の温度(外気温度)を目的の温度に調整するため、庫内側に断熱材を取り付けて調整した。(図 14)

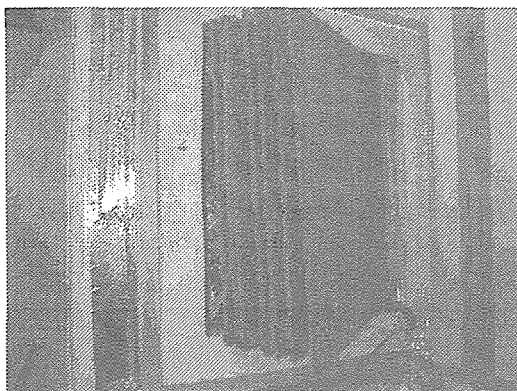


図 13 7層重ねでの木質繊維ボード取り付け

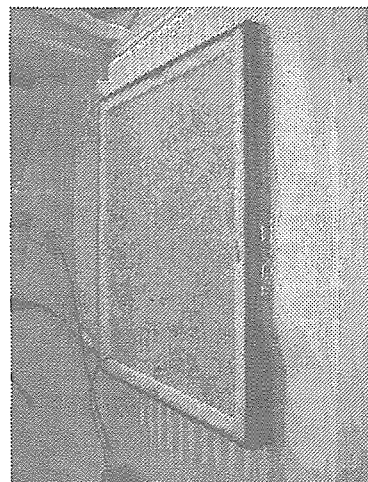


図 14 RC 温度調整断熱材

・温湿度の測定は熱電対と温湿度センサーを用いた。

5.5.2 RC 実験壁体試験装置の性能確認

RC 実験壁体試験装置には、2 試験体を同時に取り付けられるように作成されており、2 試験体を同時に、又一試験体内での熱流が試験装置の大きさにより端部からの影響を無視できる範囲にあることを確認した。

RC 壁体表面温度分布は、実験設備をある条件下で運転させ、RC 壁面の温度分布を RC 壁面の室内側に熱電対を取りつけ(中央部と各四隅)測定、又、サーモレーサー(放射温度計)測定により温度分布状況を確認した。

・運転条件

室内側(実験室内):20°Cから成り行き、外気側(冷凍庫内):約-10°C、どちらも湿度調整は行われていない。

①熱電対による温度分布測定結果

温度分布は実験開始時は最大で±3°C程度であったが、徐々に温度差は±2°Cまで小さくなった。

RC 面の上部の方が下部と比較して表面温度が高い傾向にあった。

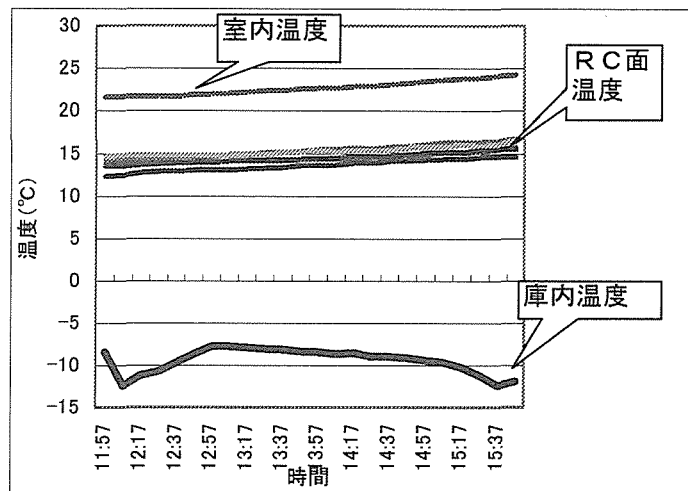


図 15 RC 壁体 RC 面表面温度

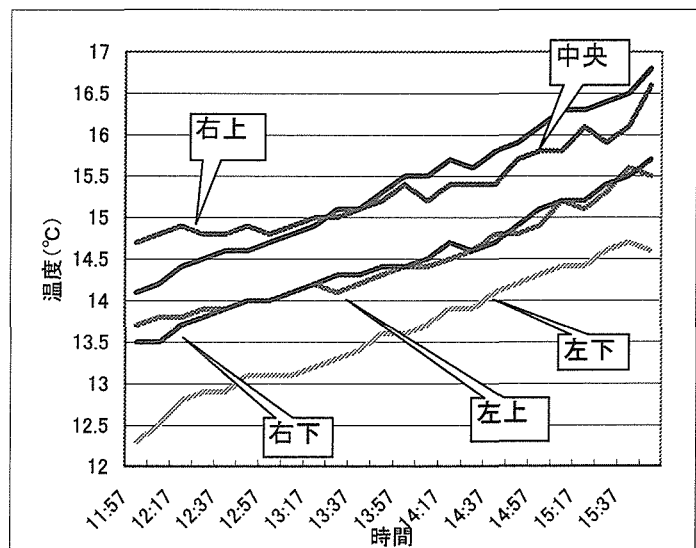


図 16 RC 壁体 RC 面表面温度(詳細)

②サーモレーサーによる RC 試験壁表面温度分布

各々のコンクリート試験壁体室内側表面温度は、図 17、図 18 に示す通り、外周面より約1cmを除くと概ね最高温度と最低温度の差が2℃となっている。

このことは、試験壁中央部に於いて、壁厚み方向での一次元の熱流が定常的に得られていることを示している。

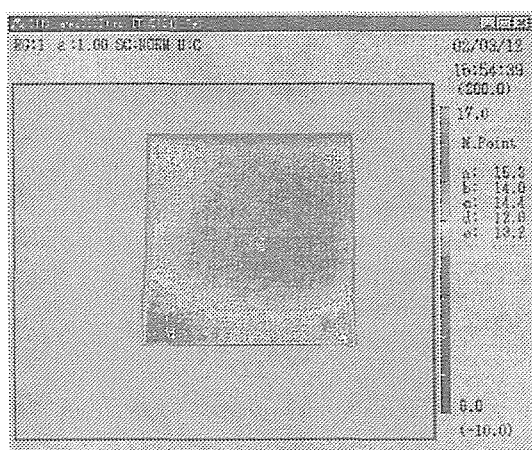


図 17 上部試験体 RC 表面温度分布

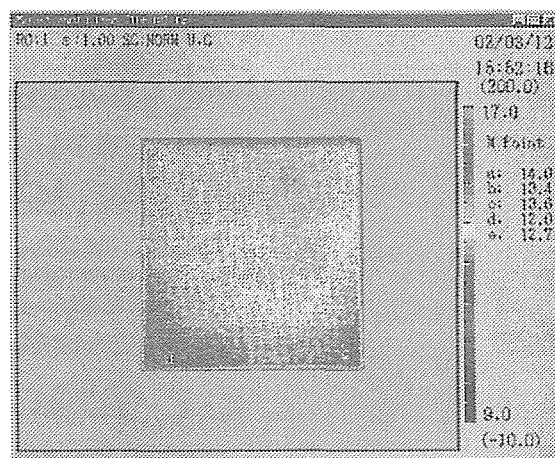


図 18 下部試験体 RC 表面温度分布

以上の熱電対により RC 面温度測定の結果並びに、サーモレーサー(放射温度計)による温度測定の結果から、RC 実験壁体が十分に信頼するに足りるデータが得られる試験モデルであると推察し、判断された。

尚、木質繊維ボード(断熱材)を取り付けた場合においては温度差がより小さくなる(室内側空気の対流が抑えられること)ことが想定されている。又、試験壁体の定常計算による表面温度算出結果では、RC 表面温度は 15.6℃であり、サーモレーサーの測定温度と並びに熱電対測定温度とほぼ同じ温度であり、想定範囲となっている。(12.2 実験壁体性能確認計算書 参照)

5.5.3 実験壁体—吸湿、放湿サイクル試験

RC 実験壁体を RC 造集合住宅の外壁構造に見立て冬季に想定される平均最低外気温度、室内の温度を想定し、壁体内の内部結露、並びに木質繊維ボードの含水率変動を調査した。

(実験条件)

室内温湿度条件を下記の条件で吸湿、乾燥を繰り返す。

吸湿条件:20℃、60%、12時間 → 放湿条件:18℃、45%、12時間

尚、この条件は、5.2.6 吸湿・放湿特性線図からの吸放湿特性の結果を基に吸湿過程から放湿過程へと移る相対湿度を選定した。(図 19 参照)

(試験体)

木質繊維ボード(試験体試料)の前処理として24時間絶乾状態に放置した試験体と、気乾状態(概略 25℃40~50%RH)に放置した試験体を用い、試験体の状況による差異の確認を同時に行った。

これらの条件を各 12 時間繰り返し、RC 面の相対湿度、木質ボードの重量測定(含水率)を測定した。

木質繊維ボードを、定時刻に試験装置より取り外し、重量測定を行うことで断熱材料の厚み方向の含水率を測定した。又、同時に、RC 面の結露発生の有無を確認している。

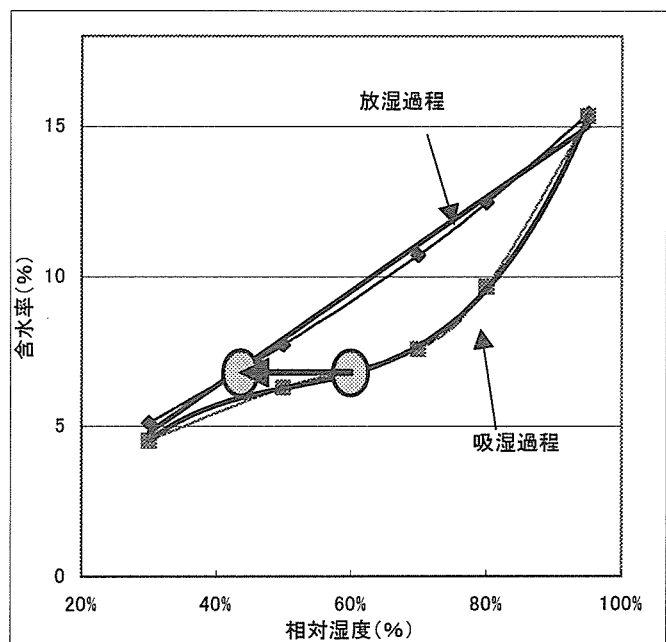


図 19 吸放湿線図からの条件選定

5.5.4 実験壁体試験—吸湿、放湿サイクル試験 RC 実験壁体内部結露の確認

①絶乾前処理試験体での断熱壁体結露性状確認

・吸放湿曲線からの実験湿度の確認

図 20 RC 実験壁体温度、湿度測定結果（絶乾サンプル取り付け）より、加湿湿度約 60%RH から放湿湿度約 45%RH と 5.2.6 吸湿・放湿特性線図からの吸放湿特性により得られた吸放湿条件をほぼ満足する条件での試験を行うことができた。（図 20 参照）

・RC 面ならびに木質繊維ボード内で結露発生確認

加湿条件下に於いて、RC 面の相対湿度は、約 25%RH から吸湿が始まり、12 時間後におよそ 30%RH まで上昇したが、湿度が 100%に達しておらず、又目視上での結露の発生は見受けられなかった。

乾燥条件になった後も、RC 面での相対湿度が暫増しており、乾燥条件開始時相対湿度 30%RH が 12 時間後にはおよそ 35%RH まで湿度が上昇した。

尚、この時の RC 面表面温度は、約 5℃前後であり、一般的には結露発生を起こすが絶乾前処理を施した木質繊維ボード試験体での RC 断熱壁体には結露の発生はなかった。

（図 20 RC 実験壁体温度、湿度測定結果 のグラフに於いて RC 上面湿度に4カ所の相対湿度上昇のピークが記録されている。このピークは木質繊維ボード取り外し重量測定並びに結露確認時の影響であって無視することができる。以降の試験結果に於いても同様。）

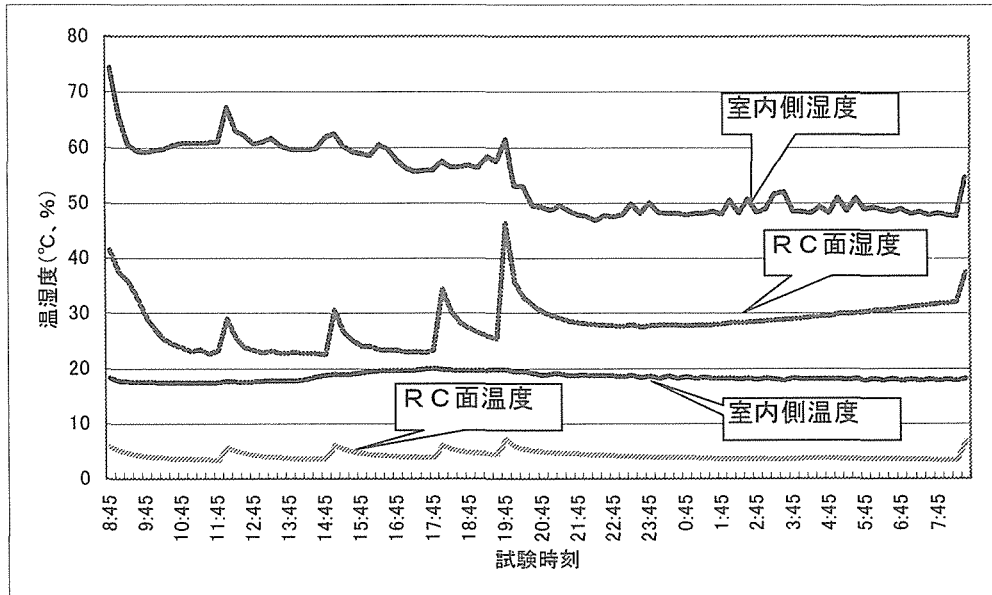


図 20 RC 実験壁体温度、湿度測定結果（絶乾サンプル取り付け）

この条件に於ける木質繊維ボード試験体の厚み方向の含水率を図 22 に示す。

図 21 に示したように 35 mm厚の木質繊維ボードの 5 mm厚毎を室内側より、I 層、II 層、III 層、IV 層、V 層、VI 層、RC 面と記載した。

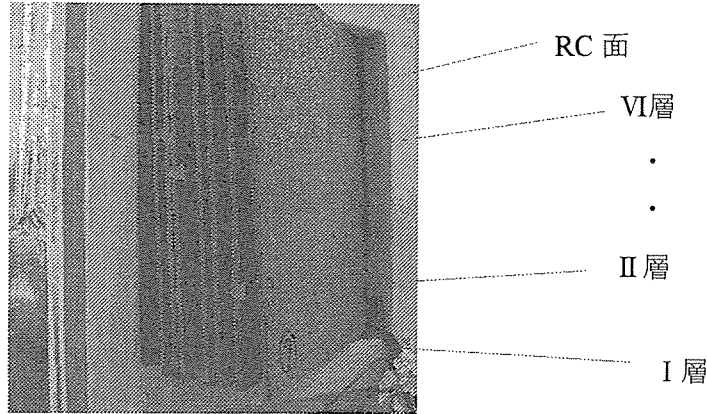


図 21 RC 実験壁木質ボード層別表記記号

湿気の供給側である室内側の表層 (I 層) は、ほぼ含水率の平衡に到達し始めたが、II 層～RC 面 (5 mm～35 mm) までは、室内側が乾燥条件 (12 時間後以降) になっても引き続き吸湿を継続している様子が判る。又、乾燥条件に入った後も含水率が上昇しており吸湿が継続していることを示している。

含水率は、RC 面を除いて 図 22 の通り室内側より大きな値をしめした。RC 面の含水率上昇が IV、V、VI 層より大きな値を示したのは、含水率測定の為試験体を取り外した際に流れ込む湿気により RC 表面が結露し、結露水が試験体に付着したことによるものと推察される。

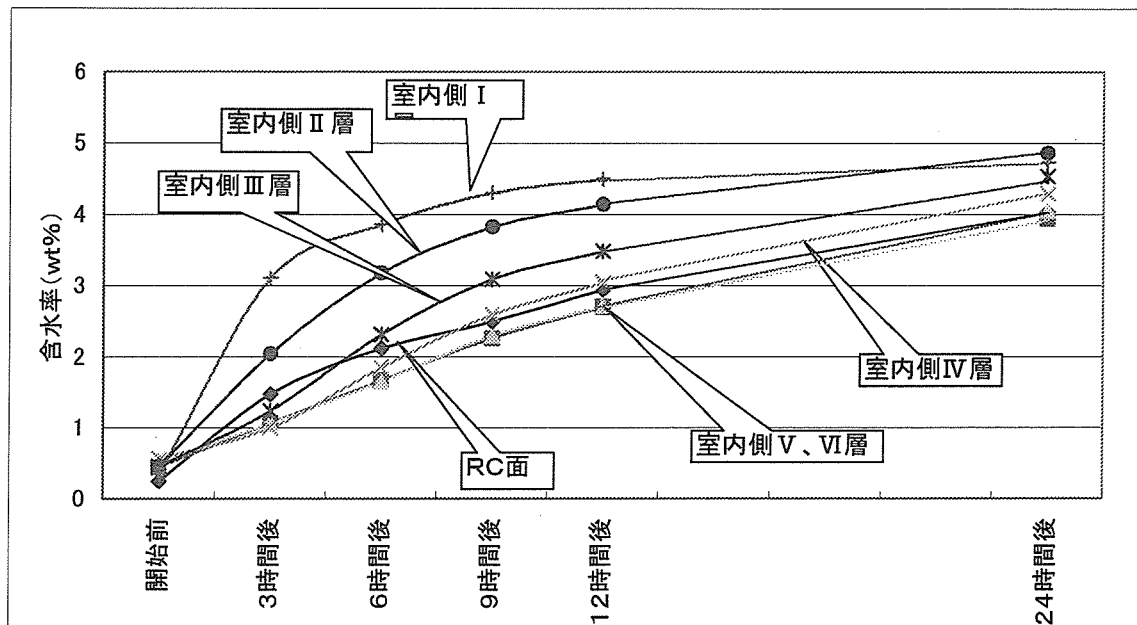


図 22 RC 実験壁体木質ボード層別含水率 (絶乾サンプル取り付け)

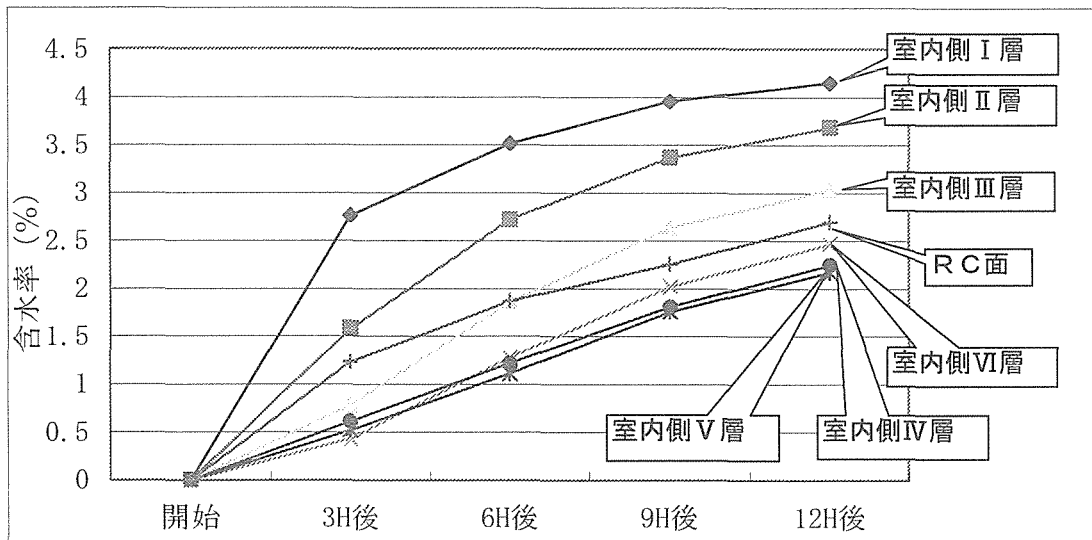


図 23 吸湿の層別傾向/RC 実験壁体木質ボード層別含水率 (絶乾サンプル取り付け)

別に行った乾燥条件下の含水率変動のグラフを図 24 に示す。

室内側 I 層は、乾燥条件下 4 時間経過後より含水率が低下し、室内湿度の低下に相関した変動を示す。室内側 II 層、III 層の順に含水率の上昇が鈍化していることが判る。尚、室内側 IV 層は吸湿過程時の重量測定の問題によるものであるが放湿過程の放湿傾向は同様である。

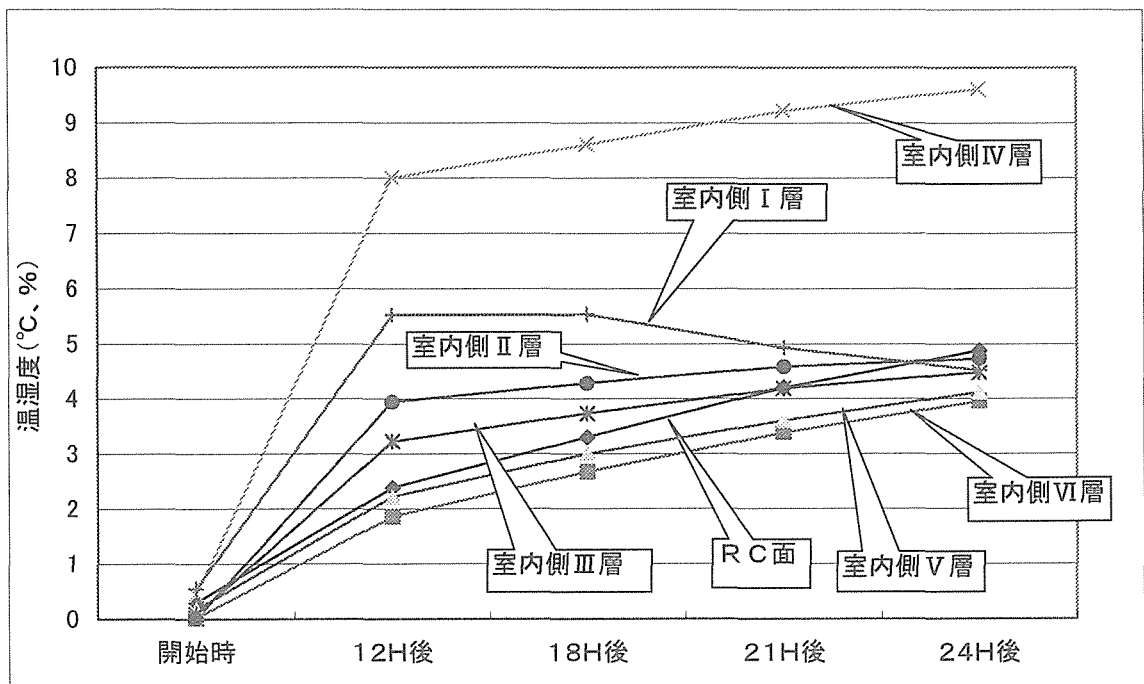


図 24 RC 実験壁体木質ボード層別含水率 (絶乾サンプル取り付け)

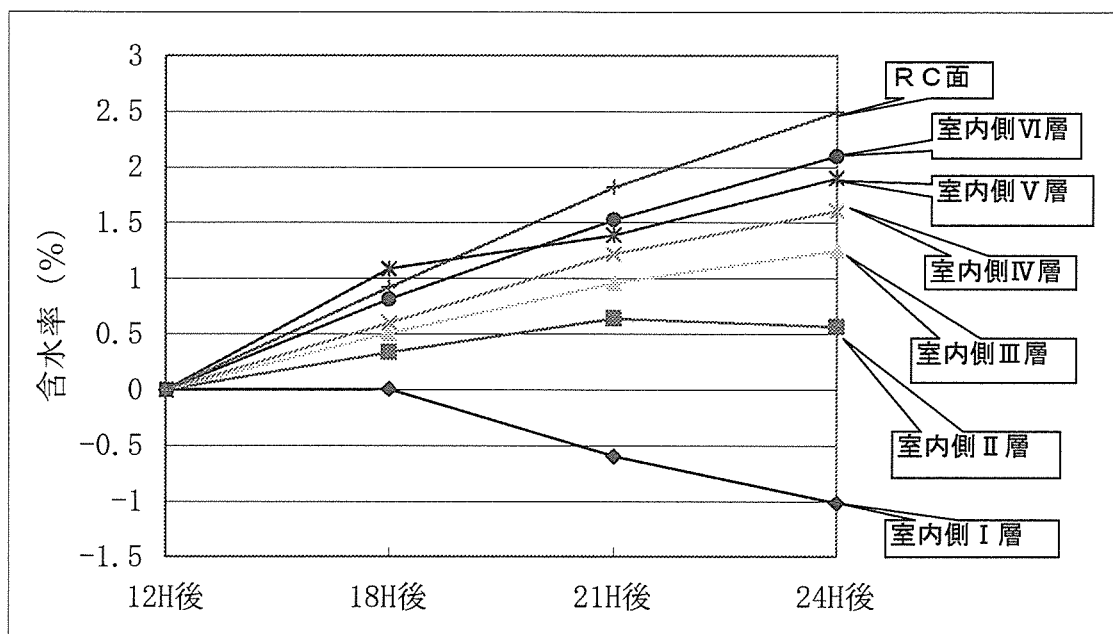


図 25 放湿の層別傾向/RC 実験壁体木質ボード層別含水率 (絶乾サンプル取り付け)

木質繊維ボードの厚み方向層別による放湿過程の傾向を図 25 に示す。

ほぼ室内側からの順番で、室内側の湿度条件が反映されることが分かる。I 層は乾燥過程に入った後 6 時間後より含水率が低下し、II 層は 9 時間後より含水率低下の傾向を見せている。

又、図 26 に温湿度の状態を示す。

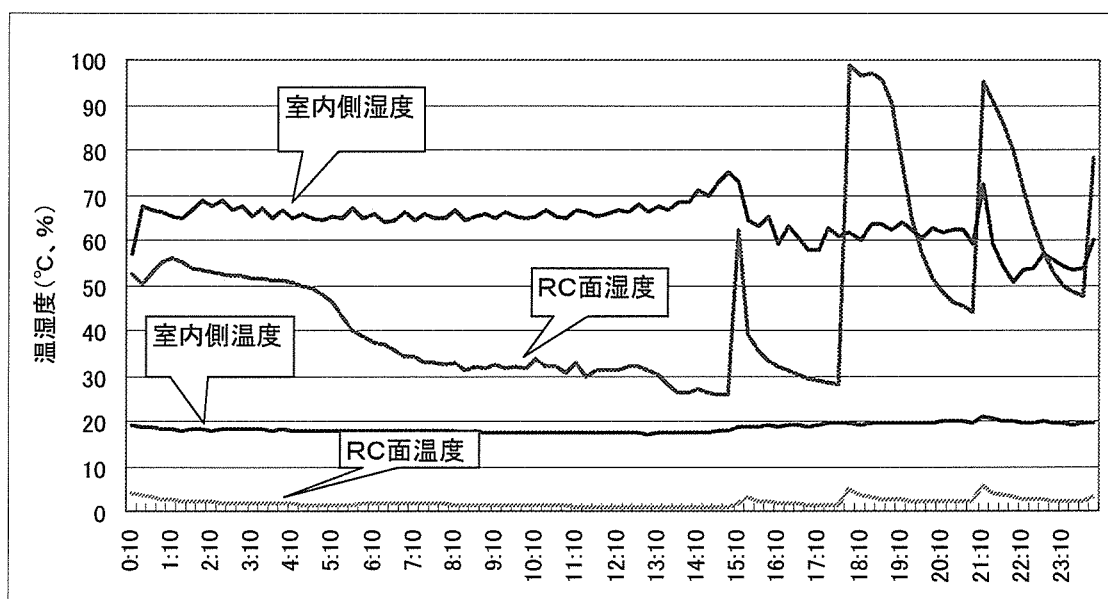


図 26 RC 実験壁体温度、湿度測定結果 (絶乾サンプル取り付け)

以上の実験から、湿気の流れ方向(室内側から RC 面)に湿流が生じ、湿流に沿って木質繊維ボード内の含水率が増加していく。木質繊維ボード内を流れる湿気は比較的に遅く 12 時間程度では RC 面に接触した木質繊維ボードの含水率を平衡に達すまでには至らない。

室内側湿度の影響で短時間に含水率が変動する木質ボードの厚みはおよそ 5 mm程度であることが分かった。

木質ボード試験体においては、室内側 I 層を除いて 12 時間程度では室内側の湿気が十分に移動しきれない状態である。(湿気伝導が遅い。)

②気乾前処理試験体での断熱壁体結露性状確認

RC面の湿度は、約95%RHから吸湿が始まり、6時間後にほぼ100%RHまで上昇した。(湿度が100%RHに達したことからRC面に結露を発生させた。目視上も結露の発生が見受けられた。図28)乾燥条件になった後もRC面の湿度に変動が見られず相対湿度100%RHを維持し続けた。

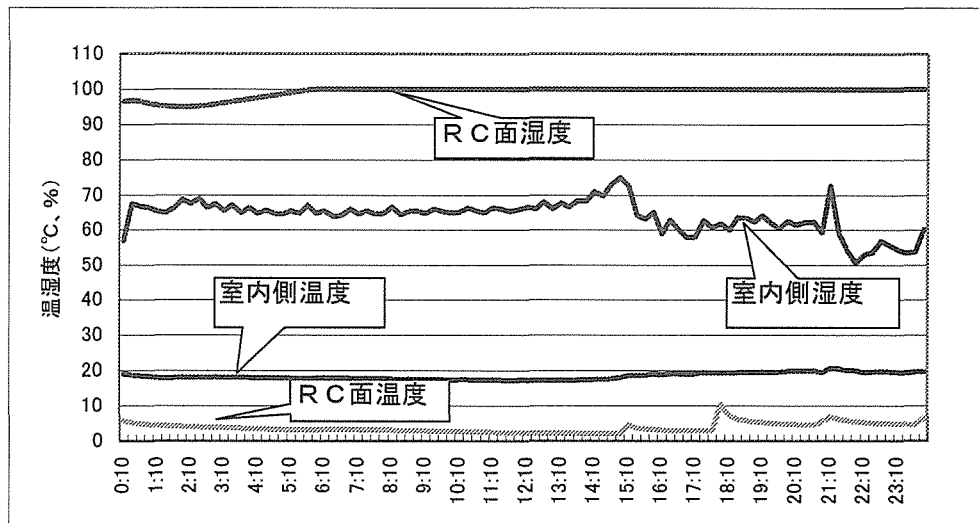


図27 RC実験壁体温度、湿度測定結果 (気乾前処理サンプル取り付け)



図28 RC実験壁体RC面結露発生

先の条件に於ける木質繊維ボード試験体の厚み方向含水率を図29に示す。

図 29 中 35 mm厚の木質繊維ボードの 5 mm厚毎を室内側より、I 層、II 層、III 層、IV 層、V 層、VI 層、RC 面と記載した。

RC 面に於いて 6 時間経過後に結露を生じているがその際の含水率は 9%程度であり、5.2.6 吸湿・放湿特性線図からの吸放湿特性にて示した相対湿度 95%時の含水率 15%以上とは必ずしも一致しない。

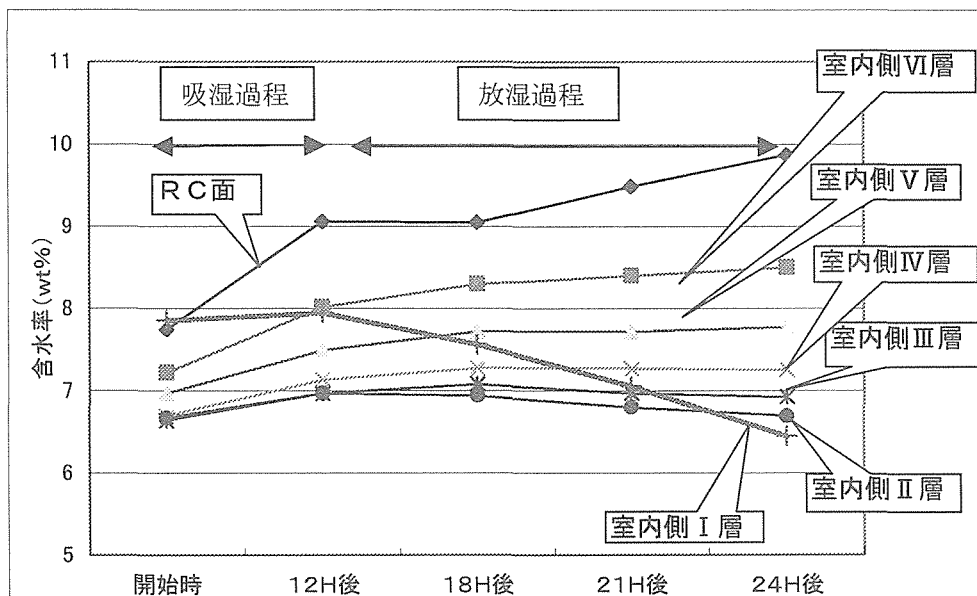


図 29 RC実験壁木質ボード層別含水率 (気乾前処理サンプル取り付け)

湿気の供給側である室内側の表層 (I 層) は、ほぼ含水率の平衡に到達し始めたが、II 層～RC 面 (5 mm～35 mm) までは、室内側が乾燥条件 (12 時間後以降) になっても引き続き吸湿を継続している様子が判る。又、乾燥条件に入った後も吸湿が継続 (含水率が上昇中) している。

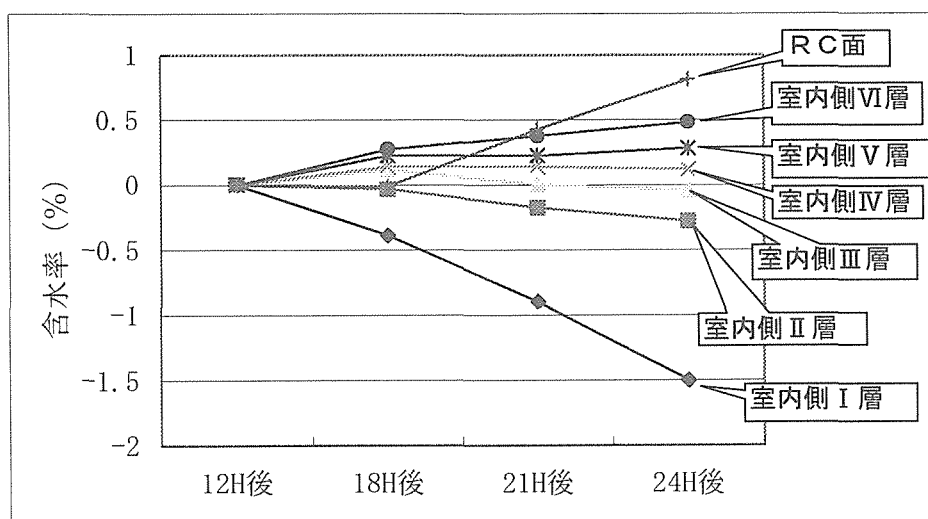


図 30 放湿の層別傾向 / RC 実験壁体木質ボード層別含水率 (気乾前処理サンプル取り付け)

③24H 吸湿－24H 放湿

吸湿過程並びに放湿過程の時間を12時間より12時間とし、経過時間の差異による傾向を確認したが、先に行った12時間の吸湿、放湿過程による結果と大きく異なることはない。

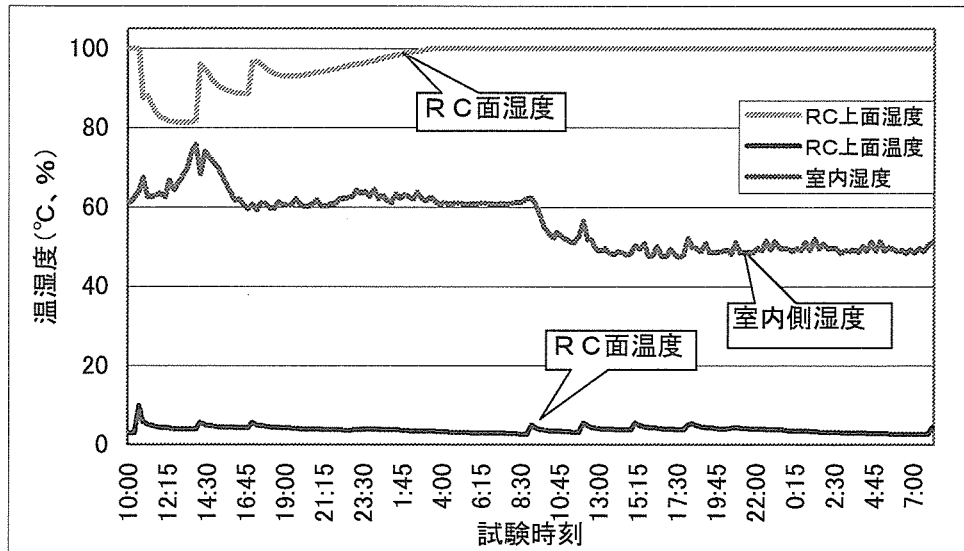


図 31 24 時間吸湿－24 時間放湿による RC 面相対湿度

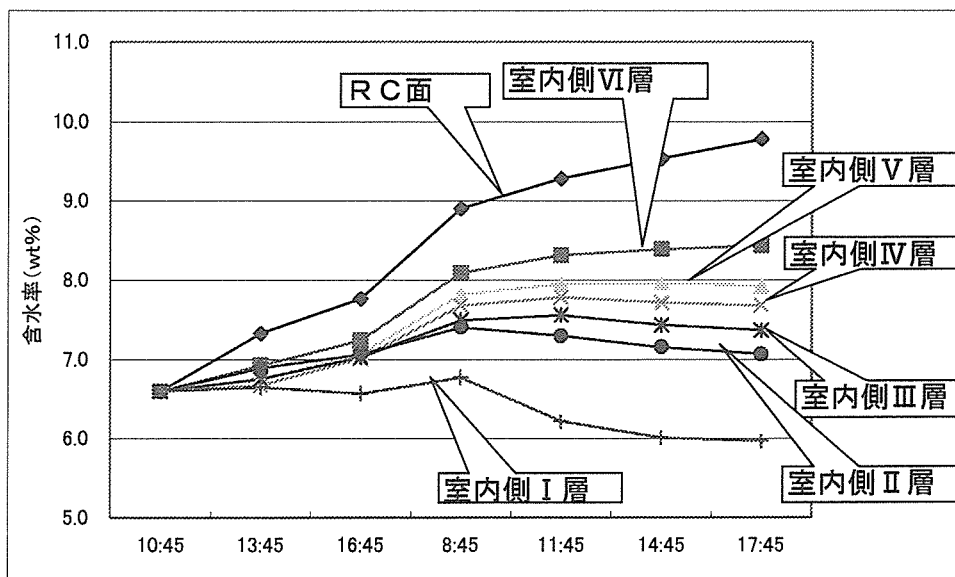


図 32 24 時間吸湿－24 時間放湿による厚み方向別含水率

④吸湿放湿量の絶対値

12 時間吸湿－24 時間放湿を行った際の本質繊維ボード試験体全厚み重量増減を 図 33 に示す。

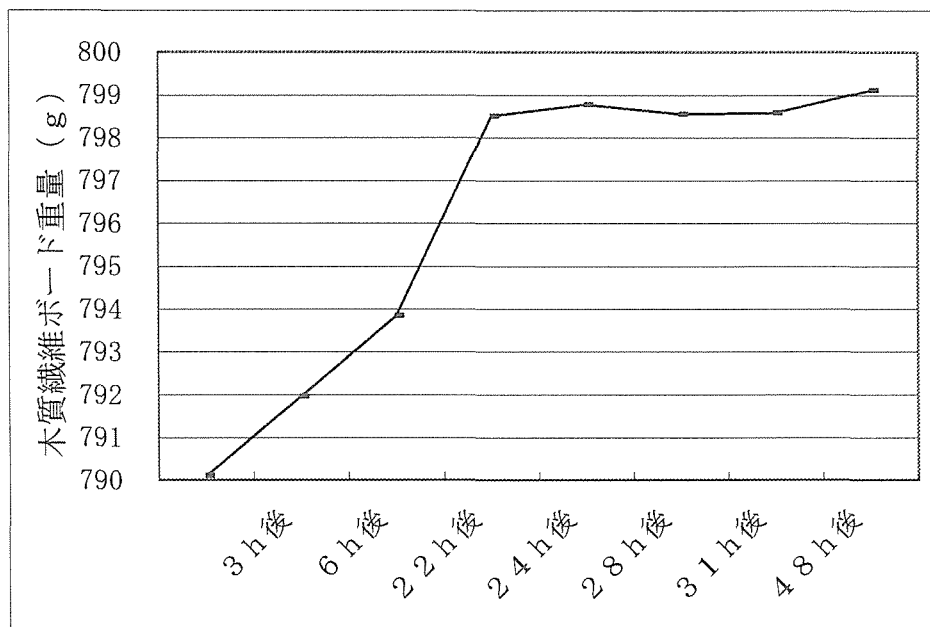


図 33 重量増減

⑤サンプル取り外しによる結露発生時間並びに含水率への影響の確認

RC 実験壁体に用いた木質繊維ボード試験体は、厚み方向の湿気移動を見るため厚さ 5 mmの試験体を使用した。この為、木質繊維ボード表面性状の違いや 5 mm試験体毎の表面湿気伝達が厚手試験体と異なることが予想されたことから、木質繊維ボード試験体の厚みを変更し(20 mm厚み 2 層)同一の試験をおこなった。その結果を図 34 に示すが、5 mm厚試験体との大きな差異は見受けられない。

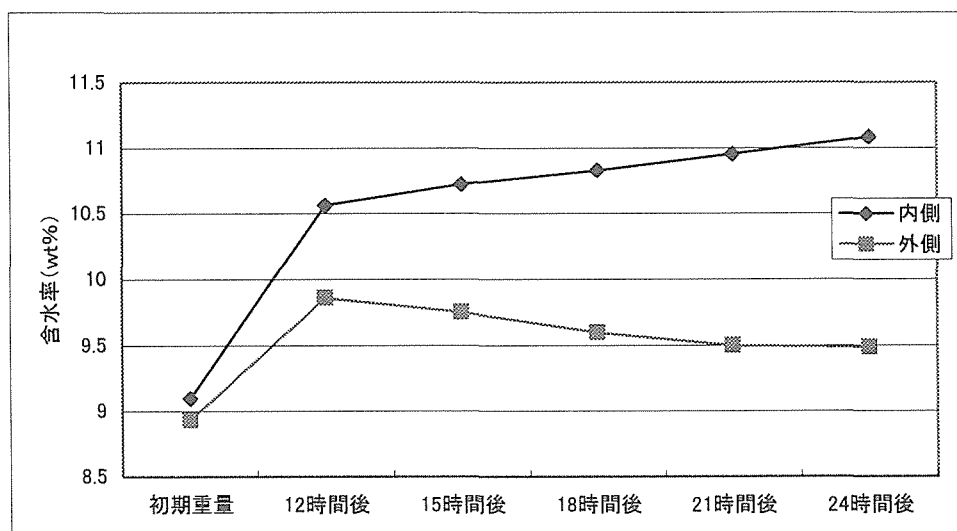


図 34 木質繊維ボード試験体厚み変更による影響

6. 実用化の見通し

6.1 集合住宅マンション内側断熱への適用

木質繊維ボードを用いた RC 断熱実験壁体に於ける結露の発生は、主に木質繊維ボードの試験前含水率により決まる。試験直前の含水率が低い試験体においては長時間試験(今回の試験では 24 時間以上)を行っても RC 面での結露発生は無い。しかし、試験直前の含水率が高い試験体の場合には短時間(今回の試験では 5~6 時間程度)で RC 面に結露が発生した。

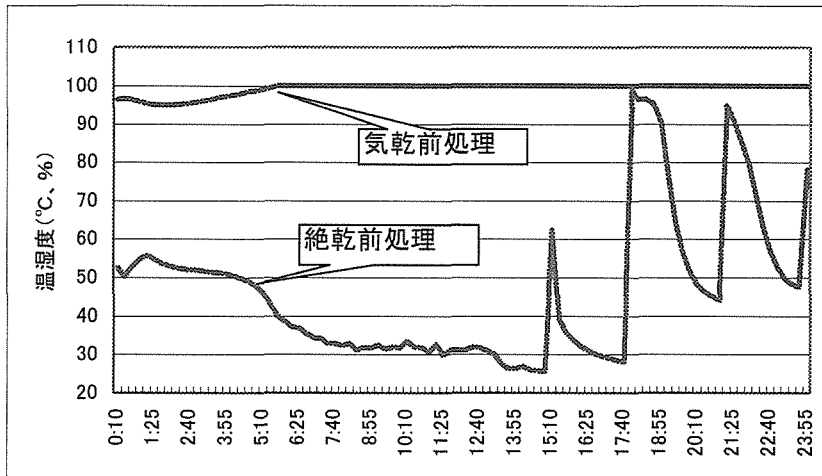


図 35 RC面に於ける木質繊維ボード前処理による結露発生の違い

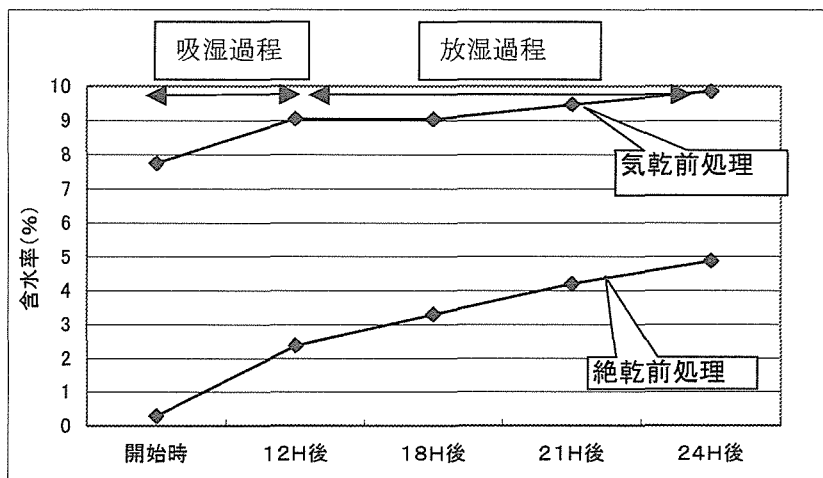


図 36 RC面に於ける木質繊維ボード前処理による含水率の違い

つまり、十分に木質繊維ボードが、乾燥される定期的に繰り返される場合に於いては結露発生を伴うことなく RC 壁体の断熱材料として使用することが可能であることが今回の試験調査にて判明した。

しかし、今回の試験レベルの乾燥条件程度では、十分な乾燥が行われず、吸湿量(含水率)が増加し、RCと木質繊維ボード接触点で結露の発生をおこした。

今回の試験装置ではそこまでの乾燥条件を作り出すことが出来ず(試験期間が4月~7月と比較的高湿下であった。)、乾燥条件の確認は別の機会に譲ることになる。

6.2 断熱材「木質繊維ボード」が繰り返し乾燥される条件

今回の試験装置では十分に乾燥条件を確認するまでに至らなかったが、測定された吸放湿線図ならびに結露発生の定常計算をもって大まかな乾燥範囲を推測することは可能である。

壁の中に入っている木質ボード断熱材が十分に乾燥する条件は、木質繊維ボードの吸放湿性や RC の吸水性、透湿性を考慮しなければ、当たり前ではあるが室内温度湿度が RC 表面で結露を起こさない範囲となる。その範囲を模式的に図 37 に示した。

居室の温度が示した範囲以上に上昇、相対湿度が示した範囲以下になると RC 面に接触した木質繊維ボードにおいても乾燥することになる。ここに示した条件は、関東地方においては、外部空気が室温(14~22°C)まで上昇した場合である。

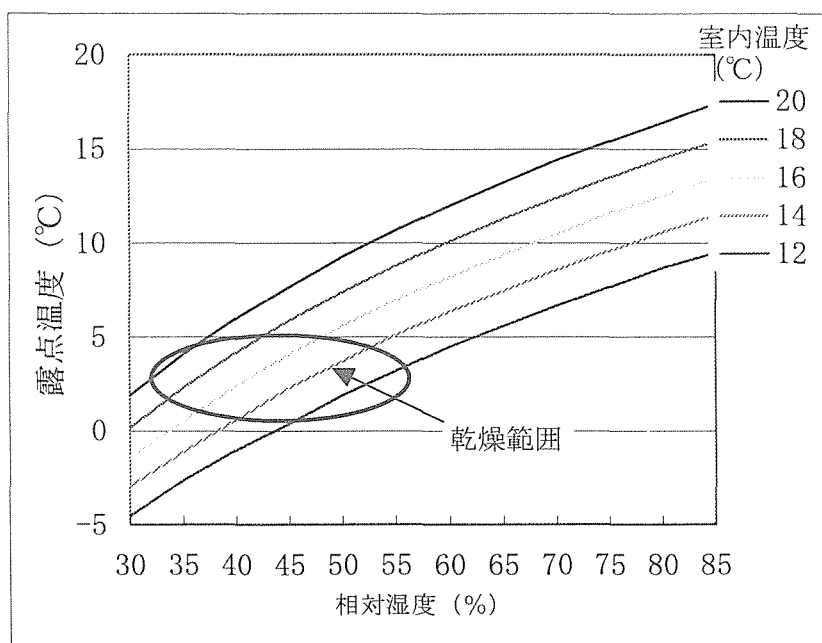


図 37 計算による木質ボードと RC 接触面が乾燥する温度、相対湿度範囲

つまり、外部より乾燥した空気が居室内に送られ、乾燥空気が暖められる場合において十分に乾燥が行われる。具体的には、最近、普及が始まりつつある住宅用 24 時間換気装置などで室内の空気が入れ換えられ、同時に暖房室(暖房機、並びに日射により室温が上昇する居室)である必要がある。

現在、マンションなどの設計、施工において、24 時間暖冷房は行われていないことから先に上げた条件を全ての居室で満足することは不可能であり、利用できる範囲は、昼間日射の入る南側に面した居室や暖房が長時間行われるリビング、局所換気のある洗面所、台所などに限られる。

非暖房室、例えば、玄関や北側に面した居室で暖房時間が短い場合においては、壁内にある木質繊維ボードが十分に乾燥されず RC 面での結露を発生させる可能性が高い。

尚、吸湿過程に於ける結露発生は、吸放湿線図に於ける含水率と相対湿度の関係より早く発生した。定常状態に於ける結露は木質繊維ボードの含水率にしておよそ 15wt%であるが、実験壁体に於いては含水率 9wt%で結露が発生している。試験体の取り外しによる影響も考えられるが厚手試験体

においても同程度(10wt%程度以下)で結露発生が見られることから、主に木質繊維ボードの透湿率により決まるものと考えられる。更に、木質繊維ボードの含水率が7~8wt%を越えると相対湿度に対して急速に含水率上昇するため望ましくはそれ以下での利用が結露の発生をもたらしにくく安全性も高いと考えられる。

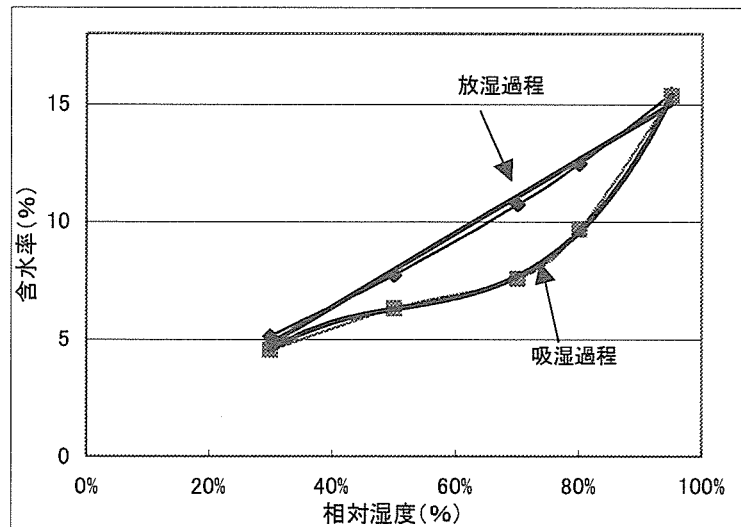


図 38 木質繊維ボードの吸放湿線図

6.3 室内側への調湿効果

室内側への放湿は、図 39 に示すように木質繊維ボードの室内側 I 層~III 層目(室内側表面より厚み 15 mm まで)となっている。調湿効果は、放湿により行われるものであり、この部分が効果を現すことになるが、短時間(数時間の範囲)では木質繊維ボードの室内側 I 層目までしか効果を発揮しない。放湿量は吸放湿線図から 最大 $0.1\text{kg}/\text{m}^2$ 程度である。(厚み 5 mm の木質繊維ボードで相対湿度が 90% から 30% まで低下した場合の最大値。)

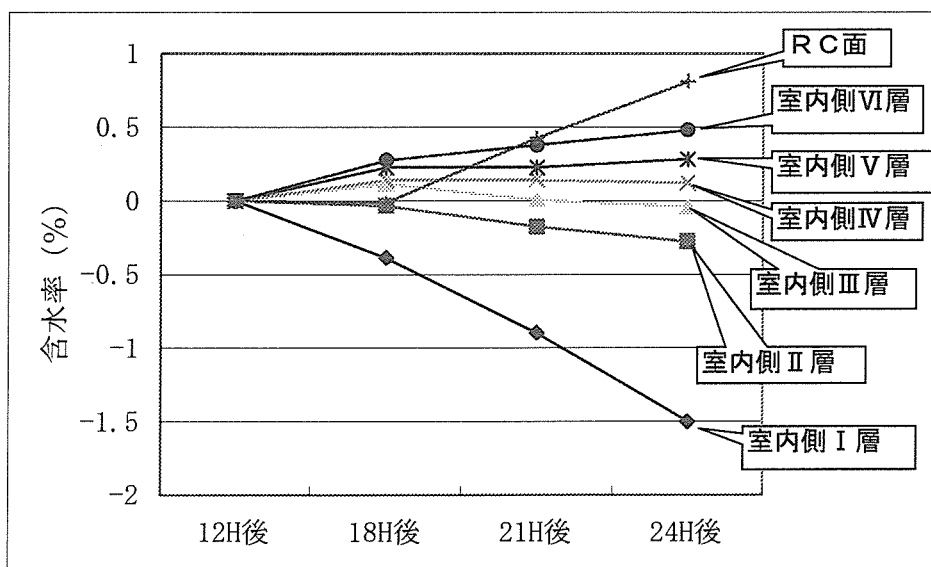


図 39 木質繊維ボードの層別含水率

しかし、実質的な調湿量は、木質繊維ボードの含水率と室内側相対湿度と時間で決まるため最大値の数分の一以下と考えられる。一般的に言われる生活による水蒸気発生量 2.5kg/日を吸湿するには不十分であり、居室内からの排湿は室内の換気による排湿が現実的である。暖房時に於ける居室内の過乾燥を緩和する目的での使用が適当である。

6.4 吸放湿断熱材料としての見込み

6.1、及び 6.2 に断熱材としての可能性 6.3 に調湿材としての可能性を別々に記したが、両者を併せた吸放湿断熱材としての使用は、6.3 に示した通り室内側表面層(表面より約 5 mm程度)のみが室内側の調湿に寄与することから、あえて両者の機能を発揮させる必然性は無い。

6.5 梅雨時から夏季の高温多湿期間での懸念

木質繊維ボードの吸放湿線図や RC 実験壁体の放湿過程の挙動から吸湿から放湿に変わる為にはある程度の相対湿度の低下する必要があることが分かったが、多湿時期である梅雨時においては相対湿度の低下が少なく吸湿するが放湿がされない期間が相当に長くなることが推察される。

これらは、木質繊維ボードを断熱材として使用した壁内をたえず相対湿度 80%を越える状況に長く置くことを意味することとなる。

又、先に記した室内を 24 時間換気し、室内の湿気を排出することが木質繊維ボードを冬季に使用する条件としたが、多湿な期間(梅雨時)では、逆に室外から湿気を室内に持ち込むことになり木質繊維ボードの含水率(周辺部の相対湿度)を上昇させることになる。

一般に比較的気温が高く、相対湿度が 80%を越えると湿気カビの生育を促すことが知られていることからこの時期に於けるカビの生育に対する耐性が問題となる。

7. 今後の対応

7.1 実証試験

低密度木質繊維ボードが、RC 集合住宅の冬場に於ける RC 内側結露防止断熱素材として機能できる範囲があることを今回の RC 壁体モデルの調査試験で見いだすことが出来たが、実際の生活環境下に於ける温度変化(暖房機器の利用時間、日射の授受)や湿気の変化との関係が必ずしも明確になっていない。実居住建物に木質繊維ボードを断熱材として使用し、押入家具などの設置、浴室の利用や家事による一時的な湿気供給を含めた壁体内の木質繊維ボードの結露や含水率(断熱材中の相対湿度)測定から実際の建物での利用に問題が無いことの確認が必要である。さらに実際の生活では暖房する居室と暖房しない居室があり、この居室間の湿気移動からの影響についても確認すべきであると考え。

7.2 梅雨時から夏季の高温多湿期間における挙動の確認

海外、特に欧州では、木質繊維系断熱材が一部で利用されているが、日本国内で利用との大きな

差異として、冬季の環境以外に梅雨時から夏場にかけての高温多湿期間が存在する。この期間に木質繊維ボードの含水率並びに素材内部の相対湿度が高いとカビや木材腐朽菌の生育が懸念されることとなる。しかし、外気温度の上昇や日射によるRC躯体の温度上昇もあり、必ずしも木質繊維ボードを利用した断熱壁体内が高湿を保つこととは限らず、高温多湿期間における木質繊維ボード断熱材の挙動を実測する必要がある。

又、木質繊維ボードの吸放湿線図から明らかになったが、相対湿度 95%に於ける平衡含水率は15wt%前後であり、製材又は集成材の含水率基準値(住宅金融公庫仕様書記載)である未乾燥材25%以下、乾燥材 19%以下、集成材 15%以下と比べて大きくなく、加えて、含水率が 20%以上となる懸念も少ないが、高い含水率下に長期間さらされた時の木質繊維腐朽ならびにカビ生育に関しての調査研究も必要である。

8.特筆すべき成果

低密度木質繊維ボードが、RC 集合住宅の冬場に於ける RC 内側断熱素材として機能できる範囲があることを今回の調査試験で見いだすことが出来た。

9.試験調査委員会 委員

委員長 土屋 喬 雄 教授 東洋大学建築学科
たかお

委員 西方 里見 西方設計

委員 坂東 隆 旭ファイバーグラス株式会社 技術開発部 主任技術者

10.技術者

主任技術者 坂東 隆 旭ファイバーグラス株式会社 技術開発部 主幹技師

主任技術者 八木 一彰 旭ファイバーグラス株式会社 技術開発部 主席技師

11.他からの指導又は協力事項

- ・木質繊維断熱材の改質、製造技術から施工技術に対するアドバイス

赤塚康男 アキモクボード株式会社 代表取締役

12.参考文献(図面、資料、写真等)

12.1 木質繊維ボードの建築材料と比較した吸放湿特性測定結果

時刻	吸放湿量(g/m ²)		
	木質ボード(20mm)	石膏ボード(9.5mm)	杉製材(12mm)
0	0.00	0.00	0.00
1	21.76	1.00	21.11
2	33.85	32.65	32.44
4	47.83	41.84	50.88
6	56.93	43.45	62.22
9	65.24	45.29	79.55
24	82.30	47.59	125.32
25	61.20	17.70	103.10
26	46.58	14.25	92.21
28	30.61	9.89	79.33
30	22.74	9.89	70.22
33	17.23	8.28	59.55
48	10.85	8.05	30.66
49	33.46	31.27	52.88
50	46.80	37.47	63.33
52	61.45	40.69	77.77
54	69.89	42.99	89.55
57	76.01	44.14	102.21
72	86.40	46.90	140.21
73	65.36	21.84	120.65
74	50.24	17.01	109.32
76	34.36	13.10	93.77
78	26.38	11.95	80.66
81	19.82	11.72	69.55
96	12.93	10.81	37.33

12.2 実験壁体性能確認計算書

12.2.1 実験壁体性能確認計算書①

実験壁体の性能確認チェック

サーモトレーサー測定並びに熱電対測定結果の確認。

<計算条件>

室内温度 (θ_i)	25 °C	外気温度 (θ_o)	-10 °C
室内湿度 (Hi)	50 %	外気湿度 (Ho)	40 %

<材料構成>

部位名称	材料名	厚さ(mm)	熱伝導率(λ)	熱抵抗(d/ λ) m ² ·h·°C /kcal	透湿率(λ_v)	透湿抵抗(d/ λ_v) m ² ·h·mmHg/g	
室内熱伝達抵抗	室内垂直 Ri	-----	-----	0.1300	-----	0.0600	
構造材	鉄筋コンクリート	50.000	1.400	0.0357	0.001431	34.9500	
断熱材	グラスウール板 A4	10.000	0.037	0.2703	0.003521	2.8400	
室外熱伝達抵抗	外気 風速3m/s Ro	-----	-----	0.0500	-----	0.0200	
熱貫流抵抗 Rt =				0.4860	湿気貫流抵抗 Zt =		38.1100

<計算結果>

各部位名	累積厚み	境界温度	露点温度	結露判定結果
室内温度 (θ_i)	0.000	25.0	13.9	-----
構造材の室内側表面温度	0.000	15.6	13.7	内部結露しない
構造材 と外気側断熱材との境界面温度	50.000	13.1	-12.1	内部結露しない
外気側断熱材の表面温度	60.000	-6.4	-19.9	-----
外気温度 (θ_o)	61.000	-10.0	-19.9	-----

RC表面温度は、15.6°C前後と推察される。

12.2.2 実験壁体性能確認計算書②

実験壁体に木質ボードを施工した際の想定されるRCの表面温度を計算し、想定する外気温度に調整する目安を算定した。

<計算条件>

室内温度 (θ_i)	20 °C	外気温度 (θ_o)	-10 °C
室内湿度 (Hi)	50 %	外気湿度 (Ho)	40 %

<材料構成>

部位名称	材料名	厚さ (mm)	熱伝導率 (λ)	熱抵抗(d/ λ) m ² ·h·°C /kcal	透湿率(λv)	透湿抵抗(d/ λv) m ² ·h·mmHg/g	
室内熱伝達抵抗	室内垂直 Ri	-----	-----	0.1300	-----	0.0600	
断熱材	木質繊維ボード	35.000	0.043	0.8140	0.142857	0.2450	
構造材	鉄筋コンクリート	50.000	1.400	0.0357	0.001431	34.9500	
断熱材	ポリスチレン保温板 A4	10.000	0.037	0.2703	0.003521	2.8400	
室外熱伝達抵抗	外気 風速3m/s Ro	-----	-----	0.0500	-----	0.0200	
				熱貫流抵抗 Rt =	1.2999	湿気貫流抵抗 Zt =	38.3550

<計算結果>

各 部 位 名	累積厚み	境界温度	露点温度	結露判定結果
室内温度 (θ_i)	0.000	20.0	9.3	-----
断熱材の表面温度	0.000	17.0	9.2	表面結露しない
断熱材と構造材との境界面温度	35.000	-1.8	9.1	***内部結露する***
構造材と断熱材との境界面温度	85.000	-2.6	-13.9	内部結露しない
断熱材の表面温度	95.000	-8.8	-19.9	-----
外気温度 (θ_o)	96.000	-10.0	-19.9	-----

※上記の条件では、RC外気側の表面温度が-2.6°C、室内側が-1.8°Cとなる。

12.2.3 実験壁体性能確認計算書③

実験壁体に木質ボードを施工した際の想定されるRCの表面温度を計算し、想定する外気温度に調整する目安を算定した。

<計算条件>

室内温度 (θ_i)	20 °C	外気温度 (θ_o)	-10 °C
室内湿度 (Hi)	50 %	外気湿度 (Ho)	40 %

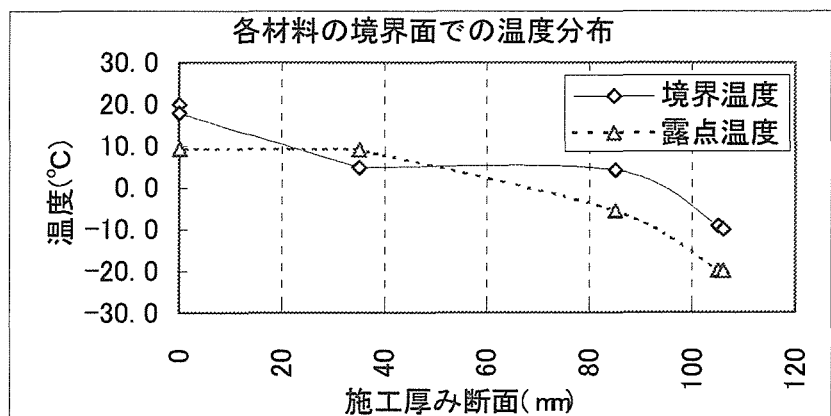
<材料構成>

部位名称	材料名	厚さ (mm)	熱伝導率 (λ)	熱抵抗(d/ λ) m ² ·r·°C /kcal	透湿率(λv)	透湿抵抗(d/ λv) m ² ·h·mmHg/g
室内熱伝達抵抗	室内垂直 Ri	-----	-----	0.1300	-----	0.0600
断熱材	木質繊維ボード	35.000	0.043	0.8140	0.142857	0.2450
構造材	鉄筋コンクリート	50.000	1.400	0.0357	0.001431	34.9500
断熱材	ポリスチレン保温板 B3	20.000	0.024	0.8333	0.001592	12.5600
室外熱伝達抵抗	外気 風速3m/s Ro	-----	-----	0.0500	-----	0.0200
熱貫流抵抗 Rt =				1.8630	湿気貫流抵抗 Zt =	48.0750

<計算結果>

各部位名	累積厚み	境界温度	露点温度	結露判定結果
室内温度 (θ_i)	0.0	20.0	9.3	-----
断熱材の表面温度	0.0	17.9	9.2	表面結露しない
断熱材と構造材との境界面温度	35.0	4.8	9.1	***内部結露する***
構造材と断熱材との境界面温度	85.0	4.2	-5.6	内部結露しない
断熱材の表面温度	105.0	-9.2	-19.9	-----
外気温度 (θ_o)	106.0	-10.0	-19.9	-----

※上記の条件では、計算上、RC外気側の表面温度が-2.6℃、室内側が-1.8℃となる。
 実験壁体に於いて外壁に想定した温度が4.2℃で想定した関東地域の冬季平均最低気温と同様になると想定される。



①岸本嘉彦*1、池田哲郎*2

「吸放湿材貼付効果に及ぼす初期条件の影響」

日本建築学会近畿支部研究報告集第36号・計画系、pp245-248、1996

②岸本嘉彦*1、池田哲郎*2

「吸放湿材貼付効果に及ぼす初期条件の影響」

日本建築学会大会学術講演梗概集・D-2・環境工学Ⅱ、pp255-256、1996

③岸本嘉彦*1、池田哲郎*2

「非暖房室の吸放湿材貼付効果に及ぼす初期条件の影響」

日本建築学会近畿支部研究報告集第37号・環境系、pp173-176、1997

④岸本嘉彦*1、池田哲郎*2

「非暖房室の吸放湿材貼付効果に及ぼす初期条件の影響」

日本建築学会大会学術講演梗概集・D-2・環境工学Ⅱ、pp273-274、1997

⑤岸本嘉彦*1、池田哲郎*2

「集合住宅における結露防止・結露被害防止に及ぼす吸放湿材の影響と最適有効貼付厚に関する研究」

日本建築学会近畿支部研究報告集第38号・環境系、pp233-236、1998

⑥岸本嘉彦*1、池田哲郎*2

「集合住宅における結露防止・結露被害防止に及ぼす吸放湿材の影響と最適有効貼付厚に関する研究」

日本建築学会大会学術講演梗概集・D-2・環境工学Ⅱ、pp261-262、1998

*1 岸本嘉彦 近畿大学大学院修士課程(1996～1997) 京都大学大学院博士後期課程(1998～)

*2 池田哲郎 近畿大学理工学部建築学科・教授

1317 国産ストランドボードの製造技術と性能評価

課題番号：1317

国産ストランドボードの製造技術と性能評価

親和木材工業株式会社

要旨

市場において、国産ストランドボードに対する難燃化や、現製品以上の厚さを有するボードに対しての要求が高まってきた。このため、そのような要求に対応するボードの試作試験とその性能調査を行った。

- ①ストランドに難燃剤を塗布する難燃ストランドボードの製造方法の可能性について、試験調査を行った。その結果、接着剤と難燃剤をあらかじめ混合し、ストランドに難燃剤を 150kg/m^3 スプレー塗布する難燃処理により、発熱性試験をクリアする実大サイズの準不燃材料の製造に成功した。
- ②ストランドボードの成型に、高周波プレスを用いる厚物・低密度ストランドボードの可能性を試験調査した。その結果、厚さ 35mm 、密度 0.35g/cm^3 で実大サイズの国産ストランドボード製造に成功した。また、成型時の高周波処理温度を上げることにより、ボードの吸水厚さが減少しかつ、はく離強さが増加した。

キーワード

国産ストランドボード、国産材、ストランドボード、難燃剤、スプレー塗布、吸水厚さ膨張率、はく離強さ、ホットプレス、厚物・低密度ボード、高周波プレス、

目 次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	2
3. 試験調査の内容	
3.1 国産ストランドボードの難燃処理技術	3
3.2 国産ストランドボードの厚物、低密度製品の試作	13
3.3 国産ストランドボードの事業可能性の調査	24
4. 試験調査日程	25
5. 試験調査の結果	
5.1 国産ストランドボードの難燃処理技術と性能評価	25
5.2 国産ストランドボードの厚物、低密度製品製造技術と性能評価	35
5.3 国産ストランドボードの事業可能性調査の結果	45
6. 実用化の見通し	46
7. 今後の対応	47
8. 特筆すべき成果	48
9. 試験調査委員会 委員	49
10. 技術者	49
11. 他からの指導又は協力事項	49
12. 参考文献	49
13. 参考資料 (写真)	50

国産ストランドボードの製造技術と性能評価

親和木材工業株式会社

1. はじめに

環境負荷の少ない循環型社会を構築する上で、持続可能な資源を有する森林の健全な発展と、そこから生産される木材の有効利用を進めることは、林業・林産業のみならず、国民的課題である。このためには、幅広い国民の理解と協力を得ながら、社会全体での取り組みが不可欠であり、かつその推進は地球温暖化の防止にも大いに寄与するものであって、これまで以上に重要となっている。幸いにして我が国では、国土の3分の2が森林で覆われており、その比率は世界的にも高い水準にある。また長年の先人たちによる森林造成へのたゆまぬ努力により、人工林は森林面積の4割を占めるに至っており、この成熟期を迎える人工林資源の活用はきわめて緊急を有する課題となっている。

