

# ものづくりと環境材料

## ～環境に優しい木質バイオマスの開発～

千葉職業訓練支援センター 秦 啓祐  
 千葉職業能力開発短期大学校 水渡 博幸  
 青森県工業総合研究センター 岡部 敏弘

### 1. はじめに

東日本大地震は未曾有の災害をもたらし、津波災害は建材等の莫大な廃棄物を発生させた。廃棄物の処分については、地方自治体に協力要請を行っているが、十分な対応がなされておらず、緊急の課題となっている。廃棄物についての処分方法には、リユース、リサイクル、リデュース等の対策が行われており、廃棄物の新たな利用には人および自然に優しいことが条件となっている。また一方で、大震災がもたらした原発災害に代わる代替エネルギーの確保が急務となっており、再生可能エネルギーの開発が進められている。今、廃棄物の処理および再利用には環境に配慮していることが要求されている。また、新しい材料を開発するうえでも、環境に配慮した材料でなければならなくなっている。この環境に優しい材料の1つに、多孔質炭素材料・ウッドセラミックス<sup>1), 2)</sup>があるが、この材料に代表されるように、生物系資源をベースとした木質バイオマスの開発が積極的に展開されている。

以前、「技能と技術」誌(2008年1号)に「ものづくりと環境問題」<sup>3)</sup>と題して報告したが、そこでは、「人材育成は能力開発そのものであり、これからの能力開発は環境を意識した人材の育成が必要である」と報告した。また、「私たち指導する側として、さまざまな環境問題に対してものづくりをどの

ように指導していけばよいのか、課題が残されている」と報告した。

そこで、本報告では、環境に優しい職業訓練とはどのようなものか、またいかに展開していくか、これらの課題を解決するための一助となることを期待して、環境に優しい生物系資源である木質バイオマスの開発現場について紹介する。

### 2. 多孔質炭素材料・ウッドセラミックス

#### 2.1 ウッドセラミックスとは

ウッドセラミックスは、植物系材料である木材あるいは木質材料等に熱硬化性樹脂(開発時ではフェノール樹脂、現在は液化木材を代替材料として使用)を含浸させ、これを無酸素状態で焼成(400℃～2800℃)させることにより製造される多孔質炭素材料である。図1に、ウッドセラミックスの製造

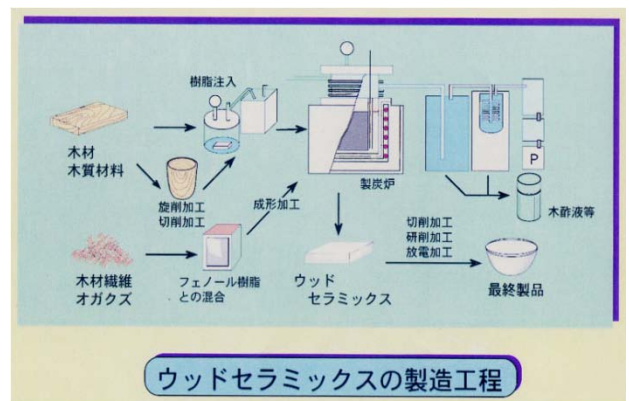


図1 ウッドセラミックスの製造工程<sup>1), 2)</sup>

工程を示す<sup>1), 2)</sup>。

物理的分野<sup>4), 5)</sup>, 電気的分野<sup>6)~10)</sup>, 化学的分野<sup>11)~13)</sup>, 機械的分野<sup>14), 15)</sup>, そして加工分野<sup>16)~19)</sup>, 等からウッドセラミックスについての研究が行われている。図2は、ウッドセラミックスの特徴的な構造について製造工程から示したものである。

