

発熱合板を用いた椅子の開発

小林 裕昇

西宮 耕栄*1

江野 英嗣*2

Development of a Chair with Heating Plywood

Hironobu KOBAYASHI

Koei NISHIMIYA

Hidetsugu ENO

Using molding technology, a plywood chair with a built-in heating element was produced experimentally. A production method was developed and the heating performance was examined. The results can be summarized as follows.

- 1) The production of the chair was carried out by two manufacturing processes: the production of the heating element and the molding process.
- 2) For electrical insulation, a method for applying the adhesive and a production technique for the heating element were established.
- 3) It was confirmed that the molding had no effect on the heating performance.
- 4) It was shown that it was effective in the case of bodily sensation of getting warm in the quickly by the sensual test of sitting in the prototype chair. It was confirmed using the thermograph too.
- 5) The operating cost and manufacturing cost were calculated (operating cost: 400 yen (max), manufacturing cost: 10,000 yen).

key words: plywood, molding technology, flat sheet heating element, electric heating
合板, 成型加工技術, 面状発熱体, 電気暖房

発熱合板に成型加工技術を応用した椅子を試作し、製造方法の検討と発熱性能の評価を行った。結果は次のように要約される。

- 1) 椅子の製作は、配線方法の制約などにより発熱部材の製造と成型加工の2工程で行うこととした。
- 2) 絶縁のために必要となる接着剤の塗布方法と発熱部材の製造方法を確立した。
- 3) 成型加工が発熱性能に与える影響は認められなかった。
- 4) 官能試験では、速やかに暖かさを体感できることが分かった。またサーモグラフでも確認された。
- 5) 製造コストとランニングコストの試算を行った。製造コストは10,000円、電気料金は最大で400円である。

1. はじめに

林産試験場では、合板製造時に用いる接着剤に導電性物質を混入し、その接着層に電気配線を施し通電することにより発熱性能を持たせた合板（発熱合板）の開発^{1,2)}と発熱合板を用いた補助暖房などの

製品化に向けた取り組み³⁾を進めてきた。

補助暖房の製品化においては、発熱性能の安定性、耐久性、寸法安定性および電気用品安全法に合致するための絶縁性能の検討^{4,5)}を行ってきた。

小型の補助暖房用製品の分野には、パネルヒー

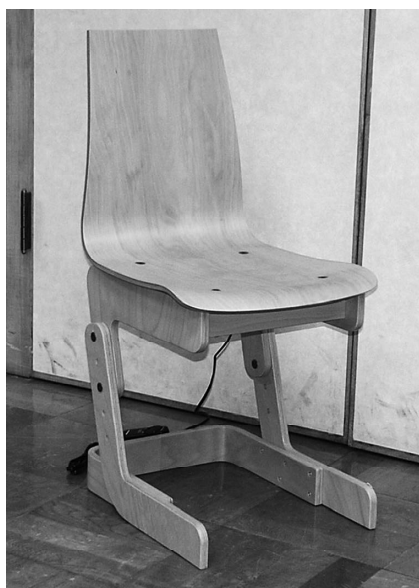
ターやオイルヒーターなどの製品があり、種類も豊富で安価なものが多い。筆者らは補助暖房に関するアンケート調査で、木の質感を活かしたシックな製品が望まれていることを明らかにした⁶⁾。そこで、この分野への新規参入を目的として、発熱合板の木の良さを活かした小型暖房器具の開発を行った。

2. 開発コンセプト

面状発熱体には様々なタイプの製品が存在するが、家具に面状発熱体を組み込んだ例は少ない。木質材料である発熱合板には、木製の家具との親和性が高いという長所がある。

一方、高齢者の中には、床暖房が設置されていたとしても膝が悪く床に座れないため、椅子を使用する場合がある。このような状況からヒーターを組み込んだ椅子等の要望は高いと考えられるため、発熱合板を椅子に応用した製品開発の検討を行った。

製品開発時における最大の問題点は、発熱合板の発熱範囲が通電されているため自由に釘やビスが打てず、部材の接合部や取合い部分が制限される点である。そこで、成型加工技術を用いて部材点数と接合部分を減らし、デザインや設計上の制約が小さくなるように考慮することにより問題の解決を図った(第1図)。



第1図 試作した椅子
Fig. 1. Prototype chair.