このような情勢の中、平成11年末当社を中心に4企業からなる協同組合エスウッドを設立し、針葉樹間伐材を原料とする国産ストランドボードの製造開発を試みた。その結果、平成13年に木質内装材（床材、壁面材、天井材）として、日本で最初に国産ストランドボードの工場生産に成功し、商品名「エスウッド（インテリアボード）」として販売を開始した。既存の輸入OSBが下地材、構造材として製造されているのとは対照的に、当社の製品は、開発当初から化粧材・内装材向けとした。このため、ヒノキ原木から、特殊な鉋刃切削法により厚さ0.3mm、幅30mm、長さ30mmの薄く平滑なストランド（木材小片）に細分化し、それらをランダムに配列成型することによって、今までの木質材料に見られない意匠性と質感を実現し、工務店や設計士から高い評価を得ている。

また、使用している接着剤は、水溶性の熱可塑性ノンホルマリンバインダー（「ノンゲル」）を用いることで、可使時間の長時間化による効率的な製造の実現と、シックハウス症候群の原因物質の一つであるホルムアルデヒドの放散量（JIS A 5908 規定の測定値0.11mg/L）が極めて少ない製品となっている。表面塗装は、環境対応型エコウレタン塗料を塗布し、人に優しくかつ環境負荷の少ない製品としてエコマーク認定（第01115023号）を得るに至った。このボードの製造技術の革新と今後の普及促進は、国民的課題を解決する有力なアプローチであり、その意義はきわめて大きいと考える。

2. 試験調査の目的

現在、当社が製造している国産ストランドボードは、ホットプレスを用いる制約上、ボードの厚さは14mmまでが限度である。しかし、平成13年10月の名古屋建築総合展や同年11月の東京ビッグサイトIPEC21展への出展活動等によるマーケティングを通じて、家具、住設部材等への一層の用途拡大を図るためには、厚さ20mm以上の製品や低密度製品及び難燃処理製品が不可欠であることが強く認識された。そこで、今回の試験調査は次のことを目的とした。

- ① 難燃材料の建築基準法又はJIS規格をクリアーする国産ストランドボードの製造条件の探索を行う。ここでは、難燃薬剤のストランドへの塗布方法が、製造ラインへ導入可能であることを前提とし、製造されるボードの各種物性は、現状の国産ストランドボードの性能を維持することを目指す。
- ② 厚物のボード成型の加熱方法として有効な高周波プレスでの、国産ストランドボードの製造プロセスへの導入可能性を検討する。厚物ボードは、多様な用途に対応できるように、複数の密度で製造し、その中で低密度ボードによる吸音性や断熱性の評価を行う。

今回の試験調査により、新たな機能性付与の実用化への道が開かれれば、厚物ストランドボードは、家具・住設機器部材への商品化、難燃ストランドボードは、公共施設内装材への商品化、低密度ストランドボードは、音楽施設内装材への商品化など、多様な用途へ対応した商品になると思われる。

3. 試験調査の内容

目的を達成するために大別して次の諸事項について試験調査を行った。

- ① 国産ストランドボードの難燃処理技術と性能評価
- ② 国産ストランドボードの厚物・低密度製品試作
- ③ 国産ストランドボードの事業可能性の調査

これら諸事項について取り組み方法、試験方法などの詳細を以下に述べる。

3.1 国産ストランドボードの難燃処理技術と性能評価

建築基準法や JIS 規格に規定されている難燃材料を満たす国産ストランドボードの、実際の製造プラントにおける製造条件の探索を行うために、以下の手順に従い実験を行った。

- ① 使用する難燃剤の選定とその塗布方法を検討するための実験
 - 《難燃剤選定とその処理条件》 3.1.1
- ② ①で探索された条件を基に、実大サイズのボード製造実験
 - 《第 1 回実大難燃ストランドボードの製造》 3.1.2
- ③ ②において実大試作した際に問題となった接着工程の改善方法の検討
 - 《難燃剤を混入した混合液の塗布方法》 3.1.3
 - 《難燃剤混合時の沈殿物の影響》 3.1.4
- ④ 最適条件による実大サイズの難燃ボードの製造
 - 《第 2 回実大難燃ストランドボードの製造》 3.1.5

3.1.1 難燃剤選定とその処理条件

難燃処理に供する難燃剤の選定とその塗布方法及び条件の検索を行った。

(1) 供試材料

供試材料は、岐阜県産のヒノキ原木を図 3-1-1 の工程によりストランド化したものを使用した。このストランド製造方法は、現在（協）エスウッドで製造している国産ストランドボードに使用している。

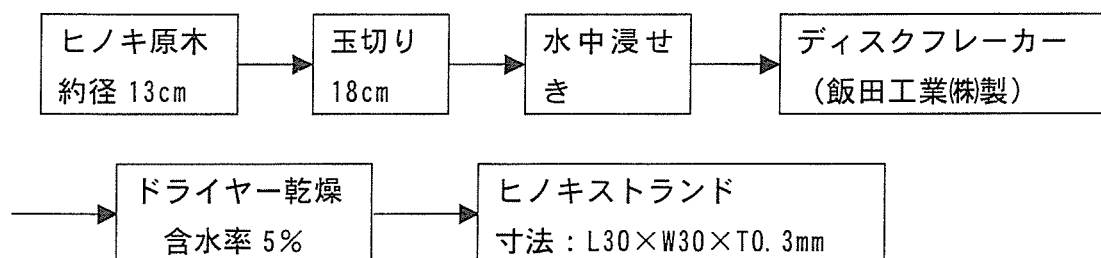


図 3-1-1 ストランドの製造方法

(2) 接着剤

接着剤は、熱可塑性水溶性接着剤ノンゲル R-431（主成分：ポリエチレングリコール、固形分 57%、飯田工業(株)製）を用いた。接着剤の塗布はストランド 100：接着剤 30 の割合として実験用小型ブレンダーを用いて行った。

(3) 難燃剤及び難燃処理方法

表 3-1-1 に実験に使用した窒素、リン酸系の市販難燃剤を示す。

難燃剤「W2-50」、「OK-201」、「6412」の難燃処理は、

- ① 難燃剤単独のスプレー塗布
- ② 難燃剤と接着剤との混合液をスプレー塗布
- ③ 難燃剤水溶液に 10 分間常温浸せきの 3 通りとした。

粉末難燃剤 OK-26 は、あらかじめ接着剤と混合し、実験用小型ブレンダーを用いスプレー塗布を行った。

難燃剤は、ストランド重量に対して、難燃材料の目安と言われている 90kg/m^3 もしくは準不燃材料の目安である 150kg/m^3 の量を塗布した。

表 3-1-1 供試難燃剤

	性状	特徴	一般的用途
ノンネン W2-50	無色透明水溶液 pH5.4~6.8 固形分 50%以上	熱圧縮により若干褐色化する 薬剤に潮解性がある	木材、合板、綿、レーヨン及びポリエステル不織布に使用
ノンネン OK-201	無色透明水溶液 pH5.0~6.5 固形分 50%以上	熱圧縮後も無色透明	木材、合板等のセルロース素材に使用
ノンネン OK-26	白色粉末 PH7.0 水に不溶	加熱時に発泡炭化層を形成	尿素メラミン樹脂接着剤に混入し、難燃合板製造時に使用
ノンネン 6412	無色透明水溶液 pH5.5	耐光性、耐吸湿性に優れる。	綿、レーヨン及びポリエステルに使用

注) 上記薬剤は、すべて丸菱油化工業(株)製である。

(4) 難燃ストランドボードの製造

難燃処理されたストランドは、乾燥後に密度ムラのできないように、人手により慎重にフォーミングした。成型にはホットプレス（飯田工業㈱製）を用い、熱盤温度 180℃、12 分間圧縮、圧縮圧力 30kgf/cm²（加圧力 360kN）とした。成型サイズは、L350×W350×T12(mm)である。ストランドへの難燃剤塗布及びボードの成型は、飯田工業㈱内で行った。表 3-1-2 に製造工程、表 3-1-3 に製造条件を示す。

表 3-1-2 製造工程

試験体No.	工 程
1, 2, 3, 4	難燃剤単独塗布 → 乾燥 → 接着剤塗布 → 成型
5, 6	混合液塗布 → 乾燥 → 成型
7, 8	難燃剤単独 → 乾燥 → 接着剤と粉末難燃剤混合塗布 → 成型
9, 10	難燃剤水溶液中に浸せき → 乾燥 → 接着剤塗布 → 成型
11	難燃剤単独塗布 → 乾燥 → 接着剤塗布 → 成型
12 (コントロール)	接着剤のみ塗布 → 成型

表 3-1-3 製造条件

試験体 No.	難燃剤 塗布方法	塗布条件			
		難燃剤 水溶液	塗布量 (kg/m ³)	難燃剤 (粉末)	塗布量 (kg/m ³)
1	スプレー	W2-50	90	- - -	- - -
2		W2-50	150	- - -	- - -
3		OK-201	90	- - -	- - -
4		OK-201	150	- - -	- - -
5		W2-50	150	- - -	- - -
6		OK-201	150	- - -	- - -
7		W2-50	90	OK-26	30
8		OK-201	90	OK-26	30
9	10分間 含浸	OK-201	90	- - -	- - -
10		OK-201	150	- - -	- - -
11	スプレー	6412	150	- - -	- - -
12		- - -	- - -	- - -	- - -

(5) 難燃ストランドボード性能評価

各条件により製造されたボードの性能評価を行った。

1) 接着性能の確認

① 吸水厚さ膨張率 [JIS A 5908 準拠]

あらかじめ試験片 (50×50mm) 中央部の厚さ (t_1) を測定し、常温水中に 24 時間浸せきした後、同一箇所の厚さ (t_2) を再度測定し、次式により算出した。

$$\text{吸水厚さ膨張率 (\%)} = (t_2 - t_1) / t_1 \times 100$$

② はく離強さ試験 [JIS A 5908 準拠]

鋼ブロックに試験片 (50×50mm) をエポキシ樹脂で接着し、試験片の表面に垂直に引張荷重を加え、はく離破壊時の最大荷重 (P) を測定し、単位面積当たりのはく離強さを算出した。

2) 燃焼性

ISO 5660 Part 1 に規定されるコーンカロリメーター (東洋精機製作所製) 試験を行った。準不燃材料の加熱時間は 10 分間、難燃材料の場合は、5 分間の加熱を行い、それぞれの総発熱量、発熱速度等を測定した。

3.1.2 第1回実大難燃ストランドボードの製造

(1) 供試材料

3.1.1 と同様なヒノキストランドを用いた。

(2) 接着剤

3.1.1 と同様な接着剤を使用した。接着剤の塗布はストランド 100 : 接着剤 30 の割合でブレンダー（大型ドラム式攪拌混合機）を用いて塗布した。

(3) 難燃処理

難燃水溶液「ノンネン W2-50」と粉末難燃剤「ノンネン OK-26」を用いた。難燃剤と接着剤は、写真 3-1-1 で示す攪拌装置付タンク内（(株) アイティシー製）で混合し、ブレンダーを用いて塗布した。

粉末難燃剤を用いたのは、難燃剤 W2-50 の量を減らし、ボードの褐色化を抑制するためである。

(4) 実大難燃ストランドボードの製造

(協)エスウッドの国産ストランドボードの製造プラントを利用した。成型サイズは L2000×W1000×T14(mm)とし、ホットプレス（飯田工業(株)製）の熱盤温度は 180℃に設定し、圧縮圧力 30kgf/cm²(加圧力 5880kN) で 12 分間圧縮した。

表 3-1-4 に製造工程、表 3-1-5 に製造条件を示す。



写真 3-1-1
難燃剤・接着剤攪拌装置付
タンク

表 3-1-4 製造工程

試験体 No.	製造工程
13	W2-50 と接着剤混合液をスプレー塗布 → 乾燥 → 成型
14	W2-50、OK-26 接着剤混合液をスプレー塗布 → 乾燥 → 成型

表 3-1-5 製造条件

試験体 No.	難燃剤 塗布方法	難燃剤 (液)	塗布量 (kg/m ³)	難燃剤 (粉末)
13	スプレー	W2-50	150	
14	スプレー	W2-50	90	OK-26 を 30kg/m ³

3.1.3 難燃剤を混入した混合液の塗布方法

第1回の実大難燃ストランドボード製造の際、接着不良による内部はく離が発生した。このため、ストランドへの塗布工程の影響を調べるため、(協)エスウッドの製造プラント内のブレンダーを用いて混合液を塗布したストランドと、飯田工業(株)の実験室内で小型ブレンダーを用い、スプレー塗布したストランドを、同一のホットプレス条件でボードを製造し、性能を比較した。

(1) 供試材料

3.1.1 と同様なヒノキストランドを用いた。

(2) 接着剤

3.1.1 と同様な接着剤を使用した。接着剤の塗布はストランド 100：接着剤 30 の割合として実験用小型ブレンダーを用いて行った。

(3) 難燃処理

難燃剤「ノンネン W2-50」と接着剤の混合液を、プラント機内のブレンダーを用い塗布した場合と、小型ブレンダーによるスプレー塗布の2通りとした。

(4) 難燃ストランドボードの製造

表 3-1-6 に製造条件を示す。成型サイズは、L350×W350×T12(mm)とした。

表 3-1-6 製造条件

試験体No.	塗布条件				ホットプレス条件		
	難燃剤 塗布方法	難燃剤 (液)	塗布量 (kg/m ³)	接着剤	温度 (°C)	時間 (分)	圧力 (kgf/cm ²)
15	プラント	W2-50	150	ノンゲル	180	12	30
16	小型						

(5) 難燃ストランドボードの性能評価

3.1.1 と同様に、接着性能（はく離強度・吸水厚さ膨張率）について評価した。

3.1.4 難燃剤混合時の沈殿物の影響

第1回の実大難燃ストランドボードを製造する際、接着剤と難燃剤の混合液に、沈殿物が発生した。このため、沈殿物の主成分と思われた接着剤中の増粘剤を取り除いた接着剤を新たに調合し、同一手法により難燃ストランドボードを製造しボード性能を評価した。この試験に関しては、沈殿した固形分を明らかにするため、粉末難燃剤「OK-26」は使用しなかった。

(1) 供試材料

3.1.1 と同様なヒノキストランドを用いた。

(2) 接着剤

熱可塑性水溶性接着剤ノンゲル R-431（飯田工業(株)製）から増粘剤を取り除いた接着剤を用いた。接着剤量は、ストランドに対して11%（3.1.1 で使用した接着剤中の固形分量は同量）、18%添加した。

(3) 難燃処理

接着剤と難燃剤「ノンネン W2-50」を混合し、小型ブレンダーを用いスプレーで塗布した。

(4) 難燃ストランドボードの製造

表 3-1-7 に製造条件を示す。成型サイズは、L350×W350×T12(mm)とした。

ストランドの乾燥までを（協）エスウッドで行い、それ以降を飯田工業(株)で行った。

表 3-1-7 製造条件

試験体No.	塗布条件				プレス条件		
	難燃剤 塗布方法	難燃剤 (液)	塗布量 (kg/m ³)	接着剤 (%)	温度 (°C)	時間 (分)	圧力 (kgf/cm ²)
17	スプレー	W2-50	150	11	180	12	30
18				18			

(5) 難燃ストランドボードの性能評価

3.1.1 と同様に、接着性能（はく離強度・吸水厚さ膨張率）について評価した。

3.1.5 第2回実大難燃ストランドボードの製造

以下に記すような3.1.3と3.1.4での確認事項とそれに対する改善点により、製造条件を決定した。

- ① 混合液の塗布方法により接着性能の低下が見られないこと。
- ② 増粘剤を取り除いた新たな接着剤を使用すること。また、粉末難燃剤「OK-26」は使用しないこと。
- ③ 熱圧プレス後の離型性を高めるため、コール板とストランドの間にあらかじめテフロンシートを敷くこと。
- ④ 12分間であったプレス圧縮時間を、15分と30分にする。

以上の点に留意し、実際のプラントを利用し実大サイズの難燃ストランドボードを製造した。

(1) 供試材料

3.1.1と同様なヒノキストランドを用いた。

(2) 接着剤

熱可塑性水溶性接着剤ノンゲル R-431（飯田工業㈱製）から増粘剤を取り除いた接着剤を用いた。接着剤は、ストランドに対して18%添加した。

(3) 難燃処理

難燃剤「ノンネン W2-50」と接着剤を、写真3-1-1に示す攪拌機で混合した。難燃剤はストランドに対して150kg/m³塗布した。

(4) 実大難燃ストランドボードの製造

表3-1-8に製造条件を示す。

（協）エスウッドの国産ストランドボードの製造プラントを利用した。成型サイズはL2000×W1000×T14(mm)とし、ホットプレス（飯田工業㈱製）の熱盤温度は180℃に設定し、圧縮圧力30kgf/cm²（加圧力5880kN）で15、30分間圧縮した。

表 3-1-8 製造条件

No.	塗布条件				ホットプレス条件		
	難燃剤 塗布方法	難燃剤 (液)	塗布量 (kg/m ³)	接着剤	温度 (℃)	時間 (分)	圧力 (kgf/cm ²)
19	スプレー	W2-50	150	ノンゲル	180	15	30
20						30	

(5) 実大難燃ストランドボードの性能評価

製造した実大難燃ストランドボードから、下記に示す各種物性評価を行う試験片を採取し、試験評価を岐阜県生活技術研究所に委託した。

① 密度試験 [JIS A 5908 準拠]

試験片 (100×100mm) の長さ、幅及び厚さから体積 (V) を求め、次に質量 (m) を測定し算出した。

② 含水率試験 [JIS A 5908 準拠]

試験片 (100×100mm) の質量 (m_1) を測定し、これを $103 \pm 2^\circ\text{C}$ の乾燥器に入れ、24 時間後再度質量 (m_0) を測定し算出した。

③ 曲げ強さ試験 [JIS A 5908 準拠]

オートグラフ (島津製作所製: AG-5000) を用い、縦・横方向試験片 (50×230mm) の表面から荷重を加え、その最大荷重 (P) を測定し、曲げ強さを算出した。

④ 湿潤曲げ強さ試験 [JIS A 5908 準拠]

試験片 (50×230mm) を $70 \pm 3^\circ\text{C}$ の温水中に 2 時間浸せきし、更に常温水中に 1 時間浸せき後濡れたままの状態、③の試験を行った。

⑤ 吸水厚さ膨張率 [JIS A 5908 準拠]

あらかじめ試験片 (50×50mm) 中央部の厚さ (t_1) を測定し、常温水中に 24 時間浸せきした後、同一箇所厚さ (t_2) を再度測定し、次式により算出した。

$$\text{吸水厚さ膨張率 (\%)} = (t_2 - t_1) / t_1 \times 100$$

⑥ はく離強さ試験 [JIS A 5908 準拠]

鋼ブロックに試験片 (50×50mm) をエポキシ樹脂で接着し、試験片の表面に垂直に引張荷重を加え、はく離破壊時の最大荷重 (P) を測定し、単位面積当たりのはく離強さを算出した。

⑦ 木ねじ保持力試験 [JIS A 5908 準拠]

木ねじ (径 2.7mm、長さ 16mm) を試験片 (50×100mm) に 2 箇所垂直に約 11mm ねじ込み、木ねじを垂直に引き抜き、それに要する最大荷重を測定し、その 2 箇所の平均値をもって木ねじ保持力とした。

⑧ ホルムアルデヒド放出量試験 [JIS A 5908 準拠]

デシケーター法により、アセチルアセトンを用い、比色定量し求めた。

⑨ コーンカロリメーター試験 [ISO 5660 準拠] (燃焼性試験)

試験体は1辺の大きさ $99 \pm 1 \text{mm}$ の正方形とした。試験時間は、準不燃は10分間、難燃は5分間とし、総発熱量、発熱速度の測定と形状変化の観察を行った。この試験は、(財)日本建築総合試験所に委託した。

3.2 国産ストランドボードの厚物・低密度製品試作

国産ストランドボードの厚物・低密度製品製造技術の可能性について高周波プレスを利用し、高周波加熱条件を変更しながら、厚物・低密度ボードの試作を以下の手順に従って行った。

- ① 接着剤と高周波プレス成型の相性の確認、適正な高周波印加条件の検索のための実験
《適正条件の検索（テストサイズ試験）》 3.2.1
- ② ①で探索された条件を基に、実大サイズのボード製造実験
《適正条件の検索(実大サイズ試験)》 3.2.2
- ③ 第2回試験調査委員会で提議された問題の改善案の検証
《パンク抑制条件及び厚さ膨張率低下条件の検索(追加試験)》 3.2.3
- ④ 難燃化処理剤と高周波プレス成型の相性の確認、適正な高周波印加条件の検索のための実験
《高周波プレス処理による難燃化付与試験》 3.2.4

テストサイズは L1010×W340(mm)と実大サイズの約 1/6 であり、主に各種物性試験の試験体として利用した。実大サイズは実生産のサイズ (L2000×W1000mm) であり、テストサイズの製造条件を基に実生産の検証を行った。

3.2.1 適正条件の検索（テストサイズ試験）

(1) 供試材料

供試材料は、岐阜県産ヒノキ材、密度（気乾）約0.41g/cm³をディスクフレイカーにてスライスし、厚み0.3mm、大きさ約30mm角に切削したものを含水率を約5%まで温風乾燥して用いた。試作には約200kgを使用した。

(2) 接着剤

接着剤は、熱可塑性水溶性接着剤ノンゲル R-431（主成分：ポリエチレングリコール、固形分 57%、飯田工業(株)製）を用いた。ストランドへの接着剤の塗布はストランド 100：接着剤 30 の割合としてブレンダー(大型ドラム式攪拌混合機)を用いて行った。(写真 3-2-1)

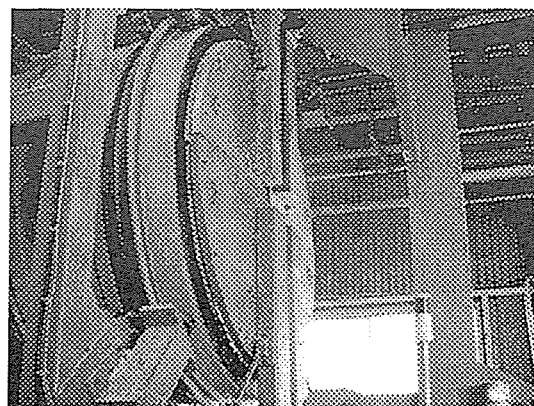


写真 3-2-1 ブレンダー

(3) 高周波プレスによるストランドボードの製造

製造試作条件を表 3-2-1 に示す。

1) フォーミング

フォーミングは高周波プレススライド板上に設置された樹脂枠に適量ずつストランドを入れて、人手により行った。(写真 3-2-2) フォーミング精度はボードの密度ムラや高周波加熱成型時のパンクの原因に成り得るため慎重に行った。フォーミング量は高周波加熱による水分蒸発量を見込み仕上り重量の 1.15 倍とした。(写真 3-2-3)



写真 3-2-2

テストサイズ試験のフォーミング作業

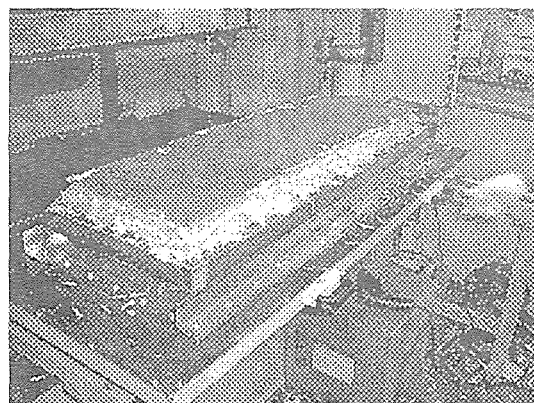


写真 3-2-3

テストサイズ試験のフォーミング

2) 高周波プレス

高周波プレスは主に油圧プレスと高周波発振器から構成されている。成型サイズは L1010×W340(mm) (標準) で、最高プレス圧は 200tonf、最大高周波出力は 20kW (13.56MHz) である。プレス定盤は高周波電極板の役割も兼ねており、内部に電気ヒータが内蔵されている。本試作ではプレス定盤を予め電気ヒータにより 160℃に加熱して高周波プレス成型を行った。プレス圧力設定は 25kgf/cm² (加圧力 850kN) 一定とした。

先ずスライド板上にストランドをフォーミングし、高周波プレス内にスライドさせてプレス圧縮を始めた。(写真 3-2-4) プレス圧縮により試験体厚みが約 40mm に圧縮された時点で高周波印加を開始した。高周波加熱により試験体の熱軟化が始まりプレス圧縮が促進された。試験体はプレスに備え付けられている厚み規制装置により所定の厚みまで圧縮された。

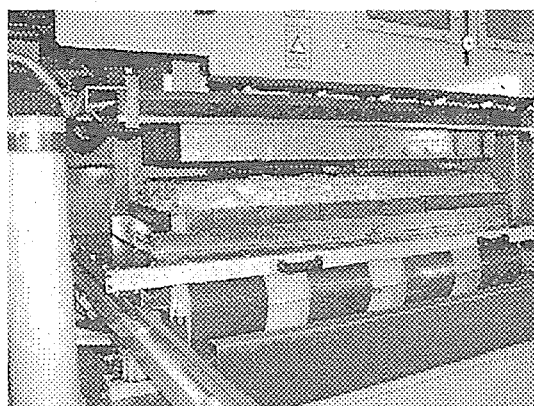


写真 3-2-4 高周波プレス形成

プレス圧縮が終了した時点で、一旦高周波の印加を停止して、光ファイバー式温度計センサーを試験体側面中央から深さ 50mm の所にセットした。(写真 3-2-5) 高周波の印加を再開し、光ファイバー式温度計により試験体温度をモニターしながら加熱目標温度 160℃になるまで高周波加熱を行った。高周波印加停止後 1~2 分の養生時間を保持し後にプレスを解圧してボードを取り出し、重量と厚みを測定して密度を計算した。(写真 3-2-6)

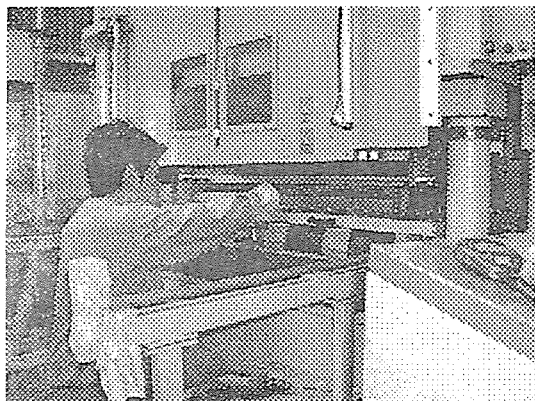


写真 3-2-5

光ファイバーセンサー取付作業



写真 3-2-6

仕上り重量・厚み測定

(4) テストサイズボードの性能評価

製造したテストサイズボードから、下記に示す各種物性評価を行う試験片を採取し、試験評価を岐阜県生活技術研究所に委託した。下記①から⑧の試験方法は 3.1.5 と同様である。

- ① 密度試験 [JIS A 5908 準拠]
- ② 含水率試験 [JIS A 5908 準拠]
- ③ 曲げ強さ試験 [JIS A 5908 準拠]
- ④ 湿潤曲げ強さ試験 [JIS A 5908 準拠]
- ⑤ 吸水厚さ膨張率 [JIS A 5908 準拠]
- ⑥ はく離強さ試験 [JIS A 5908 準拠]
- ⑦ 木ねじ保持力試験 [JIS A 5908 準拠]
- ⑧ ホルムアルデヒド放出量試験 [JIS A 5908 準拠]

また、断熱性能及び吸音性能を（財）日本建築総合試験所に委託した。

① 熱伝導率試験

各々300mm角の試験片3個を切り出して用いた。試験は試験片を温度の異なる試験機の中に挟んで、検体の表面温度の変化を測定し熱伝導率・熱抵抗を求めた。

② 吸音試験

垂直入射吸音率試験 [JIS A 1405] を行った。垂直入射吸音率試験は一端にスピーカ、他端に試料を取り付けた音響管（直径 99mm および 29mm の 2 種類）を用いて、スピーカから規定の周波数の純音を発生させ、管内に生じた定在波の腹・節の音圧比から、音が垂直に入射した場合の試料の吸音率を求めた。

表 3-2-1 製造試作条件 (テストサイズ試験)

No.	成形条件						高周波プレス					仕上り		
	サイズ			密度	原料	含水率	加熱時間	養生時間	加圧力	熱板温度	加熱温度	重量	厚さ	密度
	mm	mm	mm	g/cm ³	g	%	sec	sec	kN	℃	℃	kg	mm	g/cm ³
1	340	1010	25	0.35	3500	10.8	255	60	850	180	150	3240	26.0	0.36
2	340	1010	25	0.35	3500	10.8	224	60	850	180	150	3260	25.8	0.37
3	340	1010	25	0.35	3500	10.8	240	60	850	180	150	3240	25.9	0.36
4	340	1010	25	0.35	3500	10.8	218	60	850	180	150	3250	25.8	0.37
5	340	1010	25	0.35	3500	10.8	233	60	850	180	150	3245	25.8	0.37
6	340	1010	25	0.5	4940	10.8	245	60	850	180	150	4615	26.3	0.51
7	340	1010	25	0.5	4940	10.8	252	60	850	180	150	4610	26.0	0.52
8	340	1010	25	0.5	4940	10.8	240	60	850	180	150	4615	26.0	0.52
9	340	1010	25	0.5	4940	10.8	250	60	850	180	150	4600	26.0	0.52
10	340	1010	25	0.5	4940	10.8	237	60	850	180	150	4615	26.2	0.51
11	340	1010	25	0.7	6900	10.8	233	120	850	180	160	6515	26.3	0.72
12	340	1010	25	0.7	6900	10.8	275	120	850	180	160	6505	26.3	0.72
13	340	1010	25	0.7	6900	10.8	303	120	850	180	160	6415	26.1	0.72
14	340	1010	25	0.7	6900	10.8	220	120	850	180	160	6530	26.3	0.72
15	340	1010	25	0.7	6900	10.8	197	120	850	180	160	6565	26.3	0.73
16	340	1010	35	0.35	4840	10.8	297	60	850	180	160	4495	35.8	0.37
17	340	1010	35	0.35	4840	10.8	287	60	850	180	160	4505	35.8	0.37
18	340	1010	35	0.35	4840	10.8	291	60	850	180	160	4470	35.8	0.36
19	340	1010	35	0.35	4840	10.8	311	60	850	180	160	4490	35.8	0.37
20	340	1010	35	0.35	4840	10.8	303	60	850	180	160	4490	35.8	0.37
21	340	1010	35	0.5	6900	10.8	358	60	850	180	160	6420	36.0	0.52
22	340	1010	35	0.5	6800	10.8	330	60	850	180	160	6320	36.0	0.51
23	340	1010	35	0.5	6800	10.8	320	60	850	180	160	6345	36.0	0.51
24	340	1010	35	0.5	6800	10.8	320	60	850	180	160	6315	36.0	0.51
25	340	1010	35	0.5	6800	10.8	337	60	850	180	160	6325	36.0	0.51
26	340	1010	35	0.7	9500	—	429	120	850	180	155	8725	36.2	0.70
27	340	1010	35	0.7	9500	—	351	120	850	180	155	8800	36.2	0.71
28	340	1010	35	0.7	9500	—	340	120	850	180	155	8825	36.2	0.71
29	340	1010	35	0.7	9500	—	372	120	850	180	155	8800	36.2	0.71
30	340	1010	35	0.7	9500	—	377	120	850	180	155	8740	36.0	0.71

3.2.2 適性条件の検索（実大サイズ試験）

(1) 供試材料

供試材料は3.2.1と同様なヒノキストランドを用いた。試作には約650kgを使用した。

(2) 接着剤

接着剤は3.2.1と同様なノンゲル R-431を用いた。接着剤の塗布はストランド 100：接着剤 30の割合としてブレンダーを用いて行った。

(3) 高周波プレスによるストランドボードの製造

実大サイズ試験では既存の高周波成形プラントを利用して試作を行った。(写真 3-2-7) 製造試作条件を表 3-2-2 に示す。

1) フォーミング

高周波成形プラントの高周波プレス搬出側のコンベア上に仮設のフォーミングスペースを設け、フォーミングコンベア上に木枠を設置して適量ずつストランドを入れて手でフォーミングを行った。(写真 3-2-8) フォーミング量は高周波加熱による水分蒸発量を見込み仕上り重量の 1.15 倍とした。



写真 3-2-7

高周波形成プラント



写真 3-2-8

実大サイズのフォーミング作業

2) 高周波プレス

高周波プレスは主に油圧プレスと高周波発振器から構成されている。成型サイズはL2000×W1000(mm)（標準）で、最高プレス圧は 600tonf、最大高周波出力は 60kW（13.56MHz）である。プレス定盤は高周波電極板の役割も兼ねており、内部を加熱オイルが循環して加熱できる機構になっている。本試作ではプレス定盤を予め 160～180℃に加熱して高周波プレス成型を行った。プレス圧力設定は 15.3～24.0kgf/cm²（加圧力 3000～4700kN）とした。

先ずフォーミングコンベアによりストランドを高周波プレス内に搬入してプレス圧縮を始めた。プレス圧縮により試験体厚みが約 40mm に圧縮された時点で高周波印加を開始した。高周波加熱により試験体の熱軟化が始まりプレス圧縮が促進された。試験体はプレスに備え付けられている厚み規制装置により所定の厚みまで圧縮された。予めテストサイズ試験結果を基に設定しておいた高周波加熱条件が終了した後 2～10 分の養生時間を保持し、プレスを開放してボードを取り出した。

表 3-2-2 製造試作条件（実大サイズ試験）

No.	成形条件						高周波プレス					仕上り		
	サイズ			密度	原料	含水率	加熱時間	養生時間	加圧力	熱板温度	加熱時間	重量	厚さ	密度
	mm			g/cm ³	g	%	sec	sec	kN	℃	℃	kg	mm	g/cm ³
51	1100	2100	25	0.35	23300	14.0	180	180	4700	180	—	—	—	—
52	1100	2100	25	0.35	23300	14.0	180	180	4700	180	—	—	—	—
53	1100	2100	25	0.5	33200	14.0	180	300	4700	180	—	—	—	—
54	1100	2100	25	0.5	33200	14.0	180	300	4700	180	—	—	—	—
55	1100	2100	25	0.7	46500	14.0	240	600	4700	180	—	—	—	—
56	1100	2100	25	0.7	46500	14.0	240	600	4700	180	—	—	—	—
57	1100	2100	35	0.35	32500	14.0	400	120	4700	160	—	—	—	—
58	1100	2100	35	0.35	32500	14.0	400	120	4700	160	—	—	—	—
59	1100	2100	35	0.5	46500	14.0	460	180	4700	160	—	—	—	—
60	1100	2100	35	0.5	46500	14.0	460	180	4700	160	—	—	—	—
61-1	1100	2100	35	0.7	65000	14.0	500	240	4700	160	—	—	—	—
61-2	1100	2100	35	0.7	65000	14.0	500	240	4700	160	—	—	—	—
62-1	1100	2100	35	0.7	65000	14.0	500	300	4700	160	—	—	—	—
62-2	1100	2100	35	0.7	65000	14.0	500	360	3000	160	—	—	—	—
62-3	1100	2100	35	0.7	65000	14.0	500	600	3750	160	—	—	—	—

3.2.3 パンク抑制条件および厚さ膨張率低下条件の検索（追加試験）

第2回試験調査委員会において高周波プレス成形に関する以下の問題が提議された。

- ・実大サイズ試験において密度が高く、厚さが大きい条件でパンクを生じる。
- ・テストサイズ試験片がホットプレスのボードよりも木ねじ保持力が低い値である。

この問題を解決するため次の方法が提案され、追加試験することが決定した。

- ・高周波加熱による内部温度を高くする。(160℃⇒180℃)
- ・加熱圧縮時間を延ばす。(養生時間1分⇒養生時間3分)
- ・プレス圧を上げて一気に製品厚さまで圧縮してから高周波加熱する。
- ・製品表面の変色を避けるため高周波プレス盤の温度を下げる。(180℃⇒160℃)
- ・高周波加熱によるパンクを抑制するためテフロンネットを利用する。

追加試験はテストサイズ試験の L1010×W340×T25(mm)、密度 0.7g/cm³ の条件で検証することとした。追加試験条件を表 3-2-3 に示す。

表 3-2-3 追加試験条件

条 件	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
高周波加熱温度 (°C)	180	180	180	180	180	180	180	180
熱盤温度 (°C)	160	180	160	180	160	180	160	180
養生時間 (sec)	60	60	180	180	60	60	180	180
面圧 (kgf/cm ²)	25	25	25	25	40	40	40	40

(1) 供試材料

供試材料は3.2.1と同様なヒノキストランドを用いた。試作には約100kgを使用した。

(2) 接着剤

接着剤は3.2.1と同様なノンゲル R-431 を用いた。接着剤の塗布はストランド 100 : 接着剤 30 の割合としてブレンダーを用いて行った。

(3) 高周波プレスによるストランドボードの製造

製造試作条件を表 3-2-4 に示す。

1) フォーミング

フォーミングは 3.2.1 と同様な方法で慎重に行った。フォーミング量は高周波加熱による水分蒸発量を見込み仕上り重量の 1.15 倍とした。

2) 高周波プレス

高周波プレスは 3.2.1 と同様のプレスでテストサイズのボードを製造した。本試作ではプレス定盤を予め電気ヒータにより 160℃もしくは 180℃に加熱して、高周波プレス成型を行った。プレス圧力設定は 25kgf/cm² (加圧力 850kN) もしくは 40kgf/cm² (加圧力 1360kN) とした。

高周波プレスの動作は 3.2.1 と同様な方法で行った。内部温度が 180℃になるまで、高周波加熱を行った。

(4) 性能評価

製造したテストサイズボードから、3.2.1 と同様な各種物性評価を行う。試験評価を岐阜県生活技術研究所に委託した。

表 3-2-4 製造試作条件 (追加試験)

No.	成形条件						高周波プレス					仕上り		
	サイズ		密度	原料	含水率	加熱時間	養生時間	加圧力	熱板温度	加熱温度	重量	厚さ	密度	
	mm		g/cm ³	g	%	sec	sec	kN	°C	°C	kg	mm	g/cm ³	
63	340	1010	25	0.7	7000	17.5	460	60	850	160	180	6155	26.3	0.68
64	340	1010	25	0.7	7200	17.5	460	60	850	160	180	6295	26.5	0.69
65	340	1010	25	0.7	7300	17.5	443	60	850	180	180	6380	26.2	0.71
66	340	1010	25	0.7	7300	17.5	429	60	850	180	180	6380	26.2	0.71
67	340	1010	25	0.7	7300	17.5	480	180	850	160	180	6330	26.2	0.70
68	340	1010	25	0.7	7300	17.5	470	180	850	160	180	6375	26.2	0.71
69	340	1010	25	0.7	7300	17.5	459	180	850	180	180	6340	26.2	0.70
70	340	1010	25	0.7	7300	17.5	465	180	850	180	180	6325	26.2	0.70
71	340	1010	25	0.7	7300	17.5	330	60	1360	160	180	6410	25.8	0.72
72	340	1010	25	0.7	7300	17.5	402	60	1360	160	180	6400	25.8	0.72
73	340	1010	25	0.7	7300	17.5	454	60	1360	180	180	6325	25.8	0.71
74	340	1010	25	0.7	7300	17.5	425	60	1360	180	180	6310	25.8	0.71
75	340	1010	25	0.7	7300	17.5	436	180	1360	160	180	6365	25.8	0.72
76	340	1010	25	0.7	7300	17.5	423	180	1360	160	180	6355	25.8	0.72
77	340	1010	25	0.7	7300	17.5	415	180	1360	180	180	6365	25.8	0.72
78	340	1010	25	0.7	7300	17.5	417	180	1360	180	180	6365	25.8	0.72

3. 2. 4 高周波プレス処理による難燃化付与試験

難燃ボード試験はテストサイズ試験の L1010×W340(mm)で行うこととした。

(1) 供試材料

供試材料は3.2.1と同様なヒノキストランドを用いた。試作には約200kgを使用した。

(2) 接着剤および難燃剤

接着剤には熱可塑性水溶液タイプ接着剤ノンゲル R-431 の増粘剤を取り除いたものを用いた。ストランドに対して18%添加した。

難燃剤には3.1よりノンネン W2-50 を用いた。難燃剤と接着剤は、攪拌装置付タンク内（飯田工業株製）で、接着剤と難燃剤と水を 1 : 2.3 : 3.2 に混合し、その混合液をストランドに 100 : 50 でブレンダーにより塗布した。その後再度乾燥して試験に用いた。

(3) 高周波プレスによるストランドボードの製造

1) フォーミング

フォーミングは3.2.1と同様な方法で慎重に行った。フォーミング量は高周波加熱による水分蒸発量を見込み仕上り重量の1.15倍とした。

2) 高周波プレス

テストサイズ試験と同じ手順で高周波プレス成形を行ったが、高周波加熱開始直後に電極内でスパークし、ボードの隅が炭化して高周波加熱できなかった。（写真3-2-9）

難燃剤が添加されていないテストサイズ試作ではこのようなスパークは一度もなく難燃剤成分中にスパークの原因となる物質があるものと考えられる。

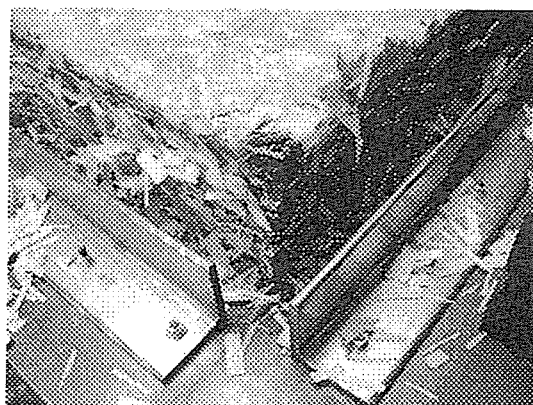


写真 3-2-9

難燃化付与試験における高周波スパーク

3.3 国産ストランドボードの事業可能性の調査

実施計画書に基づき、4回の市場調査を実施した。

3.3.1 第1回市場調査

時日 : 平成14年3月12日 午後1時半～午後3時
面談相手 : (株)INA 新建築研究所 (入間市健康福祉センター建築現場)
調査スタッフ : 角田 惇 (主任技術者) 斎藤 堅史 (技術者)

3.3.2 第2回市場調査

時日 : 平成14年6月12日 午後3時～午後5時
面談相手 : (株)クチーナ (静岡県)
調査スタッフ : 角田 惇 (主任技術者)

3.3.3 第3回市場調査

時日 : 平成14年7月12日 午前10時20分～午前11時30分
面談相手 : (株)安井建築設計事務所 (大阪府)
調査スタッフ : 斎藤 堅史 (技術者)、古田 元 (協同組合エスウッド)

3.3.4 第4回市場調査

時日 : 平成14年7月18日 午後2時20分～午後3時00分
面談相手 : (株)石田設計事務所 (埼玉県)
調査スタッフ : 斎藤 堅史 (技術者)、古田 元 (協同組合エスウッド)

4. 試験調査日程

平成 14 年 2 月から平成 14 年 8 月まで

5. 試験調査の結果

5.1 国産ストランドボードの難燃処理技術と性能評価

5.1.1 難燃剤選定とその処理条件

(1) 難燃剤

12 通りの製造条件において、3 条件の試験体で、熱圧プレス時にパンクが発生した。この 3 条件は、難燃剤の処理方法がすべて異なるものの、難燃剤「ノンネン OK-201」を 150kg/m^3 塗布した際に発生しているため、この難燃剤「ノンネン OK-201」を用いて、準不燃材料を目指すことは難しいと判断した。

また、粉末難燃剤「ノンネン OK-26」は、接着剤に混合する場合、粘度が高くなりスプレー塗布が困難になるため、塗布量は 30kg/m^3 が限度であった。

(2) 難燃ストランドボードの材色変化

難燃剤を含んでいないコントロール試験体 (No.12) と比較して、難燃剤を混入することによる表面の材色変化を試験調査に関わる技術担当者間で観察した。難燃剤「ノンネン W2-50」を使用した場合、他の難燃剤と比較して最も変色の度合いが大きく、褐色化していた。写真 5-1-1 に変色状況を示す。

化粧性を重視する国産ストランドボードの材色が褐色化することは、問題であるので、今後、着色塗装などの対策が必要になった。

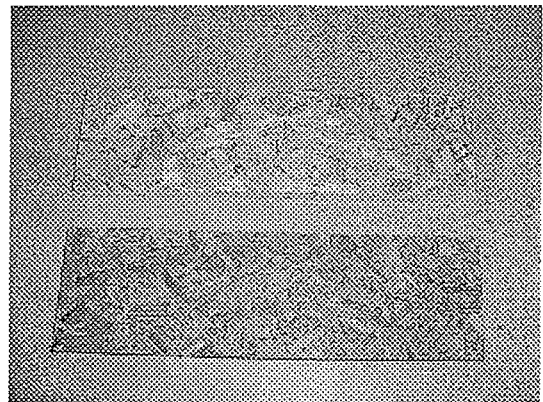


写真 5-1-1 ボードの外観

上：難燃処理無し

下：難燃剤「ノンネン W2-50」を 150kg/m^3 塗布

(3) 難燃ストランドボードの接着性

図 5-1-1、5-1-2 に製造したボードの厚さ膨張率とはく離強さを示す。

難燃剤 W2-50 を接着剤と混合し、 150kg/m^3 塗布した試験体 (No.5) が、コントロール試験体 (No.12) に比べ、はく離強さが減少していた。しかし吸水厚さ膨張率は減少しており寸法の安定度は高い。

難燃剤入りのボードの多くはコントロール試験体より吸水厚さ膨張率が小さく、かつはく離強さが大きくなっており、難燃剤を混入することにより接着性能が向上する傾向が認められた。

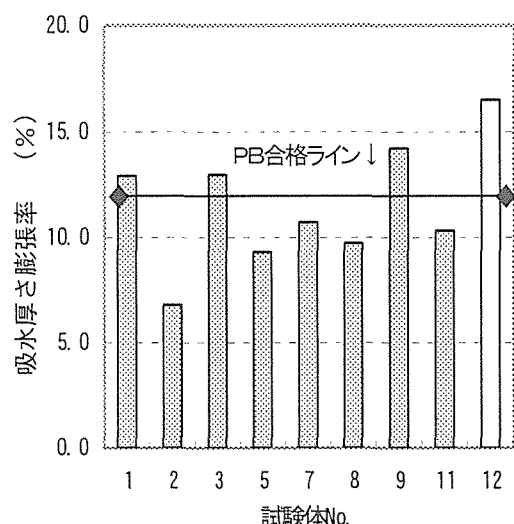


図 5-1-1 吸水厚さ膨張率

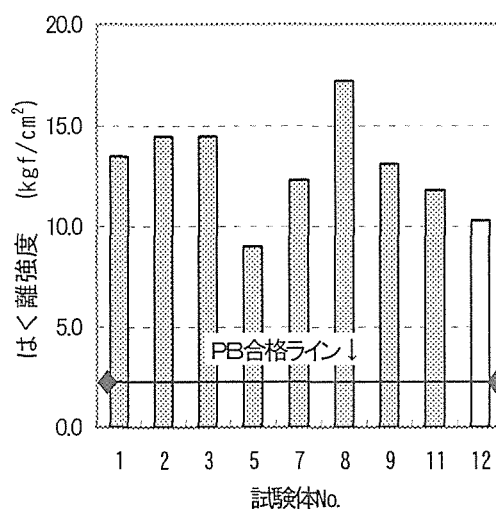


図 5-1-2 はく離強さ

(4) 難燃ストランドボードの燃焼性

表 5-1-1 にコーンカロリメーター試験の判定基準、表 5-1-2、図 5-1-3～5 に試験結果を示す。

コーンカロリメーターでの燃焼試験の結果、難燃処理を施した効果は、すべてのボードにおいて確認できた。「難燃材料」の基準に達した試験体は、No.2、No.5、No.7 の 3 種類あり、この中でも「準不燃材料」の基準に達した試験体 (No.2、No.5) も見られ、予想を遙かに上回る難燃性が付与されていた。今回、難燃性能が良好な難燃剤は、「ノンネン W2-50」あるいはそれに粉末難燃剤「ノンネン OK-26」を追加したものであった。このため、3.1.2 に示す第 1 回実大難燃ストランドボードの製造には「ノンネン W2-50」と「ノンネン OK-26」の 2 種類の難燃剤を選定した。

表 5-1-1 防火材料の判定基準

	加熱時間	総発熱量	発熱速度	性状
準不燃材料	10 分間	8MJ 以下	200kW/m ² 以上が 10 秒間継続しないこと	試験体裏面に達する亀裂・貫通孔がないこと
難燃材料	5 分間	8MJ 以下	200kW/m ² 以上が 10 秒間継続しないこと	試験体裏面に達する亀裂・貫通孔がないこと

表 5-1-2 試験結果

No.	最大発熱 速度	総発熱量 (MJ/m ²)			はく離強さ (kgf/cm ²)	吸水厚さ 膨張率 (%)
		20分 (不燃)	10分 (準不燃)	5分 (難燃)		
	(kW/m ²)	(不燃)	(準不燃)	(難燃)		
1	104.10	60.17	33.55	14.94	13.1	12.92
2	15.09	---	5.19	2.09	14.5	6.81
3	112.53	---	---	20.85	14.5	12.97
4	---	---	---	---	---	---
5	63.59	22.57	4.96	2.13	9.0	9.29
6	---	---	---	---	---	---
7	65.03	---	12.37	4.38	12.3	10.71
8	97.82	---	---	15.49	17.2	9.72
9	139.46	---	---	21.10	13.1	14.21
10	---	---	---	---	---	---
11	117.70	---	---	24.71	11.8	10.32
12	254.45	---	---	43.80	10.3	16.52

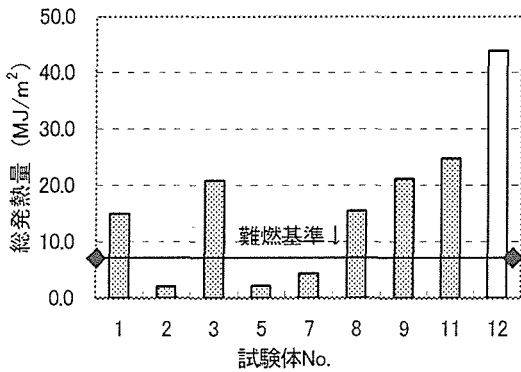


図 5-1-3 難燃試験時の総発熱量

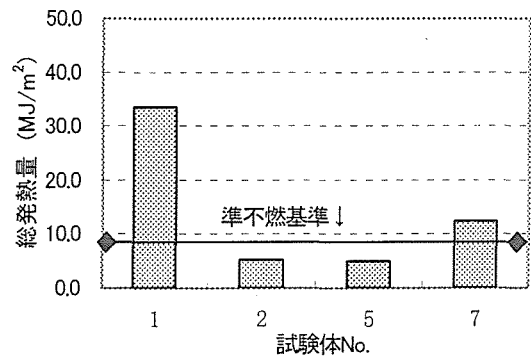


図 5-1-4 準不燃試験時の総発熱量

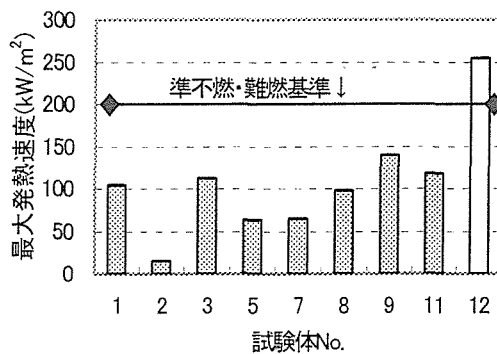


図 5-1-5 難燃ストランドボードの最大発熱速度

(5) 難燃剤選定とその処理条件実験のまとめ

難燃ストランドボードの製造工程において、作業性の面で難燃剤と接着剤をあらかじめ混合し、同時にスプレー塗布する方法が効率的であり実用化に向いている。また、低濃度に薄めた難燃剤に浸せきする方法も検討したが (No.9、No.10)、燃焼性でスプレー塗布に劣っていた。

このため、実大サイズの製造には、難燃剤と接着剤を混合攪拌する装置を製作し、混合液をブレンダーで塗布する方法を採用した。

接着性能は、大部分の試験体で難燃剤の処理を施していないコントロール試験体 No.12 より優れ、難燃剤の量が多いほど吸水厚さ膨張率が減少しており、はく離強さや吸水厚さ膨張率の物性値は、難燃剤を混合することにより向上する傾向が見られた。

このため 3.1.2 での実大サイズストランドボードの製造条件は、

- ① 難燃剤 : 「ノンネン W2-50」の単独使用と、変色を防止するため、「ノンネン OK-26」を補助的に使用する 2 パターンとする。
- ② 処理方法 : あらかじめ難燃剤と接着剤を混合し、スプレー塗布する。

に決定した。

5.1.2 第1回実大難燃ストランドボードの製造

前記の条件により実大サイズの製造を行ったが、以下のような問題点が発生した。

(1) 混合液の沈殿物

難燃剤「ノンネン W2-50」の固形分、及び粉末難燃剤「ノンネン OK-26」と接着剤との混合により、攪拌装置及びホース内に沈殿物が発生した。接着剤中の固形成分の改良と粘度調整が必要であると考えられた。(写真 5-1-2 沈殿物)

(2) 内部はく離

写真 5-1-3 に示すような内部はく離が発生した。しかし、この内部はく離は、熱圧プレスの直後にコールド板から剥がそうとした際に起こったものであり、しばらく養生した場合は、内部はく離は発生しなかった。今後、コールド板とボードとの間に、テフロンシートを挟み、離形性を向上させる対策が考えられた。

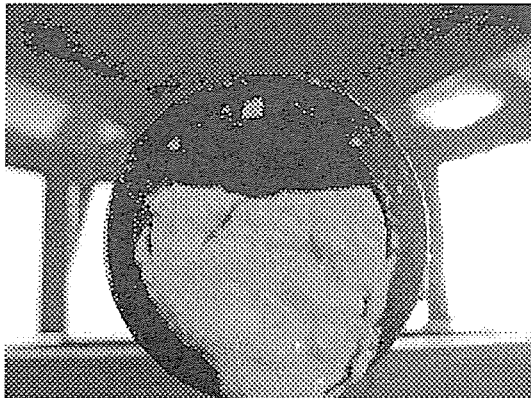


写真 5-1-2 沈殿物



写真 5-1-3 内部はく離の状態

5. 1. 3 難燃剤を混入した混合液の塗布方法の影響

難燃剤を混入した混合液の塗布工程の影響を検証するために、実際のプラント内の大型ブレンダーで処理する場合と、実験用に製作した小型ブレンダーを用いた場合の2通りを、同一のホットプレスを使用しボード成型を行った。表 5-1-2、図 5-1-6～7 に試験結果を示す。

両者に、はく離強さや吸水厚さ膨張率には、有意な差が見られず、接着不良の問題は塗布工程によるものではないことが確認された。

表 5-1-2 試験結果 (平均値)

No.	はく離強さ	吸水厚さ 膨張率
	(kgf/cm ²)	(%)
15	9.1	15.58
16	6.9	17.58

注) No. 15 : 実際のプラントを利用して難燃処理

No. 16 : 実験用小型ブレンダーにより難燃処理

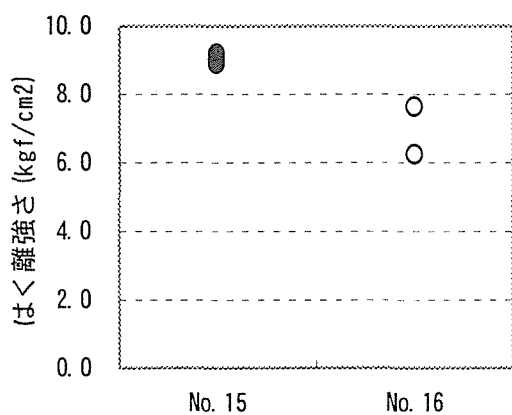


図 5-1-6 はく離強さ

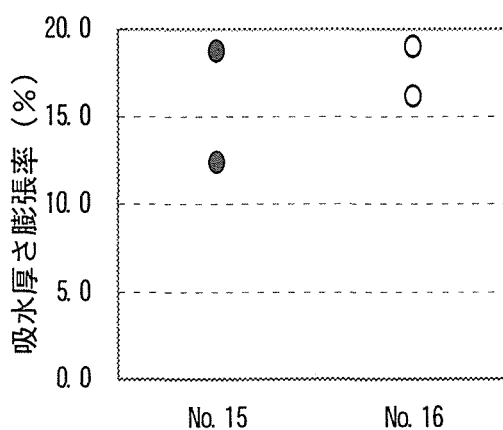


図 5-1-7 吸水厚さ膨張率

5.1.4 混合液の沈殿物の影響

ビーカー内で難燃剤と接着剤を混合した場合、約4割の沈殿物が確認できた。発生した沈殿物の成分を調べた結果、接着剤中の増粘剤に起因すると判明したため、増粘剤を取り除いた接着剤を用い、ストランドボードを製造し、性能評価を行った。

(1) 難燃ストランドボードの性状

表 5-1-3、図 5-1-8～9 にボードの接着性能結果を示す。製造した難燃ストランドボードは、はく離強度が 3.1.1 の試験時に比べ小さくなった。これは、増粘剤中にも、接着に有効に働く成分が存在していたため、これを取り除くことによって、接着力が低下したと考えられる。しかし JIS 規格パーティクルボードのはく離強度の基準値(2.0 kgf/cm²)は上回っていた。

接着性能は接着剤添加率 11% (3.1.1 の実験に使用した接着剤と同等の固形分を有する) のボードより、18%添加したボードの方がよいため、第2回実大難燃ストランドボードの製造条件は、改良した接着剤を 18%添加することに決定した。

表 5-1-3 試験結果 (平均値)

No.	はく離強度 (kgf/cm ²)	吸水厚さ 膨張率 (%)	接着剤 添加率 (%)
17	3.5	15.05	11
18	5.2	10.97	18

注) No. 17 : 接着剤をストランドに対して 11%添加

No. 18 : 接着剤をストランドに対して 18%添加

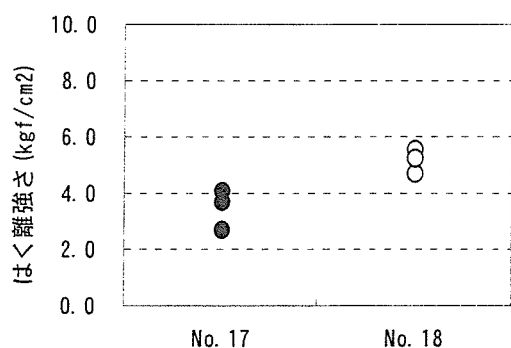


図 5-1-8 はく離強度

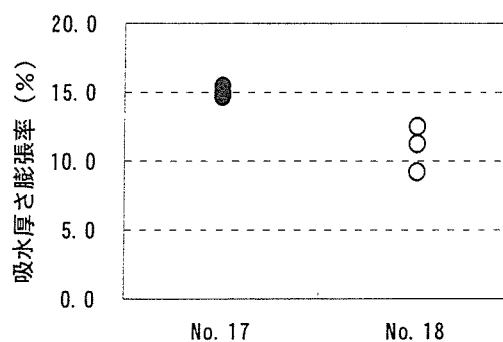


図 5-1-9 吸水厚さ膨張率

(2) 内部はく離を解決する方法

- ① 混合液中の沈殿物に対しては、接着剤中の増粘剤を取り除いた接着剤を使用する。添加量は、18%とする。
- ② コール板と積層したストランドの間に離型性を高めるために、あらかじめテフロンシートを敷くこと。

5.1.5 第2回実大難燃ストランドボード

(1) 実大難燃ストランドボードの物性

実大難燃ストランドボードの各種物性試験の結果を図5-1-10～14に示す。また集計結果を表5-1-4に示す。

今回製造した実大難燃ストランドボードの特徴は

- ① 既存品に比べ、吸水厚さ膨張率が低下した。
- ② 既存品に比べ、曲げ強さ、湿潤時曲げ強さ、木ねじ保持力の強度性能が低下した。
- ③ プレス時間の長短では30分間熱をかけたボードは、各種物性値が悪化した。

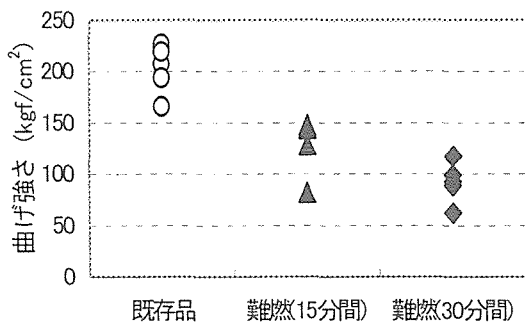


図 5-1-10 ストランドボードの曲げ強さ

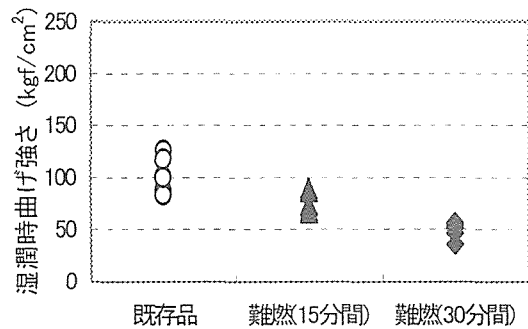


図 5-1-11
ストランドボードの湿潤時曲げ強さ

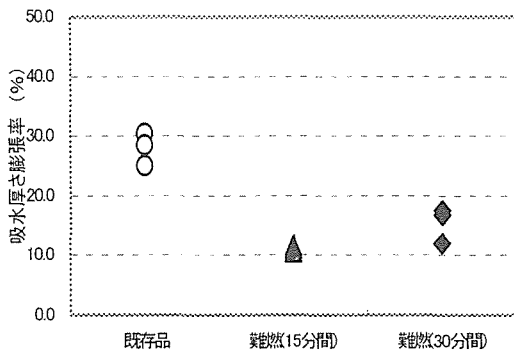


図 5-1-12
ストランドボードの吸水厚さ膨張率

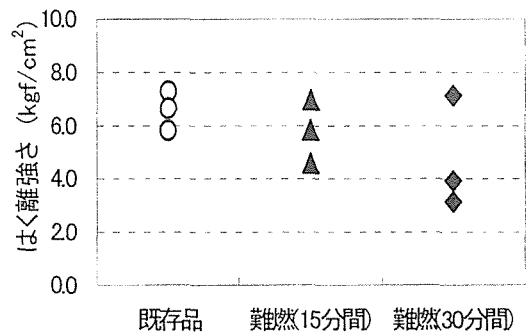


図 5-1-13
ストランドボードのはく離強さ

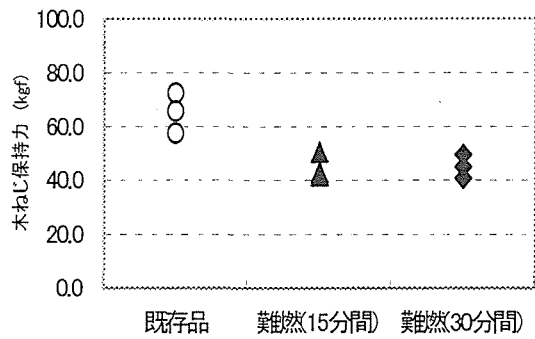


図 5-1-14 スtrandボードの木ねじ保持力

表 5-1-4 試験結果

No.	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	曲げ強さ (kgf/cm ²)	湿潤時曲げ強さ (kgf/cm ²)
19 (15分間)	0.75	2.7	132.4	76.3
20 (30分間)	0.74	4.1	93.1	50.1
既存品(エスウッド)	0.70	4.3	271.1	81.5
パーティクルボード	0.40~0.90	5~13	133以上	66以上

No.	吸水厚さ 膨張率 (%)	はく離強さ (kgf/cm ²)	木ネジ 保持力 (kgf)	ホルムアルデヒド 放出量 (mg/L)
19 (15分間)	11.24	5.8	44.8	0.07
20 (30分間)	15.45	4.7	45.1	0.07
既存品(エスウッド)	28.0	6.6	65.3	0.11
パーティクルボード	12以下	2.0以上	41以上	0.5以下

注) パーティクルボードは、JIS A 5908 化粧パーティクルボード 13タイプ、E₀タイプ

(2) 燃焼試験

コーンカロリメーター試験

試験は準不燃性能試験とし、試験時間は 10 分間とした。表 5-1-8 にコーンカロリメーターの試験結果を示す。

すべての試験体において、準不燃材料の基準値をクリアーした。

表 5-1-8 コーンカロリメーター試験結果

No.	最大発熱速度 (kW/m ²)	総発熱量 (MJ)	総合判定
19-1	8.4	3.2	合格
19-2	13.5	5.5	合格
19-3	12.1	5.1	合格
基準値	200 以下	8 以下	

(3) 第 2 回実大難燃ストランドボードのまとめ

内部はく離を減少させるために、圧縮時間を 15 分と 30 分としたが、15 分圧縮の方がよい物性試験結果が出ていた。

《実大難燃ストランドボードの製造条件と性能》

条件：難燃剤 W2-50、150kg/m³塗布

接着剤 増粘剤を取り除いたノンゲル R-431、18%添加
難燃剤と接着剤の混合液を、スプレー塗布

成型：熱板温度 180℃、15 分間圧縮、30kgf/cm²

性能：ISO 5660 発熱性試験の準不燃材料に相当

JIS A 5908 化粧パーティクルボード 13、E₀タイプに相当

現在の既存品国産ストランドボードの欠点とされた、吸水厚さ膨張率が改善された。

5.2 国産ストランドボードの厚物・低密度製品製造技術と性能評価

5.2.1 適正条件の検索 (テストサイズ)

(1) 各種物性試験結果

各種物性試験結果を図 5-2-1～5 に示す。また集計結果を表 5-2-1 に示す。

今回の試験結果の特徴を以下に示す。

- ① 密度は全体的に製造条件より高い値となった。これは、全体としてボードの縁部分の密度が低くなる傾向があり、その部分を切除した試験体であったためである。
- ② 含水率は全体的に 5% 前後となった。高周波加熱により含水率は 4.4～7.3% の減少があった。
- ③ 曲げ強さや湿潤時曲げ強さ、吸水厚さ膨張率、はく離強さは密度に比例し同一直線上にあることが分かる。
- ④ 木ねじ保持力のみ高周波処理材とホットプレス処理材との間に顕著な差が現れた。

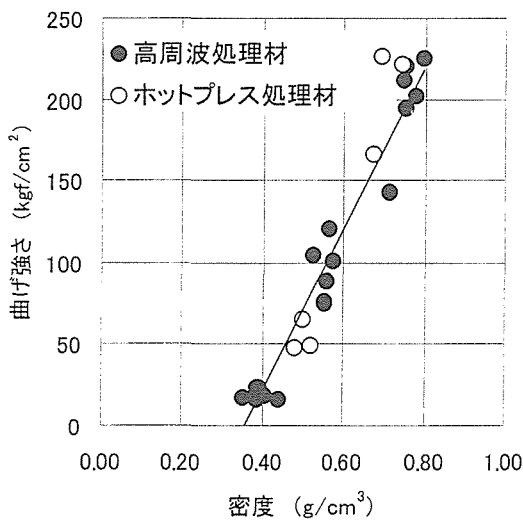


図 5-2-1
高周波処理材とホットプレス処理材の
曲げ強さ

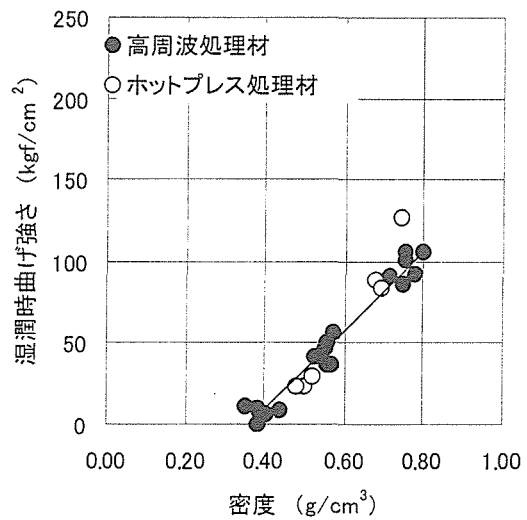


図 5-2-2
高周波処理材とホットプレス処理材
の湿潤時曲げ強さ

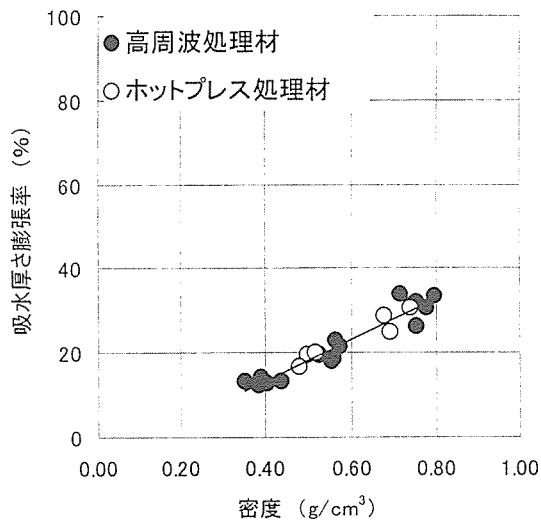


図 5-2-3
高周波処理材とホットプレス処理材の
吸水厚さ膨張率

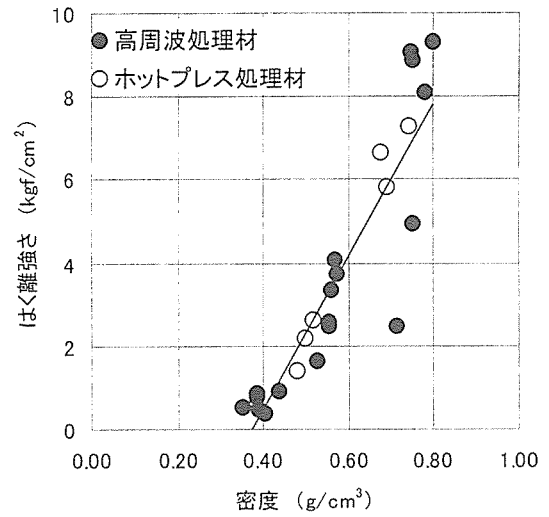


図 5-2-4
高周波処理材とホットプレス処理材の
はく離強さ

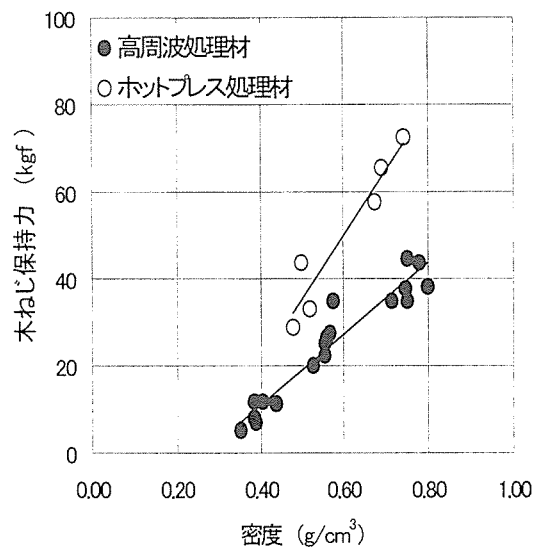


図 5-2-5
高周波処理材とホットプレス処理材の
木ねじ保持力

表 5-2-1 試験結果 (テストサイズ試験)

