

REPORTS  
OF  
THE  
INDUSTRIAL  
RESEARCH  
CENTER  
OF  
SHIGA  
PREFECTURE

**1998 研究報告**

滋賀県工業技術総合センター

# 目 次

## 研究報告

- 1) 信楽陶器産業における商品開発支援システムの開発 ..... 1  
河村安太郎、小川栄司、野上雅彦、高井隆三、中島 孝、  
大谷哲也
- 2) 筋力補助器具の開発と評価に関する研究（第3報） ..... 24  
深尾典久、山下誠児、河村安太郎
- 3) ドライプロセスによる高分子材料の表面改質に関する研究（Ⅳ） ..... 31  
—ポリプロピレンフィルム／アルミニウム蒸着薄膜の接着性に及ぼす紫外線照射の影響—  
中村吉紀、岩井順一、坂本好隆
- 4) 遺伝子組換え食品の検出法 ..... 36  
—除草剤耐性ダイズの微量・迅速な検出法について—  
白井伸明
- 5) 陶磁器の再生技術に関する研究（第一報） ..... 40  
—使用済み磚子粉末・スメクタイト系素地—  
川澄一司、横井川正美、明比ひとみ、奥野真吾
- 6) R S 州産粘土の精製とキャラクターリゼーション ..... 48  
宮代雅夫、フェルナント・デ・メロ、黄瀬栄蔵、横井川正美

## 技術開発報告

- 1) 伝統産業彦根仏壇と現代デザインの融合化研究 ..... 54  
山下誠児、面矢慎介
- 2) 暮らしの陶製品の開発研究（Ⅱ） ..... 65  
—暮らしの陶製品'98—  
高井隆三、福村 哲、西尾隆臣、高畑宏亮、大谷哲也、  
穴風光恵
- 3) 点字レリーフ陶板の成形技法の研究 ..... 72
- 4) 耐摩耗性型材による陶磁器製造技術の開発 ..... 76  
川澄一司、高井隆三、明比ひとみ、高原啓之

## 実験レポート

- 1) 電磁波遮蔽材料の特性評価に関する研究 ----- 79  
木村昌彦
- 2) 自動制御弁の用途開発に関する研究 ----- 83  
—粉末供給システム用の自動制御弁の試作について—  
酒井一昭、種岡一男、竹下常四郎
- 3) シンクロトン放射(SR)光利用によるLIGAプロセスに関する研究 ----- 85  
—LIGAプロセスを利用した超精密加工技術(第2報)—  
今道高志
- 4) 放射光表面励起反応を用いた新素材創製の研究 ----- 88  
佐々木宗生、花元克巳、中山康之
- 5) 光触媒機能を応用した水質浄化技術の実用化研究(第3報) ----- 92  
前川 昭、坂山邦彦、小島一男
- 6) 環境汚染物質計測用セラミックス薄膜センサに関する調査(研究) ----- 96  
坂山邦彦
- 7) カーボンブラックによるポリエチレン樹脂の導電性付与に関する研究(2) 98  
那須喜一
- 8) ハイブリッドFRPの高機能化に関する研究 ----- 101  
—低弾性層を有するハイブリッドFRPの曲げ特性について—  
山中仁敏
- 9) 加熱発泡セラミックスにおける気孔の制御に関する研究 ----- 105  
—地域産原料の活用研究—  
横井川正美

# 研 究 報 告

# 信楽陶器産業における商品開発支援システムの開発

河村 安太郎\*  
Yasutaro Kawamura

小川 栄司\*  
Eiji Ogawa

野上 雅彦\*\*  
Masahiko Nogami

高井 隆三\*\*\*  
Ryuzo Takai

中島 孝\*\*\*  
Takashi Nakajima

大谷 哲也\*\*\*  
Tetsuya Ootani

信楽陶器産業の商品開発支援を目的に、簡単な操作性と分散処理機能を持った「陶器CGシミュレーションシステム」とマルチメディアを活用した「ノウハウ情報の提供システム」による商品開発支援システムの開発を行なった。

陶器CGシミュレーションシステムでは、作成出来る形状を回転体に絞ることで簡単な操作性を実現し、ロクロ目等の表面の凸凹形状を釉薬(色・微細な凹凸)と分けて選択式とすることで、簡単な操作でリアルな陶器のCG表現を可能とし、さらにプログラムをJava アプレットとして開発することで、安価なコンピュータから利用可能なプラットフォームを限定しないシステムとすることが可能となった。

また、ノウハウ情報提供システムでは、試作・制作へと商品開発を進めるにあたって必要な情報のデータベース化と、その情報提供技術の開発を行った。本成形工程を中心に作業手順のビデオ撮影とそのデジタル化を行い、釉薬テストピースについても原料、焼成条件、画像等のデータベース化を進め、検索システムを実現した。

## 1 まえがき

信楽陶器産業では、長年増加傾向にあった総生産額が平成5年度から減少に転じてしまっている。産地では、消費者ニーズにあった商品開発力の強化を重点課題として取り上げているが、従業員10人未満の業者の占める割合が80%と、商品開発を自社で行うことが難しい家内工業的な中小企業がほとんどであり、効率的な商品開発の支援ツールが求められている。

多様化した消費者ニーズに対応した商品開発を進めていくためには、数多くの設計・試作をふまえた商品開発を行う必要がある。しかし、陶器製品の試作には

1ヵ月という長い期間を必要とし、中小企業がほとんどを占める信楽産地では、これをこなすことは難しく、多様なニーズにはどうしても対応しきれなくなっている。コンピュータグラフィクス(CG)によるデザインシミュレーションを導入することで、これらの作業を効率的に行うことが可能となり、人手の少ない事業所でも商品開発を効果的に行うことができる。しかし、その中小企業への導入には、操作の習得の難しさと機器の高価さという問題点があり、このため産地への普及には至っていないのが実情である。

また、試作・制作に必要な加工技術、釉薬配合、焼成条件等の様々なノウハウは、熟練者の勘に頼っているところが多く、その情報化・マニュアル化が遅れており、近年の指導者不足という状況も重なる

\* 技術第一科 \*\*技術第二科 \*\*\*信楽窯業技術試験場

り、今後の後継者育成、伝統技術の伝承を進めていくための問題点となっている。

本研究では、これらの問題点を解決すること目的に、陶器にターゲットを絞ることで、**簡単な操作でリアルな陶器のCG画像**を得ることができ、また**安価なコンピュータシステム**で利用可能な「陶器CGシミュレーションシステム」と、釉薬配合・焼成条件・加工方法等、生産行程への移行を支援する「ノウハウ情報提供システム」からなる、「信楽陶器産業における商品開発支援システム」の開発を行なった。

以下では、「陶器CGシミュレーションシステム」「ノウハウ情報提供システム」の二つに分けて報告する。

## 2 陶器CGシミュレーションシステムの開発

### 2.1 基本機能設計

伝統的な焼き物業界には、それなりに伝統的なやり方や道具や言語があり、それが作り手たちのコミュニケーションとなっている。コンピューターでデザイン設計を行う場合においても、その世界のやり方のプロセスを組み込むことで、理解を早めることが可能になると考えられる。

たとえば、焼き物の制作工程を取り上げて考えると、

成形、仕上げ、施釉、焼成

というプロセスがある。コンピューターで作図する場合も、この順序で行うことで陶器制作者にとってわかりやすいシステムになる。

また、市販の三次元CGソフトウェアは汎用ソフトウェアのため、焼き物製品を描くのに不必要な操作や難解なコマンドが、デスクトップを覆い尽くしている。焼き物制作に的を絞ることによって、不必要なコマンド

やツールがデスクトップから消え、また難解なコマンドを焼き物用語に置き換えることによって、非常にわかりやすく使いやすいソフトウェアにすることが可能になる。

そこで、上記の焼き物のプロセスを、コンピュータ操作に置き換えるべく、必要機能等の基本検討を行い、オーサリングソフト(Macromedia Direcot)によるプロトタイプを作成した(図1)。

#### 2.1.1 プロトタイプ

##### (1) 成形

信楽産地では、成形の段階では同じ形であるが、仕上げの段階で全く違う商品へと変形していく場合が多い。それらに準ずるためにデスクトップ上でも、成形と仕上げはいったん画面が切り替わるように設定する。そうすることによって、以前に作図した成形終了段階の書類を開いて、新たな商品展開を仕上げ画面で容易に変形できるようにする。

プログラムの起動画面は、都合7つ程度のパターンから選択できるようにする。これらは、信楽の主力商品である袋物、傘立て、取っ手付き食器、高台付き食器、高台なし食器、植木鉢、や外部入力である。

湯呑みと傘立てでのスケール感の違いや、高台や取っ手の有無など基本構造の違いがあり初期画面での選択の必要性がある。また、陶器製品は、通常上部が開いて下部が閉じているが、これらの基本図形の作図を省略するのも時間の節約になる。

以上の操作を、5~6種類のツールで可能なよう設計を行なった。これは、汎用ソフトウェアに比べれば、極端に少ない数である。ツールの数を減らすことによって、誰にでも簡単な操作が可能になる。

##### (2) 仕上げ

仕上げ画面では、通常の焼き物の行程で使われるような道具類が並べられている。

ここで行われる全ての作業は、CGソフトウェア上ではバンプマッピング及び、透明マッピングとして処

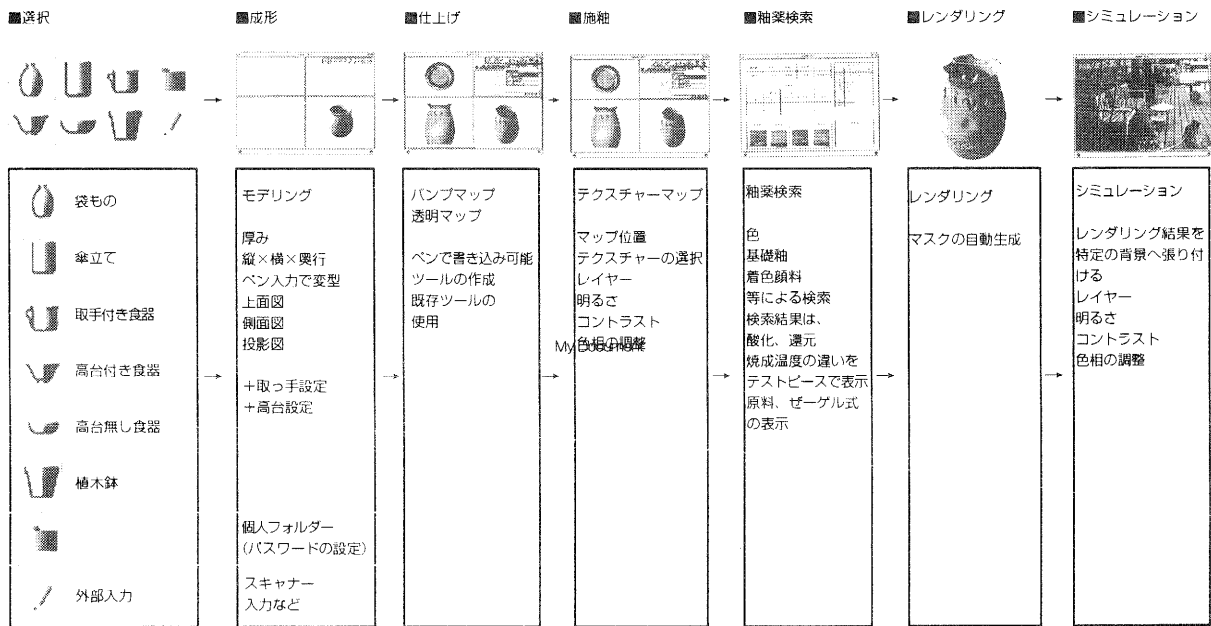


図1 プロトタイプ

理される。しかしこれらの違いやその煩雑性を意識することなく、使い慣れた剣先やポンス、櫛などといった道具を使うことによって、自由に加飾することができる。ポンスや櫛の形は、あらかじめ用意されたものを利用するか、オリジナルで作成するかを選べる。

この仕上げ画面では、穴をあけたり、口を波形に切ったり、指で押さえたようなくぼみを付けたりといったことができる。これらの作業が、製品の個性を決定していく。荒々しい造形や、華奢な彫り模様といった装飾である。

### (3) 施釉

施釉画面では、人工的に生成した釉薬テクスチャーから好みに応じた釉薬テクスチャを選択できる。

釉薬を掛ける前には、掛ける場所を決めなくてはならない。そういった場所を選択したり実行するツールのアイコンにも柄杓やエアブラシ、刷毛といったもので表示を行っている。

使い手が作った釉薬やプリセットした釉薬から選択し、必要な場所を選択することで、施釉作業を行う。

以上の作業が終了すれば、次は焼成である。

### (4) 焼成

ここでは、レンダリング(きれいに大きく描画させること)を焼成プロセスに当てはめる。現実には、焼成条件によって釉薬の発色が変化するため重要な工程である。しかし焼成条件から発色の変化までをシミュレーションさせるには膨大なデータが必要になるため、このシステムにそこまでの機能は組み込まないことにする。

かわりに、発色と釉薬、焼成条件データの検索システムを組み込むことで対応する。

## 2.1.2 基本仕様

このプロトタイプの検討を行い、開発を進めるプログラムの基本仕様を以下のように決定した。

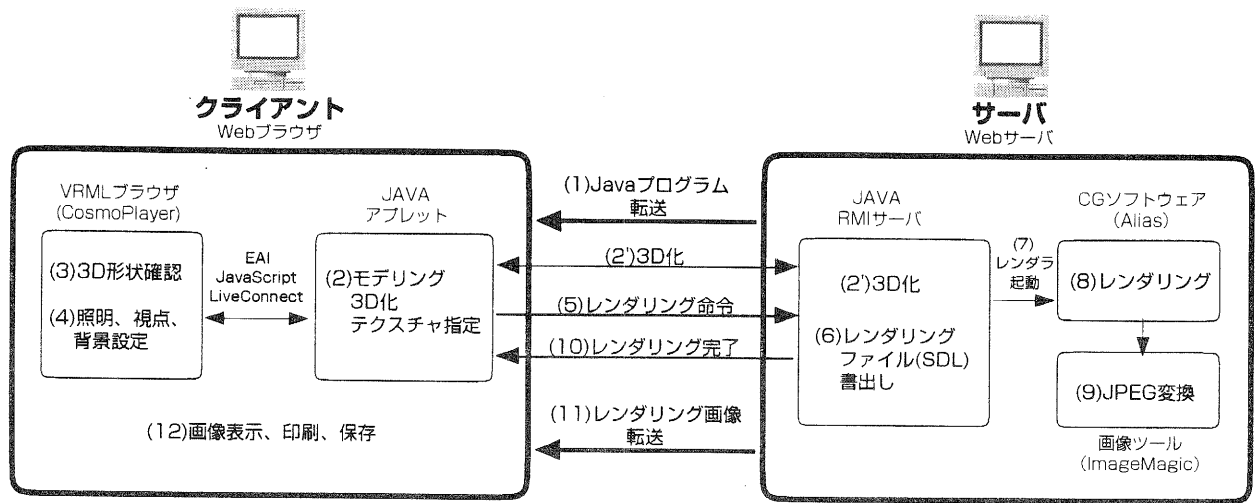


図2 システムの流れ

### (1) 成形(モデリング)

陶器では回転体の比率が非常に高く、回転体以外にも基本形状は回転体であり、それに部品を付加したり、変形させただけのもが多い。このことから、本システムでは形状を回転体に絞り込む事にする。

またここで、簡易的に三次元形状を確認出来る機能をもたせることで、スムーズなモデリング作業を可能にする。

### (2) 仕上げ(加工)

表面加工を、ロクロ目や櫛目をつけるなどの表面加工と、穴あけの二つに分けて考える。櫛の編集機能は、操作が複雑になりすぎると判断し組み込まないことにする。そしてロクロ目・櫛目などの表面加工は、選択式でディスプレイメントマッピングを付加させることで簡単に利用出来る形態で組み込むことにする。しかし穴あけは、自由な形状の入力が必要になるため、この機能の組み込みには複雑な操作が必要であり、付加機能として検討することにする。

### (3) 施釉(色・質感表現)

CGにおいてリアルな色・質感の表現には、色・バンプ表現のためのイメージデータ、照明や反射係数等の様々なパラメータの設定が必要であり、試行錯誤が必要な非常に困難な部分である。これらをユーザが設

定するにはかなりのノウハウが必要となる。本システムでは、信楽焼の代表的なテクスチャをピックアップし、あらかじめテクスチャデータを用意しておき、そのなかから選択する形式をとることにする。さらに、色の調整機能を付加機能として検討する。

### (4) 焼成(釉薬情報検索)

釉薬に関する情報データベースは、本研究と並行に進めている「ノウハウ情報提供システム」側で開発を行わない、本システムとの連携機能を検討する。

## 2.2 システム設計

### 2.2.1 システム構成・開発環境

安価なパソコンで高度なCGを実現するために、クライアントサーバシステムによる分散処理を採用することとした。プログラムの開発には、豊富な標準ライブラリ、ネットワーク機能の充実、プラットフォームに依存しない実行環境などの理由から、Java言語を選択した。また簡易三次元形状確認機能には、汎用性と既存ツールの使用が可能なVRML (Virtual Reality Modeling Language) を利用することとした。

プログラムにおけるシステムの流れは図2のとおりである。



まず、クライアント部で形状のモデリングを行なう。形状は回転体を基本とし、回転のパラメータによりバリエーションの生成を可能にする。色やテクスチャは、あらかじめ用意したメニューから選択することとする。そして、クライアント側で作成したモデルデータを「CGサーバ」に転送し、指定されたテクスチャを適応したレンダリングを行い、結果の高精細な画像をクライアント側に転送する。

クライアントサーバシステムの実現には、Java言語のRMI(Remote Method Invocation)を、VRMLビューアとの連携には、EAI(External Authoring Interface)を利用する。

システム開発に当たって、その構成を以下のとおりとした。

- (1) クライアント端末
  - パーソナルコンピュータ (Windows95, Macintosh)
  - Webブラウザ (Netscape)
  - VRMLビューア (CosmoPlayer)
- (2) CGサーバ
  - グラフィックワークステーション (SGI Octane SI)
  - Webサーバ + CGソフトウェア (Alias Studio)
- (3) 開発環境
  - Apple PowerMacintosh G3
  - Symantec VisualCafe (JDK1.1)

クライアント端末のパーソナルコンピュータは、VRMLビューアでの三次元表示が必要なため、Windows95ではMMX Pentium、MacintoshではPowerPC 603eクラス以上を想定している。また、本システムはJavaアプレットとし、Webブラウザからアクセスし利用する形態とする。

CGサーバはグラフィクス分野で定評のあるSGI社のワークステーションを選択。CGソフトウェアには、様々な分野での実績があり、レンダリングエンジンが単体で利用可能なAlias社のStudioシステムを選択した。

## 2.2.2 入力デバイス

マウスやキーボードといった既存の入力デバイスにとられず、入力デバイスから開発を行なうという考え方もあったが、使えるシステムを出来るだけ早く開発するという視点から、マウスによる操作を第一の前提として開発を進めることとした。ただし、既存の入力デバイスとして、液晶ペンタブレットによる検討も行なった。

まずはじめに、マウスによる操作の難易度による分類を行なった(図3)。この分類における難しい操作は、本システムでは原則的に使用しない。ただし、同じ機能を複数の操作手段に割り当てるような場合(ショートカット)は除くこととした。

難易度の分類	操作
安易な操作	マウスの移動 クリック
やや難しい操作	短時間・短距離のドラッグ ダブルクリック
難しい操作	長時間・長距離のドラッグ トリプルクリック以上 キーコンビネーションによる マウス操作

図3 マウス操作の分類

## 2.2.3 画面設計

画面構成を、機能に合わせて三つの部分に分けて設定を行なった。また、最終的なレンダリング画像の表示画面は、別ウインドウで表示する。(図4)

### (1) 曲線編集画面

左側を大きく占めているのが曲線編集画面である。この画面で回転体の断面線となる曲線を描画するだけで、自動的に回転体が生成される。曲線はBSplineだけで十分に自由な線の描画が可能と判断し、直線や円弧等の描画機能は一切省いている。また描画出来る曲線は1本のみとすることで、操作の単純化を実現している。

回転体断面線の入力補助機能として、回転軸に対称な鏡像を表示する機能を持たせている。これにより、

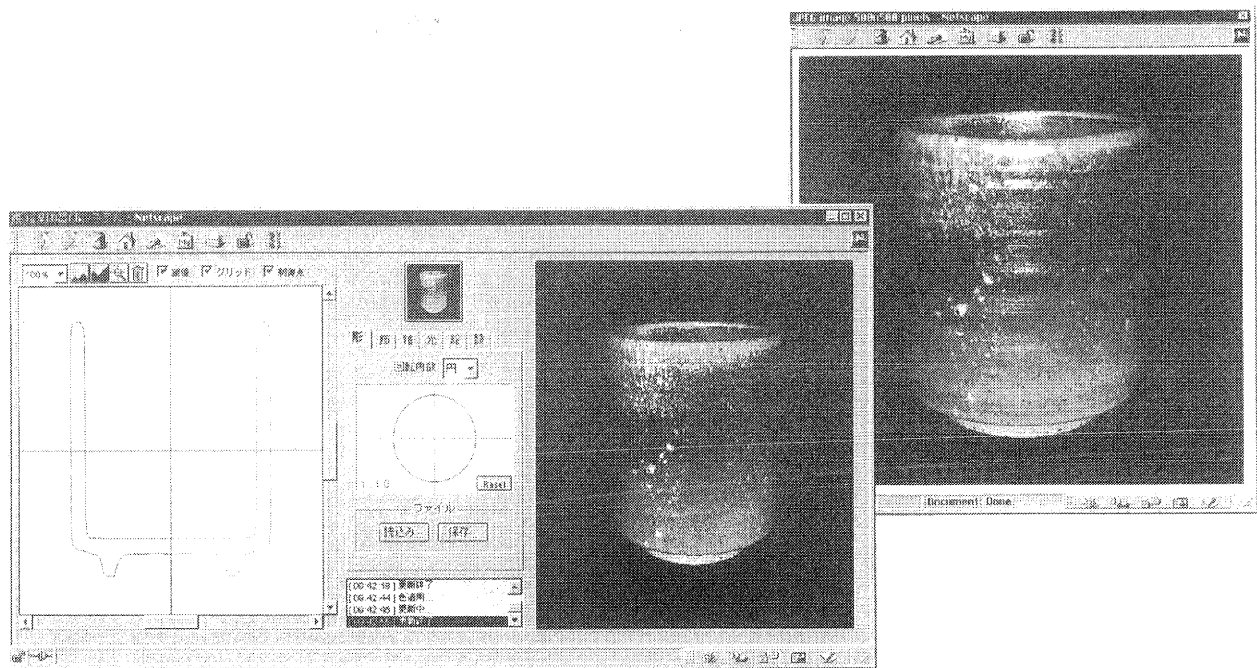


図4 クライアントプログラム画面(左)とレンダリング画像表示画面(右)

回転体に展開した時の全体のプロポーシオンを、断面線だけである程度把握することが容易となっている。

基本的な編集は、すべて簡単なマウス操作とポップアップメニューで可能とした。ポップアップメニューとは、Windows では右クリックメニュー、Macintosh ではコンテキストメニューとしてOSレベルでサポートされている機能である。このメニューの特徴は、操作したいオブジェクトの上で表示させると、その時に必要な項目だけをメニュー項目として表示させることにより、ユーザが必要な項目をすぐに見つけだすことが可能な点で優れている。

## (2) 設定画面

回転体のパラメータ設定や釉薬の指定等、各種の設定はすべて画面中央の設定画面で行なう。表示スペース節約のため、タブパネルになっているが、各タブ名はその機能を端的に表わす漢字一文字でわかりやすく端的に表現している。

### ● 形タブ

回転体の形に関する設定項目である。なめらかに回

転体にする以外に、多角形状の角の付いた回転体に指定することが可能である。また、回転を正円に沿って生成するだけでなく、楕円に沿って生成させることも可能にしている。これらの機能を組み合わせることで、回転体で長方形やひし形の皿をモデリングすることも可能となっている。

### ● 飾タブ

ロクロ目や櫛目など、表面の凸凹状態の指定を行なう。単純な回転であっても、ここで表面形状を変形させることで、非常にリアルな陶器の形状を表現することが可能である。種類の選択のほかに、適応量のコントロールも可能とした。

### ● 釉タブ

色と微細な凸凹(パンプ)のテクスチャデータを、釉薬として登録してあり、モデルに割り付けたい釉薬をここで選択する。それぞれのテクスチャデータには、色、凸凹(パンプ)、ツヤにかんするマッピング画像が割り当てられている。