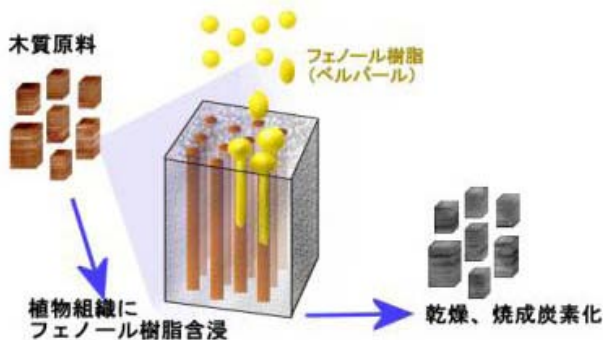


図2 木質材料の多孔質部分へのフェノール樹脂含浸とその後の焼成の略図<sup>1), 2)</sup>

図より、ウッドセラミックスの大きな特徴は、原料である木材あるいは木質材料の多孔質部分にフェノール樹脂が含浸し、孔部分が補強された構造となっていることである。図3は、木材（天然）の孔部分（写真：木口面）にフェノール樹脂を含浸する前の状態（左側写真）からフェノール樹脂を含浸し、さらに焼成した状態（右側写真）についてのSEM写真である。木口面の孔部分がフェノール樹脂の含浸によって補強されているのがわかる。

図4は、木質材料である中質繊維板（MDF: Medium Density Fiberboard, 以後MDFと称す）

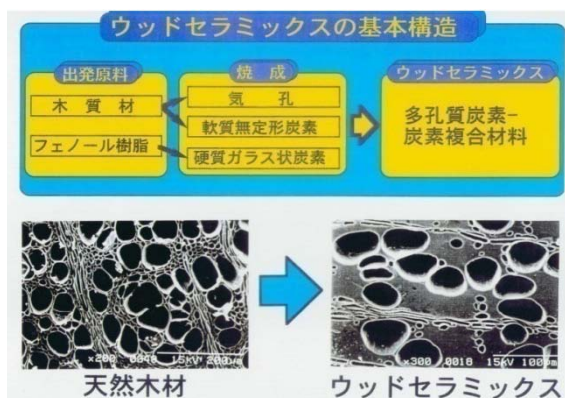


図3 木材組織の孔部分へのフェノール樹脂の含浸状態のSEM写真<sup>1), 2)</sup>

にフェノール樹脂を含浸し、そしてさらに焼成したものを材料の板厚方向から示したSEM写真である。MDFは、木質繊維がランダムに交差したものが板厚方向に積層されて、プレス成形された材料となっている。図より、木質繊維管の内部、繊維の外周部分、そして木質繊維間の隙間部分にフェノール樹脂が含浸された状態となっている。