No.	製造条件		評価試験								
	厚さ	密度	厚さ	密度	含水率	曲げ強さ	湿潤時曲げ強さ	吸水厚さ膨張率	はく離強さ	木ねじ保持力	ホルムアルデヒド放出量
	mm	g/cm ³	mm	g/cm ³	%	kgf/cm ²	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	kgf	mg/L
a	14	0.7	12.16	0.74	3.94	221.91	126.25	30.50	7.30	72.58	-
b			12.16	0.68	4.70	166.27	88.51	28.49	6.64	57.46	-
c			12.09	0.69	4.13	226.81	83.60	24.98	5.81	65.78	-
平均			12.14	0.70	4.26	205.00	99.45	27.99	6.58	65.27	-
e	14	0.5	12.63	0.50	4.69	65.33	23.81	19.62	2.19	43.92	0.14
f			12.65	0.48	4.86	47.55	23.98	16.71	1.40	28.78	-
g			12.68	0.52	4.68	49.69	29.09	20.00	2.62	33.16	-
平均			12.65	0.50	4.75	54.19	25.63	18.77	2.07	35.29	0.14
1	25	0.35	24.22	0.39	6.74	23.60	-	13.05	0.76	7.84	0.09
2			24.51	0.39	6.42	24.00	7.66	14.44	0.49	7.20	-
3			24.47	0.40	6.07	18.31	6.67	13.08	0.41	11.43	-
平均			24.40	0.39	6.41	21.97	7.16	13.52	0.55	8.82	0.09
6	25	0.5	24.76	0.57	6.14	100.48	56.89	21.77	3.75	34.96	0.09
7			24.51	0.57	5.48	120.94	36.79	22.97	4.09	27.66	-
8			24.74	0.56	5.80	88.39	50.74	18.55	3.36	26.66	-
平均			24.67	0.57	5.80	103.27	48.14	21.10	3.73	29.76	0.09
11	25	0.7	24.66	0.78	5.12	202.55	92.80	30.41	8.12	43.89	0.10
12			24.51	0.80	4.18	225.50	105.44	33.41	9.33	38.15	-
13			24.44	0.75	4.05	220.57	101.42	26.19	8.90	44.82	-
平均			24.54	0.78	4.45	216.21	99.89	30.01	8.78	42.29	0.10
16	35	0.35	34.58	0.35	6.21	17.59	11.25	13.16	0.55	5.28	-
17			34.52	0.44	5.99	15.72	8.59	13.53	0.91	11.35	-
18			34.34	0.38	6.52	16.61	9.79	12.64	0.85	11.42	0.06
平均			34.48	0.39	6.24	16.64	9.88	13.11	0.77	9.35	0.06
21	35	0.5	34.23	0.55	6.13	75.26	46.78	18.26	2.49	24.95	-
22			34.38	0.53	4.60	104.77	41.92	19.84	1.64	20.02	-
23			34.54	0.56	4.75	76.83	36.74	18.18	2.60	22.55	0.11
平均			34.38	0.55	5.16	85.62	41.81	18.76	2.24	22.51	0.11
26	35	0.7	34.67	0.71	3.58	142.50	91.09	33.98	2.48	35.09	-
27			34.71	0.75	3.40	194.67	106.13	31.98	4.93	34.97	-
28			34.55	0.75	3.54	211.22	85.59	31.81	9.06	37.73	0.07
平均			34.64	0.74	3.51	182.80	94.27	32.59	5.49	35.93	0.07

注：1) No.がアルファベット小文字のデータはホットプレス処理材である。

2) No.が数字のデータは高周波処理材である。

(2) 熱伝導率試験

試験にはテストサイズ試験体No.1とNo.6を使用した。熱伝導率試験結果を表5-2-2に示す。JIS A 5908パーティクルボード品質規格ではボード厚さ25mmで熱抵抗 $0.155 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 以上に定められている。本試験結果は密度 0.35 、 $0.5 \text{ g}/\text{cm}^3$ のいずれの場合においてもこれを満たしていた。

表5-2-2 熱伝導率試験

No.	厚さ mm	密度 g/cm^3	熱伝導率 $(\text{W}/\text{m} \cdot \text{K})$	試験体温度 $(^\circ\text{C})$	熱抵抗 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
1	25	0.35	0.075	40.0	0.333
			0.072	20.4	0.347
			0.069	0.2	0.362
6	25	0.5	0.103	40.2	0.243
			0.101	20.2	0.248
			0.094	0.0	0.266

(3) 吸音試験

試作ストランドボードの吸音性能についてテストサイズ試験体No.5、No.10、No.19を使用した。表5-2-3～4に試作したストランドボードの各周波数における吸音率を示し、図5-2-6に代表的な建材の吸音率と比較した（木材工業ハンドブック⁵⁾引用）。

図中▲印の厚さ25mm密度 $(r)0.40 \text{ g}/\text{cm}^3$ のストランドボードは、市販の吸音パーティクルボードに比べ500Hz以下の周波数において吸音率は小さいが、1000Hz以上では、同等の吸音率が得られた。また、■印の厚さ25mm密度 $(r)0.52 \text{ g}/\text{cm}^3$ のストランドボードは、同程度の密度を有するマツ板材と同じ吸音特性を示した。

密度を $0.40 \text{ g}/\text{cm}^3$ 程度に設定したストランドボードは、全周波数域において、コンクリート壁の7～16倍の吸音率が得られる。

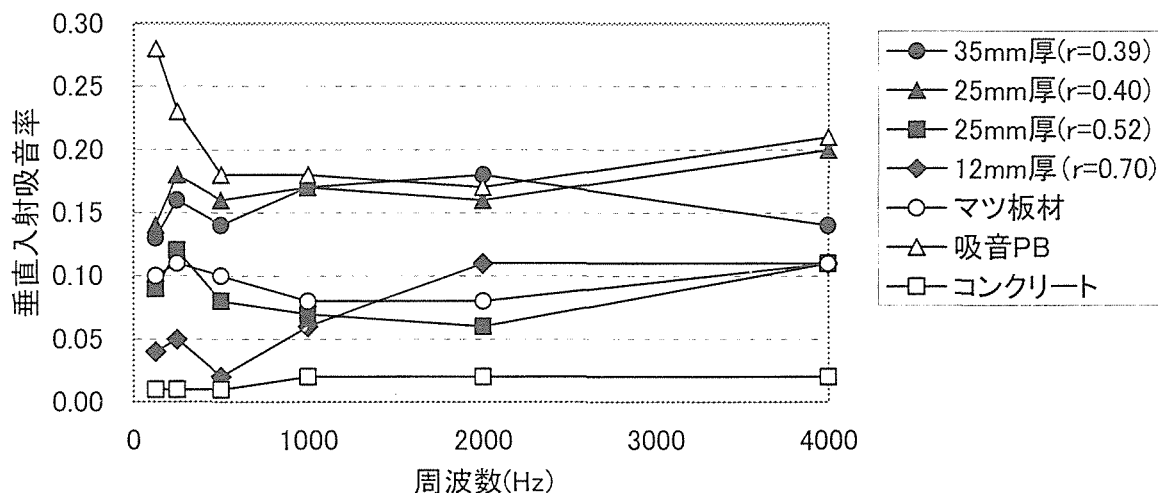


図5-2-6 吸音率の比較

表 5-2-3 垂直入射吸音率

周波数 (Hz)	35mm 厚さ (密度 0.39g/cm ³)		25mm 厚さ (密度 0.40g/cm ³)	
	φ 99mm 管	φ 99mm 管	φ 29mm 管	φ 29mm 管
100	0.13		0.13	
125	0.13		0.14	
160	0.11		0.14	
200	0.13		0.16	
250	0.16		0.18	
315	0.13		0.14	
400	0.15		0.17	
500	0.14		0.16	
630	0.12		0.14	
800	0.21	0.30	0.22	0.21
1000	0.11	0.22	0.18	0.16
1250	0.15	0.17	0.19	0.13
1600	0.17	0.05	0.17	0.07
2000		0.18		0.16
2500		0.14		0.13
3150		0.16		0.24
4000		0.14		0.20
5000		0.15		0.21

表 5-2-4 垂直入射吸音率

周波数 (Hz)	25mm 厚さ (密度 0.52g/cm ³)		12mm 厚さ (密度 0.70g/cm ³)	
	φ 99mm 管	φ 29mm 管	φ 99mm 管	φ 29mm 管
100	0.09		0.04	
125	0.09		0.04	
160	0.06		0.01	
200	0.08		0.02	
250	0.12		0.05	
315	0.09		0.02	
400	0.09		0.04	
500	0.08		0.02	
630	0.14		0.02	
800	0.15	0.10	0.04	0.15
1000	0.08	0.06	0.01	0.11
1250	0.05	0.04	0.01	0.09
1600	0.05	0.04	0.01	0.02
2000		0.06		0.11
2500		0.02		0.07
3150		0.09		0.13
4000		0.11		0.11
5000		0.08		0.13

(4) 適正条件の検索 (テストサイズ) のまとめ

高周波プレスにおいて、国産ストランドボードの成型が可能であることが確認された。基本的な物性に関しては、密度に密接な相関があることが確認された。その上で、高周波処理材とホットプレス処理材で、有意な差が見られたのは、木ねじ保持力試験の結果においてであった。

このプレス条件を踏まえて、3.2.2 の実大サイズストランドボードの製造を行った。

5.2.2 適正条件の検索（実大サイズ）

(1) 試作結果

- ・密度 0.35 、 0.5g/cm^3 の製造試作は可能であった。
- ・密度 0.7g/cm^3 の製造試作ではパンクが生じた。

(2) 実大サイズ製造試作におけるパンク

実大サイズ試験ではテストサイズ製造試作の製造条件をスケールアップして製造試作した。しかし、同条件にもかかわらず密度 0.7g/cm^3 の試作では高周波プレス解圧後にパンクを生じた。パンクはプレス解圧直後にボードを破壊するほど激しいものであった。パンクの要因として高周波加熱中に発生するボード内の水蒸気が考えられた。実大サイズではボードの面積が大きくなることから水蒸気が逃げにくく、プレス解圧までボード内部に水蒸気圧が残りパンクを引き起こしていると考えられた。フォーミング後にストランド上にテフロンメッシュベルトを置き水蒸気が逃げやすい状態を作り、更にプレス動作、プレス圧力、高周波加熱条件を変更して試作を試みた。この結果、プレス解圧後にパンクしている様子はなくなったが、ボードを切断すると厚さ方向に2枚にはく離し、高周波プレス中にパンクを生じていることが分かった。

テフロンメッシュベルトや高周波加熱条件の変更によるパンクの抑制効果は確認できた。今回の試作では完全なパンク抑制条件は見つけることができなかったが、パンク抑制は可能であると確信できた。

(3) 今後の課題

実大サイズにおける物性試験を行うことでテストサイズとの比較をして高周波処理条件を検索する。同時に高密度ボードにおけるパンクの原因と抑制方法を検討する。

1) フォーミング精度を向上させる

実大サイズ試験において人手によるフォーミングは限界があり、また 5.2.1 の各種物性試験結果からも分かる通り、ボードの性能は密度に密接な関係がある。そのため密度ムラは、ボードの基本性能を不安定にすると考えられるため、フォーミング精度を向上させ密度ムラを改善する。

2) 水蒸気の逃げ道

ボードとプレス定盤の間にメッシュベルトなどを配置して水蒸気の逃げ道を作る。また、ボード内に発生する水蒸気の逃がし方について検討し、パンクとの相関を確認する。

5. 2. 3 パンク抑制条件および厚さ膨張率低下条件の検索（追加試験）

各種物性試験結果を図 5-2-7~11 に示す。また集計結果を表 5-2-1 に示す。

今回の試験結果から高周波加熱処理材（180℃）の特徴を以下に示す。

- ① 湿潤時曲げ強さが若干高い値を示している。
- ② 吸水厚さ膨張率が同密度の高周波処理材（160℃）に比べ低い値を示している。
- ③ はく離強さが高い値を示している。
- ④ 高周波加熱温度の違いによる木ねじ保持力の変化は見られなかった。

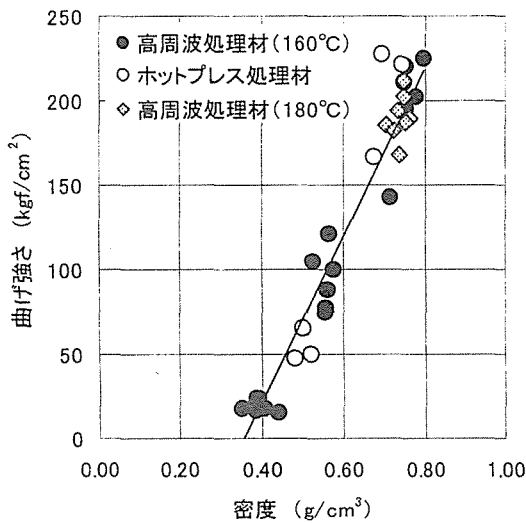


図 5-2-7

高周波処理材とホットプレス処理材の曲げ強さ

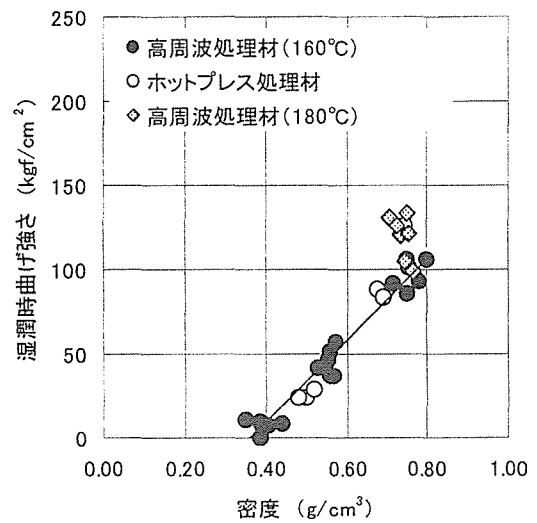


図 5-2-8

高周波処理材とホットプレス処理材の湿潤時曲げ強さ

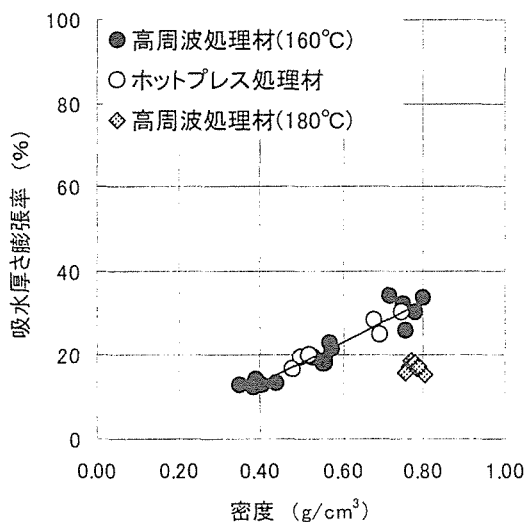


図 5-2-9

高周波処理材とホットプレス処理材の吸水厚さ膨張率

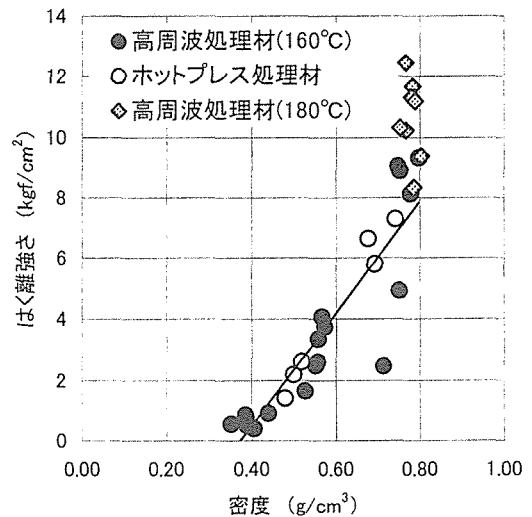


図 5-2-10

高周波処理材とホットプレス処理材のはく離強さ

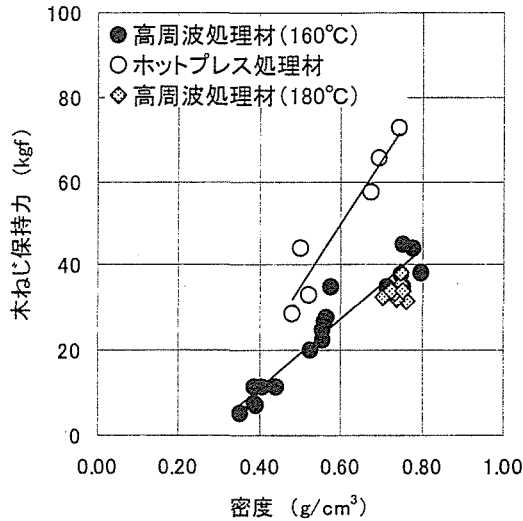


図 5-2-11
高周波処理材とホットプレス処理材の
木ねじ保持力

表 5-2-5 評価試験結果 (追加試験)

No.	製造条件		高周波プレス				評価試験							
	厚さ	密度	熱板温度	加熱温度	加圧力	養生時間	厚さ	密度	含水率	曲げ強さ	湿潤時曲げ強さ	吸水厚さ膨張率	剥離強さ	木ねじ保持力
	mm	g/cm ³	°C	°C	kN	min	mm	g/cm ³	%	kgf/cm ²	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	kgf
64	25	0.7	160	180	850	60	24.09	0.76	6.91	189.12	98.99	18.81	10.21	31.72
66	25	0.7	180	180	850	60	24.12	0.75	6.12	202.48	105.29	17.35	12.44	35.60
68	25	0.7	160	180	850	180	24.05	0.70	5.58	186.07	131.34	17.57	11.68	32.36
70	25	0.7	180	180	850	180	24.02	0.74	5.57	167.85	121.10	16.02	10.31	32.26
72	25	0.7	160	180	1360	60	24.07	0.73	5.87	194.54	119.90	18.48	11.32	33.57
74	25	0.7	180	180	1360	60	23.99	0.72	6.04	182.73	125.74	15.59	9.38	33.83
76	25	0.7	160	180	1360	180	24.09	0.75	6.93	186.55	120.88	17.01	8.33	33.80
78	25	0.7	180	180	1360	180	24.17	0.75	5.55	212.50	133.47	17.49	11.18	38.32

追加試験 (テストサイズ) においてパンクの発生は確認できなかった。今後、実大サイズでの検証が必要と考えられる。追加試験条件 (表 3-2-5) の違いによる物性の変化は見られなかったが、高周波加熱温度 160°C を 180°C に上げることにより湿潤時曲げ強さ、吸水厚さ膨張率、はく離強さの物性が向上した。さらに、熱板温度 180°C を 160°C に下げても物性の変化がなかったことから、高周波加熱処理では熱板温度 160°C の設定かつ短時間にホットプレス処理 (180°C) と同等の製造をできることが確認できた。

5. 2. 4 高周波プレス処理による難燃化付与試験

(1) 試作結果

高周波加熱開始直後に電極内でスパークし、ボードの隅が炭化して高周波加熱できなかった。何回か試作を試みたが同じ結果となった。難燃剤が添加されていないテストサイズ試作ではこのようなスパークは一度もなく難燃剤成分中にスパークの原因となる物質があるものと考えられる。

(2) 今後の課題

高周波プレス処理による難燃化ストランドボード製造の可能性についてスパークの原因を追求し、防止策を検討する。防止策としてボードと高周波電極間に厚手の絶縁シートを挟み、低い高周波電力で処理するなどが考えられる。さらに本研究において難燃剤の選定はホットプレスによる試作を行い決定したが、高周波プレス処理に適応する難燃剤と一致する訳ではない。高周波プレス処理における適正な難燃剤を選定し検討する必要もある。

5.3 国産ストランドボードの事業可能性調査の結果

5.3.1 建築資材としての事業可能性について

- (1) 厚物・低密度ストランドボードについては、建築物を設計する上で、あまり取り入れる所が無いという評価を得た。ボードが厚くなった分、コストが割高になってしまうからである。
従って、断熱性能や吸音性能を生かした用途の開発が必要である。
- (2) 難燃ストランドボードについては、公共施設の面材として面白いという評価を得た。ただ、近年、公共事業予算は非常に厳しくなっていることから、他資材との価格競争力が問われるのは間違いない。
- (3) 既に実用化の始まっている国産ストランドボード（4mm～14mm厚）については、ホールや廊下での床材や腰板材としての利用が面白いというのが、共通の評価だった。これは、国産ストランドボードプロジェクト全体の事業可能性に期待を抱かせてくれる。

5.3.2 住設機器用資材としての事業可能性について

- (1) 住設機器メーカーにとって、厚物ストランドボードは、木質ボード全般の中で、エレメント小からエレメント大へと至る
『MDF < パーティクルボード < × < 合板 < 幅ハギ・ムク材』
という構成の×の部分に位置する新素材であり、魅力ある材料であるとの評価を得た。
- (2) 国産ストランドボードの意匠面での面白さを生かす方法としては、21mm～25mm厚の厚物をそのまま面材として使うほかに、2.5mm～3.0mm厚の薄板を、別の基材に貼るという方法も考えられるという指摘が得られた。
- (3) 問題点としては、イニシャルコストが割高になりそうなこと、加工面では、切削の際に木端が飛びやすく、また、塗料の吸い込みが多いこと、荷扱い上は木端の欠けやすさ及びユリア・メラミン共縮合樹脂やフェノール樹脂系のOSBに比べて吸水厚さ膨張率が高いことが指摘された。

6. 実用化の見通し

国産ストランドボードに、「準不燃ストランドボード」という新しい製品コンセプトが誕生した。また、高周波加熱を用いることにより、厚物・低密度のストランドボードの製造方法が明らかになった。

今後製品化を行う上で、今回の試験結果から得られた情報の中で、実用性が高いと思われる項目について以下に示す。

6.1 難燃ストランドボードの製造

- (1) 市販の難燃剤を用い、JIS規格に適合する準不燃材料が得られたこと。
- (2) ストランドへの準不燃処理方法が、接着剤と難燃剤を混合し、スプレー塗布する簡易な処理であること。
- (3) 必要な装置は、既存プラントに、混合するための攪拌装置のみであること。
- (4) 難燃剤混入により、接着性能が低下しなかったこと。
- (5) 実大サイズでの製造条件が明らかになったこと。

6.2 厚物・低密度ストランドボードの製造

- (1) ホットプレスを用いた製造では困難であった厚さ 35mm (密度 0.35g/cm^3 、 0.5g/cm^3) の実大サイズの国産ストランドボードが製造できたこと。
- (2) ホットプレスで 25mm のボードを製造する場合、最低 25 分のプレス時間を必要とする。それと比べ、高周波プレスでは成型時間が短縮されたこと。
- (3) 既存の国産ストランドボードと同等の物理的性能が得られたこと。
- (4) 成型時の表面加熱温度を抑制することにより、よりナチュラルな仕上げを実現できたこと。

6.3 国産ストランドボードの事業可能性

今回の事業可能性の調査を通じて、調査の対象である国産ストランドボードが、環境負荷の少なさ、シックハウス症候群問題への抜群の対応力、室内空間を構成する内装材としての快適性という点で、十分な評価を得ることのできる資材であることが、改めて確認された。それに加えて、準不燃化及び厚物・低密度化という新技術を獲得することによって、より多様で広範な市場への接近の可能性を拡大できることが明らかとなった。

7. 今後の対応

7.1 難燃ストランドボードの製造

- (1) 国産ストランドボードを準不燃材料として認定を受けるためのガス有毒性などの追加試験を実施し、準不燃材料としての認定を受け、製品化を目指す。また、ストランドボードへの準不燃処理に関する製造技術方法について権利化を申請する。
- (2) 難燃剤混入によるボードの吸湿性の変化や表面の変色、加工性、製品メンテナンスなどを検討する必要がある。
- (3) 製造に要する時間の短縮など適正なコストを実現するための研究開発を継続する。

7.2 厚物・低密度ストランドボードの製造

- (1) テストサイズでは、密度 0.7g/cm^3 、厚さ 35mm のストランドボード製造は可能であったが、実大サイズでは、パンクが発生した。高周波プレス条件を検討するとともに、水蒸気の逃げ道を作り、パンク防止する方法を検討する必要がある。
- (2) 実大サイズでは、フォーミング精度を向上させ、密度ムラを改善し、物性の安定化を図る。
- (3) 難燃処理を施したストランドを用い、高周波プレス成型を行ったが、高周波加熱開始直後に電極内でスパークし、ボードの隅が炭化して高周波加熱できなかった。高周波プレス処理による準不燃ストランドボード製造の可能性についてスパークの原因を追求し、防止策を検討する。また、高周波プレス処理における適正な難燃剤を選定し検討する必要がある。
- (4) 実際のプラントにおけるホットプレス成型と高周波加熱方式とのコスト比較調査を実施し工場生産の可能性を追求する。
- (5) 断熱性能や吸音性能を生かした、建築素材としての特殊な用途を開発する。

7.3 国産ストランドボードの事業可能性

端緒についたばかりの国産ストランドボード事業を新産業として定着させていくための今後の対応として、次のようなマーケティングを考慮する必要がある。

(1) 息の長い営業活動

大型建築物の市場は、設計から完成までの時間が2年を超えることも珍しくない分野である。従って、2年先の施工までをも射程に入れた、息の長い営業が必須となる。

(2) 材工一体化

設計事務所や施主が知りたいのは、材料単独の価格ではなく、施工上り単価である。従って、供給する側は、製造コストだけでなく、施工コストについてもプロフェッショ

ナルでなくてはならない。信頼できる地域施工業者とのネットワーク作りを通じて、材工一体化の推進が必要である。

(3) 価格と市場規模のバランス点

一般的にあって、新素材である商品が、競合する他の商品に対して割高であることは免れない。問題は、ユーザーにとって、新旧商品の価格差が、新商品の提供する価値との関連において許容範囲内にあるかどうかだが、対象とするユーザーの数（生産規模）と商品価格の高低は反比例する。

国産ストランドボードは、現時点における生産規模と価格との最適のバランス点を未だ発見し得ていない。従って、製造コストの削減と市場拡大の双方向の努力を強化することによって、一日も早く、このバランス点に到達する必要がある。

8. 特筆すべき成果

(1) 難燃ストランドボードの製造

難燃剤と接着剤をあらかじめ混合し、スプレー塗布する準不燃処理方法は、既存の生産プラントに取り入れることが容易であること。また、この技術を用いて、JIS 規格の難燃基準のみならず準不燃基準をクリアーする実大サイズのストランドボードの製造に成功したこと。

(2) 厚物・低密度ストランドボードの製造

ホットプレスを用いた製造では困難であった厚さ 35mm（密度 0.35g/cm^3 、 0.5g/cm^3 ）の実大サイズの国産ストランドボードの製造に成功したこと。

(3) 国産ストランドボードの事業可能性

林業、木材業、建築業、住設機器製造業、家具製造業等、広範な木材の利用と加工の分野における、国産ストランドボード産業という未知の新産業を創出する可能性を認識できたこと。

9. 試験調査委員会 (氏名・所属・役職)

委員長	酒巻弘行	岐阜県生活技術研究所	所長	(H14年2月から3月)
	小川文雄	岐阜県生活技術研究所	所長	(H14年4月から7月)
委員	井本希孝	飯田工業(株)	社長	
	山本泰司	山本ビニター(株)	社長	
	古田 元	(協)エスウッド	専務理事	
	角田 惇	親和木材工業(株)	社長	(主任技術者)

10. 技術者 (氏名・所属・役職)

主任技術者	角田 惇	親和木材工業(株)	社長
技術者	斉藤堅史	親和木材工業(株)	主任
	吉川馨一	親和木材工業(株)	主任

11. 他からの指導 (氏名・所属・役職・協力事項)

長谷川良一	岐阜県生活技術研究所	専門研究員	全般的指導
米森 寛	飯田工業(株)	次長	ボード試作
町屋敷俊行	(株)アイティシー		ボード試作
山田和廣	(株)アイティシー		ボード試作
高橋紳一郎	丸菱油化工業(株)	支店長	難燃処理指導
児玉順一	山本ビニター(株)	主任	厚物・低密度化指導

12. 参考文献

- 1) 林業白書 農林統計協会 平成12年度
- 2) 平成11年度 間伐材等利用技術開発促進事業
- 3) 特許公報 特公平-20609 「リグノセルロースまたはこれを含む材料の成型方法」
- 4) JISハンドブック 建築I 材料 日本規格協会
- 5) 林業試験場監修：改訂3版 木材工業ハンドブック，丸善（1982）
- 6) 大熊幹章ら5名：木材の工学 文永堂出版（1991）

13. 参考資料 (写真)



写真 使用したヒノキ原木

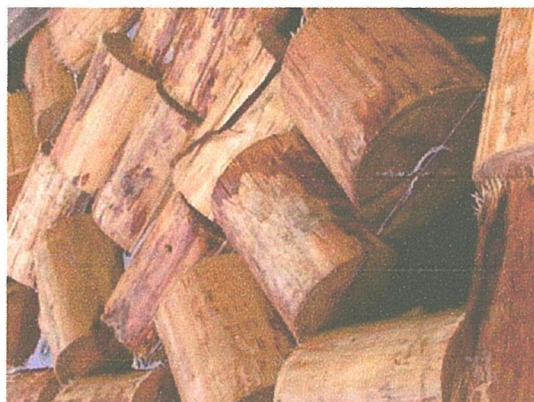


写真 玉切り後 水中浸せき

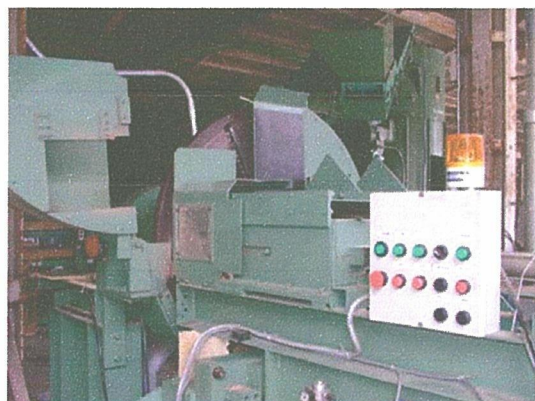


写真 ディスクフレーター



写真 ヒノキストランド



写真 ドライヤー (乾燥機)



写真 ブレンダー



写真 フォーミング



写真 プレス投入前



写真 ホットプレス



写真 スtrandボード外観



写真 パンク

1320 国産材ストランドによる内装兼用構造用パネルの実用化

平成 13 年度 農林水産省補助事業
木材産業技術実用化促進緊急対策事業

国産材ストランドによる内装兼用 構造用パネルの実用化

(課題番号：1320)

平成 14 年 8 月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

天竜流域ストランドボード協同組合

課題番号：1320

国産材ストランドによる内装兼用構造用パネルの実用化

天竜流域ストランドボード協同組合

要旨

ヒノキストランドとスギストランドを用い、平滑性・耐水性・美観の点で輸入 OSB に優る商品を試作し、内装仕上げ兼用の構造用パネルである高付加価値型の「日本版 OSB」を開発、実証した。具体的には①ストランド厚さを 0.5 mm程度とし、かつ製品をサンダーがけすることにより平滑性を得、②MDI 系接着剤（イソシアネート系接着剤）を用いることにより、耐水性を輸入 OSB より著しく改善させた。また、③表裏層にヒノキストランドを配することで表面に白色系の美観を実現した。この①～③により内装仕上げが可能なボードとすることができた。

一方、JAS「構造用パネル」の各種試験を試み、強度はクリアすることが確認された。更に工務店を中心に 30 社程度に綿密なヒアリング調査を実施し、表面の美観に対する賞賛とヒノキに対する「思い入れ」が伺い知れた。また、「そのまま内装仕上げができるので床材、内壁材として一般 OSB の 1.5 倍程度の価格でも」との支持が得られ、所期の目的である市場性の大きい「内装仕上げ兼用の構造用パネル」の実用化に大きな道を開くことができた。換言すれば、日本人の持つヒノキに対する情緒に訴えることにより、芯層に配する間伐材を含めたスギ材の大量消費を促す 3 層ボードの商品化を可能とした。

キーワード：OSB、構造用パネル、ヒノキ、スギ、3 層ボード、耐水性、平滑性、内装用パネル、美観、市場調査

目次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	1
2.1 新技術開発の背景	1
2.2 試験調査の必要性	1
2.3 事業における試験調査の目標	2
3. 試験調査の内容	2
3.1 試験体製作数	2
3.2 試験実施項目と調査内容	4
4. 試験調査の日程	15
5. 試験調査の結果	16
5.1 JAS「構造用パネル」規格試験	16
5.2 塗装試験（耐湿試験及び寒熱繰り返し試験）	21
5.3 表面の美観	29
5.4 市場調査の結果	30
5.5 補修用薄物ボードの製作	32
5.6 コンクリート型枠用ラッピング	33
5.7 試験調査の考察	33
6. 実用化の見通し	34
7. 今後の対応	35
8. 特筆すべき成果	35
9. 試験調査委員会	36
10. 技術者	36
11. 他からの指導または協力事項	36
12. 参考文献	36
13. 参考資料	37

国産材ストランドによる内装兼用構造用パネルの実用化

天竜流域ストランドボード協同組合

1. はじめに

北米では、構造用パネルの分野で OSB(Oriented Strand Board)が合板を凌ぐ勢いにある。日本にも一部輸入されているが、国内の高温多湿な気候風土の中、年 20 万 m³程度で頭打ちとなっているのが現状である。また、輸入 OSB の粗雑な表面が日本人の嗜好性に合わないことも一因であろう。一方、国産材を原料にしたストランドボード(Strand Board)生産の試みは、ようやく数例始まったところである。現状を見る限りでは、様々な要因から流通／普及に至っているとは言い難い。原木の内外価格差が影響していることもあろうし、また、OSB そのもの、及びその使用法について、国内での認識がいまだ不十分であることにもよろう。本事業では、耐水性と表面性の観点から、改良型の「日本版 OSB」実現のための試験調査を実施した。また、使用法においては「内装兼用構造用パネル」の利用法を実証した。

なお、本事業におけるストランドボードは、ストランドに配向性(Orientation)が無いため、RSB(Random Strand Board)であり、OSB ではない旨、付記しておく。

2. 試験調査の目的

2.1 新技術開発の背景

OSB は海外で爆発的に伸長しているにもかかわらず日本への輸入は年 20 万 m³程度で頭打ちとなっている。これは、国内の高温多湿な気候風土の中、耐水性が問題となっているからである。一方、国産材を用いたストランドボード生産の試みは始まったばかりであるが、普及までにはもうしばらく時間がかかる見通しである。日本ではストランドボード使用法に対する認識そのものが無く、また、原木の内外価格差より、輸入 OSB に価格面で対抗するのは困難であることが原因として挙げられよう。以上のような背景から、「日本版 OSB」の実用化を試みる。

2.2 試験調査の必要性

「日本版 OSB」の具体案として①MDI 系接着剤（イソシアネート系接着剤）を用いることにより耐水性を増す。②表裏層にヒノキストランドを用いることにより、美観を演出する（芯層はスギストランド）。③この①、②により、内装仕上げを兼ねる構造用パネルを実現することを計画した。こうした 3 層ボードを試作し、その性能と使用法

を実証／調査することにより、高付加価値の日本版 OSB を開発する必要がある。

なお、このボードはあくまでも間伐材を原料とすることを想定しており大径木を要する合板の代替品開発としての意味あいもあり、社会的な意義、必要性もここに存する。

2.3 事業における試験調査の目標

表裏層をヒノキストランド、芯層をスギストランドの 3 層構造にし、ストランド厚を 0.5 mm 程度、接着剤を MDI 系とすることにより、①平滑性、耐水性、美観を得、②JAS の「構造用パネル」の規格実証、また、補修用のタイル状薄物（⑦3 mm）をも試作、実用化を促進することが、本開発及び試験調査の目的・目標である。

3. 試験調査の内容

3.1 試験体製作数

内装兼用構造用パネルとして、次のような 3 層構造のボードを製作した。なお、基本的な考え方は国産スギの消費を前提としているため、芯層はすべてスギとした。また、補修用のタイル状薄物（⑦3 mm）の試作も行った。

3 層ボード

	サイズ	製作枚数	表層(比)	芯層(比)	表層(比)	成形寸法 (サンダーがけ後)	接着剤	ストラ ンド厚	設計密度 (g/cm ³)
①	大板	18	ヒノキ (1)	スギ ^⑦ (2)	ヒノキ (1)	W900mm×L1,800mm ×T12mm	MDI 系 11%	0.5mm	0.60
	試験片	26				W500mm×L500mm ×T12mm	MDI 系 11%	0.5mm	0.60
②	大板	18	ヒノキ (1)	スギ ^⑦ (4)	ヒノキ (1)	W900mm×L1,800mm ×T12mm	MDI 系 11%	0.5mm	0.60
	試験片	26				W500mm×L500mm ×T12mm	MDI 系 11%	0.5mm	0.60
③	大板	18	シノキ (1)	スギ ^⑦ (2)	シノキ (1)	W900mm×L1,800mm ×T12mm	MDI 系 11%	0.5mm	0.60
	試験片	26				W500mm×L500mm ×T12mm	MDI 系 11%	0.5mm	0.60
④	大板	18	クスノキ (1)	スギ ^⑦ (2)	クスノキ (1)	W900mm×L1,800mm ×T12mm	MDI 系 11%	0.5mm	0.60

	試験片	26				W500mm×L500mm ×T12mm	MDI系 11%	0.5mm	0.60
--	-----	----	--	--	--	-------------------------	-------------	-------	------

タイル状薄物

製作枚数	樹種	成形寸法 (サンダーがけ後)	接着剤	ストランド 厚	設計密度 (g/cm ³)
100	ヒノキ	W500mm×L500mm×T3mm	MDI系11%	0.5mm	0.60
100	スギ	W500mm×L500mm×T3mm	MDI系11%	0.5mm	0.60
50	シノキ	W500mm×L500mm×T3mm	MDI系11%	0.5mm	0.60
50	クスノキ	W500mm×L500mm×T3mm	MDI系11%	0.5mm	0.60

3.2 試験実施項目と調査内容

試験調査実施項目とその概要は下記の通り

大項目	実施項目	概要
製作	3層ボード試作 補修用薄物試作	<pre> graph LR A[フレーク作り] --> B[乾燥] B --> C[接着剤吹付け] C --> D[フォーミング (3層化)] D --> E[熱圧縮] </pre>
JAS 「構造用パネル」規格試験	常態曲げ試験 湿潤曲げ試験 ヤング係数測定試験 吸水厚さ膨張率試験 含水率試験 密度試験 常態はく離試験 釘接合せん断試験 釘引き抜き試験	試験方法～構造用パネルの日本農林規格に準拠 ※静岡大学農学部改良木材学研究室で実施
塗装試験	耐湿試験 寒熱繰り返し試験	(塗装後) 湿度 95%、50℃の恒温器中へ 240 時間入れて試験体の変化をみる。 (塗装後) 45℃の恒温器の中に入れて 8 時間、-20℃の中に 16 時間さらす。これを 10 回繰り返す。
市場調査	表面に配する樹種の嗜好性、建築における使用法のアイデア 現在の OSB 購入価格と本 3 層ボードの想定価格	左の各項目につき、工務店などを中心に 32 社にヒアリング調査を行った。

3.2.1 3層ボードの試験体製作

次の工程に基づき3層ボードを試作した。

ストランディング
(フレーク作り)



ドライヤーで
乾燥



ブレンダーで
接着剤吹き付け



↓
(手まきにて3層に)
フォーミング



↓
ホットプレスにて
熱圧縮

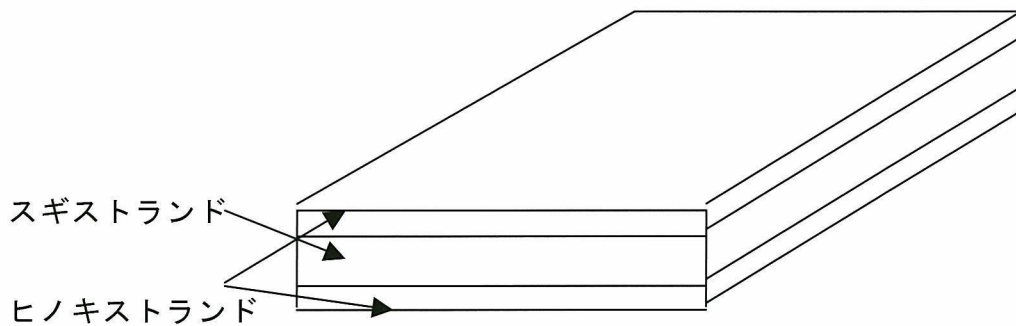
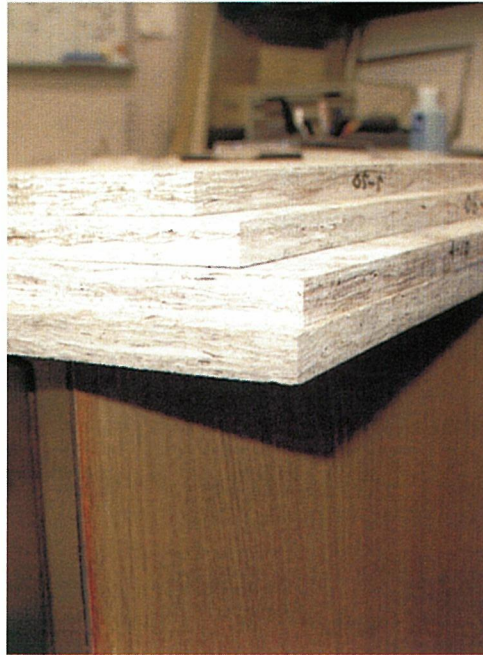


↓
サンダーがけ後の
3層ボード





3層の「断面」



3層ボードのイメージ図

3.2.2 JAS「構造用パネル」規格試験

(1) 目的

間伐材を切削してつくるストランドボードの構造用パネルとしての利用を目的としている。ボードの物理的性質を究明し、その適応性を比較検討するための物性試験を行う。

(2) 試験内容の概要

1) 試験項目

① 常態曲げ試験	8	種試験体
② 湿潤曲げ試験	8	〃
③ ヤング係数測定試験	8	〃
④ 吸水厚さ膨張率試験	8	〃
⑤ 含水率試験	8	〃
⑥ 密度試験	8	〃
⑦ 常態はく離試験	8	〃
⑧ 釘接合せん断試験	8	〃
⑨ 釘引き抜き試験	8	〃

2) 試験方法

構造用パネルの日本農林規格¹⁾に準拠した。

3) 試験の場所

静岡大学農学部改良木材学研究室

(3) 試験内容

1) ボードの種類と製造条件

ボードの設計寸法は1900mm×1000mm×13mm、設計ボード密度は0.60g/cm³であり、製造後1800mm×900mmに裁断した。表層と芯層に用いた樹種ならびに構成比をボードごとに表1に示す。表層および芯層構成比は原料の全乾重量比を基本とした。8種類のボード（ボードタイプ01～08）について、各1枚のシート（1800mm×900mm）を用いて、物性試験を行った。

2) 常態曲げ試験

ボードの長軸（1800mm）方向をx方向、短軸（900mm）方向をy方向と表す。各ボードから400mm×300mmの試験体を採取した。試験体の400mm方向がx方向に一致するものを2体、y方向に一致するものを2体採取した。試験体の採取位置を図1に示した。試験体番号1-2、1-4をx方向試験体、2-2、2-4をy方向試験体とした。試験は万能材料試験機（島津製作所、AG-1型）を用いて行い、スパン300mm、クロスヘッドの移動量を毎分5mmとすることで、平均荷重速度が所定の値に収まるように設定した。

3) 湿潤曲げ試験

試験体の採取方法および試験方法は(2)常態曲げ試験と同様である。試験体の採取位置を図1に示した。x方向試験体として試験体番号1-1を、y方向試験体として2-1を用いた。ただし、ボードタイプ07については、試験体2-1にパンクの形跡が認められたため、試験体番号2-3を用いた。

試験前の処理として、試作した散水装置を用いて72時間の散水処理を行った。試験体を水平面から5°C傾けて設置し、72時間散水した。散水処理は同時に8体の試験体(ボードタイプ01~08について各1体)について行い、計2回行った。散水量についての規定はないが、今回の試験では試験体1体当たり、毎分2~2.6リットルを散水した。

4) ヤング係数測定試験

前述の(2)常態曲げ試験および(3)湿潤曲げ試験において曲げ強さを求めると同時に、曲げヤング係数を求めた。試験方法は前述のとおりである。また、湿潤曲げ試験においては、処理前の厚さを基準にして値を算出した。

5) 吸水厚さ膨張率試験

試験体の採取は(3)湿潤曲げ試験と同様である。厚さ膨張率は、72時間散水した際に求めた処理前と処理後の厚さから計算した。吸水率は厚さ測定時に求めた試験体の質量より計算した。

6) 含水率試験

50mm×50mmの寸法の試験体2体を用いた。図1に示すA1~A10およびB1~B10の合計20体の試験体の中から2体を供した。

7) 密度試験

曲げ試験体6体を供試体として密度を求めた。

8) 常態はく離試験

図1に示すA1~A10およびB1~B10の合計20体の試験体の中から無作為に選び出し、常態はく離試験に供した。試験規格では5体が基準であるが、ここでは10体を試験に供した。ホットメルト接着剤を用いて試験体を治具に接着し、試験体の板面に垂直の方向に引張り力を負荷した。この場合の平均荷重速度は毎分2mmとした。

9) 釘接合せん断試験

試験体の採取位置を図.1に示した。試験体番号3-2、3-3の2体を用いて、試験体

1組を作製し試験に供した。

10) 釘引き抜き試験

試験体の採取位置を図1に示した。試験規格では試験体数は1であるが、ここでは、A1～A10およびB1～B10の合計20体の試験体の中から5体を試験に供した。平均引き抜き速度は毎分2mmとした。

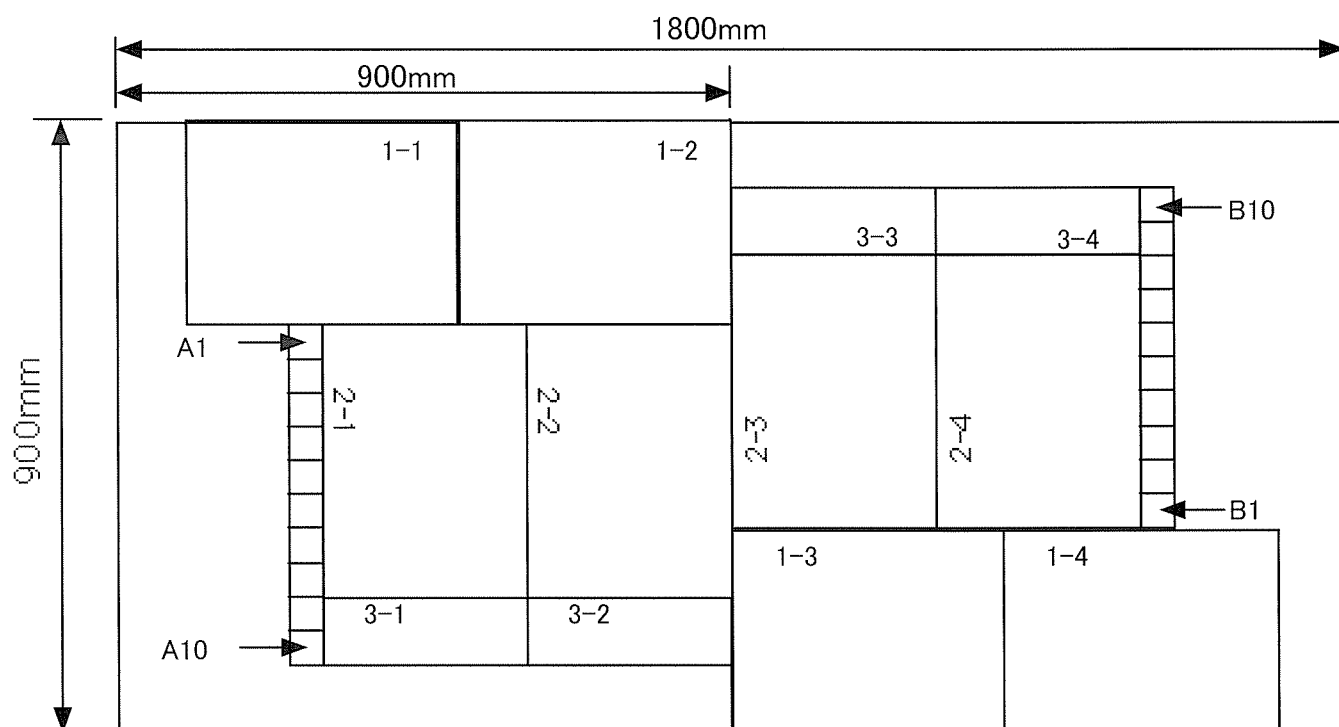


図1 試験体の採取位置

表 1 製造条件

ボードタイプ	表層樹種	芯層樹種	構成比	設計密度 (g/cm ³)
01	ヒノキ	スギ	1 : 2 : 1	0.60
02	ヒノキ	スギ	1 : 4 : 1	0.60
03	ヒノキ		1 : 0 : 1	0.60
04	スギ		1 : 0 : 1	0.60
05	シイノキ	スギ	1 : 2 : 1	0.60
06	クスノキ	スギ	1 : 2 : 1	0.60
07	シイノキ		1 : 0 : 1	0.60
08	クスノキ		1 : 0 : 1	0.60

3.2.3 塗装試験（耐湿試験及び寒熱繰り返し試験）

(1)目的

間伐材を切削してつくるストランドボードは内装材や家具材としても期待され、肌ざわりのよい美しいボードを長持ちさせるには表面への塗装が有効である。本試験では、ボードの表面をウレタンやポリエステル系樹脂で塗装し、これを過湿な状態及び高温と低温の繰り返しにさらすことによって、ボードや塗料の耐候性、並びに塗料の密着性等について比較検討する。

(2)試験の方法

1)ボードの種類と製造条

ボードの寸法は W900mm×L1,800mm×T12mm、設計密度は、0.60 g/cm³ であり、製造後 4 種類のボードから 300 mm 300 mm 角の試験体を 6 個ずつ採取した。

表 2 製造条件

ボードタイプ	表層樹種	芯層樹種	構成比	設計密度 (g/cm ³)
A	ヒノキ	スギ	1 : 2 : 1	0.60
B	ヒノキ	スギ	1 : 4 : 1	0.60
C	シイノキ	スギ	1 : 2 : 1	0.60
D	クスノキ	スギ	1 : 2 : 1	0.60

2)試験区分

① 耐湿試験

湿度 95%、50℃の恒温器中へ 240 時間入れて試験体の変化を観察する。

② 寒熱繰り返し試験

試験体を 45℃の恒温器の中に入れて 8 時間、-20℃の中に 16 時間さらす、それを 10 回繰り返す。

3)塗装区分

① 床材

② サイドボード (扉) 他

③ 木地直 (対照)

(3) 塗装

① 床材

最初に素材のヤニ分を防止する為、2液ウレタン塗料の U コートシーラー RS-100 を $8\sim 10\text{ g}/(30\text{ cm})^2$ (塗布量) 塗布し、翌日まで乾燥させる。この上にポリエステル樹脂系のソルレスサフューサー NAC-301 透明を $40\text{ g}/(30\text{ cm})^2 \times 2$ 回 (インターバル 1 時間) 塗装し、指触乾燥 (1.5~2 時間) 後凹部を同じ塗料で埋め、翌日まで乾燥させた後ベルトサンダー #320 で研磨する。さらにソルレスサフューサー NAC-301 を $40\text{ g}/(30\text{ cm})^2$ 塗装し、乾燥後ベルトサンダー #400 で研磨する。そしてこの上に着色ウレタン艶消塗料、U コートマットカラー A-2801 (チーク色) を塗装し完成する。

② サイドボード (扉)

床材と同様の工程にて、U コートシーラー RS100、ソルレスサフューサー NAC-301 を塗装し、ベルトサンダー #320 にて研磨した塗装板に、U コートカラー EL-173 (ダークマホガニー色) を塗装し、2 時間後色おさえとして U コートシーラー EL-173 を塗装し乾燥させる。翌日この上に磨き用ポリエステル塗料ソルレスクリヤー EC-370 を $20\text{ g}/(30\text{ cm})^2 \times 2$ 回 (インターバル 20 分) で塗布し、翌日まで乾燥させる。

ベルトサンダーにて #400→#600 まで研磨し、回転バフにて磨き仕上げを行い完成させる。

③ 木地直

対照として無塗装

(4)試験方法一覧

前述の方法をまとめて一覧表にする。

耐湿試験

	床 材	サイドボード（扉）他	木地直
	試験体 A、B、C、D	試験体 A、B、C、D	試験体 A、B、C、D
下塗り	Uコートシーラー RS-100	Uコートシーラー RS-100	
中塗り	ソルレス サフェサー NAC-301 透明	ソルレス サフェサー NAC-301 透明	
研 磨	#320～#400	#320	
着 色		Uコートカラー EL-173	
上塗り	Uコートマットカラー A-2801	ソルレスクリヤー EC-370	
研 磨		#400～#600 バフ艶出し	
試 験	50℃、湿度 95% 240 時間	50℃、湿度 95% 240 時間	50℃、湿度 95% 240 時間

寒熱繰り返し試験

	床 材	サイドボード（扉）他	木地直
	試験体 A、B、C、D	試験体 A、B、C、D	試験体 A、B、C、D
下塗り	Uコートシーラー RS-100	Uコートシーラー RS-100	
中塗り	ソルレス サフェサー NAC-301 透明	ソルレス サフェサー NAC-301 透明	
研 磨	#320～#400	#320	
着 色		Uコートカラー EL-173	
上塗り	Uコートマットカラー A-2801	ソルレスクリヤー E1-370	
研 磨		#400～#600 バフ艶出し	
試 験	45℃に 8 時間、-20℃ に 16 時間、10 サイクル	45℃に 8 時間、-20℃ に 16 時間、10 サイクル	45℃に 8 時間、-20℃ に 16 時間、10 サイクル

3.2.4 3層ストランドボード市場調査

(1)目的

ストランドに用いられる樹種に対する嗜好性、利用法、希望購入価格などを工務店などのユーザーにヒアリングすることにより、「日本版 OSB」開発の一助とする。

(2)調査方法

ハウスメーカー、工務店、ゼネコン、設計事務所、建材業者の計 32 社にサンプル持参の上訪問し、価格、用途等の市場性をヒアリングした。

調 査 先	調 査 数	所 在 地
ハウスメーカー	3	静岡県内、東京都内
工務店	13	静岡県内
ゼネコン	4	静岡県内、愛知県内
設計事務所	5	静岡県内、愛知県内
建材業者	7	静岡県内、神奈川県内
合 計	32	

4. 試験調査の日程

平成 14 年 3 月～平成 14 年 7 月まで

(1)	ストランドボード試験製作
	<ul style="list-style-type: none"> 平成 14 年 4 月～平成 14 年 6 月 試験用 200 枚、補修用 300 枚を製作
(2)	ストランドボード試作体物性試験
	<ul style="list-style-type: none"> 平成 14 年 6 月～平成 14 年 7 月
(3)	ストランドボード耐湿試験及び寒熱繰り返し試験
	<ul style="list-style-type: none"> 平成 14 年 6 月～平成 14 年 7 月
(4)	ストランドボード市場調査
	<ul style="list-style-type: none"> 平成 14 年 6 月～平成 14 年 7 月
(5)	試験調査委員会
	<p>1) 第 1 回委員会 3 月 26 日 (火)</p> <ul style="list-style-type: none"> 表裏層にヒノキストランド、芯層にスギストランドを配する 3 層ボードの製作及び厚さ 3 mm の補修用ボードを製作することを確認した。 物性試験や寒熱繰り返し試験、市場調査方針を確認した。 <p>2) 第 2 回委員会 6 月 3 日 (月)</p> <ul style="list-style-type: none"> 製作された 3 層ボードを確認した。 「物性試験」は静岡大学農学部改良木材学研究室、「耐湿試験及び寒熱繰り返し試験」並びに「市場調査」は㈱アルコホームにおいて実施することを確認した。 <p>3) 第 3 回委員会 7 月 12 日 (金)</p> <ul style="list-style-type: none"> 物性試験について：報告書に基づき、成果を確認した。 耐湿試験及び、寒熱繰り返し試験について：報告書に基づき成果を確認した。 市場調査について：報告書に基づき、成果を確認した。
(6)	データ取りまとめ、報告書作成
	<ul style="list-style-type: none"> 平成 14 年 4 月～平成 14 年 7 月

5. 試験調査の結果

5.1 JAS「構造用パネル」規格試験

5.1.1 常態曲げ試験

表3 常態曲げ試験結果

ボード タイプ	密度 (g/cm ³)	厚さ (cm)	曲げヤング係数		曲げ強さ	
			x (GPa)	y (GPa)	x (MPa)	y (MPa)
01	0.62	1.32	3.91	4.12	31.2	32.7
02	0.63	1.31	3.94	4.42	24.9	34.8
03	0.63	1.30	4.84	4.30	34.5	31.0
04	0.63	1.28	4.54	4.26	34.1	32.7
05	0.65	1.29	5.54	5.46	40.2	36.8
06	0.60	1.33	4.24	4.24	31.0	25.0
07	0.64	1.31	5.57	5.56	38.4	41.2
08	0.62	1.32	4.73	4.91	32.4	37.6

x : ボードの長手(1800mm)方向、 y : ボードの短手(900mm)方向

表4 常態曲げ性能の適合等級

ボード タイプ	厚さ (cm)	曲げヤング係数		曲げ強さ	
		長さ方向	幅方向	長さ方向	幅方向
01	1.32	3級	1級	3級	1級
02	1.31	3級	1級	3級	1級
03	1.30	3級	1級	2級	1級
04	1.28	3級	1級	2級	1級
05	1.29	3級	1級	2級	1級
06	1.33	3級	2級	3級	1級
07	1.31	3級	1級	2級	1級
08	1.32	3級	1級	2級	1級

ヒノキ : スギ3層 (No.01及びNo.02) は曲げヤング係数、曲げ強さともに長さ方向において3級以上、幅方向において2級以上の値を示し、JAS規格をクリアした。また、ヒノキ (No.3) やスギ (No.04) の単層及び広葉樹の単層、3層もよい成績を示した。

5.1.2 湿潤曲げ試験

表5 湿潤曲げ試験結果

ボード タイプ	処理前 密度 (g/cm ³)	処理前 厚さ (cm)	曲げヤング係数		曲げ強さ	
			x (GPa)	y (GPa)	x (MPa)	y (MPa)
01	0.63	1.32	2.52	4.09	23.5	34.0
02	0.64	1.30	2.57	3.08	25.6	27.5
03	0.63	1.31	3.08	2.29	24.5	17.2
04	0.65	1.28	3.00	3.03	30.3	29.7
05	0.67	1.28	3.83	4.51	31.0	36.3
06	0.63	1.32	2.71	3.00	23.2	28.2
07	0.64	1.31	4.43	3.73	34.7	27.0
08	0.65	1.30	3.35	3.83	31.4	38.8

x : ボードの長手(1800mm)方向、 y : ボードの短手(900mm)方向

表6 湿潤曲げ性能の適合等級

ボード タイプ	厚さ (cm)	曲げヤング係数		曲げ強さ	
		長さ方向	幅方向	長さ方向	幅方向
01	1.32	3級	1級	1級	1級
02	1.30	3級	1級	1級	1級
03	1.31	2級	1級	1級	1級
04	1.28	3級	1級	1級	1級
05	1.28	2級	1級	1級	1級
06	1.32	3級	1級	1級	1級
07	1.31	2級	1級	1級	1級
08	1.30	3級	1級	1級	1級

ヒノキストランドとスギストランドによる3層ボードはボードNo.01とNo.02は3級以上の値を示しており、JAS規格に合格していると言える。なお、広葉樹ストランド(No.05~No.08)の方が強度の点ではよい数値を示すことが認められた。

5.1.3 吸水厚さ膨張率試験

表 7 72時間散水後の厚さ膨張率および吸水率

ボード タイプ	処理前 密度 (g/cm ³)	処理前 厚さ (cm)	処理後 厚さ (cm)	厚さ膨張 率 (%)	処理前 質量 (g)	処理後 質量 (g)	吸水率 (%)
01	0.63	1.32	1.41	6.1	1018	1273	25.1
02	0.64	1.32	1.40	6.5	996	1237	24.2
03	0.63	1.31	1.43	9.1	997	1294	29.8
04	0.65	1.28	1.35	5.5	1009	1165	15.4
05	0.67	1.28	1.36	5.9	1036	1187	14.6
06	0.63	1.32	1.40	6.0	1001	1225	22.4
07	0.64	1.31	1.37	4.7	1001	1146	14.6
08	0.65	1.30	1.37	5.1	1026	1196	16.7

JAS 規格の厚さ膨張率基準は 24% であり、各ボードともこの値を大きく下回った。これは接着剤に MDI 系を用いていることによる効果が大きいものと思われる。ちなみに接着剤にフェノール系を用いている一般 OSB やパーティクルボードのそれは、約 20% である。

5.1.4 含水率試験

表 8 含水率試験結果

ボード タイプ	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
01	0.67	7.1
02	0.65	7.2
03	0.63	7.2
04	0.61	7.3
05	0.65	6.7
06	0.64	6.7
07	0.65	6.6
08	0.67	6.8

含水率は全て 6% 台、7% 台であり JAS 規格 13% 以下の範囲内にある。

5.1.5 密度試験

表9 密度試験結果

ボード タイプ	厚さ (cm)	密度		試験体数
		平均 (g/cm ³)	標準偏差 (g/cm ³)	
01	1.32	0.625	0.022	6
02	1.31	0.632	0.025	6
03	1.31	0.633	0.017	6
04	1.28	0.635	0.018	6
05	1.29	0.660	0.018	6
06	1.33	0.607	0.034	6
07	1.31	0.649	0.021	6
08	1.31	0.630	0.025	6

設計密度は、0.600であり、全てのボードにおいて0.600を上回っており、まずまずの成績と言える。バラツキは針葉樹 (No.01~No.04) では、単層 (No. 03, No. 04) より3層 (No. 03, No. 04) の方が大きい、しかし広葉樹でははっきりしない。

5.1.6 はく離試験

表10 はく離試験結果

ボード タイプ	はく離強さ (MPa)	標準偏差 (MPa)	試験体数	密度 (g/cm ³)
01	1.20	0.28	10	0.67
02	0.76	0.16	10	0.65
03	0.50	0.13	10	0.63
04	0.93	0.11	10	0.62
05	1.00	0.26	10	0.65
06	0.80	0.37	10	0.64
07	0.72	0.25	10	0.66
08	0.97	0.29	10	0.67

適合基準値は3kgf/cm² (※1MPa=10.197kgf/cm²) であり、いずれのボードも十分クリアしている。

5.1.7 釘接合せん断試験

表11 釘接合せん断試験結果

ボード タイプ	密度 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)	最大荷重/4 (kN)
01	0.61	5.83	1.46
02	0.66	6.06	1.52
03	0.62	5.42	1.35
04	0.62	5.59	1.40
05	0.61	5.76	1.44
06	0.61	5.66	1.42
07	0.64	6.06	1.51
08	0.58	5.89	1.47

適合基準値は「最大耐力を4で割った値が70kgf以上ある」ことであり
(※1 kN=1000N≒102kgf)、いずれのボードも基準値をクリアしている。

5.1.8 釘引き抜き試験

表 12 釘引き抜き試験結果

ボード タイプ	密度 (g/cm ³)	厚さ (cm)	最大荷重 (N)
01	0.67	1.32	727
02	0.66	1.31	637
03	0.63	1.32	557
04	0.63	1.27	417
05	0.65	1.27	539
06	0.64	1.31	606
07	0.66	1.27	733
08	0.67	1.30	688

適合基準値は「最大引き抜き耐力が9kgf以上である」ことであり、いずれのボードも適合基準値を上回った。

5.2 塗装試験（耐湿試験及び寒熱繰り返し試験）

5.2.1 耐湿試験（表 13 参照）

耐湿試験は 95%の湿度の中に長時間試料を置くので、ボード内のチップに動きがあり、ボードは厚みを増す。しかしストランドボードには耐水性があり、問題になる程の変化はない。あえて厚みの変化の少ない順に並べると A:ヒノキ・スギ 3 層(1:2:1)、B:ヒノキ・スギ 3 層(1:4:1)、C:シイノキ・スギ 3 層(1:2:1)、D:クスノキ・スギ 3 層(1:2:1)となる。加湿による塗膜のいたみ（ヤセ）は全てのボードに現れるが、広葉樹の方がより大きい。

(1) 無塗装板について(表 14 参照)

- ①A は膨れが少ない。B. C. D はやや膨れが大きい。
- ②板厚変化は、A:+0.30mm、B:+0.55mm、C= +0.86mm、D= +0.90mm の順であるが、それ程大きくない。

(2) ウレタン艶消し板

- ①全体として建材チップの動きによる塗膜ヤセ激しい。
- ②特に A. B に比べ、C. D の塗膜ヤセが激しい。
- ③塗膜の割れ、剥がれは異常なし。

(3) ポリエステル艶出し板

- ①全体として、素材チップの動きによる塗膜ヤセ激しい。
- ②特に A. B に比べ、C. D の塗膜ヤセが激しい。
- ③塗膜の割れ、剥がれ等の異常はなし。

5.2.2 寒熱繰り返し試験

全ての試料を 45℃の中に 8 時間、-20℃の中に 16 時間、10 サイクル繰り返したが、塗膜の変化は全く見られず安定していた。しかし塗装の無いクスノキ 3 層に剥がれが出た。

(1) 無塗装板について

- ①A は浮き、膨れなし。B. C は一部浮きあり。D は一部剥がれあり。
- ②板厚変化はほとんど無い。

(2) ウレタン艶消し板

- ①塗膜の割れ、剥がれの異常は認められない。
- ②塗膜のヤセは認められない。
- ③密着性は良好である。

(3)ポリエステル艶出し板

- ①塗膜の割れ、剥がれの異常は認められない。
- ②塗膜のヤセは認められない。

(まとめ)

耐湿性試験の塗膜ヤセが激しいが、割れ、剥がれが無いので、今回の塗装工程による板ならば、実用性はあると考えられる。



写真1 塗装した3層ストランドボード

5.2.3 耐湿試験及び寒熱繰り返し試験工程

(1) 塗装

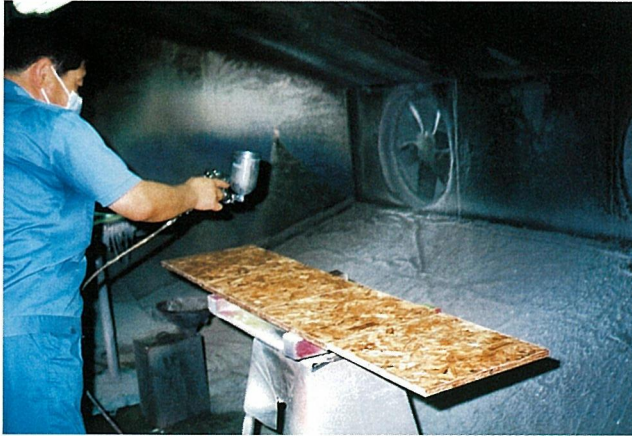


写真2 塗料の塗布



写真3 ベルトサンダーによる研磨

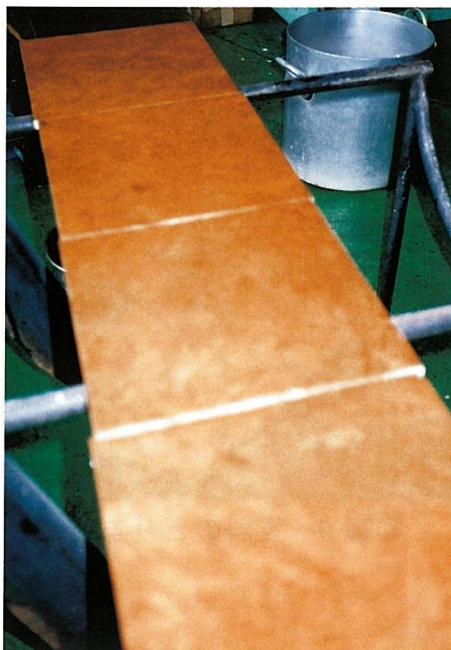


写真4 床用ボード
(ウレタン艶消し板)

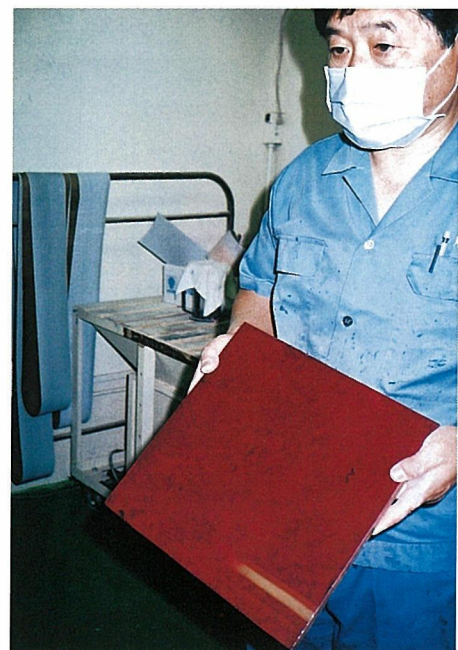


写真5 サイドボード(扉)
(ポリエステル艶出し板)