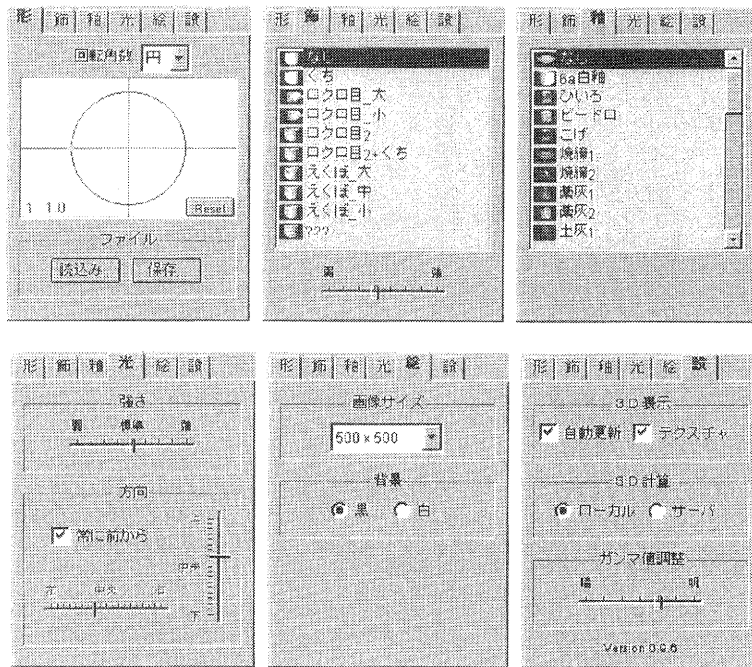


図5 上段左から「形」「飾」「釉」「光」「絵」「設」タブ

● 光タブ

ここで照明の強さと方向を設定する。照明の方向の設定は、視点に対する相対指定とすることで、視点と照明方向を独立して簡単に設定することが可能となっている。

● 絵タブ

最終的なレンダリング画像のサイズと、背景の指定を行なう。

● 設タブ

処理能力の劣るマシンでレスポンスを改善するための設定と、マシンにより異なる画面表示のガンマ値の設定を行なう。ただし、ここでのガンマ値調整は、最終レンダリング画像にのみ適用される。

(3) 三次元形状表示画面

右側を大きく占めているのが三次元形状表示画面である。この画面は、VRMLビューアを利用しており、マウスやキーボードの操作でモデルを回転させて見ることが可能である。照明の効果もリアルに確認すること

が出来、テクスチャの中で色だけであれば適用することも可能である。

また、最終的なレンダリング画像の視点は、ここでこの視点そのまま適用される。

(4) レンダリング画像表示画面

最終的なレンダリング画像は、JPEG画像でサーバから返って来るが、その表示をこの画面で行なう。この画面は単にWebブラウザに画像を表示させているだけであるが、これによりWebブラウザの機能で、画像の印刷、保存等を行なうことが可能である。

2.3 テクスチャ開発

陶器らしい質感を実現する釉薬テクスチャの開発を行った。事業所において釉薬は、各事業所が独自に調合したものを使用しており、それらの調合はノウハウとして社外に持ち出さないのが通常である。従って、あらかじめ作成しておく釉薬テクスチャーは、代表的な信楽の伝統釉や、焼き締めの質感のなかからピックアップし作成することとした。また将来的には、各事

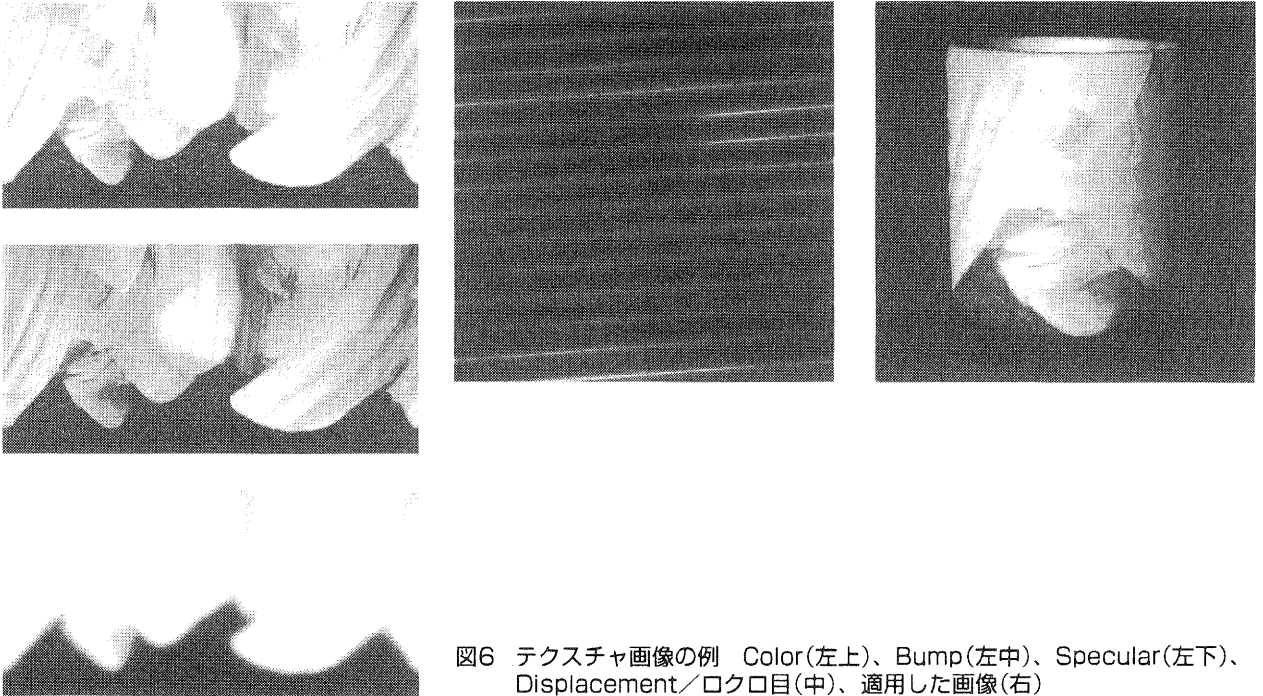


図6 テクスチャ画像の例 Color(左上)、Bump(左中)、Specular(左下)、Displacement/ロクロ目(中)、適用した画像(右)

業所がそれぞれのオリジナルの釉薬テクスチャーを、独自に利用出来るシステムを組み込む予定である。また、釉薬の質感と同時にロクロ目や手で押した跡、松皮や飛びカンナといった、凹凸の大きな質感表現も陶器のリアルさを表現するのに必要なテクスチャーの一つであり、それらに関しても同時に研究を行った。

### 2.3.1 質感表現の仕組み

陶器の質感は大きく分けて、色(Color)、釉薬や素地の小さな凹凸(Bump)、土とガラス質の釉薬の反射の違い(Specular)、大きな形や装飾としての凹凸(Displacement)の4つの要素から構成されている。(図6)

### 2.3.2 Color

Colorは以下の2通りの方法で作成し比較評価を行った。

- (1) 実写を利用せずに全てをCGで行う方法
- (2) 写真やスキャナーを利用して実物をテクスチャとする方法

(1)は、レイヤーという概念を利用して、何枚かの透明なセル画を重ねて一つの質感に作り上げていく方法である。大きく分けて視覚に訴える部分(レイヤー)と触覚に訴える部分(レイヤー)に分類でき、これらの構成の合成で表現される。

この方法でテクスチャーを作成していくと、あるテクスチャーを構成する一つのレイヤーを別のサンプルのあるレイヤーに交換することによって全く違ったテクスチャーが短時間で作成できるようになるといった利点があげられる。また実物の写真やスキャン画像に含まれる反射や影などの不必要な情報が全く含まれない。

(2)は、(1)に比べてリアルな画像が得られる。また、釉薬データベースとの完全な相互リンクが実現できる。ただし、不必要とされる影や反射の情報が多く含まれるため、その修正に非常に時間がかかる。また、完全な修正は不可能なため、元にしたサンプルの影や映り込み、ハイライト等がレンダリング画像に現れたり、マッピングの際の継ぎ目が大きく目立ったりする欠点がある。

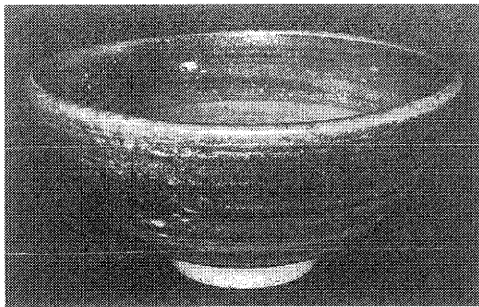
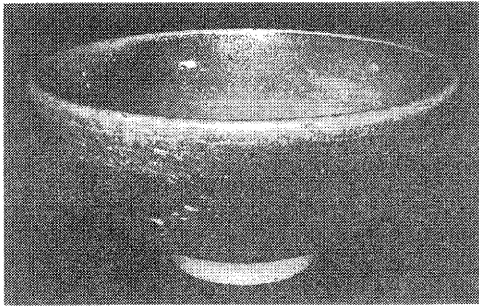


図7 Displacementの適用例  
(上/非適用、下/ロクロ目適用)

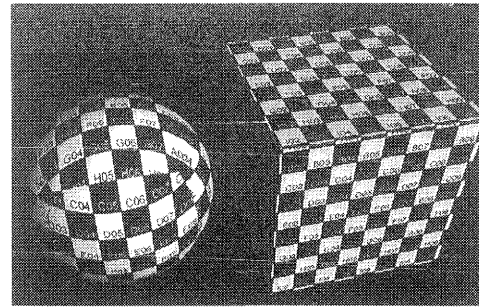
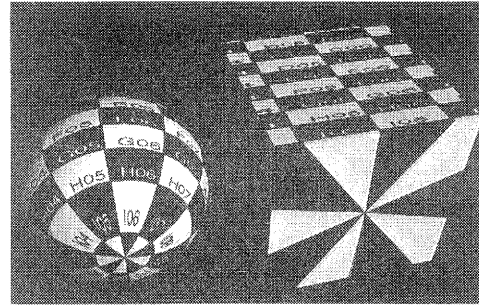


図8 マッピング手法(上/Cylindrical(円柱状)、  
下/Triplanar(3平面状))

これらの二つの方法と、釉薬データベースとの完全なリンクをめざして、最終的には、(2)をベースに(1)の手法を取り混ぜてColorの作成を行った。

### 2.3.3 BumpとSpecular

BumpとSpecularは主にColorを元に作成を行った。BumpはColorから釉薬や素地の微妙な凹凸だけを抽出してグレースケールに変換して利用している。またSpecularはBumpを元により反射する質感を持った部分と反射しにくい部分を抽出し作成した。

### 2.3.4 Displacement

釉薬や土の質感と共に、ざっくりとした風合いや手作りの風合いが、陶器らしさを表現する重要な要素となる。これらを実現するためにDisplacementマッピングを利用した。釉薬の質感と同じように用意されたものの中から選択する方式をとっているが、釉薬とは別に選べるため、同じ釉薬をかけた同じ形の物を作成した場合でも違った風合いのシミュレーションを体験できる。(図7)

### 2.3.5 マッピング手法

テクスチャーマッピングの投影方法は、代表的なもので十種程度ある。それぞれに短所と長所があり、完全に全ての形状に対応できるマッピングの手法は現在存在していないと考えられる。この研究の中では大きく分けて2種類の方法を形状に合わせて選択を行なえるように設定した。(図8)

- (1) Cylindrical(円柱状)
- (2) Triplanar(3平面状)

Cylindricalは主に湯呑みや傘立てなどの円柱形状の造形物に適している。マッピングの継ぎ目は一ヶ所にしかあられず、その継ぎ目もテクスチャー画像を横方向へのくり返しパターンにすることでなくすことが可能である。ただし、収束点が必ず現れ、湯呑みの場合では底に発現する。湯呑みの場合は、底まで覗き込むようなアングルからのレンダリングは特殊な場合を除いて考えられないので、これを適用すると最適な画像が得られると考えられる。また、徳利のような形状も中が見えないのでこの手法を適用したいが、回転軸

を中心に大きくその直径が変化するので、ぐるりと一周巻き付けるこの手法では径の大きな部分と小さな部分とでテクスチャが歪むため不向きな場合が多い。また皿のように底が大きく見えるような場合は、完全に収束点が見え良好なレンダリング画像が得られない。

(2)のTriplanar(3平面状)では、三次元空間のXYZ軸の三方向からテクスチャ画像の投影を行う。このため歪みや収束点は生じない。ただし、テクスチャ画像の継ぎ目が数ヶ所に生じる。バンプによる法線方向の細かな変化のため、継ぎ目がハッキリとは現われないため、テクスチャによっては完全に隠すこともできるが、変化にとむ陶器の質感の中では隠し切れない部分も多いのが欠点である。ただし、レンダリングの際にその視点方向を調整すればある程度継ぎ目を隠すことも可能である。

## 2.4 評価と問題点

### 2.4.1 線の編集機能

線はBsplineのみとしたため、操作性は非常に明快となった。これまでBsplineに触れたことの無いユーザであっても、数十分も操作すればすべての機能を把握することが可能であり、思い通りの線の描画が可能となった。また、当初厚みを付けるための補助機能が必要となるのではと思われたが、外側と内側の面の制御点をセットで作ることで、簡単に厚みをもつモデルを作ることが可能であり、その必要はないと判断した。

### 2.4.2 3D表示の速度

3D表示はVRMLモデルを書き出すことで行っている。20の制御点で描画した断面線から3Dモデル化した場合、データ量は約160KByteである。これに色を適用した場合はさらに440KByte + 100KByte(画像ファイル)まで増加する。このデータ量で、PentiumPro 200MHzのマシンでローカルに計算させた場合、表示の更新にかかる時間は約4秒であり、使用に耐えうる速度であると考えられる。

### 2.4.3 レンダリング速度

上記モデルに「ひいろ」のテクスチャを設定してレンダリングを行なった場合、計算時間は約40秒である。制御点の数やテクスチャの種類によって差はあるが、ほとんどのモデルが1分程度でレンダリング可能であり、十分な速度を達成することが出来た。ただし、複数のクライアントから同時にレンダリング命令を行なった場合、クライアント数の乗数分時間が増加する。このような場合に処理時間を短縮するには、サーバ側のマシンを処理能力の高いマシンに変更するだけで対応することが可能である。

### 2.4.4 電話回線からの利用

電話回線(アナログ、デジタル)を通して、サーバに接続した場合、最初のプログラムの転送・起動に時間がかかるものの、その後の利用についてはLAN接続での利用に比較して極端に処理速度が低下することもなく利用可能であった。ただし、そのためには3D化の計算をローカル側で行なう必要があるため、それなりに処理速度の優れたマシンをクライアントにする必要がある。快適な速度を実現するには、MMX Pentium 200MHz, PowerPC 200MHz以上のCPUを搭載したマシンが必要と考えられる。

### 2.4.5 テクスチャ

色、バンプ、ツヤのマッピングデータと、ロクロ目や櫛目等の表面加工情報を、それぞれ指定することにより、たとえモデルが単純な形状であっても、簡単な操作で、非常にリアルティのある陶器のCG画像を生成することが可能になった。(図9)

テクスチャの投影方法は、前述のCylindrical(円柱状)とTriplanar(3平面状)の二つの方法で行っている。この二つでほとんどの形状に対応することが可能ではあるが、皿の縁だけの色を変化させたい様な場合に対応することができない。現在食器の需用が伸びている状況であり、皿を効果的に表現出来るテクスチャ投影方法の検討の必要性がある。

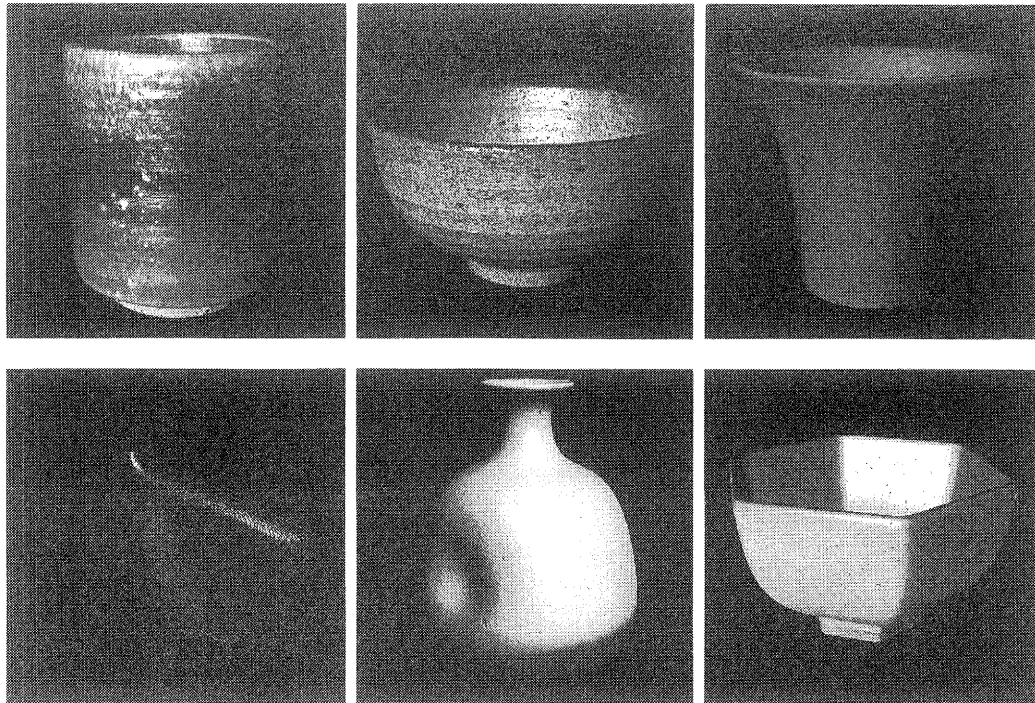


図9 レンダリング画像の例

#### 2.4.6 角の処理

角点の処理ははじめ、3次の BSpline の3つの制御点を重ねることで表現していた。この方法では論理的に完全な角になり、本来発生するはずのエッジのハイライトが発生しないため、エッジ部分がリアリティに欠ける画像になっていた(図10)。このため角点の処理を見直し、制御点を2点重ねる処理に変更することで、良好な結果を得ることができた。

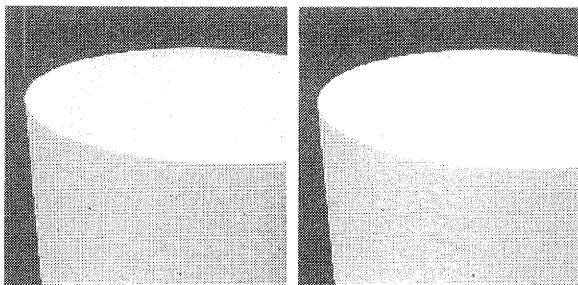


図10 3点を重ねた角(左)と2点重ねた角(右)

#### 2.4.7 図面出力

業界の方々が試用した時に、一番リクエストの多かった機能が図面出力であった。来年度以降に機能拡張として対応する予定である。

#### 2.4.8 曲線の複数化

1本の曲線でも、工夫することでほとんどの形状は表現出来る。しかし、蓋のある製品をモデリングする場合、やはり別の線で描画したいという要望があった。また、このような形状の図面化を行なう場合にも必要となる機能であり、来年度以降の課題として検討する。

#### 2.4.9 液晶ペンタブレット

本システムを、液晶ペンタブレットで操作を行なったところ、手で画面が隠れるなど操作しずらく、よい結果は得られなかった。マウスでの操作を前提に開発したものを単純にタブレットに置き換えただけでは操

作に無理があり、タブレットを使用するのであれば、それを前提にした新しい処理を組込む必要がある。

#### 2.4.10 その他

その他に、来年度以降も以下の機能について引き続き開発を行なう予定である。

- (1) テクスチャ色の調整機能
- (2) 背景のバリエーション増加

### 3 ノウハウ情報提供システムの開発

#### 3.1 加工技術提供システムの開発

CGシミュレーションによって得られた商品イメージを元に、試作・製造工程へとスムーズに移行していくためには、ロクロ成形や絵付けなど加工技術に関する情報が必要となる。ところが、成形や加飾など加工技術に関する情報は、文字や写真による情報では十分にその内容を伝えることは難しく、特に技巧的な情報を効果的に伝達するためには動画や音声の利用が有効である。

そこで、信楽窯業技術試験場に寄せられる技術相談や後継者養成研修で取り扱う加工技術に関する内容をもとに、その技巧をデジタルビデオやカメラで撮影・編集し、デジタル画像によって情報提供を行うシステムを構築する。今回は、ロクロの成形技術を中心にシステム構築を行った(図11)。

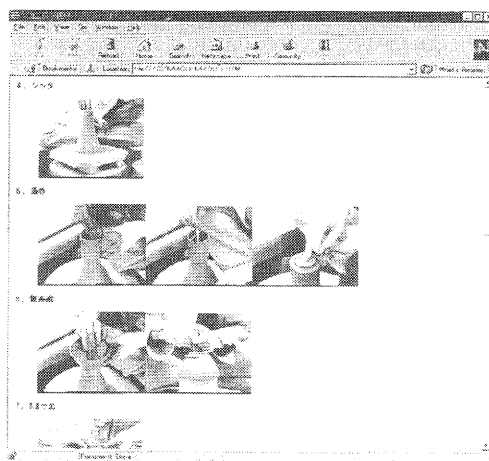
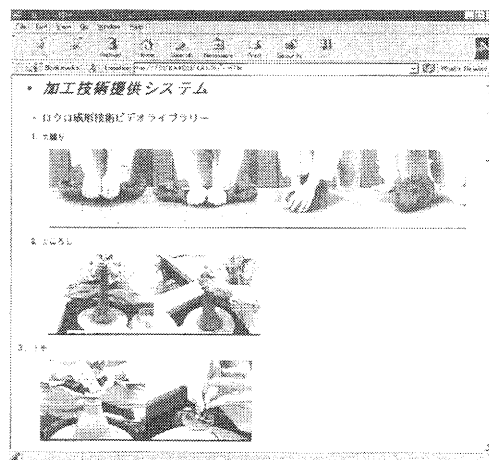


図11 ロクロ成形技術ビデオライブラリー

また、インターネット経由での動画像情報の利用を考慮して、一部の情報についてはRealServerを利用したリアルタイムな配信環境も整備した(図12)。



図12 リアルタイム動画配信(「土ころし」の様子)



今後も加工技術(絵付け、型成形など)についてデジタル化を進めていく予定である。

### 3.2 釉薬情報提供システムの開発

陶器製品の試作・製造にあたっては、その外観を大きく左右する釉薬に関する情報は、欠くことのできない重要な情報である。そこで、信楽窯業技術試験場が保有する釉薬に関する情報を元にデータベースを構築し、釉薬の調合や焼成条件等に関する情報を効果的に得ることが可能な情報提供システムを構築する。

#### 3.2.1 釉薬データについて

陶器製品に利用される釉薬は、その調合や焼成条件の組み合わせによって焼成後の製品の発色に大きな影響を及ぼす。このため、これらの特性を定量的に把握するため、釉薬の調合や焼成条件を変えての焼成実験が何度も繰り返し行われ、その結果はテストピースとして保管されるとともに、試作や釉薬に関する技術指導の際の貴重なデータとして利用されている。

信楽窯業技術試験場内には、昭和中期より蓄積され膨大な数の釉薬テストピースが存在しており(図13、図14)、本研究ではこれを基に釉薬データベースを構築する。

陶磁器釉薬に関するデータベースの構築は、他の陶磁器産地においても試みられている。工業技術院名古屋工業研究所瀬戸分室においては、大正以降の膨大な陶磁器釉薬テストピースにおいてテストピース1個ごとの画像についてデータベース化し、その一部インターネットのホームページにて紹介されている(<http://Web.aist.go.jp/RIODB/ccdb/welcomej.html>)。また、三重県工業技術総合研究所窯業センターにおいては、釉薬データベースに専門家の知的ルールを付加し、初心者にも対応したシステムの開発を行っている。



図13 釉薬資料室

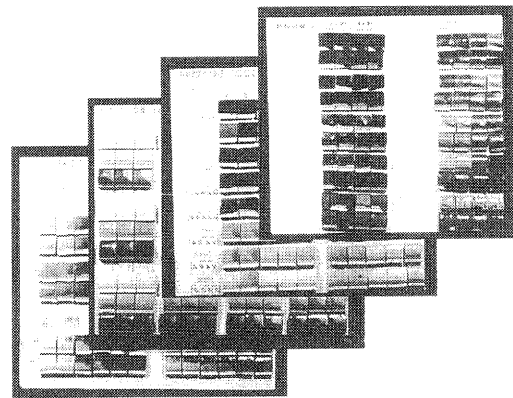


図14 釉薬テストピース台紙(約300×400mm)

