



WINTEC

和歌山県工業技術センター

<http://www.wakayama-kg.go.jp/>

高分子系廃棄物再資源化の取り組み..... 1 ~ 3

## 高分子系廃棄物再資源化の取り組み

### 材料技術部

#### はじめに

今世紀の後半になって特に、石油を原料とするプラスチック材料の発展はめざましく、プラスチック・ゴム・繊維・複合材料等が量的にも質的にも金属材料など他の材料と置き替わってきた。これはプラスチック材料が金属よりも軽く容易に加工でき、さらに得られた製品が腐らない、錆びないなど半永久的に使用できるのが特徴のためだと思われる。一方、腐らなく、かさ高いため地球環境の悪化を招き、プラスチック材料はゴミ問題の主要なターゲットとなり厳しい目で見られるようになった。そして、廃棄物の焼却処分では燃焼時におけるダイオキシン等の発生が大気汚染を生じ、埋立処分では埋立地の確保が困難になってきており、資源の有効利用からリサイクル技術の確立が急務である。このような背景から、今年度より2年計画で中小企業技術開発産学官連携促進事業において、高分子系廃棄物の分解反応による有効利用技術の開発というテーマで研究を始めることになった。この研究は、図に示したようないくつかの研究課題について、大阪工業技術研究所、和歌山大学、大阪市立大学、他中小企業と共同で行うものである。今回、この事業における個別の研究内容を紹介する。

#### 1) 不飽和ポリエステル樹脂のグリコール等分解物より不飽和ポリエステルへの再合成

田辺市の地場産業に釦製造業がある。そのほとんどの釦は不飽和ポリエステル樹脂製であり、製造工程中に、打ち抜き屑、削り屑が廃棄物として大量に排出されているため、再利用に関する研究を始めた。初めに、不飽和ポリエステル樹脂のグリコール(エチレングリコール等)による分解を検討した。その結果、200 ではエステル部分の分解のみが起こり、230 以上ではスチレン架橋部分も分解した。そして、この分解物を精製せずにグリコール原料として、無水マレイン酸及び無水フタル酸と反応させ、不飽和ポリエステル(分子量:  $M_n = 1,508$ )を再合成した。この不飽和ポリエステルにスチレンを加え、注型成形により再生樹脂を得た。この再生樹脂の物性は市販樹脂と同等であり、不飽和ポリエステル樹脂廃棄物はグリコール分解によって、ケミカルリサイクルできることが分かった。そしてこの再合成された樹脂はFRP等に再成形が可能である。そしてこの技術により、同様に廃PETも不飽和ポリエステルに再合成できる。なお、この再生樹脂は以下4)、5)の研究のために利用する予定である。

(久保田静男)

## 2) エステル交換法による新規ポリマー合成

芳香族ポリエステル ポリエチレンテレフタレート (PET), ポリブチレンテレフタレート (PBT) など と脂肪族ポリエステル ポリ-カプロラクトン (PCL), ポリブチレンサクシネート (PBS), ポリエチレンサクシネート (PES), ポリ乳酸 (PLA), コポリ (無水コハク酸/エチレンオキシド) 共重合体 (CPES) など とのエステル交換反応にて, 両ポリマー鎖を有するコポリエステルを調製し, それらの特性評価を行う. 得られたコポリエステルが, ブロックポリマーの場合は両原料ポリマーの特性を有し, 芳香族ポリエステルの改質ができる. 一方, ランダムポリマーの場合には, 非晶性で軟質な特性を有し, ポリ塩化ビニル代替材料として期待される. また, その製造法として, 反応型二軸混練押出機を用いて, エステル交換反応と押出成形を連続的に行う製造法について検討する.

