

## 低比重塗布型磁性木材の作製およびその磁気特性

### Manufacturing method and characteristics of coating type magnetic wood with low specific gravity

○ 村上祥隆、岡英夫 (岩手大学)

○ Yoshitaka Murakami, Hideo Oka (Iwate University)

キーワード：磁性木材 (magnetic wood)、塗布型 (coating type)、低比重 (low specific gravity)

連絡先：〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5 岩手大学工学部電気電子工学科

岡英夫、Tel & Fax : 019-621-6389、E-mail : hoka@iwate-u.ac.jp

#### 1. はじめに

岡研究グループで考案・開発されている磁性木材<sup>[1][2]</sup>は、木材と磁性粉体または磁性流体を組み合わせることによって木材には本来ない磁気特性を有するものである。この磁性木材は、木材特有の素材感、加工容易性等の特徴と磁性体が持つ磁気的機能を兼ね備えた新しい複合機能木材である。

現在磁性木材には、含浸型・粉体型・塗布型の3種類があり、磁気吸着機能、誘導交流磁界による発熱機能、電波吸収機能に関する研究が進められている。3種類の磁性木材のうち塗布型磁性木材は作製方法が容易でかつ磁気特性が比較的優れているという報告<sup>[3]</sup>がなされているが、木材の経年変化、外部からの衝撃により磁性層の剥離、亀裂等の問題点を有しており、また木材自体の質量が磁気吸着力を減少させる要因にもなっていた。

本研究では、これらの問題を解決するため弾性接着剤を用いて磁性塗料を調合し、木材には弾性接着剤の機能を最大限に生かすことができる低比重で安全性の高いコルク材

を用いて柔軟性を有する塗布型磁性木材を作製し、その最適な作製手法の確立のため、磁性層における磁性粉の分散状態の違いが直流および交流磁気特性に与える影響について報告する。

#### 2. 低比重塗布型磁性木材の作製

従来、塗布型磁性木材の作製には、木材には経年変化で変形が少ないスターウッド、磁性粉と木材の接着にはラッカーを用いて作製を行ってきた。低比重塗布型磁性木材では、木材に低比重で柔軟性を有するコルク材、接着剤には硬化後に弾性特性を示すアクリル系とアクリルエマルジョン系の弾性接着剤を用いる。表.1には木材の比重を示す。

表.1 木材の比重

樹種	比重 [g/cm <sup>3</sup> ]
コルク	0.20
ヤチダモ	0.55
スターウッド	0.81

木材に磁気特性を付与するに用いた磁性体は Mn-Zn フェライトの粉体である。一枚の低比重塗布型磁性木材の寸法は 100×100×2[mm]であり、磁性塗料は接着剤と磁性粉の混合割合を重量パーセント濃度 50wt%になるように配合した。また、磁性層における磁性粉の拡散状態を作るにあたっては接着剤の粘度を可変させることにした。2 種類の接着剤はいずれも水性接着剤のために、粘度調整には精製水を用いた。

図.1に低比重塗布型磁性木材の作製法を示す。表.2、表.3 には、本実験で作製する試料の接着剤、磁性粉、精製水の混合割合を示す。可変パラメータは精製水のみとした。

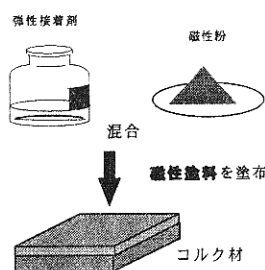


図.1 低比重塗布型磁性木材の作製法

表.2 アクリル系接着剤試料

試料	接着剤 [g]	磁性粉 [g]	精製水 [cc]
Ac001	22.67	20.30	5
Ac002	22.64	20.19	3
Ac003	23.19	20.29	1

表.3 アクリルエマルジョン系接着剤試料

試料	接着剤 [g]	磁性粉 [g]	精製水 [cc]
Ae001	22.51	20.19	5
Ae002	22.02	20.20	3
Ae003	22.18	20.18	1