#### 3.2.2 釉薬データのデジタル化

今回開発するシステムは、陶器製品の商品開発支援を目的に構築するものであり、古くより蓄積されたすべてのテストピースについてデータ登録を行ったのでは、必ずしも試作・製造工程において有効な情報・安定した情報が得られるとは限らない。

そこで、比較的最近の原料・焼成炉を使用した新しい釉薬テストピース約1,000個について、画像、釉薬名称、調合割合、焼成条件、素地種類などのデータ入力を行った。同時に、各釉薬に関する化学的な調合割合とその特性を定量的に知る手掛かりとなるゼーゲル式をダイナミックに算出させるため、基礎原料の組成と分子量についてもデータの登録を行った(図15)。

釉薬テストピースの画像データ入力については、光学カメラやデジタルカメラ、イメージスキャナーなど各種入力装置について検討を行ったが、最も入力が簡易

id	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	
1	1	20	白粉	白粉	10	200	白粉	10	200	白粉	10	200	白粉	10	200	白粉	10	200	白粉	10	200

(a) 粉薬

shimizu_number	shimizu_name	id	name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name	shimizu_number	shimizu_name		
1	白粉	1	白粉	1	白粉	1	白粉	1	白粉	1	白粉	1	白粉	1	白粉	1	白粉	1	白粉	1	白粉

(b) 試験区分

(c) 基礎原料

id	name	shimizu_number
1	白粉	10
2	白粉	10
3	白粉	10
4	白粉	10
5	白粉	10
6	白粉	10
7	白粉	10
8	白粉	10
9	白粉	10
10	白粉	10
11	白粉	10
12	白粉	10
13	白粉	10
14	白粉	10

(d) 分子量

図15 粉薬データベースの一例

で安定して画質の良かったイメージスキャナーの画像を利用することにした(図16)。

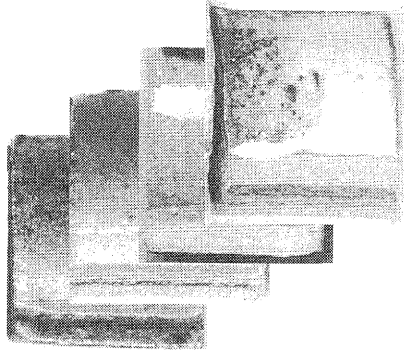


図16 粉薬テストピース(約30×30mmまたは60×60mm)

### 3.2.3 システム設計

粉薬情報提供システムの実現にあたっては、以下の5項目を目標とした。

- (1) 簡便な操作で目的とする粉薬に関する情報が得られること。
- (2) 粉薬テストピースの持つ視覚的な情報が有効に活用されること。
- (3) 粉薬テストピースに関する情報が、従来からの試験台紙に整理された資料と違和感なく利用できること。

- (4) ネットワークに接続された任意のコンピュータから本システムが利用可能なこと。
- (5) 利用者のコンピュータに関する高度な知識(実行環境の設定など)を必要としないこと。
- (6) 粉薬データベースの保守が容易に行えること。

これらの目標の実現のため、以下に示す方針でシステムの設計を行った。

- (1) GUI(Graphical User Interface)を最大限に活用したユーザインタフェースとし、キー入力が必要最小限とする。
- (2) 粉薬データベースの検索結果にテストピース画像を含めて表示を行うとともに、同画像から抽出した色情報を基にした色検索機能を実現する。
- (3) 粉薬テストピース画像を含んだ検索結果が利用者の指定通りに整列できるような、仮想的な粉薬テストピース試験台紙をコンピュータ画面上に実現する。
- (4) TCP/IPネットワーク上で動作するクライアント/サーバ型のシステムとする。
- (5) プラットフォームに依存せずメンテナンスフリーな利用環境が提供可能なJava Appletを基本としたシステム形態とする。
- (6) 保守端末からネットワーク経由でのデータベース保守が容易に行える環境も同時に構築する。

### 3.2.4 システム構成

釉薬情報提供システムの構成を図17に示す。

- (1) クライアント
  - パーソナルコンピュータ (Windows95/98, Macintosh)
  - Webブラウザ (Netscape Communicator)
- (2) サーバ
  - ワークステーション (Silicon Graphics O2)
  - Webサーバ (Netscape FastTrack)
  - Servletエンジン (Live Software JRun)
  - RDBMSサーバ (PostgreSQL)
  - SMBサーバ (Samba)
- (3) 保守端末
  - パーソナルコンピュータ (Windows95/98)
  - Webブラウザ (Netscape Communicator)
  - DBフロントエンド (Microsoft Access)

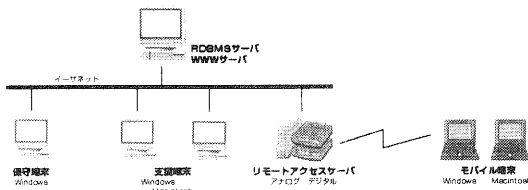


図17 システム構成

クライアント端末上で動作するプログラムは、ユーザへのメンテナンスフリーな利用環境の提供と、プラットフォームに依存しない実行環境の実現を目指し、WebブラウザのVM (Virtual Machine) 上で動作するJava Appletをフロントエンドとするシステム形態を基本とし、Java言語によりシステム開発を行った。

釉薬テストピースに関する情報を管理するバックエンドデータベースには、本格的なRDBMS (Relational Data Base Management System) として多くのUNIX系システムでの実績を持ち、Java言語で開発されたアプリケーションに対し同データベースへのアクセス機能を提供するJDBCドライバが提供されている、フリーウェアのPostgreSQLを利用した。また、テストピース画像については、保守・運用時の利便性を考慮して、Webサーバの情報提供機能をそのまま活用することとした。

釉薬データベースへのアクセスは、中間層となるサーバがバックエンドのデータベースサーバに対してアクセスする3層モデルのシステム形態を基本とした。中間層のサーバには、Webサーバに対する外部プラグインとしてJava Servletサービス機能を提供するLive Software社のJRunを採用し、クライアントと同じくJava言語により中間層サーバのプログラム開発を

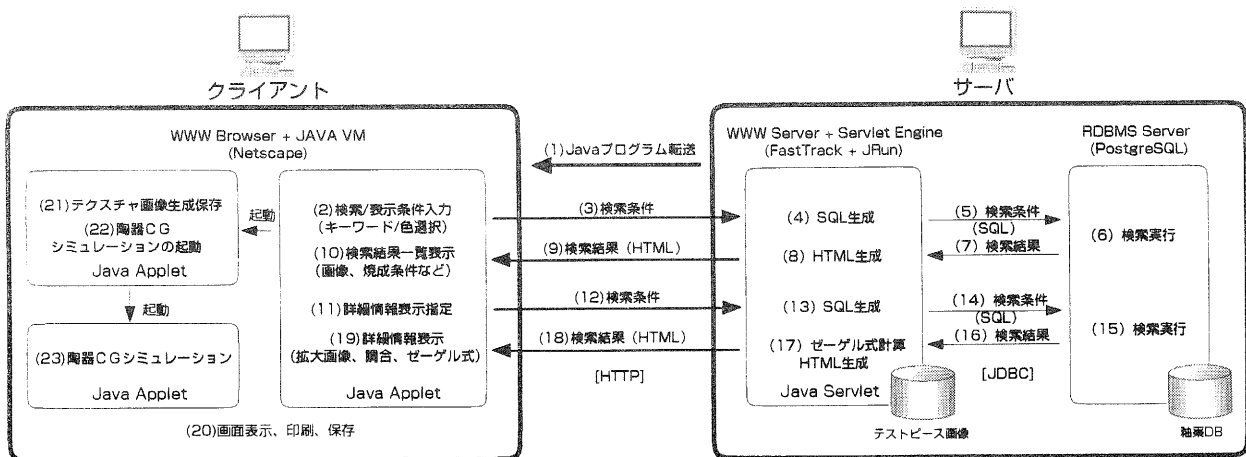


図18 釉薬情報提供システムの動作概要

行い、システムの移植性の確保と処理速度の高速化を目指した。

### 3.2.5 処理の流れ

油薬情報提供システムの動作概要を図18に示す。まず、クライアントとなるパーソナルコンピュータから、Webブラウザを利用してWebサーバ上の所定のページに接続する。これにより、Java AppletプログラムがWebブラウザに転送され(1)、自動的にWebブラウザのVM上で検索プログラムが開始される(図19)。

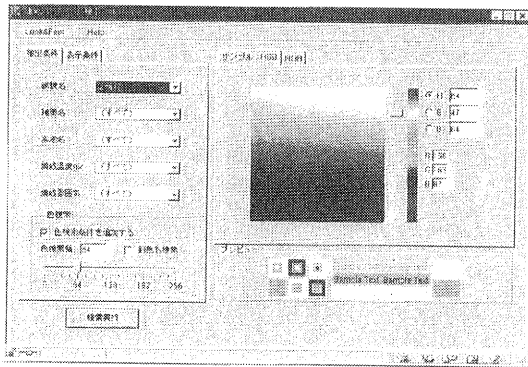


図19 油薬検索プログラム画面

検索プログラムでは、情報を得たい油薬の名称や焼成条件などの検索条件をコンボボックスを利用して指定するとともに、検索結果をどのような順序に整理して表示するかを表示条件(整理項目、昇順/降順)をコンボボックスとラジオボタンを利用して指定する(2)(図20)。

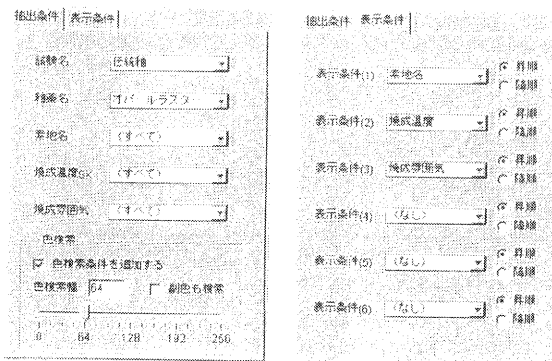


図20 検索/表示条件指定パネル

油薬に関する文字情報だけでなく、油薬の色味による検索条件を設定したい場合には、同プログラム画面上に表示されたサンプル色パレットや、HSBカラーパレット、RGBスライダーを利用して検索色を指定することもできる(図21)。

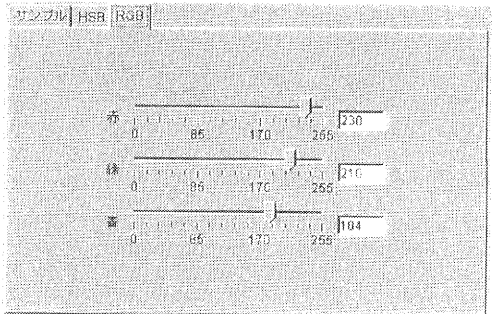
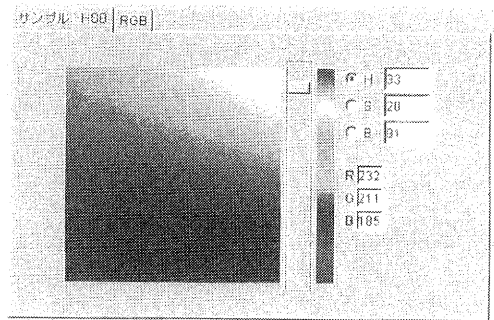
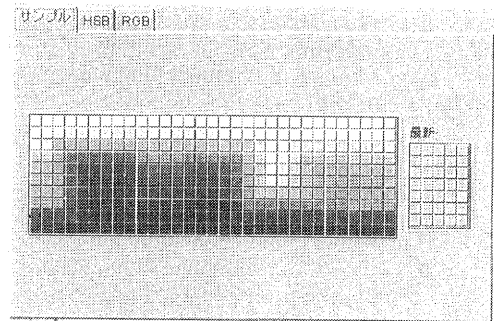


図21 検索色指定パネル

検索条件および表示条件の指定の後、検索実行ボタンをクリックすると、指定された検索条件と表示条件がHTTPプロトコルによって中間層サーバに送られる(3)。

中間層サーバでは、受け取った検索条件をもとにSQL(Structured Query Language)文を生成(4)するとともに、バックエンドのRDBMSサーバに対しJDBC経由で検索命令を発行し(5)、RDBMSサーバに対し油薬データベースに対する検索(6)を行わせる。検索結

果がRDBMSサーバから返ってくると(7)、検索結果と先にクライアントから受け取った表示条件を元にHTML(Hyper Text Markup Language)ページを生成し(8)、クライアントに返送する(9)。

クライアントでは、検索条件に該当する釉薬がデータベース上に存在した場合には、その一覧がテストピース画像とともに、指定の表示条件にもとづいてWebブラウザ上に表示される(10)(図22)。指定の検索条件に該当する釉薬がデータベース上に存在しなかった場合には、その旨が文字表示される。

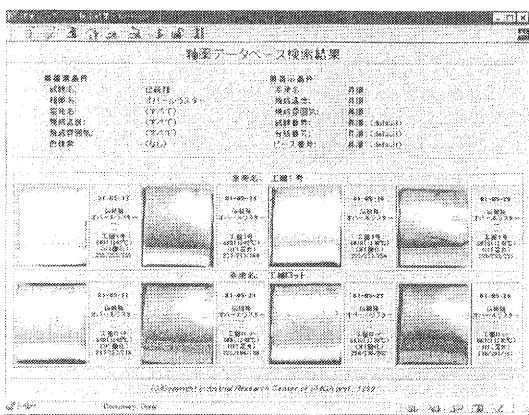


図22 検索結果一覧画面

得られた検索結果の一覧の中から、さらに個々の釉薬テストピースに関する詳細な情報を得たい場合には、該当するテストピース画像をクリックする(11)。これにより、同テストピースに関する詳細情報の検索要求が中間層サーバに送られ(12)、これに基づいて中間層サーバではSQL文の生成(13)、各種データベースの検索(14→16)、ゼーゲル式の計算およびHTMLページの生成が行われ(17)、その結果が釉薬の調合に関する詳細情報とともにクライアントパソコンのWebブラウザ上に表示される(18→19)(図23)。



図23 検索結果詳細画面

なお、本システムにおける検索結果の一覧情報および詳細情報は、どちらもWebブラウザの機能を利用してプリンタやディスク等への保存が可能である(20)。

釉薬データベースの検索結果のCGシミュレーションシステムへの活用(釉薬テストピース画像の三次元モデルへのレンダリング)を考慮して、テストピースの拡大画像において指定した任意の領域を左右上下反転させながら繋ぎ合わせたテクスチャ画像を自動的に生成し、サーバまたはパソコンのディスクにTIFF形式のカラー画像ファイルとして保存する機能も備えた(21)(図24)。

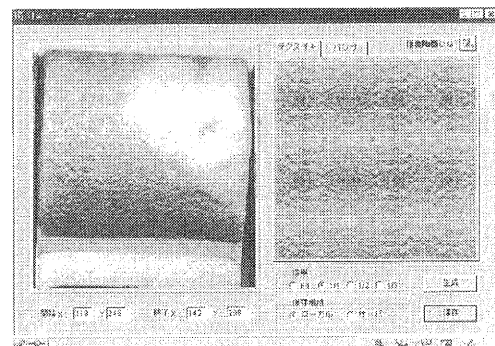


図24 テクスチャ画像生成・保存画面

同画面上の右上にあるボタンをクリックすることにより、陶器CGシミュレーションシステムを起動(22)

処理	機能	設定・表示項目	入力手段
検索条件指定	検索条件	試験名、釉薬名、素地名、焼成温度 (SK)、焼成雰囲気 (酸化/還元) の内容	コンボボックス
		色検索の有無	チェックボックス
	色検索条件	検索色	サンプル色パレット HSBカラーパレット RGBスライドバー
		色検索幅	スライドバー
		副色検索の有無	チェックボックス
	表示条件	試験名、釉薬名、素地名、焼成温度 (SK)、焼成雰囲気 (酸化/還元)、代表色のソート優先順位	コンボボックス
ソート順序 (昇順/降順)		ラジオボタン	
検索結果一覧	表示内容	釉薬テストピース画像、試験名、釉薬名、素地名、焼成温度 (SK)、焼成雰囲気 (酸化/還元)、RGB値	—
	保存機能	プリンタ、ローカルディスク	Webブラウザの機能を利用
	その他	詳細情報画面の表示	テストピース画像のクリック
検索結果詳細	表示内容	釉薬テストピース画像 (拡大)、テストピース情報、基礎原料/添加物の重量比、ゼーゲル式	—
	保存機能	プリンタ、ローカルディスク	Webブラウザの機能を利用
	その他	試験台紙画像の表示	試験台紙番号のクリック
		テキスト生成機能の起動	ボタン
テキスト生成	生成機能	テキスト画像の元となるテストピース画像の領域指定	マウスのドラッグ
		テキスト画像の拡大/縮小	ラジオボタン
	保存機能	保存場所 (ローカルディスク/サーバディスク) の指定	ラジオボタン
	その他	陶器CGシステムの起動	ボタン

図26 釉薬情報提供システムの機能一覧

して、上記テキストをレンダリングさせた結果を確認(23)する機能もテスト的に実装した(図25)。

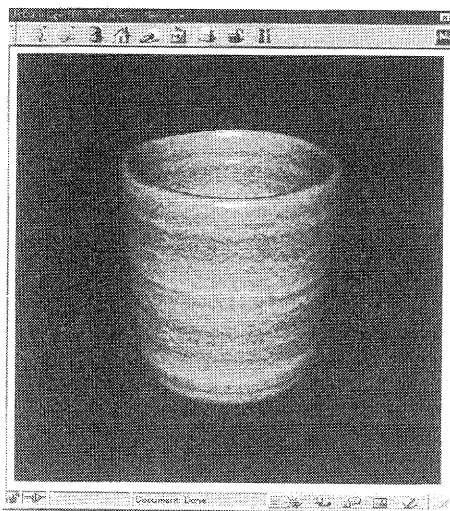


図25 レンダリング結果画面

本システムにおける一連の処理の中で利用可能な機能の一覧と入力手段の詳細を図26に示す。

### 3.2.6 釉薬データベースの保守

本システムの運用に際しては、データ更新のための簡便な保守環境を整えることが重要な要素となる。

そこで、釉薬データベースにおける各種データの保守は、RDBMSサーバに対しODBC接続したWindows95クライアントパソコン上で動作するMicrosoft Accessを利用して行い、釉薬テストピース画像の保守は、サーバ上にインストールしたSambaを利用してクライアントパソコンからハードディスクを共有し、ローカルディスクと同様の感覚で画像ファイルの編集・保存が可能な環境を整備した。

また、釉薬テストピースの色情報に関する保守は、後述の専用Java Appletを開発し、自動的に色情報の抽出とデータベースの更新が行えるようにした。

釉薬データベースシステムの保守環境の概念図を、図27に示す。

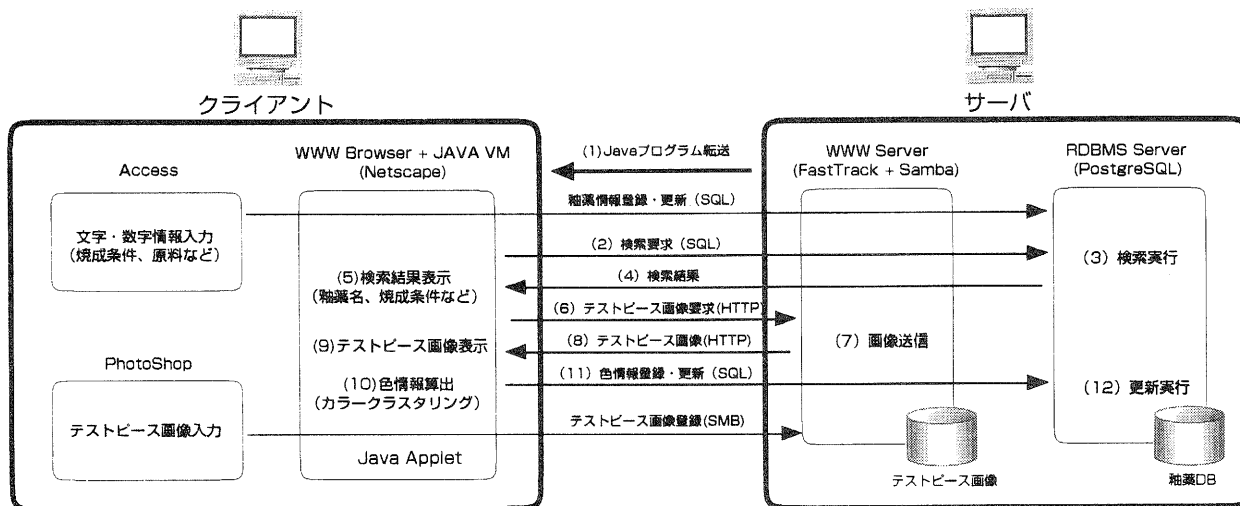


図27 釉薬情報提供システムの保守動作概要

### 3.2.7 釉薬テストピースの色情報保守

本システムにおいては、釉薬テストピースの持つ視覚的な情報を最大限に利用するために、予めテストピース画像から同画像に含まれる代表的な色を抽出し、その色情報をもとに釉薬テストピースの検索を行う機能を組み込んだ。

釉薬テストピース画像は、釉薬の調合、素地の種類、焼成条件などの様々な組み合わせによって、その艶や発色具合が微妙に異なる多色カラー画像である。従って、同テストピース画像から代表的な色を抽出するためには、何らかのカラー画像に対する色分析の手段が必要となる。

そこで、本システムにおいては、釉薬テストピースのカラー画像における各画素の色を、明度・色相・彩度からなる知覚均等色空間と呼ばれるL'u'v'色空間上に配置し、この空間内におけるクラスタリング処理の結果から、大きなクラスタとして検出された色をそのテストピース画像における代表色として抽出することとした。

上記の処理を実際の釉薬データベースに施すために、Java Appletによる色情報抽出プログラムを開発

した。開発したプログラムの処理の流れを図27に、プログラムの画面を図28に示す。

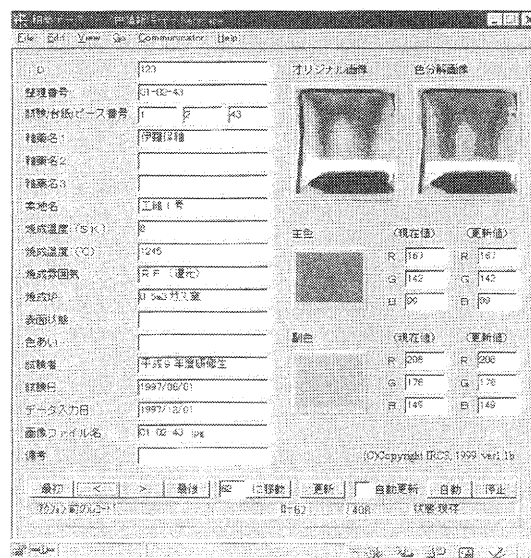
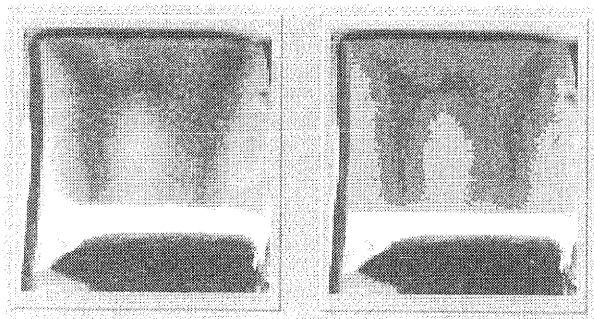


図28 色情報抽出画面

同プログラム画面中の右上に表示されている二つのテストピース画像のうち、左側がオリジナルのカラー画像、右側がクラスタリング処理を施した後のカラー画像である(図29)。



(a)オリジナル画像

(b)色分解画像

図29 クラスタリング結果

このクラスタリング処理後の画像から、上位二つの大きさを持つクラスタの中心色を代表色として検出し、同画面中の中央部に主色および副色として表示するとともに、釉薬データベース上の色情報フィールドを更新するようにしている。同プログラム画面から、複雑な模様の中に複数の色を持つテストピース画像に対しても、ほぼ妥当と思われる代表色を抽出できていることがわかる。

図27に示す色情報抽出プログラムでは、釉薬データベース上のデータが適宜更新されることを考慮して、色抽出処理とデータベースの更新を自動的に実行できるようにした。

### 3.2.8 評価と問題点

#### (1) 検索処理速度

現時点で、釉薬データベースには約1,000点のデータの登録を済ませている。同データベースに対し、何らかの検索条件(文字情報および色情報)を設定し、その一覧結果がWebブラウザ上に表示され始めるまでの時間は約2秒(PentiumII 300MHz)であった。使用するネットワークの回線速度によって、すべてのテストピース画像の転送が完了するまでには多少の時間を要するが、実用レベルの速度であると考えられる。

