

第12回木質ボード・木質複合材料 シンポジウム〔I〕 —木質ボードの寸法安定性能—

(社)日本木材加工技術協会関西支部

第12回木質ボード・木質複合材料シンポジウムが去る平成8年3月14日～15日にかけてメルパルク大阪におい開催された。本協会関西支部が主催するこのシンポジウムは、本協会木質ボード部会、日本繊維板工業会、(財)日本合板技術研究所が共催、日本合成樹脂工業協会が後援し、ボード製造メーカー、機械メーカー、接着剤メーカーの技術者を中心に、公的研究機関の研究者や関係者を加えて約100名が参加、活発な討論がなされた。

今回は、現在問題となっている木質ボードの寸法安定性、各接着剤メーカーによるボード用イソシアネート系樹脂接着剤の現状と将来についての話題提供、木質ボードの製造機械装置とプラントと二次加工技術に関して話題提供され、活発なパネル討論会を行った。討論会の題目ならびに講師の各氏は以下のとおりである。

第1日 3月14日(休)

パネル討論会 (I) 「木質ボードの寸法安定性能」

司会 京都府立大学農学部 梶田 熙氏

1) 木質ボードの平衡含水率と面内寸法安定性能に関する研究の動向

岩手大学農学部 関野 登氏

2) 住宅の床下環境

鹿児島大学農学部 藤田 晋輔氏

3) 住宅に要求される木質ボードの寸法安定性

積水ハウス(株) 大羽 伸和氏

第2日 3月15日(金)

パネル討論会 (II) 「ボード用イソシアネート樹脂接着剤の現状と将来」

司会 近畿大学農学部 岡本 忠氏

1) 木質ボード用イソシアネート系接着剤

三井東圧化学(株) 橋本 昭博氏

2) 木質ボード用内部離型イソシアネートバイン

ダーシステム

日本ポリウレタン(株) 谷 憲介氏

3) 木質ボードへのMDIの応用

住友バイエルウレタン(株) 村上 伸一氏

パネル討論会 (III) 「新しい機械装置・プラント、技術および材料」

司会 京都大学木質科学研究所 川井 秀一氏

1) ビゾンプラントの現状と今後の展望

ビゾン極東事務所コーノ 河野 通孝氏

2) ティンバーストランド

トラス・ジョイスト・マックミラン 加藤 忠氏

本稿では、パネル討論会 (I) の概要を掲載する。

1. 木質ボードの平衡含水率と内面寸法安定性能に関する研究の動向

岩手大学農学部 関野 登氏

最近木質ボードの吸・脱湿による内面寸法変化、特に建築用パネル材料や長尺の内装部材 (例えば、幅木や廻り縁など) の面内寸法安定性に基づくトラブルが指摘されている。住宅等に木質ボードが使われた場合、床暖房等による乾燥や室内空気温度の変動によって吸・放湿し、含水率 (MC) が変化して膨張・収縮が起こるが、面内寸法変化の程度は、このMCがどの様に変化する

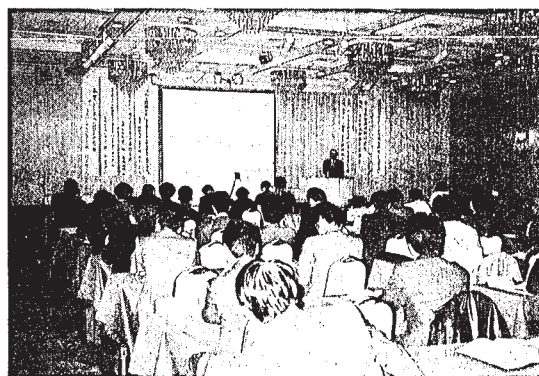


写真1 シンポジウム会場

るのかということ、どのような構造のボードであるのかによって大きく影響される。使用時のMC変化を実際に現場で調査することも大切ではあるが、時間もかかり大変な労力を要する。しかし、周囲の温湿度データを調べて、その材料の平衡含水率(EMC)から推定することも可能である。木質ボードの面内寸法変化率は、MC変化1%当たりの線膨張率こと(LE)で与えられることも多いが、EMCデータが得られていれば、特定の温湿度変化に対しての線膨張率の値が算出できる。