木材に磁性塗料を塗布した後、12 時間乾燥させ接着剤が硬化し完成となる。本実験では、完成した低比重塗布型磁性木材ボードより磁気特性を測定するための環状試料、磁性粉

の拡散状態を確認するための試料を切り出した。環状試料に加工する際、従来はドリルを用いていたが、今回は打ち抜くことで比較的精度の高い環状試料を得ることができた。図.2 に従来試料と本研究の試料の写真、表.3 に環状試料の寸法を示す。

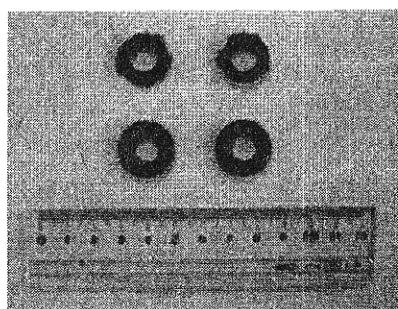


図.2 従来試料との比較

表.4 本実験での環状試料の寸法

試料	内径 [mm]	外径 [mm]	平均磁路長 [mm]	比重 [g/cm <sup>3</sup> ]
Ac001	9.83	20.04	46.872	0.587
Ac002	9.88	20.12	47.124	0.593
Ac003	9.93	20.00	47.014	0.529
Ae001	9.85	19.90	46.731	0.512
Ae002	9.92	19.94	46.904	0.512
Ae003	9.98	19.91	46.964	0.555