また、一覧結果の画面から任意の釉薬テストピースを指定して、その詳細情報の結果が得られるまでの時間は約3.5秒(同上)であった。これは、原料の調査割合を変えた試験データを随時登録し、その結果が即時に

検索できるような柔軟性を実現するために、ゼーゲル式の計算をダイナミックに行っていることから、検索処理の度に複数のテーブル(基礎原料中の酸化物の重量比、酸化物の分子量など)へのアクセスが発生し、処理時間が多めにかかっているものである。予めゼーゲル式を計算しておき、釉薬データベース中に持たせておくことで処理速度をさらに向上させることも考えられるが、こちらも十分に実用レベルの速度であると考えられる。

#### (2) サブプレット

今回のシステムでは、釉薬データベースの検索結果は、HTML形式の情報として生成しWebブラウザに表示させることとしている。これは、Webブラウザの機能を利用して、検索結果のプリンタへの出力やローカルディスクへの保存を実現するためである。現時点において、Javaアプレットによる構成されたWebブラウザの画面は、大部分が正常にプリントアウトできないことへの回避策でもある。

通常、Java Appletプログラムでは、セキュリティ的な制約から、自身をダウンロードしたサーバ以外へのアクセスは禁止されている。このため、クライアントであるWebブラウザが検索結果をHTML形式で得るためには、検索結果のHTMLページを何らかの手段でサーバ側に生成する必要がある。

このような制約を回避するために、今回はサーバ側にデータベースアプリケーションの3層モデルにおける中間層サーバをJava Servletとして開発し、同サーバにデータベースへのアクセスとHTML形式の情報の生成を担当させ、クライアント側のWebブラウザに検索結果の情報を渡すようにした。

Java Servletによる3層モデルでは、RDBMSサーバへの接続は初期化時に行われ、以降コネクションは開かれたままの状態で作動するため、アクセスの度に接続処理が発生する2層モデルに対し、接続処理が短時間で済む。また、Java Servletは、サーバのメモリに常駐スレッドとして動作するため、アクセスの度にプロセスの起動が必要となるCGIに対し、より高速なレスポンスが期待できる。



今回のシステムの開発過程においては、検索結果に関するHTML形式の情報を、クライアントがHTTPプロトコルのPOSTメソッドを利用して一度サーバ側にCGI(Common Gateway Interface)スクリプト経由で書き戻す2層モデルのシステムも開発していた。同システムと最終的な3層モデルのシステムの処理速度の比較を図30に示す。

	一覧検索	詳細検索
2層モデル (CGI)	約3秒	約7秒
3層モデル (Servlet)	約2秒	約3.5秒

図30 Servletの処理速度評価

同図より、Servletによる3層モデルのシステムが期待通りに処理速度を向上させていることがわかる。

### (3) 色検索処理

本システムでは、釉薬テストピースの色情報を元に検索する機能を組み込んだ。検索結果を図31に示す。

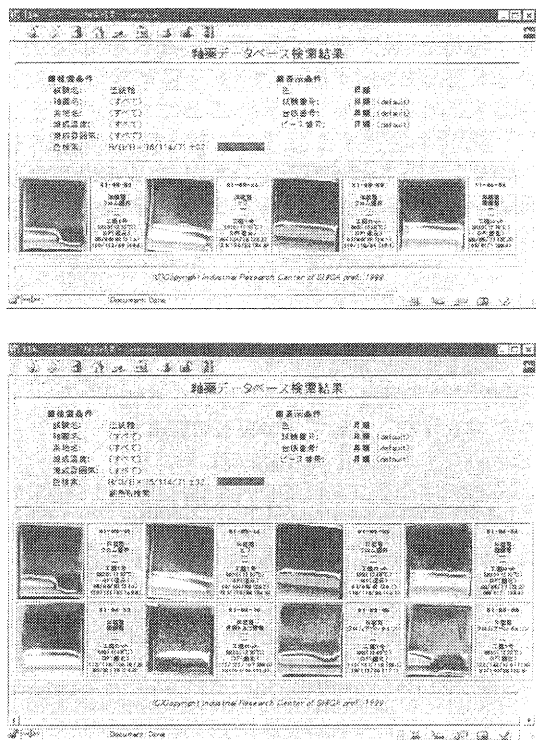


図31 色検索結果

上図が主色に対し検索を行った結果であり、下図が副色も含めて検索を行った結果である。同図より、ほぼ目的通りの機能が実現できていることがわかる。

但し、釉薬テストピースのカラー画像を撮影する段階での照明の反射やハレーション等の影響によって、本来の色より白く撮影されてしまう部分も多く、色抽出時のクラスタリング処理によって大部分は分離ができてはいるものの、人間が感じる色味とは異なって検索されてしまう例も存在する。今後、撮影方法の検討を含めて、改善を図る必要がある。

### (4) 色情報抽出処理

色情報の抽出は、データベース保守の一環として、釉薬テストピース画像(340×370pixel、JPEGカラー画像)に対し事前に処理を施し、釉薬データベースに情報を付与している。

本システムでは、Java言語によりハッシュ(Hash)探索法と単純クラスタリング法を適用した色情報抽出クラスライブラリを開発し、データベースにアクセスしながら色情報の抽出とデータの更新を行うJavaアプレットを開発した。

これにより、WebブラウザのJava VM上で動作するプログラムでありながら、釉薬テストピース画像一枚あたり約3秒(同上)という処理速度を実現することができた。これは、データベース上のデータを事前に保守するためのものとしては、十分に実用に耐える速度である。

但し、単純クラスタリング手法によりクラスタ検出を行っているため、その精度には少なからず課題が残っている。色味による検索結果のバラツキやユーザの評価を見極めながら、今後改善を図っていきたい。

### (5) テクスチャ生成処理

釉薬データベースの検索結果から得られるテストピース画像から自動生成したテクスチャ画像を、CGシミュレーションシステムを利用してレンダリングを行った結果を図32に示す。

テクスチャ画像の生成処理では、テストピース画像において指定した任意領域を左右上下反転させながら繋ぎ合わせることで自動生成を行っているが、切り出した領域のテストピースの表面状態が必ずしも均一でなく、生成後のテクスチャ画像にどうしても規則的な模様が生じてしまう。また、2次元画像化されたテストピース画像から、表面の凸凹状態や艶の有無を表現する情報を抽出することは非常に困難であり、レンダリングの画像は元のテストピース画像とは、その表面状態も全く似つかない結果となってしまっている。

上記の結果は、あらかじめ想像できたことではあるが、釉薬データベースの検索結果をCGシミュレーションに活用できないかという要望は多く、検索結果として得られた釉薬をCGシミュレーションに施して、その色味を簡易的に評価したい場合には有効であると考えられる。今後、テクスチャ画像の生成手法の改善や釉薬データベース中に持つ表面状態の情報等を、レンダリング時の情報とうまく融合させることで、少しでも改善を図っていきたい。

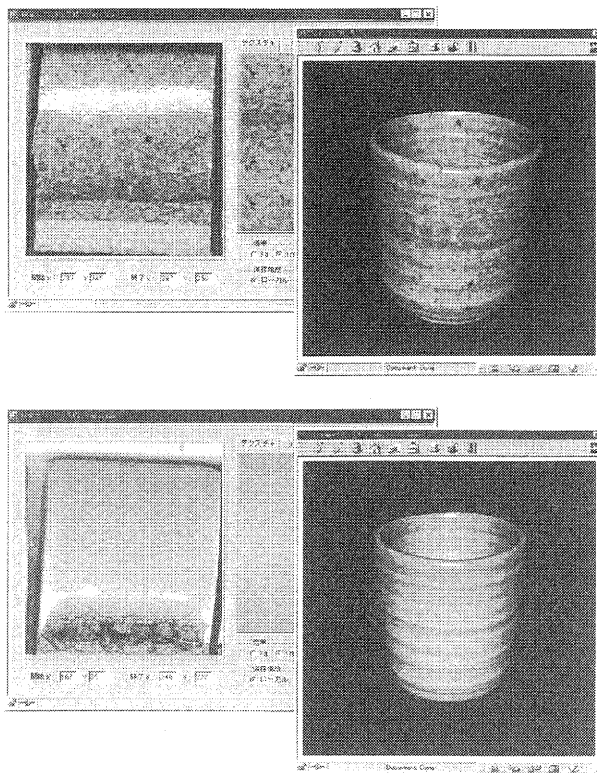


図32 レンダリング結果例

## (6) リモート保存機能

前述したように、Java Appletプログラムでは、セキュリティ的な制約から、自身をダウンロードしたサーバ以外へのアクセスは禁止されている。しかし、テクスチャ生成処理によって生成されたテクスチャ画像を陶器CGシミュレーションシステムへと渡すためには、画像ファイルをサーバのディスクへと保存する必要がある。

そこで、本システムでは、クライアントがHTTPプロトコルのPOSTメソッドを利用してMIMEマルチパート方式で送信する画像ファイルを、サーバ上で動作するServletプログラムが受信して自身のディスクに保存するようにした。クライアント側には、本手法によってデータをサーバのディスクに書き込むためのHttpRemoteFileConnectionクラスを開発し、OutputStreamクラスのwrite()メソッド等によりローカルファイルと同様に任意の情報を書き込めるようにした。

また、CGサーバにおけるレンダリング際に必要となるTIFF形式の画像ファイルを出力するために、Acme.JPM.Encoders.ImageEncoderクラスを拡張したTiffEncoderクラスも同時に開発し実装した。

しかし、クライアント側においてテクスチャ画像を生成している関係から、サーバ側へのファイルの転送には数十秒を要し、処理速度の遅さは否めない。今後、サーブレット側でのテクスチャファイルの生成やTIFF画像ファイルの圧縮など、処理速度の向上のための手法を検討する必要がある。

## 4 まとめ

「陶器CGシミュレーションシステム」では、「簡単な操作でリアルな陶器のCGの制作を可能にする」、「安価なコンピュータシステムから、高度なCGシミュレ

ションを可能にする」の2点の目標は、実用化のレベルで達成することが出来た。

「ノウハウ情報提供システム」では、「簡単な操作で目的とする釉薬に関する情報が得られるようにする」、「釉薬テストピースの持つ視覚的な情報が有効に活用させるようにする」の2点の目標は、ほぼ実用のレベルまでに達成することができた。

しかし、「検索された釉薬テストピースに関する情報が、従来からの台紙毎に整理された資料を同様の感覚で利用できるようにする」という目標については、検索結果の一覧をダイナミックに配列することによって、コンピュータ画面上に仮想的な台紙を実現することを目指して開発に取り組んだが、Webブラウザ上での表現力から生じる制約のため、十分満足のできる結果が得られたとは言い切れない。

両システムにおいて、改良の余地は残されているが、十分に活用できるレベルであるとの評価を業界の方々からいただいている。今後もユーザの声を反映しながら、本システムの改良、機能の拡張、内容の充実を進めていく予定である。

## 謝辞

本研究の遂行にあたり、ご指導ご助言をいただきました、立命館大学理工学部情報学科八村広三郎教授に感謝致します。

## 参考文献

- (1) ローラ・リメイ：“Java言語入門”：プレンティスホール出版
- (2) Mark C. Chan 他：“Java プログラミング 1001 Tips”：オーム社
- (3) Eliotte Rusty Harold：“JAVA ネットワークプログラミング”：オライリー・ジャパン
- (4) Jed Hartman 他：“VRML2.0 ハンドブック”：アジソン・ウェスレイ
- (5) プラティック・パテル、カール・モス：“JDBC入

門”：インターナショナル・トムソン・パブリッシング・ジャパン

# 筋力補助器具の開発と評価に関する研究 (第3報)

深尾 典久\*      山下 誠児†      河村 安太郎\*  
Norihisa Fukao, Seiji Yamashita and Yasutarou Kawamura

**要 旨** 高齢化社会への対応が急がれている今日、新しい技術を利用し高齢者や障害をもつ人の自立を支援する対策をとることが望まれている。人は、年を取るにつれて重量物を持ち上げて移動させる能力が低下する。また、下肢に障害を持つ人は、健常者と比較して腕の到達範囲が制限される。さらに、足腰の自由度が制限されることから、物を持ち上げることのできる重量にも制限がある。本研究ではこれらの点を踏まえて、下肢に障害を持つ人や高齢者の日常生活における、把持動作あるいは運搬作業を補助する機器の開発を目指す。本年度は、昨年までの研究の結果をもとに、日常生活で用いる重量物を搬送するための日用品搬送補助装置と事務作業における文具等の軽い物を把持するためのステーションナリ型リーチャーの第2次試作を開発する。

キーワード：福祉、福祉機器、身体計測

## 1 はじめに

本研究では、障害を持つ人や高齢者の上肢機能、とくに把持や運搬について取り扱う。下肢に障害を持つ人は、健常者と比較して腕の到達範囲が制限される。また、足腰の自由度が制限されることから、物を持ち上げることのできる重量にも制限がある。そこで、これらの点を踏まえて、下肢に障害を持つ人や高齢者の日常生活における、把持動作あるいは運搬作業を補助する機器の開発を目指す。

まず第1年度に、福祉ロボットに関する研究の現状について調査を行った。また、下肢に障害を持つ人および高齢者からの聞き取り調査を行った。下肢に障害を持つ人の場合、下に落ちた物を拾うことや、浴室や洗面等の込み入ったところで物を取ることに不便を感じるという人が多かった。また一人暮らしの人の場合、布団の上げ下げや洗濯等における重量のある物の移動に不便を感じるのとことであった。聞き取り調査を行った健常な高齢者の場合には、出来る範囲のことは行うことにしているためか不便な点を聞くことは少なかったが、筋力の低下に伴って重量のある物は持てなくなっているのとことであった。さらに、日常生活において行われる作業についての理解を深めるため、時間帯あるいは把持・運搬される対象物に関しての日常作業の分類を行った。

その結果、寝具等の重量のある日用品を搬送するための日用品搬送補助装置と事務作業における文具等の軽い物を把持するためのステーションナリ型リーチャーについて開発を行うこととした。

## 2 日用品搬送補助装置

### 2.1 目的

日常の家庭生活に置いて寝具は、体積が大きくかつ重量のある対象物である。したがって寝具を干す作業は、健常者にとっても負担の重い作業であり、高齢者にとってはなおさら大変である。まして、下肢障害者にとっては不可能に近い困難な作業である。

\* 技術第一科

† 技術第二科

これに関しては、すでに温風を送り込む布団乾燥機が開発されているが、マットの挿入など多くの手間がかかる。また、温風を送り込むタイプの布団乾燥機では、寝具を乾燥する作業にのみ利用が可能で移動収納などには利用することができない。寝具を天日乾燥する場合の障害は、その重さと大きさである。

また、家庭生活においては寝具の他にも飲料品や穀物等の食料品の様に頻繁に搬送する必要のある対象物は多い。園芸等の農作業に生き甲斐を見いだす高齢者は多いが、その際問題となるのは肥料などの重量物の搬送である。本研究において開発する搬送装置は、そのような作業にも応用することが出来ると考えられる。さらに、病院や介護施設など多くの医療福祉施設では定常的に人手が不足しており、この傾向は今後も続くと思われる。そのような施設では介助作業以外にも、食事の配送や寝具、衣服の交換など介助者の肉体的負担を要する多くの作業が存在する。このような場所においても本装置は利用することが出来ると考えられる。

この考えのもとに、前年度（平成9年度）は第1次試作を行った [1]。本年度は、第1次試作品の考察に基づいて第2次試作を行った。その結果について、本報告で示す。

### 2.2 第2次試作

#### 2.2.1 仕様

第1次試作における問題点を解消するため、第2次試作では次の方針で設計試作を行うこととした。

- (1) リンク機構の採用によるコンパクトな設計。  
家庭で用いる場合には大きさ、とりわけ収納時の大きさが問題となることから、リンク機構を用いて小さな装置とすることとする。  
またアクチュエータは、制御の容易さを考えてDCモータとし、減速比を高くしてモータを小型化するため、ウォームギヤによる減速とする。
- (2) 差動車輪による自立走行。  
電動車椅子等に用いられる差動車輪を用いる。
- (3) ジョイスティックによる操作。

装置のイメージを、Fig.1 に示す。左右の図は、動作時および収納時の姿勢である。テーブルの下などに収納できるよう、収納時にできるだけ小さくなるよう設計する。

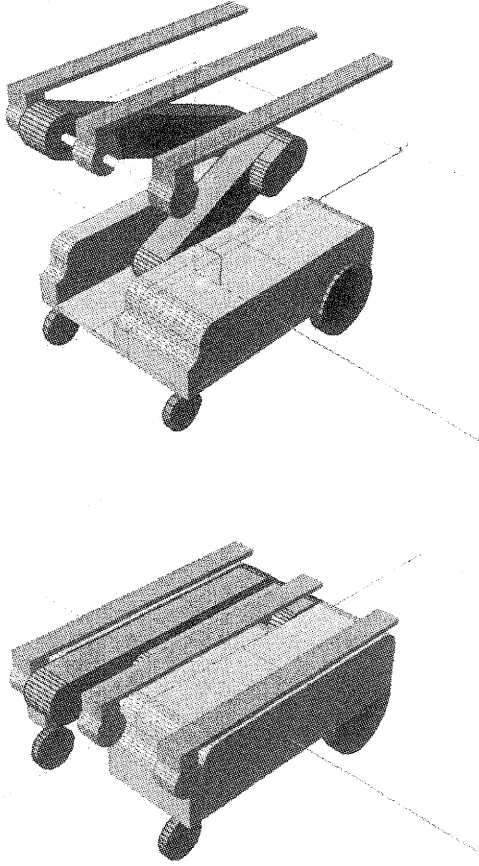


Fig. 1: 日用品搬送補助装置 (第2次試作)

## 2.2.2 詳細設計

前節の仕様を満たすため設計した装置の外観を Fig.2 に示す。120 mm の可動高さとするために、第1軸の軸心の高さを 240 mm とし、そこから 410 mm, 600 mm, 650 mm のアームを3自由度で配置する。各アームの自重を小さくするため、モータは台車に固定しタイミングベルトを用いて駆動する。

部品設計より、各アームの重力を台車部分から順に、5[kg], 5[kg], 3[kg], リンク長を 0.4[m], 0.6[m], 0.65[m] と仮定した。また、負荷重量を 20[kg] と仮定した。ここで、重力を補償して各関節の駆動に必要なトルクは、

$$u_0 = \{l_{g0}m_0 + (l_0 + l_{g1})m_1 + (l_0 + l_1 + l_{g2})m_2$$

$$+ (l_0 + l_1 + l_{gp})m_p\}g$$

$$u_1 = \{l_{g1}m_1 + (l_1 + l_{g2})m_2 + (l_1 + l_{gp})m_p\}g$$

$$u_2 = l_{g2}(m_2 + m_p)g$$

である。したがって、これより計算される各関節に取り付けられたモータの必要トルクは、

モーター0	( $u_0$ )	368[Nm]
モーター1	( $u_1$ )	238[Nm]
モーター2	( $u_2$ )	88[Nm]

である。この駆動トルクの条件を満たすため、50 : 1 の減速器の付いた 60[W] の直流モータ (神鋼電機 SPM3090 定格トルク 0.20[Nm]) を 50 : 1 のウォームギヤを介して取り付ける (Fig.3)。この場合、減速比は 2500 倍となるため、軸心での定格トルクは 490[Nm] となる。

自走輪として、直径 200[mm] のタイヤを左右に配置する。進行方向の変更は、左右の回転速度を変えることにより行う。必要トルク  $T_L$  は、次式により求めることができる。

$$T_L = \frac{(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)W \cdot \pi D}{2\eta}$$

ここで、 $\alpha$  は走行面の勾配、 $\mu$  は走行抵抗係数、 $W$  は総重量、 $D$  は車輪直径、 $\eta$  は機械効率である。 $\alpha = 0$ [rad]、 $\mu = 0.1$ 、 $W = 686$ [N]、 $D = 0.2$ [m]、 $\eta = 0.8$  とおくと、 $T_L = 26.9$ [Nm] となる。これより、両輪のモータには沢村電気工業 (株) SS40E6-H4-100 (DC ギヤードモーター 最大トルク : 38.1[Nm]) を用いる。

また、各モータの制御には TITECH ROBOT DRIVER PC-0121-1 を用いた (Fig.4)。これは、東京工業大学で開発された DC モーター用のサーボコントローラであり、小型、軽量、高出力 (750 W まで) の特徴をもち、電流制御、速度制御および位置制御の各モードでの指令が可能である。試作した日用品搬送補助装置では、このサーボコントローラをアーム機構については位置制御モードで用い、各アームから減速器を通して取り付けられたポテンションメータの信号をもとに位置決めを行う。また、自走輪については速度制御モードを用いる。指令には、ジョイスティックを用いる。

## 2.2.3 アームの運動学

各関節の角度を伸ばした状態を 0[rad] とし  $q_0$ ,  $q_1$ ,  $q_2$  とする。また、作業座標系において、ひじ部の位置を  $[x_e, z_e]$ 、ハンガー取り付け部の位置を  $[x, z]$ 、ハンガーの角度を  $\theta$  とする。

このとき、作業座標系から関節角への変換は、

$$\kappa = \sqrt{\kappa^2 - 2(x^2 + z^2)^2 + l_0^4 + l_1^4}$$

$$\kappa = x^2 + z^2 + l_0^2 + l_1^2$$

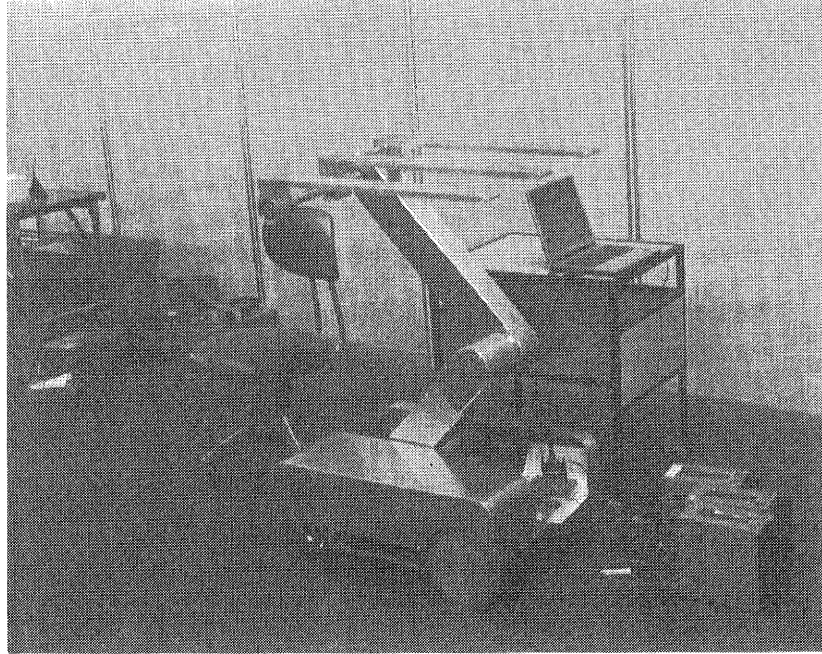


Fig. 2: 第2次試作品の外観

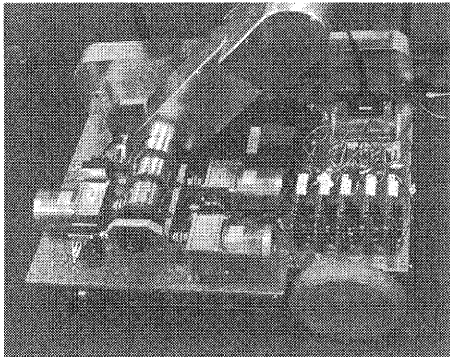


Fig. 3: アーム駆動部

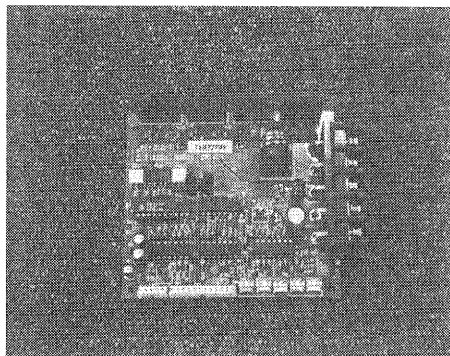


Fig. 4: TITECH ドライバ

$$q_0 = \tan^{-1} \left( \frac{z}{x} \right)$$

$$-SYS \tan^{-1} \left( \frac{\kappa}{x^2 + z^2 + l_0^2 - l_1^2} \right)$$

$$q_1 = q_0 + SYS \tan^{-1} \left( \frac{\kappa}{x^2 + z^2 - l_0^2 - l_1^2} \right)$$

$$q_2 = \theta$$

により与えられる。ただし  $SYS$  は、系を決めるパラメータであり、 $SYS = 1$  の場合ひじ部が下向きとなり、 $SYS = -1$  の場合ひじ部が上向きとなる。