1) 木材の平衡含水率

木材はある温湿度の大気中に放置されると、大気中の水蒸気圧と木材中の水分に基づく水蒸気圧が等しくなるまで、吸湿あるいは放湿が行われ、最後にその大気の温湿度に応じた水分を保持する。この含水率をEMCといい、温度と相対湿度(RH)によって決まる。木材のEMCに関する一般的な傾向として、①一定温度におけるEMCは、RHが高いほど高く、②一定湿度におけるEMCは、温度が低いほど高い。また、③ヒステレシス現象をもつ。

2) 木質ボードの平衡含水率

パーティクルボード(PB)やファイバーボード(FB)の吸湿性は、素材に比べると若干低い傾向があるが、その原因として、熱圧成型による原料の吸湿性の変化、供試接着剤やその他の添加物の吸湿性とその添加量がある。すなわち、熱圧条件(温度、時間)と接着剤の種類により、ボードのEMCが異なり、熱圧温度が高く、小片の吸湿性が低下するほど、供試接着剤の吸湿性が低いほど、ボードのEMCが低く、例えば、200℃、10分の熱圧条件で成型されたイソシアネート(IC)ボードと原料木材のEMCの差は2~3%である。

また、熱圧が120~200℃、加熱時間を10~40分として製造したボードについて、エレメントである小片のEMCについて検討された結果によると、ボード内の小片のEMCは熱圧前のその73~93%の値を示し、特に熱圧温度と密接な関係がある。熱圧による小片のEMCの低下は、木材中の-OH基、-O-基、-COOH基などの極性

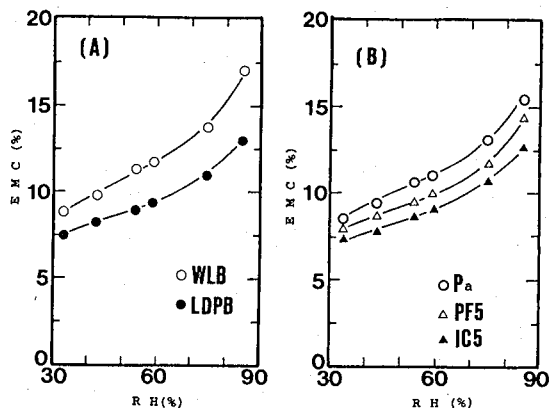
基が加熱により分解や再結合されて、その数が減少することによるものとみられ、特にヘミセルロースの変化に起因するところが大きいと考えられる。なお、熱圧された小片のpHも、熱圧温度が高いほど低下する傾向がある。

木質ボード間では、合板のEMCがPBのそれに比べて若干高く、またICボードのEMCは他のボードよりも低い傾向がある(第1図)。

3) 面内寸法安定性について

木質ボードのLEに関する報告は、厚さ膨張率(TS)に比べるとかなり少なく、測定された水分の変化幅などの条件も異なっており、MC1%当たりのLEが示されていても、平衡含水率が表示されていないなど、情報としては非常に不十分な状況にある。

木質ボードでは、エレメントがボードの面内で直交あるいはランダムに配向しているため、膨潤収縮が小さい木材の繊維方向が、接線方向あるいは放射方向の膨潤収縮を阻止し、ボードのLEは、MC1%当たり、0.01~0.04%程度である(第1表)。例えば、材長4mのMDF製幅木がMC1%当たり0.03%線膨張するとした場合、RH60%でのMCが9%、RH30%で6%、RH90%で16%であるとすると、RH60%で施工した幅木(4m)は、RH30%時には3.6mm収縮し、RH90%時



第1図 木材と木質ボード類の吸着等温線(20℃)

WLB: アカマツ羽目板,

LDPB: 市販イソシアネート低比重PB,

Pa: ラワン小片

PF5, IC5: フェノール, イソシアネートを用いた実験室製PBボード(含脂率10%)