3. 試作椅子の製作および試験方法

3.1 椅子の製作

椅子の製作は、配線方法の制約などにより発熱部材の製造と成型加工の2工程で行うこととした。

3.1.1 成型加工用発熱部材の製造

発熱部材は、0.8mmのシナ単板を用いた。発熱部材の詳細を第2図に示す。外形寸法は、最終仕上がり寸法を400×800mmと考え、余丁を含め430×860mmとした。また、発熱範囲は脚部取付け金具や電気配線取付け位置・成型加工後の外周部カットを考慮し、140×595mmとした。

発熱部材中の発熱範囲では導電性物質を混入した接着剤、それ以外の部分では導電性物質を混入していない接着剤を用いて接着した。

接着剤はマスキングを用い塗り分けを行ったが、これらの工程は手間と時間が掛かりコストアップとなるため、導電性物質を混入した接着剤の塗布範囲を単板から切り出し、その他の部分と別々に接着剤を塗布する方法に変更した(第3図)。

発熱範囲に用いた接着剤の配合比率は、フェノール樹脂100部(重量比)に対し、カーボンブラック10部、グラファイト15部、白土10部、界面活性剤1部とした。また、非発熱範囲に用いた接着剤の配合比率は、フェノール樹脂100部(重量比)に対し、炭酸カルシウム16.7部、重曹1.6部、小麦粉4.2部、水5.0部とした。

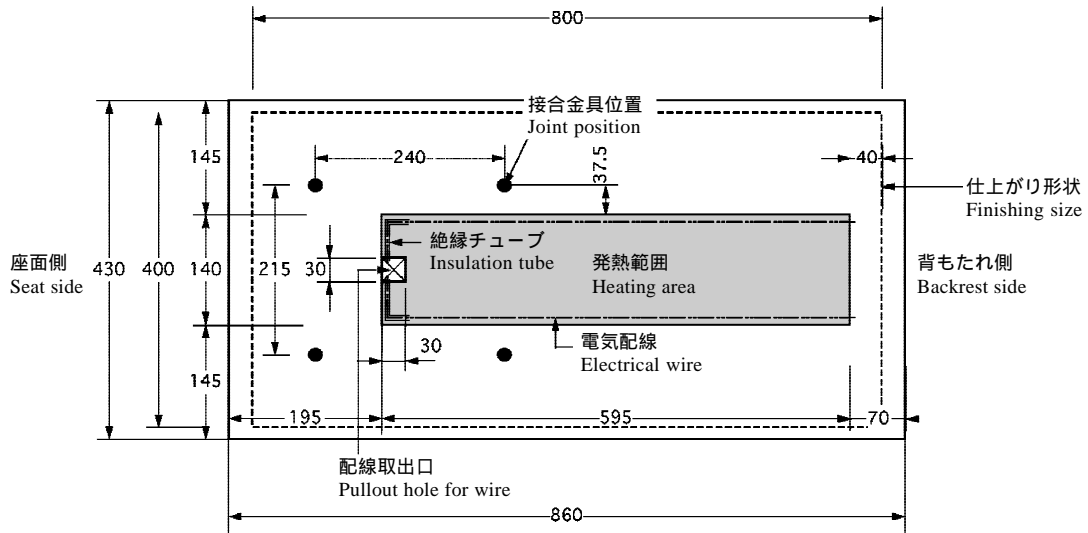
圧縮条件は、熱板温度135℃、圧縮圧力0.98MPaとした。圧縮時間は、通常の発熱合板の製造では5分であるが、発熱部材が薄くパンクが発生する可能性があり、その防止を図るため10分とした。