加工精度に関しては、内径±2%以内、外径±1%以内と十分な値が得られた。

磁性層における磁性粉の分散状態を確認する試料として、ボードの側面から 2センチのところをカッターで切り出した。図.3 にその試料を示す。

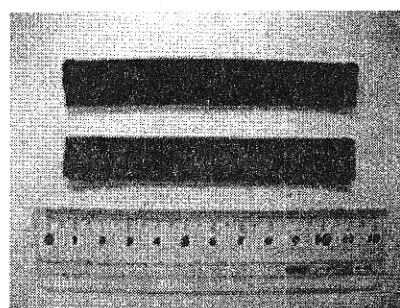


図.3 磁性粉の分散状態確認試料

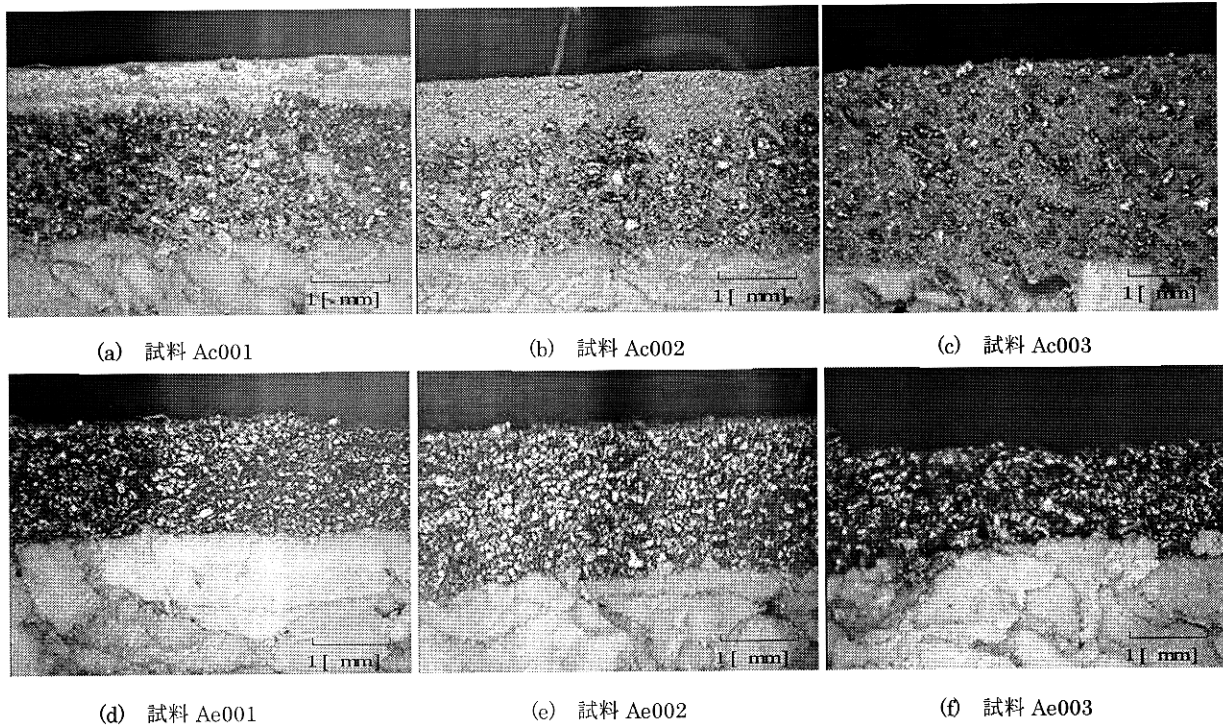


図.4 磁性層の断面写真

### 3. 磁性粉の分散状態

本実験で作製した低比重塗布型磁性木材の磁性層における磁性粉の分散状態を確認するために、光学顕微鏡で磁性層の断面撮影を行った。図.4の(a)～(f)は倍率100倍で磁性層断面写真である。

アクリル系接着剤では、磁性粉の沈殿および分散状態がはっきりと確認できたが、アクリルエマルジョン系接着剤では接着剤が白色のため磁性粉の色と同化してしまい、はっきりと磁性粉の分散を確認することができなかった。

## 4. 低比重塗布型磁性木材の磁気特性

### 4.1 直流磁気特性

低比重塗布型磁性木材の磁性層における磁性粉の分散状態が磁気吸着特性に与える影響について振動試料型磁力計 VSM (LakeShore 製) を用いて測定した。測定条件は、23[°C]、湿度 25[%]、測定試料は 5×5×2[mm]、最大磁界強度  $H_m=400$ [k A/m] とした。図.5、図.6に測定結果を示す。

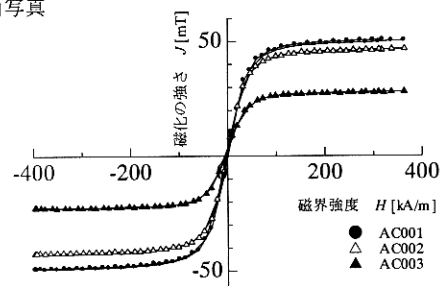


図.5 アクリル系接着剤試料の直流磁気特性

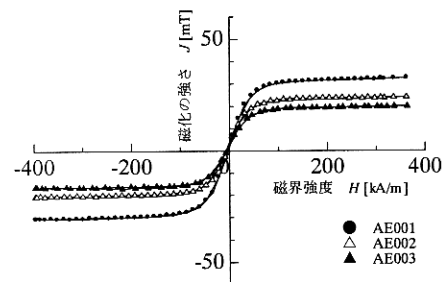


図.6 アクリルエマルジョン系接着剤試料の直流磁気特性

### 4.2 交流磁気特性

交流磁界で低比重塗布型磁性木材を磁化させた場合、磁性層における磁性粉の分散状態が複素透磁率  $\mu'$ 、 $\mu''$  に与える影響を調べるため、BH/Z アナライザ HP E5070A とインピーダンスマテリアルアナライザ HP4291A を用いて測定した。各測定回路を図.7、図.8に示す。