(2) 寒熱繰り返し試験

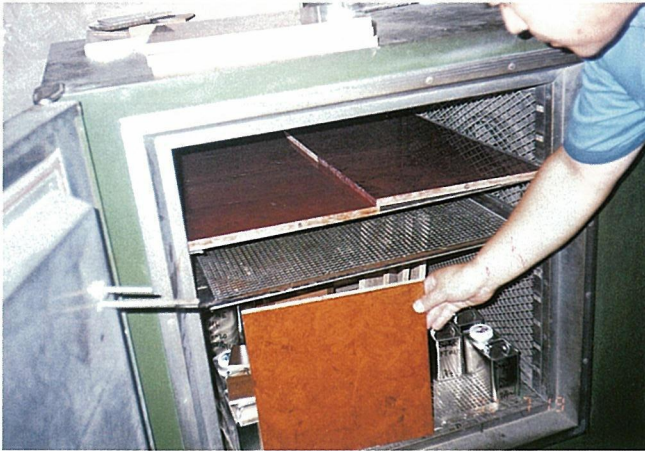


写真6 45°C 恒温器



写真7 -20°C 冷凍庫

(3) 耐湿試験



写真8 恒温恒湿器
50°C、95%



写真9 資料のとりまとめ

表 13 耐湿試験

試験料番号	床 材								サイドボード (扉) 他			
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8				
素材	A	B	C	D	A	B	C	D				
下塗	Uコートシーラー RS100	同左	同左	同左	Uコートシーラー RS100	同左	同左	同左				
中塗	ソルレスサフエーサ -NAC-301 透明	同左	同左	同左	ソルレスサフエーサ -NAC-301 透明	同左	同左	同左				
研磨	#320→#400	同左	同左	同左	#320	同左	同左	同左				
着色	-	同左	同左	同左	Uコートカラー EL-173	同左	同左	同左				
上塗	Uコートマットカラ -A2801	同左	同左	同左	ソルレスクリア EC-370	同左	同左	同左				
研磨					#400→#600 →バブ艶出し	同左	同左	同左				
耐湿試験結果												
50°C、95% 5日	チップ 塗装 (ヤセ) △○	ダク有 △	ダク激 △×	ダク激 ×	ダク有 △	ダク有 △	ダク激 ×	ダク激 ×				
50°C、95% 10日	チップ 塗装 (ヤセ) △	ダク有 △	ダク激 ×	ダク激 ×	ダク有 △	ダク有 △	ダク激 ×	ダク激 ×				
		割れ剥がれ無	同左	同左	割れ剥がれ無	同左	同左	同左				

注 1) ダク：ストランドボードが不規則に膨れたりすること。
 2) ○：塗装のいたみ(ヤセ)が少ない。△：塗装のいたみ(ヤセ)が多い。×：塗装のいたみ(ヤセ)が非常に多い。

表 13 耐湿試験 (続き)

		木 地 直			
試料番号		1-9	1-10	1-11	1-12
素材		A	B	C	D
下塗		無塗装	同左	同左	同左
中塗					
研磨					
着色					
上塗					
研磨					
耐湿試験結果					
50°C、95% 5日	チップ 塗装 (ヤセ)	比較的良好 —	部分的膨れ —	比較的良好 —	部分的剥がれ —
50°C、95% 10日	チップ 塗装 (ヤセ)	わずが膨れ —	部分的膨れ —	一部膨れ —	剥がれ —
		板厚変化(4時間後) +0.30 mm	+0.55 mm	+0.86 mm	+0.90 mm

注 板厚測定：恒温恒湿器から取り出し後、4時間

表 14 寒熱線り返し試験

試料番号	床 材				サイドボード (扉)			
	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8
素材	A	B	C	D	A	B	C	D
下塗	Uコートシーラー RS100	同左	同左	同左	Uコートシーラー RS100	同左	同左	同左
中塗	ソルレスサフエーサ -NAC-301 透明	同左	同左	同左	ソルレスサフエーサ -NAC-301 透明	同左	同左	同左
研磨	#320→#400	同左	同左	同左	#320	同左	同左	同左
着色	-				Uコートカラー EL-173	同左	同左	同左
上塗	Uコートマットカラ -A2801	同左	同左	同左	ソルレスクリアー EC-370	同左	同左	同左
研磨					#400→#600 →バブ艶出し	同左	同左	同左
寒熱線返し試験結果								
5 サイクル	割れ、剥がれ (ヤセ)	無 ○	無 ○	無 ○	無 ○	無 ○	無 ○	無 ○
10 サイクル	割れ、剥がれ (ヤセ)	無 ○	無 ○	無 ○	無 ○	無 ○	無 ○	無 ○

1) ○：塗装のいたみ(ヤセ)が全く無い。

表 14 寒熱繰り返し試験 (続き)

		木 地 直			
試料番号		2-9	2-10	2-11	2-12
素材		A	B	C	D
下塗		無塗装	同左	同左	同左
中塗					
研磨					
着色					
上塗					
研磨					
寒熱繰り返し試験結果					
5 サイクル	割れ、剥がれ (ヤセ)	無 —	一部浮き —	一部浮き —	一部剥がれ —
10 サイクル	割れ、剥がれ (ヤセ)	無 —	一部浮き —	一部浮き —	一部剥がれ —
		板厚変化 ±0	-0.22 mm	+0.06 mm	+0.02 mm

注 板厚測定：恒温器から取り出し後、4時間

5.3 表面の美観

樹種の異なるストランドによる表面を以下の通り写真にて表示する（以下はすべてサンダーがけ後、無塗装の写真）。



写真 10 ヒノキ



写真 11 スギ



写真 12 シイノキ



写真 13 クスノキ

写真ではわかりにくい点もあるが、ヒノキは白色系、スギの場合、やや赤身が入り、シイノキやクスノキの広葉樹の場合、相対的に黒っぽい感じとなる。

5.4 市場調査の結果

5.4.1 調査の前提

(1) 美観はどの製品がよいか

サンプルとして、ヒノキ、スギ、シイノキ、クスノキ(以上、表裏層の樹種)、輸入 OSB を持参 5 種類の中より、美観に優れているものを基本的に一つ、選択して頂いた。

(2) 建材の用途としてどんなものが考え得るか

床材、家具材…等の提示をあえてせず、自由な発想で提案して頂いた。

(3) 購入価格はどの位を希望するか

単位価格は、用途等により変わるため、最も多く使用され、分かり易い 3×6 板 (1820×910)、厚さを 12 mm の無塗装品として、ヒアリングした。また建材販売店には、自社仕入価格及び工務店等への販売価格をヒアリングした。

(4) 現在購入 OSB の価格はいくらか

(3) の希望購入価格と同じ

5.4.2 調査結果

(1) 美観はどの製品がよいか

2 タイプもしくは全タイプよいとの答えもあったが、あくまでも「最良」の物として挙げたものをまとめると下表のようにヒノキが 1 位であった。

スギ	11
ヒノキ	20
シイノキ	0
クスノキ	1
輸入 OSB	0

(2) 建材としてどこにどの様な形で使えるか

分類方法に多少不明りょうな点は残るが、複数意見をそのまま算入した表は下記の通り。

床材	16
内壁材 (化粧ベニア代替品)	12
ログハウス全般	3
型枠材	1

少数意見（1回答）は、ドア材，下地材，家具材，カウンター，和室内装全般，幅木類建材，天井仕上材。

(3) 購入価格はどの位を希望するか

（有効回答数 19）。

使用する用途によって大きなばらつき（900 円～2,000 円）があるものの、平均すると 1,440 円程度となった。

(4) 現在購入 OSB の価格

平均で 930 円程度（有効回答数 18）。逆にほとんど価格ばらつきは見られなかった（825 円～1,000 円）。

5.4.3 市場調査まとめ

32 社より、上記のようなヒアリングを行ってきたが、まず言える事は、（コストを考えなければ）美観の点では、広葉樹や輸入 OSB（ラジアータパインまたはアスペン）よりも針葉樹であるヒノキやスギの方がよいということであり、ヒノキに最も人気が集まった。調査数値では、約 1.5 倍の価格でもよいとの回答を得たが、その大部分は内装材としての用途であり、型枠材としてとらえた業者の回答は、ラワン合板と同等の価格希望であった（脱ラワンを目指し、指導している行政への PR を提言する業者もあった）。同時に「フロア材として使用」の回答が多く寄せられたが、その場合「塗装品」である事が条件になると思われる。以上の事を簡単にまとめると下記の事が今回のヒアリングにより、判明した。

- ・美観的にはヒノキが最も人気ある。
- ・塗装を施し、フロア材としての商品化が望まれている。
- ・輸入 OSB と比べ内装材としてそのまま使用でき、また价格的には約 1.5 倍の価格でも需要はある。
- ・型枠用材となると現状では型枠用合板と転用数が同程度であるなら同等価格が条件となり、合板や輸入 OSB より割高となる。

（但し、型枠用として後記のような 3 層ボードにポリオレフィンシートを全面にラップしたのも試作した。この場合、表面に一層の平滑性が出、コンクリートのろがとれ易く転用回転数も上がるので价格的には 1.5 倍の価格ありとの判断も得られた）

5.5 補修用薄物ボードの製作

床材や内装材の補修用を想定して厚さ 3 mm (500 mm角) のボードも試作した (その内容は「3.1 試験体製作数」にある通り)。

一般に床材の補修などは、元の建材を除去して行うものが大部分であるが、この薄物ボードを利用すれば、単に上から貼り付けるだけの補修工法が可能となろう。



写真 14 補修用ボード

また、薄物ボードを壁の腰板に使いたいとの照会が来ており、壁材としても期待できる。需要が見込めるようになれば強度等物性試験を行ない、ユーザーの要望に応えたい。

5.6 コンクリート型枠用のラッピング

コンクリート型枠用として「写真 15」ようなポリオレフィンシート貼りのものを試作した。もともと安定した表面にシートを貼ることにより一層の平滑性と耐水性を得、また、付着したコンクリートのろを雑巾などで取り除くことを容易にする。この場合転用回数は 30 回ほど可能と予想される。勿論、シートを貼り替えることにより転用回数をさらに上げることも可能であろう。

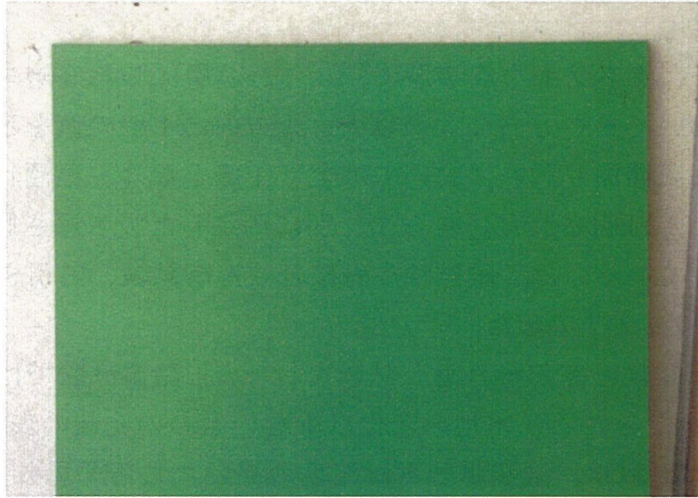


写真 15 コンクリート型枠用シート貼り（表面）



写真 16 コンクリート型枠用シート貼り（背面）

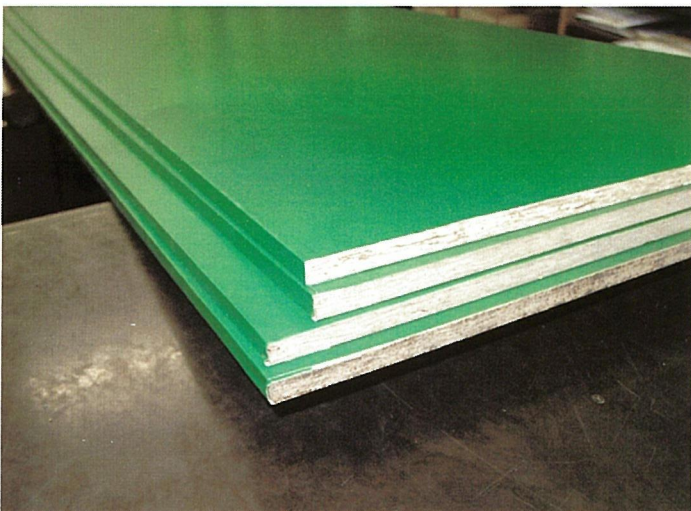


写真 17 コンクリート型枠用シート貼り（木口面）

5.7 試験調査の考察

ヒノキ、シイノキ、クスノキを表裏層に、スギを芯層にした3層ストランドボードは常態曲げ試験において長さ方向に3級以上、幅方向に1級の値を示し、JASの規格に合格した。また、湿潤曲げ試験においては全て1級となり、湿潤状態においても強度が低下しないことが証明された。さらに、別に測定した吸水厚さ膨張率は4~6%と極めて低い値を示している。はく離試験や針接合せん断試験、釘引き抜き試験においてもJASの適合基準をクリアした。

塗装試験では耐湿試験と寒熱繰り返し試験を行った。耐湿試験では50℃、湿度95%の中に240時間置いたところ、木地の変化は少ないものの塗装の表面には全ていたみ（以下ヤセ）が現れており、塗装ボードは湿度の高いところや屋外での使用は無理と思われる。寒熱繰り返し試験では45℃の高温と-20℃の低温の間を10回繰り返したが、塗装・本地ともに変化は少なく安定していた。したがって塗装板は内装用パネルとして使っても何等问题はないと思われる。

市場調査では、美観の点でヒノキやスギのボードが良いと結果が出ており、図らずも日本人の伝統的趣向を証明することとなった。価格の点ではOSBの1.5倍まではよいとの回答を得ているが、それは内装材を前提とした判断によるものが多かった。型枠の場合は、ポリオレフィンシートで全面ラップの上、コンクリートののろをとりやすくし、転用回数を30回程度までにあがることを前提にして、始めてこの[1.5倍の価格]が人によっては支持された。

6. 実用化の見通し

今回試験調査した、表裏層にヒノキストランド、芯層にスギストランドを配する3層のストランドボードについて下記の性能が実証されたことから、内装仕上げ兼用の構造用パネルとして大きく実用化に道が開かれたと言える。

- ①JAS「構造用パネル」の各種規格試験をクリアしたこと。
- ②塗装試験（耐湿試験及び寒熱繰り返し試験）にほぼ満足すべき成果を得たこと。
- ③ユーザーサイドより、ヒノキストランドの意匠に対し高い支持が得られたこと。
- ④一般のOSBやパーティクルボードよりも吸水厚さ膨張率が大きく改善されていること。
- ⑤ストランド厚さを0.5mm程度とし、かつ、（熱圧縮後に）サンダーがけを施せば、かなりの平滑性が得られること。

実際の建材としての利用方法としては下記が考えられる。

- ①床材
- ②壁材
- ③天井材
- ④下足入れなどの建具
- ⑤コンクリート型枠（コンクリート打設後も型枠をばらさず天井材や壁材となる）。

また、今回の事業とは直接関係ないものの当組合の組合員では、単層のスギストランドボードにウレタン塗装をかけ、戸建ての床材、壁材、マンションの床材、天井材として既に実際に使用、好評を博している。

なお、ヒノキストランドを表層に配した場合、白色系の美しい表面が得られるので、本3層ボードの実用化に当たっては、必ずしも塗装は必要ないかも知れない。

7. 今後の対応

今後の事業化に当たっては、3層構造を実現する特殊なフォーマー機の開発がポイントとなろう。大量のスギの間伐が問題となっていることやヒノキストランドの意匠性が抜群によいことから、今回のような3層ボードは是非実現したいところである。表裏層に配するヒノキストランドの量はわずかでもよいので3層を実現するフォーマー機の開発が次なる課題である。幸い、フォーマー機以外の各工程設備は国内でも開発されつつあるので、本3層ボードの事業化は、あと一息と言ってさしつかえない。当組合の組合員の協力を得て平成14年度中にも3層構造を実現するフォーマー機の機械構想をとりまとめたい。

8. 特筆すべき成果

ヒノキに対して日本人が持つ思い入れ、情緒と言ったものには特別なものがある。同時に、ヒノキをストランド化したものでも、その表面の白色系の美しさは、スギストランドや輸入OSB（アスペンやラジアータパイン）の表面性よりも人気があることは、アンケート調査によっても立証された。実際、内装材として使う場合でも塗装を施さなくてもよいと思われるほどである。このような、ヒノキに対して持つ日本人の思い入れ、美しいヒノキストランドの表面性こそが、飽和状態にある国内針葉樹（特にスギ、及びその間伐材）の有効活用問題を解く鍵となるように思われる。つまり、少量でもヒノキストランドを表裏層に配し、芯層にスギまたはスギの間伐材ストランドというように、ヒノキとスギをセットに配すれば、「内装仕上げ兼用構造用パネル」または「内装仕上げ兼用コンクリート型枠」という希少価値のある商品となり得るし、極めて市場性の大きい新商品が誕生するわけである。このように、

ヒノキとスギをセット化することは、エンジニアードウッドだからこそ実現可能であり、エンジニアードウッドたる由縁である。本事業では、上記のようなヒノキストランドとスギストランドによる「内装仕上げ兼用構造用パネル」の実証を行い、その成果を得た。なお、今回行った工務店を中心とするアンケート調査の結果では、輸入 OSB 3×6 板の現在の購入価格 930 円（平均）に対し、本 3 層ボードは 1.5 倍ほどでも購入したいという声を得られたことは特筆される。これはヒノキストランドの美観に対する評価と、輸入 OSB に比し内装材としてもそのまま使えるはずという性能プレミアムに対する評価そのものに他ならない。

今回の試験・調査研究から、表裏層にヒノキストランド、芯層に広葉樹ストランドを配するストランドボードというものも十分に可能という結論が容易に導き出せ、広葉樹の有効活用にも大きく道を開いたと言えよう。

9. 試験調査委員会 委員

委員長	鈴木滋彦	静岡大学農学部	助教授
委員	川合秀一	京都大学木質科学研究所	教授
	小木曾正和	株式会社 アルコホーム	代表取締役
	穂屋下浩平	天竜流域ストランドボード協同組合	事務局長 (主任技術者)

10. 技術者

主任技術者	穂屋下浩平	天竜流域ストランドボード協同組合	事務局長
技術者	又平幸雄	天竜流域ストランドボード協同組合	木材・資材部長

11. 他からの指導又は協力事項

鈴木滋彦 静岡大学農学部 助教授

指導事項：試験体製作の条件設定等

- 1) プレス温度の設定
- 2) 接着剤の選定、及びその使用量
- 3) 物性試験から見たボードの特性評価

12. 参考文献

- 1) 農林水産省告示第 980 号 構造用パネルの日本農林規格（平成 12 年）

13. 参考資料



写真 18 スtrandボードの家

1330 炭化物成型ボードの住宅資材としての実証試験

要旨

わが国のみならず、世界的にも最初である化石素材を接着剤とせず、天然接着剤を使用した全く新しい接着技術法による木竹炭化物成型ボード（以下、炭化物成型ボードと呼ぶ）の製品化技術が確立された。本調査研究では、これらの住宅資材としての実証試験を行うとともに、建築資材だけでなく、これを活用した2、3の商品化も行った。

この製造から廃棄に至るまで環境を配慮した炭化物成型ボードは、健康住宅が求められている現在、住宅建築に適用するエコマテリアル資材（環境調和型材料）となり得る。そこでこの資材の商品化と諸性質の解明、さらにモデルハウスによる適用の可能性について試験した。

すなわち、新しく開発した炭化物成型ボードの実用化段階における吸放湿試験、VOC（揮発性有機化合物）の吸着について明らかにした。また、商品化において求められるカラーリング処理を行っても、水分の吸放湿、VOCの吸着は十分に行われることが明らかとなった。

キーワード

健康住宅、シックハウス症候群、調湿資材、炭化物成型ボード、木炭、竹炭、ホルムアルデヒド、VOC、竹炭ボード、ラ・カルボボード

目 次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	1
3. 試験調査の内容	2
4. 試験調査の日程	3
5. 試験調査の結果	3
5.1 住宅室内に施工した時の各物理的性質に関する調査研究	3
5.2 天然系塗料選定と塗布方法等の調査研究	41
5.3 炭化物成型ボードの難燃性試験	52
5.4 市場調査	52
5.5 新商品開発	60
6. 実用化の見通し	64
7. 今後の対応	65
8. 特筆すべき成果	65
9. 試験調査委員会 委員	66
10. 技術者	67
11. 他からの指導または協力事項	67
12. 参考文献	67
13. 資料	68
13.1 炭化物成型ボードの防火性能試験の概要	68
13.2 炭化物成型ボードの市場調査	98

炭化物成型ボードの住宅資材としての実証

有限会社 住まいず

1. はじめに

これまで木材、土壁等が中心であった建築内装材は、化学技術の発達により化石素材に転換された。しかし、高断熱・高気密住宅の普及に伴い、これらの化学物質が原因したシックハウス症候群を始めとする化学物質過敏症等が問題となっている。

このことからシックハウス症候群に代表される室内環境の悪化の原因とされている「石膏板+ビニルクロス」に代替できる室内壁材料としての開発が求められている。このような中、新たに開発された炭化物成型ボードは天然素材で、しかも化学素材と同等レベルの建築資材である。

本調査研究は、炭化物成型ボードのラボ的に証明された諸性質（調湿性能、断熱性能、防音、化学物質吸着性能など）が、実際の住宅に施工した場合でも十分に証明できることを確認することにある。

炭化物を基材とする建築資材の施工は室内環境を改善し、シックハウス症候群を始めとする化学物質過敏症等の発症低減につながる。このことは人間の健康に寄与する。

以上の調査研究の成果は、①国民に健康な室内環境を提供する。また、②林業の振興と炭化物の所有する機能を十分に発揮するとともに、現在求められている森林の持続的展開が可能となる。さらに③LCA から見ても生産から廃棄までの一貫した資源循環型社会システムの構築に大きく貢献できる。

2. 試験調査の目的

(1) 新製品・新技術開発の背景

本調査研究で取り上げる炭化物成型ボードに対する新製品・新技術開発の背景を述べる。

- ① これまで木材、土壁等が中心であった建築内装材は化学技術の発達により化石素材に転換された。しかし、高断熱・高気密住宅の普及に伴い、これらの化学物質が原因したシックハウス症候群を始めとする化学物質過敏症等が問題となっている。
- ② このことから、シックハウス症候群に代表される室内環境の悪化が原因とされている（石膏板+ビニルクロス）を代替できる室内壁材料の開発が求められていた。
- ③ 本課題で確立した木竹炭を原料とする炭化物成型ボードは天然素材で、しかも化石素材と同等レベルの建築資材である。また、木竹炭が所有する調湿性能だけでなく、断熱性能、防音、化学物質吸着性能など、木竹炭が有する性質をそのまま継続的に所有できる。

このような背景にあるとき、社会から求められる建築資材を提供する必要がある。すなわち、炭化物を基材とする建築資材の開発は、シックハウス症候群を始めとする化学物質過敏症等の発症低減につながり、健康な住宅の創製、ひいては人間の健康に寄与しなければならない。

林業の振興と木竹材の所有する機能を十分に発揮するとともに、現在求められている森林の持続的展開が可能であり、さらにLCA から見ても生産から廃棄までの一貫した資源循環型社会システムの構築にも貢献しなければならない。

そこで、我々は次の目標を構築している。

現在開発された炭化物成型ボードは、従来化石素材により提供されている建築資材（断熱材、ビニルクロス張りした石膏ボード、室内壁材料等）よりも高機能を有する技術の完成を目標としている。

(2) 開発の経過

炭化物成型ボードの現開発段階の経過を述べる。

- ① (協) ケトラファイブにおいて開発された炭化物成型ボードは、従来化石素材で供給されている建築資材(断熱材、ビニルクロス張りした石膏ボード、室内壁材料等)をエコマテリアル資材(環境調和型材料)に取り替えて行くことを目標としている。
- ② これまでのラボの実験により、建築資材(内装壁材料、天井材料)に求められるホルムアルデヒド等の有害化学物質の吸着性能、吸放湿性能、吸音性能、断熱性能、難燃性能、電磁波減衰性能、強度等については、ラボ実験においてほぼ証明できた。

以上の成果から、製品性能は類似市販品と同等レベルまで到達していることが明らかとなり、炭化物成型ボードの住宅への適用は十分と考えている。

このように炭化物成型ボードは、現在、住宅資材に求められる性質を保持しているが、住宅に施工した実証的な性能の証明、炭化物を基材とするため意匠性の向上、難燃(防火)性能の証明等が必要である。また市場に対する調査研究、住宅資材の商品開発も必要である
これらに対応する為、次項に列挙する課題を調査研究した。

3. 試験調査の内容

(1) 住宅室内に施工した時の各物理的性質に関する調査研究

炭化物成型ボードが保持するホルムアルデヒド吸着性能と吸放湿性能を実証するため、モデルハウス内に炭化物成型ボードを設置しホルムアルデヒド濃度変化、温度と相対湿度を測定した。

(2) 天然系塗料選定と塗布方法等の調査研究

調査研究目的は、炭化物成型ボードに吸放湿性能等の諸性能に影響を与えない塗料を表面に塗布し、意匠性等の向上を図ることである。そこで、①天然系塗料の情報収集、選定、②塗料塗布の有無によるホルムアルデヒド吸着性能と吸放湿性能の相違、③カラーバリエーションの検討、④塗布方法の検討と室内施工時の作業性調査を行った。

(3) 炭化物成型ボードの難燃性試験

住宅内装材として炭化物成型ボードの普及には、建築基準法令第1条第5号の規定に基づく準不燃認定の取得が有利である。そこで、準不燃認定に係る性能評価の発熱性試験を財団法人建材試験センターにて行った。

(4) 市場調査

調査目的は、①競合製品と考えられるグラスウール、ウレタンフォームとの比較において、施工業者はどういった性能・機能を優先的に選択するのかを定量的に把握すること、②リサイクル性やVOC(揮発性有機化合物)吸着性、吸湿性といった特性に対して購買者は価格としていくら支払う意思を有しているかを推定することである。

(5) 新製品開発

炭化物成型ボードの住宅資材以外において、室内のタバコ臭やペット臭などの除去を期待し、快適な住宅室内空気環境創りに寄与させるため、応接間等のパーティションや室内用ペット小屋を試作した。

4. 試験調査の日程

平成14年2月から平成14年8月まで

5. 試験調査の結果

5.1 住宅室内に施工した時の各物理的性質に関する調査研究

5.1.1 ホルムアルデヒド吸着試験

1) 実験室概要

今回実験室を設けたモデルハウスは、図1の平面図の通り木造在来2階戸建新築住宅であり、実験室は2階の西側2部屋（各6畳）とし、北側が炭ボードを設置した試験区、南側を対照区とした。

試験区と対照区の施工条件等をほぼ同等にするため試験区の北窓と対照区の南窓の雨戸を閉め、さらに室内は石膏ボードにクロス仕上げの壁に改装した。また、2部屋の西窓には遮光カーテンを取り付けた。なお、試験区と対照区には常時機械換気システムは無く、換気回数は0.1回/hであった。

ここで、実験室に使用した建築材料等を表1に示す。

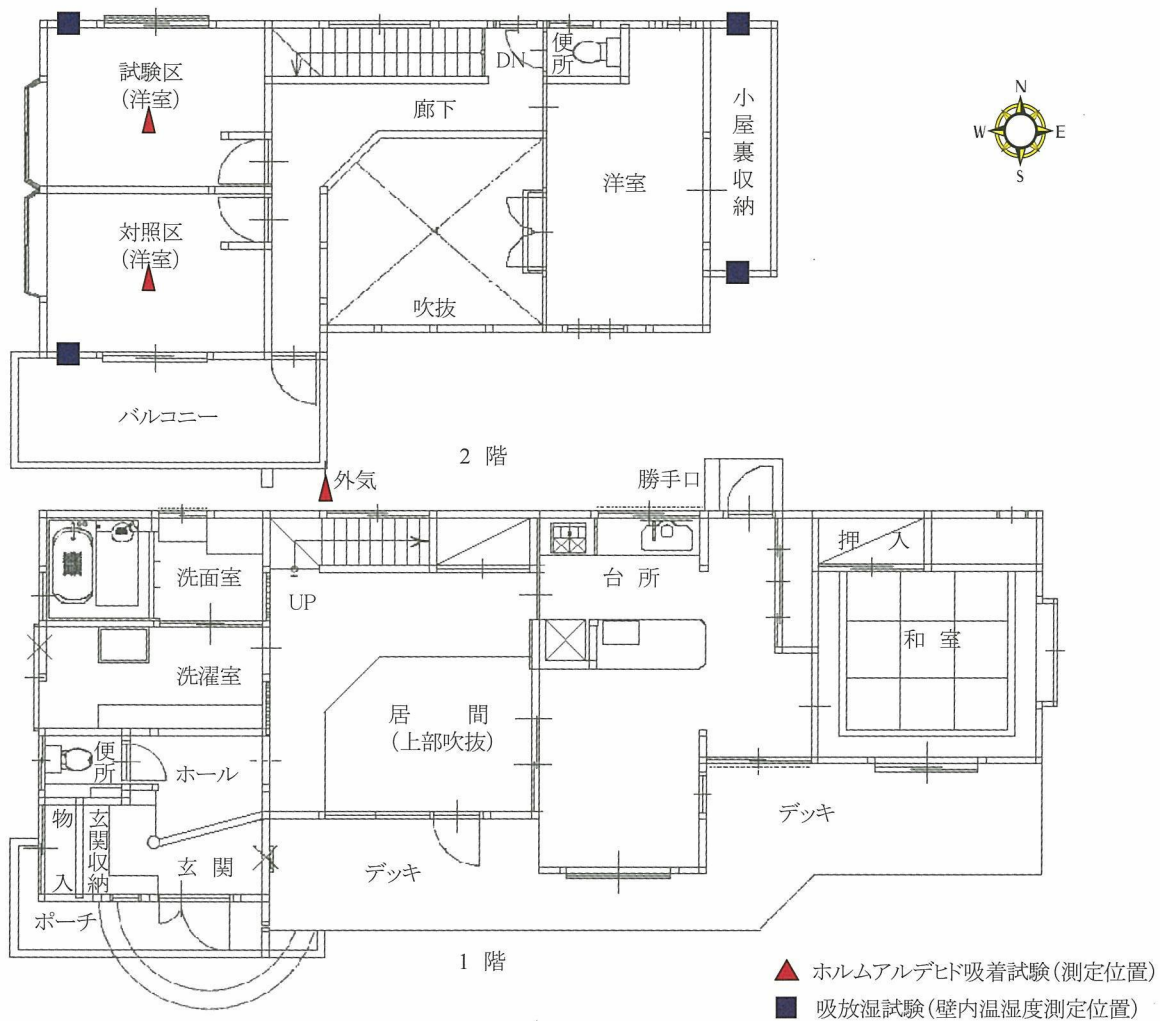


図1 モデルハウス平面図

表1 使用建築材

部 位	項 目	実験室 (試験区と対照区)
床 材	床面積	9.93㎡
	表面材	フロア合板12mm
	接着剤	なし
	下地材	針葉樹合板 (杉) 15mm
壁 材	壁面積	23.62㎡
	表面材	ビニルクロス
	接着剤	酢酸ビニル樹脂系エマルジョン
	下地材	石膏ボード9.5mm
天井材	天井面積	9.93㎡
	表面材	ビニルクロス
	接着剤	酢酸ビニル樹脂系エマルジョン
	下地材	石膏ボード9.5mm

2) 測定条件

測定条件は、表2に示した通り建物自体(表1)のホルムアルデヒド濃度を測定した「1.ブランク」、家具を実験室東壁に設置した「2.家具搬入」、そして家具のホルムアルデヒド放散量に個体差を考慮して行った「3.家具入替」とした。次に炭ボードを試験区の各部位に施工した「4.床」と「5.天井」及び「6.床+天井」とした。各部位の建築材料は表2の通りである。

家具は化粧パーティクルボードの書棚(寸法:幅875×奥行315×高さ1780mm)とし、二つの家具を識別するため表3に各測定条件における家具A,Bを示す。

ここで、測定条件の「4.床」で設置した家具が「5.天井」と「6.床+天井」と異なるため再度測定を行い「7.床(再)」とした。

表2 測定条件

測定条件	試験区		備考
	床	天井	
1.ブランク	針葉樹合板+フロア合板	石膏ボード+ビニルクロス	対照区同じ
2.家具搬入	同上	同上	家具設置
3.家具入替	同上	同上	同上
4.床	針葉樹合板+炭ボード+フロア合板	同上	同上
5.天井	針葉樹合板+フロア合板	石膏ボード+ビニルクロス+炭ボード	同上
6.床+天井	針葉樹合板+炭ボード+フロア合板	石膏ボード+ビニルクロス+炭ボード	同上
7.床(再)	針葉樹合板+炭ボード+フロア合板	石膏ボード+ビニルクロス	同上

注) 下地材+表面材

表3 家具設置 (A,Bは家具記号)

測定条件	実験室	試験区	対照区
1.ブランク			
2.家具搬入		A	B
3.家具入替		B	A
4.床		B	A
5.天井		A	B
6.床+天井		A	B
7.床(再)		A	B

3) 測定方法

測定項目は、実験室（試験区と対照区）と外気ホルムアルデヒド濃度、温度及び相対湿度とした。

測定場所は、実験室（試験区と対照区）中央高さ 1.25m の位置、外気は 2 階バルコニーで高さを実験室の試料採取高さと同様にし、外壁より 2.5m 離れた位置とした。

測定時間は、各測定条件において図 2 に示す通り実験室内を 30 分間換気後、室内を閉め切り経過 0、5、24、29、48、53、72 時間とした。

ホルムアルデヒド採取及び分析方法は、厚生労働省通知ガイドラインに従い DNPH（2,4-Dinitro-phenylhydrazine）誘導体化固相吸着／溶媒抽出—高速液体クロマトグラフ（HPLC）法で行った。

なお、試料採取は流速 1L/min のポンプで 30 分間 DNPH カートリッジに試料空気を流してホルムアルデヒドを捕集し、この操作を各測定時間において 2 回連続して行った。

また、温度と相対湿度は記憶計 SK-L200TH（株式会社佐藤計量器製作所）を用いて 5 分間隔で測定し 1 時間毎の平均値を求めた。

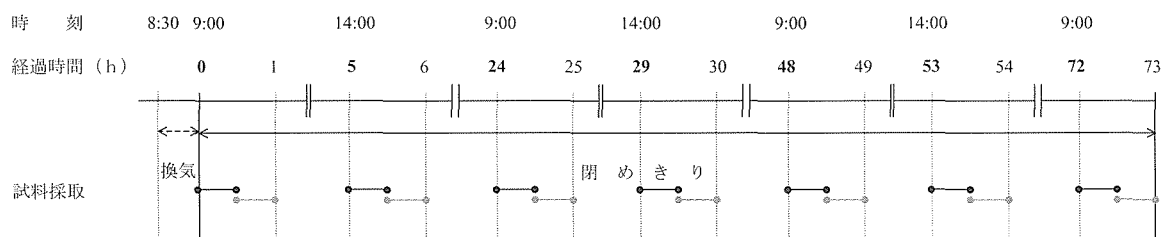


図 2 試料採取タイムチャート

4) 濃度算出

濃度の算出方法は以下の通りである。

$$C = \frac{(A_s - A) \times D \times E \times 1000}{v \times V \times 293 / (273 + t) \times P / 101.3}$$

C : 20°Cにおける試料空気中のホルムアルデヒド濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

A_s : 検量線により求めた試料溶液中のホルムアルデヒド質量 (μg)

A : 検量線により求めた操作ブランク試料溶液中のホルムアルデヒド質量 (μg)

D : 希釈係数

E : 試料溶液の液量 (μL)

v : HPLC への導入量 (μL)

V : ガスメーターで測定した試料空気の捕集量 (L)

t : 試料採取時の積算流量計平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)

P : ($P_1 - P_w$)

P_1 ; 試料採取時の平均大気圧 (kPa)

P_w ; 試料採取時の平均気温での飽和水蒸気圧 (kPa)

5) 結果と考察

① ブランク

ブランクの結果を図3、4、表4、5に示す。試験区と対照区の温度、相対湿度は同様な挙動を示した。温度の平均は26℃、相対湿度は73%であった。

次に試験区と対照区ホルムアルデヒド濃度経時変化は、試験区において試料採取用ポンプ不良により欠測扱いとした5時間後を除き同等であった。24時間以降は約80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、厚生労働省が定める指針値100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を下回った。

外気のホルムアルデヒド濃度は、気象条件（気温と湿度及び風等）とモデルハウス周辺の交通量等により変化したが約4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。したがって、試験区と対照区ホルムアルデヒド濃度に与える影響は小さいと考えられる。

以上のことから、試験区と対照区の温度と相対湿度、そして建材からのホルムアルデヒド放散による室内ホルムアルデヒド濃度は同程度と考えられる。

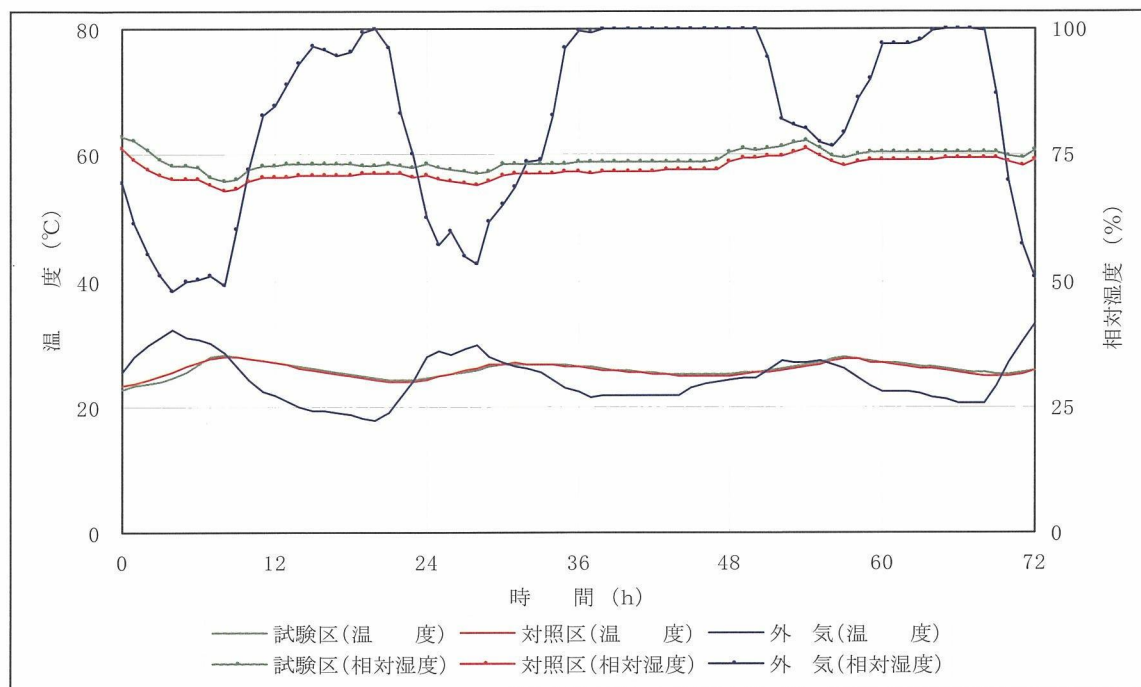


図3 温度と相対湿度の経時変化(ブランク)

表4 試料採取時の温度と相対湿度(ブランク)

経過時間(h)	試験区		対照区		外気	
	温度(℃)	相対湿度(%)	温度(℃)	相対湿度(%)	温度(℃)	相対湿度(%)
0	23	79	23	76	26	69
5	25	73	26	70	31	50
24	24	73	24	71	28	62
29	26	72	27	70	28	62
48	25	75	25	74	24	100
53	26	77	26	76	27	81
72	26	76	26	74	33	51

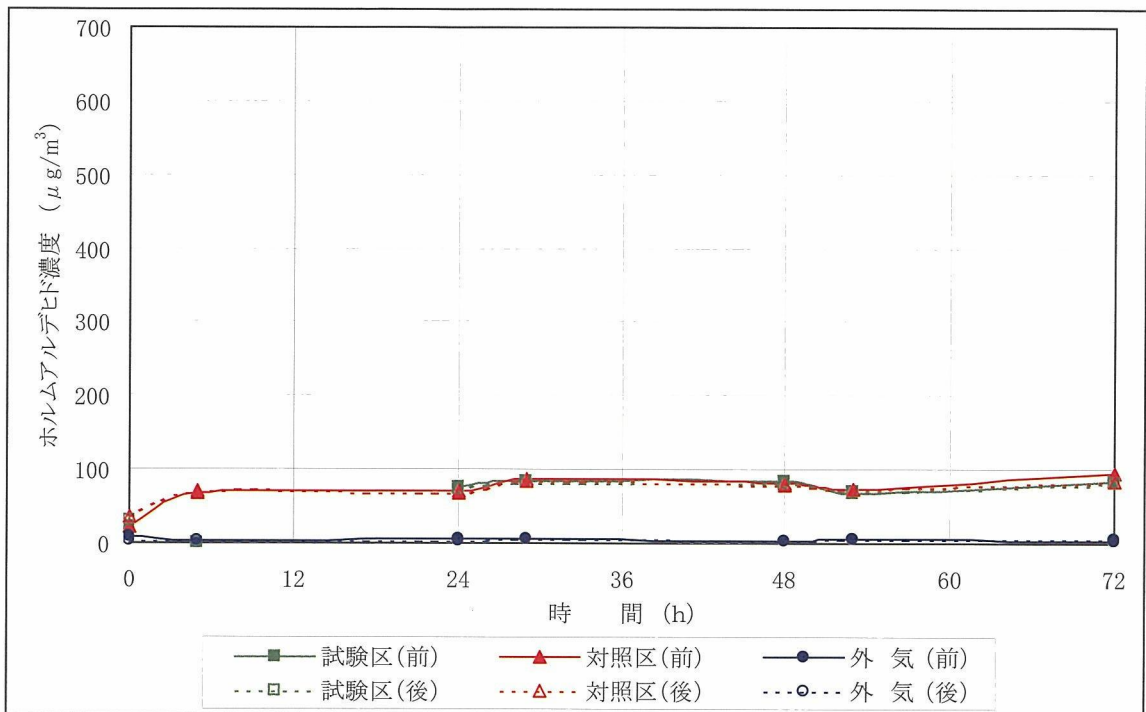


図4 ホルムアルデヒド濃度経時変化(ブランク)

表5 ホルムアルデヒド濃度(ブランク)

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

経過時間(h)	試験区(前)	試験区(後)	対照区(前)	対照区(後)	外気(前)	外気(後)
0	21	31	21	34	6.9	3.1
5	0(欠測)	0(欠測)	67	70	3.3	3.3
24	76	72	71	69	4.9	3.0
29	84	82	86	84	4.1	5.2
48	83	81	81	79	2.7	2.5
53	68	71	74	74	4.7	5.2
72	83	80	94	85	3.9	4.9

② 家具搬入

家具搬入の結果を図5、6、表6、7に示す。

試験区と対照区の温度、相対湿度は同様な挙動を示した。温度の平均は26°C、相対湿度は73%であった。

ホルムアルデヒド濃度は、温度が高くなる午後2時に測定した5、29、53時間後において試験区に比べ対照区が約50~80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 高い値を示した。一方、午前9時(24、48、72時間)は約300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ でほぼ同等であった。これは、家具のホルムアルデヒド放散量が温度の影響を受けていることが伺え、家具の個体差が考えられる。

また、試験区と対照区の72時間後のホルムアルデヒド濃度は約300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、これは厚生労働省が定める指針地の約3倍であった。

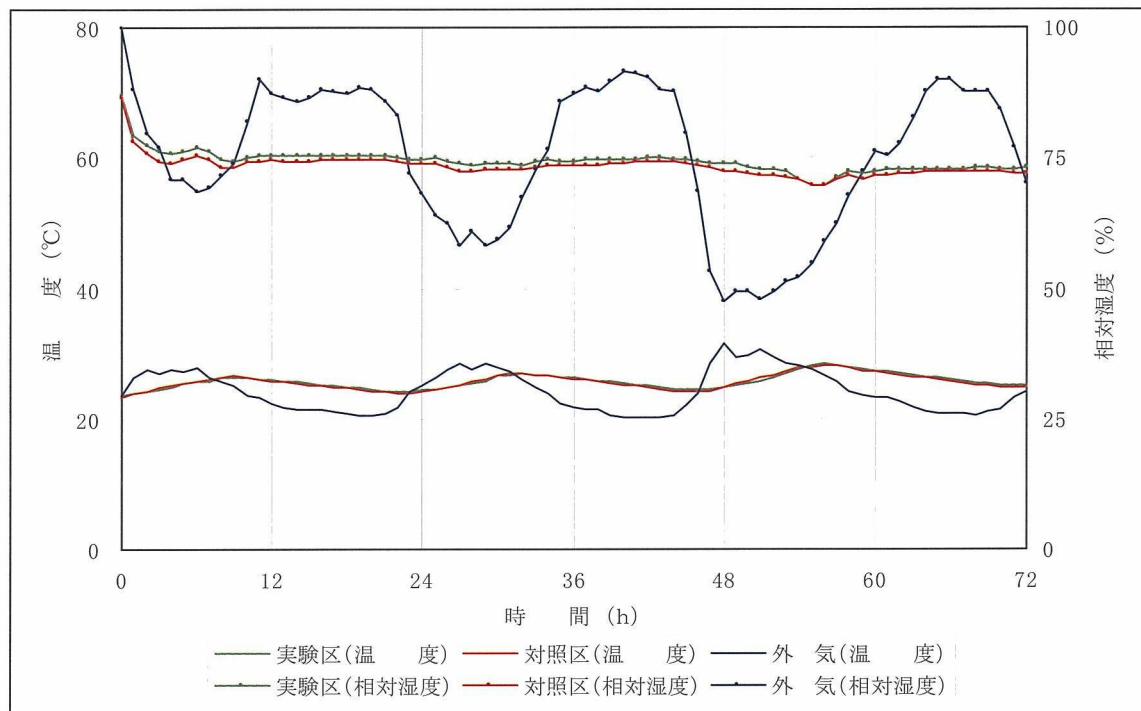


図5 温度と相対湿度経時変化 (家具搬入)

表6 試料採取時の温度と相対湿度 (家具搬入)

経過時間(h)	試験区		対照区		外気	
	温度(°C)	相対湿度(%)	温度(°C)	相対湿度(%)	温度(°C)	相対湿度(%)
0	24	87	23	86	24	100
5	25	76	26	75	27	71
24	24	75	24	74	25	68
29	26	74	26	73	28	58
48	25	74	25	73	32	47
53	27	72	27	71	29	51
72	25	73	25	72	24	70

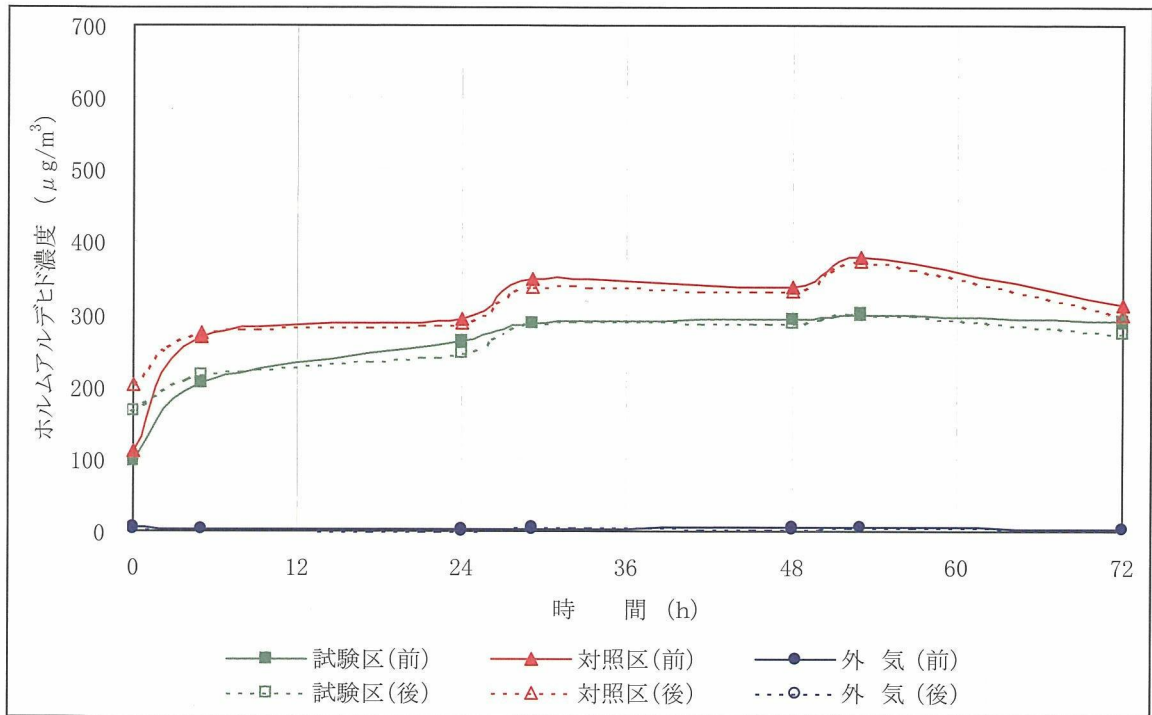


図6 ホルムアルデヒド濃度経時変化 (家具搬入)

表7 ホルムアルデヒド濃度 (家具搬入)

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

経過時間 (h)	試験区(前)	試験区(後)	対照区(前)	対照区(後)	外気(前)	外気(後)
0	98	167	110	203	5.0	2.6
5	203	216	269	275	3.9	3.8
24	263	245	293	288	2.8	1.2
29	286	289	350	337	3.2	4.4
48	292	287	337	333	4.7	3.8
53	299	303	380	374	4.2	5.0
72	291	273	314	299	2.4	2.0

③ 家具入替

家具入替の結果を図7、8、表8、9に示す。

試験区と対照区の温度と相対湿度は同様な挙動を示した。温度の平均は29℃、相対湿度は74%であった。

ホルムアルデヒド濃度経時変化は、「ブランク」と「家具搬入」よりも温度が高いにも関わらず減衰傾向を示した。これは、測定条件変換の3日間実験室に家具を静置した状態で部屋を閉め切り、またモデルハウスも同様であったため換気量が減りホルムアルデヒドが実験室内に残留したと考えられる。この結果から測定条件変換期は実験室内から家具を搬出し1日平均3時間以上の換気を行った。ただし、次試験の「4床」は本試験と同様である。

測定条件変換期の影響を受けた結果であったが、試験区と対照区のホルムアルデヒド濃度経時変化はほぼ同等値で減衰を示した。72時間後に約300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。この結果より「家具搬入」で示された家具の個体差は小さいと考えられる。

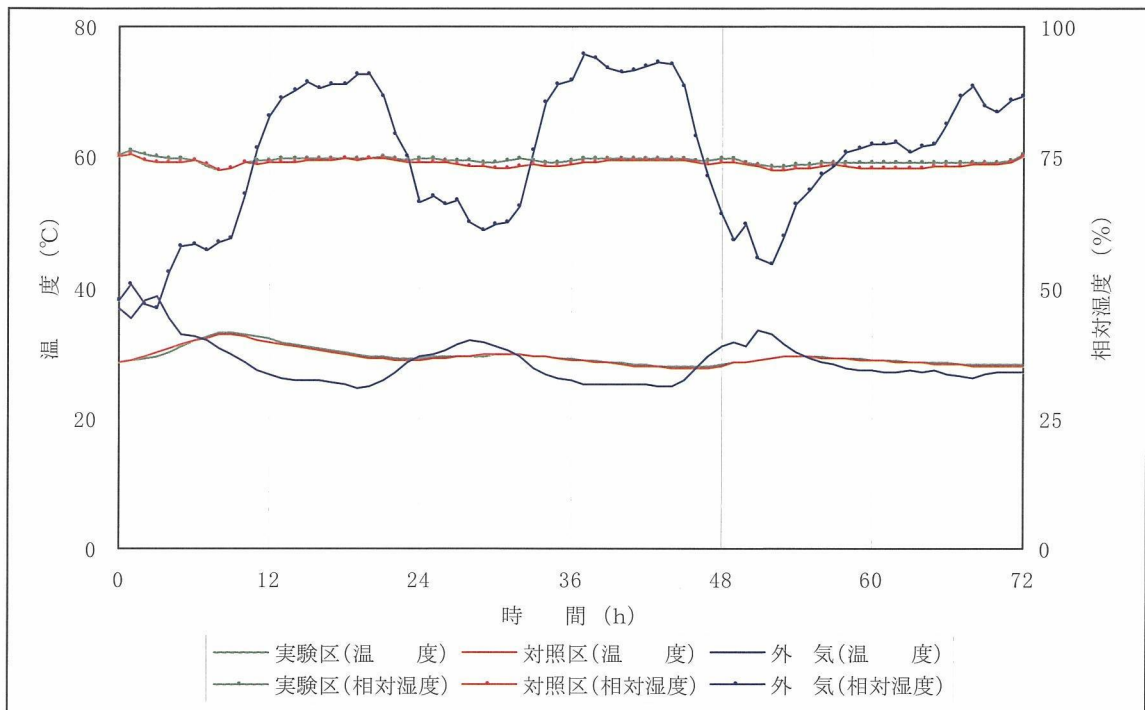


図7 温度と相対湿度経時変化 (家具入替)

表8 試料採取時の温度と相対湿度 (家具入替)

経過時間(h)	試験区		対照区		外 気	
	温 度(℃)	相対湿度(%)	温 度(℃)	相対湿度(%)	温 度(℃)	相対湿度(%)
0	29	76	29	75	37	48
5	31	75	31	74	33	58
24	29	75	29	74	29	66
29	30	74	30	73	32	61
48	28	75	28	74	31	64
53	29	73	29	72	31	60
72	28	75	28	75	27	86

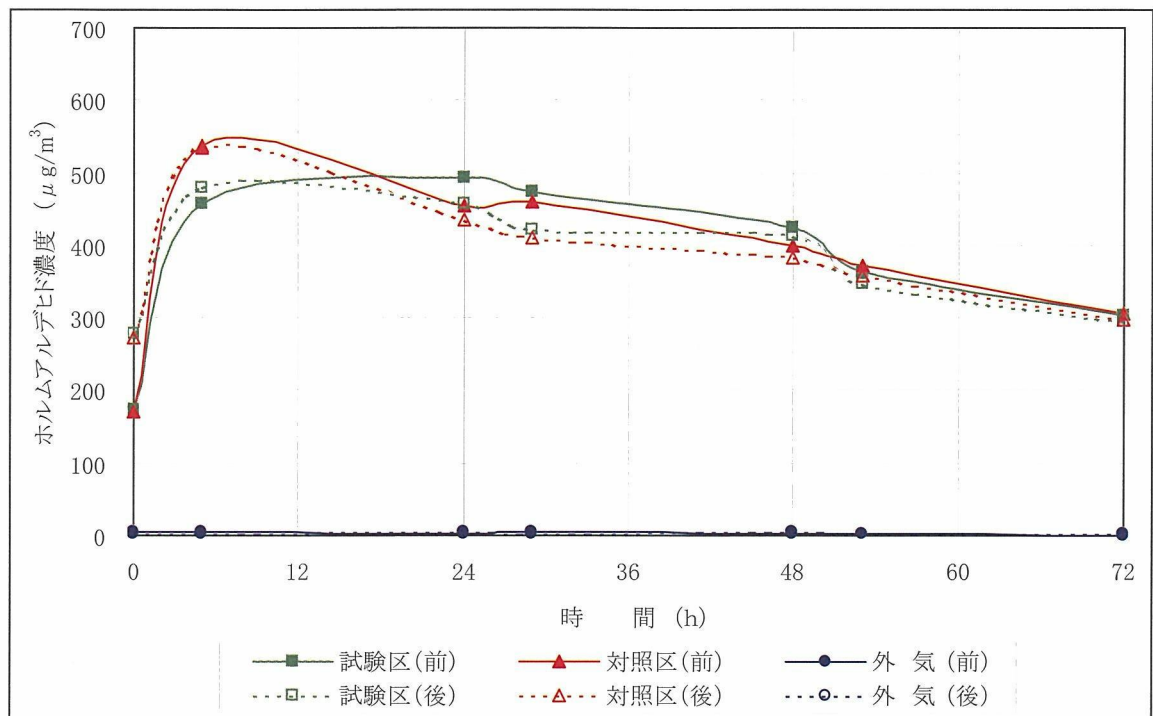


図8 ホルムアルデヒド濃度経時変化 (家具入替)

表9 ホルムアルデヒド濃度変化 (家具入替)

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

経過時間(h)	試験区(前)	試験区(後)	対照区(前)	対照区(後)	外気(前)	外気(後)
0	175	278	171	274	4.5	3.7
5	458	481	537	536	4.8	3.2
24	492	459	455	436	2.3	4.7
29	473	422	461	410	4.7	2.7
48	426	413	399	382	2.4	4.7
53	364	348	372	358	2.8	2.0
72	303	296	305	299	1.2	2.0

④ 床

床の結果を図9、10、表10、11に示す。

試験区と対照区の温度と相対湿度は同様な挙動を示した。温度の平均は31℃、相対湿度は72%であった。

試験区と対照区のホルムアルデヒド濃度は、5時間以降約450~600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で変動し、両者のホルムアルデヒド濃度経時変化に顕著な差が見られなかった。これは、床仕上材（フロア合板）が高い気密性であり、炭化物成型ボードが室内空気に接していないことが考えられる。したがって、炭化物成型ボードを床に施工する場合は床仕上材等の考慮が必要である。

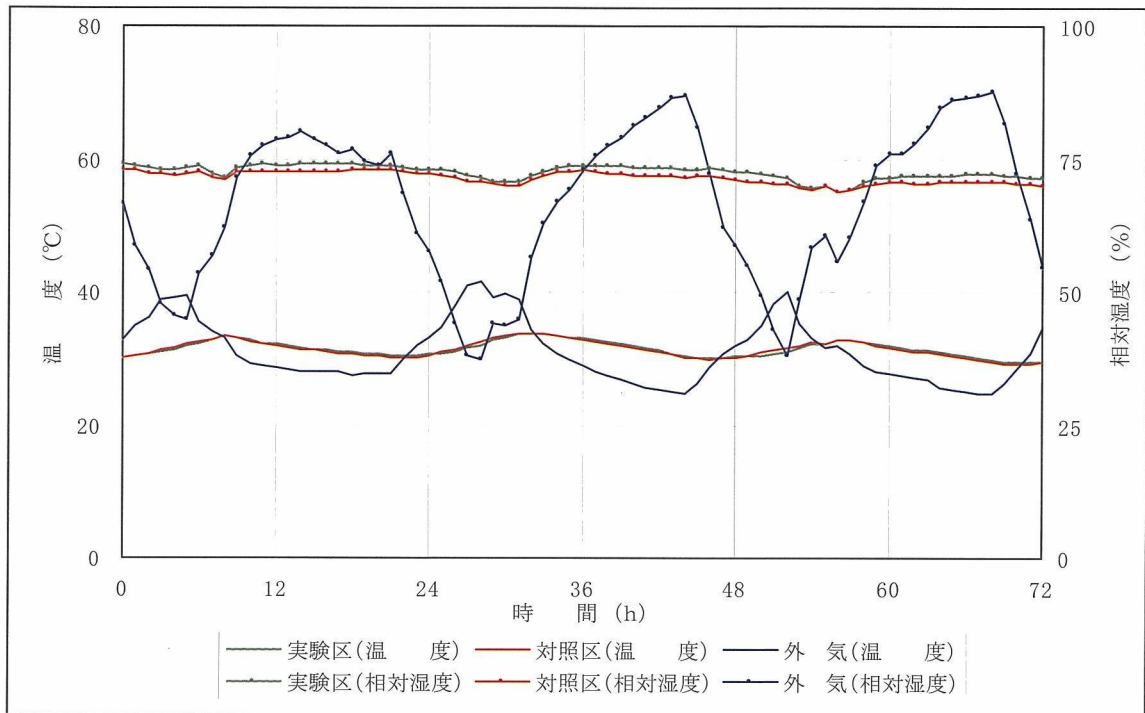


図9 温度と相対湿度の経時変化（床）

表10 試料採取時の温度と相対湿度

経過時間(h)	試験区		対照区		外 気	
	温 度(℃)	相対湿度(%)	温 度(℃)	相対湿度(%)	温 度(℃)	相対湿度(%)
0	30	74	30	73	33	66
5	32	73	32	72	39	45
24	31	73	31	72	33	57
29	33	71	33	70	39	44
48	30	73	30	71	32	59
53	32	70	32	69	35	48
72	30	71	29	70	35	54

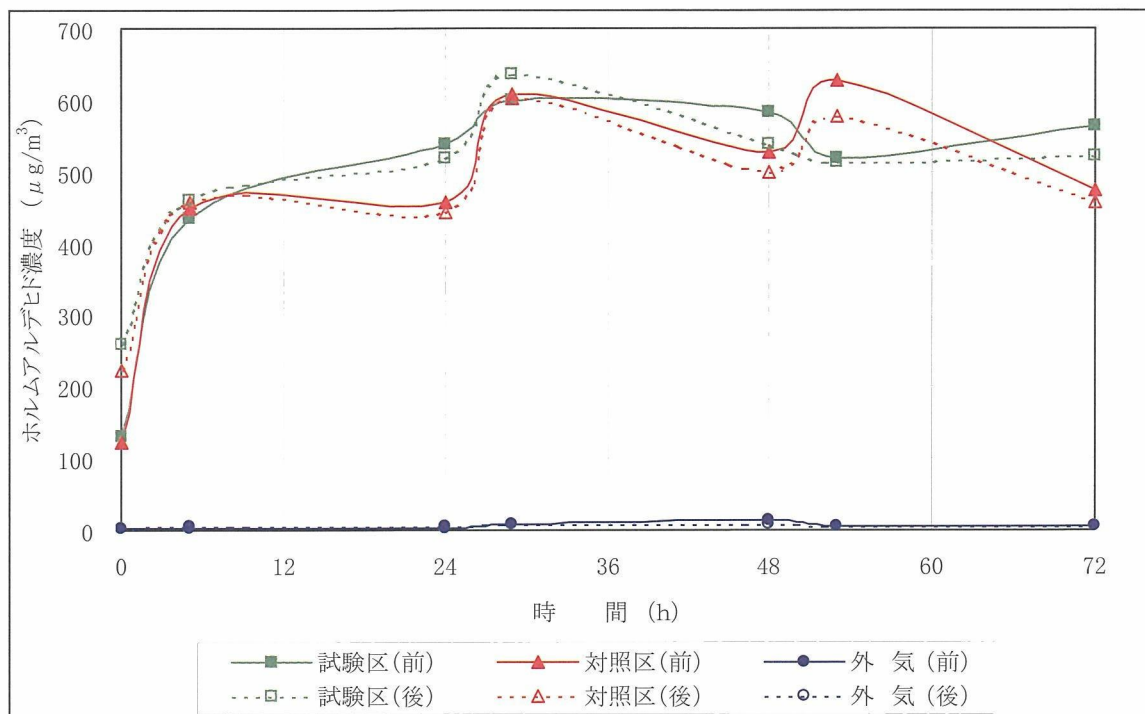


図10 ホルムアルデヒド濃度経時変化(床)

表11 ホルムアルデヒド濃度(床)

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

経過時間(h)	試験区(前)	試験区(後)	対照区(前)	対照区(後)	外気(前)	外気(後)
0	132	258	122	222	1.8	3.2
5	436	461	448	458	2.2	4.4
24	538	517	458	444	3.3	4.6
29	600	635	608	603	7.4	7.5
48	583	539	526	500	13.8	8.1
53	519	512	627	578	6.5	6.1
72	564	522	473	456	5.6	6.7

⑤ 天井

天井の結果を図 11、12、表 12、13 に示す。

試験区と対照区の温度と相対湿度は同様な挙動を示した。温度の平均は 28℃、相対湿度は 72%であった。

ホルムアルデヒド濃度経時変化は、試験区と対照区ともに厚生労働省が定める指針値 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回った。対照区の濃度変化は約 100~430 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあった。一方、試験区は約 70~180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ にあった。各経過時間における両者の差は、24 時間以降約 200~300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり後者が前者に比べ低い値を示した。この結果より、炭化物成型ボードの天井施工は室内のホルムアルデヒド濃度低減に効果を発揮すると期待できる。

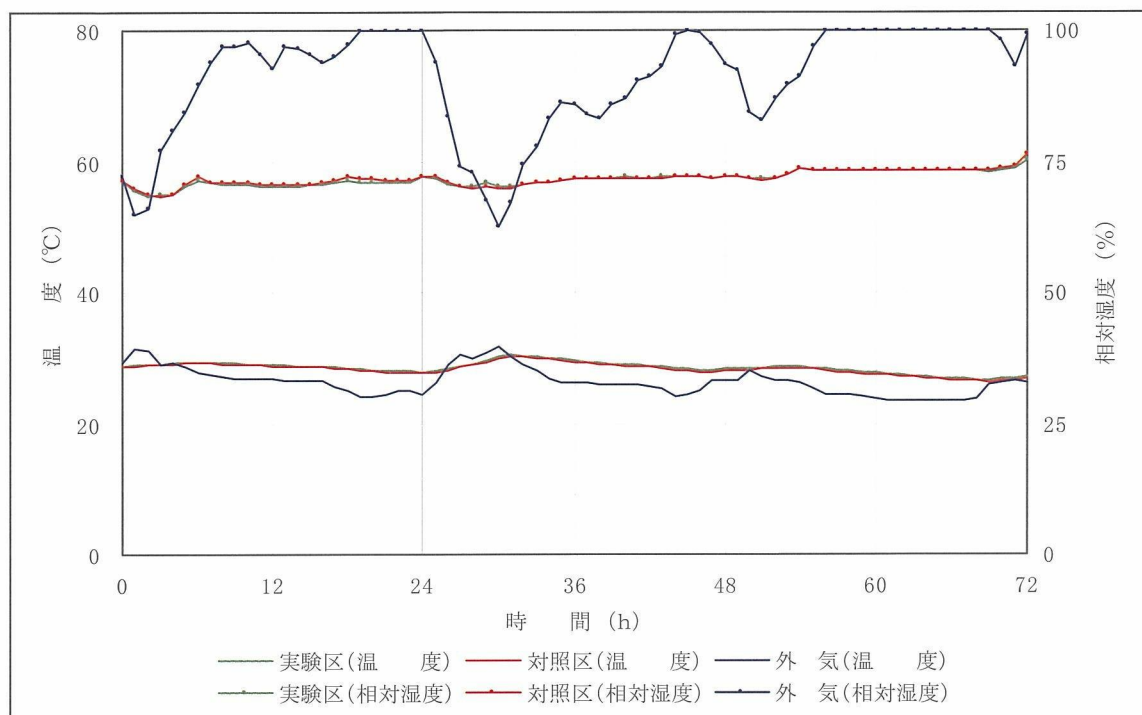


図 11 温度と相対湿度経時変化(天井)

表 12 試料採取時の温度と相対湿度 (天井)

経過時間(h)	試験区		対照区		外気	
	温度(°C)	相対湿度(%)	温度(°C)	相対湿度(%)	温度(°C)	相対湿度(%)
0	29	71	29	71	29	72
5	29	70	29	71	29	84
24	28	72	28	72	25	100
29	29	71	29	70	31	68
48	28	72	28	72	26	93
53	29	72	28	73	27	90
72	27	75	27	76	26	99

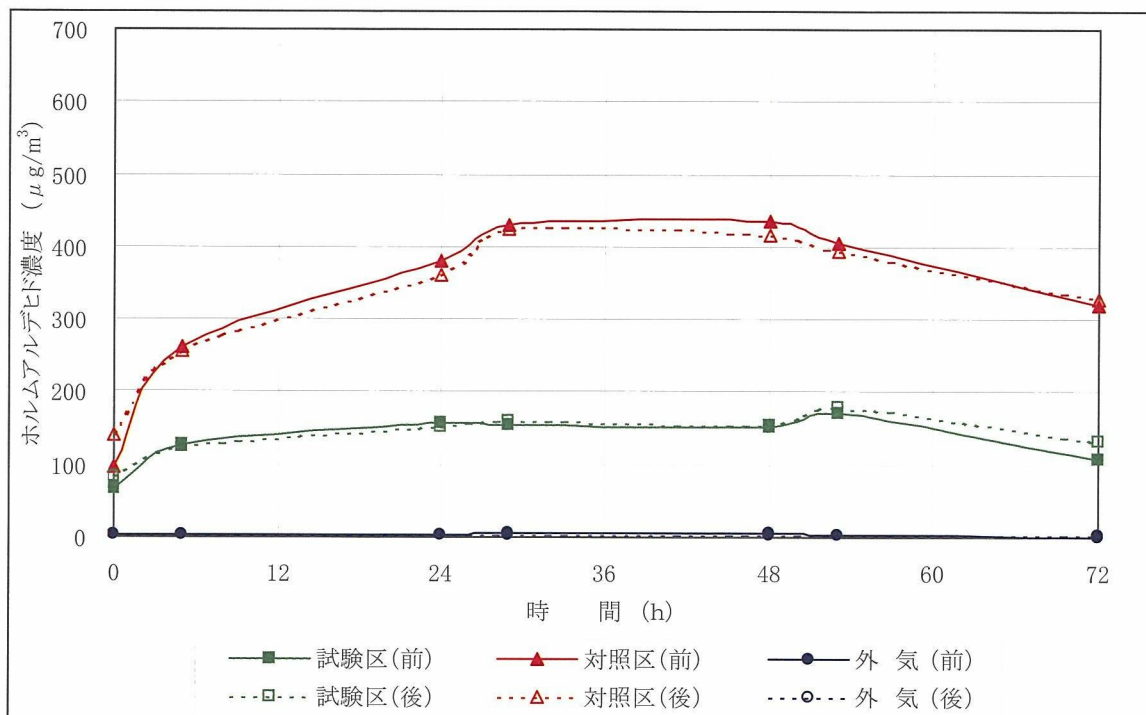


図 12 ホルムアルデヒド濃度経時変化 (天井)