(前田育克)

## 3) 廃PET分解物からマクロモノマーの合成

平成9年4月に一部施行され, 平成12年4月に完全施行された容器包装リサイクル法により, 清涼飲料, 醤油, 及び酒類用第二種特定品目のペットボトルはリサイクルが義務づけられているが, リサイクル率はわずか16.9%(平成10年度)というのが現状である. リサイクルでの問題点としては, マテリアルリサイクルの場合には回収ペットボトルからの不純物除去, 異種樹脂混入の問題が, 一方ケミカルリサイクルの場合にはポリマー単価が安価であることに起因したりリサイクルコストが挙げられる. 上記の問題を解決し, ペットボトルのリサイクル率をより向上させる方法としてケミカルリサイクルによる市場のニーズに合った廃PET分解物から高付加価値化合物の合成が考えられる. 今までに, ポリエステル系樹脂のグリコール分解あるいはヒドロキシカルボン酸による分解を利用した不飽

和ポリエステル合成法を開発した. 本研究では, ペットボトルの部分的なグリコール分解で得られるオリゴマーを化学的に種々修飾することによる高付加価値のマクロモノマー (多官能オリゴマー) の合成を検討する. マクロモノマーは, 光ディスクコティング剤, プリント基板用レジスト, UV硬化型インキ, 塗料等として利用可能な高機能性ポリマーの合成に利用される.

(森 一)

## 4) 再生不飽和ポリエステル樹脂の押出成形による新製品の開発

従来の不飽和ポリエステル樹脂は熱硬化性樹脂であるため, 押出成形は不可能とされてきた. そして圧縮成形, 注型成形などで成形され, 硬くて脆い欠点があった. 本研究のマクロモノマーによる硬化不飽和ポリエステル樹脂は, ゲルの脆さの改善および硬化挙動の制御が可能となるため注射器タイプのプランジャー型押出成形機により押出成形が可能となった. また, マクロモノマーを用いた樹脂は, 従来の樹脂と比べて耐衝撃性, 破壊靱性が大であることが分かっている. これら特性を備えた床タイル, シートおよび人工大理石などの新製品を開発するため, 次の実験から最適条件を導く. そこで, 今年度購入予定のフローテスタを用いて流動粘度, 硬化時間 (速度) を測定し, 流動性, プレキュアーの精密制御を行う. これに基づいて, プランジャー型押出成形機により成形し, 得られた樹脂の動的粘弾性, 破壊靱性等の測定を行う.

(前田拓也)

## 5) 再合成樹脂の飛灰重金属固定化, 廃棄物砂レジンコンクリート等用途開発

従来, 焼却灰等の重金属固定化法として, セメント固化法, 液体キレート固定化法, 酸抽出法, 溶融固化法等が用いられている. しかしながら, これらの方法では埋立後のpH, 温度差の状態変動, 経時変化により, 重金属が溶出してくる恐れがある. そこで, 重金属の溶出, 飛

散等を防止し、確実に重金属を固定化するための方法として、重金属を金属捕捉剤で捕捉し、その後熱硬化性樹脂で固定化する方法を研究した。その結果、金属捕捉剤としてゼンテート化レゾールを用い、熱硬化性樹脂として不飽和ポリエステル樹脂を用いて硬化させた時、重金属の溶出は規制値以下であることが分かった。今回、1)により再合成された不飽和ポリエステル樹脂を用いることにより、再生樹脂の用途拡大が図れる。さらに、廃棄物砂等も不飽和ポリエステルで固めれば、レジンコンクリート(樹脂に砂、砂利、炭酸カルシウムなどの骨材、フィラーを配合して硬化させた樹脂セメント)として利用できる。

(伊藤 修)

### 6) 木材端材のヒドロキシカルボン酸による分解及び分解物の接着剤への利用

家具・建具を生産する過程で発生する木材端材は和歌山市地域で約100トン/月排出されている。化粧板以外の木材端材の一部は製紙用材や木質ボードに用いられるが、輸送コストがかさむなどの問題がある。そして、化粧板端材はポリ塩化ビニル貼りが多く、再利用されずに焼却されていた。しかし、平成12年1月15日より