3.1.2 成型加工

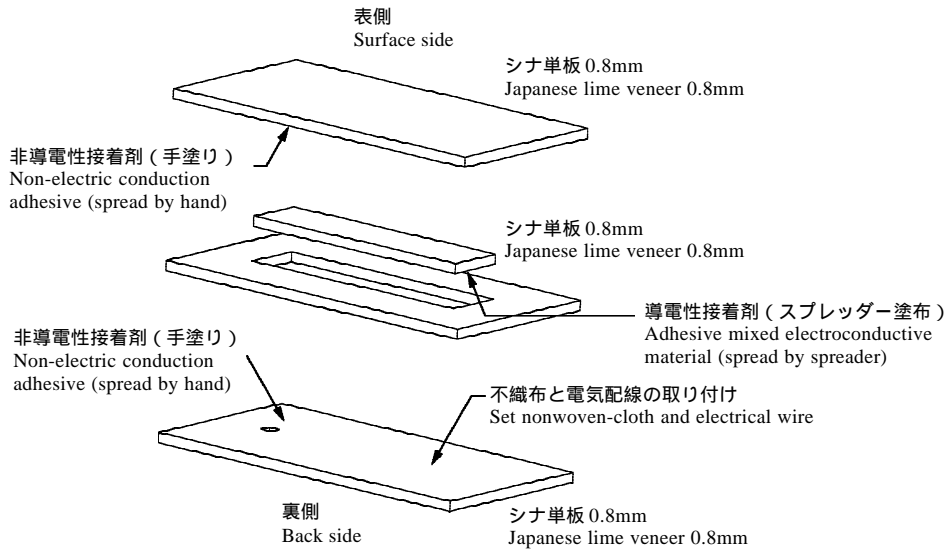
成型加工は、表側に仕上げとなるブナ化粧板とMDF、裏側に構造材となるブナ単板5枚を配置し、表側と裏側の間に発熱部材を挟み込み、型枠にセットして行った(第4図)。製造条件は、ユリア系接着剤を使用し、熱板温度115℃、圧縮圧力0.73MPa、圧縮時間15分、接着剤塗布量は260g/m²(片面)とした。第5図に、使用した型枠から成型される座および背もたれ部分の寸法形状を示す。

一般的に成型加工には高周波プレスが用いられているが、電気配線が金属製であることから火花が飛

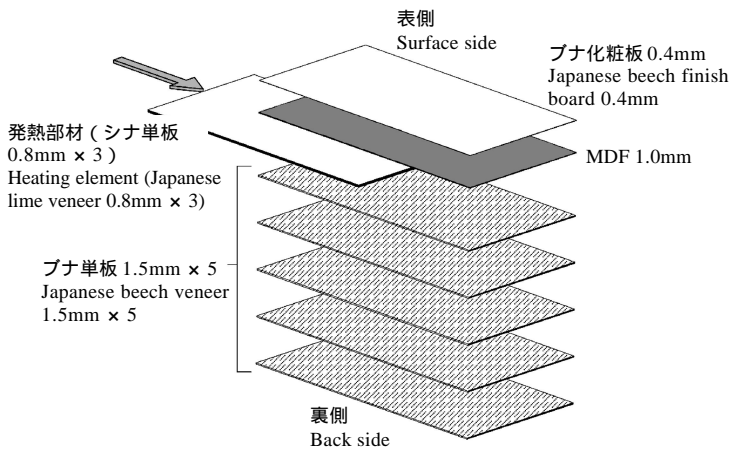
発熱合板を用いた椅子の開発



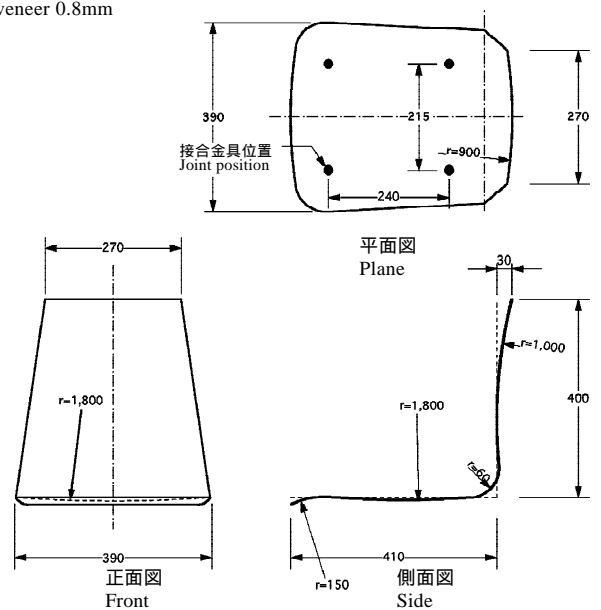
第2図 発熱部材の詳細
Fig. 2. Details of heating-element.