第1表 木材および木質ボードの線膨張率

種類	線膨張率 (% / 含水率 1 %)	備考
木材	T : 0.28-0.41 R : 0.16-0.20 L : < 0.01	比重 : 0.5-0.7 南洋材合板 5ply, 9mm 比重 : 0.52-0.62
合板	L : 0.015 " : 0.015	
単板張 P B	0.02-0.03	
3層 P B	0.03-0.04	
H B	0.02-0.03	
I B	0.02-0.03	

には8.4mm膨張することになる。

なお、木質ボードのLEは、原料木材の比重やボード比重、エレメントの寸法・形状や配向状態、接着剤の種類と含脂率、熱圧条件など多くの因子が影響するが、これらを系統的に検討した研究報告は少なく、データの蓄積が必要である。

現在、国内の木質ボード関連の研究者・技術者の情報交換会である「木質ボード懇話会」を中心に、「面内寸法安定性プロジェクト」活動が進んでおり、LE測定装置の開発と評価方法の検討、各種木質パネルの平衡含水率およびLEの測定などが産学官の18機関の協力のもとに行われている。

2. 住宅の床下環境

鹿児島大学農学部 藤田 晋輔氏

戦後の建築基準法の改正により、木造住宅の東石が「コンクリート布基礎」へと規制され、その結果、住宅に対して自然な気候を排斥し、人工的な環境調節機構をもった住空間へと変化してきた。床下の気象環境、特に相対湿度 (RH) が劣悪な場合は、建築物の耐久性が低下する。これを改善するため、「良好な床下環境を保つため」と称して、床下の土壌表面をビニールシートやコンクリートモルタルで被覆する方法や床下換気扇を換気孔に設置する方法等が行われているが、必ずしも十分なものではない。これまで、調湿材 (除湿材) としての木炭は神社や仏閣等の床下に埋設されているなど、古くから経験的に利用されてきたが、調湿資材として木炭を床下に敷設した場合、床下の気象環境改善にどの程度機能するのかは明らかでない。このようなことから、建築解体材や工場廃材などから低コスト木炭を製造し、それらを床下に敷設して床下の気象環境変化を経時的に測定するプロジェクト研究が、1992年からつくば

市から鹿児島市の5地域で始まっている。

わが国での史上最高の木炭生産は、1940年の約270万トンであるが、1955年以降木炭から化石燃料、ガス、電気へ移行し、今では最盛期の1.4%となっている。

木材を加熱すると仮導管、細胞壁といった基本骨格組織を残して炭化され、ハニカム構造体の木炭ができる。一般に、木炭の表面積は1g当り約200~300cm²であるといわれ、炭化温度が上昇してもこの構造は壊れない。「炭のマクロの孔」と呼ばれる仮導管孔の径は10~40μmであり、細胞壁内部に炭化してできた「炭のミクロ孔」とよばれるマクロ孔の1万分の1程度の細かい孔がある。ナラ、クヌギ、カシ等はマクロの孔の径が小さく、壁が厚くなり、硬質の炭となるが、針葉樹材はマクロ孔の径が大きく、壁が薄いため軟質の炭となる。電子顕微鏡観察によると、「炭のミクロ孔」と呼ばれる木炭の壁の内側にある無数の孔の径は1~5μm程度である。この孔が炭の吸着作用に関係があり、床下の調湿材として使用する際の水分の吸脱湿作用や悪臭の吸着作用、肥料成分の保持作用、農薬の吸着等に役だっている。マクロな孔は炭化温度によりあまり大きく変化しないが、ミクロの孔は大きく変化し、炭化温度が上がるにしたがって孔径が小さくなり、表面積も増加する。

土壌改良資材にはマクロ孔が大きく、中性に近い低温炭を、酸性土壌の中和には灰分量の多い炭 (バーク炭、中高温炭) を、床下調湿資材にはミクロ孔の多い高温炭を、排水処理の微生物担体にはマクロ孔もミクロ孔もあり、かつメタン菌が出す酸を中和、吸着できる中高温炭化物を使用する。