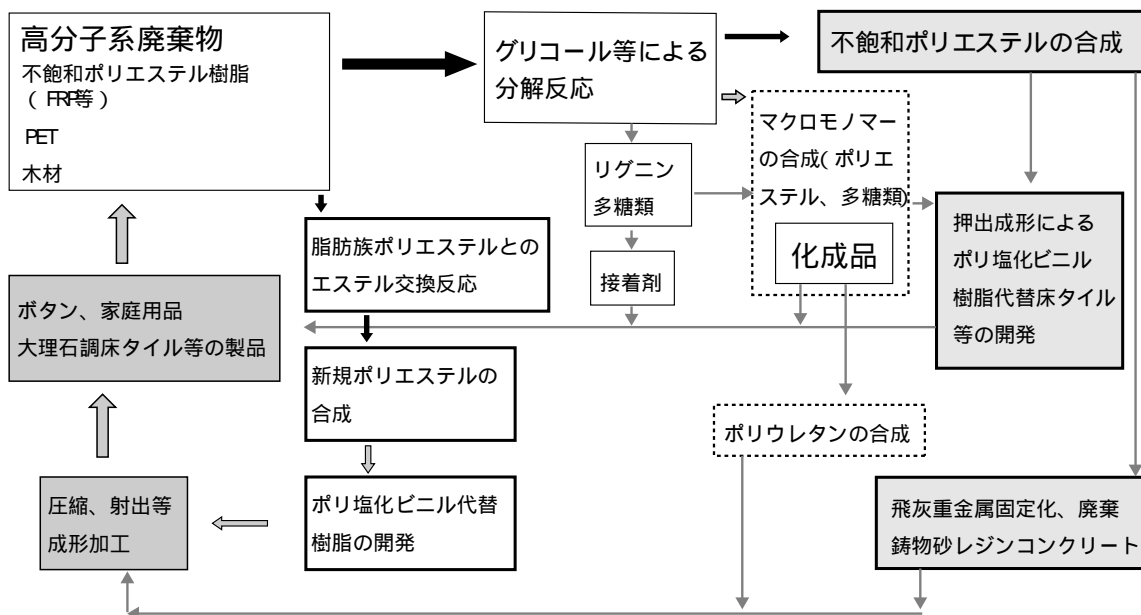
ダイオキシン類対策特別措置法が施行され、製造工程で発生した木材端材を焼却することが困難になった。そこで、木材端材処理として、ヒドロキシカルボン酸で分解し、分解物を接着剤として利用する研究を行った。得られた分解物を用いてパーティクルボードを作成した結果、曲げ強度が19.1N/mm<sup>2</sup>でJISA 5908・1994パーティクルボード規格(18.0N/mm<sup>2</sup>以上)に適合した。一方、ホルムアルデヒドなどはシックハウス症候群を起こす原因の一つと言われており、有害物を放出しない木質材料の開発が緊急の課題となっている。本研究では220℃、2時間程度の比較的低温、短時間で木材端材を分解し、シックハウス症候群を起こさない木材用接着剤を開発した(特願2000-177962,平成12年6月14日)。

(梶本武志)

おわりに

本研究により、高分子系廃棄物のケミカルリサイクル技術の開発を基に、新環境事業を創出し、新分野進出、新製品開発を図り、産業の活性化を目指す。

## 高分子系廃棄物のケミカルリサイクル技術開発



# 最近のレーザー研究の動向と技術応用

システム技術部機械システム担当 副主査研究員 伊 東 隆 喜

## 1. はじめに

1960年にMaimanによりルビーレーザーが発明された<sup>1)</sup>。日本でのレーザー研究は1963年にスタンフォード大学から持ち込まれたレーザーの発振を皮切りに、現在に至るわずか約40年間の間に光産業として実用化されるに至っている<sup>2-4)</sup>。

特に、レーザー技術として目覚ましい進歩を遂げたのは1960年代に発明された半導体レーザーであろう。光産業の企業が低消費電力、長寿命、大出力化を競って研究を進めた結果、光ファイバー通信、レーザープリンター、光磁気ディスク、CD、DVD、各種センサー等が商品化されるようになった。現在ではこれらの技術とコンピュータ技術の急速な進歩によりIT(Information Technology)革命が起こり新産業創出、雇用構造までに影響が及ぼしている<sup>5)</sup>。

このような時代背景を受けて光産業に関連した市場は今後も急増すると予想される。そこで、最近のレーザー研究の動向と技術応用を簡単にまとめてみたので報告する。

## 2. 最近のレーザー光源の研究動向

最大のトピックスは半導体レーザーを励起源とする半導体レーザー励起固体レーザー(DPSSL; Diode Pumped Solid-State Laser)の研究である。特に、共振器長が1mm以下であるマイクロチップレーザーの研究が盛んに行われている<sup>4)</sup>。このマイクロチップレーザーは従来のフラッシュランプ励起方式に比べ、効率で20倍以上、