表 13 ホルムアルデヒド濃度 (天井)

単位 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

経過時間 (h)	試験区(前)	試験区(後)	対照区(前)	対照区(後)	外気(前)	外気(後)
0	67	83	96	141	3.1	1.9
5	126	124	263	255	3.5	2.3
24	158	151	380	361	3.5	1.9
29	155	159	430	424	4.6	3.8
48	151	154	434	416	4.7	2.7
53	172	179	405	393	1.9	1.5
72	107	132	321	329	0.4	1.6

⑥ 床+天井

床+天井の結果を図13、14、表14、15に示す。

試験区と対照区の温度と相対湿度は同様な挙動を示した。温度の平均は32℃、相対湿度は70%であった。

ホルムアルデヒド濃度は、試験区と対照区ともに厚生労働省が定める指針値100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回った。対照区の濃度は約90~670 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で変動した。また、午後2時の29、53時間で濃度上昇を示し、温度の影響を受けたと考えられる。一方、試験区の濃度は温度変化に関係なく24時間以降約200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ではほぼ一定であった。両者の差は5、24時間後で約300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、29時間以降約400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と後者が低い値を示した。したがって、炭化物成型ボードのホルムアルデヒド吸着効果が出ているといえ、炭化物成型ボードを床と天井に施工することは、室内のホルムアルデヒド濃度低減に効果を発揮すると期待できる。

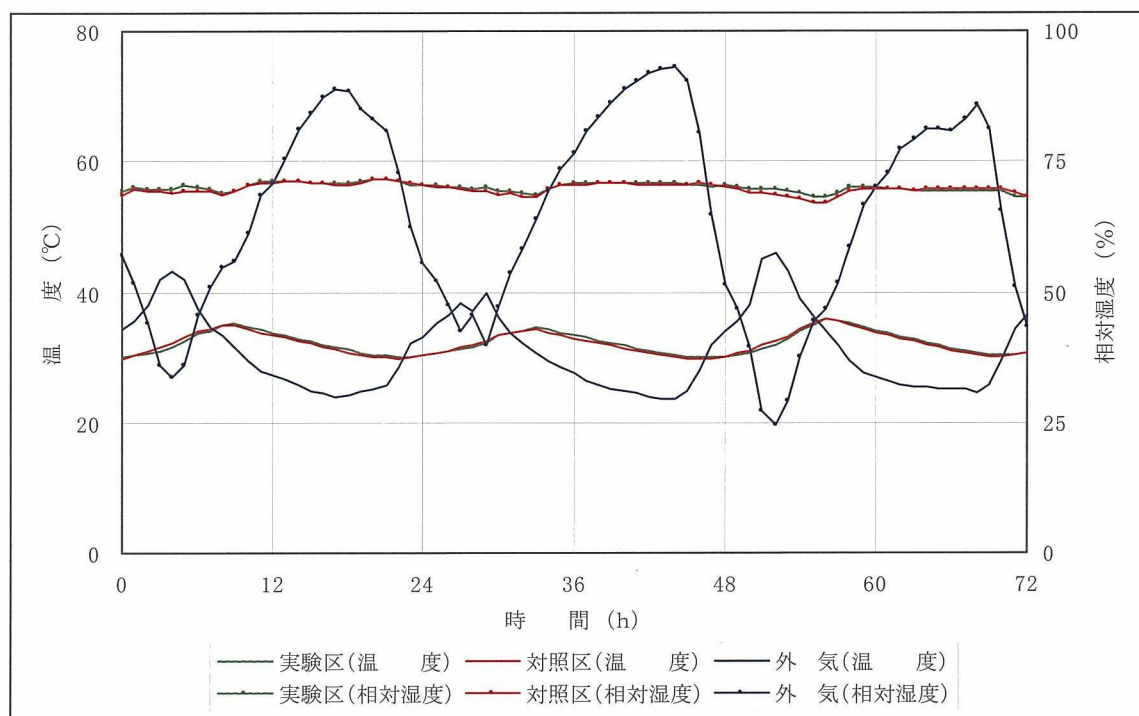


図13 温度と相対湿度経時変化 (床+天井)

表14 試料採取時の温度と相対湿度 (床+天井)

経過時間(h)	試験区		対照区		外 気	
	温 度(°C)	相対湿度(%)	温 度(°C)	相対湿度(%)	温 度(°C)	相対湿度(%)
0	30	69	30	68	34	57
5	33	71	33	69	42	36
24	30	71	30	71	33	56
29	32	70	33	69	40	40
48	30	71	30	70	34	51
53	33	69	33	68	43	29
72	31	68	31	68	36	43

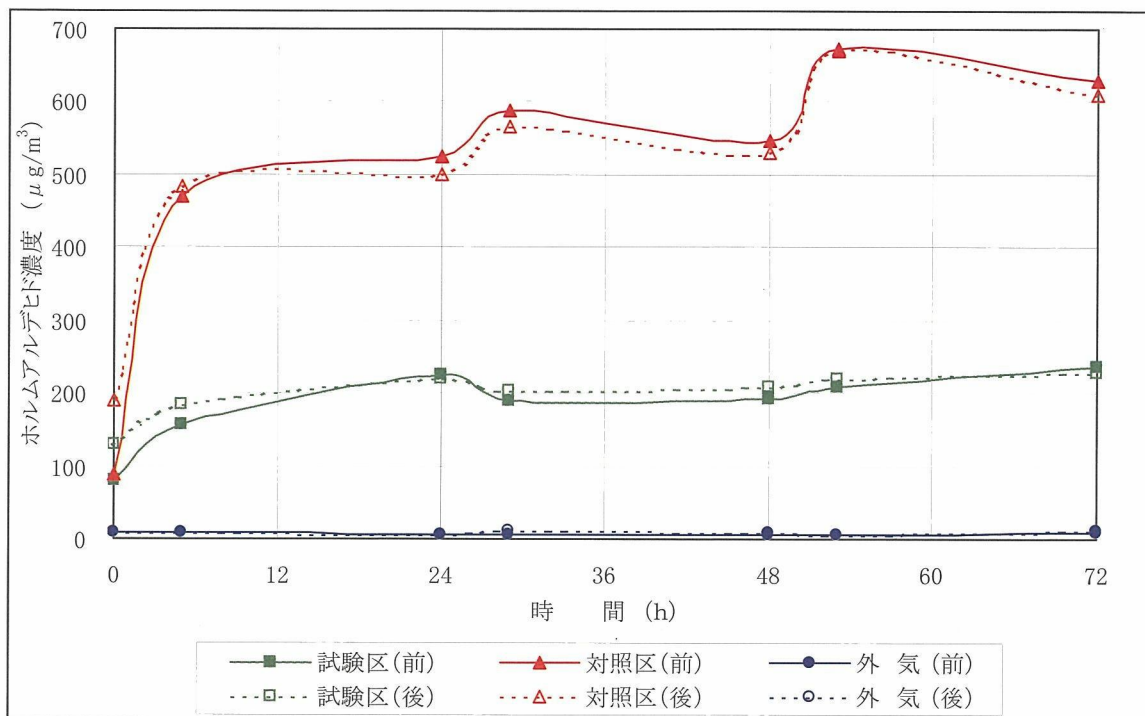


図 14 ホルムアルデヒド濃度経時変化 (床+天井)

表 15 ホルムアルデヒド濃度 (床+天井)

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

経過時間(h)	試験区(前)	試験区(後)	対照区(前)	対照区(後)	外気(前)	外気(後)
0	79	129	89	188	7.5	8.2
5	157	185	469	482	6.9	7.9
24	225	221	524	501	4.9	5.8
29	189	202	589	566	5.6	12.1
48	193	209	546	531	5.8	8.8
53	209	221	672	670	6.1	6.3
72	237	227	629	608	8.2	10.8

⑦ 床 (再)

床 (再) の結果を図 15、16、表 16、17 に示す。

試験区と対照区の温度と相対湿度は同様な挙動を示した。温度の平均は 30℃、相対湿度は 72%であった。

ホルムアルデヒド濃度経時変化は、試験区と対照区ともに増加傾向にあり 72 時間後において試験区約 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、対照区約 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。両者の差は 53、72 時間後で試験区が対照区より約 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 低い値を示した。しかし、48 時間後までほぼ同等で炭化物成型ボードのホルムアルデヒド吸着効果は小さいと考えられる。

この結果より、炭化物成型ボードを床に施工する場合、床仕上材や施工方法を考慮することが必要であろう。

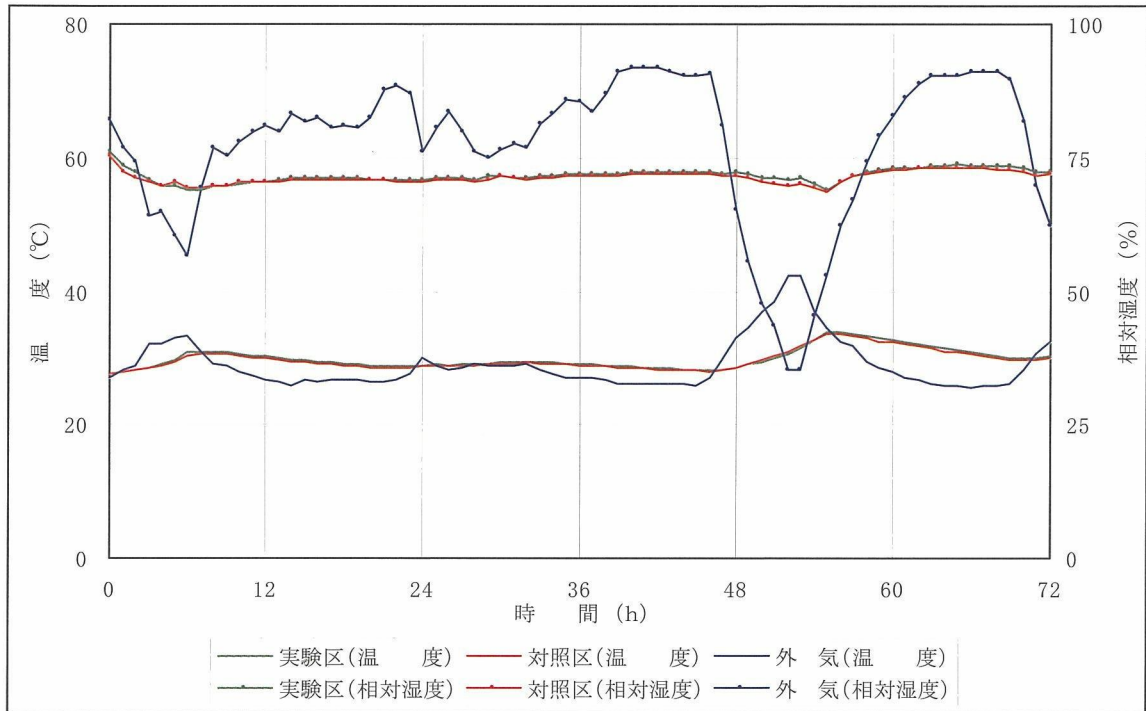


図 15 温度と相対湿度経時変化(床(再))

表 16 試料採取時の温度と相対湿度 (床 (再))

経過時間(h)	試験区		対照区		外 気	
	温 度(℃)	相対湿度(%)	温 度(℃)	相対湿度(%)	温 度(℃)	相対湿度(%)
0	28	76	28	75	27	82
5	30	70	29	70	33	60
24	29	71	29	70	30	76
29	29	71	29	71	29	75
48	29	72	28	72	33	65
53	31	71	32	70	42	35
72	30	72	30	72	32	62

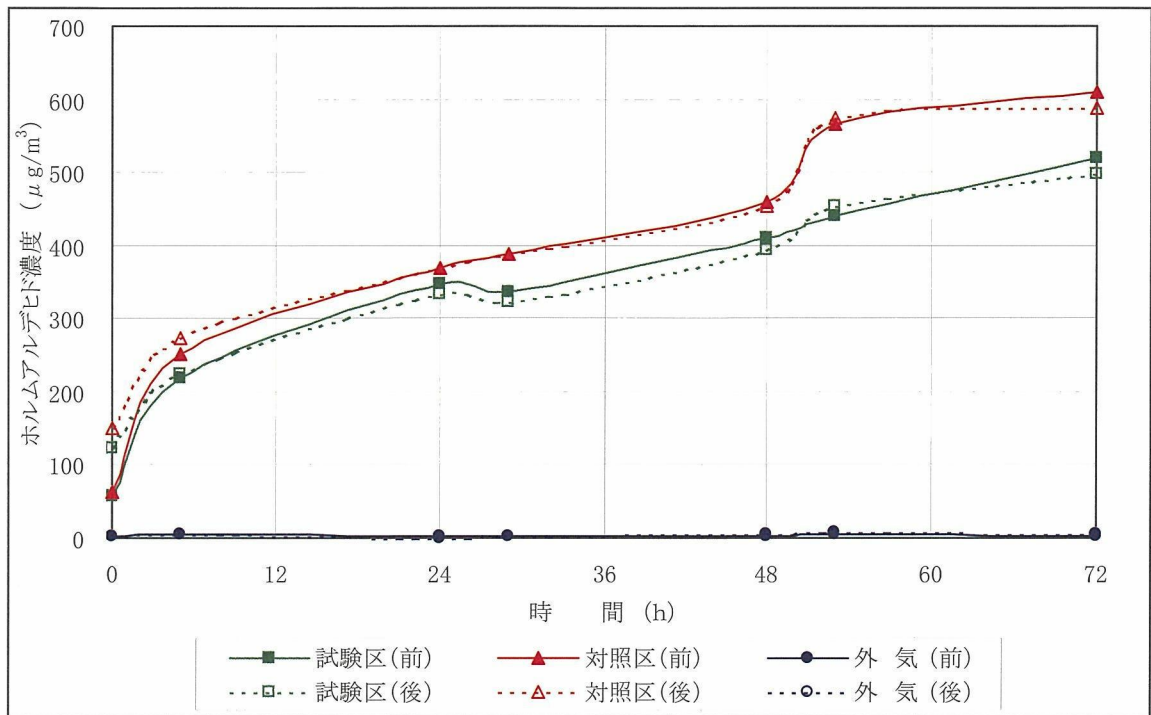


図16 ホルムアルデヒド濃度経時変化 (床 (再))

表17 ホルムアルデヒド濃度 (床 (再))

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

経過時間 (h)	試験区(前)	試験区(後)	対照区(前)	対照区(後)	外気(前)	外気(後)
0	59	123	62	150	2.6	3.0
5	218	226	251	273	4.1	5.6
24	349	335	368	369	3.7	1.3
29	337	321	389	389	1.7	2.8
48	411	393	458	454	3.9	5.0
53	442	454	565	573	5.7	7.2
72	518	496	609	587	4.0	5.0

6) ホルムアルデヒド吸着試験の測定風景

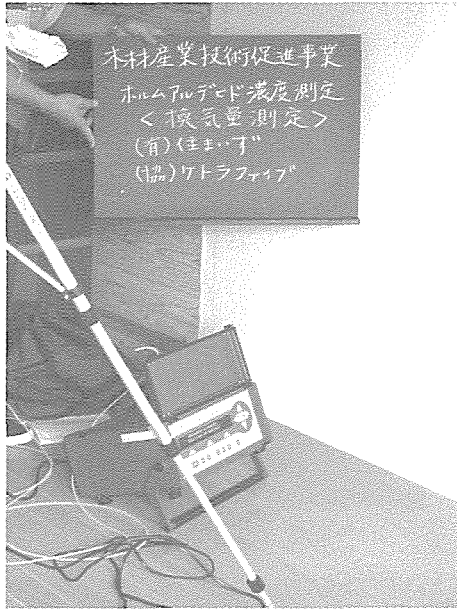


写真1 換気回数測定①

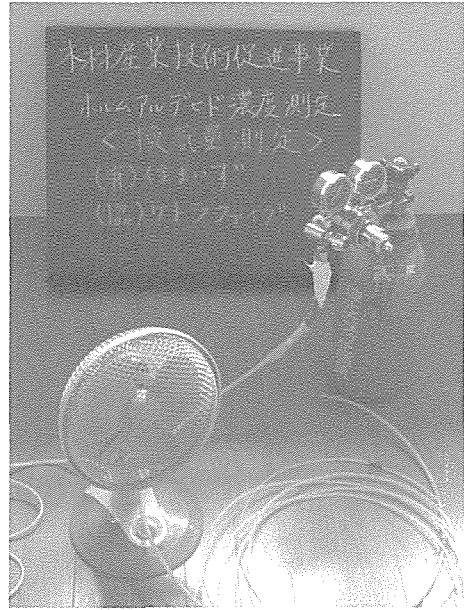


写真2 換気回数測定②

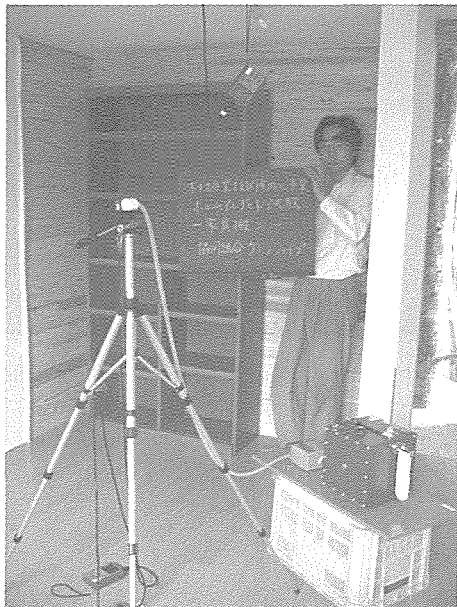


写真3 家具と測定機器 (試験区)

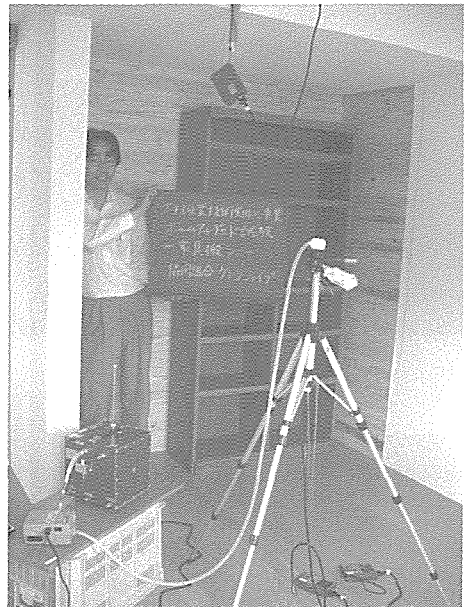


写真4 家具と測定機器 (対照区)

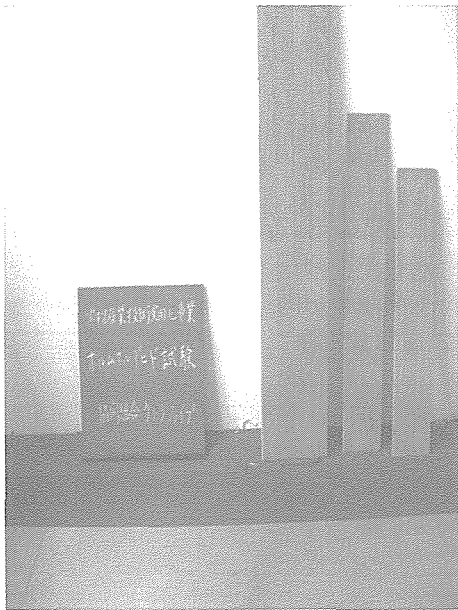


写真5 床 (試験区)

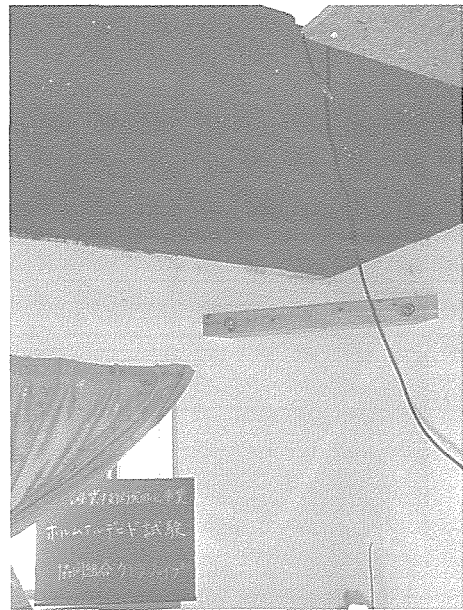


写真6 天井 (試験区)



写真7 外気サンプリング①



写真8 外気サンプリング②

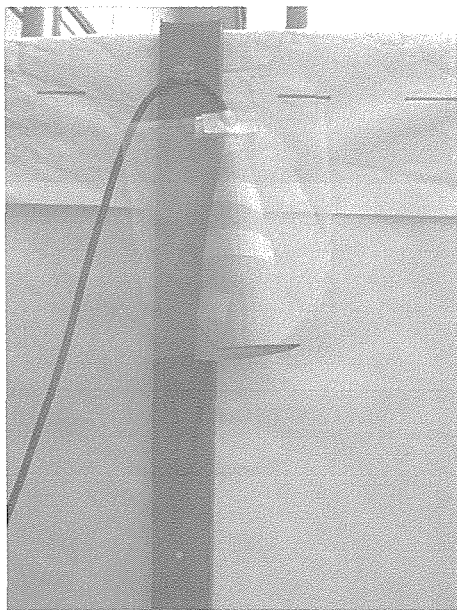


写真9 外気温湿度測定

5.1.2 吸放湿試験

1) 室内温湿度

① 実験室（試験区と対照区）概要と測定条件

実験室の概要は、「5.1.1 ホルムアルデヒド吸着試験」（図1、表1）で述べた通りである。

測定条件は、試験区に炭化物成型ボードを施工しない「1.ブランク」、次に試験区の各部位に炭化物成型ボードを施工した「2.床」、「3.天井」、そして「4.床+天井」とし、各部位の建築材料は「5.1.1 ホルムアルデヒド吸着試験」（表2）と同じである。

② 測定方法

測定は「5.1.1 ホルムアルデヒド吸着試験」と並行し、実験室内を30分間換気後密閉し72時間実験室内と外気の温度と相対湿度を測定した。

測定位置は実験室中心の垂直方向3点とし、天井から下20cm、床から上125cm、床から上20cmとした。なお、部屋の高さは250cmである。

温度と相対湿度は、記憶計SK-L200TH（株式会社佐藤計量器製作所）を用いて5分間隔で測定し1時間毎の平均値を求めた。また、測定した温度と相対湿度から絶対湿度を算出した。

③ 絶対湿度算出

絶対湿度の算出方法は以下の通りである。

$$X = \frac{622 \times F}{P - F}$$

X：絶対湿度（g/kg） P：大気圧 F：水蒸気圧（mmHg）

$$F = \phi \times F_s / 100$$

$$F_s = 760 \times 10^a \text{ (Goff-Gratch 式)}$$

$$a = -7.90298 (b-1) + 5.028081 \text{Log}_{10} b - 1.3816 \times 10^{-7} \times \{10^{11.344 (1-1/b)} - 1\} \\ + 8.1328 \times 10^{-3} \{10^{-3.49149 (b-1)} - 1\}$$

$$b = 373.15 / (273.15 + \theta)$$

ϕ ：相対湿度（%） F_s ：飽和水蒸気圧 θ ：温度

④ 結果と考察

各測定条件の温度と相対湿度及び絶対湿度の経時変化を図17から図28に示す。

各測定条件において、試験区と対照区ともに温度、絶対湿度の経時変化は時間差があるものの外気温度と同様な傾向を示し、実験室内は外気温度に影響を受けていることが伺える。

試験区と対照区の絶対湿度経時変化は、「ブランク」において前者が後者より高い値を示したが、炭化物成型ボードを施工した「床」、「天井」および「床+天井」においては両者ほぼ同程度であった。

この結果より、炭化物成型ボードの吸湿効果が現れたと考えられる。しかし、その効果が顕著でないため、今後炭化物成型ボードの設置率、構成物および組成を変えて測定する必要がある。

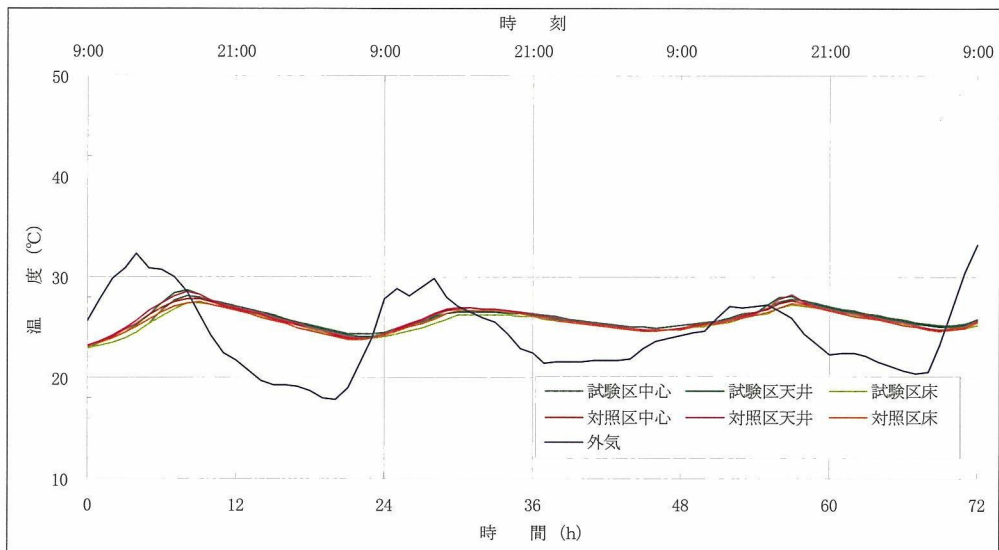


図 17 温度経時変化 (ブランク)

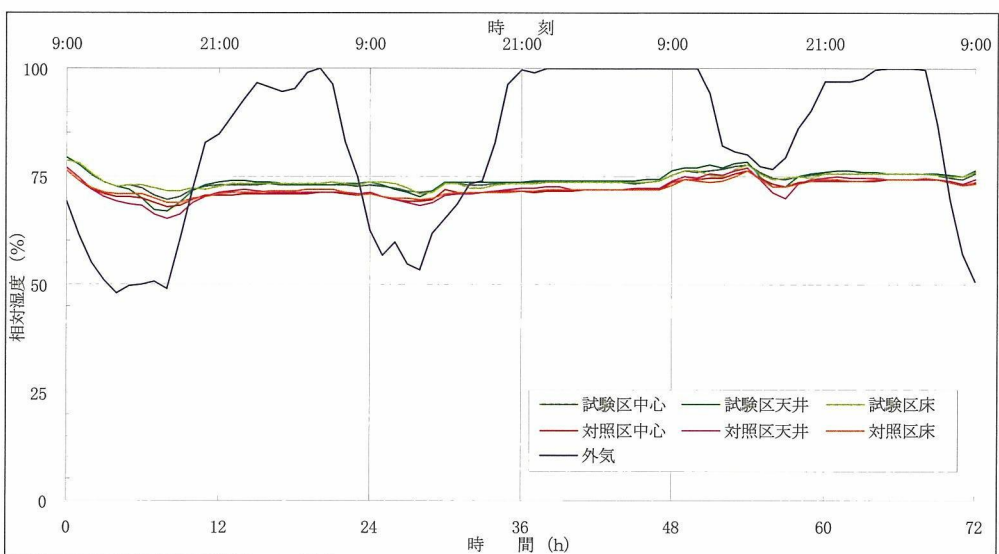


図 18 相対湿度経時変化 (ブランク)

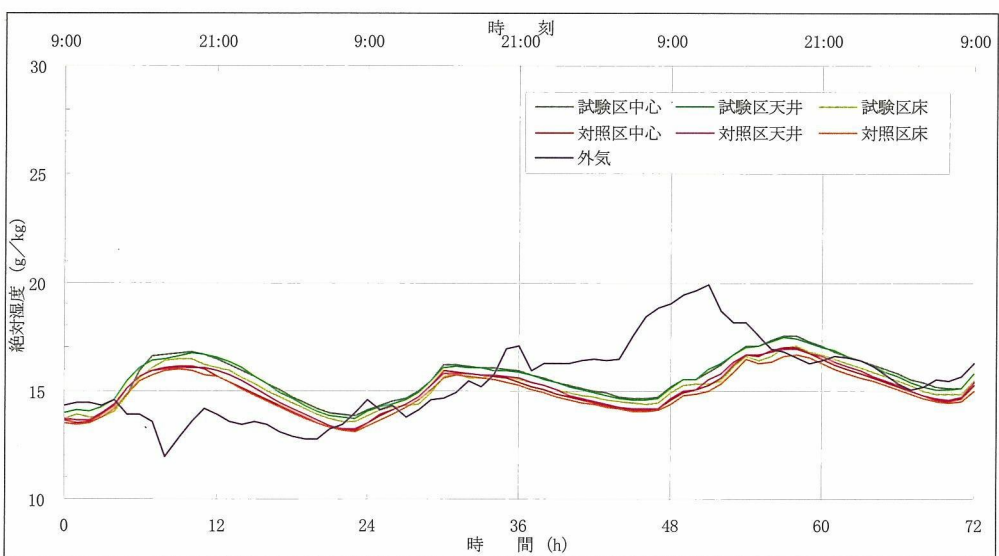


図 19 絶対湿度経時変化 (ブランク)

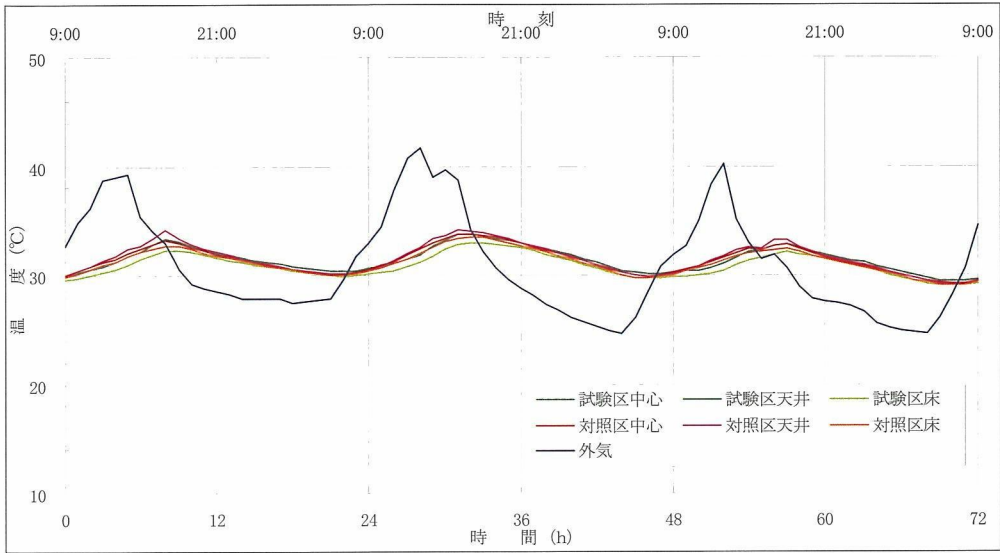


图 20 温度経時変化 (床)

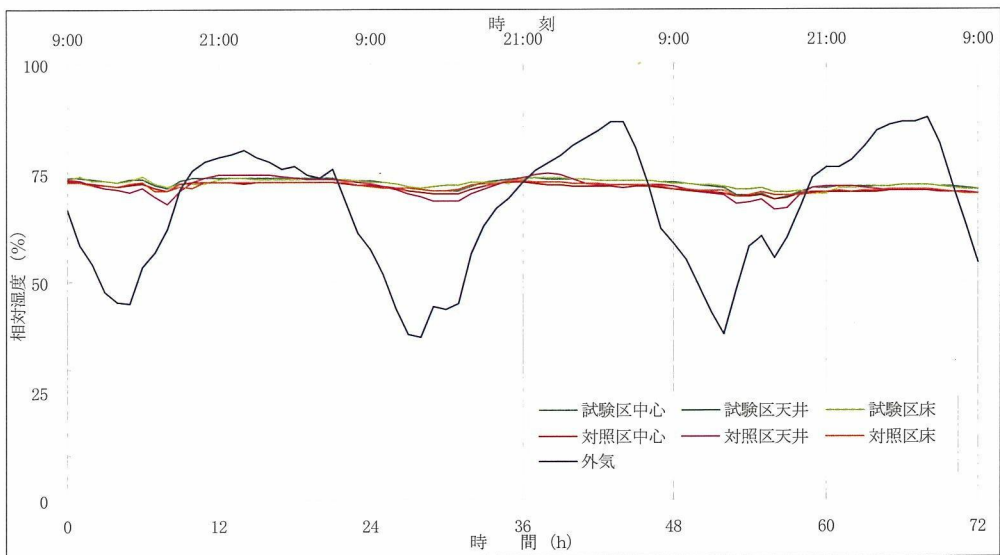


图 21 相对湿度経時変化 (床)

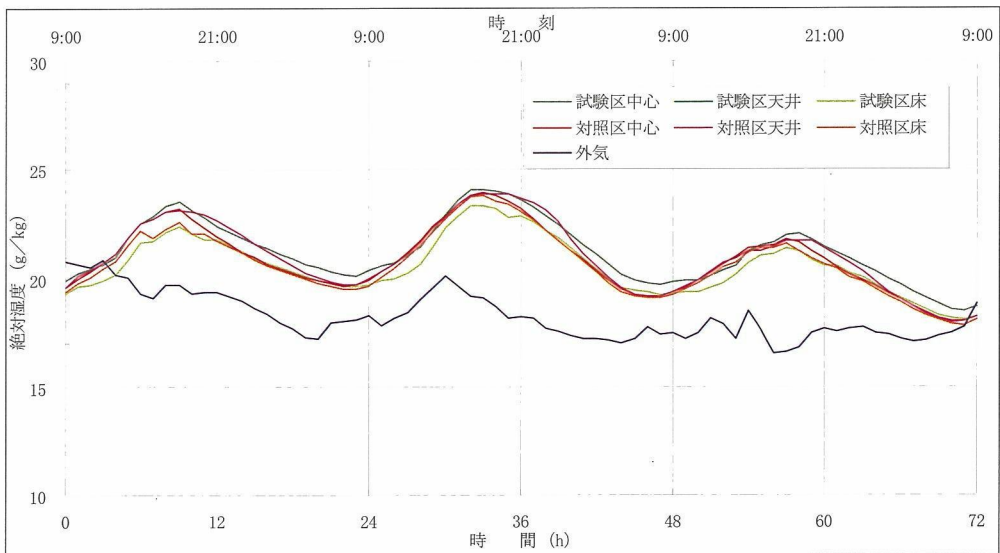


图 22 絶対湿度経時変化 (床)

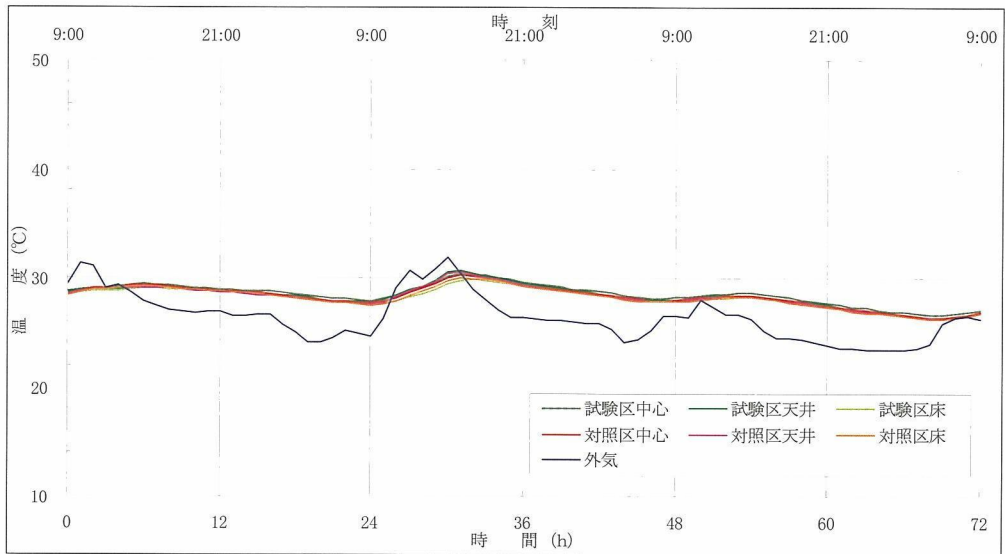


図 23 温度経時変化 (天井)

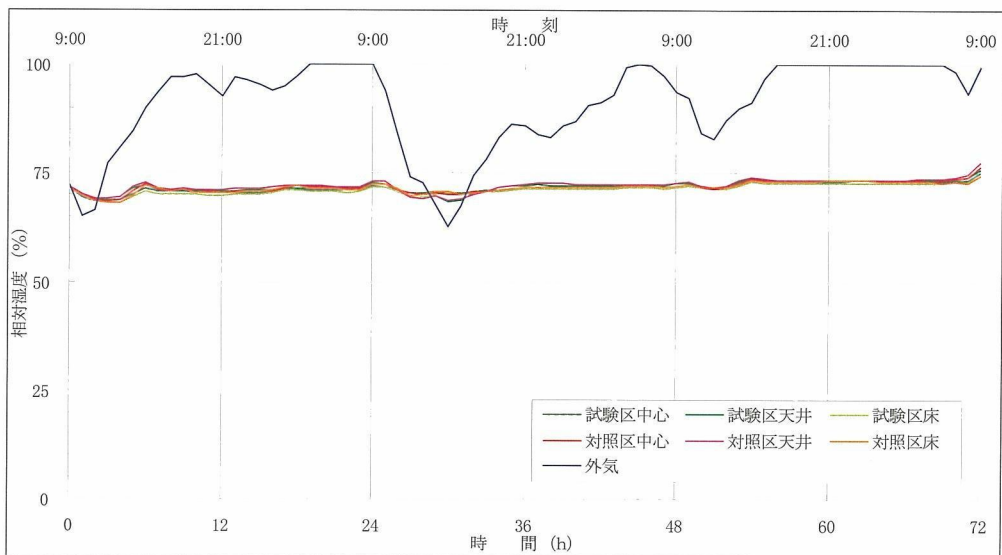


図 24 相対湿度経時変化 (天井)

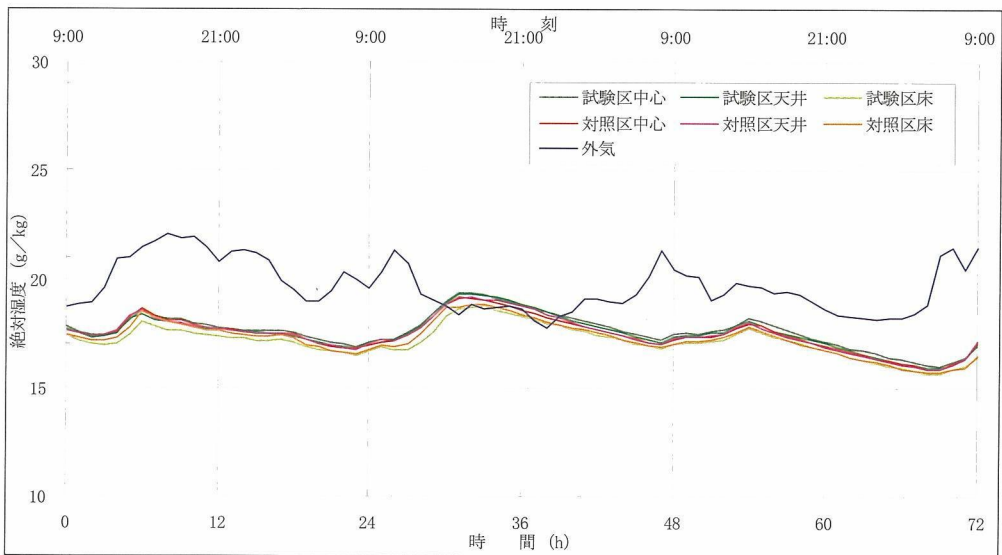


図 25 絶対湿度経時変化 (天井)

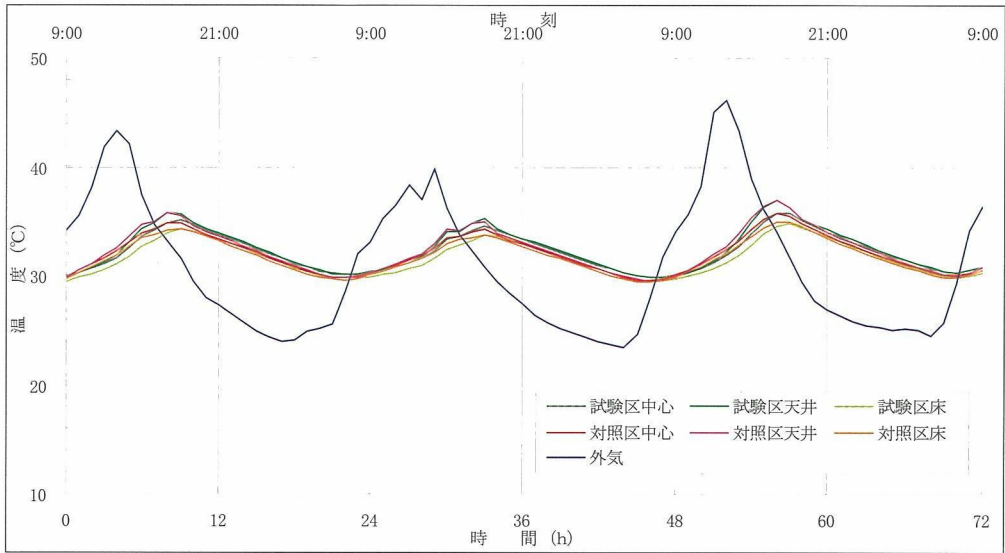


図 26 温度経時変化 (床+天井)

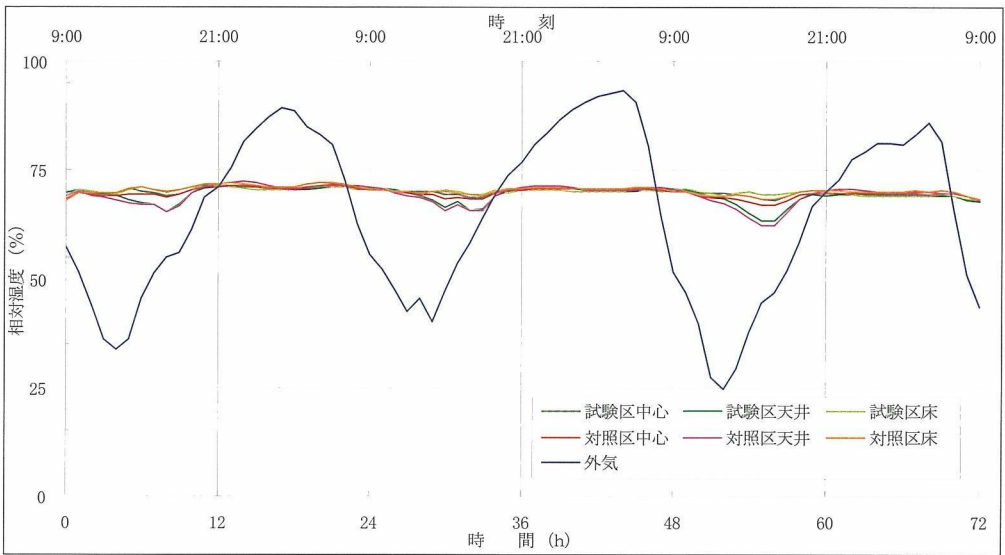


図 27 相对湿度経時変化 (床+天井)

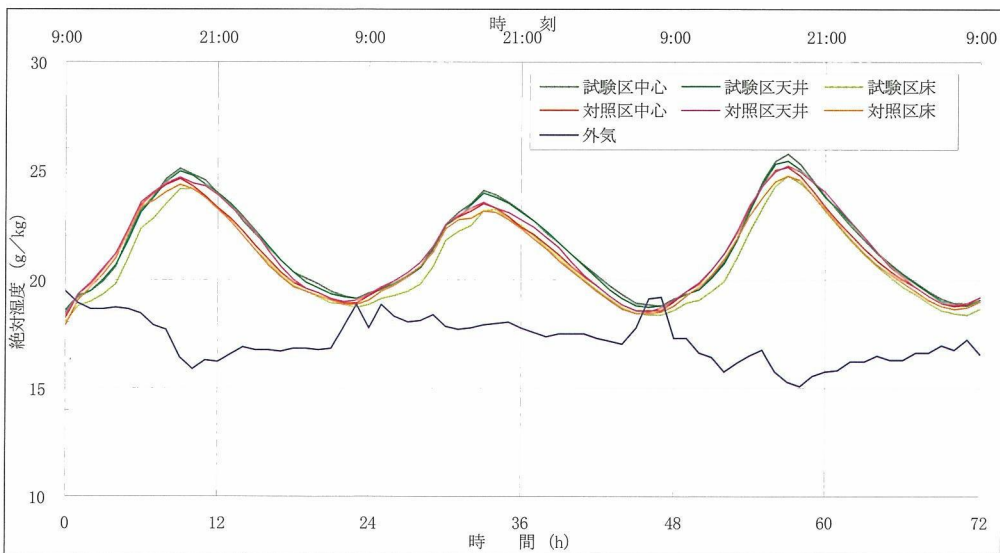


図 28 絶対湿度経時変化 (床+天井)

⑤ 室内温湿度測定風景

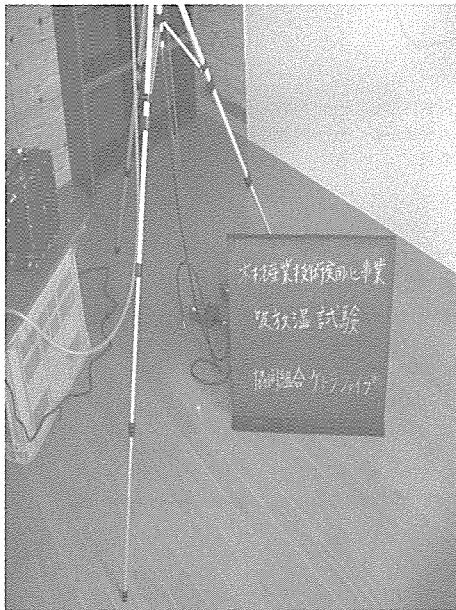


写真10 温湿度測定 (床)



写真11 温湿度測定 (室中央)



写真12 温湿度測定 (天井)

2) 壁内温湿度

① 測定位置

測定位置は、図1に示す2階東、西端の各南、北壁の4点とした。東端の南、北壁を図29に示す炭化物成型ボードを施工した試験区（以下、南試験区、北試験区と呼ぶ。）とし、西端の南、北壁は炭化物成型ボードを施工しない対照区（以下、南対照区、北対照区と呼ぶ。）とした。

炭化物成型ボードと石膏ボードで挟まれた空気層（図3斜線部分）の寸法は、試験区825（高さ）×350（幅）×53（奥行）mm、対照区2000×380×53mmである。

また、壁内の温湿度以外に試験区と対照区の室内及び外気を測定した。なお、試験区室内は7月9日から測定した。

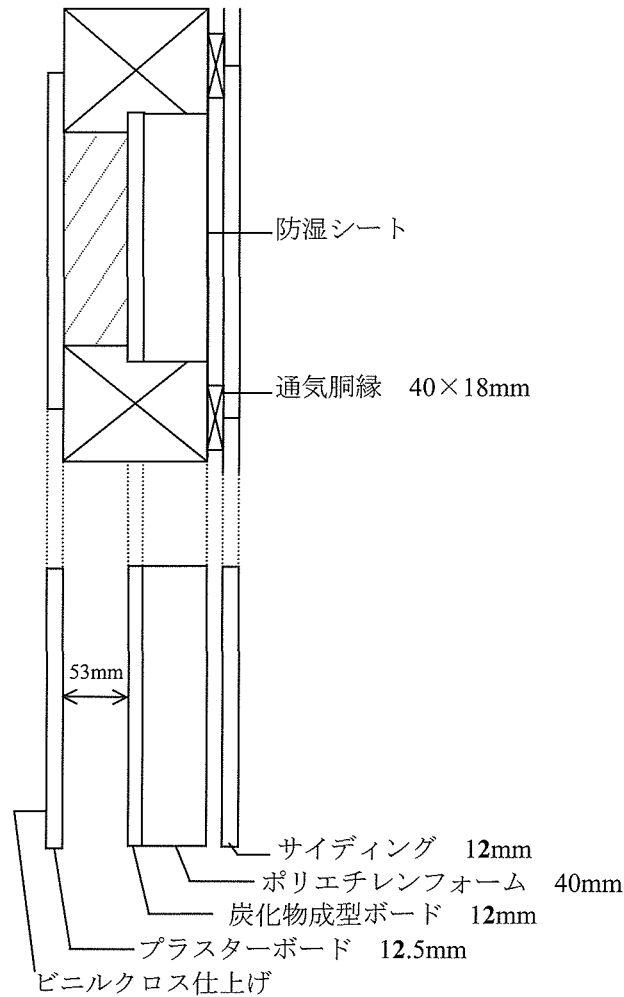


図29 試験区壁体の平面図と断面図

② 測定方法

測定項目は、温度と相対湿度とし、各壁 2 台の記憶計 SK-L200TH（株式会社佐藤計量器製作所）を用いて測定した。測定は 5 分間隔とし 1 時間毎の平均値を求めた。

また、測定した温度と相対湿度から絶対湿度を算出した。算出方法は「5.1.2 1) ③絶対湿度算出」を用いた。

③ 結果と考察

温度と相対湿度の測定結果、算出した絶対湿度を図 30 から図 54 に示す。

試験区と対照区及び室内の温度は、約 20℃から 35℃の範囲で変動したが、各相対湿度は約 75%でほぼ一定であった。

試験区と対照区の絶対湿度経時変化は南壁で両者同等であった。一方、北壁は試験区が対照区より低い絶対湿度変化を示した。この結果から、北壁において炭化物成型ボードの吸湿効果が現れたと考えられる。7 月 9 日より測定した試験区室内と対照区室内の絶対湿度が同等な変化を示さなかった。これは、本試験をホルムアルデヒド試験と並行し、本測定対照区への人の出入りを制限したが試験区は行わず換気量が異なったことが原因と考えられる。したがって、壁内環境に影響を及ぼす室内温湿度が試験区と対照区で異なっていたことが考えられ、条件をほぼ同等にし、再度測定する必要がある。