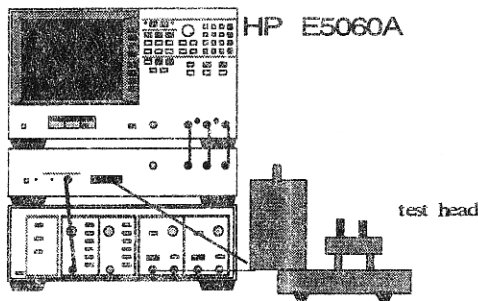


図.7 BH/Z アナライザ HP E5070A

Impedance Material Analyzer  
HP 4291A

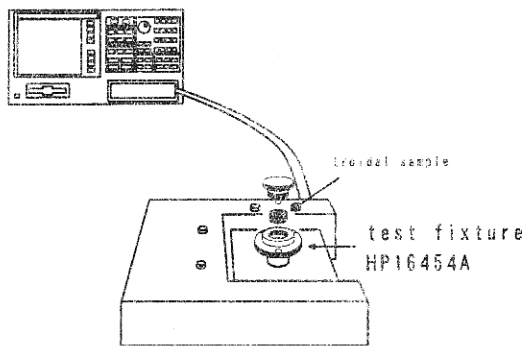


図.8 インピーダンスマテリアルアナライザ  
HP4291A

(a) BH/Z アナライザ HP E5070A

BH/Z アナライザ HPE5070A では、周波数帯域 10[kHz]~20[MHz]で、試料の複素透磁率  $\mu'$  を測定した。測定条件は、23[°C]、湿度 50[%]、励磁電流 1[A]、averaging point 32、sweep point 8、 $N_1=N_2=11$ [turn]とした。図.9 にアクリル系接着剤、図.10 にはアクリルエマルジョン系接着剤で作製した低比重塗布型磁性木材における複素透磁率  $\mu'$  の周波数依存性を示す。

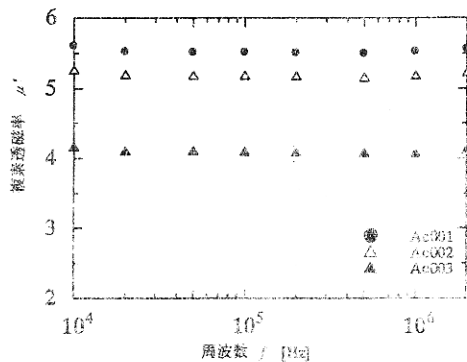


図.9 アクリル系接着剤試料の複素透磁率  $\mu'$  周波数依存性

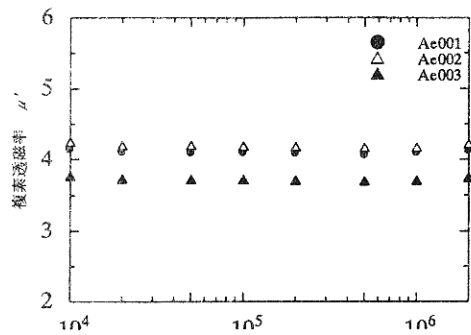


図.10 アクリルエマルジョン系接着剤試料の

複素透磁率  $\mu'$  周波数依存性

(b) インピーダンスマテリアルアナライザ  
HP4291A

インピーダンスマテリアルアナライザ HP4291A では、周波数帯域 10[MHz]~1.8[GHz]で、試料の複素透磁率  $\mu'$  および  $\mu''$  を測定した。測定条件は、23[°C]、湿度 50[%]、励磁電流 10[mA]、averaging point 32、sweep point 51とした。図.11 はアクリル系接着剤、図.12 にアクリルエマルジョン系接着剤で作製した低比重塗布型磁性木材における複素透磁率  $\mu'$  の周波数依存性を示す。