第3図 発熱部材の構成
Fig. 3. Components of heating-element.



第4図 椅子の単板構成
Fig. 4. Components of the chair.



第5図 椅子の座面の寸法・形状
Fig. 5. Size and shape of the chair seat.

散するおそれが考えられたためホットプレスを使用した。製造上の問題は発生しなかった。

3.2 発熱特性の試験方法

発熱合板を成型加工した場合，その曲げられた部分が発熱にどのような影響を与えるのかを明らかにするため，サーモグラフ（NEC製TH7100MV）を用い椅子の表面温度の測定を行った。

試験は70Vの電圧により15分間通電し，1分間隔でサーモグラフ画像を記録することにより行った。試験場所の室温は，約18℃に一定とした。

3.3 試作椅子の官能試験とサーモグラフを用いた温度測定

椅子の暖房能力を明らかにするため，熱の感じ方について官能試験⁷⁻¹¹⁾を行った。

試験は，被験者（30代女性）1名に10分間着座姿勢を維持してもらい，人体に対する暖まり具合について聞き取りによる主観評価を行い，これを3回繰り返した。被験者の服装は長袖，長ズボン，上半身は薄手のセーターの重ね着とした。試験場所の室温は，約18℃に一定とした。

本試作では，温度制御用のセンサーおよびコントローラーを取り付けていなかったため，最初の3分間は70V，その後は半分の35Vに電圧を下げることで温度の調整を行った。試験前と試験後に着衣した状態の人体表面温度のサーモグラフ画像を記録した。

3.4 コスト試算および電気料金の前提条件

椅子の製造コストと使用時の電気料金について，試算を行った。

発熱部材の製造コストは，過去に算出した「900×1800mm」サイズの発熱合板の製造コスト^{1-2,4-5)}と，電気配線口の位置合わせや導電性物質の塗布範囲を単板から切り離すなどの作業手間を考慮に入れた。成型加工に係わるコストは，成型用の型枠があり300～500脚の受注を前提とし，成型加工時の発熱部材組み込みの手間賃を製造業者からの聞き取り調査から得られた情報より算定した。

電気料金は，公表されている電気料金シミュレーションを参考にして算定した¹²⁾。椅子の抵抗値は約150Ωであることから，電力は65Wとなる。使用時間は，日中の最大限の使用を考え1日8時間とし，1か月間（31日間）の消費電力量は，17kWhと算定さ

第1表 電気料金試算条件

Table 1. Calculation of condition of electricity.

種別 Classification	21・従量電灯B type-21
契約アンペア数 Contract amperage	40A
使用電力 Used electric power	17kWh
電気料金（281kWh以上） Electricity rate (over 281kWh)	22円65銭/kWh 22.65yen/kWh

れた。電気料金の試算条件を第1表に示す。

4. 結果と考察

4.1 発熱特性

椅子を正面から見た発熱合板表側のサーモグラフ画像を第6図に示す。

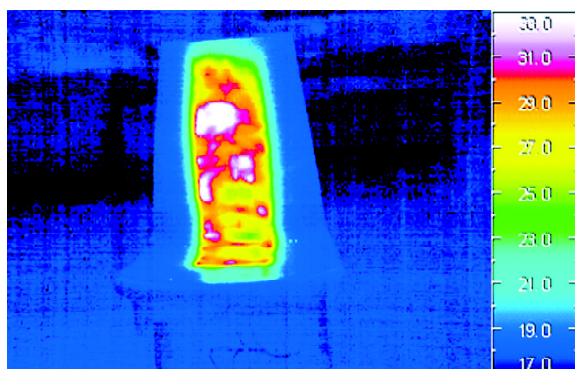
椅子の背もたれは，画像奥に向かって凹型で上方に向かって反っており，座面も浅いお椀状に凹型となっている。いずれの部分も表面温度には発熱ムラがあると認められるが，凹凸の形状が温度変化に及ぼす影響は確認できなかった。また，成型加工による曲率をもっとも厳しい部位は座面から背もたれに至る部分で，角度95度，曲率半径60mmであるが，ここにも集中した発熱ムラは生じていない。これらのことから，発生している発熱ムラは，発熱部材製造時に生じていたものが，そのまま現れたと推測される。