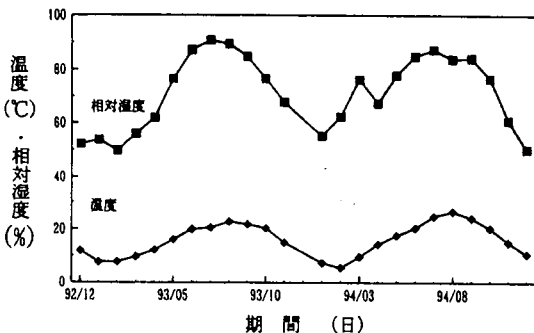
予備実験により、木炭が吸湿・脱湿の繰り返し可能な材料であることを確認しており、RH95%で木炭の含水率は18~19%となる。床下に敷設する木炭は、不織布の袋 (約3~4kg) に詰めたものを用いるが、若干含水率が高いので約1~2週間雨のかからない場所で養生した後に敷設することが望ましい。

実験は、つくば市、浦和市、愛知県岡崎市、富山市および鹿児島市の5地域の実際に居住している個人木造住宅で行われた。第2図は、関東以西

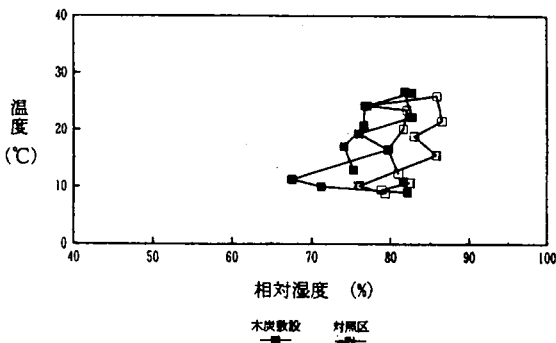
の木造住宅の床下の温度およびRHの結果を示している。年間の気温変動は7月をピークに、前後2カ月半はRH80~100%の期間であり、10月~5月まではRH80%以下になる。ただし、冬期になると富山及び鹿児島地区はこの範囲から若干はずれ、12月~4月の間のみ80%以下になるが、他の地域のように70%以下になることは少ない。一方、RHは冬期の月較差は鹿児島市が最も高く、つくば市、富山市、そして岡崎市の順となっている。

第3図は、93年~94年にかけての鹿児島市での木炭敷設区と隣接する対照区のクリモグラフを示しているが、木炭区のRHは対照区のそれより明らかに低い位置で推移しており、木炭を床下に敷設することによりRHが低下することがわかる。

一方、床下、押入および外気に設置した木材の含水率についても検討したが、押入の木材の含水



第2図 床下木炭を敷設した場合の温度と相対湿度のトレンド(つくば市, 1992.12~1994.12)



第3図 床下木炭敷設区と対照区におけるクリモグラフ(鹿児島市, 1993.12~1994.11)

率は13~14%であるのに対して、その他の区画での木材の含水率は、それぞれの区のRHの変動に応じて変化している。最もRHが上がる梅雨期についてみると、木炭を敷設していない場合RHは90%以上、含水率20%付近となるが、木炭を敷設している場合のRHは75~90%、含水率15%付近となり、木炭敷設の効果が現れている。

従来、夏期の床下のRHが、床下の木材の耐久性に大きな影響を及ぼすと考えられていたが、1年間のRHと木材含水率の関係について検討すると、冬期でのRHの変化も非常に重要であることが明らかになっている。冬期における寒冷地だけでなく、高機密、高断熱住宅が多くなり、特に冬期の暖房、あるいは厨房等により室内のRHは高くなり、床下換気も十分ではなく、外気に比べて床下のRHは相当高い傾向がみられる。床下に木炭を敷設することにより床下気象環境が改善でき、結果的に住宅を構成している木質部材の耐久性の延長に大いに役立つものである。