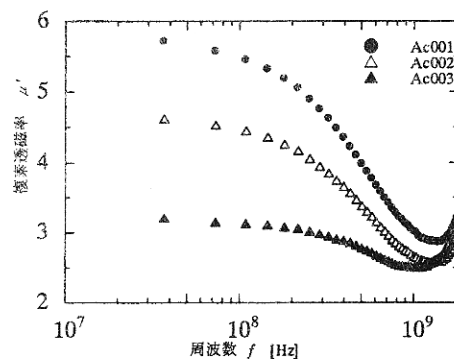


図.11 アクリル系接着剤試料の

複素透磁率  $\mu'$  周波数依存性

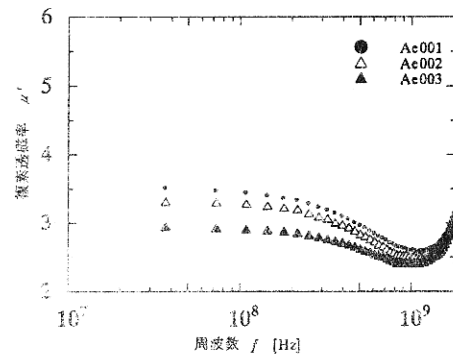


図.12 アクリルエマルジョン系接着剤試料の

複素透磁率  $\mu'$  周波数依存性

また、低比重塗布型磁性木材を電波吸収材として考えるとき重要なパラメータである磁気損失項、複素透磁率 $\mu''$ についての測定結果を示す。図.13 にアクリル系接着剤で作製した試料を、図.14 にアクリルエマルジョン系接着剤で作製した試料の周波数依存性を示す。

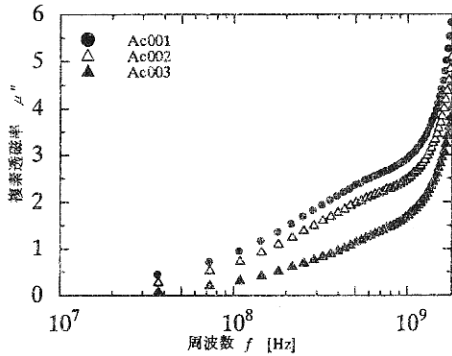


図.13 アクリル系接着剤試料における  
複素透磁率 $\mu''$ 周波数依存性

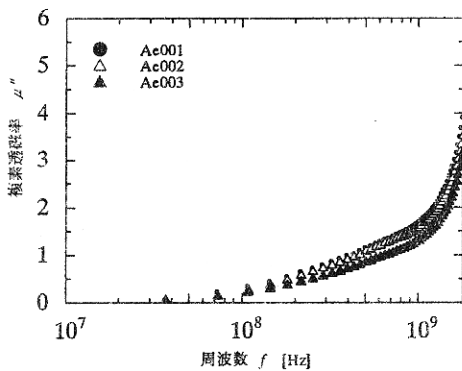


図.14 アクリルエマルジョン系接着剤試料の  
複素透磁率 $\mu''$ 周波数依存性

## 5. 検討・考察

本研究で作製した低比重塗布型磁性木材の磁気特性について直流磁気特性、交流磁気特性の測定を行った。

直流特性について

磁性層における磁性粉の分散状態の違いによりアクリル系接着剤で作製した試料については、アクリルエマルジョン系接着剤で作製した試料より、磁化の強さ $J$ の違いが大きく最大で55%の違いが生じた。

交流磁気特性について

周波数帯域 10[KHz]~20[MHz]、10[MHz]~1.8[GHz]における複素透磁率 $\mu'$ を BH/Z アナライザ HPE5070A とインピーダンスマテリアルアナライザ HP4291A で測定した。

アクリル系接着剤で作製した試料において磁性粉の含有割合が等しいにもかかわらず複素透磁率 $\mu'$ に大きな違いが現れた。磁気特性は磁性粉が均一分散している状態に比べ最大約75%高いことがわかった。

磁気特性の違いは、磁性粉の分散状態が異なるために起こったものと考えられる。アクリル系接着剤においては、局所的に磁性粉の密度が高い、つまり磁性粉が沈殿している場合、磁性粉の粒子間距離が小さくなるためにより磁化しやすくなると思われる。アクリルエマルジョン系接着剤については、さほど磁気特性の差が生じることはなかった。磁気特性の値に注目すると、AC003 と類似していることから、磁性層における磁性粉は十分分散していたと考えられる。