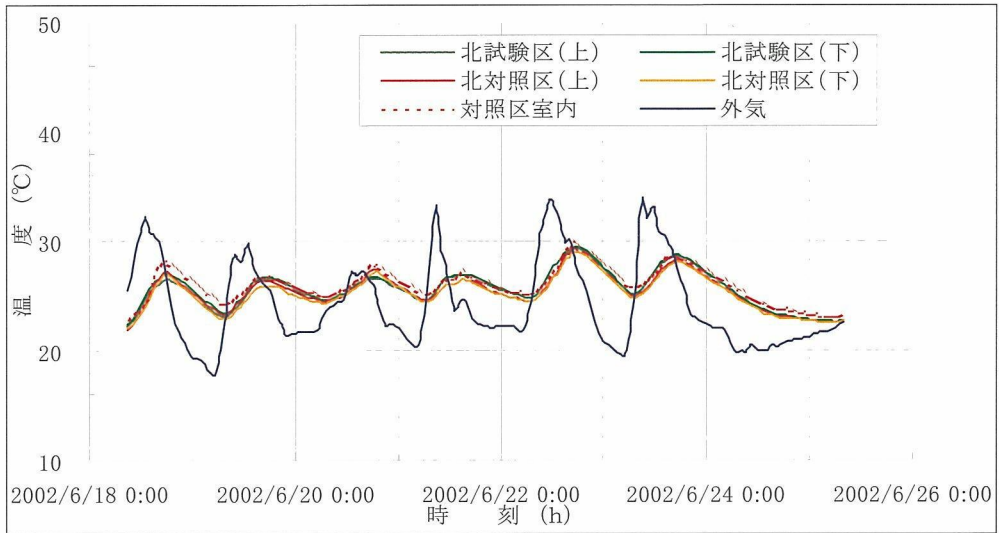


図 30 北壁内の温度経時変化

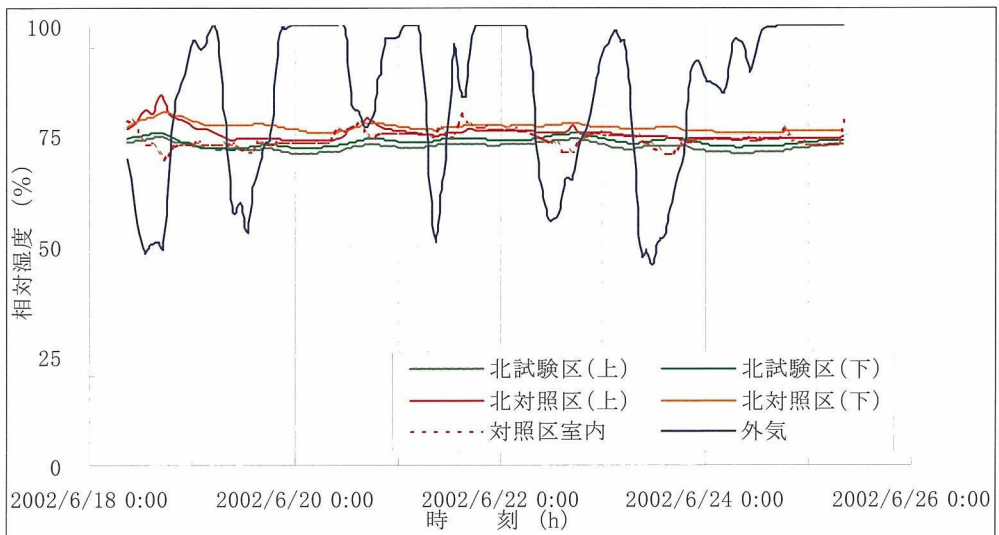


図 31 北壁内の相対湿度経時変化

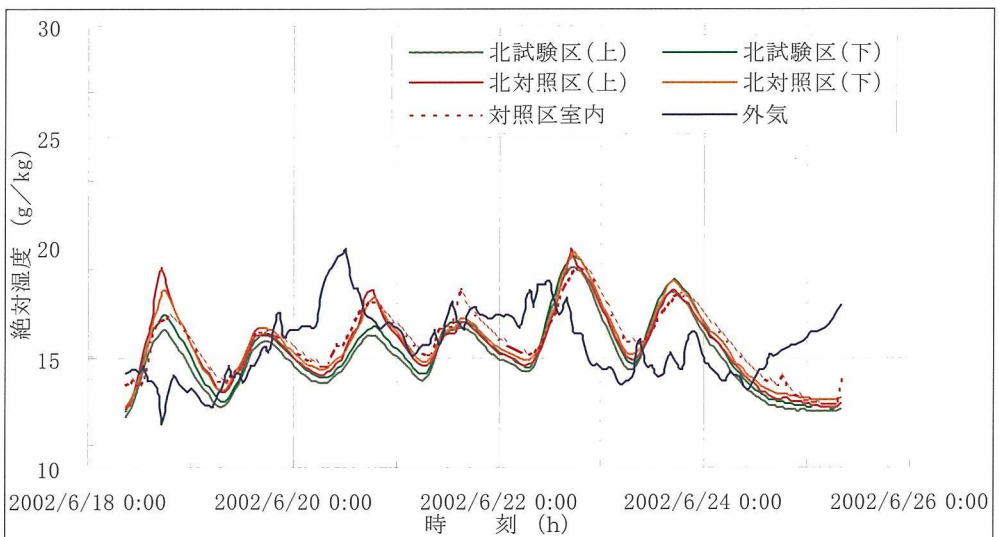


図 32 北壁内の絶対湿度経時変化

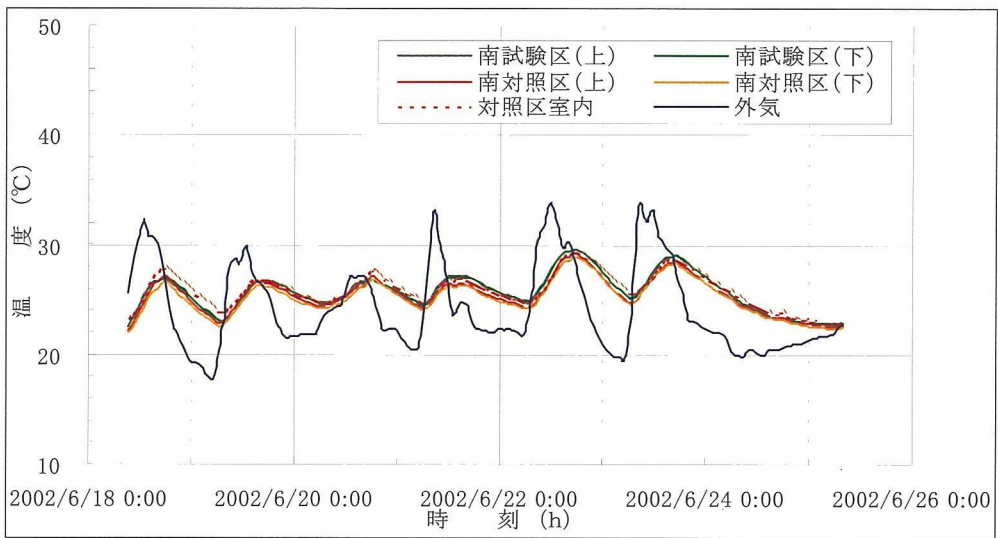


図 33 南壁内の温度経時変化

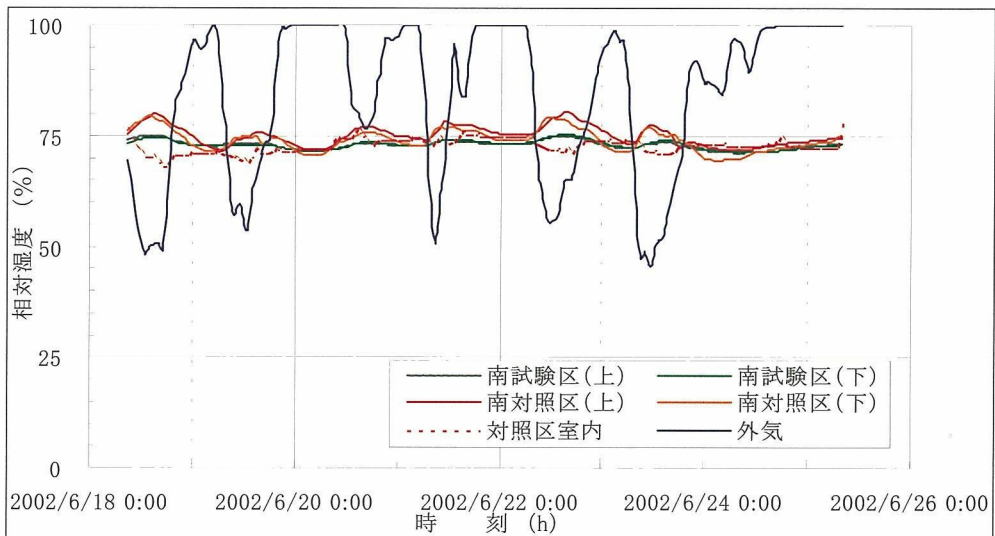


図 34 南壁内の相対湿度経時変化

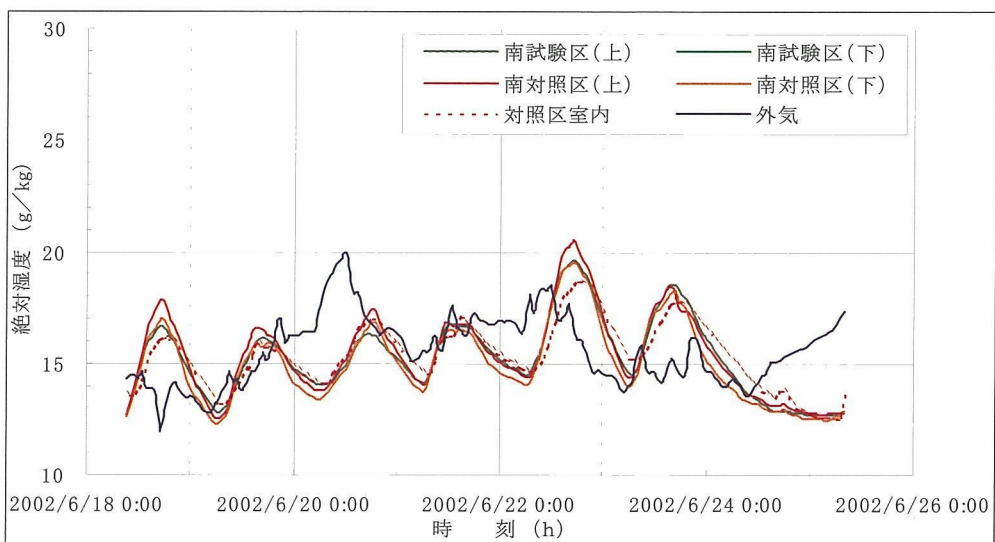


図 35 南壁内の絶対湿度経時変化

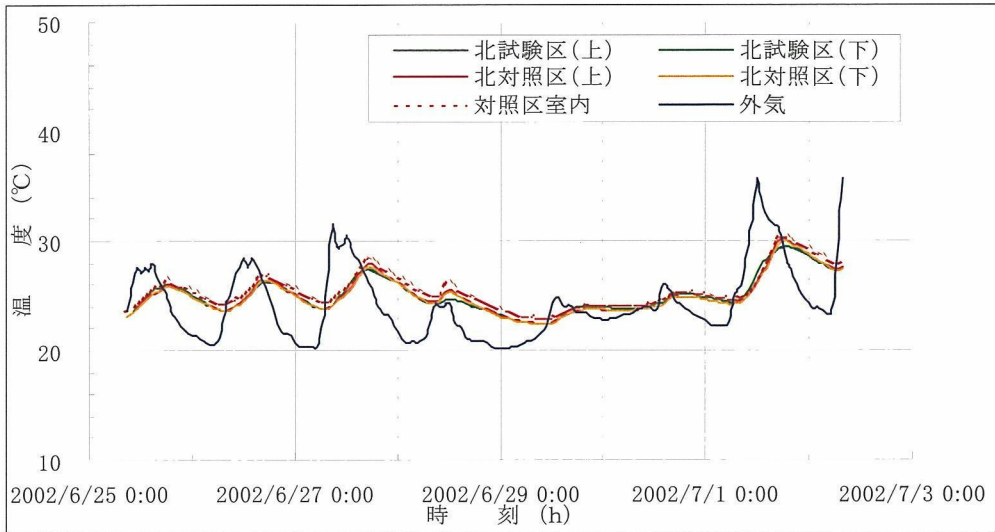


図 36 北壁内の温度経時変化

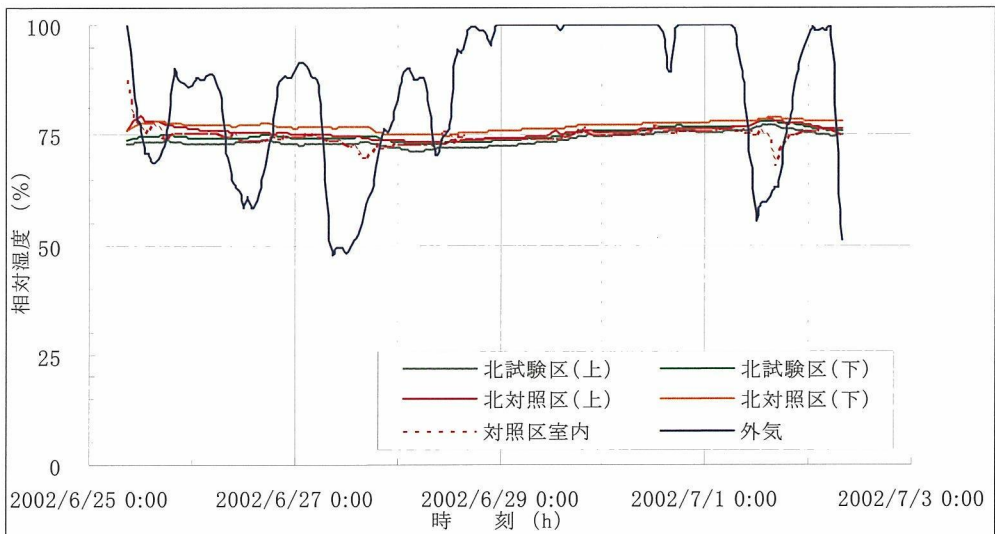


図 37 北壁内の相対湿度経時変化

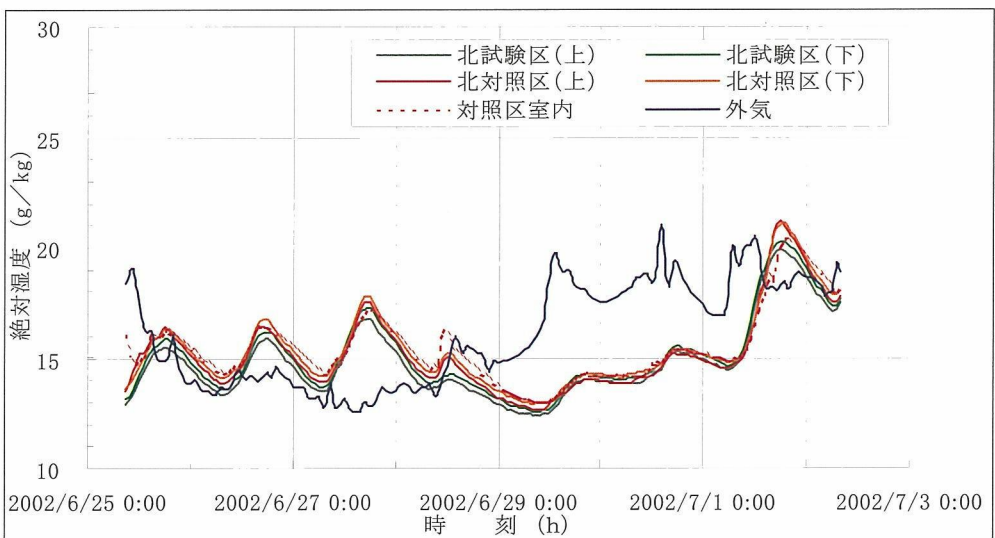


図 38 北壁内の絶対湿度経時変化

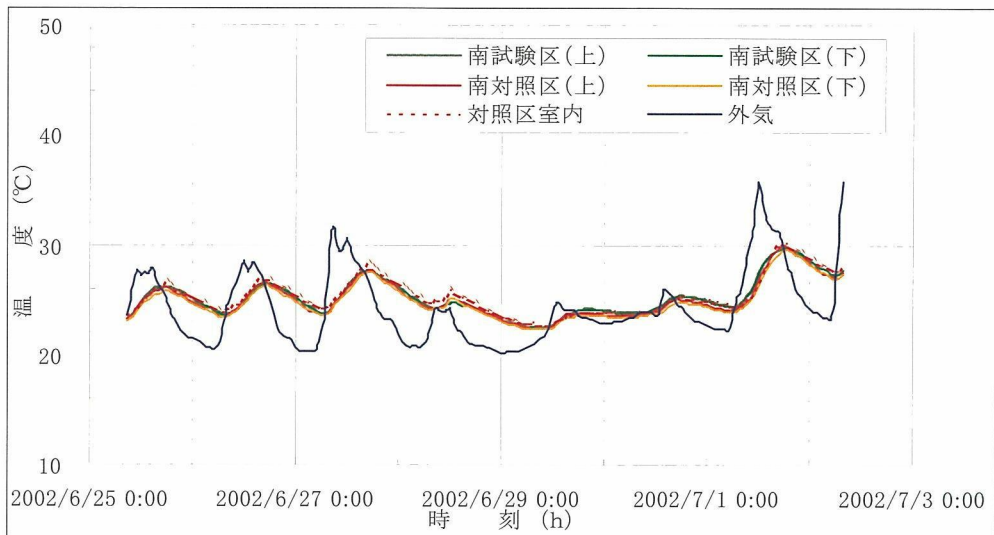


図 39 南壁内の温度経時変化

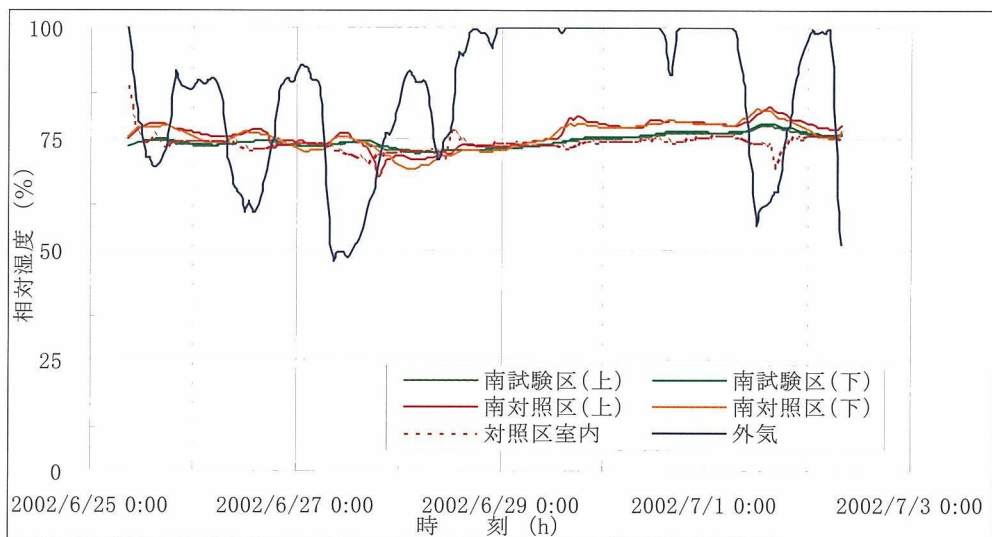


図 40 南壁内の相対湿度経時変化

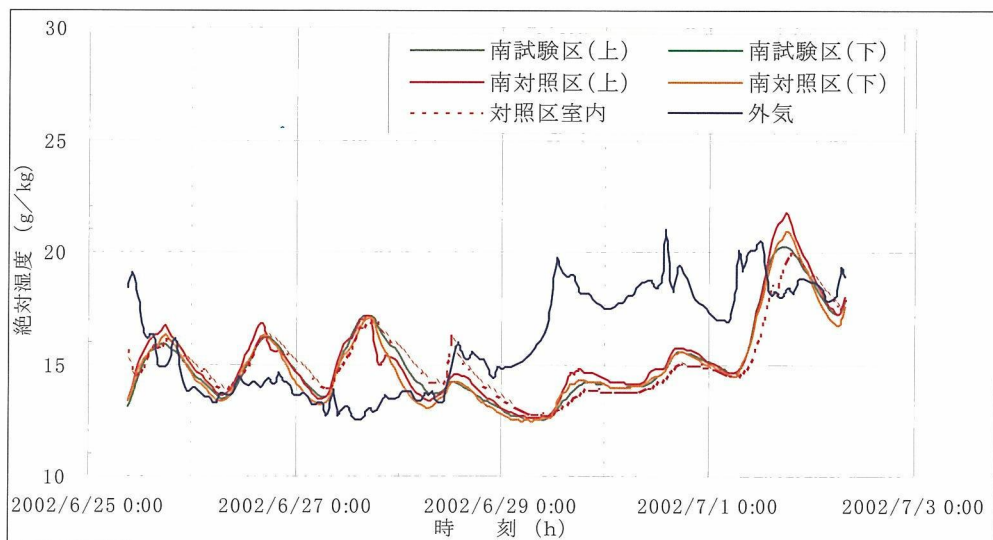


図 41 南壁内の絶対湿度経時変化

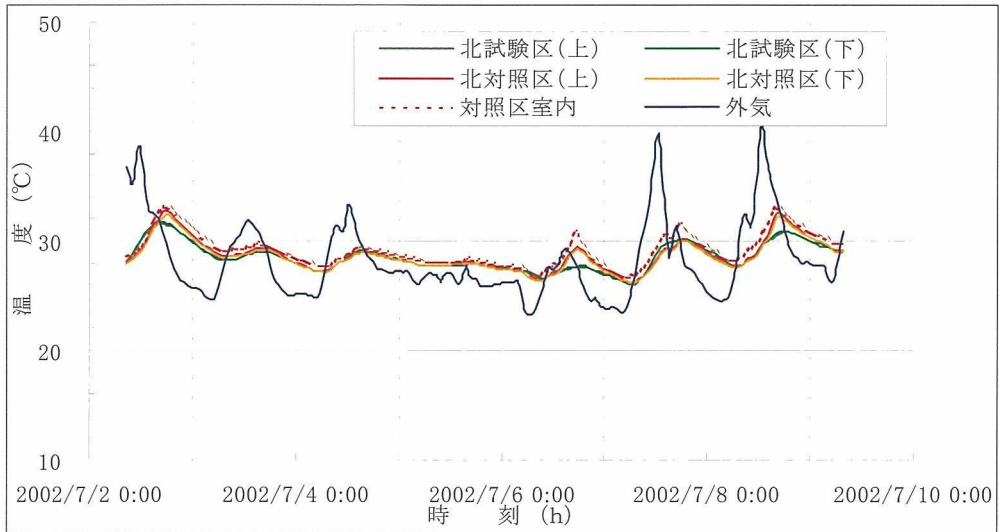


図42 北壁内の温度経時変化

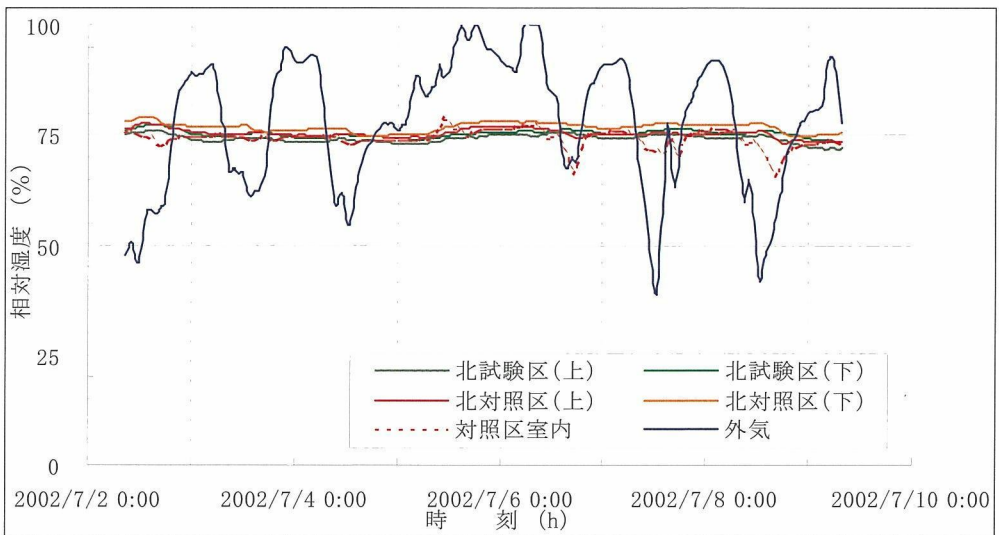


図43 北壁内の相対湿度経時変化

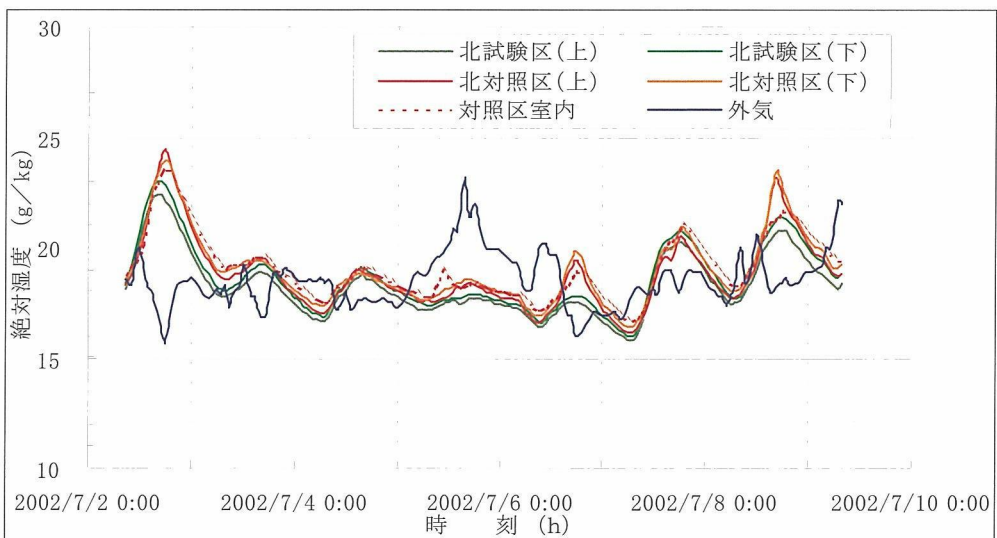


図44 北壁内の絶対湿度経時変化

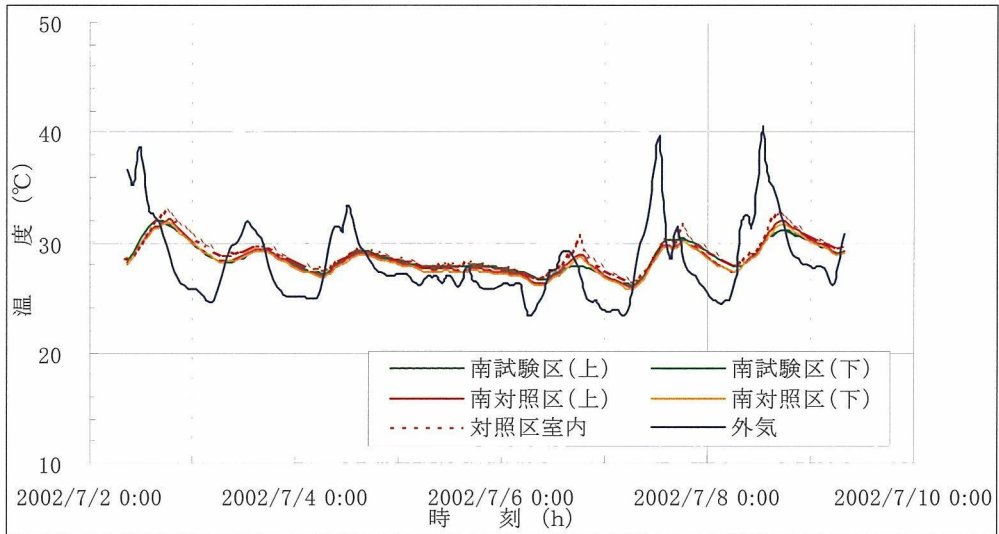


図 45 南壁内の温度経時変化

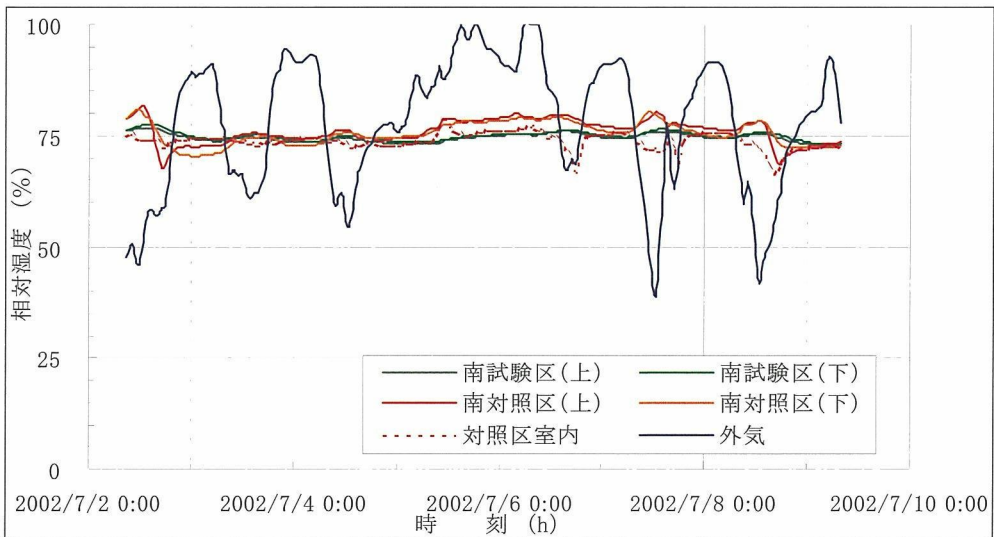


図 46 南壁内の相対湿度経時変化

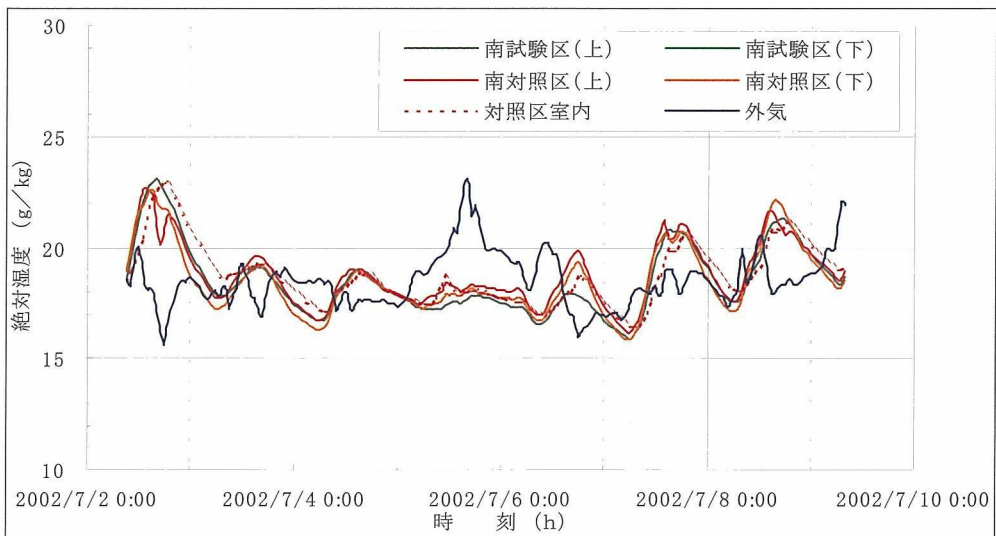


図 47 南壁内の絶対湿度経時変化

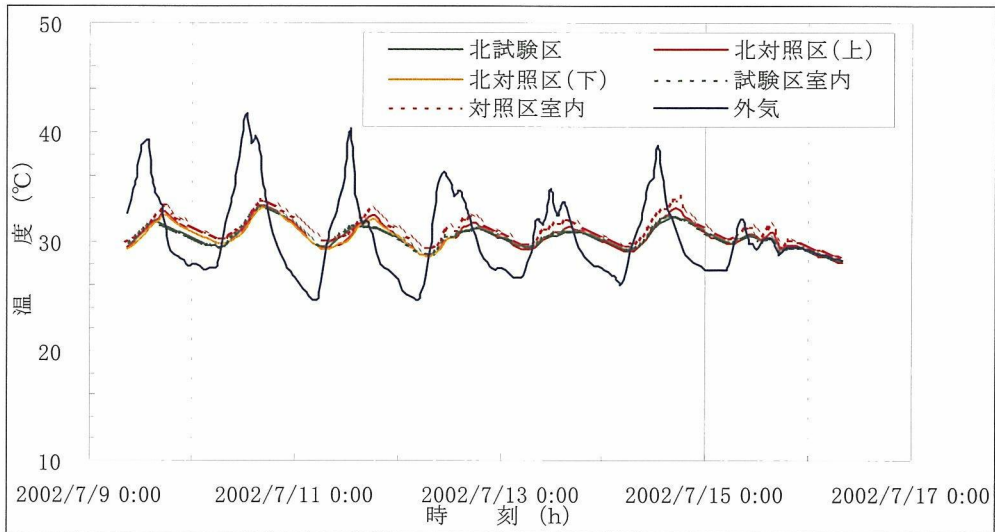


図 48 北壁内の温度経時変化

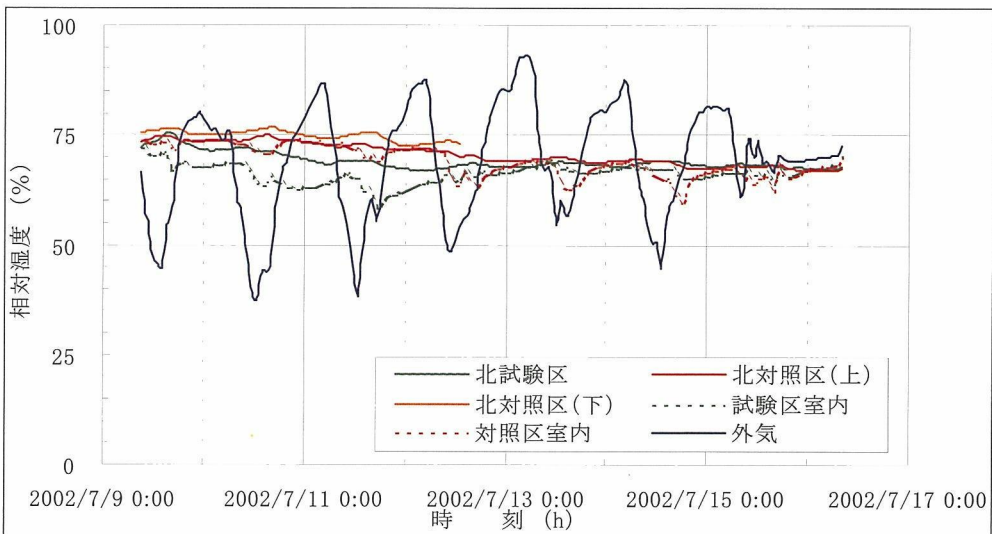


図 49 北壁内の相対湿度経時変化

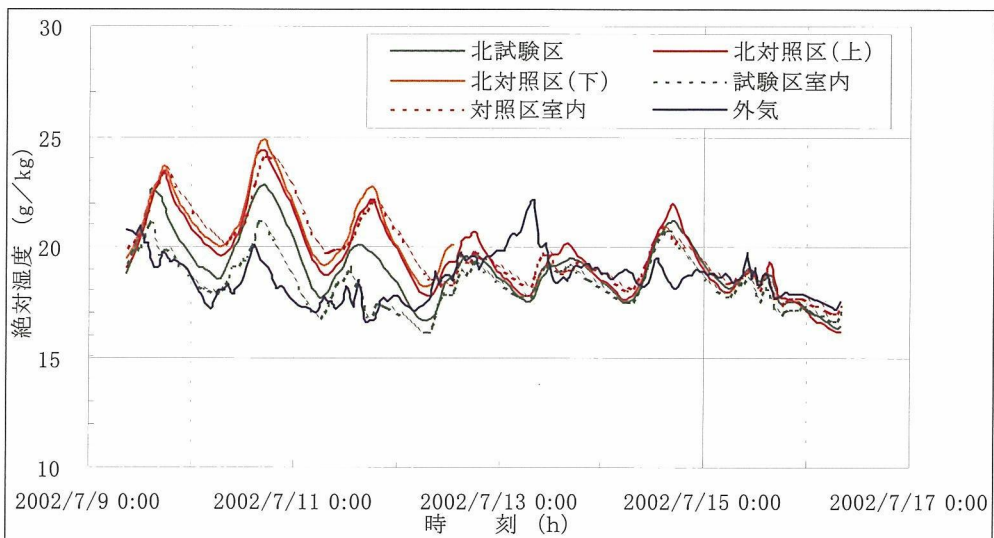


図 50 北壁内の絶対湿度経時変化

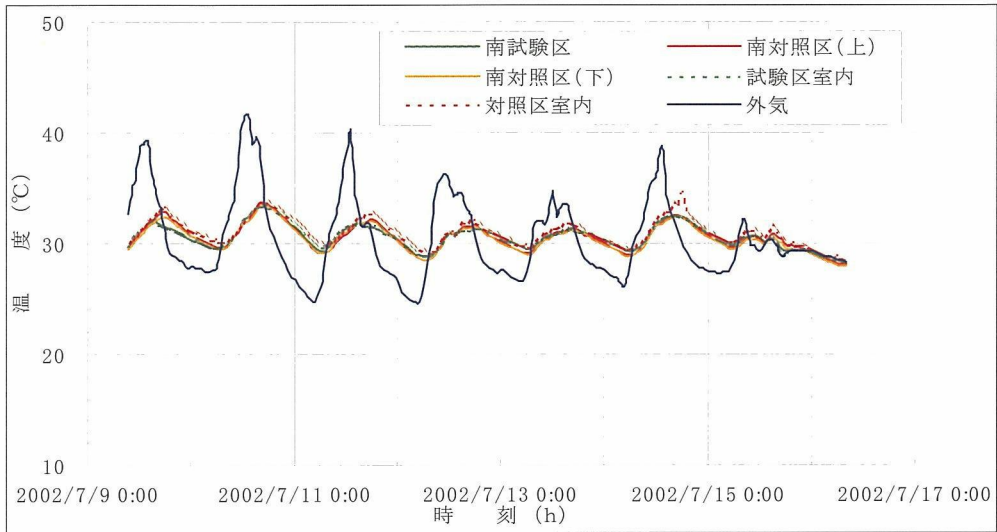


図 51 南壁内の温度経時変化

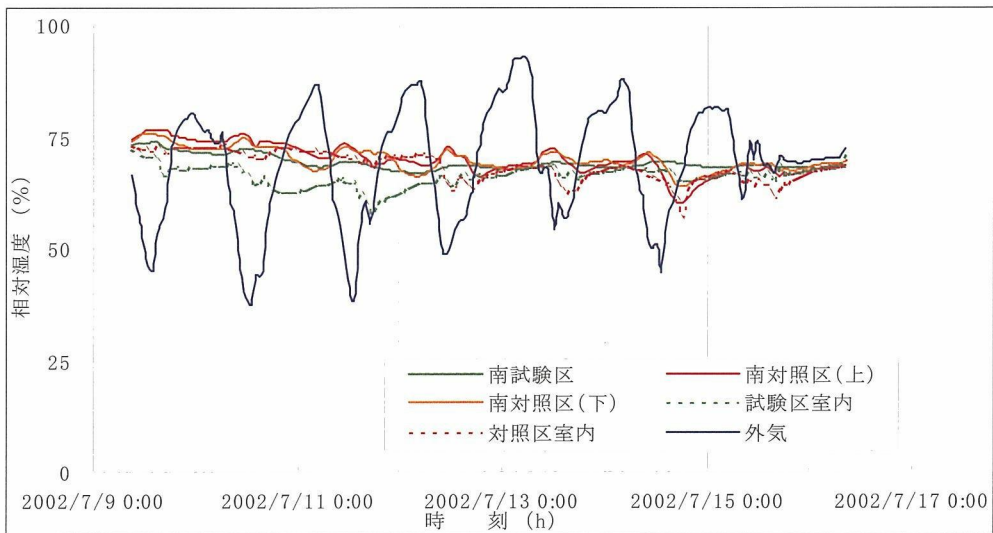


図 52 南壁内の相対湿度経時変化

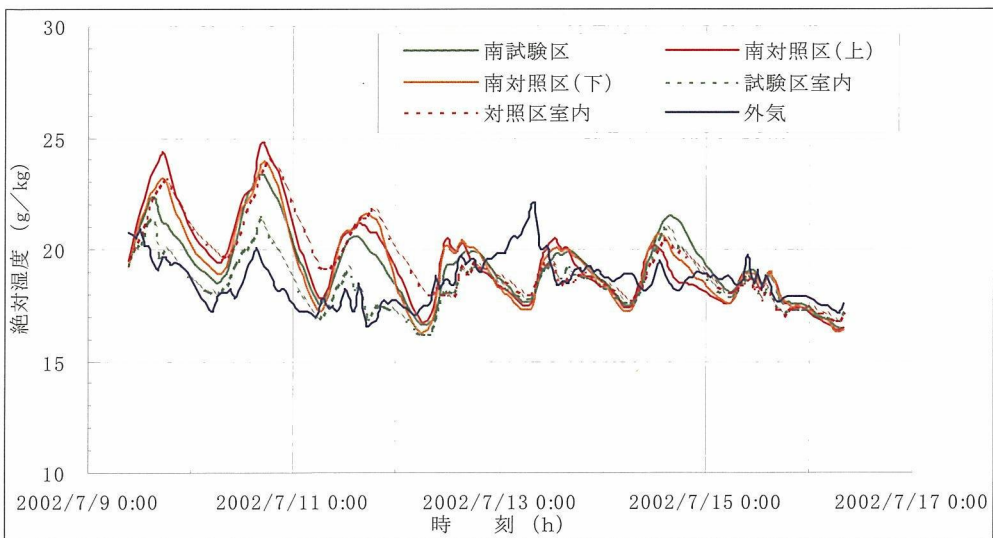


図 53 南壁内の絶対湿度経時変化

④ 壁内温湿度測定風景

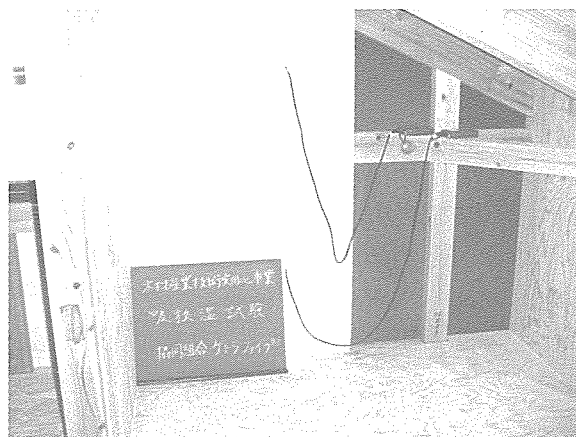


写真13 試験区 (北側)

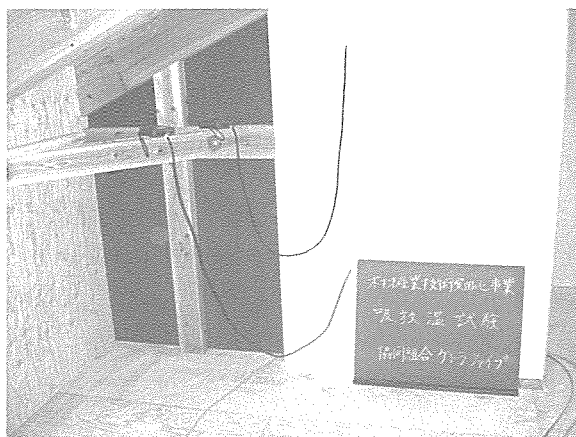


写真14 試験区 (南側)

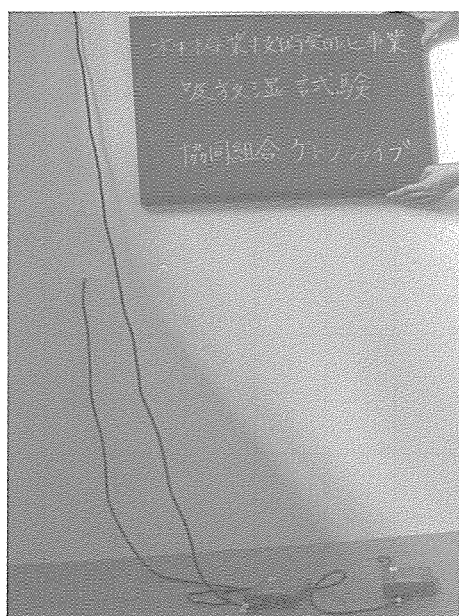


写真15 対照区 (北側)

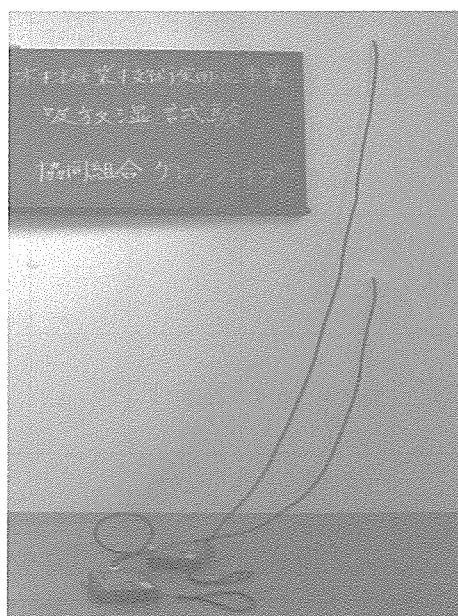


写真16 対照区 (南側)

5.2 天然系塗料選定と塗布方法等の調査研究

5.2.1 天然系塗料の情報収集と選定

炭化物成型ボードの主原料に竹炭を使用しているため、ボードの吸放湿性能等を損なう塗料を塗布することは問題がある。よって通気性があり、竹炭の効用を損なわない塗料を選定する必要がある。上述のことを踏まえ、天然系塗料の情報収集結果を表 18 に示す。

炭化物成型ボードの性能上、重要な項目になる素地呼吸確保、各種性能を比較した場合、B、E、G の 3 種が選定できる。

このうち、G においては成分に竹炭微粉砕を使用し、炭化物成型ボードと同様な吸着性能を持つことが選定の大きな要因となる。表 18 の成分からもボードの性能を阻害するようなものは確認できない。価格面においても㎡あたり塗布するのに、550 円と 3 種のなかでも中間の価格帯でありランニングコストの面からにおいても取り込める価格にある。成分、性能、価格面から検討した場合 G を選定することが妥当である。

表 18 天然系塗料比較

製品名	製造	成分	乾燥時間	素地呼吸確保	性能						曇りぬきの不可	色数
					VOC 無放散	防虫	抗菌	防かび	耐汚染	耐候性		
A		植物性顔料、植物油、土性・鉱物性顔料他	1日1工程									
B	1回塗り 167円/㎡ 2回塗り 324円/㎡	天然油、ヒバ油、顔料 他		○	○	○	○	○	○	○	○	12
C				○	○					○		
D	2回塗り 400~500円/㎡	鉱物性顔料 他		○	○					×	△	10
E	1回塗り 1,200円/㎡ 2回塗り 2,100円~2,400円/㎡			○	○	○	○	○	○	○	○	1~17
F		植物抽出顔料	10~20分	○			○	○	○	○	○	3
G	カラー 17リットル缶 33,000円600ml分 黒色 17リットル缶 25,000円	竹炭微粉砕・貝殻焼成 カルシューム 他		○	○	○	○	○	○	○	○	オーダー可能

5.2.2 塗料塗布の有無によるホルムアルデヒド吸着性能と吸放湿性能の相違

1) ホルムアルデヒド吸着性能試験

① 試験体

試験体は炭化物成型ボードの「竹炭ボード」と「ラ・カルボボード」、そして両者に塗料を塗布したボード（以下「カラー／竹炭ボード」、「カラー／ラ・カルボボード」と呼ぶ。）の4種類とした。なお、塗料塗布量は $0.03\text{g}/\text{cm}^2$ とした。

試験体寸法は表19の通りで表面積を 120cm^2 とし、試験体個数を各3個とした。

また、試験体は 105°C で24時間乾燥させた後、シリカゲルデシケータに入れ室温まで冷却した。

表19 試験体

種類	寸法 (cm)
竹炭ボード	7.1×5×2
カラー／竹炭ボード	7.1×5×2
ラ・カルボボード	8.7×5×1.2
カラー／ラ・カルボボード	8.7×5×1.2

② ガス調整

原ガス調整は、テドラー®バッグ（以下バッグと呼ぶ）に窒素ガス約50Lを入れ、マイクロシリンジを用いてホルマリン溶液（濃度37%）をバッグ内に注入した。次に、バッグ内の溶液をドライヤーで気化させ、しばらく室温下で放置した後、バッグ内の濃度をガス検知管で測定し、ホルムアルデヒド濃度を20ppmに調整した。

③ 試験方法

テドラー®バッグ（5L）に試験体を入れた後、原ガスを約4L入れ、バッグ内のホルムアルデヒド濃度の経時変化を表20に示すガス検知管（株式会社ガステック）で測定した。なお、試験は3回行った。

表20 検知管測定範囲

ガス	検知管名	測定範囲 (ppm)
ホルムアルデヒド	91	2~20
	91L	0.1~5.0

④ 結果と考察

結果は表 21、図 54、55、56 に示すように「竹炭ボード」と「ラ・カルボボード」とともに塗料塗布の有無に関係なくほぼ同等の濃度変化を示した。したがって、両者とも初期濃度 20ppm からのホルムアルデヒド吸着性能は塗料塗布によって減衰しないことが期待できる。

表 21 ホルムアルデヒド濃度

単位: ppm

時間 (分)	ブランク			竹炭ボード			カラー/ 竹炭ボード			ラ・カルボボード			カラー/ ラ・カルボボード		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
15	20	20	20	4	3	3.5	4	4	4	8	7	7	8	7	7
30	20	20	20	1.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	4	3	3	4	3	4
60	20	20	20	0.7	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	2	1	1	2	1	1
120	20	20	20	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5
180	20	20	20	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
240	20	20	20	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

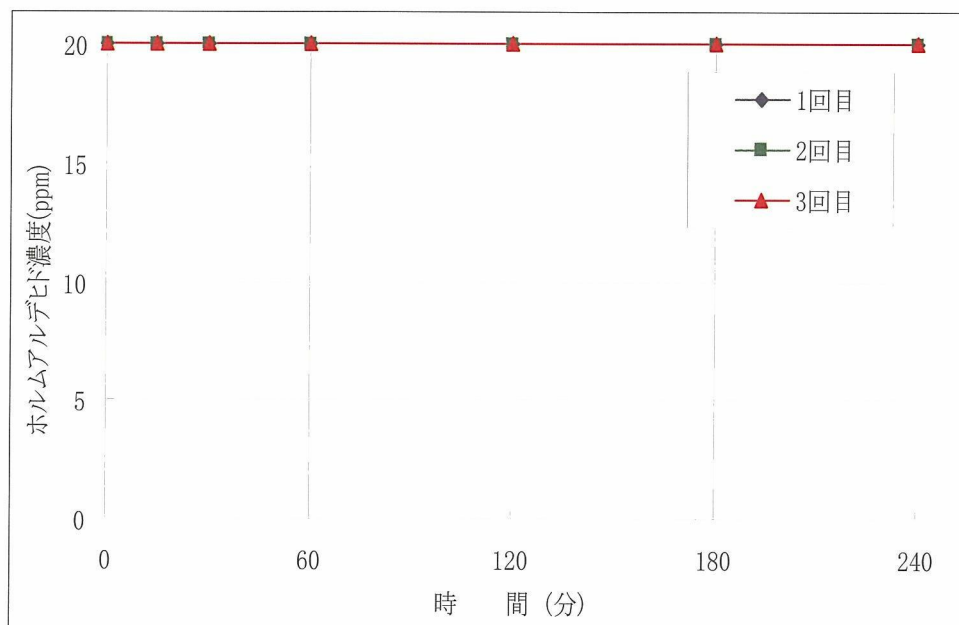


図 54 ホルムアルデヒド濃度経時変化 (ブランク)

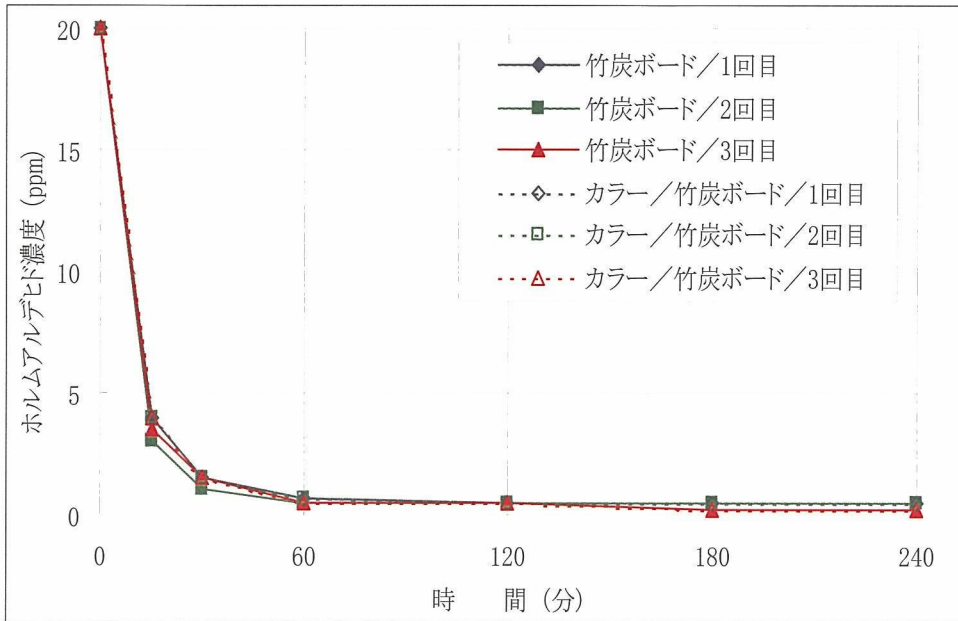


図 55 ホルムアルデヒド濃度経時変化 (竹炭ボード)

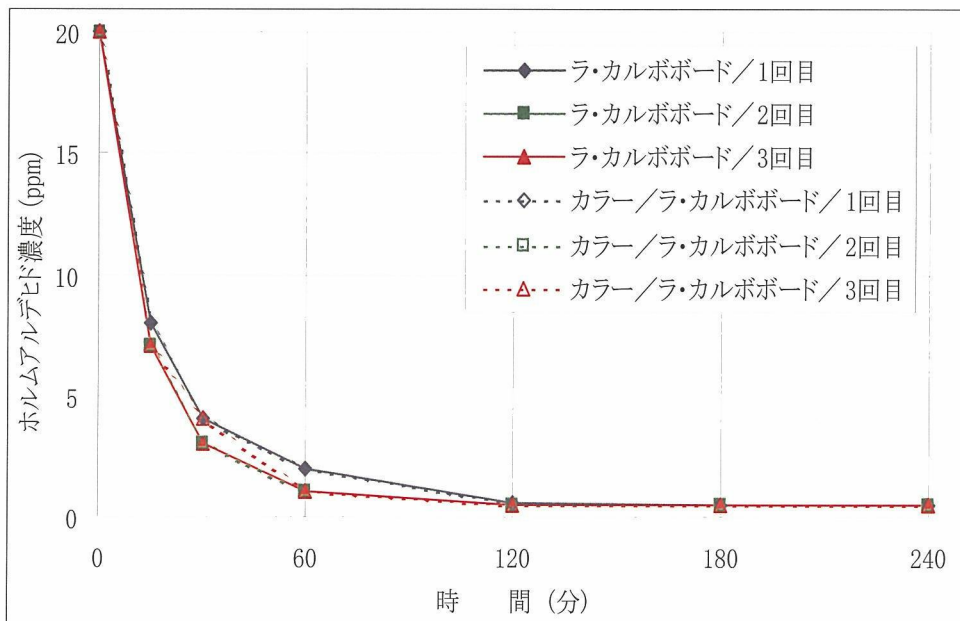


図 56 ホルムアルデヒド濃度経時変化 (ラ・カルボボード)

⑤ ホルムアルデヒド吸着性能試験風景



写真17 ホルムアルデヒド濃度測定①



写真18 ホルムアルデヒド濃度測定②

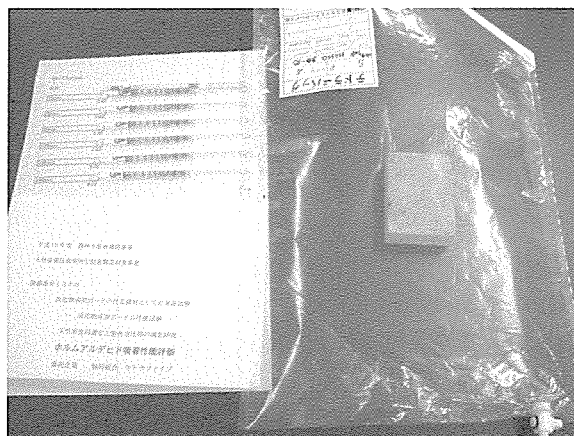


写真19 ホルムアルデヒド濃度測定③

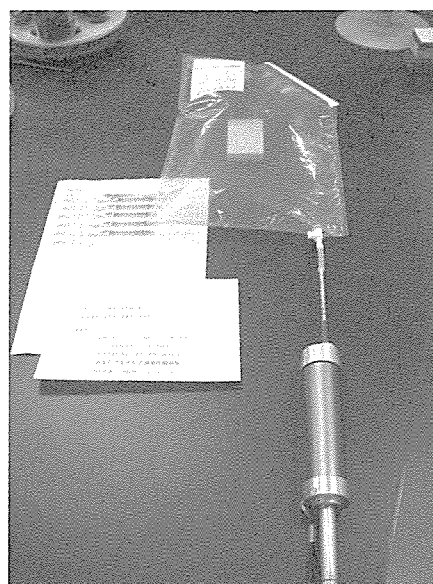


写真20 ホルムアルデヒド濃度測定④

2) 吸放湿性能試験

① 試験体

試験体は「竹炭ボード」と「ラ・カルボボード」、両者に塗料を塗布した「カラー／竹炭ボード」と「カラー／ラ・カルボボード」の計4体とした。試験体寸法は表22の通りで表面積を470 cm²とし、試験体個数を各3個とした。

表22 試験体

種類	寸法 (cm)
竹炭ボード	20×9×2
カラー／竹炭ボード	20×9×2
ラ・カルボボード	20×10×1.2
カラー／ラ・カルボボード	20×10×1.2

② 試験方法

各試験体を25℃、50%RHの恒温恒湿装置内に置き、各試験体の恒量を測定した。次に装置内を25℃、90%RH(吸湿条件)にし経過6時間と24時間の各試験体の重量を測定した。そして再び25℃、50%RH(放湿条件)にし、その6時間後と24時間後の重量を測定した。これらの操作は表23の通りである。

表23 試験条件

重量測定時間 (h)	養生	0	6	24	30	48	54	72	78	96
条件	25℃ RH50%	25℃ RH90%	→	25℃ RH50%	→	25℃ RH90%	→	25℃ RH50%	→	終了

③ 算出方法

吸放湿量は以下の式で求めた。

$$W = (W_h - W_0) / A$$

W : 吸放湿量 (g/m²)

W₀ : 25℃50%RHにおける試験片の平衡重量 (g)

W_h : h時間における試験片重量 (g)

A : 試験片の表面積 (m²)

④ 結果と考察

結果は図 57、58 に示すように「竹炭ボード」と「ラ・カルボボード」それぞれ塗料塗布の有無に関係なくほぼ同じ吸放湿量経時変化を示した。したがって、両者とも塗布によって吸放湿量が減衰しないと期待できる。

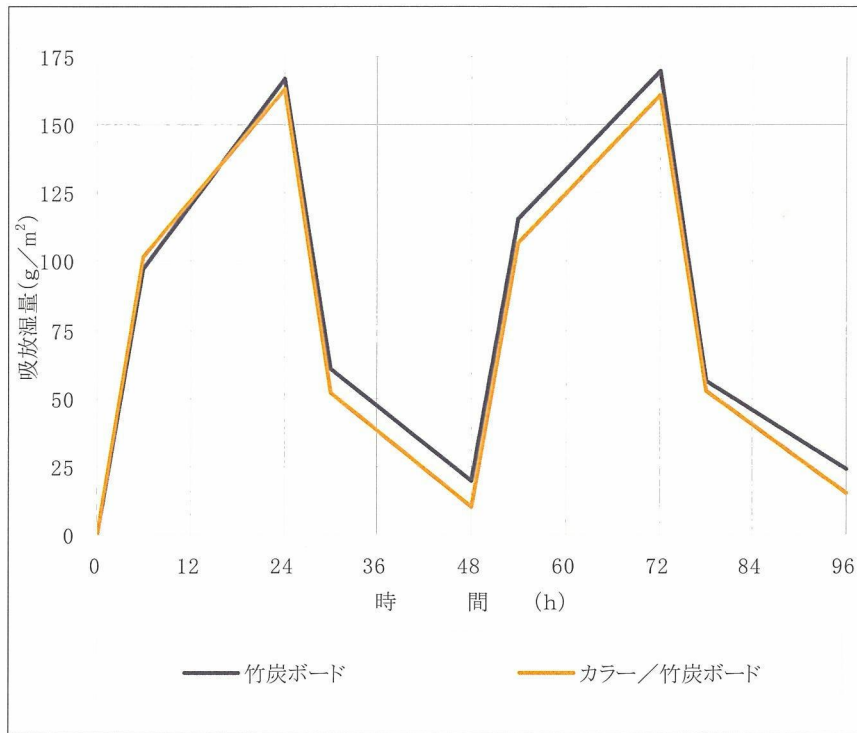


図 57 吸放湿量経時変化 (竹炭ボード)

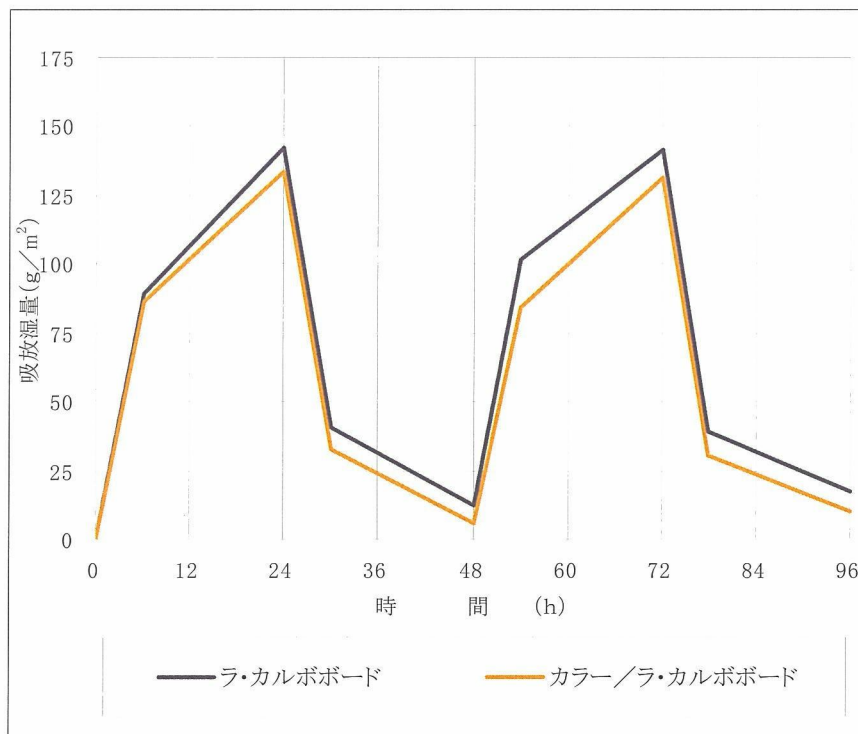


図 58 吸放湿量経時変化 (ラ・カルボボード)

⑤ 吸放湿性能試験風景



写真 21 恒温恒湿装置①



写真 22 恒温恒湿装置②

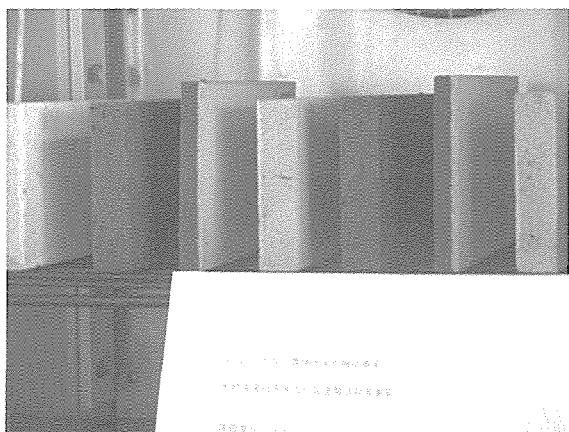


写真 23 試験体設置状態

5.2.3 カラーバリエーションの検討

炭化物成型ボードが黒色であるため意匠性が低い。そこで意匠性の向上をはかるため、写真 24 のように、塗料のカラーリングの検討を行った。カラーの種類はオーダーにより、どのような色も可能だが、通常の内装材のカラーリングで使用される白色、青系統、赤系統の3色で検討した。黒色の上から塗布するため白色の場合重ね塗りの程度でデザインが異なり、炭の粒が目立つグレイに近い感じのものから白色が強いものまでできる。他の色についても問題なく塗布できることが明らかとなった。(写真 25)



写真 24 塗料によるカラーバリエーション

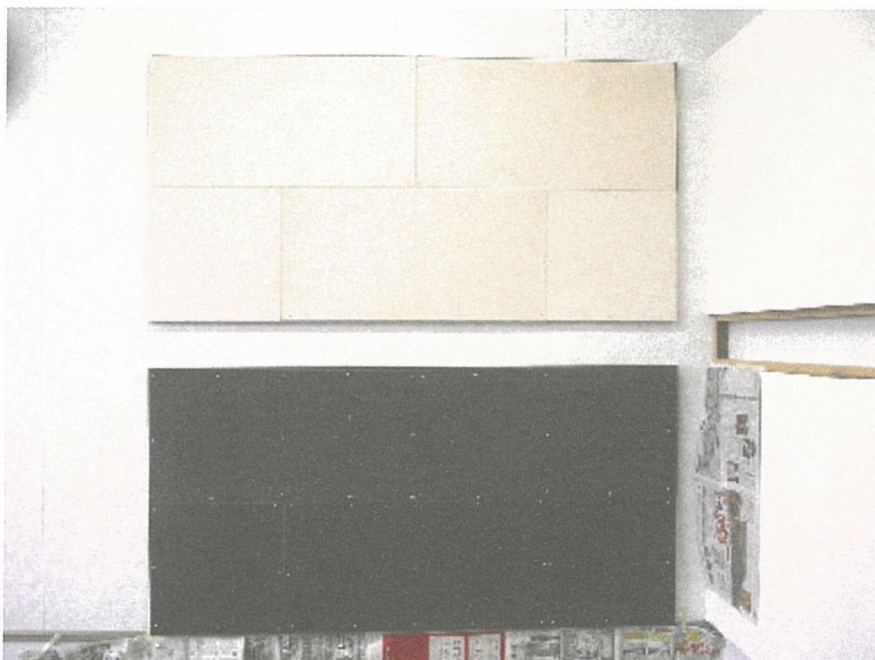


写真 25 カラーリング (白と黒)

5.2.4 塗布方法の検討と室内施工時の作業性調査

1) ローラーでの塗布

準備するものは、塗料（20%希釈）、写真26に示すローラーと塗料をいれる容器である。

ローラーでの塗布は、炭化物成型ボードの吸水性により若干塗料を吸水する傾向がみられた。1回塗りでは色むらもみられるが、使用においては重ね塗りすることで問題はない。次に塗料をお湯で20、40、60%と希釈し、それぞれの塗布面積の比較をしたが、結果としては60、40%では3 m²/缶程度の塗布面積に差がでるが、ボードの吸水性を考えた場合、希釈 20%で塗布することが仕上がりが最も最適である考えられる。

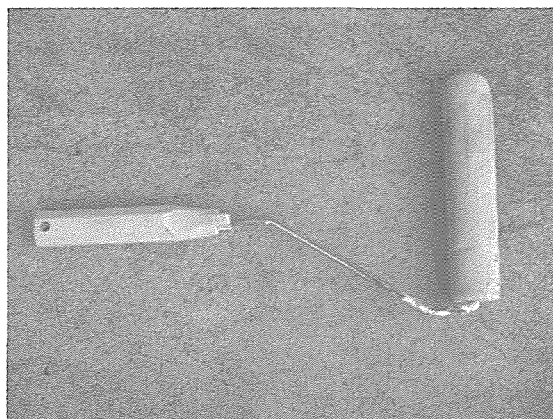
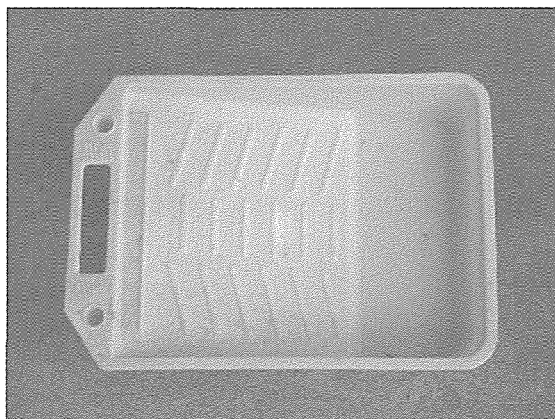


写真26 カラーリング用塗料容器とローラー

2) エアースプレーでの吹き付け

準備するものは、エアガンとコンプレッサーである。

作業性向上を図るため、エアガンとコンプレッサーを用いて吹き付けを検討した。その結果、塗料中の粗い粒子がエアガンのフィルターに詰まり吹き付けできない状態になった。そこで、粉碎し吹き付けを行ったが色むらの問題が生じた。また、作業性としては問題がある。今後さらに検討する必要がある。

施工状況および施工後の炭化物成型ボードの状況を写真27、28に示した。

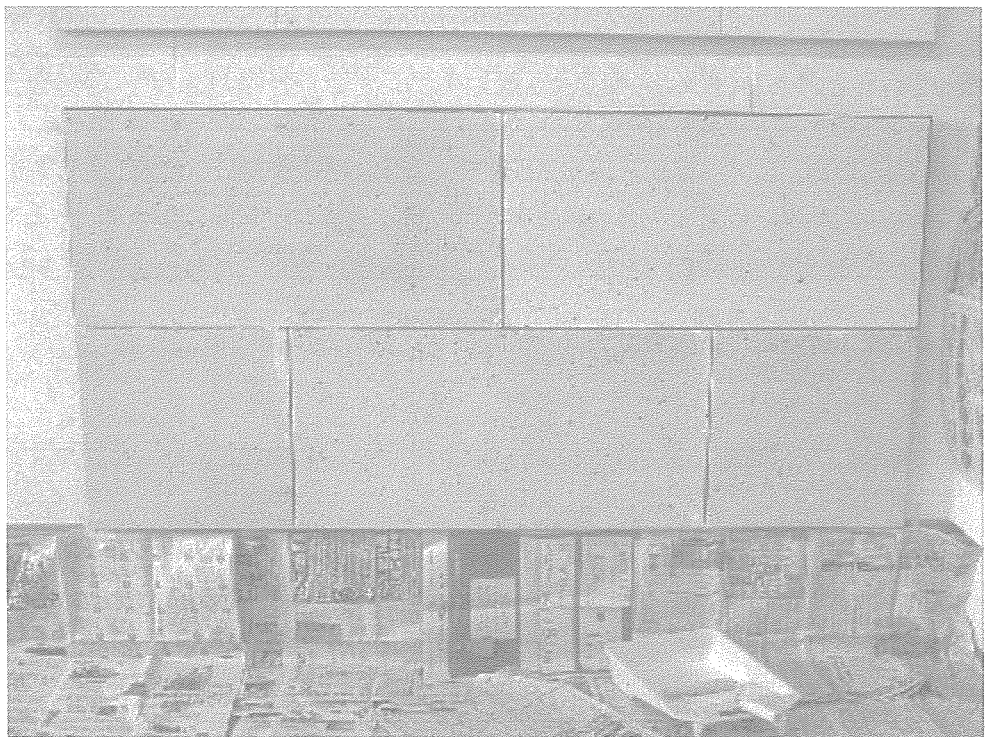
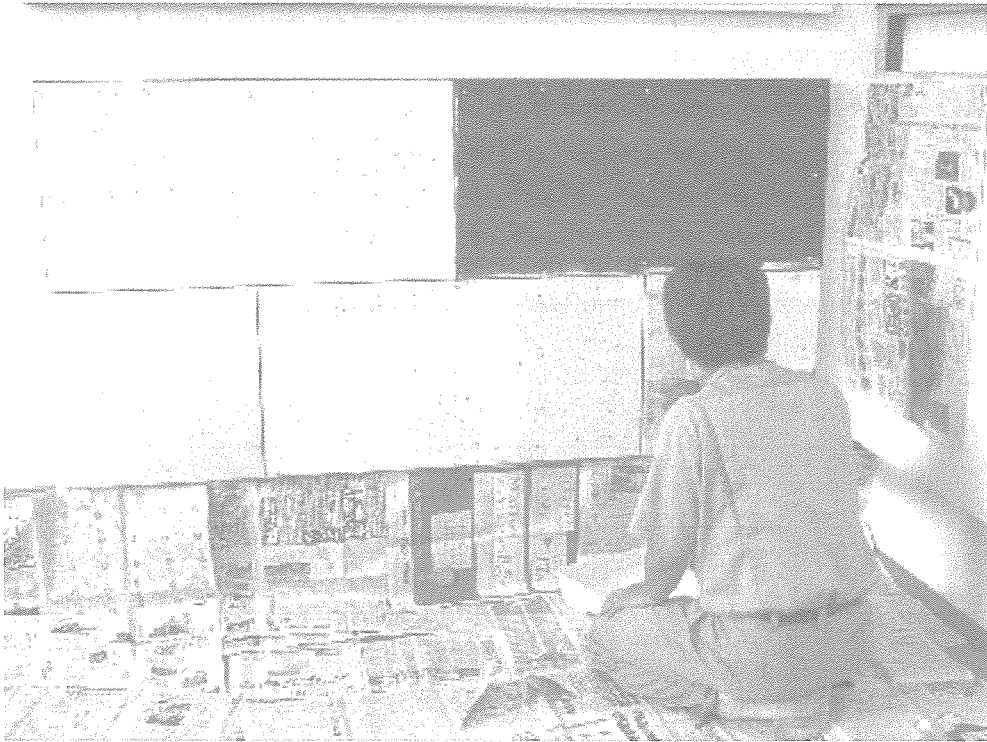


写真27 カラーリングの作業状況①

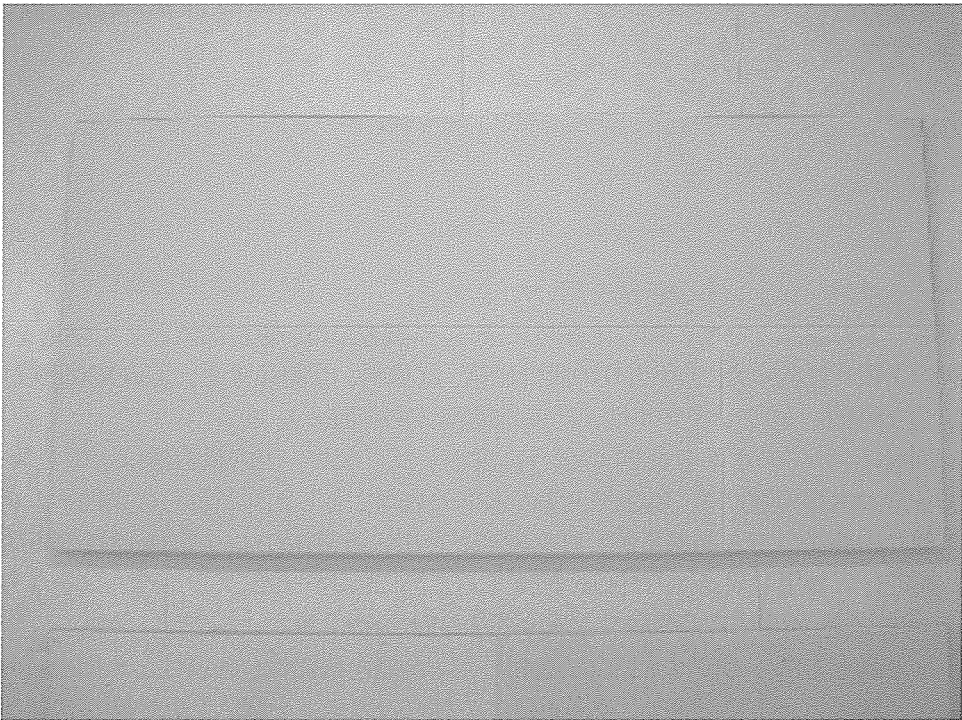
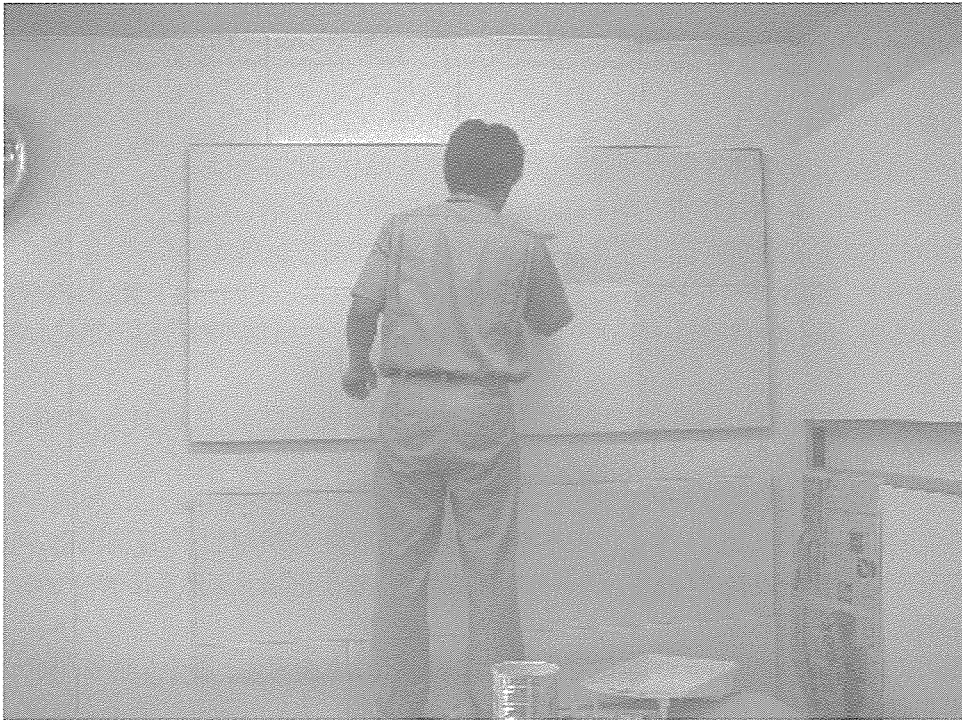


写真28 カラーリングの作業風景 ②

5.3 炭化物成型ボードの難燃性試験

難燃性能を有していることは炭化物由来であるので、ラボ実験では回答を得ている。しかし、室内の内装材に使用する場合、国土交通省が定める準不燃材料の認定取得が炭化物成型ボードの普及につながる。そこで、国土交通省の指定機関である（財）建材試験センターの中国試験所に防火材料試験を委託した。

試験成績は資料として、巻末に添付した。

まず、国土交通省が定める準不燃材料基準値は総発熱量 $8\text{MJ}/\text{m}^2$ 以下である。

炭化物成型ボードは、約 $16\text{MJ}/\text{m}^2$ と準不燃材料の 2 倍程度の値を示した。

炭化物成型ボードの防火性能を向上させるため、不燃材料であるシラスバルーンを積層、混合した（以下、積層ボード、混合ボードと呼ぶ）。この積層ボードは、ボードのかさ比重と積層厚さにより総発熱量が異なるが、炭化物成型ボードより防火性能が高く、中には準不燃材料の認定取得が期待できる値を示した。

混合ボードは、ボードのかさ比重により総発熱量が異なった。総発熱量は、約 $11\sim 14\text{MJ}/\text{m}^2$ を示し、準不燃材料基準値を上回ったが、炭化物成型ボードの防火性能向上が見られた。

以上の結果より、炭化物成型ボードに不燃材料であるシラスバルーンを積層および混合することにより、防火性能向上が図られた。しかし、準不燃材料認定を取得するには、今後炭化物成型ボードのかさ比重、積層厚さや混合割合の検討、ボードの構成物である炭化物と天然系接着材セルコラーズ[®]の難燃化が必要と考えられる。

なお、本課題では炭化物成型ボードを住宅内装材に用いることを考え、国土交通省が定める準不燃材料認定取得を目指したが、同省が定める難燃材料認定の取得は大いに期待できる。

5.4 市場調査

5.4.1 調査方法

1) 調査票

調査方法としてコンジョイント分析法を用いた。

炭化物成型ボードの商品としての属性は多岐に及ぶ。当調査では、使用部位として壁用を想定した。商品属性は次の 7 項目に絞った。①坪当りの設計価格、②原料、③製品寸法、④VOC(揮発性有機化合物)の吸着性、⑤吸湿性、⑥リサイクル性、⑦産地(国産か外国産か)。

7 属性それぞれについての水準を表 24 のように設定した。なお、表の最右欄は水準の数を表している。属性①～③の水準の数は 3、属性④～⑦の水準の数は 2 とした。これらの属性・水準を組み合わせると 432 通りの商品ができあがるが、直交配列表を用いる常法によって 16 通りの商品にまとめた。さらに、推定した効用の妥当性を評価、検定するために、ホールアウトケースを 2 件加え、計 18 通りにまとめた。18 通りの商品プロフィールを表 25 に示す。

コンジョイント調査方法としては全概念法を用いた。全概念法では、各属性と水準を組み合わせで作成した商品を一連のカードに記述し、被検者にはこれらのカードを購入したい順番に並べ替えてもらい、その順位を回答欄に記入してもらうという回答手順をとる。

表 24 属性と水準

	属性	水準			
①	設計価格/坪	8,100	12,500	26,400	3
②	原料	木・竹炭	グラスウール・ロックウール	ウレタンフォーム	3
③	最大寸法(mm)	500×1000	910×910	910×1,820	3
④	VOC 吸着性	有	無		2
⑤	吸湿性	有	無		2
⑥	リサイクル性	可	不可		2
⑦	産地	国内産	外国産		2

表 25 18通りの商品プロフィール

No	価格(円)/坪	原料	寸法	VOC 吸着	吸湿性	リサイクル性	国産・輸入	備考
1	26,400	グラスウール	500×1000	有	無	不可	国産	
2	26,400	木・竹炭	910×910	無	有	不可	国産	
3	8,100	木・竹炭	910×1820	有	無	不可	外国産	
4	12,500	木・竹炭	910×1820	有	有	不可	国産	
5	12,500	木・竹炭	500×1000	無	無	可	外国産	
6	8,100	ウレタンフォーム	500×1000	有	有	不可	外国産	
7	8,100	木・竹炭	500×1000	有	有	可	国産	
8	8,100	木・竹炭	910×910	無	無	不可	外国産	
9	8,100	木・竹炭	500×1000	無	有	可	国産	
10	8,100	グラスウール	910×1820	無	無	可	国産	
11	8,100	グラスウール	910×910	有	有	不可	国産	HOLD OUT CARD
12	26,400	ウレタンフォーム	910×1820	無	有	可	外国産	
13	8,100	ウレタンフォーム	910×910	有	無	可	国産	
14	8,100	グラスウール	500×1000	無	有	不可	外国産	
15	26,400	木・竹炭	500×1000	有	無	可	外国産	
16	8,100	グラスウール	910×910	無	無	可	国産	HOLD OUT CARD
17	12,500	ウレタンフォーム	500×1000	無	無	不可	国産	
18	12,500	グラスウール	910×910	有	有	可	外国産	

2) 調査の対象

調査方法は全国の工務店・建設会社を対象に別紙内容を送付したが、アンケートの回答率が悪かったために、電話による説明と記入を依頼した結果、42社の回答を得た。図59に回答工務店等の年間建築棟数の度数分布を示す。対象とした工務店等の年間建築棟数は平均21.0棟、最多で120棟、最少で6棟であった。また、地域別では鹿児島県10社、その他九州21社、中四国11社であった。

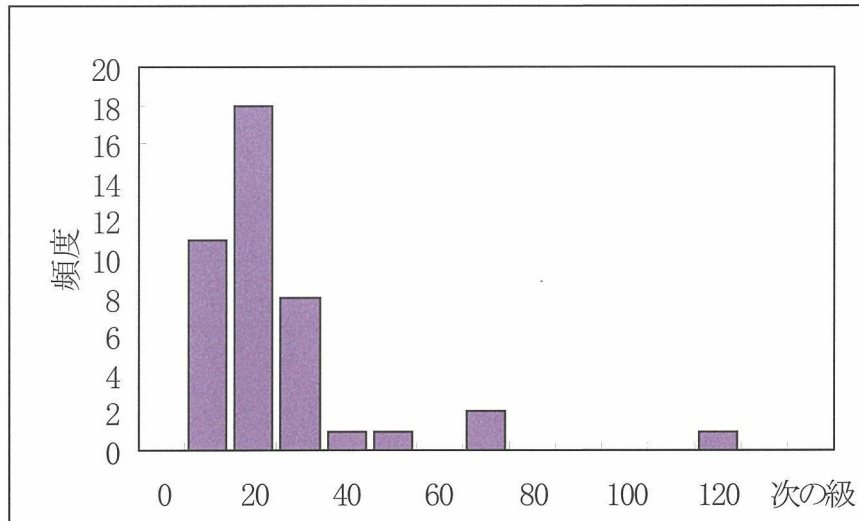


図59 対象工務店等の年間建築棟数

5.4.2 結果と考察

1) 分析結果の信頼性

ホールドアウトケースは、被検者による順位付けの妥当性評価に使うのが目的である。今回の調査では2ケースを加えた。ホールドアウトケースは、効用値の算出には使用せず、算出された部分効用値が妥当であるかを評価するために用いる。すなわち、被検者の回答を基に算出した部分効用値からホールドアウトカードの評価値を算出し、被験者の評価値と比較し、両者が良く一致していれば、部分効用値の推定結果は信頼できると判断できる。実際の測定値(観測値)とコンジョイントモデルによって推定された値との相関係数は0.995であった。したがって、両者は非常に良く一致していることが確かめられた。また、ケンドールの順位相関係数は0.983であった。したがって、当調査によって得られた結果を基に推定された部分効用値は十分に信頼できると判断される。

2) 分析結果

図60に7属性についての寄与率(被検者が重視した程度)を示す。7属性についてはすでに述べたが、再度記載すると次のようである。①坪当りの設計価格、②原料、③製品寸法、④VOC(揮発性化学物質)の吸着性、⑤吸湿性、⑥リサイクル性、⑦産地(国産か外国産か)。

図60からわかるように、「価格」が最も重視されており、寄与率は約50%を占めた。次いで「原料」、その次は「リサイクル性」と続いた。「産地」についての重視度は最も低かった。

図61～64に、各属性についての効用値を示す。「価格」については(図61)、常識通りに、より低価格のものが選好された。「原料」(図62)については、木・竹炭が最も好まれ、グラスウールは最も敬遠された。「製品寸法」(図63)については、500×1000(mm)が最も効用値が高く、最も好まれたが、910

×910(mm)は最も効用値が低く、敬遠される傾向にあった。「VOC 吸着性」(図 64)と「吸湿性」(図 65)ではその性質を有する方が高い効用値であった。「リサイクル性」(図 66)においても、リサイクル可能の方が高い効用値であった。「産地」(図 67)については、国産の効用値が高かった。

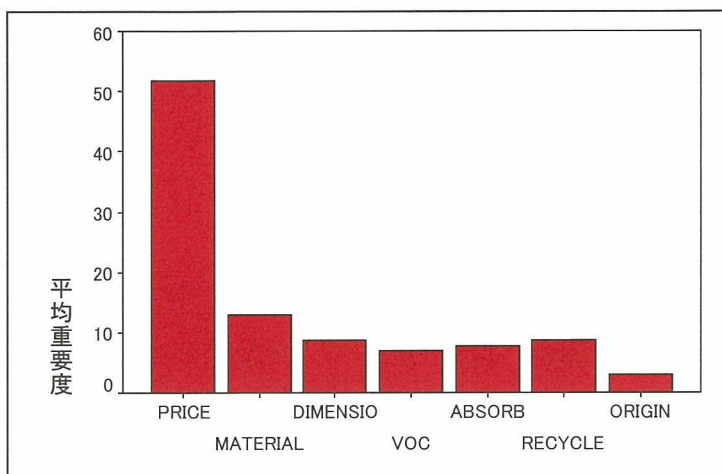


図 60 各属性の寄与率(重要度)