レーザーヘッド体積が1/1000以下と非常に高効率、超小型化であり、これを応用した新たな技術の発展が期待されている<sup>4, 6)</sup>。

さらに、擬似位相整合を用いた波長変換技術の研究も盛んである。この方法は従来の非線形結晶を用いる手法に比べ、変換波長や変換効率を自由に設計できる長所がある。DPSSLと擬似位相整合を用いれば近い将来において紫外域から赤外域と広い波長範囲で高効率、超小型、高機能レーザーを得ることは夢ではないと思われる。

## 3. 技術応用

レーザー光の特徴である直進性、高輝度、単一波長、コヒーレンスを活かした様々な分野で技術応用が実現されている。具体的には、半導体集積回路、電気・電子産業、通信・情報産業、自動車産業、土木・建築、生活・環境・農業、医療、宇宙・航空、エネルギー、計測器産業、大気気象、汚染、環境観測に関連したりリモートセンシングと多岐にわたっている<sup>7)</sup>。

例えば、レーザーの直進性は長距離において正確な測量が必要な土木・建築、宇宙・航空、計測器産業等の分野で利用されている。また、首都圏の地殻変動を測定することで首都圏の直下型地震の予知が可能となる。

高輝度である特徴は、強力な熱源としてレーザー加工分野に使われている。具体的には、機械・金属・自動車産業分野の溶接や切断である。レーザー光は100μm以下に簡単に集光できるために、最近では国内の携帯電話の約65%に搭

載されている樹脂多層回路形成基板の層間接続用ビアホール<sup>8)</sup>の作成に利用されている。

レーザーは単一波長が得られるために光と物質との相互作用が重要な理化学分析・計測器産業，リモートセンシング分野等で使われている。さらに，高輝度，単一波長を利用した核燃料の処理，ダイオキシンの分解などの応用が考えられる。また，砒素の鑑定に用いられたことは記憶に新しい。

コヒーレンスは光ファイバ通信・情報産業分野において大容量光通信を実現するために最も重要な性質である。

DPSSLは応用機器の搭載が非常に簡単かつ長寿命，安定性に優れているので上記の各分野で飛躍的に応用範囲を広げている。

#### 4. レーザー技術応用メーカー

関西地区に本社のあるレーザー技術応用メーカーを紹介する<sup>9)</sup>。

ニッショー機器株式会社は建築用レーザー応用墨出し装置でマーケットシェア国内65-70%と業界1位である。高精度水平センサーの開発により新たな展開をみせている株式会社ユタカはレーザーセンサ応用のネジ・釘・鋼球等の不良自動検査選別装置，釘用選別装置では全国シェアが95%，パチンコ玉製造設備の全国シェアが60%であり，まさにオンリーワン企業である。オプテックス株式会社は赤外線を利用したセンシング技術により自動ドア用センサの全国シェアが50%を占める。レーザーテクノ株式会社は墨出し機器のライン化の先発メーカーとして全国シェアの30%を占めている。

米国のレーザー産業には独創的なアイデアをもって大学を卒業した若手研究者によるベンチャー企業が数多くある。

以上のようにレーザー技術応用メーカーはオンリーワン企業として活発な企業活動を行なっているのが特徴であると思われる。

#### 5. まとめ

レーザーは発明からわずか40年の間に1革命を引き起こし新規産業を創出するに至った。最近のレーザー研究の動向とその技術応用を調査した結果からDPSSLの応用分野が飛躍的に発展していることが分かった。レーザー技術応用メーカーにはオンリーワン企業が数多いことが特徴である。県内でも自社製品の市場開拓のために光産業への関心が高まっていると思われる。今後は高速光スイッチのような光デバイスにも目を向けた調査を行なっていきたい。