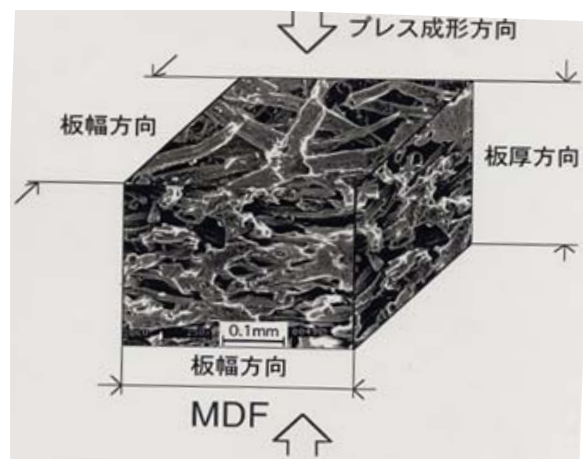


図4 MDFを原料としたウッドセラミックス構造のSEM観察<sup>1), 2)</sup>

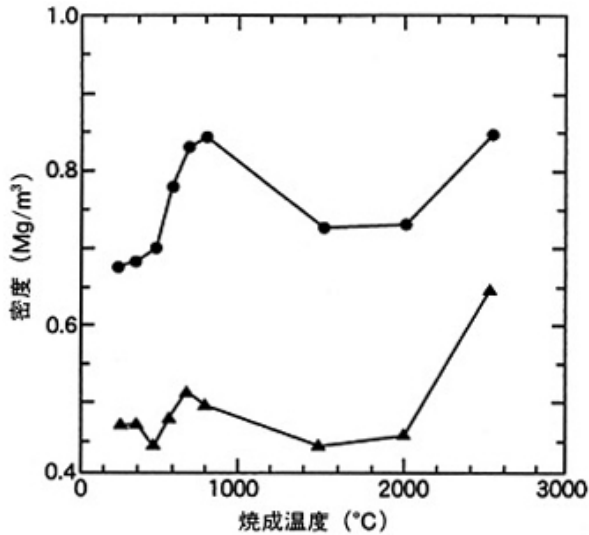
現在扱われているウッドセラミックスの原料は、MDFが主な原料となっている。これは、MDFが、木材（天然材）と比べて、異方性が小さく、反りあるいはねじれ等がきわめて少ない材料であるためである。

## 2.2 ウッドセラミックスの特性

ウッドセラミックスには、以下のような特徴がある。1) 多孔質構造を有する、2) 軽く、硬く、耐熱、耐食性を有する、3) 潤滑油なしでも優れた摩擦・磨耗特性を有する、4) 焼成温度により電気抵抗が可変である、5) 電磁シールド特性を有する、6) 製造物の廃物（木酢液）を土壌改良剤として利用できる、7) 粉碎、再処理すると活性炭として再利用可能である、などがある。図5は、ウッドセラミックスの密度と焼成温度の関係について示した図である<sup>4)</sup>。比較材として、フェノール樹脂の含浸率が0%の材料（木炭）を示す。

図より、ウッドセラミックスの特徴は、焼成時に

設定する焼成温度の違い、あるいはフェノール樹脂を含浸するときの含浸率の違いにより、異なる密度値の材料を得ることができることである。



- : フェノール樹脂含浸率 : 68.9%
- ▲ : フェノール樹脂含浸率 : 0%

図5 ウッドセラミックスの焼成温度と密度の大きさの関係<sup>4)</sup>

図6は、ウッドセラミックスの曲げ強度について示した図である<sup>5)</sup>。図より、ウッドセラミックスの曲げ強度は、焼成温度の違いにより異なった曲げ強度を示し、フェノール樹脂の含浸率が多いほど曲げ強度は大きくなる傾向を示す。比較材としてのフェノール樹脂の含浸率が0%の木炭は、ウッドセラミックスと比べて、曲げ強度は小さく、機械的強度の小さい材料であることがわかる。

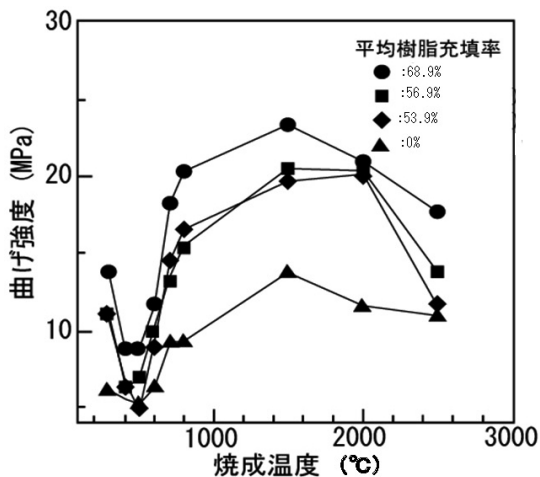


図6 ウッドセラミックスの焼成温度と曲げ強度の関係<sup>5)</sup>

図7は、体積固有抵抗値と焼成温度の関係を示した図である<sup>6)</sup>。図より、ウッドセラミックスは絶縁体から半導体、そして導電体と、焼成温度の違いによってさまざまな特性を有する材料である。焼成温度を制御して、所望する特性を得ることが可能である。