以上のことから，発熱合板に成型加工による3次元的な曲げ加工を行っても，発熱性能への影響が無いことが明らかになった。

4.2 官能試験と人体の表面温度

官能試験では，発熱範囲が小さく直接人体に接しているため，被験者は2～3分で温度上昇による暖かさを感じる事ができた。これは，すぐに暖まりたいときの補助暖房として有利である。ただし，途中で電圧を下げ温度上昇を制御したが直接人体に温度が伝わるため，熱すぎる部分があるという結果となった。

試験前と試験後の人体背面のサーモグラフ画像を第7，8図に示す。試験前の表面温度は，腕から肩の範囲で23～26℃となっており，背中から腰の範囲では20～24℃程度となっている。試験後は，発熱部材と接触する人体背面の表面温度が椅子の表面温



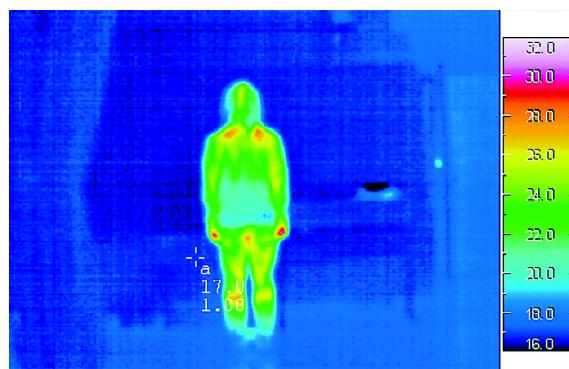
第6図 椅子のサーモグラフ画像（表面，15分後）
Fig. 6. Thermograph image of the chair (surface, after 15 min).

度と同程度の30前後となっており、椅子の発熱部分から人体へ有効に伝わっている状態が分かる。また、発熱部分に直接接触していない部分も平均的に温度上昇が見られたことから、発熱範囲を椅子全体としなくとも補助暖房としての効果は高いと考えられた。温度の分布については、24以上の部分が増加しており、発熱範囲と接触した部分はほぼ27以上となっていた。官能試験の結果からも、27以上の範囲は温度が高すぎると考えられる。床暖房では、低温やけどを起させないため表面温度は最高でも30程度である。これらの結果から、商品化の際には発熱温度の制御や最高温度の設定について検討する必要があることが分かった。

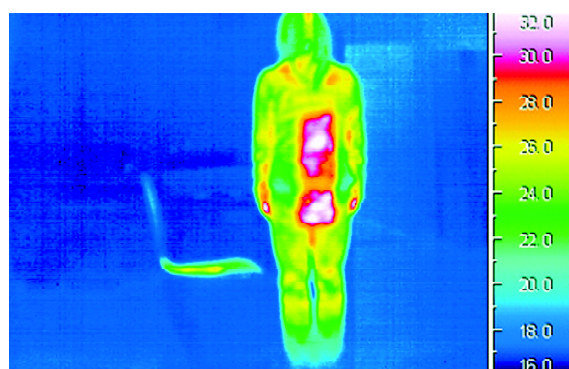
4.3 温度制御用センサーに関する検討

パネルヒーターのように間接的に暖める製品については多少の温度上昇や発熱ムラも許容されると考えるが、本試作のように直接人体が触れるような場合は、温度調整や温度感知の方法について考慮する必要がある。これまで検討を行った発熱合板の温度制御については、発熱合板を製造した後に発熱層に近い部分まで裏面から木部を彫り込み、温度制御用センサーの取り付けを行っていた。しかし、この方法では加工手間が大きくコストアップの要因となっているため、本研究で試作した椅子について、より簡便な取り付け方法について検討した。

通電時の試験体の背もたれと座面の裏側をサーモグラフで確認したところ、裏側も均等に発熱している様子が観察された。また表側と裏側での温度差も小さいことから、温度制御用センサーを内部へ深く



第7図 人体背面のサーモグラフ画像（試験前）
Fig. 7. Thermograph image of human back (before test).