また、関節角から作業座標系への変換は、

$$x_e = l_0 \cos(q_0)$$

$$z_e = l_0 \sin(q_0)$$

$$x = x_e + l_1 \cos(q_1)$$

$$z = z_e + l_1 \sin(q_1)$$

$$\theta = q_2$$

により与えられる。

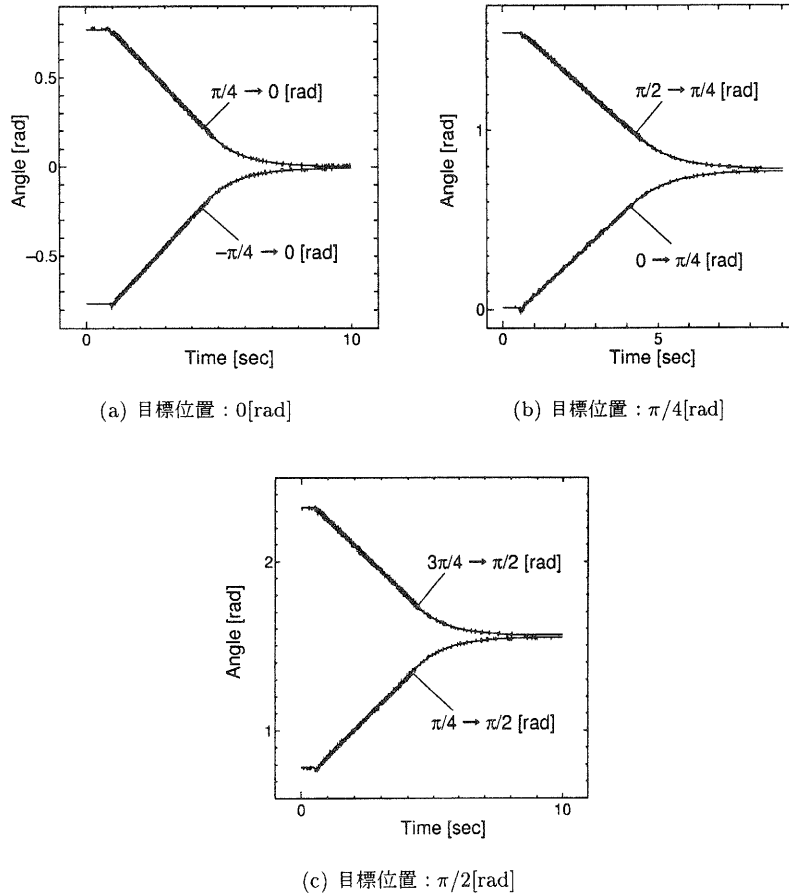


Fig. 5: 第二関節のステップ動作

#### 2.2.4 実験（アームの位置決め精度の計測）

本装置のアームは、PD フィードバック制御により駆動されているため、目標位置（指令値）と実際の停止位置との間に誤差が残ることが考えられる。本節では制御ゲインを適切に調整した上で、アーム第2関節（ひじ関節）に対して正負の両方向から同じ目標値をステップ状に与えた。第2関節の角度は、真上を向いている場合を  $0$ [rad] とし、Fig.1 の姿勢となる方向を正とした。そして、 $0$ [rad]、 $\pi/4$ [rad] および  $\pi/2$ [rad] を目標位置として、正負各々の方向から  $\pi/4$ [rad] アームを動かして収束位置の違いを比較した。そのアーム角度の時間履歴を Fig.5 に示す。

Fig.5 において、(a) はアームの目標値が真上を向く場合、(b) はアームの目標値が斜め上  $\pi/4$ [rad] ( $45^\circ$ ) を向く場合、(c) はアームの目標値が真横  $\pi/2$ [rad] ( $90^\circ$ ) を向く場合である。正方向および負方向から動作させた場合の収束位置の差は、(a)(b) および (c) の場合それぞれ、 $0.012$ [rad] ( $0.69^\circ$ )、 $0.016$ [rad] ( $0.92^\circ$ ) および  $0.016$ [rad] ( $0.92^\circ$ ) であ

った。

第2関節のアーム長は  $600$ [mm] であることから、先端における位置誤差は  $10$ [mm] 程度生じると考えられる。しかしながら、本装置は目で見ながらのティーチングボックスからの指令で動作することを考えると、この位置誤差はそれほど大きな問題ではないといえる。また各々の場合においては、移動距離はすべて  $\pi/4$ [rad] であるが姿勢が異なることから、異なった重力の影響を受ける。それにも係わらず、時定数は約  $5$ [sec] でほぼ一定であった。これは、ギヤボックスとウォームギヤを用いて  $2500$  倍の減速比となっていることから、ギヤの摩擦（効率）などと比べて重力の影響が小さいためであると考えられる。

### 3 ステーションナリー型リーチャー

#### 3.1 目的

下肢に障害を持つ人が事務作業をこなう場合、机の上で手の届かないものや下に落ちたものを掴み、引き寄せることに不便を感じていることが、聞き取り

調査で判明した。そこで、本章では事務作業で用いることを目的としたリーチャーの試作を行う。

昨年度は、下肢に障害をもち事務作業を行う人が、物を引き寄せるためデスクに定規を用意しているという話をヒントにして、「単機能」、「シンプルな形状」で「目立たない形」をコンセプトとするリーチャーの第1次試作を行った。

本年度は、昨年度作成した第1次試作品の評価を行うとともに、その結果に基づいて第2次試作を行う。

### 3.2 第1次試作品の仕様および評価

昨年度行った第1次試作品の外観を Fig.6 に示す。仕様は、Table 1 の通りである。

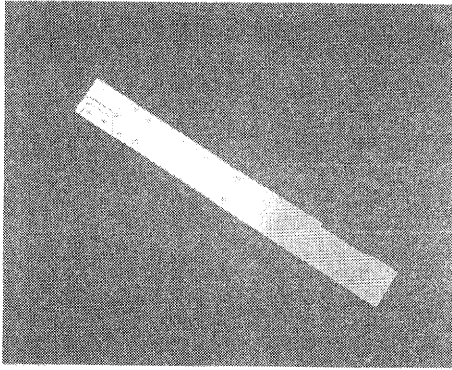


Fig. 6: ステーションナリ型リーチャー第1次試作

Table 1: 第1次試作品の主な仕様

	仕 様
全長	350[mm]
幅	40[mm]
厚さ	7[mm]
把持部長	33[mm]
把持部開き幅	26[mm]

全長を 350[mm] としたのは、椅子に座った状態での腕の到達範囲を調べたところ、約 300[mm] 腕が長ければ床に落ちた物等を容易に拾い上げることが出来るためである。

第1次試作品を4種の市販リーチャーと比較評価した。まず、事務机上にあるもの、さらに普段目にするものを無作為で列挙し、平らなところに置いて把持を試みた。合計24種の把持対象を把持できた場合2点、工夫をしながらなんとか把持できた場合1点、把持できなかった場合0点として、48点満点の点数比較を試みた。把持対象を Table 2 に示す。比較した4種類の市販リーチャーについては、昨年度の研究報告 [1] に示したものと同一である。また、

把持結果は本年度の第2次試作品と併せて Table 3 に示す。比較の結果、第1次試作品は市販リーチャーの7割の性能しかないことが判明した。その原因として、以下のことが考えられる。

- 直線形状なので掴めるものに制約がある。
- 把持部分が短い。
- 材質がアルミニウムのため滑る。
- バネの力が不足する。

Table 2: 把持対象

<p>普段机にあるもの</p> <p>コピー用紙、鉛筆類、消しゴム、ハサミ、カッターナイフ、定規、フロッピーディスク、たばこ、ライター、ホッチキス、電卓、ファイル、クリップ、スティックのり、テープ</p>
<p>その他のもの</p> <p>缶ジュース、湯飲み茶わん、硬貨、キャッシュカード、CD、カセットテープ、ビデオテープ、ドライバー、指輪</p>

### 3.3 第2次試作品の仕様

第1次試作品の反省をもとに、「軽量コンパクト」、「携帯性に優れる」、「+30cm」をテーマに設計の自由度を広げた。前回の問題点を解決するため次の点を考慮した。

1. 把持部の形状を円弧型にし、開閉角度を大きくすることで把持能力を高める。
2. 把持部にラバーを張り、滑りを防止する。
3. バネの力による把持から、握力による把持への変更する。(第1次試作はグリップを握ると把持部が開いたが、第2次試作はグリップを握ると把持部が閉じる機構に変更する。)
4. 伸縮式アームで携帯性を高め、個人の使用に適した長さに固定できることで使い勝手を向上させた。また、収縮時はA4用紙の範囲内に収まる大きさに設計する。

試作品の仕様を Table 4 に、イメージ図を Fig. 7 に示す。このリーチャーの収縮時の大きさは、A4用紙サイズに収まり移動などでの携帯を楽にしている。また、伸張時と収縮時の差、すなわち伸縮幅は、270[mm] である。試作品の外観を Fig. 8 に示す。

### 3.4 第2次試作品の評価

1次試作品の場合と同様の点数比較を試みた。結果を Table 3 に示す。1次試作品では、48点満点



Table 3: 把持テスト結果

普段机の上にあるもの

	A	B	C	D	1次試作	2次試作
コピー用紙	0	0	0	0	0	0
鉛筆類	2	2	2	2	2	2
消しゴム	2	2	2	2	2	2
ハサミ	2	1	2	1	2	2
カッターナイフ	2	2	2	2	2	2
定規	0	0	0	0	0	0
フロッピーディスク	1	0	0	0	0	0
たばこ	2	2	2	2	0	2
ライター	2	2	2	2	2	2
ホッチキス	2	2	1	2	2	2
電卓	1	1	0	0	0	2
ファイル	1	1	1	1	1	1
クリップ	1	1	0	0	1	0
スティックのり	2	2	2	2	0	2
テープ	2	2	2	2	2	2
合計 1	22/30	20/30	18/30	18/30	16/30	21/30

その他のもの

	A	B	C	D	1次試作	2次試作
缶ジュース	2	2	2	2	1	2
湯飲み茶わん	1	0	0	0	0	2
硬貨	1	1	0	0	0	0
キャッシュカード	0	0	0	0	0	0
CD-ROM	0	0	0	0	0	0
カセットテープ	2	2	0	1	0	2
ドライバー	2	2	2	2	2	2
指輪	1	1	0	0	1	0
合計 2	31/48	28/48	22/48	23/48	20/48	29/48

Table 4: 第2次試作の仕様

	仕様
収縮時全長	345[mm]
伸張時全長	621[mm]
伸縮幅	276[mm]
把持部内半径	60[mm]
把持部開幅	80[mm]

備したり、爪を設けるなどの工夫をする必要があると考えられる。また、薄物を把持するためには粘着や吸引力で把持する方法も考えられるが、全てを兼ね備えたコンパクトなリーチャー製作は今のところ難しいと言える。

参考文献

- [1] 深尾他, 工業技術総合センター研究報告 (1997).

の評価で20点しかとれていなかったが、今回試作した2次試作品では29点であり、他の市販品と同程度の把持能力が出せた。しかし、クリップ、硬貨、指輪等の細かいものや、コピー用紙、定規、キャッシュカードなどの薄物は把持できなかった。これらは、今回試作したような2つの詰めにより挟む方法では把持しにくい物であり、把持部先端に磁石を装

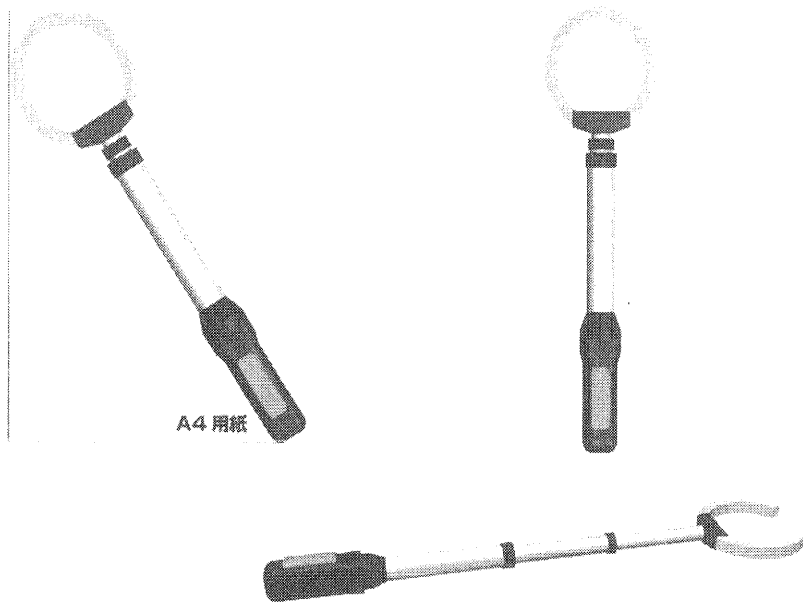
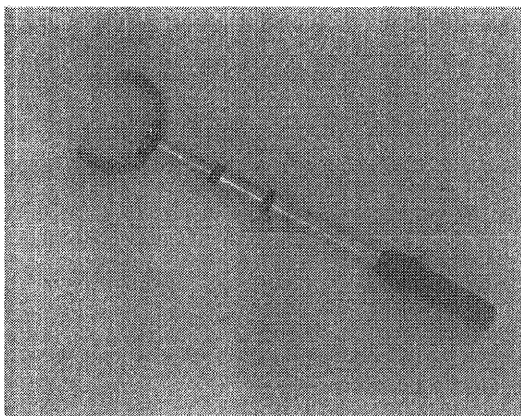
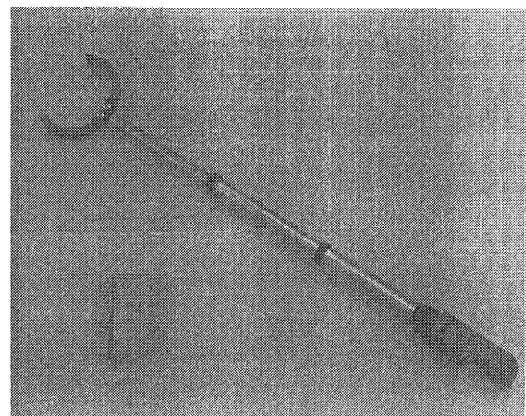


Fig. 7: 第2次試作の完成品イメージ



(a) 収縮時



(b) 伸張時

Fig. 8: 第2次試作品の外観

# ドライプロセスによる高分子材料の表面改質に関する研究(IV)

## -ポリプロピレンフィルム/アルミニウム蒸着薄膜の接着性に及ぼす紫外線照射の影響-

中村吉紀\*, 岩井順一\*\*, 坂本好隆\*\*

Yoshiki Nakamura\*, Jun-ichi Iwai\*\*, Yoshitaka Sakamoto\*\*

**要旨** これまでアルミニウム蒸着ポリプロピレンフィルム(PP/Al)の接着性に及ぼす酸素プラズマ処理の効果とその機構について報告してきた。プラズマ処理は処理効率は高いと考えられるが、通常は真空雰囲気が必要とする。一般にドライプロセスのうち大気中での処理が可能なものとして、コロナ処理と紫外線(UV)処理があげられる。

本研究では、PPフィルムにUV照射をおこない、それらがPP/Alの接着性に及ぼす影響について検討した。PP表面の変化を接触角およびXPSで分析するとともに、UV処理とプラズマ処理の相違についても考察した。UV処理によりPP表面に導入された酸素官能基は、PP分子と酸化されたアルミニウム表面間の結合に重要な役割を果たすと考えられる。UV処理の場合、酸素の導入速度はプラズマ処理に比べて遅く、最大酸素量(約17%)に達するのに長時間を要した。一方、ラジカル生成に起因するPP主鎖分子の切断反応は逆に起こりやすいため、最大接着強度はプラズマ処理の場合に比べて低かった。これはプラズマ処理が主として表面反応であるのに対して、UV処理は光反応であり、フィルム内部での反応が起こりやすいためと考えられた。

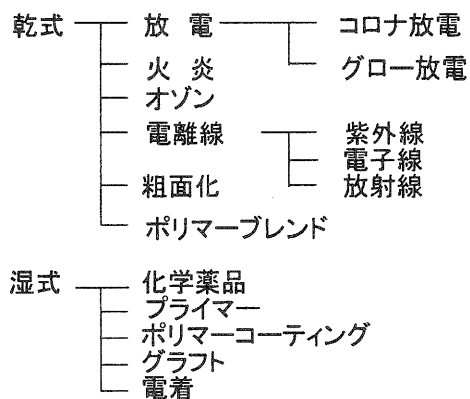
### 1 まえがき

我々はこれまで、本来低接着性であるポリプロピレンフィルム(PP)のアルミニウム蒸着薄膜(Al)との接着性を改善するために、酸素プラズマ処理および各種溶媒による洗浄処理について検討してきた。

PPのプラズマ処理においては、PP表面上で、①表面クリーニング、②酸素官能基の導入、③主鎖分子の切断、および④エッチングによる粗面化、などいくつかの現象が複雑に作用しあうことにより、ある条件下ではPP/Alの接着性が著しく増加するが、別の条件下では逆に低下することが解明された。<sup>1~6)</sup>

一方、溶媒処理の場合、用いた溶媒の溶解度パラメータ(SP)が大きく影響し、PPのSPである19より小さい溶媒ではPP/Alの接着性の増加が認められたが、その効果はプラズマ処理により得られる最大値の約1/2であった。<sup>7)</sup>

接着性の向上を目的とした高分子表面の処理方法としては数多くの方法が知られており、例えば次のように分類される。<sup>8)</sup>



### プラスチックの表面処理方法

各々特徴を有しているが、処理効率や環境問題などから、フィルムの表面処理としてはドライプロセスが主流と考えられる。

プラズマ処理は処理速度、処理効率は高いが、通常は真空雰囲気が必要とされる。Al薄膜蒸着の場合はそれ自身が真空装置内でおこなわれるため、Al蒸着用の前処理としてプラズマ処理は十分可能と考えられる。

しかしながら、一般の前処理方法としては設備的お

\*技術第二科有機材料係

\*\*株式会社麗光

よび連続処理に難点がある。そのため大気中でのプラズマ処理技術の開発も進められている。<sup>9)</sup> 最も一般的な方法はコロナ処理であるが、処理効果の持続性や処理の均一性に改良の余地があるとされている。<sup>10)</sup>

一方、紫外線(UV)処理は、紫外線ランプなど照射装置が必要だが、大気中での処理が可能である。ただし、プラスチックの表面処理には比較的長時間の処理が必要とされている。プラスチックのUV処理としてはアクリル系のモノマー類をグラフト重合するための前処理として用いられた例が多い。<sup>11)</sup> 一方、Baderら<sup>12)</sup>は2軸延伸PPフィルムをUVエキシマレーザーで処理し、AlおよびSiO<sub>2</sub>薄膜との接着性やガス透過性について報告している。この例のようにPPフィルムそのものにUV処理を適用した例は少ない。

本研究では、未延伸PPフィルムにUV照射をおこない、PP表面の変化を接触角およびXPSで分析するとともに、UV処理がPP/Alの接着性に及ぼす影響について検討した。さらにUV処理とプラズマ処理の特徴についても考察した。

## 2 実験

### 2.1 試料

PPフィルム(未延伸、25  $\mu$  m、二村化学工業(株))を室温で15時間アセトン(特級)に浸漬洗浄した後、自然乾燥した。Al蒸着は三菱化成(株)製の高純度Al線(1.5mm  $\phi$ 、99.9%)を約10mmに切って使用した。

### 2.2 紫外線照射処理

UV処理には(株)センエンジニアリング製のUV照射装置PL16-110をもちいた。アセトン洗浄したPPフィルム(215 $\times$ 150mm<sup>2</sup>)を低圧水銀ランプ(184.9および253.7nm)の下方43mmのところを設置したステンレス板の上に置き、所定の時間UVを照射した。温度は17~25 $^{\circ}$ Cであり、10~15minの照射後でも30 $^{\circ}$ C以下であった。照射中チャンパー内は排気しなかった。

### 2.3 アルミニウム蒸着およびはく離試験

前報<sup>1)</sup>に準じAl蒸着し、蒸着後PETフィルム(25  $\mu$  m)を張り合わせ、その後T型はく離法によりPP/Alのはく離強度を測定した。

### 2.4 接触角の測定および表面分析

接触角の測定には、協和界面科学(株)のCA-Zをもちい、22~24 $^{\circ}$ Cにおいて測定し10点平均値とした。表面分析には、XPS(アルバックーフアイ(株)、ESCA Model 5400、Mg K  $\alpha$ )を用いた。表面酸素濃度

(O/C,%)を求めるとともに、C1sピークについてカーブフィティングをおこない、C-O、C=O、-COOタイプにピーク分離し、各々の比率を求めた。

## 3 結果と考察

### 3.1 PP/Alのはく離強度に及ぼすUV照射の影響

Fig.1にUV処理時間に対するPP/Alの接着性の変化を示す。処理時間とともに増加し、1分で最高値に達した。それ以降は徐々に低下し、15分ではフィルム切れが起こった。これはUVによるPPフィルムの劣化によるものと考えられた。

UV処理とプラズマ処理の違いについては後述するが、いったん増加した接着強度が長時間の処理で低下する現象は共通していた。

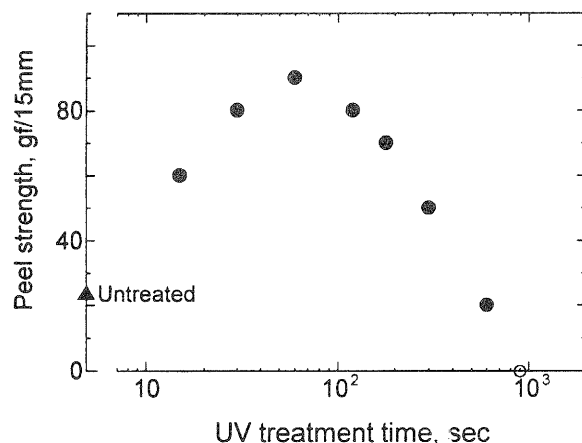


Fig.1 Effect of the UV treatment time on the peel strength of PP/Al.

### 3.2 PP表面の接触角に及ぼすUV照射の影響

Fig.2にUV処理による接触角の変化を示す。未洗浄のPPフィルムは102度であり、アセトン洗浄後でも100度とほとんど変化しなかった。1分の照射により最小の72度となり、これははく離強度が最大となった時間と一致していた。この実験では照射装置の内部を排気しなかったため、UV処理中のオゾン濃度は最大で約20ppmであった。比較のためチャンパー内を強制排気し、オゾン濃度を数ppmとした時の接触角の変化を示す。接触角の減少はかなり遅く、UVとともにオゾンが接触角の減少、すなわち親水化に効果があることが示唆された。

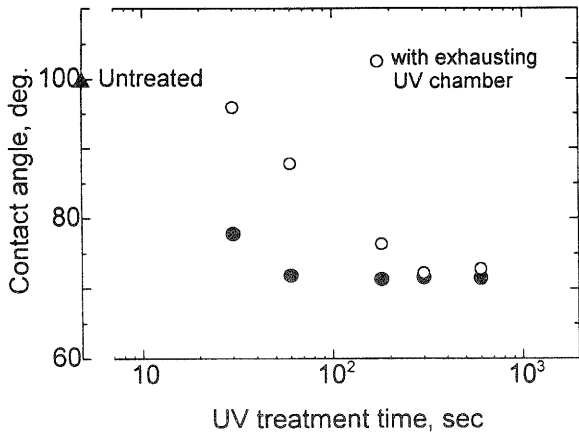


Fig.2 Effect of the UV treatment time on the contact angle of PP surface.