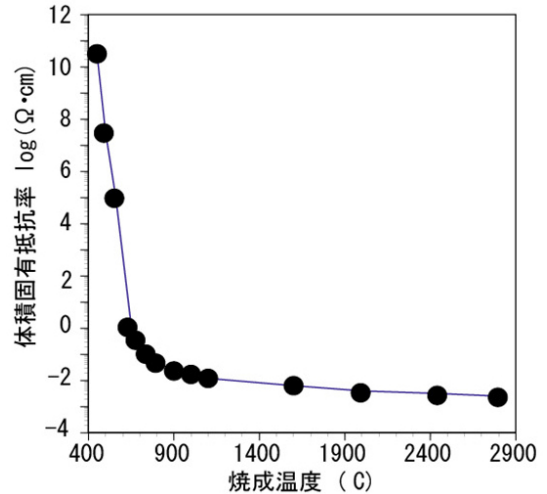


図7 ウッドセラミックスの焼成温度と体積固有抵抗値の関係<sup>6)</sup>

図8は、ウッドセラミックス(WCS)の調湿性能について示した図である<sup>12)</sup>。図より、ウッドセラミックスは多孔質構造を有することから、調湿性能を有する材料といえる。

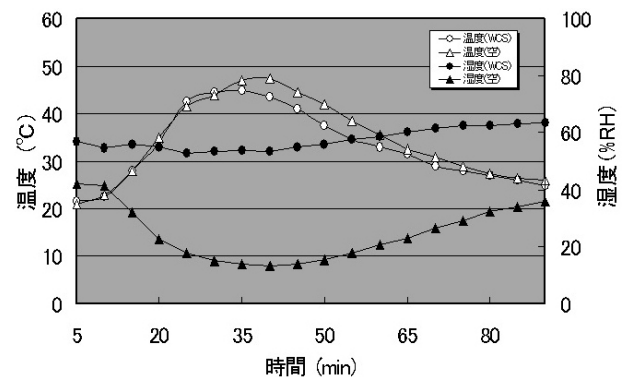


図8 ウッドセラミックスの温度と湿度の関係<sup>12)</sup>

図9は、摩擦係数と比摩耗量に及ぼすウッドセラミックスの焼成温度の影響について示した図である<sup>13)</sup>。

図より、焼成温度800°C以上で炭化させたウッドセラミックスは摩擦係数が約0.15、比摩耗量 $10^{-8}$ mm<sup>2</sup>/N以下と低摩擦かつ低摩耗を有することがわかる。

以上、ウッドセラミックスの有する材料特性について述べた。これらの特性を生かしたウッドセラ



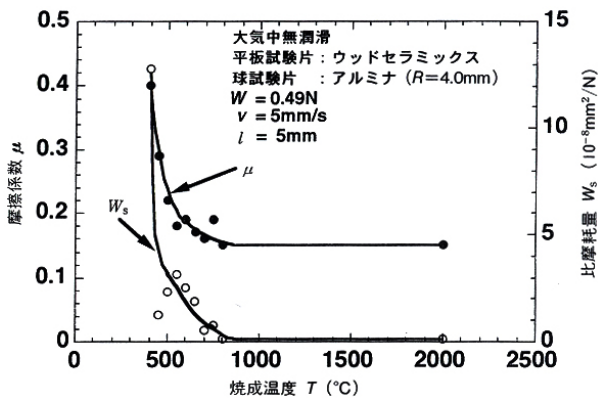


図9 ウッドセラミックスの摩擦係数と比摩耗量に及ぼす焼成温度の影響<sup>13)</sup>

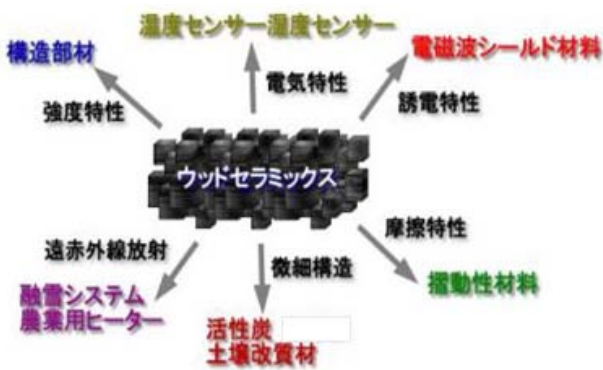


図10 ウッドセラミックスの製品化分野<sup>1), 2)</sup>

ミックスの利用を図10に示す。現在、温度センサ、湿度センサ、遠赤外線ヒーター、電磁波シールド材料、摺動材料、そして建築材料（吸着材、調湿材等）等への利用が考えられている。