磁性層において磁性粉が沈殿している場合と分散している状態では、アクリル系接着剤で作製した試料の場合、複素透磁率 $\mu'$ が最大約75%、アクリルエマルジョン系では最大約15%の違いが現れた。従来、塗布型磁性木材では磁気特性は磁性粉の含有量に依存すると考えられていたが、磁性粉の分散状態も大きく影響を与えることが実験的に明らかになった。よって低比重塗布型磁性木材を作製する際、磁性粉の分散状態が作製過程における重要なパラメータの一つであるといえる。また、従来のスターウッドとラッカーを用いて作製していた塗布型磁性木材と本研究で作製した試料の比重を比較してみると平均比重が 1.03[g/cm<sup>3</sup>]から 0.55[g/cm<sup>3</sup>]と約47%低比重となった。

## 6. まとめ

低比重塗布型磁性木材の作製手法確立のため、磁性層における磁性粉の分散状態の違いに対する、直流磁気特性および交流磁気特性のうち 10[kHz]~1.8[GHz]における複素透磁率  $\mu'$ 、 $\mu''$  の測定実験を行った。

- (1) 磁性層の亀裂・剥離が生じることなく低比重で柔軟性を有する低比重塗布型磁性木材を作製した。
- (2) 磁性層における磁性粉の分散状態と低比重塗布型磁性木材の磁気特性には、密接な関係が成り立つ。
- (3) 測定器、励磁条件は異なるものの、磁気特性は DC~1.8[GHz]において対応している。
- (4) 低比重塗布型磁性木材の共振周波数は、すべての試料においてほぼ同様な値であるため、用いる磁性体に大きく依存すると考えられる。

## 7. 今後の課題

本研究で作製した低比重塗布型磁性木材は、従来の塗布型磁性木材と比べて磁性層の亀裂・剥離を改善したばかりでなく、低比重で柔軟性を有していることから曲面などへの磁性木材の応用が考えられる。その場合、材料に外部から応力が加わることにより、どのように磁気特性に影響を及ぼすかを検討しなければいけない。また、磁気特性は木材に磁気特性を付与する磁性材料に大きく依存することから、今後さまざまな磁性材料を用いて基礎特性を測定する必要があると考えられる。

## 謝辞

低比重塗布型磁性木材の作製にあたり木材工学の分野からさまざまなご指導いただいた岩手大学農学部応用生物学科 関野 登助教授に深謝いたします。

## 参考文献

- [1] H.Oka : "Basic study of Magnetic Wood and its Application"  
International Workshop on Wood and Magneto-electronics, Morioka, Japan, pp.13-18 (1996)
- [2] 岡 : 「磁性木材の基礎特性」 日本応用磁気学会誌 Vol.23, No.2, pp.757-763 (1999)
- [3] 北條・岡 : 「電磁石による磁性木材の磁気吸着特性に関する実験的検討」 電気学会全国大会講演論文集 496, p.2-288 (1998)

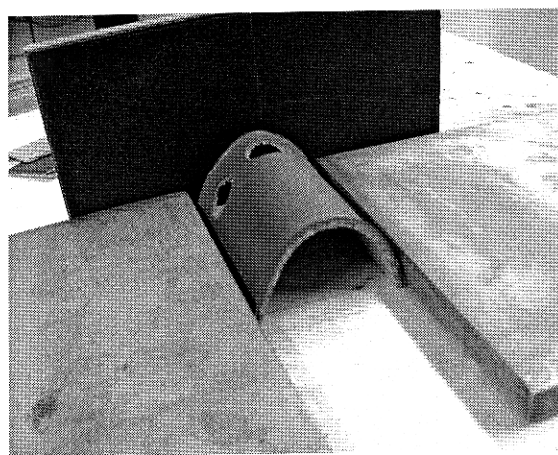


図.15 弾性特性を有する磁性木材