#### 参考文献

- 1) T. H. Maiman : " Optical and microwave-optical experiments in ruby", Phys. Lett.,4( 1960) 564.
- 2) 稲場文男 : " 技術応用予測 " , レーザー学会 , 25( 1997) 619.
- 3) 小林喬郎 : " IT時代の高出力レーザー " , レーザー学会 , 28( 2000) 471.
- 4) 平等拓範 : " マイクロチップ固体レーザー " , レーザー学会 , 26( 1998) 847.
- 5) 通商産業省機械情報産業局 : " IT革命がもたらす雇用構造の変化 " , 平成11年 .
- 6) 通商産業省工業技術院 : " 「フォトン計測・加工技術」研究開発プロジェクト " .
- 7) レーザー学会 : " レーザ学会創立25周年記念特集号 " , レーザー学会 , 26( 1998) .
- 8) 松下電器産業(株) : " 回路形成用基板の製造方法および回路形成用基板 " , 特許第2601128
- 9) 関西産業活性化センター : " 関西テクノロジーマップ " , 1996年度版 .

# 挽物（ひきもの）加工

漆器研究開発室 主任研究員 岩橋 巧

## はじめに

漆器の椀、丸盆、鉢、皿等の素地は木を回転させ、削って形を作った物である。また、木目の見える菓子鉢、花瓶等も同じ方法で作られている。民芸品のこけしやコマも同様に木を回転させ刃物で削って作っている。このような丸い形をした木製品を挽物といっている。

日本の挽物の歴史は古く、弥生時代に遡るといわれている。亀宝元年（770）に作られ、法隆寺等に納められた百万塔がよく知られている。

## 漆器素地

漆器の素地は、プラスチック、木材、竹、紙、布、金属、陶磁器、皮革等種々あるが、伝統的な漆器の素地は木材が主に使われている。

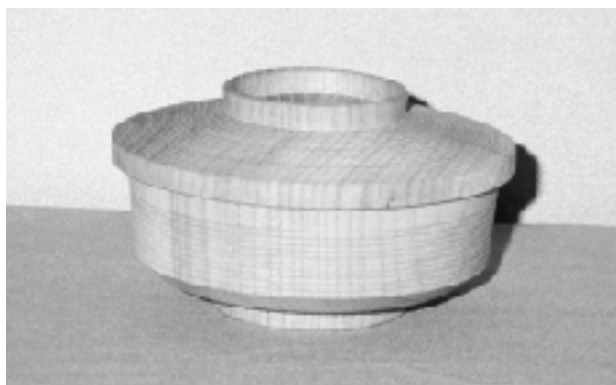


写真1 挽物椀素地

木材の漆器素地は主に次の4種類に分けられる。

### 1) 挽物

櫟、柈、朴、松等の塊を回転させて、刃物で削り形を作る。（椀、皿、盆、なつめ、花瓶等）

### 2) 板物（指物）

檜、杉、合板等を接着剤、組手で組み合わせて形を作る。（重箱、四方盆、文庫等）

### 3) 曲物

檜、杉等の薄い板を湯につけて曲げて形を作る。（茶櫃、丸盆、会席膳等）

### 4) くり物

朴、栗、桂等を刃物で削り形を作る。（臼、杓子、木皿、鉢等）



写真2 木工旋盤

## 挽物加工とは

挽物加工とは、切削加工のことであり、旋盤や轆轤（ろくろ）に木材を取り付けて回転させ、刃物をあて、削りだしながら丸い形の物を作ることである。

現在の木工旋盤は片端をチャック等で回転軸にはめ、他端を芯で押さえ、回転させて横から刃物をあて丸く削りだす。（写真2）また、片端のみを回転軸にはめ込み、削る方式を正面旋盤ともいっているが、これが木工轆轤である。（写真3、4）



写真3 機械挽き木工轆轤



写真4 手挽き木工轆轤

## 木工轆轤

最初の轆轤は図1に示すように人力による2人挽きであったが、足踏み式になり、その後人力が機械力にかわり電動化されて現在の形になっている。

特に、明治40年に会津の鈴木治三郎氏の発明した、倣い式轆轤は、加工精度も高く、椀等の大量生産を可能にした。



図1 筒井八幡宮の轆轤

(成田壽一郎 木工挽物 理工学社より)

加工に使用する刃物は加工する物の形や工程で使い分ける必要があり、木地師は専用の刃を各自で作っている。また、木地を轆轤に取り付ける治具(チャック)もその都度作製している。