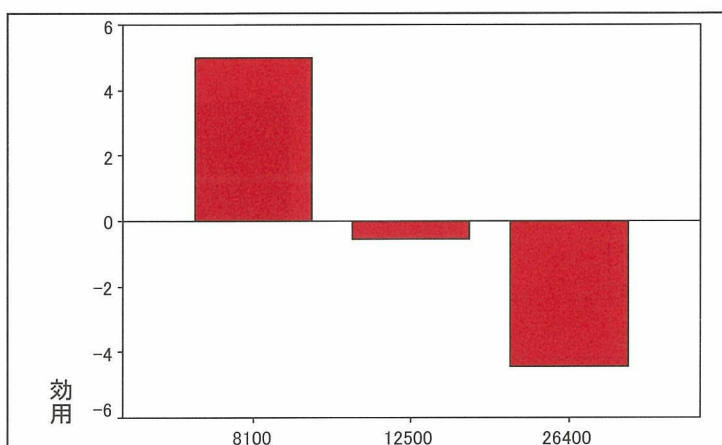


図 61 価格についての部分効用

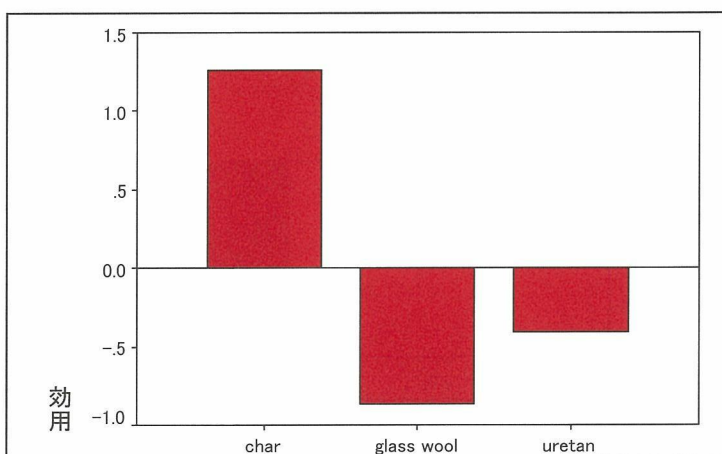


図 62 原料についての部分効用

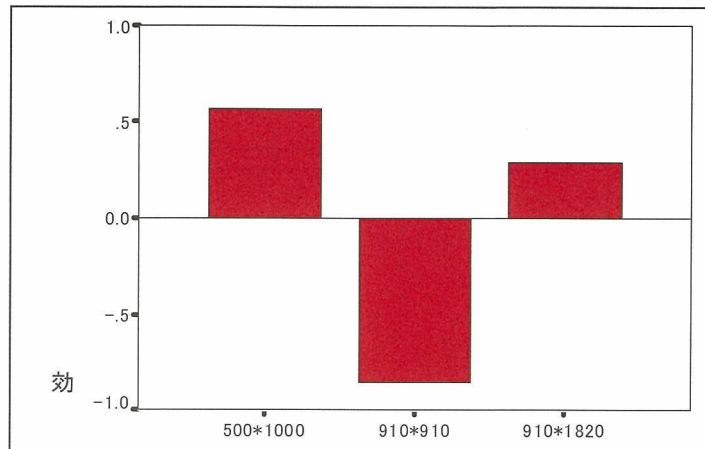


図 63 製品寸法についての部分効用

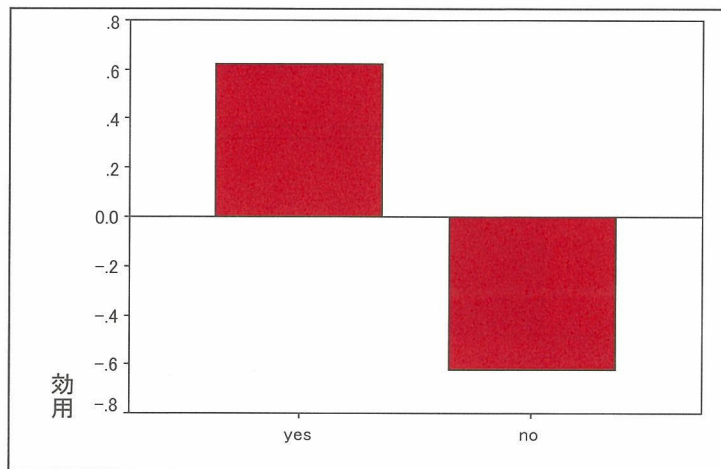


図 64 VOC 吸着についての部分効用

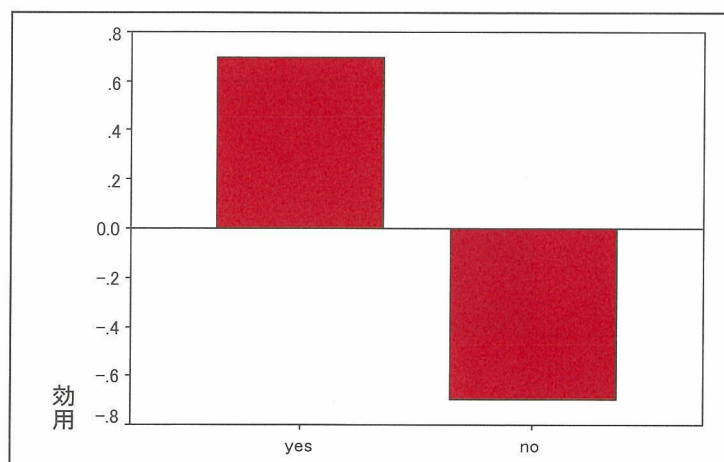


図 65 吸湿性についての部分効用

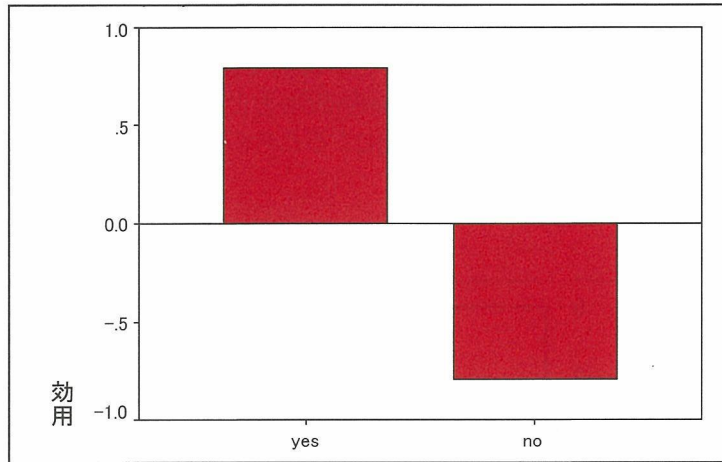


図 66 リサイクル性についての部分効用

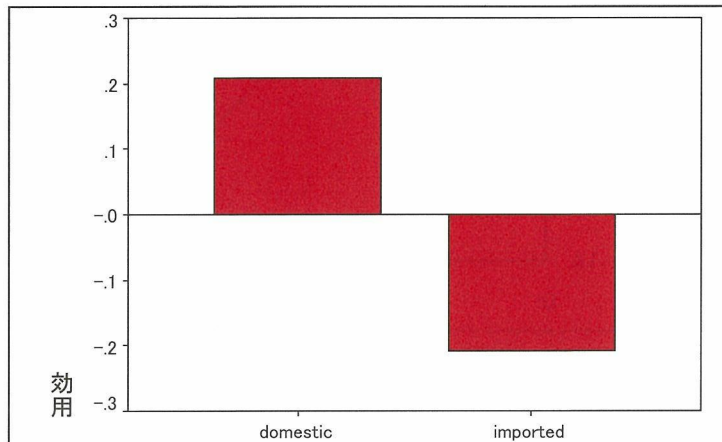


図 67 産地(国産、外国産)についての部分効用

3) 各属性・水準の価格価値の算出

コンジョイント分析によって得られる効用値は、四則演算が可能な実数である。したがって、当方法によって得られた結果を用い、各属性における各々の効用値の差を価格価値に換算することができる。

分析にあたってコンジョイントでは、採用するモデルとして、①離散(Discrete)モデル、②線形(Linear)モデル、③理想点(Ideal point)モデル等を用いて解析する。水準として設定した項目が名義尺度で、水準とデータ間に数量的な関係が仮定されていない場合は、離散モデルを用いる必要がある。価格については必ずしも線形でないことがある。すなわち、購買者は低価格であるほどより好むとは限らない場合がある。このため、当調査の分析にあたっては、価格の水準が必ずしも線形であるとは仮定しなかった。そこで離散モデルを用いたが、解析結果は、前項で明らかになったように、価格水準が増加するほど効用値が減少することが判明した。このように、価格水準は線形モデルを用いても良いことが確かめられた。

図 68 に線形モデルを用いて推定した属性「価格」についての効用値を示す。価格が安い程好まれ、価格と効用値との関係は、効用値を y 、価格を x とすると、 $y = -4.98 \times 10^{-4} \times x$ の関係にあった。

図 69～71 には、それぞれ「リサイクル性」、「VOC 吸着性」、「吸湿性」についての効用を示す。なお、これらの効用値の推定モデルは離散モデルとした。

「リサイクル性」について、「可」と「不可」との効用値の差は 1.58 であった。これを価格に換算すると 3,180 円となる。購買者は、製品にリサイクル可能という属性が備われば、金額として 1 坪当

り 3,180 円を余計に支払う意思があると推定できる。「VOC 吸着性」の場合には 2,500 円/坪、「吸湿性」の場合には 2,790 円/坪を余計に支払う意思があることが推定できた。

以上の結果から、新規に開発・改良する製品の価格設定をどの程度にすれば良いのかの目安が得られた。さらに、当該の製品特性を付加あるいは強化するための開発・改良コストはペイするののかといった面で一つの有力な情報を提供してくれた。

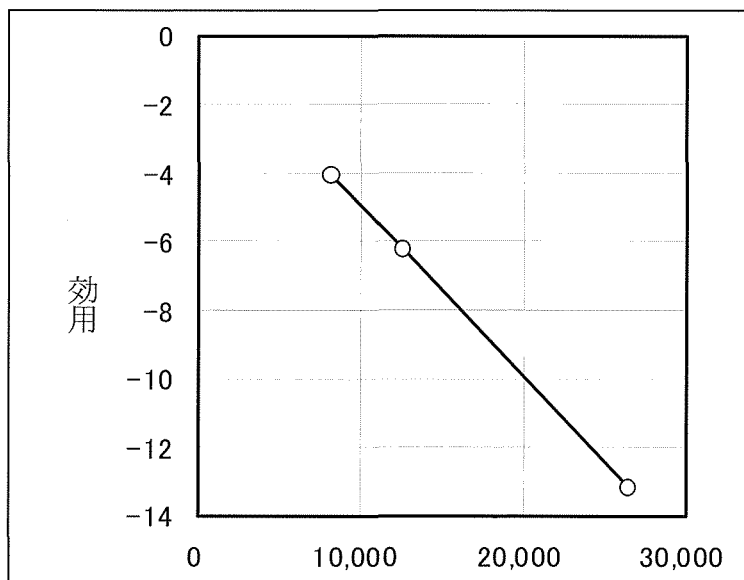


図 68 線型モデルによって推定された属性「価格」についての効用値

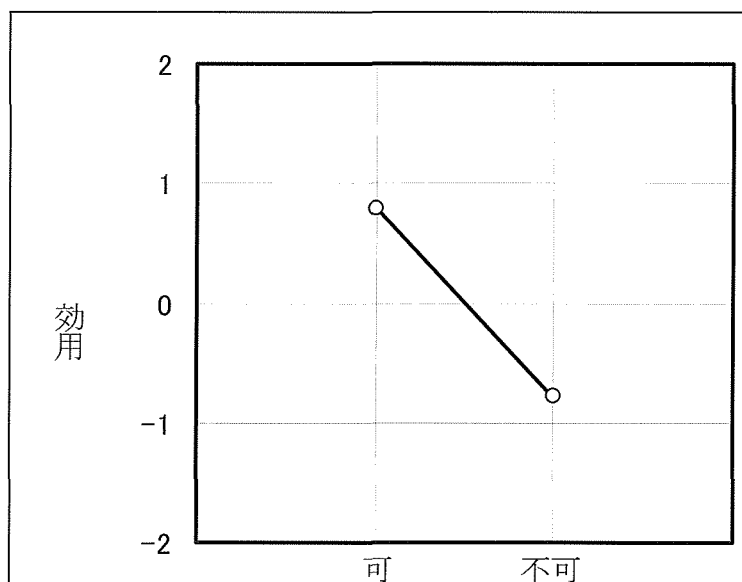


図 69 属性「リサイクル性」についての効用値

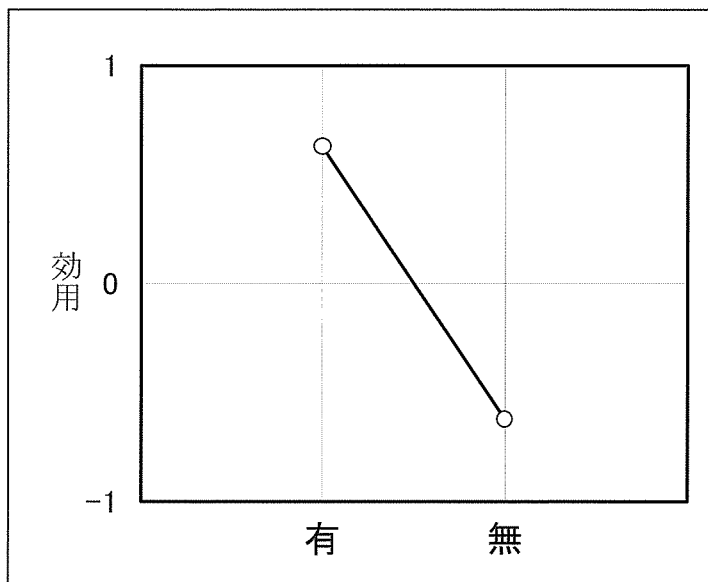


図 70 属性「VOC 吸着性」についての効用値

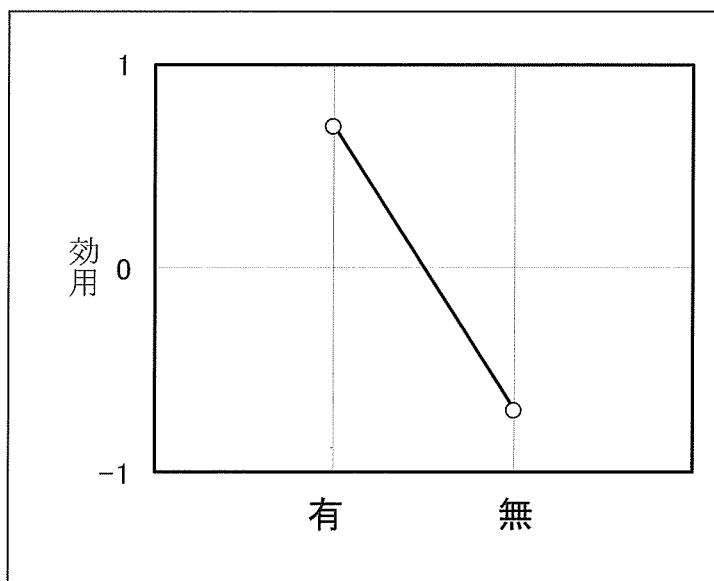


図 71 属性「吸湿性」についての効用値

5.5 新商品開発

炭化物成型ボードを建材として利用するだけでなく、応接間等のパーティションとして、また、室内ペット用の犬小屋等に用いることを検討した。これは、タバコ臭やペット臭をボードに吸着させる事を期待し、快適な住宅室内環境創りに寄与させることを目標した。ここで、ボードだけで前述のパーティションやペット小屋を製作したならば、ボードは黒く微粉欠落の恐れがある。そこで、間伐材を用いてボードが入るよう枠を製作し、間伐材の用途拡大、ボードの快適な住宅室内環境創りへの貢献と用途開発を含む次ぎの二つの作品を試作した。

5.5.1 パーティション

パーティション（写真 29、30）の中に炭化物成型ボードを組み込むことで、移動も可能になり、ボードの取替えも容易にできるように設計した。病院、事務所等の間仕切りとしてや、展示室や展示倉庫など、室内環境に気を使う場所にも容易に使用することができる。

パーティションのサイズは、600×1800×120 mmで、パーティションの枠材には間伐材の利用促進を考え、スギ間伐材を用い、木目を生かしたデザインとした。ボードが入る部分には、パーティション内を室内空気が通るように木製ルーバーで両面を仕上げた。入れるボードサイズは、450×910×12.5 mmでパーティション正面から見て左右2枚用いた。

試作品についてアンケート調査した結果、展示や事務関連のレンタル業者でパーティションの枠はレンタルし、中のボードのみを取り替える方法も考えられるとの意見もあった。また、木材で仕上げているため若干重く、量販するためには軽量化を図る必要があるとの意見もあった。

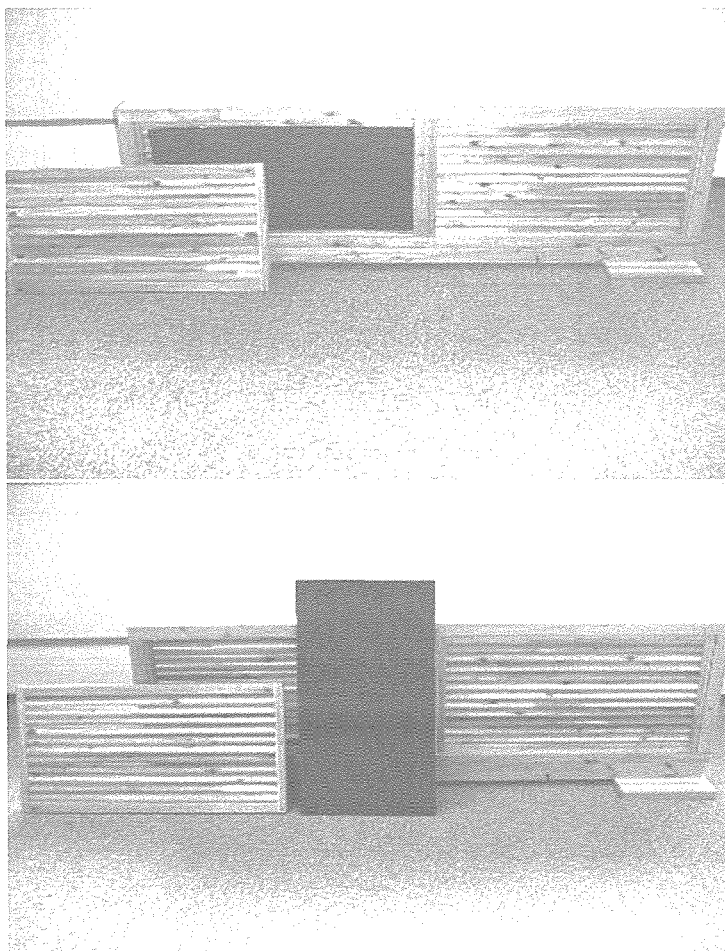


写真 29 パーティション試作 1

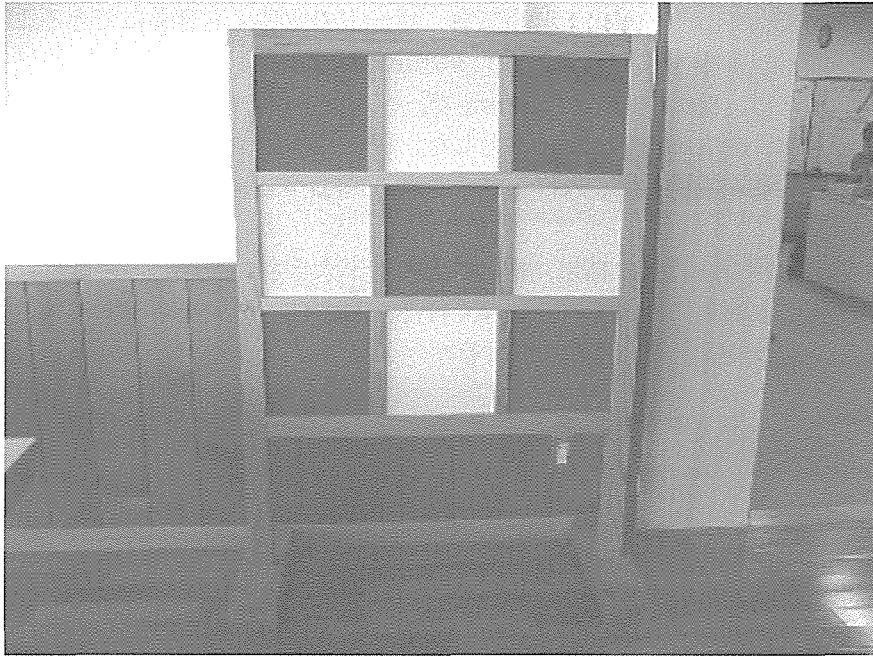


写真30 パーティション試作2

5.5.2 ペット小屋

昨今のペットブームにより室内でペットを飼う人が増えてきている。そのために室内に気になるペットの臭いに対して、炭化物成型ボードの吸着能力が有効であると考えられる。ペット小屋の中にボードを組みこむことで、ペットの臭いを吸着でき、ボードの取替えも容易にできるように設計した。今回は、犬小屋風のペット小屋（写真 31、32）を想定し試作した。

ペット小屋のサイズは、800×1000×1200mm で、ペット小屋の材には間伐材の利用促進を考え、スギ間伐材を用い、木目を生かしたデザインとした。ボードが入る部分には、ペットに炭の微粉が付くのを避けるため間仕切りを設けた。入れるボードサイズは、455×800×12.5mmで入口から見て左右2枚を用いた。

試作品のアンケート調査を行った結果、重いことと若干大きさが大きいという意見があった。

炭化物成型ボードの取替えについては問題なく行え、デザインや価格的にもさらに検討の余地はあると考えられる。炭化物成型ボード性能におけるペット臭の吸着に関しては本設計に問題はないと考えられる。

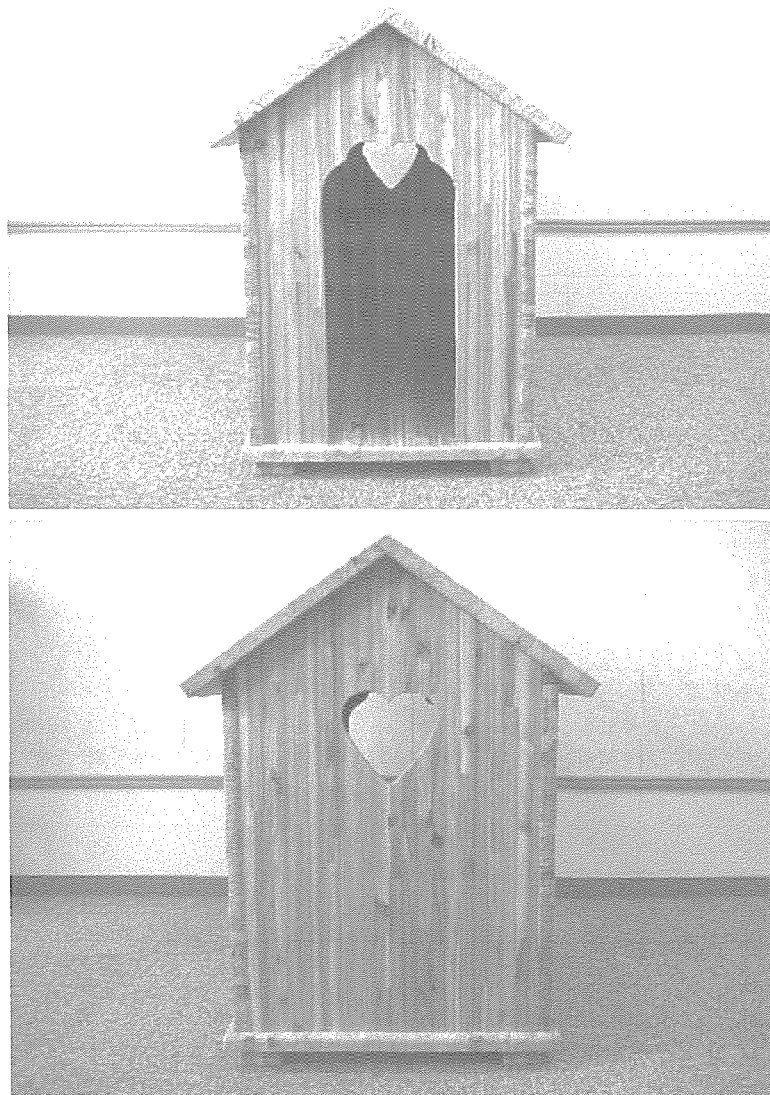


写真 31 ペット小屋①

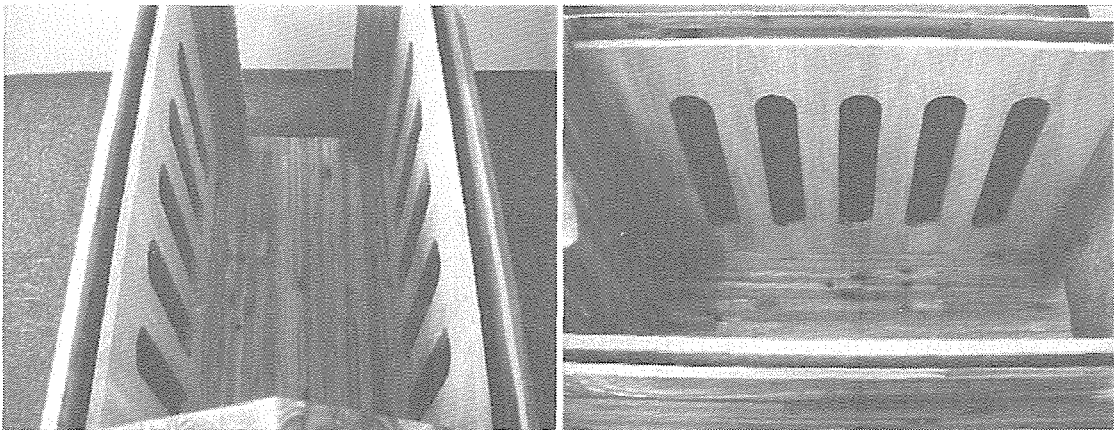
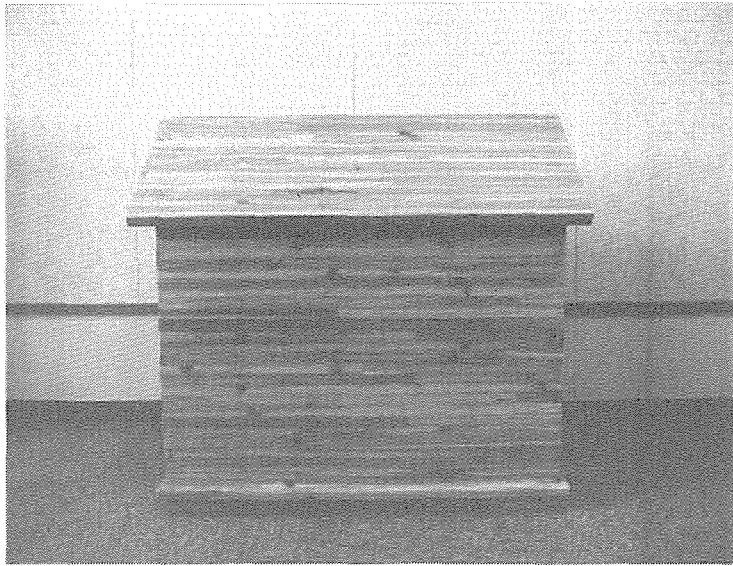


写真32 ペット小屋②

6. 実用化の見通し

本課題の研究成果により、今後ユーザーに対して対応しなければならない製造技術、価格、将来性に対する実用化の可能性は以下の通りである。

1) 加工性

求められていた表面加工性は天然塗料の検索によりカラーリングについてはほぼ完結を見ることができた。残された課題は施工時に求められる寸法の自由度の課題がある。これは製造者である（協）ケトラファイブと共同して今後とも開発する予定である。

2) 市場性

健康自然素材ブームの中で、古来日本国民は炭の良さは知っている。その内容を科学的に今回のモデルハウス内における実験は予定通りいい結果が出た。調湿性能・VOC吸着性能・難燃材・自然素材等の特性を持った複合材料は今後の住宅環境に寄与していく材料で非常に関心がが高く期待できる商品である。

3) 価格性

価格については施主のとらえ方である。石膏ボード、珪藻土などの類似した建築資材は他にあるが、調湿性能、VOC吸着性能など、複合的に所有している建築資材は他に類をみない。

したがって、価格を他の類似品と比較することが問題であると考えられる。製造過程、流通過程におけるリーズナブルな価格帯が設定できれば、十分に対応できる商品である。

4) 将来性

ベンチャー的な発想により起業化、商品化された炭化物成型ボードは、わが国において最初であり、モデルハウスとは言え、これを活用施工した住宅への適用もわが国で最初である。また、施工性は完成したと言えないが、本課題で調査研究した成果は、予想された室内環境が十分に得られており、商品として完成度が高いエコマテリアル資材（環境調和型材料）が提供できている。将来性は十分にであることを明らかにした。

既に述べたように、ここで取り上げた「炭化物成型ボード」を製造している企業は国内において現在のところ存在しない。類似技術が現れはじめているが、現状では先駆的企業の位置にある（協）ケトラファイブが製造した商品を活用した実験は本邦最初の実証の研究成果である。当社はこの組合に参加し、この炭化物成型ボードの住宅への施工を分担しており、協力して取り組んでいく必要がある。

7. 今後の対応

本調査研究において、取り上げた炭化物成型ボードの諸性質およびカラーリング、市場調査に対する成果は、初期に予想した通りのものが得られた。

しかし、性能がどのように良いものであっても、現在の日本では、商品価格により市場性は決まってくる。現在製造されている炭化物成型ボードの価格帯を下げることであろう。

この炭化物成型ボードの低価格を目標にするには、製造設備を含めた製造段階におけるランニングコストの見なおしである。

また、技術的に商品として完成度が高く、しかもランニングコストが低い竹炭化物成型ボードを得るために、特に、生産リスク（ランニングコスト）を低減する新技術等考えなければならない。特筆すべき事項は、次の3項目（乾燥機の改善、乾燥機の熱損失の低減、新エネルギーの創製）について検討しなければならない。

（1） 乾燥室内の温度、湿度、風速の改善

製造された製品である竹炭化物成型ボードは500×1000×15～60mmの寸法を有している。このようにフレキシブルな寸法で、かつ完成度の高い竹炭化物成型ボードを安定的に統一された性能を得る必要がある。すなわち、完成度の高い性能を有する竹炭化物成型ボードを得るためには、乾燥室内に“局所的な温度むら”の無いことが重要である。このために乾燥室内に送り込まれる熱風の温、湿度の循環状況、風速、風向の状況を調査するとともに、送りこまれた熱源を有効に活用させるための技術改善を行う必要がある。

（2） 乾燥室内への熱気配送時における熱損失の改善

現在乾燥の熱源はプロパンガスを使用している。現在、化石燃料利用の低減化の取り組みを行う必要がある。乾燥室隣接場所に炭化炉を設置しているが、この炭化炉の排熱を乾燥室の熱源として活用することを目標とすべきであろう。

（3） 炭化炉の廃熱（排ガス）を利用した発電システムの構築

現状において、工場を稼働させている電力は九州電力より購入しているが、炭化炉から出る廃熱は相当量のものがあるために、新エネルギーとしての電力創製を考えるべきであろう。

以上の改善を行うことにより、商品への価格転化は非常に少なくなり、もっと消費者に受け入れられる価格帯になるであろう。

8. 特筆すべき成果

（1） ホルムアルデヒド吸着性

天井仕上げ材としての炭ボードは、室内のホルムアルデヒド濃度低減効果を発揮する。

（2） 吸放湿性

- ① 室内温湿度炭ボードを「床」、「天井」および「床+天井」に施工することにより、室内の絶対湿度が下がり、炭ボードの吸湿効果が見られた。
- ② 壁内温湿度壁内に施工した炭ボードの吸湿効果が北側壁内で見られた。

（3） 塗装性

炭ボードの表面仕上げ用に選定・改良した塗料は、炭ボードのホルムアルデヒド吸着性能と吸放湿性能に影響を与えないことが確認できた。

(4) 難燃性

総合的に見ると、難燃性資材として到達している。

(5) 市場性

競合する製品と比較した結果、市場性としては十分な反応がある。しかし、購買層は製品価格を最も重要視している。また、「リサイクルが可能」な製品特性に対しては坪当たり 3,180 円の支払い意思があり、「VOC 吸着性」、「吸湿性」に対しては、坪当たりそれぞれ 2,500 円、2,790 円を上乗せて支払う意思があると推定された。

9. 試験調査委員会 委員

役割	氏名	所属	職名	備考
委員長	藤田 晋輔	鹿児島大学農学部	教授	
委員	服部 芳明	鹿児島大学農学部	助教授	
委員	森田 慎一	鹿児島県工業技術センター、環境・化学部	主任研究員	
委員	米永 一義	(株)鹿児島プレカット	代表取締役	
委員	有村 吉孝	(有)住まいず	取締役会長	主任技術者

10. 技術者

	氏名	所属	職名
主任技術者	有村 吉孝	(有)住まいず	取締役会長
技術者	米重 正一	(有)住まいず	木造住宅部建築課長

11. 他からの指導または協力事項

指導・協力事項	氏名	所属	職名
居住室内の各種環境調査・分析 (ホルムアルデヒド吸着試験 吸放湿試験等)	藤田 晋輔	鹿児島大学農学部	教授
	岩下 剛	鹿児島大学工学部	助教授
	神野 好孝	鹿児島県工業技術センター 化学・環境部	部長
	森田 慎一	鹿児島県工業技術センター 化学・環境部	主任研究員
炭化物成型ボードの表面加工、 カラーリング技術と性能試験	小幡 透	鹿児島県工業技術センター 化学・環境部	研究員
炭化物成型ボードに対する アンケート調査および分析	中村 俊一	鹿児島県工業技術センター 素材開発部	主任研究員
	服部 芳明	鹿児島大学農学部	助教授

12. 参考文献

なし

13. 参考資料

13.1 炭化物成型ボードの防火性能試験の概要

13.2 炭化物成型ボードの市場調査

13.2.1 アンケート内容

13.2.2 アンケート集計表

13.1 炭化物成型ボードの防火性能試験の概要

1. 試験の内容	69
2. 試験体	69
3. 試験方法	73
4. 試験結果	73

1. 試験の内容

財団法人日本住宅・木材技術センター、有限会社住まいずから依頼された炭化物成型ボードについて、燃焼試験を行った。

2. 試験体

依頼者から提出された試験体の名称、種類、記号、厚さ、かさ比重、質量、寸法等を表-1に示す。

表-1 提出試験体

名称	炭化物成型ボード														
種類	積層ボード														
記号	No. 1-1, No. 1-2														
厚さ	12mm														
かさ比重	0.4														
質量	4.8kg/m ²														
寸法	99×99mm														
数量	2体														
構成内容	<p>(1) シラスボード (上層) : 厚さ8mm、質量3.2kg/m²</p> <table border="0"> <tr> <td>シラスパルーン</td> <td>80質量%</td> </tr> <tr> <td>セルローズ</td> <td>14質量%</td> </tr> <tr> <td>コラーゲン</td> <td>6質量%</td> </tr> </table> <p>(2) 炭化ボード (下層) : 厚さ4mm、質量1.6kg/m²</p> <table border="0"> <tr> <td>シラスパルーン</td> <td>60質量%</td> </tr> <tr> <td>炭</td> <td>20質量%</td> </tr> <tr> <td>セルローズ</td> <td>14質量%</td> </tr> <tr> <td>コラーゲン</td> <td>6質量%</td> </tr> </table> <p>断面図 (単位: mm) 加熱面</p> <p>注) 構成内容は依頼者提出資料による。</p>	シラスパルーン	80質量%	セルローズ	14質量%	コラーゲン	6質量%	シラスパルーン	60質量%	炭	20質量%	セルローズ	14質量%	コラーゲン	6質量%
シラスパルーン	80質量%														
セルローズ	14質量%														
コラーゲン	6質量%														
シラスパルーン	60質量%														
炭	20質量%														
セルローズ	14質量%														
コラーゲン	6質量%														

表-2 提出試験体

名称	炭化物成型ボード
種類	積層ボード
記号	No. 2-1, No. 2-2
厚さ	12mm
かさ比重	0.6
質量	7.2kg/m ²
寸法	99×99mm
数量	2体
構成内容	<p>(1) シラスボード (上層) : 厚さ8mm、質量4.8kg/m²</p> <ul style="list-style-type: none"> シラスパルーン 80質量% セルロース 14質量% コラーゲン 6質量% <p>(2) 炭化ボード (下層) : 厚さ4mm、質量2.4kg/m²</p> <ul style="list-style-type: none"> シラスパルーン 60質量% 炭 20質量% セルロース 14質量% コラーゲン 6質量% <p>断面図 (単位: mm) 加熱面</p> <p>注) 構成内容は依頼者提出資料による。</p>

表-3 提出試験体

名称	炭化物成型ボード
種類	炭化ボード
記号	No. 3-1, No. 3-2
厚さ	12mm
かさ比重	0.4
質量	4.8kg/m ²
寸法	99×99mm
数量	2体
構成内容	<p>(1) 炭化ボード : 厚さ12mm、質量4.8kg/m²</p> <ul style="list-style-type: none"> 炭 80質量% セルロース 14質量% コラーゲン 6質量% <p>断面図 (単位: mm) 加熱面</p> <p>注) 構成内容は依頼者提出資料による。</p>

表-4 提出試験体

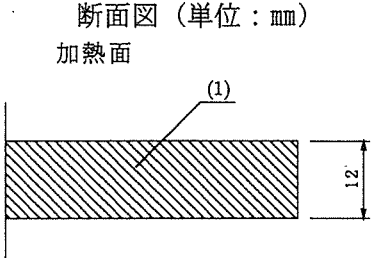
名称	炭化物成型ボード						
種類	炭化ボード						
記号	No. 4-1, No. 4-2						
厚さ	12mm						
かさ比重	0.6						
質量	7.2kg/m ²						
寸法	99×99mm						
数量	2体						
構成内容	<p>(1)炭化ボード： 厚さ12mm、質量7.2kg/m²</p> <table border="0"> <tr> <td>炭</td> <td>80質量%</td> </tr> <tr> <td>セルロース</td> <td>14質量%</td> </tr> <tr> <td>コラーゲン</td> <td>6質量%</td> </tr> </table> <p>断面図 (単位: mm) 加熱面</p>  <p>注) 構成内容は依頼者提出資料による。</p>	炭	80質量%	セルロース	14質量%	コラーゲン	6質量%
炭	80質量%						
セルロース	14質量%						
コラーゲン	6質量%						

表-5 提出試験体

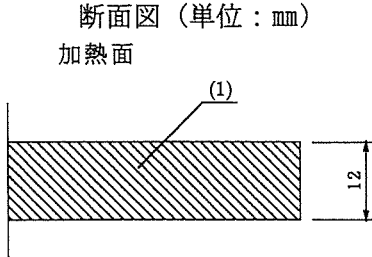
名称	炭化物成型ボード						
種類	炭化ボード						
記号	No. 5-1, No. 5-2						
厚さ	12mm						
かさ比重	0.6						
質量	7.2kg/m ²						
寸法	99×99mm						
数量	2体						
構成内容	<p>(1)炭化ボード： 厚さ12mm、質量7.2kg/m²</p> <table border="0"> <tr> <td>炭</td> <td>60質量%</td> </tr> <tr> <td>セルロース</td> <td>28質量%</td> </tr> <tr> <td>コラーゲン</td> <td>12質量%</td> </tr> </table> <p>断面図 (単位: mm) 加熱面</p>  <p>注) 構成内容は依頼者提出資料による。</p>	炭	60質量%	セルロース	28質量%	コラーゲン	12質量%
炭	60質量%						
セルロース	28質量%						
コラーゲン	12質量%						

表-6 提出試験体

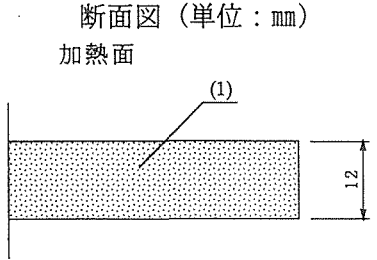
名称	炭化物成型ボード						
種類	シラスボード						
記号	No. 6-1, No. 6-2						
厚さ	12mm						
かさ比重	0.4 (No. 6-1), 0.6 (No. 6-2)						
質量	4.8kg/m ² (No. 6-1), 7.2kg/m ² (No. 6-2)						
寸法	99×99mm						
数量	2体						
構成内容	<p>(1)シラスボード： 厚さ12mm、質量4.8又は7.2kg/m²</p> <table border="0"> <tr> <td>シラスバルーン</td> <td>80質量%</td> </tr> <tr> <td>セルロース</td> <td>14質量%</td> </tr> <tr> <td>コラーゲン</td> <td>6質量%</td> </tr> </table> <p>断面図 (単位: mm) 加熱面</p>  <p>注) 構成内容は依頼者提出資料による。</p>	シラスバルーン	80質量%	セルロース	14質量%	コラーゲン	6質量%
シラスバルーン	80質量%						
セルロース	14質量%						
コラーゲン	6質量%						

表-7 提出試験体

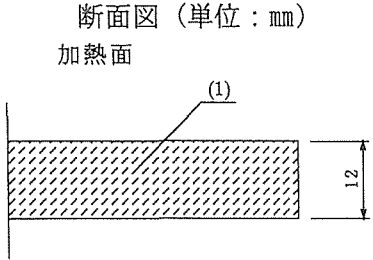
名称	炭化物成型ボード								
種類	混合ボード								
記号	No. 7-1, No. 7-2								
厚さ	12mm								
かさ比重	0.4 (No. 7-1), 0.6 (No. 7-2)								
質量	4.8kg/m ² (No. 7-1), 7.2kg/m ² (No. 7-2)								
寸法	99×99mm								
数量	2体								
構成内容	<p>(1)混合ボード： 厚さ12mm、質量4.8又は7.2kg/m²</p> <table border="0"> <tr> <td>シラスバルーン</td> <td>40質量%</td> </tr> <tr> <td>炭</td> <td>40質量%</td> </tr> <tr> <td>セルロース</td> <td>14質量%</td> </tr> <tr> <td>コラーゲン</td> <td>6質量%</td> </tr> </table> <p>断面図 (単位: mm) 加熱面</p>  <p>注) 構成内容は依頼者提出資料による。</p>	シラスバルーン	40質量%	炭	40質量%	セルロース	14質量%	コラーゲン	6質量%
シラスバルーン	40質量%								
炭	40質量%								
セルロース	14質量%								
コラーゲン	6質量%								

表-8 提出試験体

名称	炭化物成型ボード												
種類	積層ボード												
記号	No. 8-1, No. 8-2												
厚さ	12mm												
かさ比重	0.4												
質量	4.8kg/m ²												
寸法	99×99mm												
数量	2体												
構成内容	<p>(1) シラスボード (上層) : 厚さ4mm、質量1.6kg/m²</p> <table border="0"> <tr> <td>シラスパルーン</td> <td>80質量%</td> </tr> <tr> <td>セルロース</td> <td>14質量%</td> </tr> <tr> <td>コラーゲン</td> <td>6質量%</td> </tr> </table> <p>(2) 炭化ボード (下層) : 厚さ8mm、質量3.2kg/m²</p> <table border="0"> <tr> <td>炭</td> <td>80質量%</td> </tr> <tr> <td>セルロース</td> <td>14質量%</td> </tr> <tr> <td>コラーゲン</td> <td>6質量%</td> </tr> </table> <p>断面図 (単位: mm) 加熱面</p> <p>注) 構成内容は依頼者提出資料による。</p>	シラスパルーン	80質量%	セルロース	14質量%	コラーゲン	6質量%	炭	80質量%	セルロース	14質量%	コラーゲン	6質量%
シラスパルーン	80質量%												
セルロース	14質量%												
コラーゲン	6質量%												
炭	80質量%												
セルロース	14質量%												
コラーゲン	6質量%												

3. 試験方法

試験は、当財団が制定した「防耐火性能試験・評価業務方法書」準不燃性能試験・評価方法に基づく発熱性試験に準じて行った。

4. 試験結果

- (1) 試験結果を表-9～表-16に示す。
- (2) 総発熱量曲線及び発熱速度曲線を図-1～図-32に示す。

表-9 試験結果

試験体	記号	No. 1-1	No. 1-2
	大きさ (mm)	100×100	100×100
	厚さ (mm)	12.2	12.2
	質量 (g)	37.3	36.2
試験条件	試験時間	10分	
	設定輻射熱量	50kW/m ²	
	排気ガス流量速度	24 l/s	
	試験体設置方向	水平	
試験結果	試験年月日	平成14年6月24日	
	総発熱量曲線	図-1	図-2
	10分間の総発熱量 (MJ/m ²)	7.4	7.2
	発熱速度曲線	図-3	図-4
	最高発熱速度 (kW/m ²)	44.1	42.3
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	なし	なし
	防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴の有無	なし	なし
	着炎時間 (s)	15	14
	消炎時間 (s)	42	36
判定基準	(1) 加熱開始後10分間の総発熱量が、8MJ/m ² 以下であること。 (2) 加熱開始後10分間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がないこと。 (3) 加熱開始後10分間、最高発熱速度が10秒以上継続して200kW/m ² を超えないこと。		

表-10 試験結果

試験体	記 号	No. 2-1		No. 2-2	
	大 き さ (mm)	98×99		99×99	
	厚 さ (mm)	12.0		12.0	
	質 量 (g)	62.2		58.6	
試験条件	試 験 時 間	10分			
	設 定 輻 射 熱 量	50kW/m ²			
	排 気 ガ ス 流 量 速 度	24 l/s			
	試 験 体 設 置 方 向	水 平			
試験結果	試 験 年 月 日	平成14年6月25日			
	総 発 熱 量 曲 線	図-5		図-6	
	10分間の総発熱量 (MJ/m ²)	10.7		9.5	
	発 熱 速 度 曲 線	図-7		図-8	
	最 高 発 熱 速 度 (kW/m ²)	49.1		49.3	
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	なし		なし	
	防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴の有無	なし		なし	
	着 炎 時 間 (s)	26	276	26	312
	消 炎 時 間 (s)	65	443	60	452
判定基準	(1) 加熱開始後10分間の総発熱量が、8MJ/m ² 以下であること。 (2) 加熱開始後10分間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がないこと。 (3) 加熱開始後10分間、最高発熱速度が10秒以上継続して200kW/m ² を超えないこと。				

表-11 試験結果

試験体	記号	No. 3-1		No. 3-2	
	大きさ (mm)	100×100		100×100	
	厚さ (mm)	12.2		12.2	
	質量 (g)	46.9		46.6	
試験条件	試験時間	10分			
	設定輻射熱量	50kW/m ²			
	排気ガス流量速度	24ℓ/s			
	試験体設置方向	水平			
試験結果	試験年月日	平成14年6月26日			
	総発熱量曲線	図-9		図-10	
	10分間の総発熱量 (MJ/m ²)	15.1		16.2	
	発熱速度曲線	図-11		図-12	
	最高発熱速度 (kW/m ²)	46.2		47.9	
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	なし		なし	
	防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴の有無	なし		なし	
	着炎時間 (s)	14	302	12	258
	消炎時間 (s)	33	433	31	417
判定基準	(1) 加熱開始後10分間の総発熱量が、8MJ/m ² 以下であること。 (2) 加熱開始後10分間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がないこと。 (3) 加熱開始後10分間、最高発熱速度が10秒以上継続して200kW/m ² を超えないこと。				

表-12 試験結果

試験体	記号	No. 4-1		No. 4-2	
	大きさ (mm)	99×99		99×99	
	厚さ (mm)	12.2		12.2	
	質量 (g)	67.8		65.2	
試験条件	試験時間	10分			
	設定輻射熱量	50kW/m ²			
	排気ガス流量速度	24ℓ/s			
	試験体設置方向	水平			
試験結果	試験年月日	平成14年6月27日			
	総発熱量曲線	図-13		図-14	
	10分間の総発熱量 (MJ/m ²)	15.3		17.1	
	発熱速度曲線	図-15		図-16	
	最高発熱速度 (kW/m ²)	52.0		51.7	
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	なし		なし	
	防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴の有無	なし		なし	
	着炎時間 (s)	17	387	17	324
	消炎時間 (s)	41	491	42	489
判定基準	(1) 加熱開始後10分間の総発熱量が、8MJ/m ² 以下であること。 (2) 加熱開始後10分間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がないこと。 (3) 加熱開始後10分間、最高発熱速度が10秒以上継続して200kW/m ² を超えないこと。				

表-13 試験結果

試験体	記号	No. 5-1		No. 5-2	
	大きさ (mm)	100×100		100×100	
	厚さ (mm)	12.4		12.4	
	質量 (g)	61.9		63.3	
試験条件	試験時間	10分			
	設定輻射熱量	50kW/m ²			
	排気ガス流量速度	24ℓ/s			
	試験体設置方向	水平			
試験結果	試験年月日	平成14年7月9日			
	総発熱量曲線	図-17		図-18	
	10分間の総発熱量 (MJ/m ²)	24.5		25.3	
	発熱速度曲線	図-19		図-20	
	最高発熱速度 (kW/m ²)	94.0		103.0	
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	なし		なし	
	防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴の有無	なし		なし	
	着炎時間 (s)	18	302	16	328
	消炎時間 (s)	92	600以上	90	600以上
判定基準	(1) 加熱開始後10分間の総発熱量が、8MJ/m ² 以下であること。 (2) 加熱開始後10分間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がないこと。 (3) 加熱開始後10分間、最高発熱速度が10秒以上継続して200kW/m ² を超えないこと。				

表-14 試験結果

試験体	記号	No. 6-1	No. 6-2
	大きさ (mm)	99×99	99×99
	厚さ (mm)	12.0	12.0
	質量 (g)	37.6	53.6
試験条件	試験時間	10分	
	設定輻射熱量	50kW/m ²	
	排気ガス流量速度	24ℓ/s	
	試験体設置方向	水平	
試験結果	試験年月日	平成14年7月10日	
	総発熱量曲線	図-21	図-22
	10分間の総発熱量 (MJ/m ²)	7.2	8.3
	発熱速度曲線	図-23	図-24
	最高発熱速度 (kW/m ²)	43.4	48.6
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	なし	なし
	防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴の有無	なし	なし
	着炎時間 (s)	16	19
	消炎時間 (s)	41	52
判定基準	(1) 加熱開始後10分間の総発熱量が、8MJ/m ² 以下であること。 (2) 加熱開始後10分間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がないこと。 (3) 加熱開始後10分間、最高発熱速度が10秒以上継続して200kW/m ² を超えないこと。		

表-15 試験結果

試験体	記 号	No. 7-1		No. 7-2	
	大 き さ (mm)	100×100		100×100	
	厚 さ (mm)	12.1		12.0	
	質 量 (g)	37.2		63.4	
試験条件	試 験 時 間	10分			
	設 定 輻 射 熱 量	50kW/m ²			
	排 気 ガ ス 流 量 速 度	24 l/s			
	試 験 体 設 置 方 向	水 平			
試験結果	試 験 年 月 日	平成14年7月11日			
	総 発 熱 量 曲 線	図-25		図-26	
	10分間の総発熱量 (MJ/m ²)	11.3		14.1	
	発 熱 速 度 曲 線	図-27		図-28	
	最 高 発 熱 速 度 (kW/m ²)	42.5		53.1	
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	なし		なし	
	防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴の有無	なし		なし	
	着 炎 時 間 (s)	10	256	18	295
	消 炎 時 間 (s)	28	308	47	426
判定基準	(1) 加熱開始後10分間の総発熱量が、8MJ/m ² 以下であること。 (2) 加熱開始後10分間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がないこと。 (3) 加熱開始後10分間、最高発熱速度が10秒以上継続して200kW/m ² を超えないこと。				

表-16 試験結果

試験体	記号	No. 8-1		No. 8-2	
	大きさ (mm)	100×100		100×100	
	厚さ (mm)	12.1		12.0	
	質量 (g)	58.1		58.2	
試験条件	試験時間	10分			
	設定輻射熱量	50kW/m ²			
	排気ガス流量速度	24ℓ/s			
	試験体設置方向	水平			
試験結果	試験年月日	平成14年7月11日			
	総発熱量曲線	図-29		図-30	
	10分間の総発熱量 (MJ/m ²)	10.8		10.5	
	発熱速度曲線	図-31		図-32	
	最高発熱速度 (kW/m ²)	48.4		48.6	
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	なし		なし	
	防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴の有無	なし		なし	
	着炎時間 (s)	25	321	20	339
	消炎時間 (s)	50	458	44	472
判定基準	(1) 加熱開始後10分間の総発熱量が、8MJ/m ² 以下であること。 (2) 加熱開始後10分間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がないこと。 (3) 加熱開始後10分間、最高発熱速度が10秒以上継続して200kW/m ² を超えないこと。				

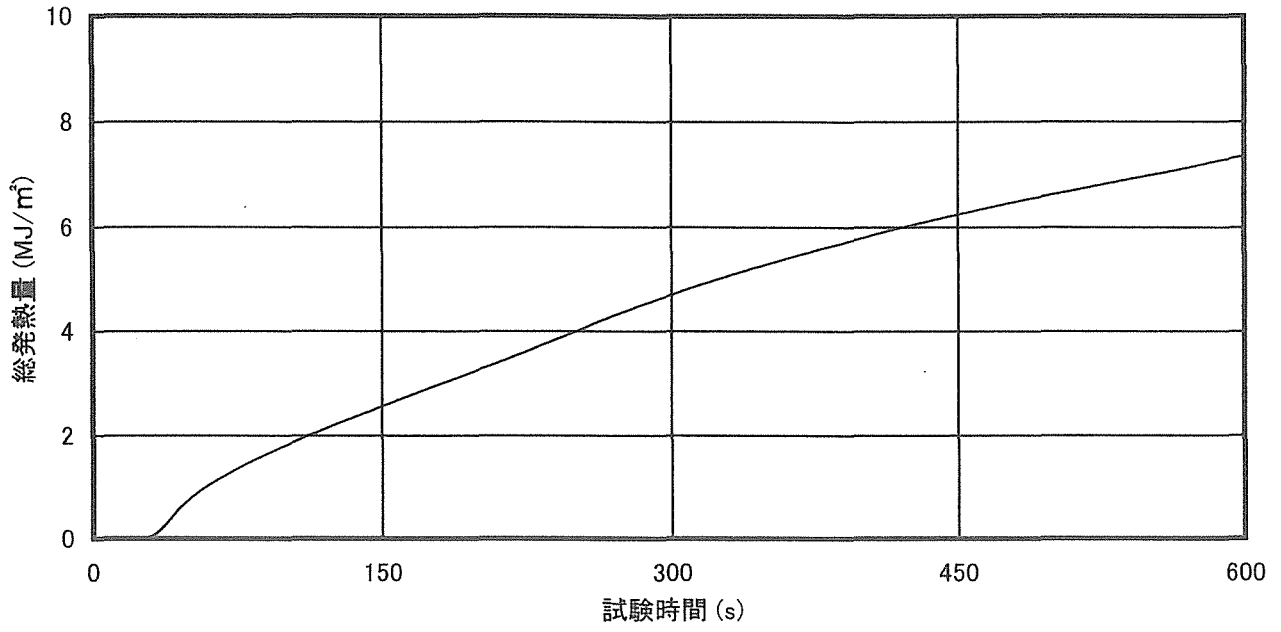


図-1 総発熱量 (記号:No. 1-1)

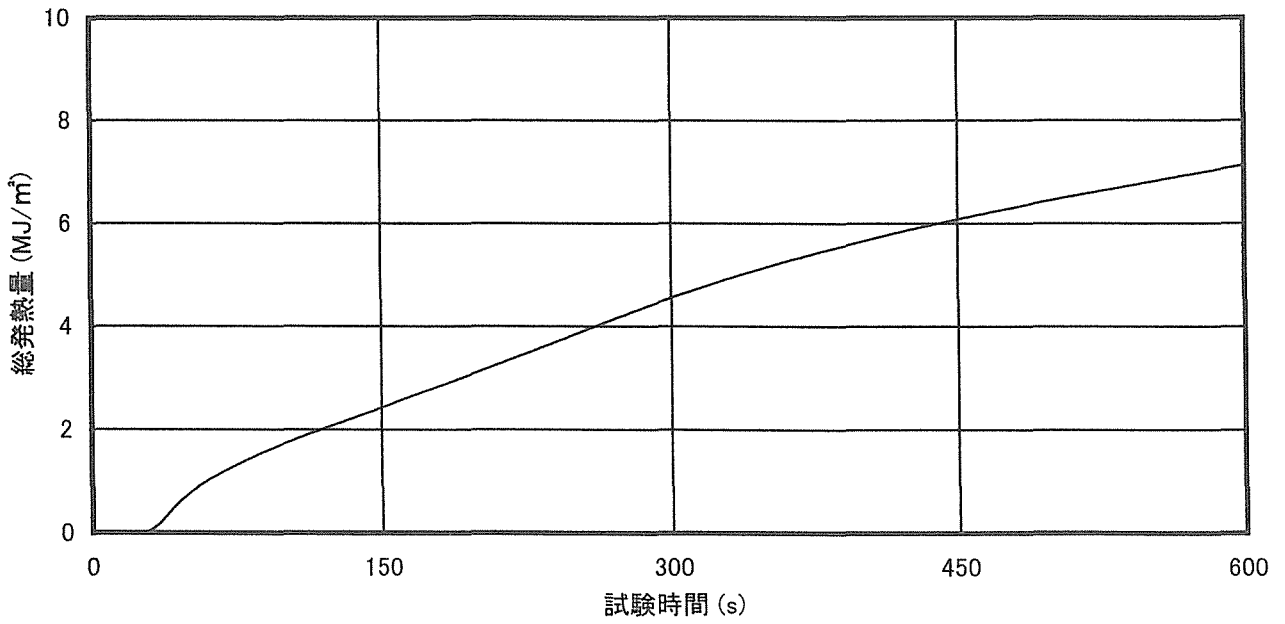


図-2 総発熱量 (記号:No. 1-2)

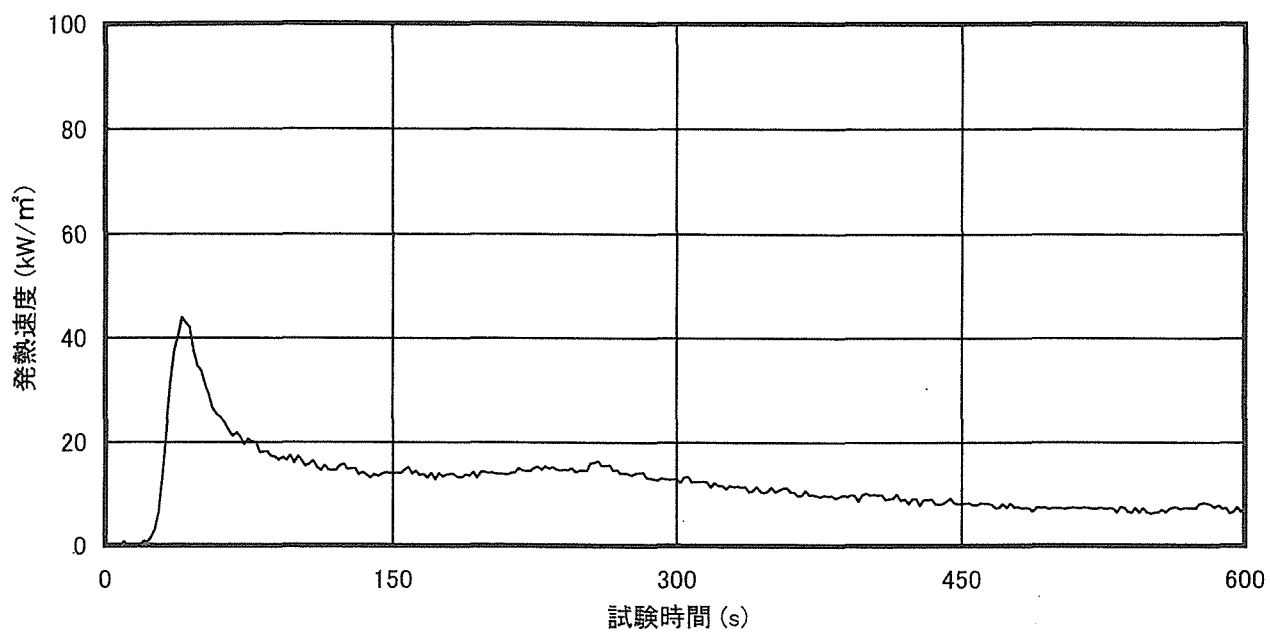


図-3 発熱速度 (記号:No. 1-1)

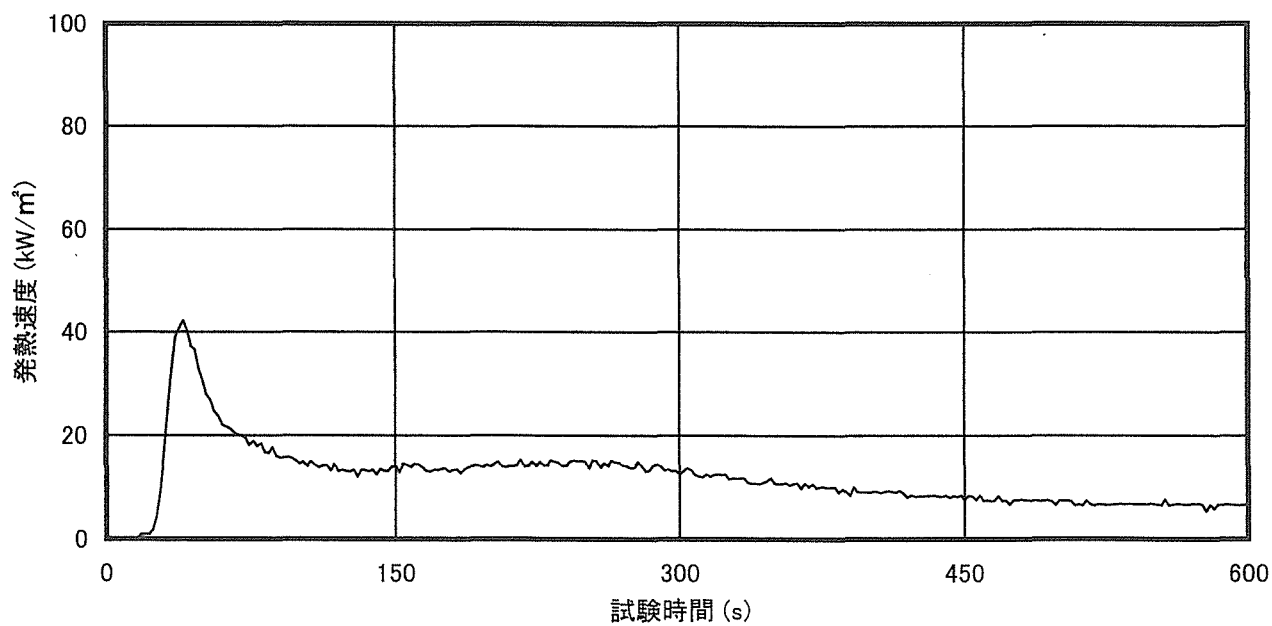


図-4 発熱速度 (記号:No. 1-2)

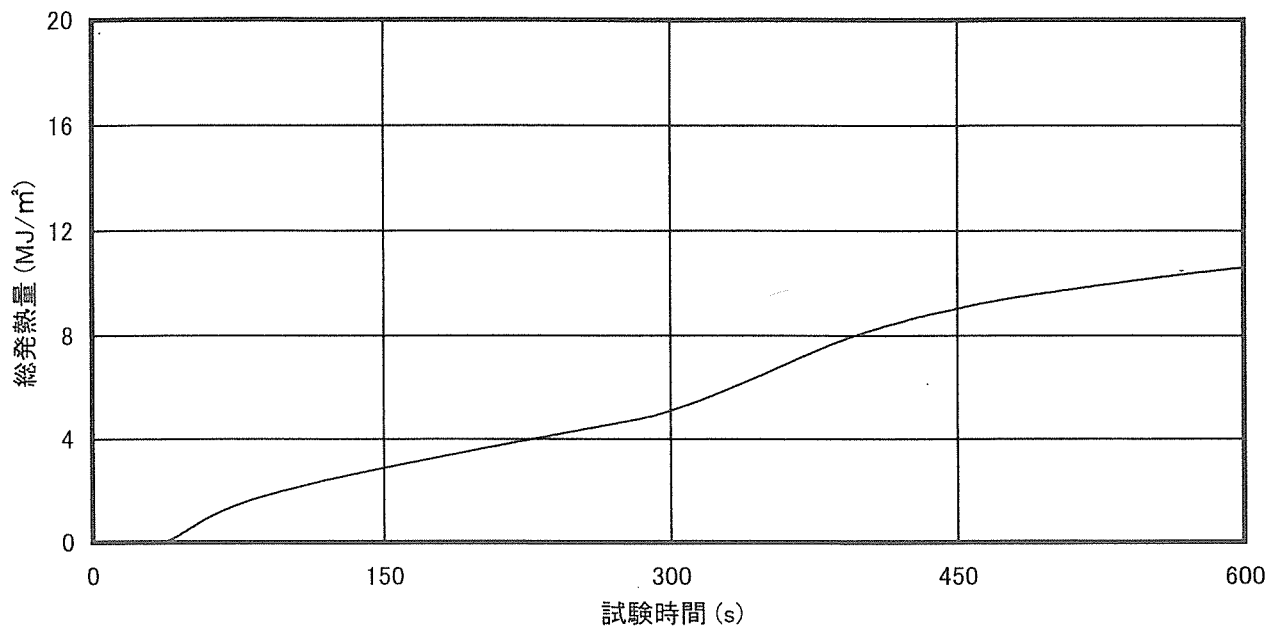


図-5 総発熱量 (記号:No. 2-1)

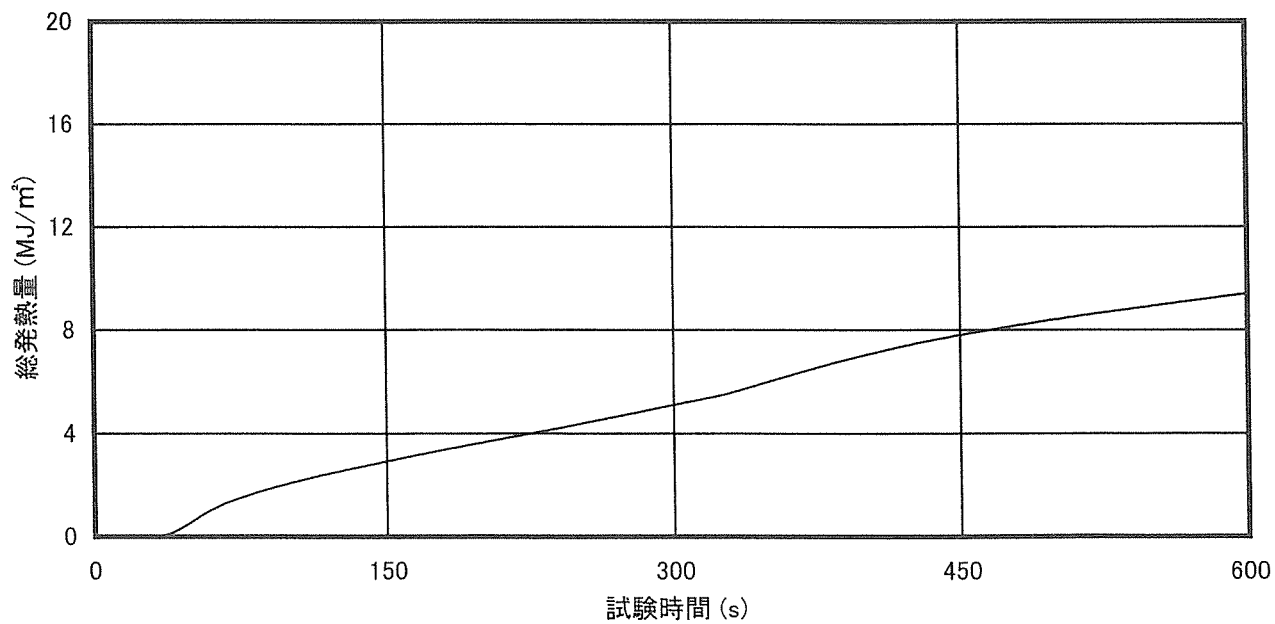


図-6 総発熱量 (記号:No. 2-2)

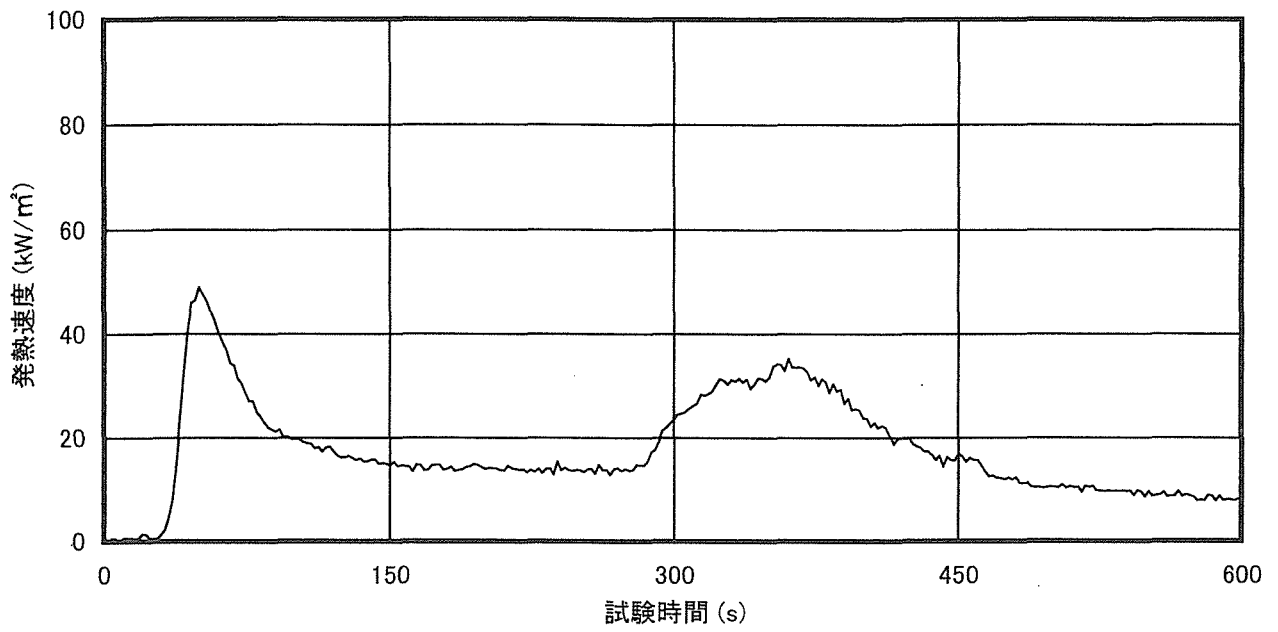


図-7 発熱速度 (記号:No. 2-1)