ウッドセラミックスの具体的な使用例を以下に示す。

### 1) 発熱体としての利用例 (図11)



図11 床暖房用の発熱体として用いたウッドセラミックスの利用方法

### 2) コーティング剤としての利用例 (図12)



図12 コーティング剤としての粉末状のウッドセラミックスの利用例

### 3. ウッドセラミックスの原料を代替した材料開発

ウッドセラミックスは、多孔質構造を有する植物系材料を原料としており、MDFが主な原料となっている。MDFの代わりに、他の多孔質構造を有する植物系材料を使ってもウッドセラミックスと同様な製造が可能である。そこで、MDFの代わりに竹および古紙を原料として、ウッドセラミックスの製造工程と同工程で製作を試みた。図13および図14は、原材料である竹あるいは古紙にフェノール樹脂を含浸し、そしてさらに焼成して得られた多孔質炭素材料の例<sup>20)</sup>である。これらの材料からわかるように、多孔質構造を有する植物系の材料であれば、ウッドセラミックスと同じような材料を製造するこ



図13 竹材の多孔質炭素材料<sup>20)</sup>  
(左から、竹材、フェノール樹脂含浸材、焼成材2枚)

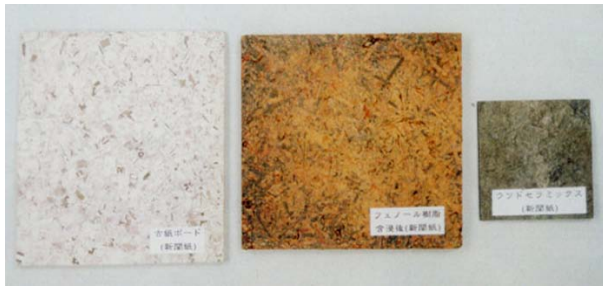


図14 古紙の多孔質炭素材料<sup>20)</sup>  
(左から、古紙、フェノール樹脂含浸材、焼成材)

とが可能となる。付加価値をプラスした多孔質材料の新しい用途の開発が期待できると思われる。

#### 4. いぐさの利用

建築の和風住宅を代表する畳の原料であるいぐさの新たな有効利用を探った。現在、吸着性能、調湿性能、そして電磁波特性について調査しているが、ここでは吸着性能および調湿性能について述べる。

図15は、いぐさ [株イケヒコ・コーポレーション社製] のアンモニアガスの吸着性能について評価した図である<sup>21)</sup>。比較として、木炭、建築廃材炭 [株式会社丸勝小野商事社製] を示す。[C：ボード状のCharcoal, Rush (P)：粉末状のいぐさ, Rush (S)：粉碎したいぐさ]

図より、いぐさも木炭等と同様に吸着性能を有しているのがわかる。

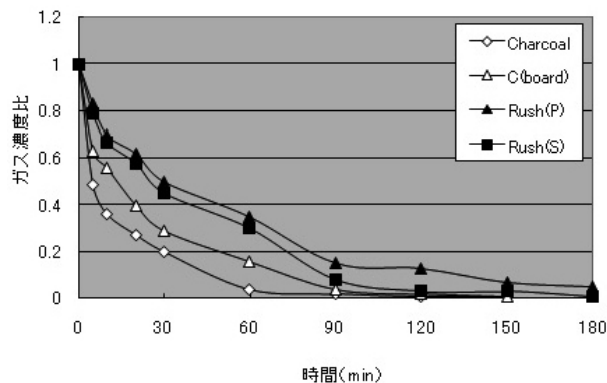


図15 いぐさの吸着性能<sup>21)</sup>

また、いぐさの利用範囲を拡大するために、いぐさに他の材料を複合させた新たな利用について検討している。ここでは、いぐさと他材料の複合材料に関する吸着性能と調湿性能のデータを紹介します。