第8図 人体のサーモグラフ画像（試験後）
Fig. 8. Thermograph image of human back (after test).

第2表 製造コストの試算結果

Table 2. Calculation of manufacturing cost.

	1枚あたりコスト（円） Cost per one sheet (Yen)
発熱部材製造コスト Cost of heating-element	3,000
成型椅子製作費（300～500脚） Cost of molding chairs (300～500units)	5,000
成型加工時に発熱部材を組み込む手間賃 Cost of labor by heating-element	2,000

埋め込み発熱層に近づけなくとも、材厚と熱伝導率から表面温度を裏側面で予測し制御を行うことが可能であることが示唆された。今後、発熱合板を用いた製品開発において、センサー取り付けについては加工性の向上とコストダウンが可能であると考えられる。

4.4 コスト試算および電気料金の算定

椅子の製造コストは、10,000円と試算された（第2表）。

販売価格は、人件費や管理・営業などの経費を加

味する必要があり，試作段階ではおおよそ製造コストの2～3倍と考えるのが一般的である。これらのことから椅子の販売価格は，おおよそ20,000～30,000円になると考えられた。

また椅子の1か月間のランニングコストは，約400円となった。

5. おわりに

試作された椅子は，インテリアとして必要な時，場所に必要な数量を手軽に導入できるメリットがあり，温度の立ち上がりが早く，直接部分的に暖めるので暖房費も経済的である。さらに，体育館やアリーナなど，暖房が行き届きにくい大空間の観覧席の補助暖房等として有効なシステムである。市場には今回の試作品と競合する製品はないため，商品化への可能性は高い。今後も発熱合板の長所を十分に活かし，様々な分野へ商品展開を図ることにより，新たな需要拡大を行っていきたい。

文 献

- 1) 西宮耕栄，秋津裕志，高谷典良，江野英嗣：“平成13年度共同研究報告書 導電性を有する木質系高分子を用いた発熱合板の開発”，2001。
- 2) 西宮耕栄，秋津裕志，古田直之，高谷典良，江野英嗣，長谷川正幸：“平成14年度共同研究報告書 導電性物質を用いた発熱合板及び発熱複合パネルの開発”，2002。
- 3) 小林裕昇，西宮耕栄，江野英嗣：日本木材加工技術協会第22回年次大会講演要旨集，名古屋，2004 pp.79-80。
- 4) 西宮耕栄，平林靖，高谷典良，田口崇，江野英嗣：第55回日本木材学会大会研究発表要旨集，京都，2005 p200。
- 5) 西宮耕栄，秋津裕志，高谷典良，江野英嗣：日本木材学会北海道支部講演集 第35号，旭川，2003 pp.66-69。
- 6) 西宮耕栄，石河周平，小林裕昇，江野英嗣：林産試験場報 20(2)，16-23(2006)。
- 7) 空気調和，衛生工学会：“健康に住まう家づくり”，オーム社，2005。
- 8) 栃原裕：“人工環境の健康影響と快適性”，弘学出版，1997。
- 9) (社)日本建築学会：“高齢者が気持ちよく暮らすには”，技報堂出版，2005。
- 10) 沢田知子：“床暖房のある暮らし”，産能大学出版部，2001。
- 11) 梁瀬度子，三村泰一郎：“ハウスクリーマー住宅気候を考えるII”，海青社，1991。
- 12) 北海道電力：“ほくでん：電気料金シミュレーション”，<http://www.hepco.co.jp/price-simulation/index.html> 2005。

- 企画指導部 デザイン科 -
- *1 技術部 合板科 -
- *2 北海道合板株式会社 -
(原稿受理：06.6.9)