### 3. 3 PP の表面酸化に及ぼす UV 照射の影響

UV 照射した PP フィルムの表面酸素量 (表面酸化度) を XPS で測定した。表面の酸素量は XPS 測定中に減少した。1 分間 UV 処理した PP 表面の例を Fig.3 に示す。酸素プラズマ処理した表面でも同様の現象が認められている。原因としては生成したパーオキシラジカルなどの過酸化物質官能基が、XPS の X 線照射およびその熱により短時間で分解するためと考えられる。そのため、ここでは Fig.3 のように O/C 比を X 線照射時間に対してプロットし、外挿して得られる値を、UV 処理により PP 表面に導入された酸素量 (O/C 比) とした。

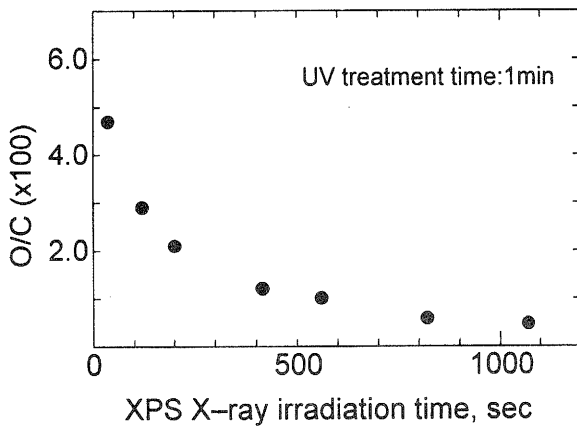


Fig.3 Effect of the X-ray irradiation time on the amount of oxygen introduced on to the PP surface by UV light.

このようにして得られた UV 処理時間と O/C 比との関係を Fig.4 に示す。

表面酸素量は処理時間とともに増加し、5 分で最大値 (O/C=0.16) に達した。5 分以降は若干の減少を示した。

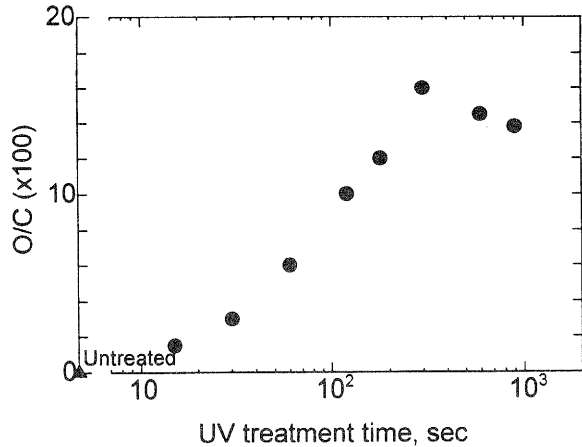


Fig.4 Effect of the UV treatment time on the O/C ratio of PP surface.

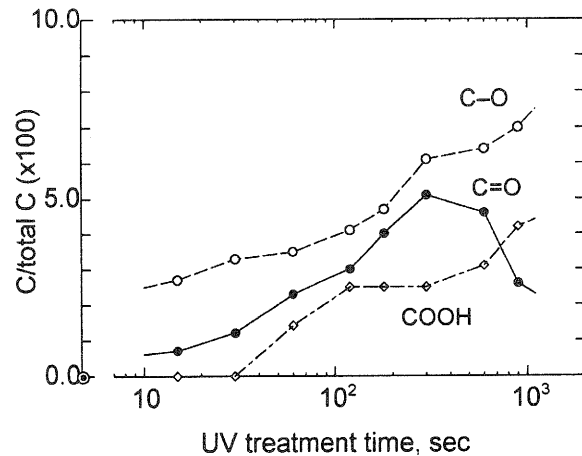


Fig.5 Effect of the UV treatment time on the amount of three types of O-functional groups of PP surface.

Fig.4 の酸素量は各酸素官能基の総量を表していることから、次に各官能基別の量的変化を調べた。C1s のピークを C-O、C=O、および -COO の 3 つのタイプにピーク分離した。各官能基の変化の様子を Fig.5 に示す。C-O が最も多く、次いで C=O、-COO となっている。-COO タイプは 30 秒では 0% であり、ある程度処理が進んだ段階で生成することが分かる。すなわち、C-O → C=O → -COO タイプへと酸化が進むと考えられる。このうち C=O タイプは 5 分以降減少しており、これが Fig.4 の O/C 減少の直接の原因と考えられる。C=O 減少の原因としては C=O 基による UV の吸収により、-COO への酸化あるいは分解が進んだことが推定される。

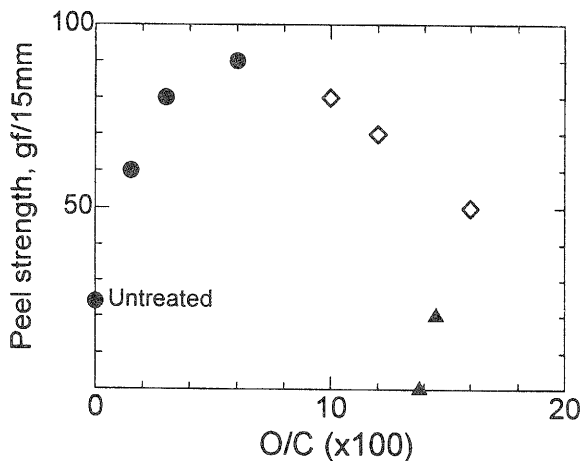


Fig.6 Relationship between the O/C ratio of PP surface and the peel strength of PP/Al.

Fig.6 に表面酸素量と接着性の関係を示す。UV 処理の初期においては、●印で示すように酸素量の増加に伴ってはく離強度も増加することが分かる。しかし、処理時間が1分以降は逆に低下が認められる(◇印)。これは PP 表面の酸化が-COOH の段階まで進行するとともに、PP 主鎖の部分的な分解が起こり始めたためと考えられる。さらに5分以降(▲印)になるとフィルム自体が劣化し強度が大幅に低下したと考えられる。酸素プラズマ処理の場合と同様、UV の長時間処理の結果、酸素官能基の生成以外の影響が現れたために、酸素量と接着性の間に正の相関関係が認められなくなったものと考えられる。

### 3.4 はく離面の分析

PP/Al のはく離強度を測定した後に得られるはく離面の分析をおこなった。外見状は透明なPPフィルム側と、Al層を有するPETフィルム側(Al側)に分かれた。いずれの場合にもPP側はほぼ炭素のみからなっており、10分処理の場合のみ2.6%の酸素が検出された。このことはPP表面の酸化層はAl側に移行したことを意味している。一方、Al側では、炭素、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> および微量の金属Alが認められた。その結果をFig.7に示す。

処理時間が長くなるとともに、Al層表面に付着している炭素、すなわちPP側からAl側に移行した有機物が多くなっていることが分かる。1分までの短時間処理では有機物中の酸素が認められないことから、PP表面に導入された酸素官能基はAlの酸化に用いられたと考えられる。はく離はこのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層とこれに接

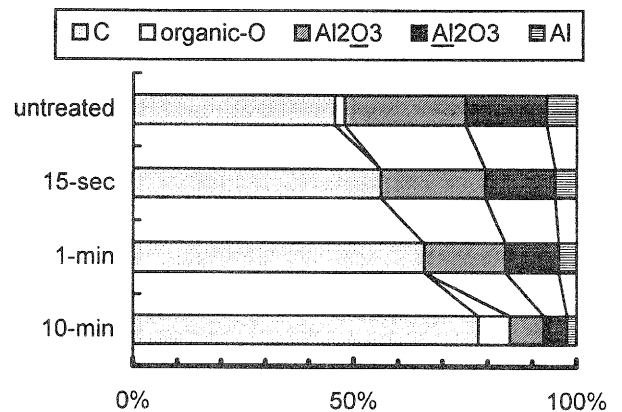


Fig.7 Chemical composition of the Al sides of peeled interfaces of PP/Al.

したPP層の部分で起こり、比較的高いはく離強度が得られたものと考えられる。10分処理ではAlの酸化に用いられた以上の酸素が残存しており、酸化および主鎖の分解を受けたPP層で弱くはく離したものである。

### 3.5 表面への酸素の導入と分解反応の関係 —酸素プラズマ処理との比較—

PPを比較的弱い条件で酸素プラズマ処理(1Torr, 5Watt)した場合の、表面酸化とはく離強度の変化の様子をFig.8に示す。1秒付近ですでにO/C=0.18に達しており、しかも分解反応の影響が出すのが1分後と遅いため、比較的広い範囲で高い接着性が得られることが分かる。

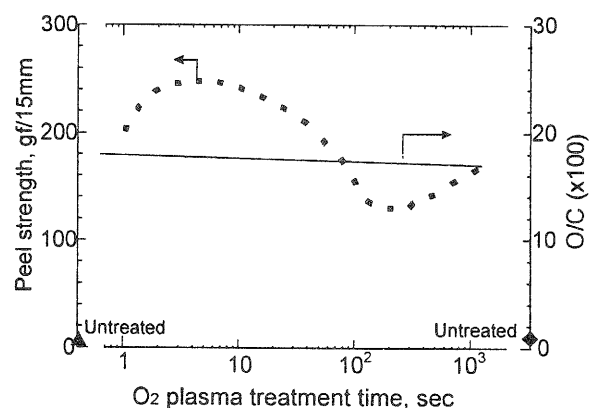


Fig.8 Effect of the O<sub>2</sub>-plasma treatment time on the amount of oxygen of PP surface and the peel strength of PP/Al.

Fig.1 からも分かるように、UV 処理でもほぼ同じ1分程度の処理で分解反応の影響が現れだすが、プラズマ処理(O/C=0.18)に比べて、UV 処理ではO/C=0.06と十分な酸素官能基が導入されず、プラズマ処理ほど高い接着性は得られない。

このような現象は、酸素プラズマ処理ではフィルム表面のPP分子のラジカルから酸素官能基が生成されるのに対して、UV 処理ではラジカルは表面および内部に生成し、PPの主鎖切断による分解反応が起こりやすいためと考えられる。

#### 4. まとめ

PPフィルムをUV照射し、Al蒸着膜との接着性に与える影響について調べた。主な結果を以下に記す。

- (1) UV 処理により接着性は4倍以上に増加したが、1分以上の処理では低下が認められた。
- (2) UV 処理により未処理で100度の接触角は約70度まで減少した。70度に達した1分処理で最大の接着強度が得られた。
- (3) UV 処理により表面に導入された酸素はXPS測定中に減少したが、解析により処理後の表面酸素量を求めることができた。酸素量は処理時間とともに徐々に増加し、5分で最大となった。C1sピークの官能基分析により、C-O→C=O→-COOへと酸化が進行すると推定された。
- (4) 処理時間が1分までは酸素量の増加に伴って接着性が向上した。それ以降での低下はPP主鎖の分解によるものと考えられた。
- (5) はく離面の分析により、はく離はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層に接する分解を受けたPP層で起こったと考えられた。
- (6) UV、プラズマのいずれの処理においても、①酸素官能基の生成と、②PP主鎖分解の2つの反応が認められたが、UV 処理では①の反応が相対的に遅いため、プラズマ処理ほど高い接着性は得られなかった。これはプラズマ処理が主として表面反応であるのに対して、UV 処理は光反応であり、フィルム内部での反応が起こりやすいためと考えられた。

#### 謝辞

本研究について御指導いただいた神戸大学工学部教授中前勝彦先生に深謝します。

#### 文献

- 1)中村吉紀、松本价三良、梅林和美、桑原信夫、日本接着学会誌、29(5), 197 (1993).
- 2)Y.Nakamura and K.Nakamae, J. Adhesion, 59, 75 (1996).
- 3)中村吉紀、中前勝彦、杉山淳司、諸橋智彦、日本接着学会誌、33(4), 136 (1997).
- 4)中村吉紀、接着、1997(5), 200 (1997).
- 5)中村吉紀、中前勝彦、第35回日本接着学会年次大会講演要旨集誌、107 (1997).
- 6)中村吉紀、中前勝彦、日本接着学会誌、34(5), 199 (1998).
- 7)中村吉紀、中前勝彦、吉谷博司、第34回日本接着学会年次大会講演要旨集誌、175 (1996).
- 8)F.Garbassi, M.Morra, and E.Occhiello, Polymer Surface, John Wiley & Sons, p221 (1994).
- 9)Y.Sawada, S.Ogawa and M.Kogoma, J. Phys., D:Appl. Phys., 28,1661(1995).
- 10)松尾誠、高分子表面の基礎と応用(下)、筏義人編、p36, 化学同人(1986).
- 11)C.Decker and K.Zahouily, Macromol. Symp., 129, 99 (1998).
- 12)H.Bader, M.Gessler and N.Rodler, Kunststoffe, 87(5), 636 (1997).

# 遺伝子組換え食品の検出法

## —除草剤耐性ダイズの微量・迅速な検出法について—

白井伸明\*  
Nobuaki Shirai

**要 旨** 遺伝子組換え技術によって作られた除草剤耐性ダイズ (glyphosate-tolerant soybean:GTS) を検出する方法について検討し、0.01g (1/16 粒程度) の極少量のサンプルから判定できることがわかった。国産ダイズと遺伝子組換え体が含まれると予想される北米産のダイズを使用し、1粒のダイズの一部を用いて薬剤耐性を与えるために導入された遺伝子の有無を PCR 法により検出し、残りを栽培した苗に対して除草剤 (glyphosate) による薬剤耐性試験を行うことが可能であった。今回、実験に使用した北米産ダイズには除草剤耐性ダイズが約 9% 含まれていた。

### 1 はじめに

遺伝子組換え技術により新しい作物が開発出来るようになり<sup>1)</sup>、現在その種類や目的も急速に増え続けている。バイオテクノロジーが生み出す新たな作物として、これまでに無い色の花<sup>2)</sup>、ジーンズを作るために初めから青い色の綿、食べるだけでワクチン効果が期待できるフルーツ<sup>3)4)</sup>、生分解性プラスチック<sup>5)</sup>や生物合成燃料を作る作物などの高機能なものが開発中である。これらは近い将来に身近に利用される可能性がある。一方、既に大量に栽培が開始された遺伝子組換え作物は栽培しやすく高収率であり、世界が直面する人口爆発、限られた資源、環境破壊や予想し得ない災害による耕地面積の減少などの食糧問題を改善すると期待されている。最近、我が国で 22 品種について安全であることが示され (<http://www.mhw.go.jp/search/docj/topics/idensi/tp0718-1.html>) その一部は商業的に流通が始まっている。中でも、北米産のダイズにはグリホセート剤耐性ダイズ (glyphosate-tolerant soybean:GTS) の混入率が急速に増加しているようである。グリホセート (glyphosate) は植物が芳香族アミノ酸を生合成するために必須である酵素 (EPSPS:5-enolpyruvyl shikimate-3-phosphate synthase) の働きを阻害する<sup>6)</sup>ため、植物を非選択的に枯らす除草剤である。一方 GTS はグリホセートが存在しても活性を持つ細菌酵素の遺伝子が導入され<sup>7)</sup>、除草剤の影響を受けないように工夫されているため<sup>8)</sup>、生産者の手間が省ける。また、GTS はダイズとしての組成が同等であり<sup>9)</sup>、栄養価も調べられ<sup>10)</sup>、導入遺伝子によって新たに作られるタンパク質は消化される<sup>11)</sup>

\*技術第2科 有機材料係

ことから安全な食糧であると確認されている。

日本ではダイズの自給率が 2% 程度であり、市場に流通するダイズの大半が海外品であることから遺伝子組換えダイズを検出する方法について産業界と一般消費者の関心が高まっている。今後、他の作物・品種も含めて遺伝子組換え体がより日常的に使用されると予想されることから、簡便な検出法を確立することは品質管理の一環として重要な技術となるであろう。

昨年度までの研究により、ダイズを栽培し除草剤を散布する薬剤耐性試験と栽培した葉よりゲノム DNA を抽出し、PCR を行う二つの方法により GTS であるかを判定することに成功した<sup>12), 13)</sup>。本報告では、栽培期間を必要としないようにダイズ種子よりゲノム DNA を抽出し、遺伝子組換え体であるか否かを迅速に判定する方法を検討した。

### 2 実験と結果

#### 2.1 ゲノムDNAの抽出

北米で 1997 年に生産されたダイズ (IOM soybeans) を輸入ダイズとして、同年産の国産ダイズは市販ものを用いた。種子あるいは葉からのゲノム DNA の抽出には ISOPLANT Kit (日本ジーン・東京)、DNeasy Plant Mini (QIAGEN, Germany) を利用した。種子は水に 30 分程度つけた後、1.5ml チューブに移し、プラスチック製のホモジナイズ棒を用いて組織を破碎し、葉は 1mm 角程度に切断した後、添付の操作方法に従った。必要純度のゲノム DNA が抽出されたことを確認するため、吸光度を測定し、一部を 0.85% アガロースゲル電気泳導に供した。



各方法とも高純度で(Fig.1A)、平均鎖長が 20Kbp 程度のゲノム DNA が得られた(Fig.1B)。後述の PCR に使用するために必要な量は、約 0.01g (使用した比較的小粒なダイズの平均乾燥重量は 0.16g であったので 1/16 粒相当) から得られた。そこで、ダイズの胚部分を傷つけないように切断し、胚を含む大部分は栽培した後に除草剤散布試験に供し、小片は PCR 試験に用いることができると分かった(Fig.3A)。

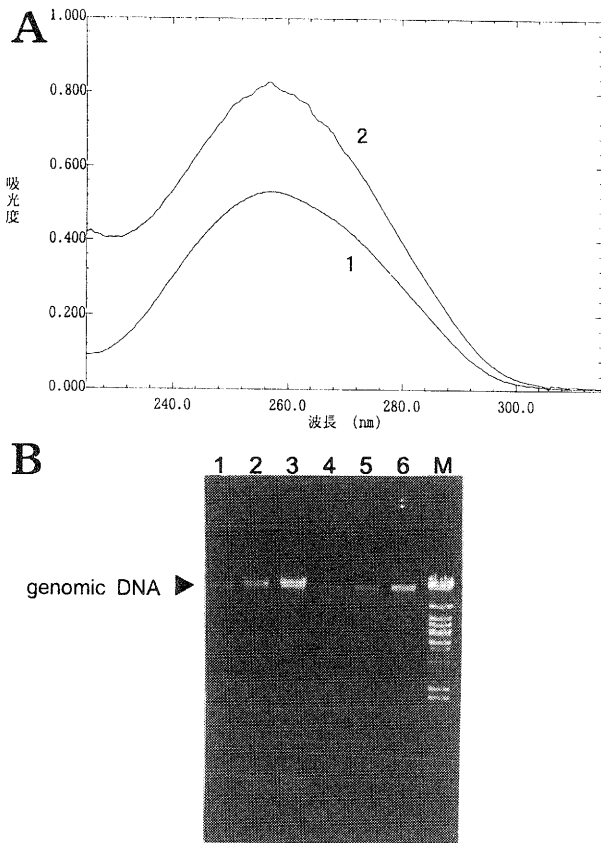


Fig.1. ダイズ種子より抽出したゲノムDNA

A. 吸光度スペクトルの測定 各10mgのダイズ種子よりの抽出物について測定 1. DNeasy Plant Miniを用いた場合、2. ISOPLANTを用いた場合 B. 抽出物のアガロースゲル電気泳動像 0.85%アガロースに各抽出物の10%相当量を供し、泳動後、エチジウムブロマイド染色した。1~3. 各4, 10, 20mgのダイズ種子よりDNeasy Plant Miniを用いて抽出 4~6. 各4, 10, 20mgのダイズ種子よりISOPLANTを用いて抽出。M. marker  $\lambda$ /HindIII +  $\lambda$ /EcoRI 消化物、サイズは、上より23.13+21.23, 9.42, 7.42, 6.56 kbp, 5.81kbp

## 2. 2 遺伝子組換え体の検出 (導入遺伝子検出法)

PCR に使用するプライマー用の合成オリゴヌクレオチド<sup>12)</sup>は Biologica Co.,名古屋より、DNA ポリメラーゼと他の DNA 関連の酵素は宝酒造株式会社,京都、あるいは東洋紡株式会社,東京より入手した。PCR は、RoboCycler Gradient (STRATAGEN 社)を用い、50  $\mu$ l の反応液に 0.5 あるいは 0.1  $\mu$ g のゲノム DNA、10 ~

20pmol の各プライマー、各 10nmol の dNTPs、DNA ポリメラーゼとして 2.5units の KOD(東洋紡)あるいは 1.25units の Taq または Z-Taq(宝酒造)を含むものを調製した。反応緩衝液は酵素に添付のものを使用した。反応のプログラムは、初めに 98°C で 30 秒間とした後、変性 98°C を 30 秒間、アニーリング 54°C ~ 48°C を 30 秒間、伸長反応 72°C を 30 秒間とするサイクル反応を 30 ~ 35 サイクル行い、最後に 72°C を 2 分間保ち終了した。つまり、反応時間は 1 時間以内である。PCR 産物の有無および予想サイズの増幅があるかは、既に配列を確認している増幅産物をマーカーにアガロースゲル電気泳動を行うことにより判定した。

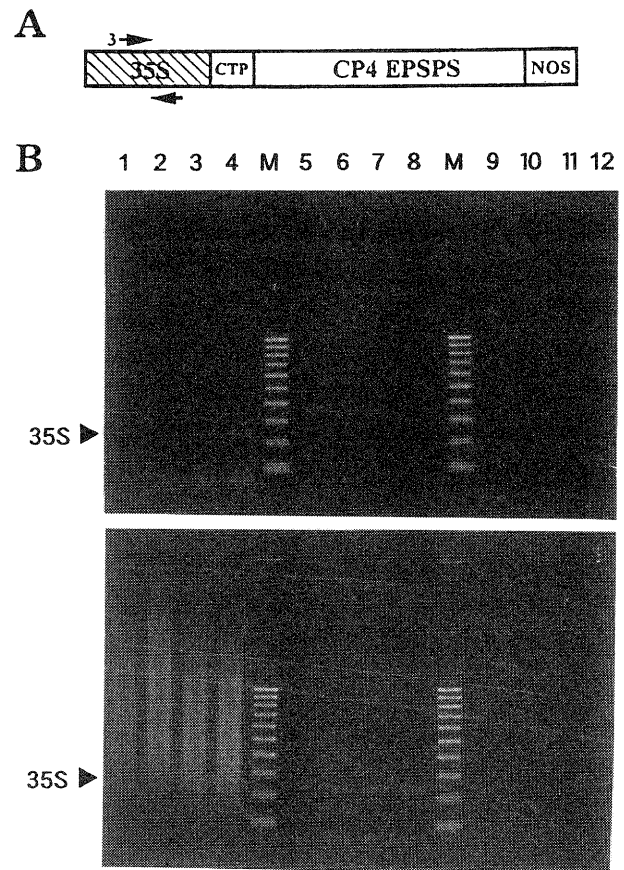


Fig.2. PCRによる遺伝子組換えダイズの検出

A. グリホサート耐性遺伝子周辺の構造と使用プライマーの相当位置 35S:カリフラワーモザイクウイルス35Sプロモーター、CTP: クロロプラスト・トランジット・ペプチド (chloroplast transit peptide)、CT4 CPSPS:細菌由来のグリホサート耐性遺伝子(本文参照)、NOS:ノパリン合成酵素(nopaline synthase)のターミネーターを含む終部 B. PCR産物の電気泳動像 0.5  $\mu$ g(上)あるいは0.1  $\mu$ g(下)のゲノムDNAを用いた反応サイクルを35回行ったPCR産物各10  $\mu$ lを2.5%アガロース電気泳動後、エチジウムブロマイドで染色 1~4. 酵素はKODを用い、アニーリング温度が54°C、52°C、50°C、48°C、5~8. 酵素はZ-Taqを用い、アニーリング温度が54°C、52°C、50°C、48°C、9~12. 酵素はTaqを用い、アニーリング温度が54°C、52°C、50°C、48°C、M. marker、100bp~1000bp,各100b毎

被験サンプルが遺伝子組換え体であるか否かをより迅速に判定するため、ダイズを栽培せず種子よりゲノムDNAを抽出し、PCR法によりグリホセートに耐性のある遺伝子を検出するための条件検討を行った。文献や特許に発表されたGTSを作製する方法から判断するに、導入遺伝子はカリフォルニアモザイクウイルス35Sプロモーターとノパリン合成酵素の非翻訳3'領域をターミネーターとして挟まれている(Fig.2A)。よって、グリホセート耐性酵素の発現に用いられるこのプロモーターとターミネーターがGTSを検出するための標的となる。そのDNA配列は核酸配列情報のデータベースであるDNA bankより入手し、PCRのための特異的なプライマーを設計した<sup>1,2)</sup>。昨年までに報告したアニーリング温度を3段階に変えるいわゆるステップダウンPCRを2度繰り返す条件では目的部位の増幅が困難であり、反応に長時間を要したので、より迅速な条件の確立を目指した。使用する酵素とアニーリング温度(Fig.3)、反応サイクル数(結果示さず)などを変更し、目的にかなう条件を検討した。最も適当と思われる条件は、DNeasy Plant MiniによりDNAを抽出し、ポリメラーゼZ-Taqを用いて温度条件98℃30秒→50℃～48℃30秒→72℃30秒の場合であった。また、葉からのゲノム抽出物に比べダイズ種子よりの抽出物では、異なるPCR反応条件が必要なようであり、これは反応を阻害する因子を多く含むためと思われる。