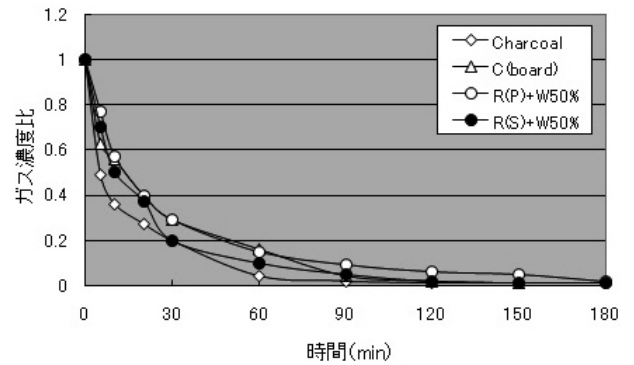


図16 いぐさと建築廃材炭の複合材の吸着性能<sup>21)</sup>

図16は、いぐさに建築廃材炭を混ぜ合わせた複合材の吸着性能について評価した図である<sup>21)</sup>。[R(P)+W：粉末状のいぐさと炭化した建築廃材の複合材, 粉碎したいぐさと炭化した建築廃材の複合材]

図より、いぐさの持つ吸着性能と建築廃材炭の持つ吸着性能が合わせあって、吸着性能が向上すると考えられる。製品化に向けて今後詳細な検討が必要である。

図17は、いぐさの調湿性能について評価した図である<sup>21)</sup>。[C：Charcoal, B：Brank, R+W：いぐさと炭化した建築廃材の複合材]

図より、いぐさも、木炭と同様に、調湿性能を有しているのがわかる。建築分野での畳材としての利用の他、建物部材の壁材の仕上げ材等への利用が考えられる。今後、詳細な検討が必要である。

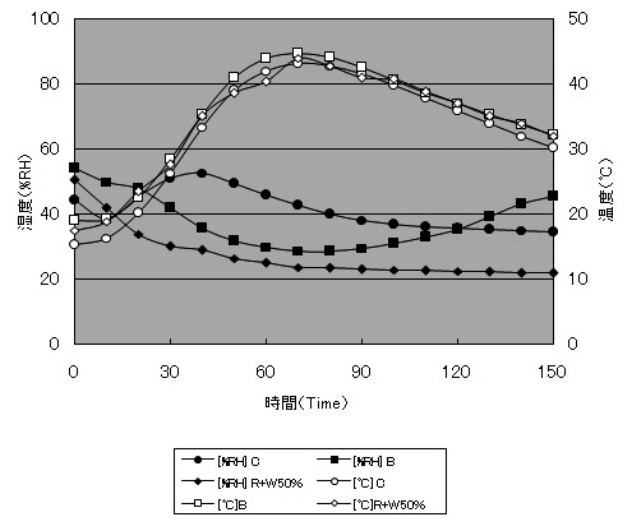


図17 いぐさの調湿性能<sup>21)</sup>

## 5. まとめ

今回、「ものづくりと環境材料」と題して報告した。ここで報告した環境材料は、これからのものづくりに直接かかわりの深い材料と言える。ものづくりに携わり、そして人材育成にかかわる者として、今後環境に優しい訓練技法（指導方法等）を模索していかなければならないと思われる。すなわち、環境に配慮した加工方法を導き出し、指導していかなければならないと思われる。この報告が、離職者訓練、学卒者訓練、そして在職者訓練での新たな教材開発、あるいは指導上で参考となれば幸いである。