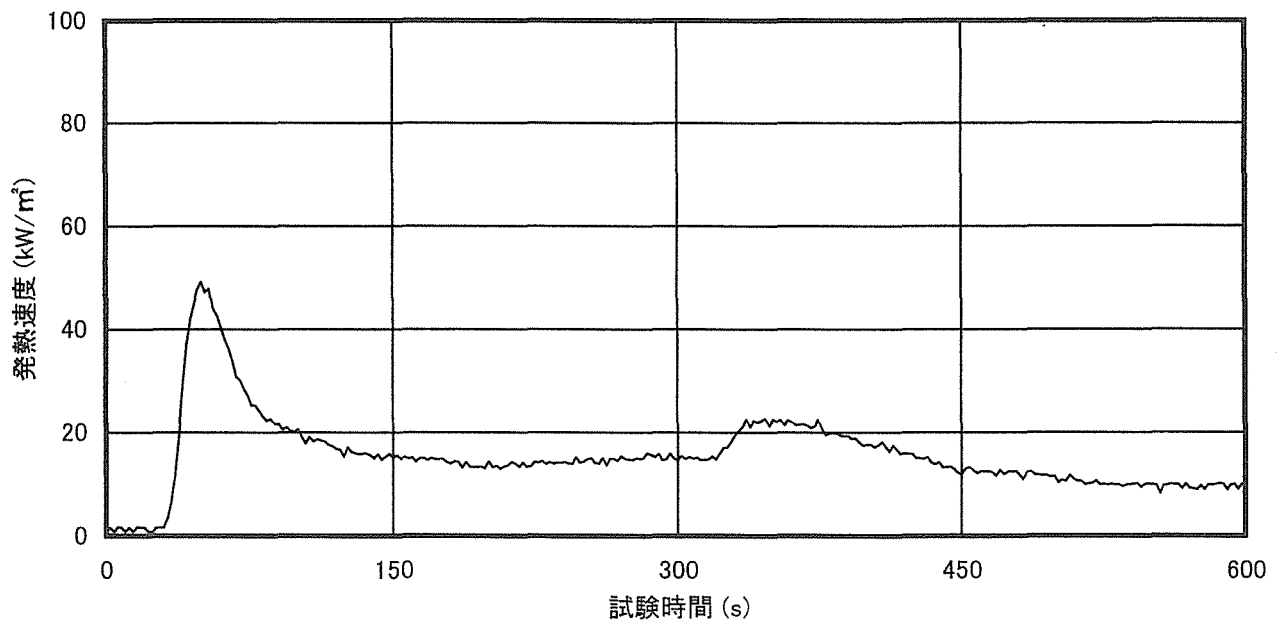


図-8 発熱速度 (記号:No. 2-2)

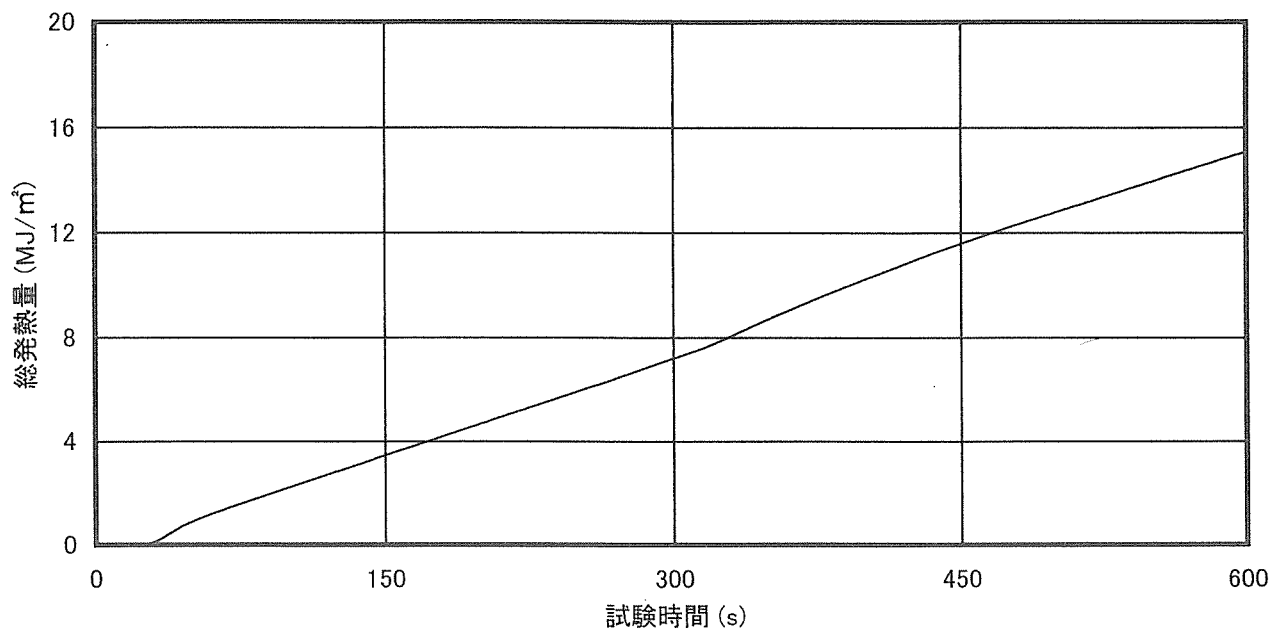


図-9 総発熱量 (記号:No. 3-1)

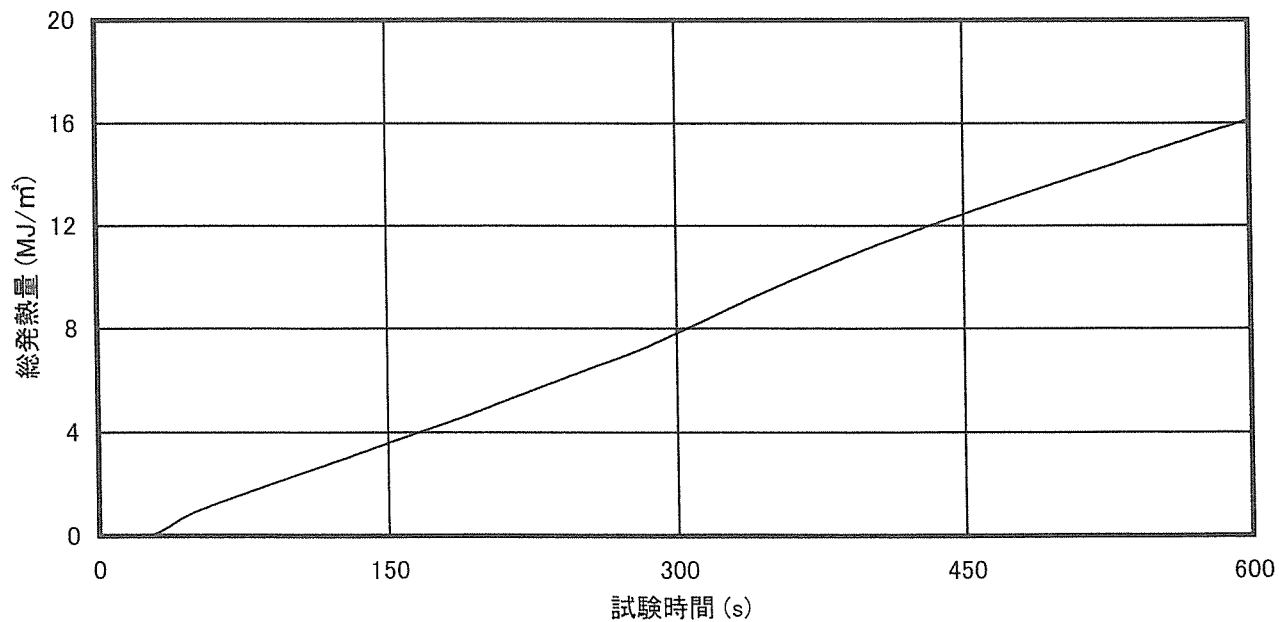


図-10 総発熱量 (記号:No. 3-2)

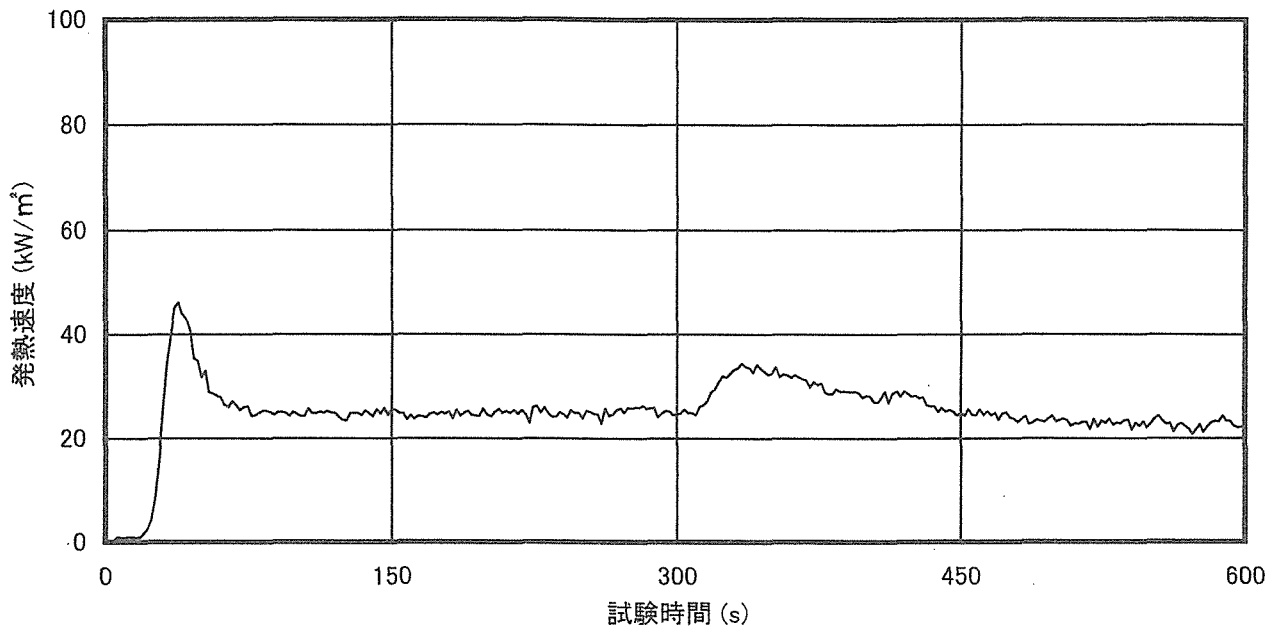


図-11 発熱速度 (記号:No. 3-1)

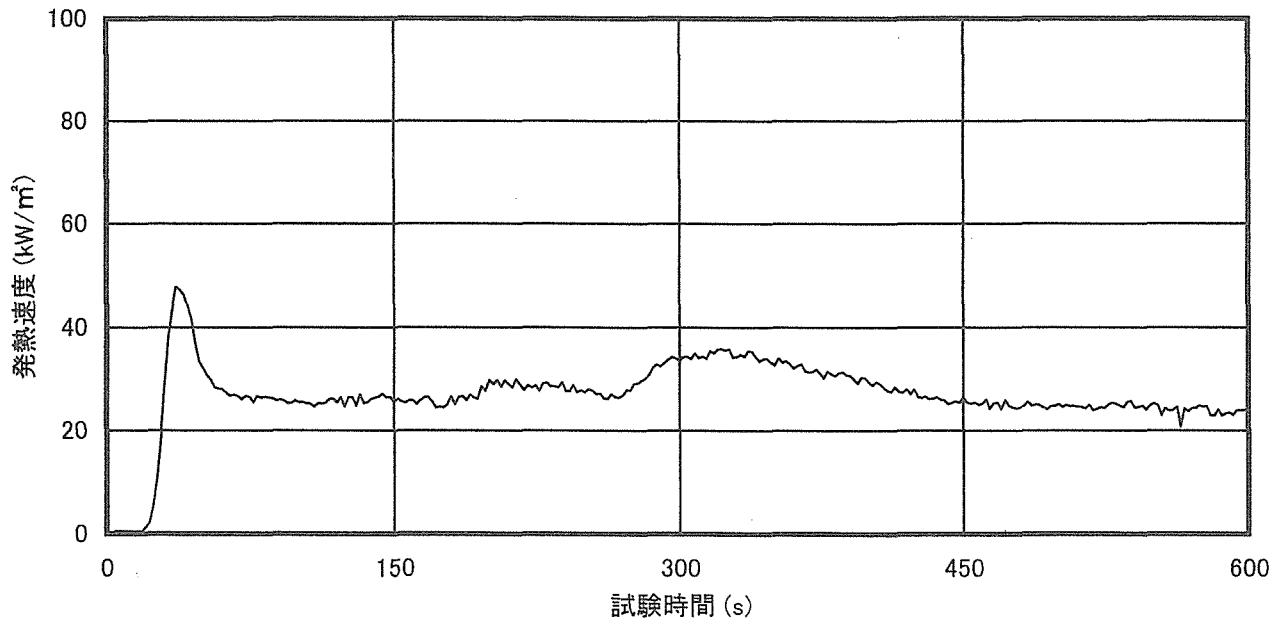


図-12 発熱速度 (記号:No. 3-2)

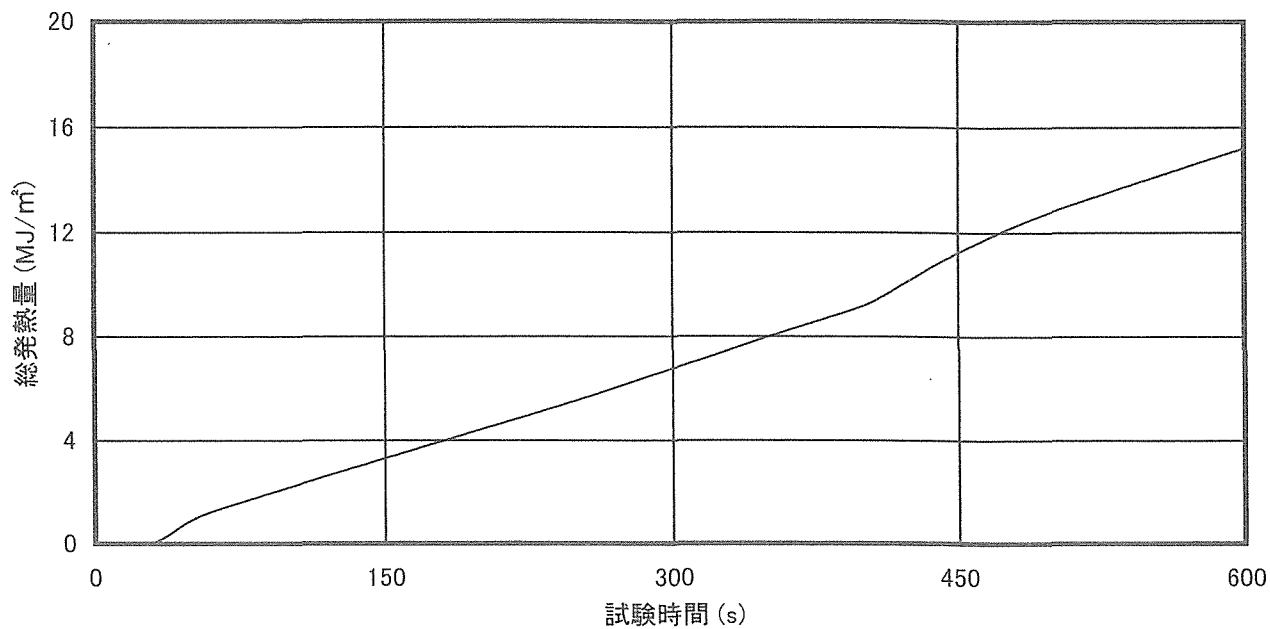


図-13 総発熱量 (記号:No. 4-1)

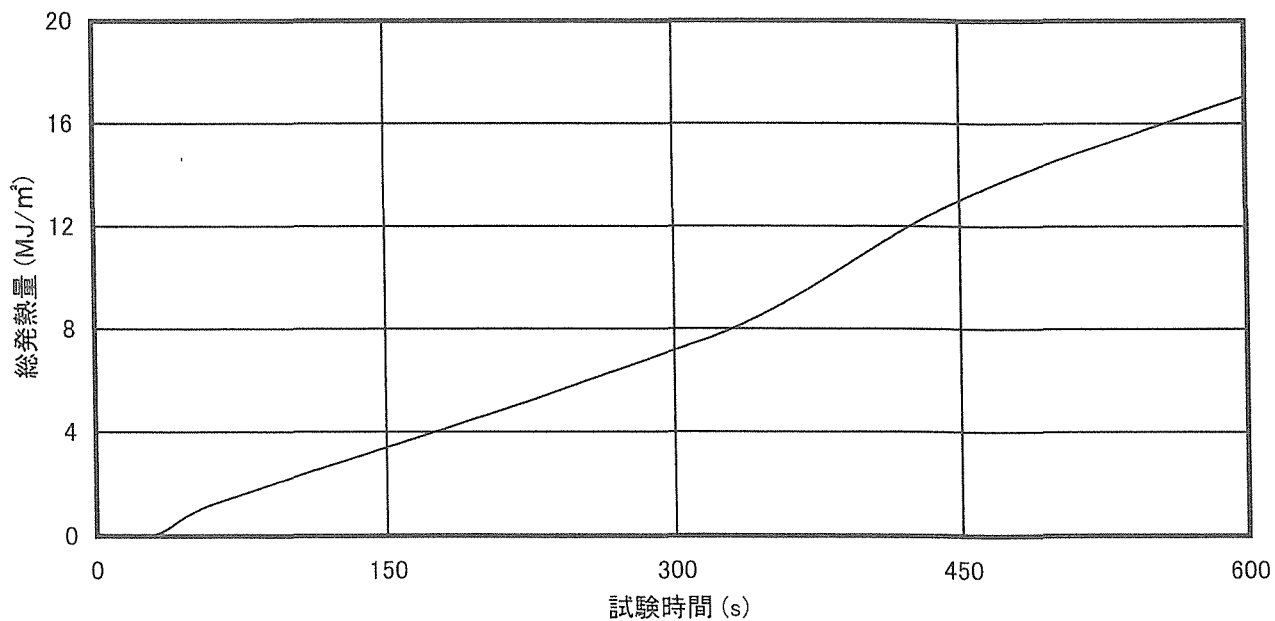


図-14 総発熱量 (記号:No. 4-2)

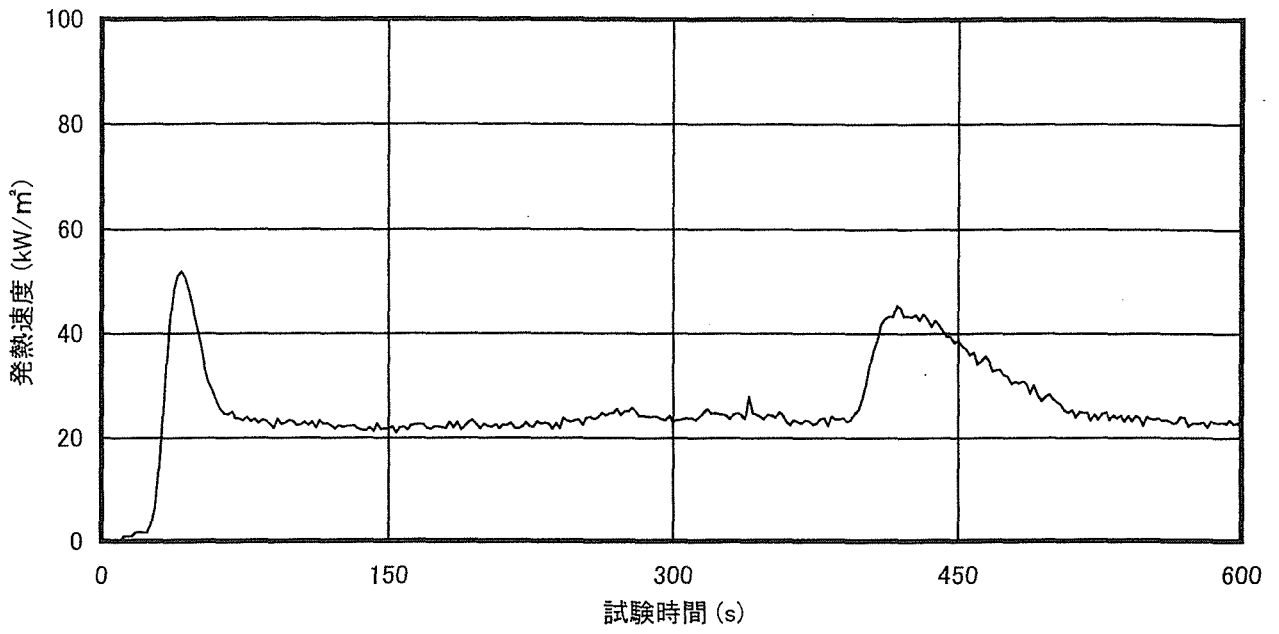


図-15 発熱速度 (記号: No. 4-1)

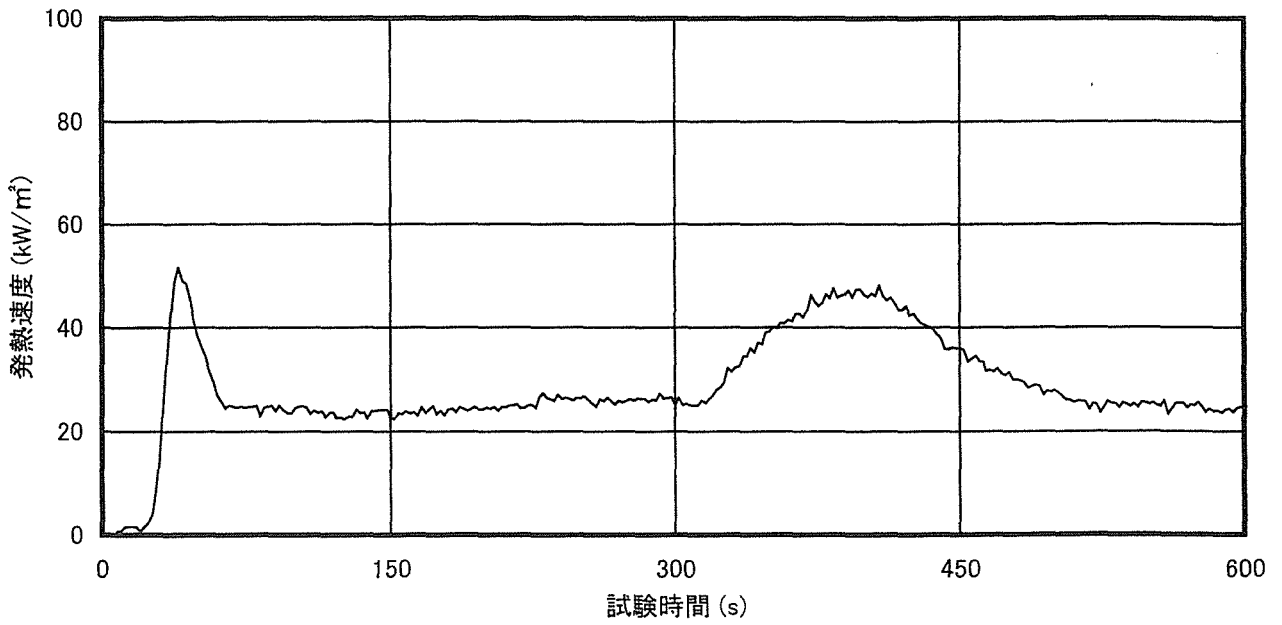


図-16 発熱速度 (記号: No. 4-2)

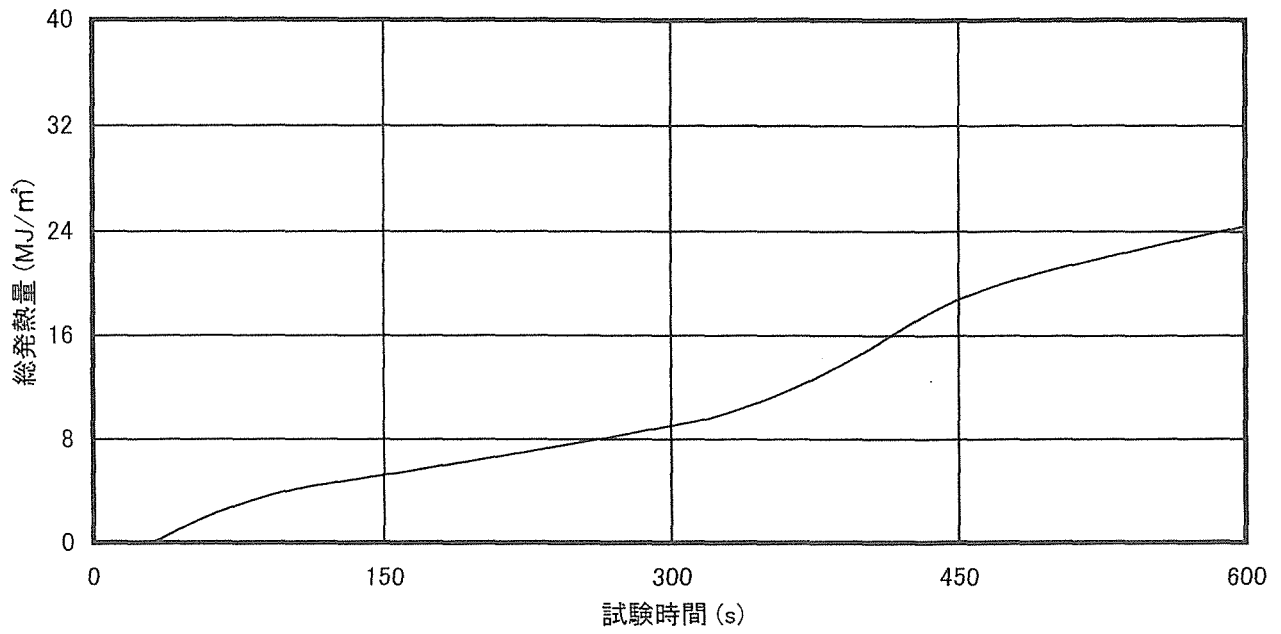


図-17 総発熱量 (記号:No. 5-1)

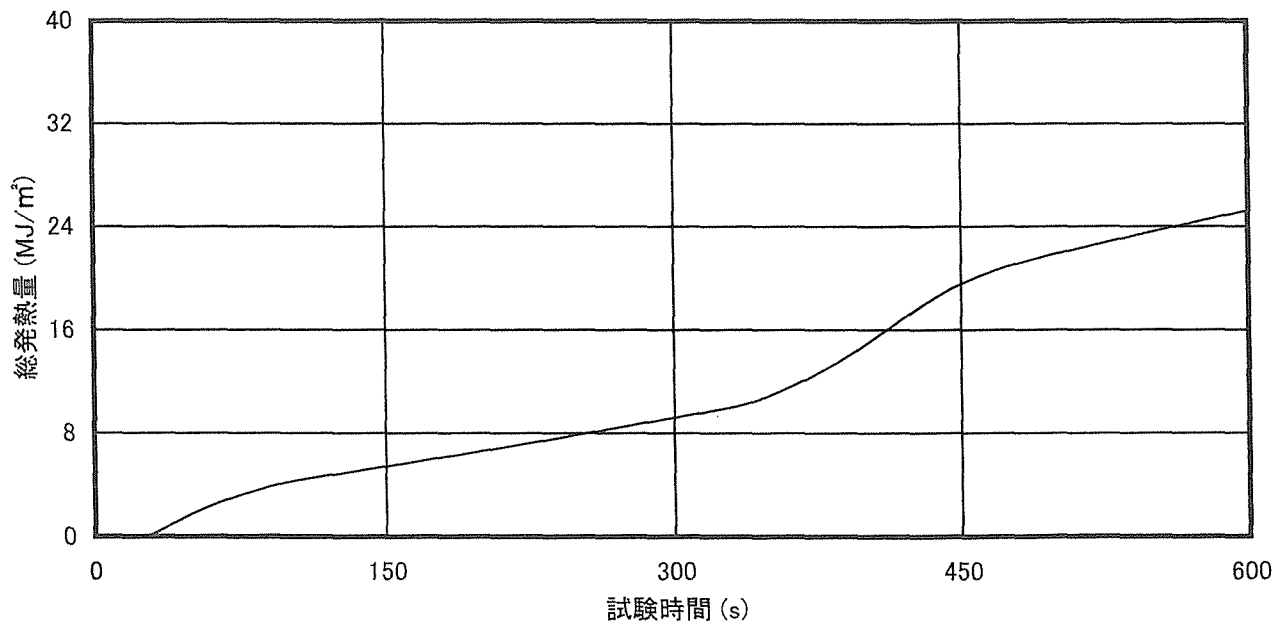


図-18 総発熱量 (記号:No. 5-2)

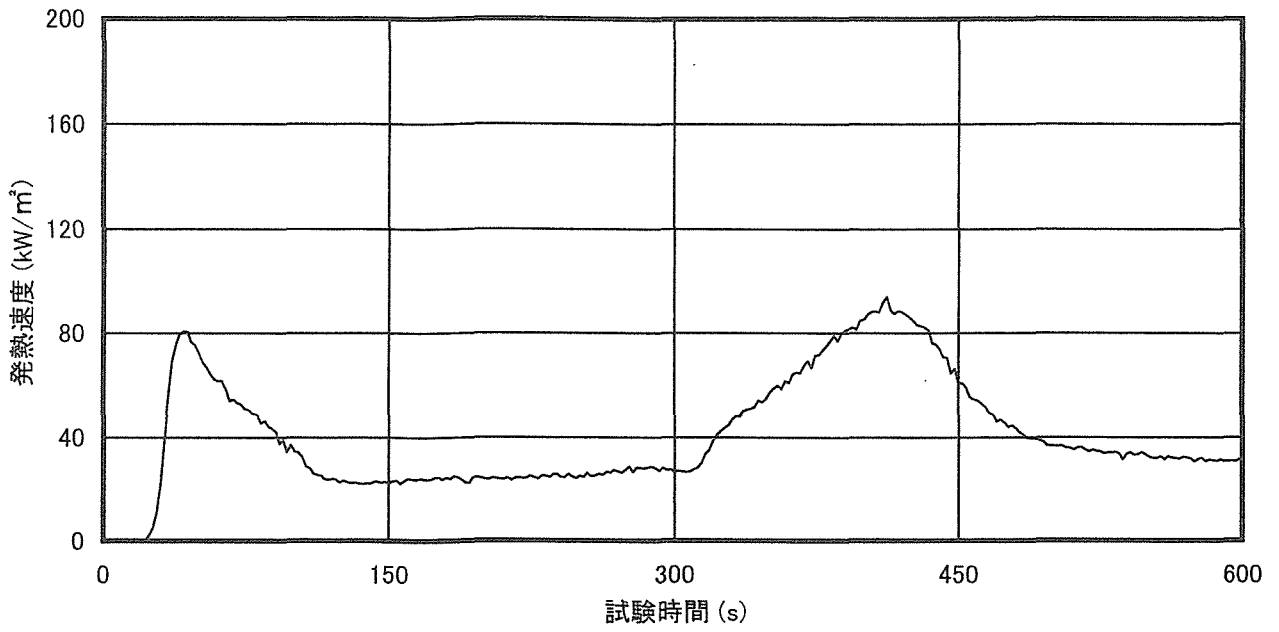


図-19 発熱速度 (記号:No. 5-1)

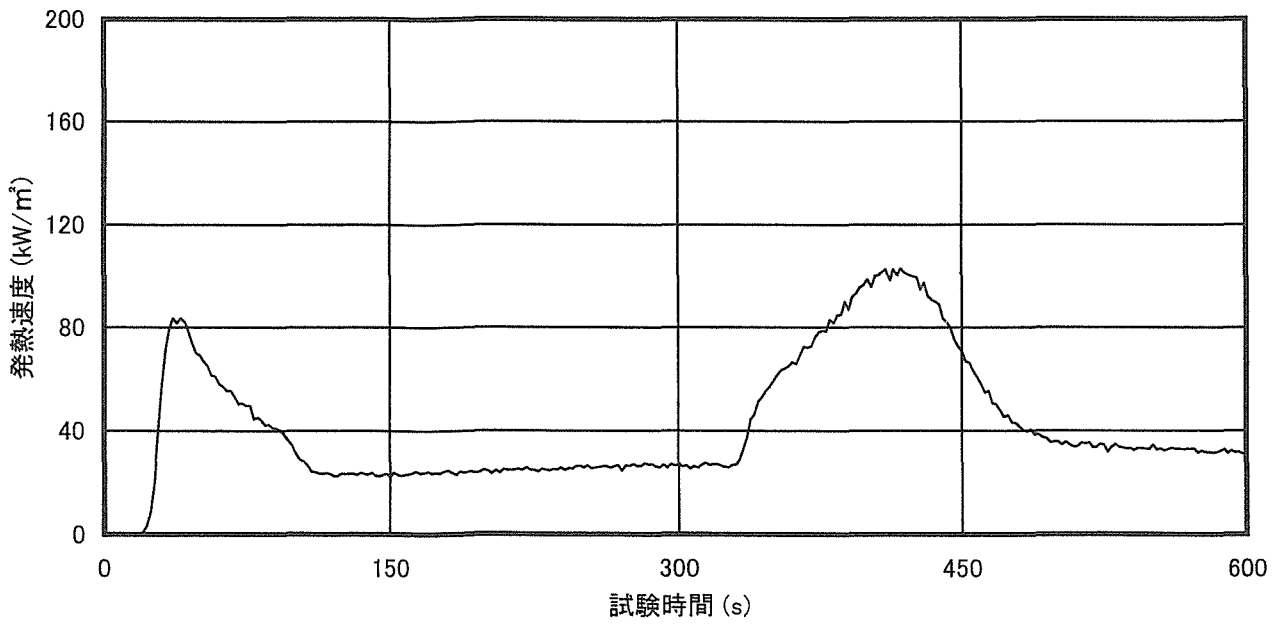


図-20 発熱速度 (記号:No. 5-2)

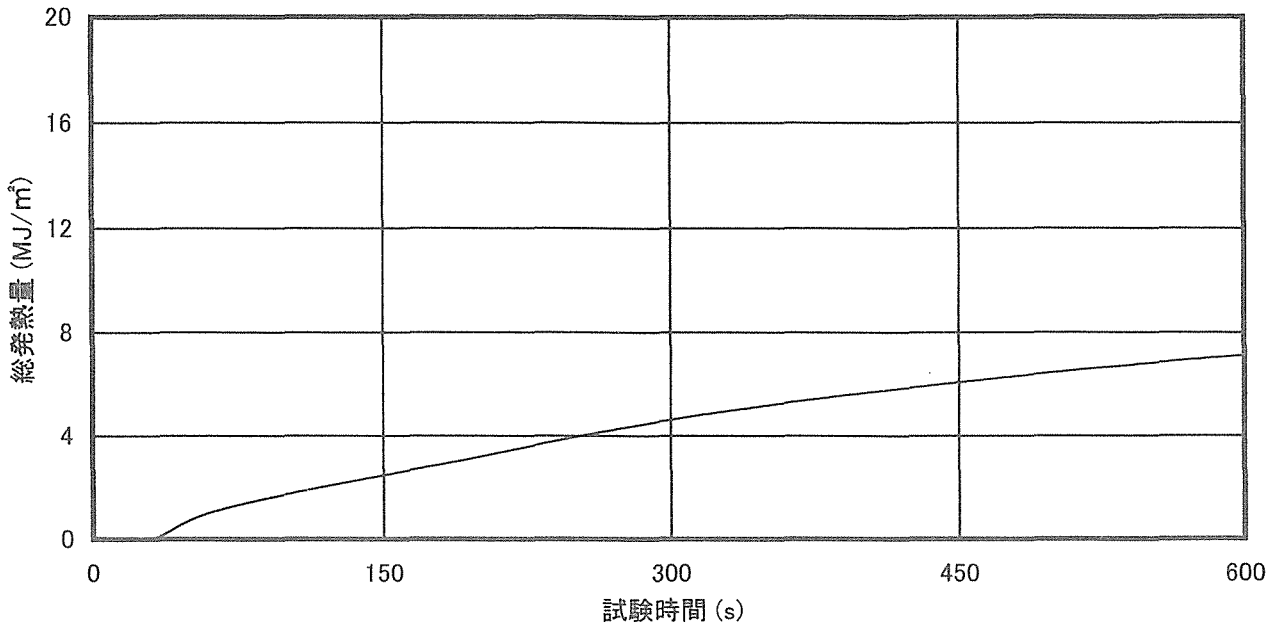


図-21 総発熱量 (記号:No. 6-1)

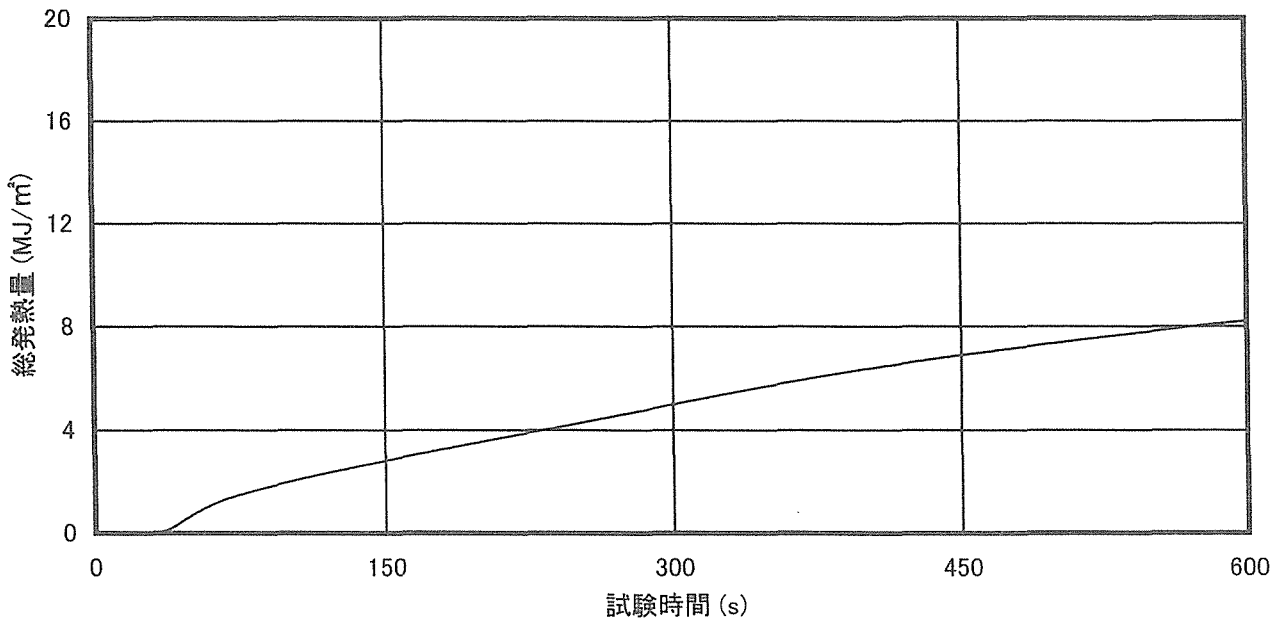


図-22 総発熱量 (記号:No. 6-2)

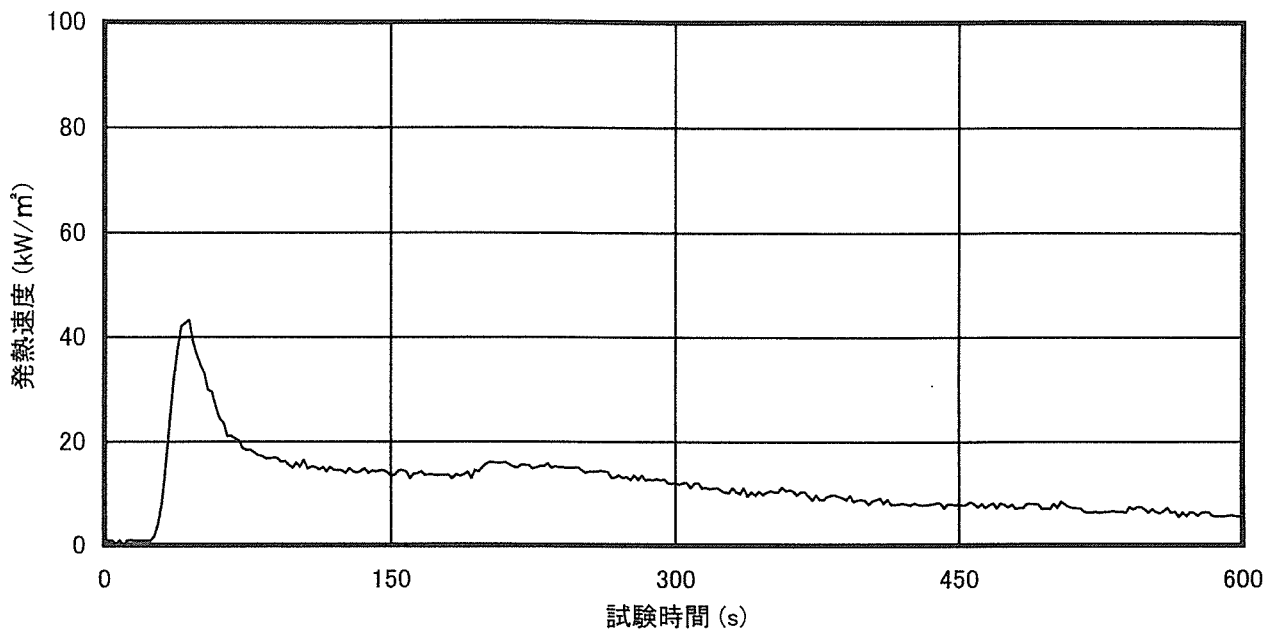


図-23 発熱速度 (記号:No. 6-1)

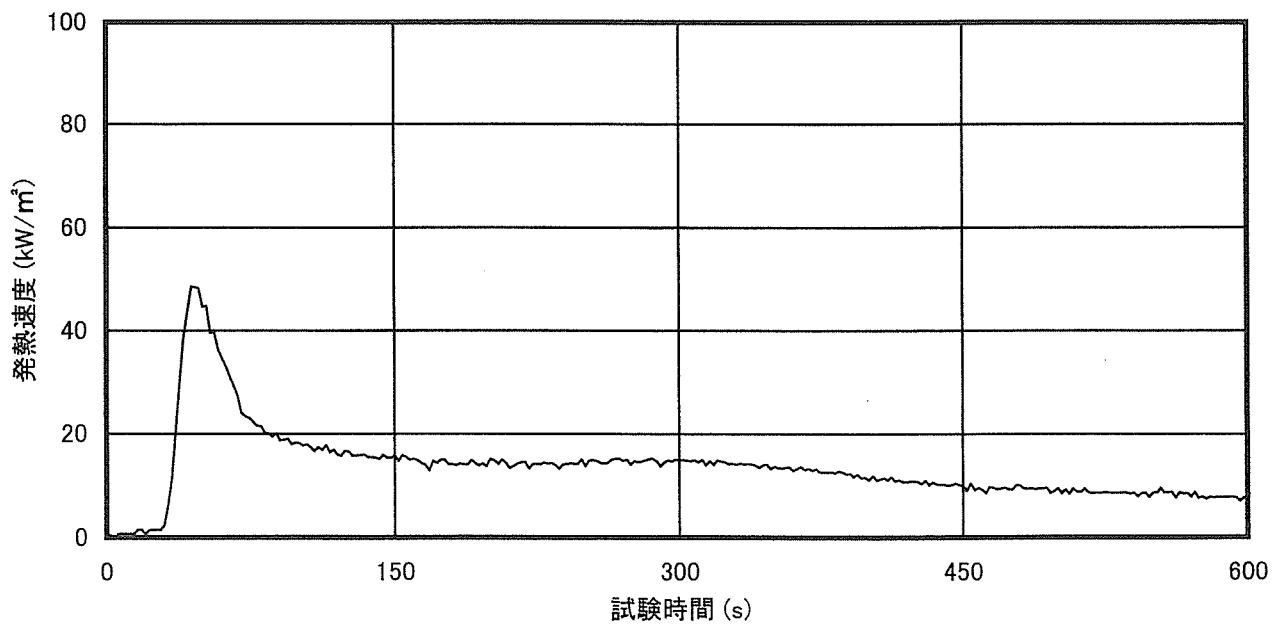


図-24 発熱速度 (記号:No. 6-2)

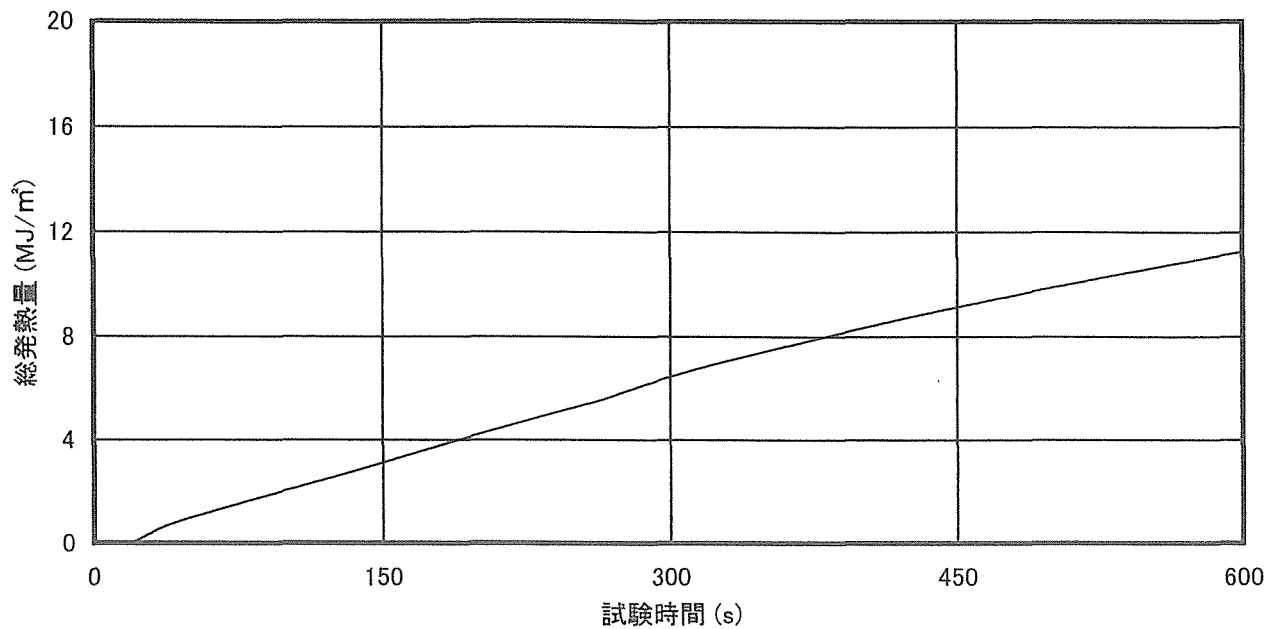


図-25 総発熱量 (記号:No. 7-1)

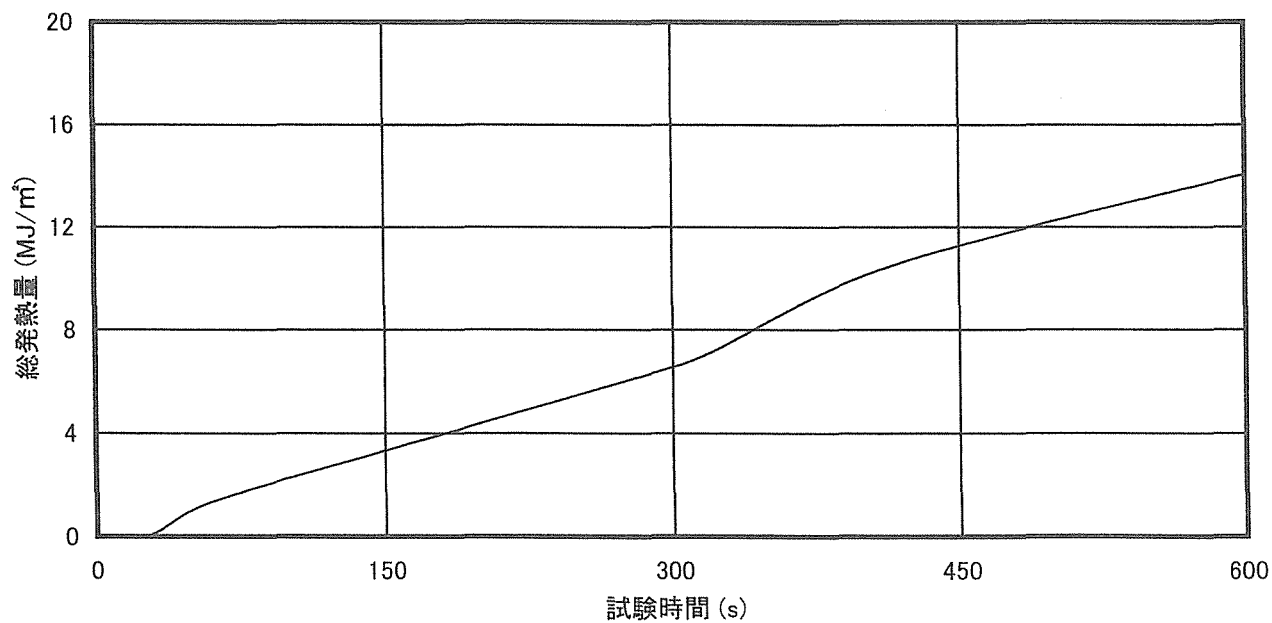


図-26 総発熱量 (記号:No. 7-2)

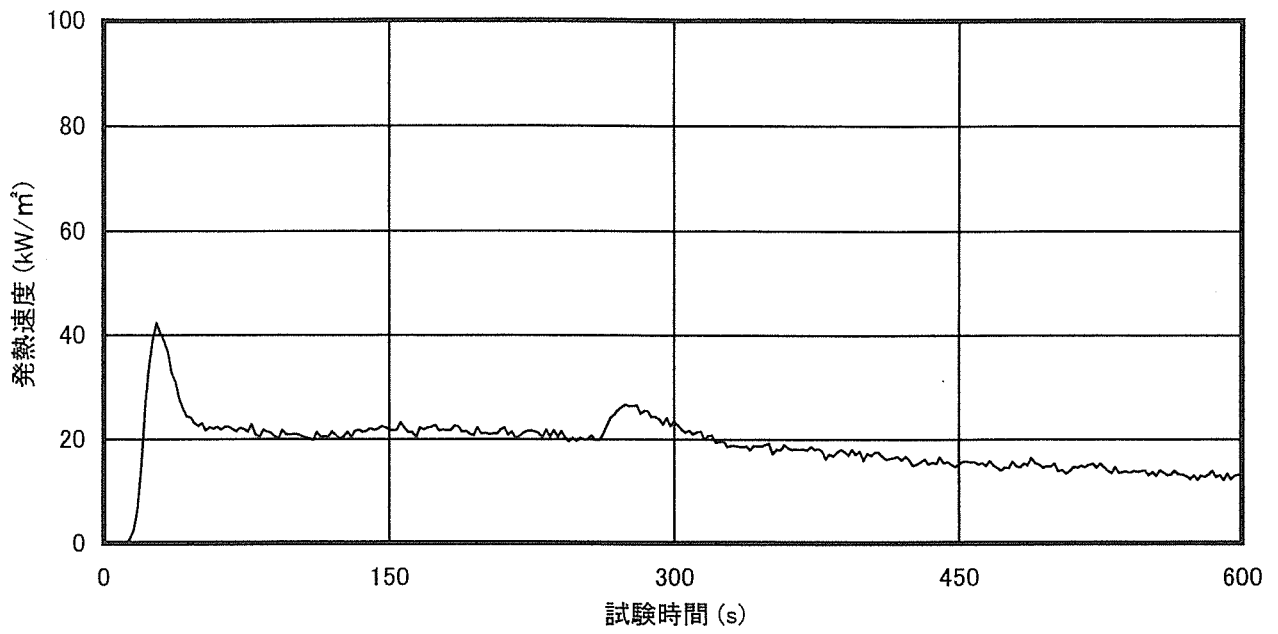


図-27 発熱速度 (記号:No. 7-1)

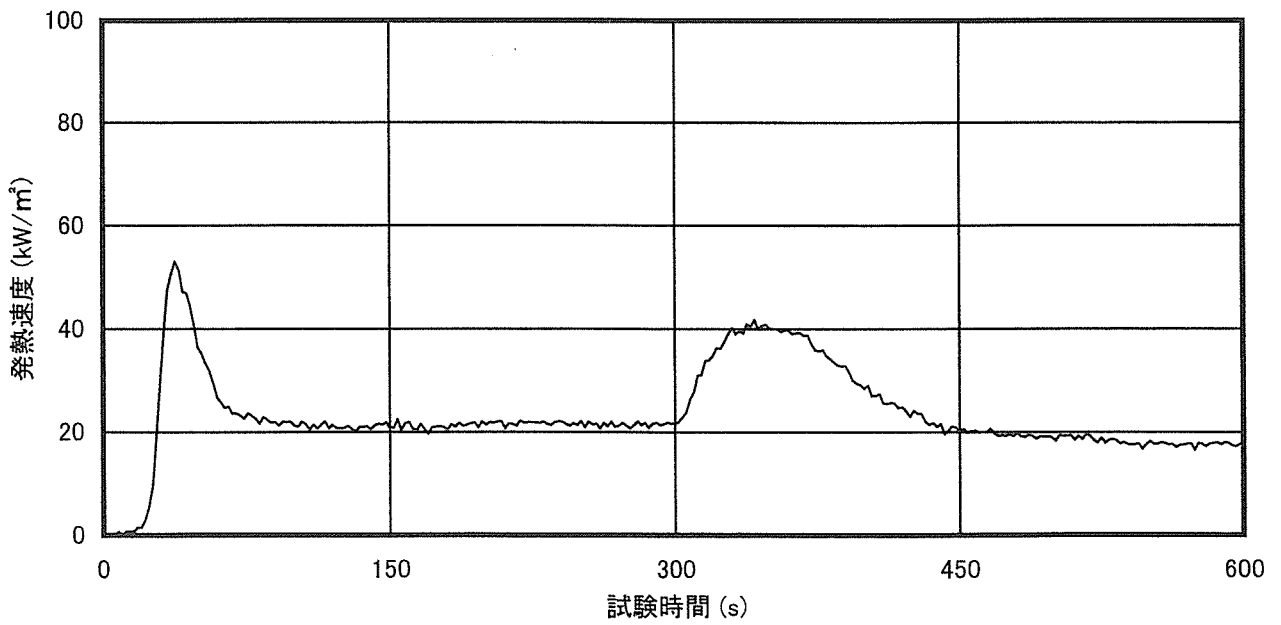


図-28 発熱速度 (記号:No. 7-2)

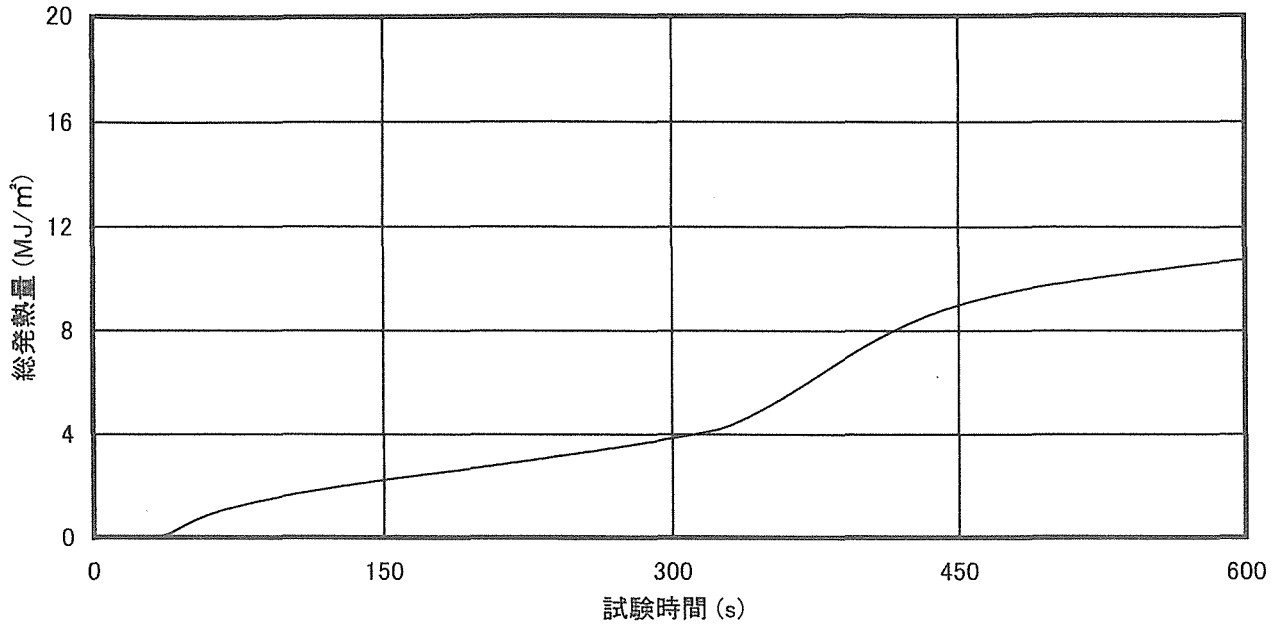


図-29 総発熱量 (記号:No. 8-1)

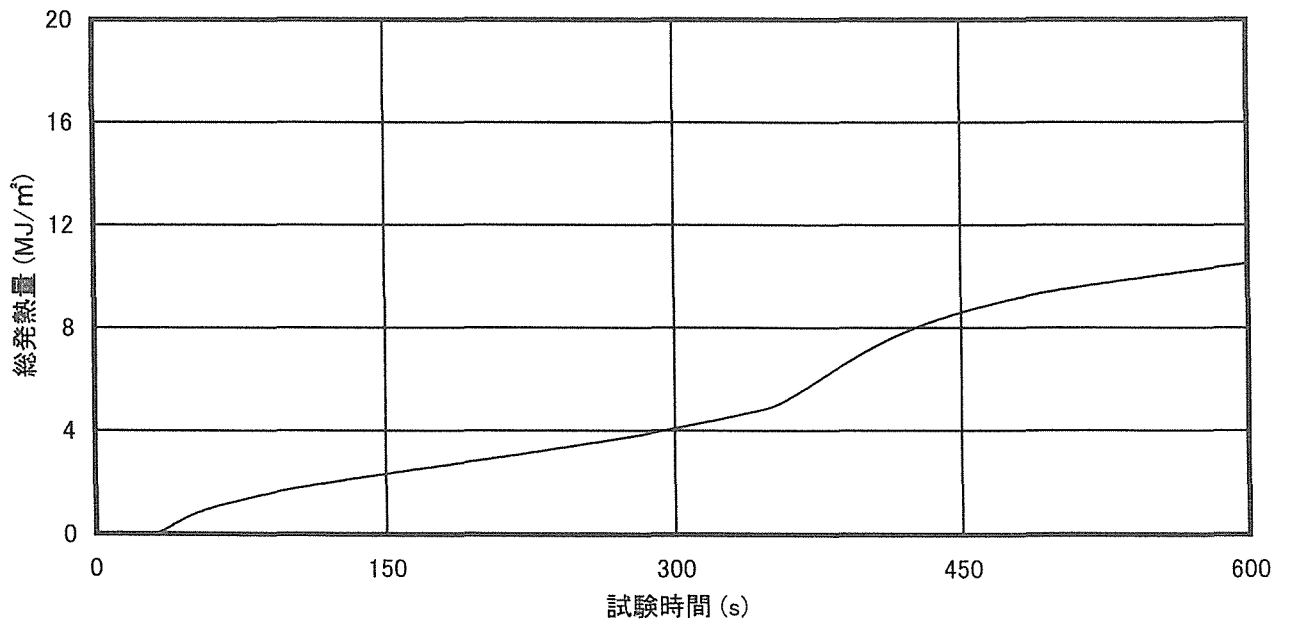


図-30 総発熱量 (記号:No. 8-2)

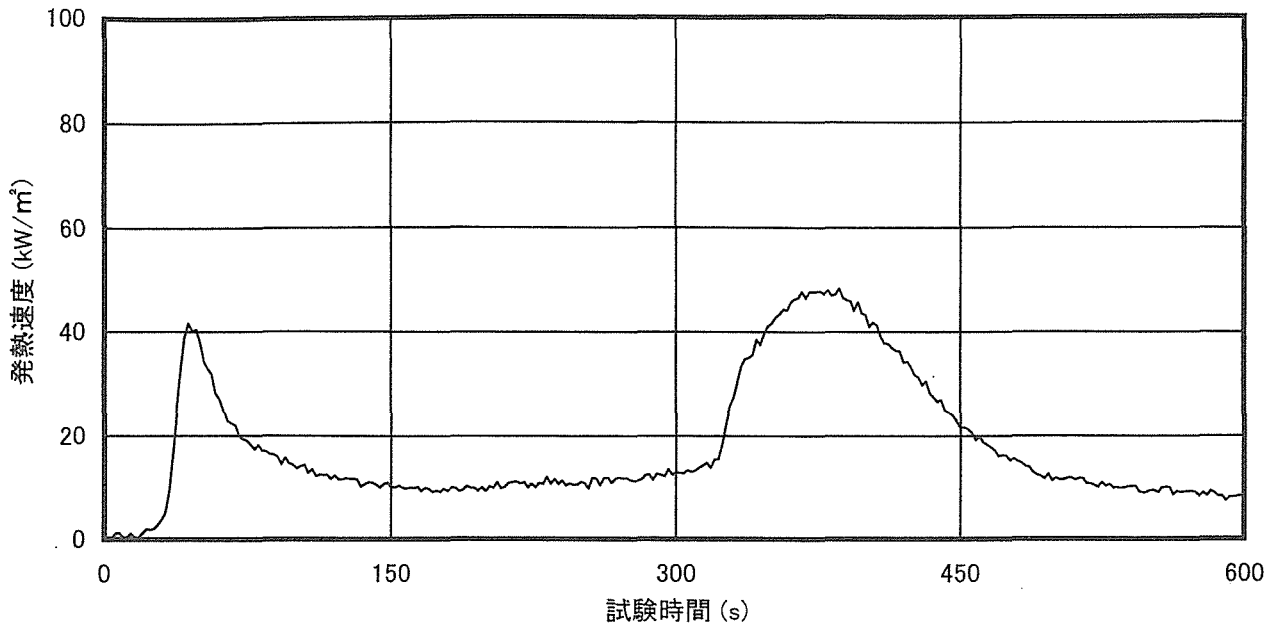


図-31 発熱速度 (記号:No. 8-1)

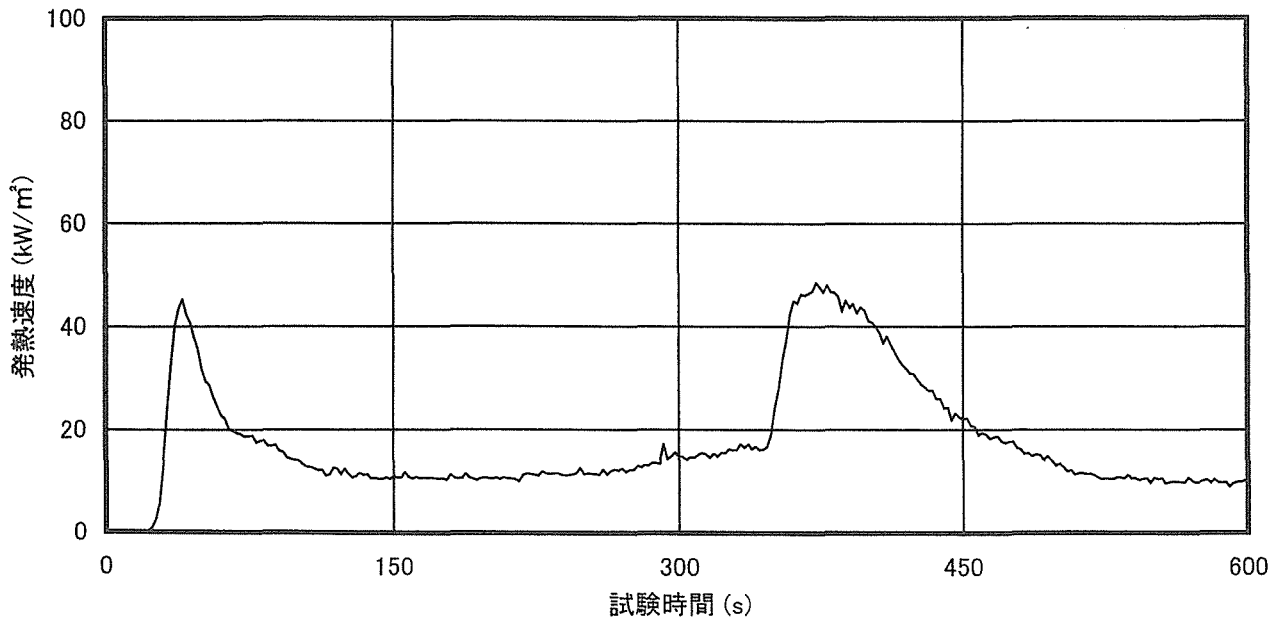


図-32 発熱速度 (記号:No. 8-2)

13.2 炭化物成型ボードの市場調査

13.2.1 アンケートの内容

アンケートの協力依頼状とともに表 25 の商品プロフィールをつけた次のアンケートを行った。

このアンケートは荒廃している山林の中で、特に再資源可能な鹿児島県の竹を炭化して紙と混ぜて環境にマッチした建材として、評価する為に行っている調査研究の一環として実施しています。

住宅業界で活躍されている御社に、現場の声をお聞かせ頂きたく選ばせて頂きました。

アンケートは集計結果のみを用い、個人情報決して使われる事はございません。

ご回答頂きました結果は、取りまとめて「財団法人日本住宅・木材技術センター」の木材産業技術実用促進緊急対策事業の共同研究として、報告書に記載しまして参考資料として広く利用して頂くと考えています。

大変お忙しいと存じますが、何卒趣旨ご理解の上ご協力賜りますようよろしくお願い致します。

お手数をお掛け致しますが、回答後、このまま FAX (0995-64-2352) にてお送り下さいますように、よろしくお願い致します。

平成 14 年 8 月 10 日までに恐れ入りますがお願い致します。

(回答用紙)

まず「買いたい」と思う順番に 1～18 の商品を、左から全ての欄に記入ください。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

次の質問にお答えください

1) 御社の県名は・・・() 県

2) 年間建築数・・・() 棟

13.2.2 アンケート集計表

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	7	9	6	3	13	8	11	14	16	10	4	18	5	17	15	2	12	1
2	7	9	6	3	13	16	10	11	14	8	5	18	4	17	15	12	2	1
3	7	9	6	3	13	16	11	14	10	8	5	18	4	17	15	12	2	1
4	7	11	9	13	16	6	14	8	3	10	4	18	5	17	15	12	2	1
5	7	9	10	16	6	3	11	13	14	8	5	18	4	17	15	12	2	1
6	7	9	10	16	15	5	13	18	12	3	8	6	11	14	4	17	1	2
7	7	9	11	13	16	6	14	3	10	8	4	18	5	17	12	15	2	1
8	7	9	6	3	13	16	11	14	10	8	4	18	5	17	15	2	12	1
9	7	9	3	6	13	16	8	4	14	11	10	18	5	17	12	15	2	1
10	7	9	10	14	16	3	11	8	6	13	18	5	4	17	15	12	2	1
11	7	9	3	13	16	8	11	14	6	10	4	5	18	17	15	12	2	1
12	7	9	5	15	3	10	13	16	11	14	4	18	17	6	12	1	2	8
13	7	9	3	13	6	11	10	14	16	8	4	5	18	17	15	2	12	1
14	7	9	3	13	6	11	10	14	16	8	4	18	5	17	15	2	12	1
15	7	9	5	15	3	8	4	2	10	14	16	6	11	13	18	17	12	1
16	7	9	3	16	6	8	4	14	11	10	5	18	17	13	15	1	2	12
17	7	9	3	10	6	11	8	13	14	16	4	5	18	17	2	15	12	1
18	7	9	3	11	16	10	6	13	14	4	18	5	17	12	15	2	8	1
19	7	9	6	3	13	16	10	11	14	8	4	18	5	17	15	2	12	1
20	7	9	3	6	13	16	10	11	14	8	4	18	5	17	2	15	12	1
21	7	9	3	11	6	13	14	10	16	8	4	18	5	17	15	2	12	1
22	7	9	3	13	16	8	11	14	6	10	4	5	17	18	15	2	12	1
23	7	9	6	3	13	16	10	11	14	8	18	5	4	17	15	2	12	1
24	7	9	6	11	3	13	14	10	16	8	4	18	5	17	15	2	12	1
25	7	9	3	10	13	14	16	6	11	8	4	18	5	17	15	2	1	12
26	7	9	3	11	6	13	14	10	16	8	4	18	5	17	15	2	12	1
27	7	9	3	11	6	16	14	10	13	8	4	18	5	17	15	12	2	1
28	7	9	3	16	6	13	14	11	10	8	5	4	18	17	15	12	2	1
29	7	9	16	3	6	8	13	10	11	14	5	4	18	15	17	12	2	1
30	7	9	11	3	6	8	16	13	14	10	4	18	5	17	15	12	2	1
31	7	9	3	6	11	14	13	10	16	8	4	18	5	17	15	1	2	12
32	7	9	6	3	13	16	10	11	14	8	18	5	4	17	15	12	2	1
33	7	9	6	3	13	16	10	11	14	8	4	18	5	17	15	1	2	12
34	7	9	6	3	16	8	4	14	11	10	13	18	5	17	15	12	2	1
35	7	9	3	6	16	14	13	10	11	8	4	18	5	17	15	12	2	1
36	7	9	3	6	16	14	10	13	11	8	4	18	17	5	12	15	2	1
37	7	9	3	10	16	11	8	14	13	6	18	4	5	17	2	12	15	1
38	7	9	3	10	16	14	13	6	11	8	5	4	18	17	2	15	12	1
39	7	9	3	10	6	11	13	14	16	8	5	4	18	17	15	2	12	1
40	7	9	6	3	13	16	10	11	14	8	4	5	18	17	15	12	2	1
41	7	9	3	10	11	16	6	13	14	4	18	5	17	12	15	2	8	1
42	7	9	16	3	6	8	13	10	11	14	5	4	18	15	17	12	1	2