## 木地師

木地師とは轆轤加工に従事し、挽物を作っている人で轆轤師ともいわれている。木地師の発祥の地は滋賀県神崎郡永源寺町で、文徳天皇の第一皇子の惟喬親王(844~897)が轆轤で椀を作る技術を指導したことから木地師の始祖といわれている。

惟喬親王が創建した筒井八幡宮に、筒井公文所を設置し、轆轤による木地を作るための免許状を発行し、木地師を統括していた。木地師は免許状を携帯し、全国の山に入り、挽物加工に従事した。紀州漆器の起源は、根来寺の僧侶からの伝承が始まりといわれているが、室町の初期に近江系の木地師が黒江で椀の木地を作ったのが最初ともいわれている。

## 和歌山の挽物

室町時代に紀州の豊富な木材を求めて、木地師が黒江で木地を作り始め、江戸時代に黒江漆器が隆盛になるにしたがい、黒江に大勢の木地師が椀木地の作製に携わっていた。また、県内の各地の山にも木地師が入り、挽物に従事していた。

明治に入り、漆器技術の向上及び職人の養成を図るため、黒江町立漆器学校が明治3年に設立され、挽物技術を指導していた。漆器学校廃止後は漆器試験場が設立され、挽物加工の指導、研究を行い、現在も当研究室で指導研究を行っている。

明治から大正にかけて、海草郡美里町の周辺には約100名位の木地師が盛んに椀木地を作製し、黒江へ出荷していた。終戦後には約50名位になり、プラスチック素地の導入により昭和35年頃には約20名位となり、その後、後継者もなく、年々減少し、現在、美里町では挽物加工は行っていない。

美里町の細野で挽物に従事していた松之平義治氏が和歌山市下三毛で挽物加工の伝統を引き継ぎ、手挽きの轆轤で花瓶、椀、皿、盆等の漆器素地を作っている。最近では木目を生かした花器や加工時に直接模様を付けた製品開発も行っている。



写真5 挽物製品（松之平義治作製）

## 全国の産地

伝統的な挽物の産地は、漆器の関連では南木曾ろくろ細工（長野県）、庄川挽物木地（富山県）、山中漆器（石川県）、小田原漆器（神奈川県）、宮島細工（広島）、香川漆器（香川県）がある。その内、南木曾、庄川、宮島、小田原の挽物製品は伝統的工艺品として国の指定を受けている。

漆器関連以外では、東北地方のこけし、そろばん等があり、宮城伝統こけし（宮城県）、播州そろばん（兵庫県）、雲州そろばん（島根県）も伝統的工艺品として指定を受けている。また、全国各地で木地玩具として作られているコマ、剣玉、人形等は轆轤による挽物製品が多い。

## 挽物用の木材

挽物用には、主に広葉樹材が使用され、漆器用木材としては木地の仕上げ具合、変形、狂い、

堅牢等で楓、柃、樺が最良とされている。その他朴、桂、ブナ、タモ、栗、桑、ミズメ、楠、檜等が使われている。

挽物用の木取りには横木取りと縦木取りがあり、横木取りには柃目木取りと板目木取りの方法がある。横木取りは椀等の製品の軸が繊維方向にたいし平行で、縦木取りは直交している。木取り方法は木地師や産地により異なっていて、輪島は横木取り、山中は縦木取りである。

## おわりに

最近、木目の美しさ、自然志向の高まりで挽物製品を求める人が増えつつある。また、県内にも個人で挽物を作りたい人が現れ、新たに美里町、かつらぎ町、桃山町等で製品が作られている。

技術は使われてこそ活き、受け継がれるものである。当研究室では、伝統技術である挽物技術を活かした商品開発を行うと同時に、物作りの原点といわれている手作りの技である伝統技術の普及も行っている。

最後に 挽物技術の話 写真の撮影にご協力頂きました松之平義治氏に厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 中村源一「ろくろと挽物技法」槇書店 (1981)
- 2) 成田壽一郎「木工挽物」理工学社 (1996)
- 3) 菅野真一「日本の木地玩具」文化出版局 (1976)
- 4) 冷水清一「海南漆器史」(1975)
- 5) 和歌山県紀州漆器商工業協同組合「紀州漆器のあゆみ」(1986)
- 6) (財)伝統的工艺品産業振興協会「全国伝統的工艺品総覧」(2000)