3. 住宅に要求される木質ボードの寸法安定性 積水ハウス(株) 大羽 伸和氏

近年、住宅の床仕上げ材として木質フローリング(フロー材)が多く用いられているが、その下地材は合板からパーティクルボード等に代替されてきている。それに伴って、仕上げ材のジョイント部に隙間が発生することが多くなり、その原因として下地材の面内寸法変化が考えられ、ジョイント部の隙間発生と下地材の動きとの因果関係について検討した。すなわち、パーティクルボードの出荷時のMCは約8%であると思うが、藤田先生の講演にもあったように、1階の床下環境あるいは2階の床の場合もRHは65~80%となり、したがってMCは11~12%となり、当然それに伴って面内寸法変化も生じる。このようなことから、どうも下地材が伸びて仕上げ材のジョイント部に隙間が生じるものとみられる。

実際の隙間量や発生規模は、床組の仕様や施工時の環境等によって変わると思うが、発生状況を調査した結果によると、①フロー材(303mm×1818mm)での隙間は、長辺にも発生するが、短辺で発生することが多いこと、②その隙間は1.5

mm以上になることもあること、③フロー材を直貼りした場合よりも、下地材としてパーティクルボードを用いて、その上にフロー材を施工した方が隙間の発生が多いこと、④施工時のパーティクルボードのMCは8%前後であることが多いことなどが明らかにされている。また、施工後短時間で発生することが多く、一度発生すると元には戻らないし、適当な補修方法がなく、床全面を張り替えなければならない場合もある。

そこで、隙間発生のメカニズムを明らかにする目的で、2階の床組を想定した実大サイズの試験体を用いて床材の種類や施工方法の違いによる隙間発生について検討した（なお、詳細については、本協会誌「木材工業」51巻2号に掲載されているので参照されたい）。下地材としてはM（20mm厚）およびP（15mm厚）タイプパーティクルボード、比較のためJAS 2類ラワン合板（20mm厚）を用いた。実際の試験に際しては、床下に超音波加湿器を設置し、床下環境を20℃、RH90%とし、外部の温湿度は20℃、RH65%とした。

その結果、MおよびPタイプのパーティクルボードでは面内の寸法安定性には差がなく、最大隙間量に差異は認められないこと、合板は隙間の最大値、合計ともパーティクルボードの1/3以下であること、施工方法では根太を完全に固定した方が、下地材の面内寸法変化量が低減され、下地材のジョイント部は突きつけよりは5mm程度あけて施工した方が、下地材の動きが吸収され、フロー材の隙間量の低減に効果があることなどが明らかになり、今後、パーティクルボード等の木質ボードの寸法安定化あるいは床の施工方法などについて十分考慮していく必要がある。

近年、住宅の外装材として窯業系サイディング材が多く仕様されるようになってきたが、その材料の凍害の原因究明を進めるなかで、炭酸化により耐凍害性が低下すること、また炭酸化で基材の乾燥収縮率が大幅に増加することなどが明らかになり、経年に伴う炭酸化で窯業系サイディング材の初期物性が低下することが考えられる。

そこで、7種の市販サイディング材について、30℃、RH60%、CO₂濃度5 vol%の恒温恒湿室で7日間強制的に炭酸化処理することによる諸物性の変化について検討した。なお、炭酸化はフェノールフタレイン水溶液の定色反応で着色しないことで確認が可能である。走査電子顕微鏡で観察すると、サイディング材には多くの空隙があり、その中にトバモライトをはじめとした多くの結晶物がみられるが、炭酸化すると炭酸カルシウムに変化している様子が見られる。また、細孔分布測定では、炭酸化により細孔部に充填物ができ、細孔量が小さくなる傾向が見られる。X線回折でも、炭酸化されていない場合はほとんどが水和物からなっているが、炭酸化するとカルサイトとバテライトといった炭酸カルシウムに起因する物質から成ることがわかる。また、バルブセメント押出し板と硬質木片セメント板は全般的に炭酸化は物性にほとんど影響を与えないが、その他のサイディング材は種類によりその度合は異なるが、炭酸化収縮をおこし、特に乾燥収縮が増加して耐凍害性も劣ってくる傾向がある。なお、乾燥収縮は水を与えればけっこう元にもどるが、炭酸化収縮の場合は元にもどらない。

（文責 京都府立大学農学部 梶川 熙）
（1996.7.17受理）