### <参考文献>

- 1) 岡部敏弘:多孔質炭素材料・ウッドセラミックスに関する研究, 東京大学学位論文, 1995
- 2) 岡部敏弘監修:「木質系多孔質炭素材料・ウッドセラミックス, 内田老鶴圃, 1996
- 3) 秦 啓祐, 砂田栄光, 岡部敏弘:「ものづくりと環境問題」: 職業能力開発技術誌 (技能と技術), Vol. 43,1,2008
- 4) T. Okabe, K. Saito and K. Hokkirigawa : Journal of Porou Materials, 2, 215-221, 1996
- 5) T. Okabe, K. Saito and M. Fushitani and M. Otsuka : Journal of Porou Materials, 2,207-213, 1996
- 6) K. Shibata, K. Kasai and M. Otsuka : Journal of Porous Mateirals, 2, 287-290, 1996
- 7) J. Tsuji, K. Hata, M. Otsuka, T. Okabe and K. Saito : Piezoelectric Properties of Woodceramics, the 4th IUMRS International Conference in Asia, Makuhari, Chiba, September, 1997
- 8) K. Kakishita and T. Suda.: Transactions of the Material Research Society Japan, 29(5), 2427-2430, 2004
- 9) H. Shimizu, K. Hashimoto, N. Watanabe, K. Kakishita, T. Suda and T. Okabe : Transactions of the Material Research Society Japan, 31(4), 941-944, 2006
- 10) H. Mito, K. Kakishita, T. Suda and M. Murakami : Transactions of the Material Research Society Japan, 33(4), 1221-1223, 2008
- 11) K. Hata,J. Tsuji,T. Okabe and M. Otsuka : Adsorption Properties of Porous Carbon Material Woodceramics : Transaction of the Material Research Society of Japan, Vol. 28, No. 4, 2003
- 12) 秦 啓祐:ウッドセラミックス及びTiO<sub>2</sub>塗料を塗布したウッドセラミックスの吸着性について, 職業能力開発報文誌, 2006年, 第18巻第1号, 通巻35号
- 13) K. Hata, K. Ogawa, J. Tsuji and T. Okabe : Effect of Woodceramics on Relationship Between Temperature and Humidity, Trans. Res Soc. Jpn. , Vol. 31, No. 4, 929-932, 2006
- 14) 堀切川一男, 宮下浩一, 小林 誠, 関 誠, 岡部敏弘, 斎藤孝司, 田尻央樹: トライボロジー会議予稿集 (東京), 575, 1994
- 15) 秦 啓祐:引っ掻き試験によるウッドセラミックスの表面性状の評価について, 職業能力開発報文誌, 2004年, 第16巻第2号, 通巻32号
- 16) K. Hata, T. Okabe, K. Saito and M. Otsuka : Laser Beam Machining of Porous Woodceramics, Journal of Porous Material, 5, 65-75 (1998)
- 17) 秦 啓祐, 岡部敏弘, “大塚正久: MDFのレーザ加工性”, 日本材料学会, 48巻, 9, (1999)
- 18) K. Hata, K. Shibata, T. Okabe, K. Saito and M. Otsuka : Influence of Laser Beam Irradiation Conditions on the Machinability of Medium Density Fiberboard Preliminarily Impregnated with Phenolic Resin” , Journal of Porous Material, 7, 483-490 (2000)
- 19) K. Ogawa, M. Stato, K. Hata, M. Mayuzumi, T. Okabe, M. Ogawa and M. Otsuka : Transactions of the material Research Society Japan, 30(4), 1183-1186, 2005
- 20) 岡部敏弘, 廣瀬 孝, 山本良一, 伏谷賢美, 吉村昌弘: 植物系液化物を用いたウッドセラミックスの製造方法, 特開:2002-60272A (P2002-60272A), 広報種別: 公開特許公報 (A),
- 21) 秦 啓祐, 小川和彦, 辻純一郎, 岡部敏弘:天然いぐさの活用に向けて, 第16回日本MRS学術シンポジウム予稿集, 2005