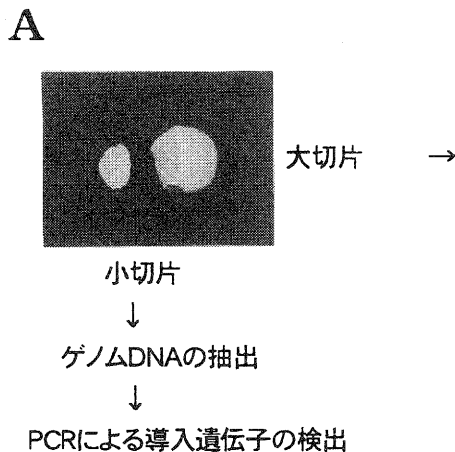


Fig.3. 一粒のダイズ種子によるPCR法での導入遺伝子の検出と除草剤耐性試験

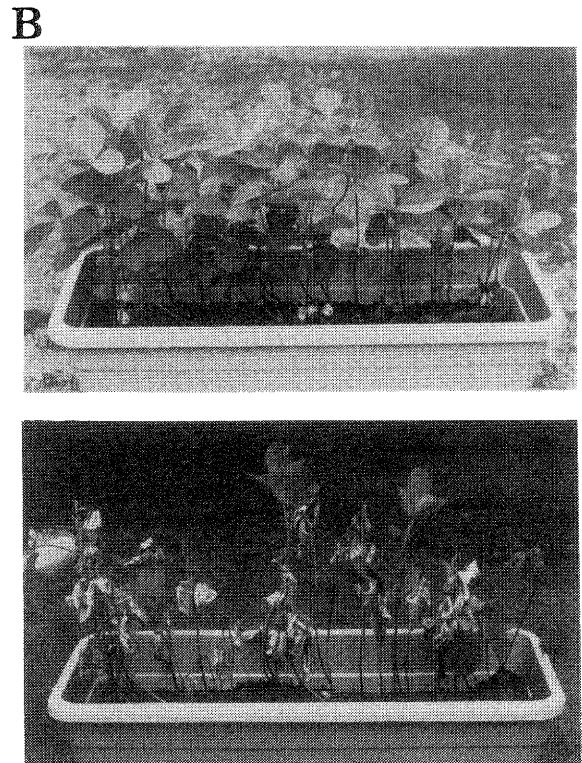
A. ダイズ種子の切断 胚を傷つけないように一部を切断し、小片(乾燥重量で約20mg)をゲノムDNA抽出に、胚を含む大片を栽培に使用した。 B. 除草剤耐性試験 発芽より約3週間で三葉期を迎え(上)、グリホセートを含む除草剤を10日の間隔をあげ2回散布し、3～週間程度で差が見られた(下)。生存したものが除草剤耐性の遺伝子組換え体。

### 2.3 遺伝子組換え体の検出(除草剤散布法)

グリホセートを主剤とする除草剤"ラウンドアップ"は日本モンサント、東京より購入した。約1000粒の北米産と日本産のダイズをプランターポットを用いて25℃で栽培した。種を植えてから1週間以内に発芽が見られ、子葉が開いた。三葉期(Fig.3B)をむかえてから一部の葉をサンプリング後、除草剤(ラウンドアップ)の散布を二度行った。国産ダイズの苗は全て枯れた(結果は示さず)。一方、北米産のダイズの場合、除草剤に耐性を持つ苗が存在し(Fig.2C)、開花期まで良く育った。今回、試験に用いた北米'97年度産ダイズ(IOMダイズ)には、除草剤耐性ダイズが約9%含まれることが判明した。この数値は、ダイズの栽培面積から12%と予想されている値<sup>14)</sup>に比べて幾分少ない。昨年に同様に試験した'96年度産では約1%であったことから<sup>13)</sup>、急激に遺伝子組換えダイズの導入が進んでいることが見て取れる。また、除草剤により枯れた個体が組換え体でないことは、一部よりサンプリングしておいた葉からゲノムDNAを抽出し、PCRを行い確認した(結果示さず)。

### おわりに

市販のダイズを被験試料として遺伝子組換え体であるかを迅速に判定するため実験条件についての検討を行った。現在、遺伝子組換え技術によって開発中の品種は、



数千を超えると言われており、近い将来には特別な技術では無くなると思われる。今後は、社会的な承認 (public acceptance) あるいは、表示の必要性について議論がなされることであろう。昨年度より実施してきた GTS の検出法についての技術は、他の遺伝子組換え体の検出にも応用できるものであり、食品工業を初め産業界での品質管理の一環として広く利用される可能性がある。

今後は、定量的 PCR 法あるいは超高感度免疫法により混入率を見積もる技術の開発が望まれる。

#### 謝辞

本研究は京都大学食糧科学研究所村田幸作教授のご指導、ご助言をうけて実施したものであり、村田教授に深謝いたします。また、同研究室助手の橋本渉博士には研究全般にわたり懇切丁寧な指導を頂きました。同研究室所属の大学院生、研究員の皆様へとあわせて感謝の意を表します。

#### 文献

- 1) Gasser, C. and Fraley, R. T., *Science*, 244, 1293-1299 (1989).
- 2) de Vetten N, ter Horst J, van Schaik HP, de Boer A, Mol J, Koes R., *Proc Natl Acad Sci U S A*, Jan 19;96(2):778-83 (1999)
- 3) Mor TS, Gomez-Lim MA, Palmer KE., *Trends Microbiol.* Nov;6(11):449-53(1998).
- 4) Mason HS., Ball JM., Shi JJ., Jiang X., Estes MK., Arntzen CJ., *Proc Natl Acad Sci U S A.* May 2 8;93(11):5335-40(1996).
- 5) Braunegg G, Lefebvre G, Genser KFJ *Biotechnol.* Oct 27;65(2-3):127-61 (1998).
- 6) Steinrucken, H. C. and Amrhein, N., *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 94, 1207-1212 (1980).
- 7) Padgett, S. R., Kolacz, K. H., Delannay, X., Re, D. B., LaVallee, B. J., Tinius, C. N., Rhodes, W. K., Otero, Y. I., Barry, G. F., Eichholtz, D.A., Peschke, V. M., Nida, D. L., Taylor, N. B., and Kishore, G. M., *Crop Sci.* 35, 1451-1461 (1995).
- 8) Delannay, X., Bauman, T. T., Beighley, D. H., Buettner, M. J., Coble, H. D., DeFelice, M. S., Derting, C. W., Diedrick, T. J., Griffin, J. L., Hagood, E. S., Hancock, F. G., Hart, S. E., LaVallee, B. J., Loux, M. M., Lueschen, W. E., Maston, K. W., Moots, C. K., Murdock, E., Nickell, A. D., Owen, M. D. K., Paschall II, E. H., Prochaska, L. M., Raymond, P. J., Reynolds, D. B., Rhodes, W. K., Roeth, F. W., Sprankle, P. L., Tarochione, L. J., Tinius, C. N., Walker, R. H., Wax, L. M., Weigelt, H. D., Padgett, S. R., *Crop Sci.*, 35, 1461-1467 (1995).
- 9) Padgett, S. R., Taylor, N. B., Nida, D. B., Bailey, M. R., ACDonald, J., Holden, L. R., and Fuchs, R. L., *J. Nutr.* 126, 702-716 (1996).
- 10) Hammond, B. G. Vicini, J. L., Hartnell, G. F., Naylor, M. W., Knighr, C. D., Robinson, E. H., Fuchs, R. L., and Padgett, S.R., *J. Nutr.* 126, 717-727(1996)
- 11) Harrison, L. A., Bailey, M. R., Naylor, M. W., Ream, J. E., Hammond, B. G., Nida, D. B., Burnette, B. L., Nickson, T. E., Mitsky, T. A., Taylor, M. L., *J. Nutr.* 126, 728-740 (1996).
- 12) Nobuaki S., Keiko M., Sachiko O., Wataru H., Makoto K., Shigeru U and Koudaku M., *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 62(7), 1461-1464(1998).
- 13) 白井伸明, 滋賀県工業技術総合センター研究報告, 12, 38-42, (1997).
- 14) Plant Biotech Information Center, Actual condition of the cultivation, harvest, and current of soybean. *Plant Bio News*, No. 9, 1-4 (1997).

# 陶磁器の再生技術に関する研究（第一報）

## －使用済み碍子粉末・スメクタイト系素地－

川澄一司<sup>1</sup> 横井川正美<sup>2</sup> 明比ひとみ<sup>3</sup> 奥野健吾<sup>4</sup>

Kazushi Kawasumi Masami Yokoigawa Hitomi Akebi Kengo Okuno

要 旨 陶磁器の廃棄物を再生する技術の一助として、本研究においては、使用済み碍子の粉末に、スメクタイト族の鉱物を含む粘土を添加し、その物性を測定した。考察に当たっては、粘土の添加率と碍子粉末の粒度に着目した。その結果、使用済み碍子粉末の添加率 90 パーセント以上、元の素地よりも焼成温度が 150～200℃低い陶器を作ることができた。

### 1 はじめに

「燃えないごみの日」に空き缶や空き瓶は分別回収され再生されている。しかし使用済みの陶磁器は埋め立てごみに分類されている。同様に建築物の解体の際に発生する使用済みのタイル・瓦も埋め立て処分されている。また、陶磁器製造業者は工程で発生する不良品の処理に苦慮しており、試験場にも窯業原料として再利用できないものかという技術相談が多く寄せられている。

一方、電柱や変電施設等で用いられている碍子は、枯渇化が進んでいる高品位の窯業原料を使用しているにもかかわらず、電気料金の維持と補助金との関係において、実際の耐用年数よりもはるかに短い 7 年間という使用期限の後にその大半が投棄されている。

本研究は陶磁器を循環型社会に適合した製品に転換することを目的として実施された。従来、他府県の陶磁器産地の窯業試験場においても陶磁器のリサイクルに関する研究は行われている。これらは、陶磁器廃棄物を坯土の充填剤と考えているため、陶磁器粉末の添加率は数十パーセントが限度であった。しかし、本研究においては、陶磁器廃棄物を主原料と考え、一般的な陶磁器に用いられているカオリン鉱物の粘土ではなく、鋳物の砂型の粘結材などに用いられているスメクタイト族の鉱物を含む粘土を添加した。陶磁器粉末の添加率は 90%以上を目標とした。

### 2 原料

主原料としての陶磁器粉末は、関西電力の使用済み碍子を滋賀県信楽町内の窯業原料会社がセメントの充填材用にチューブミルで乾式粉碎したものを用いた。ここではその風簾物<sup>1</sup>を I1、乾式で 60 メッシュの振動篩を全通したものを I2 と呼ぶ。

可塑性付与材としてのスメクタイト族の鉱物を含む粘土は 7 種類<sup>11)</sup>用いた。モンモリロナイト以外の鉱物を含む原料も使用したため、ここではベントナイトとは呼ばず、便宜的にスメクタイトと呼び、それぞれ S1、S2 などと記す。各原料の化学分析値は Table 1、モル比（ゼーゲル式）は Table 2 を参照されたい。

Table 1 原料の化学分析値

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	lg.loss
I1	70.30	22.00	1.60	0.33	0.78	0.39	2.40	1.80	0.25
I2	71.70	20.00	1.01	0.31	0.86	0.31	3.61	1.51	0.49
S1	68.60	16.30	3.88	0.15	1.49	1.72	0.49	1.80	4.96
S2	63.00	19.80	4.12	0.16	1.21	2.35	0.55	2.45	5.56
S3	72.10	13.90	1.43	0.14	1.58	2.19	0.85	1.99	5.45
S4	69.30	13.40	2.28	0.16	2.77	2.30	0.73	1.59	6.95
S5	60.20	15.00	4.82	0.54	3.18	3.04	0.71	3.26	8.36
S6	50.00	2.34	1.19	0.24	6.34	24.00	0.37	3.81	11.50
S7	56.80	0.04	0.01	0.03	0.05	31.90	0.04	3.67	6.97

Table 2 原料のモル比（ゼーゲル式）

	KNaO	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
I1	0.70	0.18	0.12	2.76	14.98
I2	0.73	0.18	0.09	2.29	13.92
S1	0.33	0.26	0.41	1.54	11.03
S2	0.36	0.17	0.47	1.55	8.37
S3	0.33	0.23	0.44	1.10	9.71
S4	0.24	0.35	0.41	0.94	8.25
S5	0.31	0.29	0.39	0.77	5.21
S6	0.08	0.15	0.77	0.03	1.08
S7	0.07	0.00	0.93	0.00	1.11

<sup>1</sup> 滋賀県工業技術総合センター 信楽窯業技術試験場 研究開発係

<sup>2</sup> 滋賀県工業技術総合センター 信楽窯業技術試験場 研究開発係

<sup>3</sup> 陶芸家

<sup>4</sup> 龍谷大学学外研修生

日本ベントナイト工業会標準試験方法に基づき、各ベントナイトの膨潤度を測定した。合成スメクタイトの膨潤度が最も高く、モンモリロナイト水簸精製品がそれに次ぎ、群馬県産ベントナイトの膨潤度が低い。

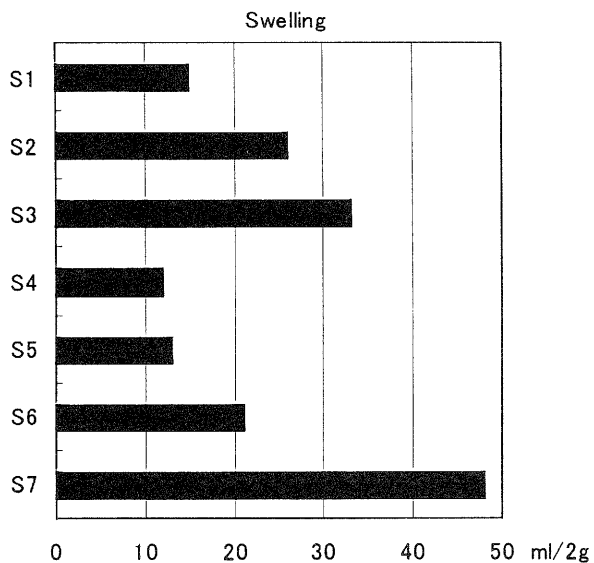


Fig. 1 各スメクタイトの膨潤度

### 3 試料の作成方法

試料は原料を重量パーセントにより調合した。すなわち I1 と I2 をいくつかの比率で調合し、粒度が細かい非可塑性原料と粒度が粗い非可塑性原料を作成し、そこに各種スメクタイトをさまざまな割合で添加した。グラフ中で I1 と I2 の混合物はそれぞれの平均粒径<sup>1)</sup>に基づき I11 $\mu$ 、I32 $\mu$ 、I119 $\mu$ 、I180 $\mu$ と記す。

調合の作業は、原料をプラスチック製の洗面器の中で乾式混合してから少しずつ水を加え、シリコーンゴム製のスパチュラーで耳たぶの硬さになるまで練った。坏土はビニール袋に密封した状態で、1ヶ月間寝かせた。

試験片は 80g の坏土を 100×30 mm の金型に入れ湿式プレス成形した。自然乾燥ののち電気炉<sup>2)</sup>酸化雰囲気<sup>3)</sup>の 1150℃ で焼成した。焼成曲線は 1000℃ までが 1 時間に 100℃、1000℃ から最高温度までは 1 時間に 50℃ である。最高温度を 30 分保持したのち、炉の中で自然放冷した。

### 4 評価試験

調合された試料の可塑性、かさ比重、見かけ気孔率、吸水率、曲げ強さ、収縮率、耐火度を測定した。

#### 4.1 可塑性

可塑性の評価には非常に原始的ではあるが、粘土の塊から撚り紐を作り、その長さを測定する方法を選んだ。すなわち、普段から陶土に親しんでいる陶芸家と二人で組になり、まず、風通しの悪い室内で坏土を各自の耳たぶとおなじ硬さになるように練った。つぎに 5.0g の粘土玉を作り、ガラス板上に置き、細心の注意の元に、手のひらで粘土玉を転がし一つの試料に付き各自複数の撚り紐を作成した。撚り紐が伸びきった状態、別の言い方をすれば撚り紐が切れた時点での撚り紐の長さの平均値をミリメートルで表わし可塑性の目安とした。試料を変えるごとに手のひらとガラス板は水で洗い、乾いた布で拭いた。

##### 4.1.1 罫子の粒度別に見たスメクタイトの添加率と可塑性

Fig. 2 の S1 はアメリカ、ワイオミング州産の Na 型モンモリロナイトを含むベントナイトである。罫子粉末の平均粒径が信楽焼坏土の平均粒径に近い 32 $\mu$ m の時には、7~8% 程度のベントナイトを添加すると最も長い撚り紐を作ることができた。スメクタイトの添加率が多すぎても少なすぎても良好な可塑性は得られない。罫子粉末の平均が 119 $\mu$ m、180 $\mu$ m と粗くなるにつれ可塑性は低くなり、スメクタイトの添加率が高い調合において最大の可塑性を示す。他の Na 型モンモリロナイトを含むベントナイトにおいても同じ傾向が見られた。

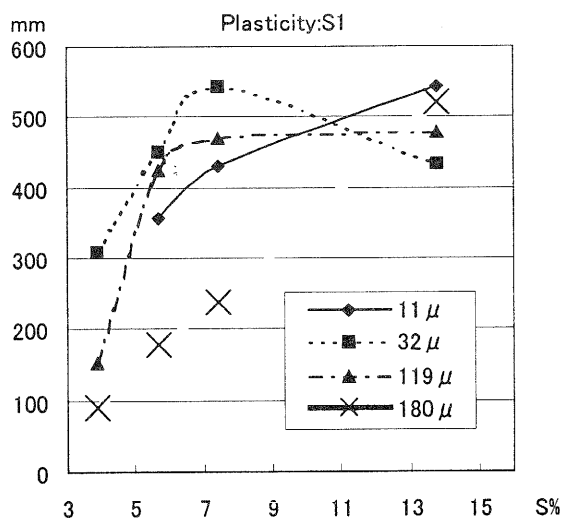


Fig. 2

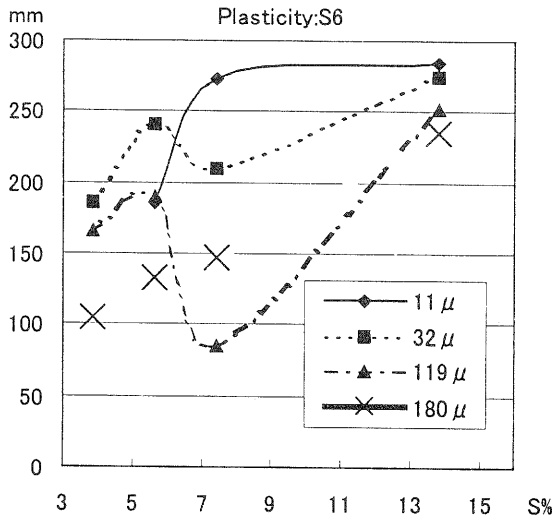


Fig. 3

Fig. 3 の S6 は 20%以上の MgO を含むアメリカ産のヘクトライトである。同一の添加率では Na 型モンモリロナイトを含むベントナイトほどの可塑性は得られない。磚子粉末の粒径が細かいほうが高い可塑性が得られる傾向にある。

4. 1. 2 スメクタイトの添加率別に見た磚子粉末の粒度と可塑性

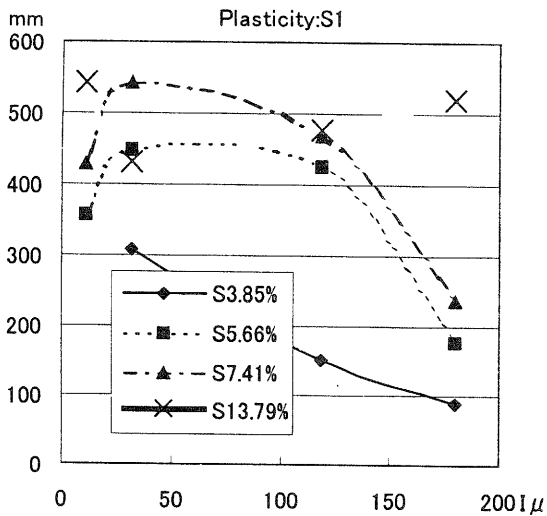


Fig. 4

Fig. 4 は Fig. 2 と同じ元データの磚子粉末の粒度を X 軸に取ったものである。スメクタイトの添加率が 5.66%、7.41% のとき、すなわちスメクタイト添加率が比較的低いにもかかわらず良好な可塑性が得られる調合時には、30 μm~120 μm 程度の磚子粉末の平均粒径が好ましく、粒径が細かすぎても粗すぎても満足な可塑性が得られない。しかし、

スメクタイトを 13.79% 添加したときに逆の結果が出た。その理由に付いては不明である。

Fig. 5 の S2 も別会社のワイオミング州産ベントナイトであるが、同じ傾向が見られる。

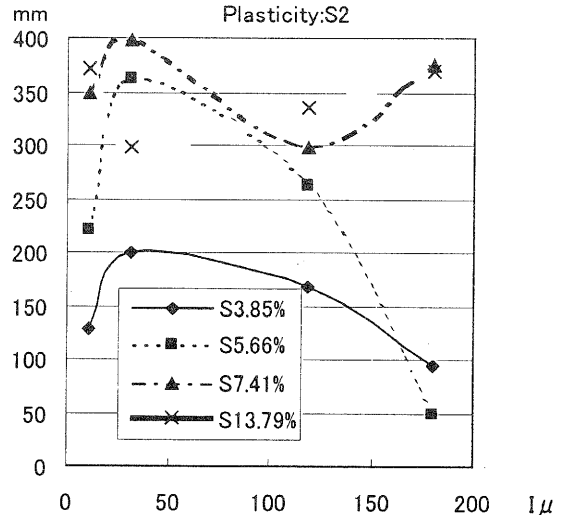


Fig. 5

4. 1. 3 スメクタイトの種類別に見たスメクタイトの添加率と可塑性

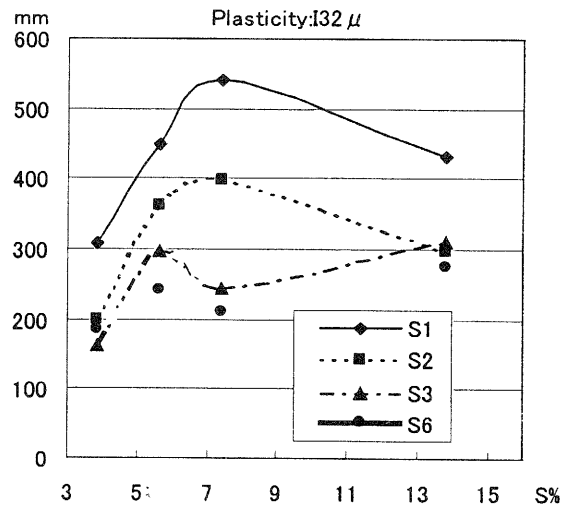


Fig. 6

Fig. 6 は磚子粉末の平均粒径が 32 μm の場合における各種スメクタイトの添加率と可塑性である。S1、S2 などのワイオミング州産の Na 型モンモリロナイトを含むベントナイトが、少ない添加率においても良好な可塑性を付与することがわかる。S4、S5 は CaO が多く膨潤度が低い群馬県産のベントナイトである。添加率が低いときには試料の作成すら困難であり、グラフにデータを示すことができなかった。しかし添加率を増やせば良好な可塑性が得られる。

4.1.4 スメクタイトの種類別に見た碍子粉末の粒度と可塑性

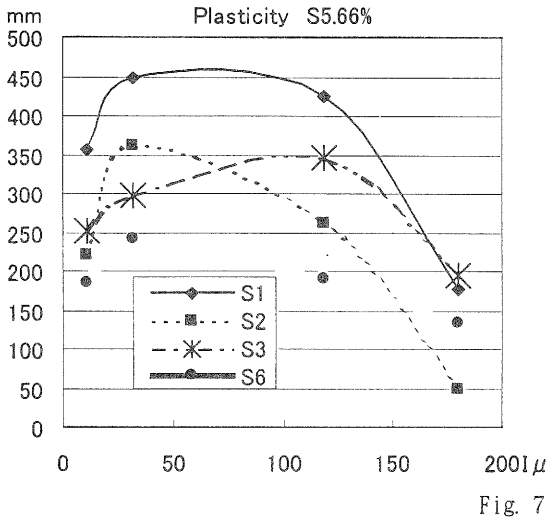


Fig. 7は5.66%のスメクタイトを添加したときの、それぞれのスメクタイトにおける碍子粉末の粒度と可塑性の相関を示すものである。いずれのスメクタイトを添加した場合でも、この添加率では碍子の粒度が細かすぎても粗すぎても良好な可塑性が得られないことが明らかである。

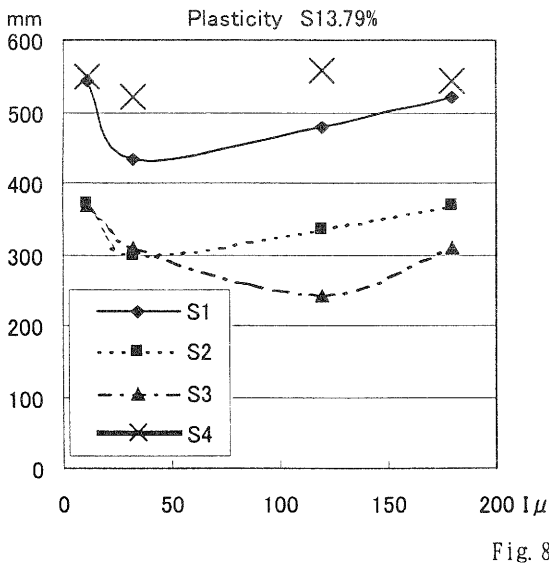


Fig. 8は13.79%というかなり多めのスメクタイトを添加したときの碍子粒度と可塑性の相関である。4.1.2で述べたように、なぜかFig. 7のグラフとは逆の傾向が見られる。

4.2 かさ比重

試験片の乾燥重量、水中重量、飽水重量を測定し、

かさ比重を求めた。通常の陶磁器のかさ比重が2.3~2.4程度であるのに対し、いずれの調合もかさ比重が低めである。再生陶器は軽量陶器の一種と言えよう。

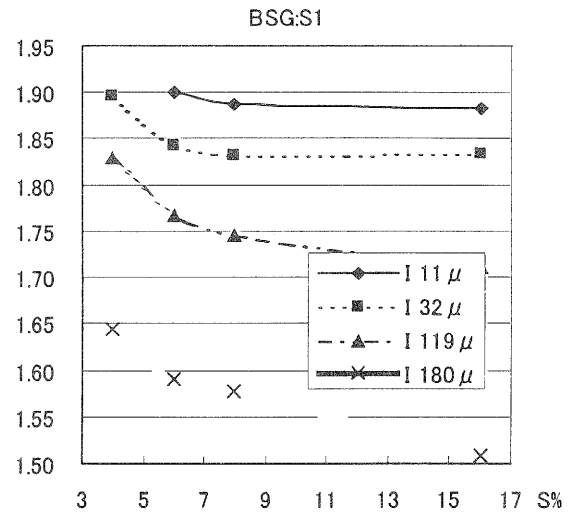


Fig. 9

Fig. 9において、ワイオミング州産のベントナイトを例に、スメクタイト添加率とかさ比重の相関を示す。スメクタイトの添加率を増やすとかさ比重が低くなる。また、碍子粉末の粒径が大きくなるとかさ比重が低くなる。

4.3 見かけ気孔率

水中重量法によって見かけ気孔率を測定した。Fig. 10にFig. 9と同じベントナイトの見かけ気孔率のグラフを示す。碍子粉末の平均粒径が粗くなるほど見かけ気孔率は高くなり、スメクタイトの添加率が高いほど見かけ気孔率も高くなる。粗い碍子粉末を使用した再生陶器は多孔質陶器と呼ぶことが可能であろう。

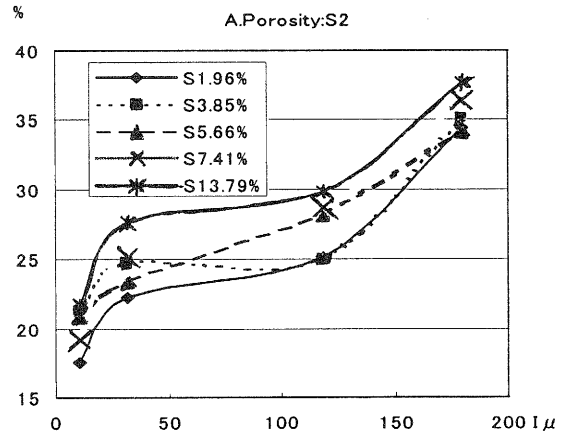


Fig. 10

#### 4.2.1 粒度とかさ比重の相関

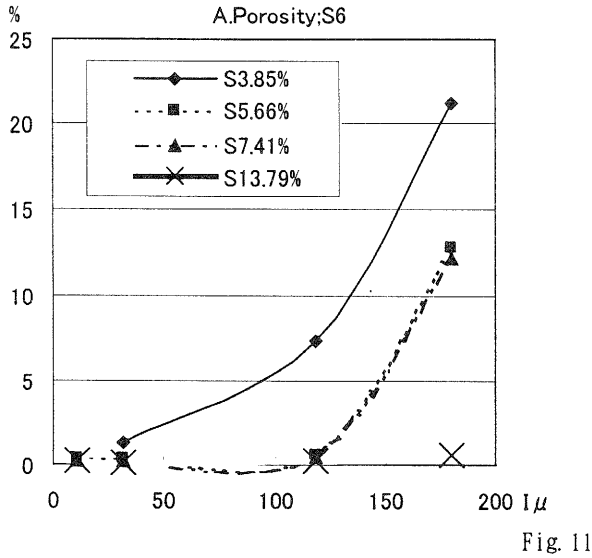
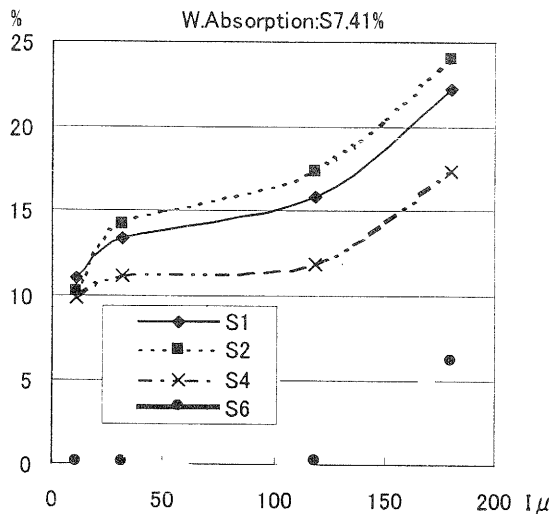


Fig. 11 にはヘクトライトの見かけ気孔率を示す。ベントナイトを含む素地よりも見かけ気孔率が低く、とくに 13.79%のヘクトライトを添加した素地はほとんど気孔を含まない。後述するが、Fig. 10 のベントナイトを含む素地は耐火度がもっとも高いのに対し、ヘクトライトを含む素地は耐火度が低い。ヘクトライトが媒溶材として働き、気孔を塞いだものと考えられる。

#### 4.4 吸水率



JIS のタイルの吸水率測定方法に順じて試料の吸水率を測定した。見かけ気孔率同様、罅子粉末の粒度が粗くなると気孔率が高くなる。また、スメクタイトの種類別の気孔率の高さは、後述する耐火度の高さとも一致する。

#### 4.5 曲げ強さ

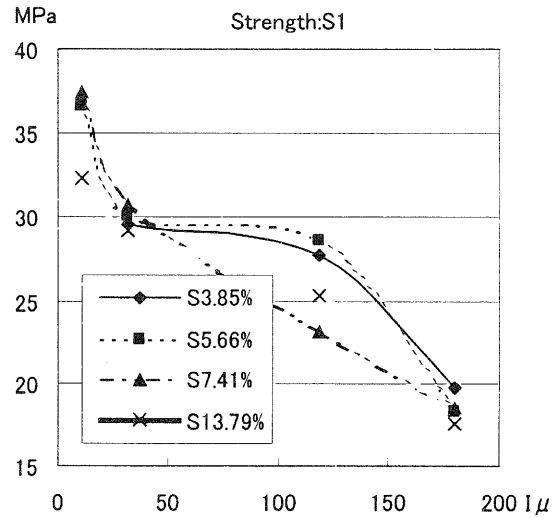


Fig. 13

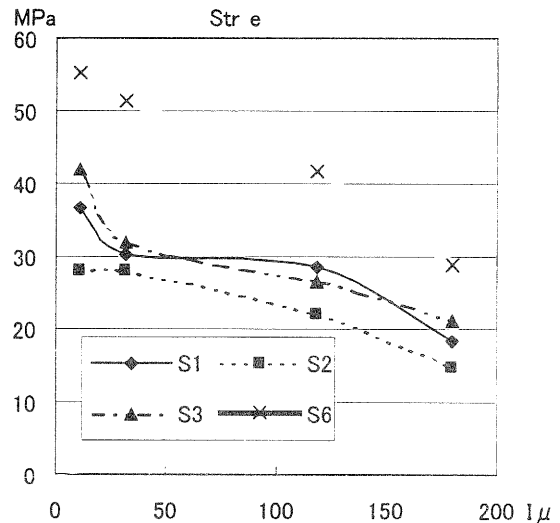


Fig. 14

角棒の 3 点曲げ方式により試験片の曲げ強さ $\sigma_b$ を測定した。ワイオミング州産のベントナイトを添加した素地のスメクタイトの添加率と強度の関係を Fig. 13 に示す。罅子粉末の平均粒径が細かいほど強度が高く、スメクタイトの添加率の違いによってはさほど大きな強度の違いは生じていない。

スメクタイトの種類別に見た罅子粉末の平均粒径と曲げ強さの関係を Fig. 14 に示す。S6 のヘクトライトの強度が高いが、これは素地が溶けて、さほど発泡しない状態でガラス化しているためである。逆に耐火度の高いスメクタイトの強度は低めである。Na 型モンモリロナイトを含むベントナイトを添加した



素地の場合、1150℃という焼成温度では若干生焼けだったようである。30MPa以上の曲げ強さが得られている調合もあり、再生陶器は一般的な信楽焼と同等以上の耐久性を有するものと考えられる。

#### 4.6 収縮率

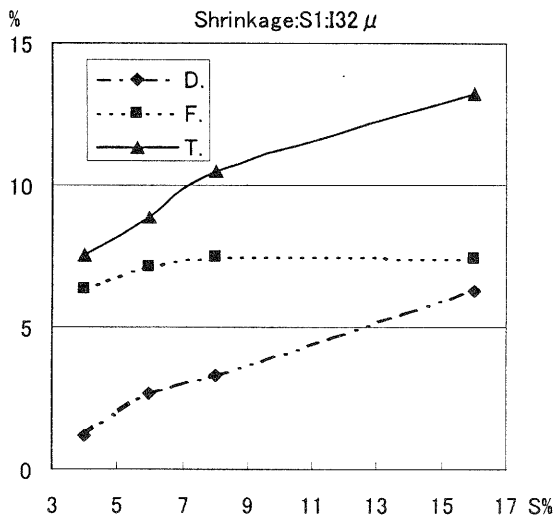


Fig. 15

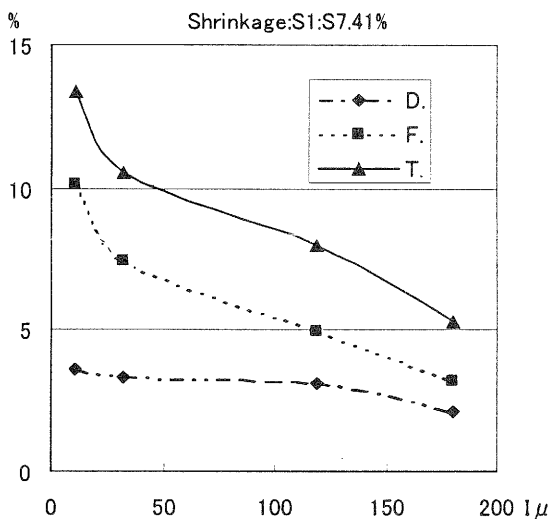


Fig. 16

S1を添加した坯土について乾燥収縮率(D)、焼成収縮率(F)、全収縮率(T)を測定した。スメクタイトの添加率と収縮率の相関を Fig. 15 に示す。スメクタイトの添加率が高くなれば乾燥収縮率も高くなるが、焼成収縮率はさほど変化していない。

同じ坯土について Fig. 16 では碓子粉末の粒度と収縮率の関係を示した。乾燥収縮率も焼成収縮率も粒度が細かければ高く、粗い碓子粉末を使えば低くなる。一般的にベントナイトを添加した坯土は収縮率

が高くなると考えられているが、すでに焼成されている原料を主原料とする再生陶器の場合、調合と焼成条件によっては全収縮率を10%以下に押さえることも可能である。

#### 4.7 耐火度

碓子華粉 45%、碓子 60メッシュ全通粉末 45%、スメクタイト 10%の調合物でゼーゲル鍾を作成し、高温炉<sup>vii</sup>を用い、日本ゼーゲルコーン協会のゼーゲル鍾と比較して溶倒温度を測定した。碓子混合物の平均粒径は119μmである。ワイオミング州産のNa型モンモリロナイトを含むベントナイトの耐火度が高く、群馬県産のCaが比較的多いベントナイトがそれに次ぎ、Mgを多く含むヘクトライトや合成スメクタイトの耐火度が低い傾向にある。

Table 3 スメクタイト10%調合物のゼーゲル式

Formula	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
KNaO	0.67	0.66	0.66	0.39	0.64	0.63	0.37
CaO	0.19	0.18	0.19	0.16	0.21	0.20	0.08
MgO	0.14	0.16	0.15	0.45	0.15	0.17	0.55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.40	2.37	2.31	1.24	2.26	2.15	1.17
SiO <sub>2</sub>	14.01	13.55	13.75	7.59	13.44	12.52	7.29

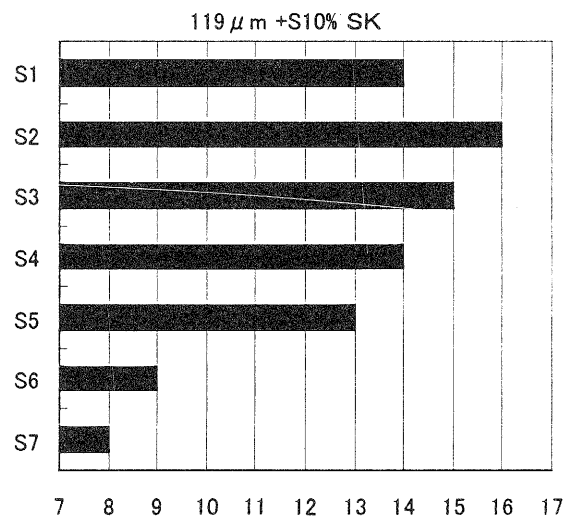


Fig. 17 碓子119μm90%スメクタイト10%の耐火度

## 5 電子顕微鏡による観察

平均粒径11μmの碓子粉末および平均粒径119μmの碓子粉末86.21%にS1のベントナイトを13.79%添加し、1150℃で焼成した試験片の破断面を Fig. 18 と

Fig. 19 に示す。いずれも多孔質となっており、連続気孔と独立気孔が観察され、碓子粉末の粒度が粗いほど気孔径が大きく見える。ベントナイトは碓子粉末の表面に飴のように纏わりついており、溶岩を肉眼で見た様子と似ている。

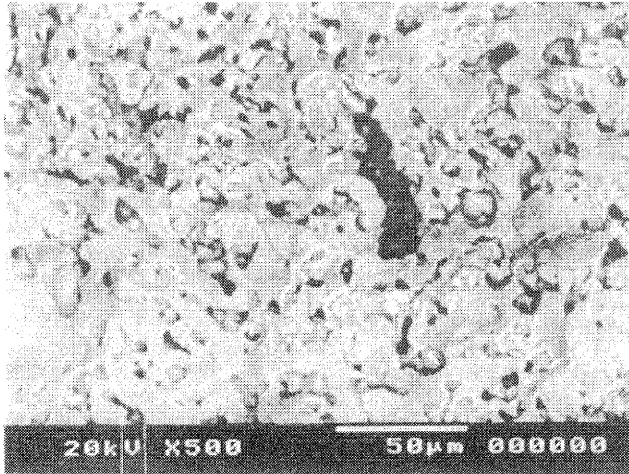


Fig. 18

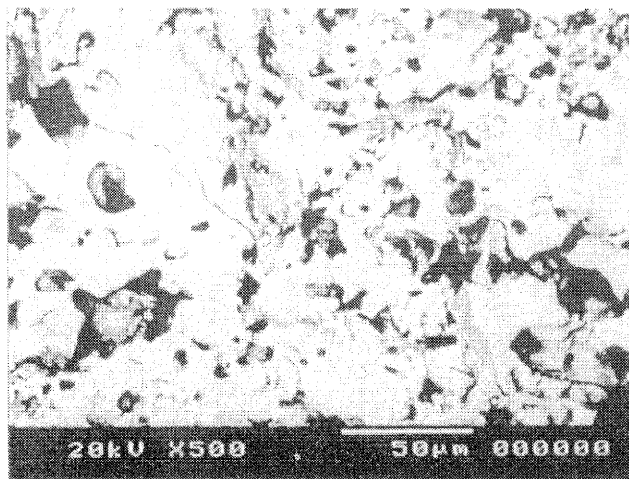


Fig. 19

## 6 試作

### 6.1 坏土の可塑成形

碓子粉末の平均粒径を  $32\mu\text{m}$  に調整した上で、少ない添加率でもっとも高い可塑性が得られた S1 のベントナイトを 8% 添加し、可塑成形用の坏土を調整した。同坏土はろくろ成形が可能であり、花瓶や湯呑を試作した。800℃で素焼をした上で無貫入釉を施し 1150℃で本焼をした。呈色は灰褐色となり、美濃や瀬戸、有田などの磁器産地向きではなく、陶器産地の信楽にふさわしいものである。碓子には釉薬が施されており、また、碓子粉末には碓子と電線を接続するための Ca を含むセメントが混入している。しか

もベントナイトには Na を初めとする塩基成分が含まれているため、焼成温度が低くなる。その結果、碓子粉末の添加率 92%、焼成温度が元の碓子よりも 150~200℃低い陶器が産まれた。

### 6.2 廃泥鑄込成形

余技として、平均粒径  $11\mu\text{m}$  の碓子粉末に S1 のスメクタイトを 1% 添加し、さらにポリカルボン酸アンモニウム塩系の解膠剤<sup>vi</sup> 0.5% と有機バインダー<sup>vi</sup> 1% および水を加え、ポットミルで 24 時間かけて粉碎したものを廃泥鑄込み用の泥漿とした。S1 は 1% の添加でも生素地に十分な強度を与え、沈殿防止剤としての効果を発揮した。石膏型への着肉は十数秒間で通常の泥漿並みとなった。離型性はさほど悪くはないが、型の中で素地がほとんど収縮しないため、圧縮空気をいなければ型から取り出しにくいという問題がある。ともあれ 1120℃で焼成した結果、無機の原料だけに着目するならば再生率 99% の陶器を作ることができた。

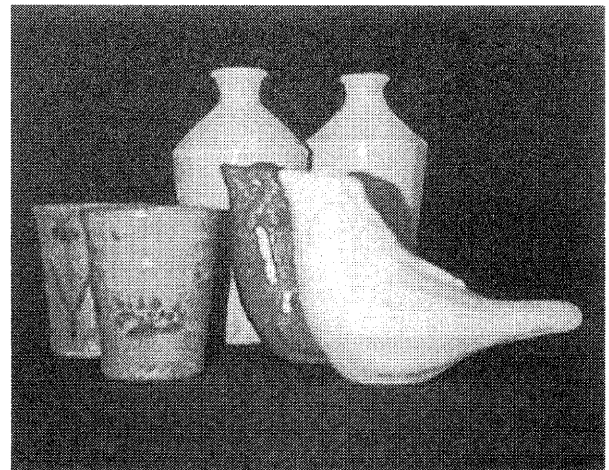


Fig. 20 花瓶と湯呑はろくろ成形、鳥は排泥鑄込み

## 7 今後の課題

### 7.1 鉱物組成および化学分析値と物性の相関

今回はスメクタイトの種類と碓子粉末の粒度とを中心に可塑性その他の物性について考察した。しかし本来素地の性質は鉱物組成と化学分析値に大きく依存する。組成と分析値に基づく考察を第 2 報において行う。

## 7.2 機械や道具による可塑性の測定

本研究においては坯土の玉を手で延ばし撚り紐を作るという方法で可塑性を求めた。しかし機械や道具を用いた可塑性の測定も考慮すべきである。

## 7.3 極端な調合から一般的な調合へ

「使用済み磚子粉末の添加率 90%以上」という目標を設定したため、今回は可塑性としてスメクタイト族の鉱物を含む粘土のみを用いた。しかし、実際の生産現場における調合においては、採算などを考慮し、一般的なカオリナイトやハロイサイトをを用いた調合の必要も生じるはずである。

## 7.4 量産成形機用の調合

今回はおもに、陶芸家がろくろで成形するための坯土を調合した。しかしローラーマシンや湿式・乾式プレス、タイルの押し出し成形などの量産成形機用の調合も研究する必要がある。

## 7.5 磚子以外の不要陶磁器の試験

本研究においては主原料として使用済み磚子粉末のみを用いた。不良品の植木鉢や瓦の粉末<sup>1)</sup>については予備的な試験しか実施していない。磚子以外の不要となった陶磁器の再生技術の研究も必要である。

## 8 まとめ

可塑性成形については、実際にろくろにより成形をしたところ、平均粒径 32 $\mu$ m の磚子粉末 92%に S1 のベントナイトを 8%添加したものが良好であった。排泥鑄込み成形に関しては S1 の添加率が 1%で十分なことが確認された。「不要になった陶磁器粉末の添加率 90%以上」という当初の目的は達成された。しかも焼成温度は元の磁器よりも 150~200℃低く、焼成に要するエネルギーの低減も図ることができた。

陶磁器の再生技術を用い、多孔質の軽量陶器を作成することが可能であることも明らかになった。この手法を応用し多孔質陶器による水質浄化資材を作成する研究を現在建設省および信楽町とともに推進中である。

工業的に陶磁器を再生するには、どのような機関が主体となり不要となった陶磁器を回収し粉碎するかが問題となろう。土器と陶器と磁器の分別

も欠かせない。粉碎設備の建設に当たっては国や県の補助金が必要となるだろう。自治体や陶磁器製場業組合などの高い見識に基づく取り組みが必要である。

また、いかに自然環境に悪影響が少ない方法によって粉碎するかということも問題となる。水力や風力を利用した粉碎設備なども視野に入れる余地があろう。

陶磁器の再生技術は従来の天然原料主体の陶磁器に比べると環境に対する悪影響が少ないはずである。近い将来、信楽焼の再生陶器が国際的な行事や環境会議などで使用されることを期待する。

## 謝 辞

本研究の遂行にあたり、新陶産業株式会社に協力していただきました。この場を借りて感謝いたします。

- i 磚子粉末 I1:新陶産業(株)「華粉」
- ii 磚子粉末 I2: 新陶産業(株)「0.25 mm以下」
- iii スメクタイト族の鉱物を含む粘土
  - S1: (株)豊順洋行輸入 アメリカ ワイオミング州産ベントナイト「Super Bond」
  - S2: 日商岩井ベントナイト(株)輸入 アメリカンコロイド社採掘 ワイオミング州産ベントナイト「Volclay」
  - S3: 日商岩井ベントナイト(株)輸入 アメリカンコロイド社採掘 ナチュラル・ホワイトスメクタイト モンモリロナイト水箴精製品「Polargel NF」
  - S4: (株)豊順洋行「穂高」
  - S5: (株)豊順洋行「ニュー穂高」
  - S6: 日商岩井ベントナイト(株)輸入 アメリカンコロイド社採掘 ナチュラル・ホワイトスメクタイト ヘクトライト風箴精製品「Hectalite 200」
  - S7: コープケミカル(株)製 合成親水性スメクタイト 「ルーセントタイト SWF」
- iv (株)島津製作所製「SALD-4000」にて測定。
- v マルニ陶料(株)製 11kw 電気炉にて焼成。
- vi (株)島津製作所製 「オートグラフ AG200-A」にて測定。
- vii (株)モトヤマ製 「スーパーバーン」にて焼成。
- viii 中京油脂(株)製 「セルナ D-305」
- ix 中京油脂(株)製 「セルナ WE-518」
- x 滋賀県近江八幡市 八幡瓦協業組合 燻し瓦シャモット

## RS州産粘土の精製とキャラクターゼーション

宮代 雅夫・フェルナント・デ・メロ・黄瀬 栄藏・横井川 正美

Masao Miyadai /Fernand Dable De Mello/Eizou Kise/Masami Yokoigawa

**要旨** 滋賀県とリオグランデ・ド・スール（RS）州が姉妹提携して20年になる。その間様々な交流がなされてきたが、1990年に締結された科学技術交流に関する協定に基づき、平成8年から3年間にわたりRS州カンジオッタ地域に産出する粘土の活用について共同研究を行った。その結果について報告する。

### 1 まえがき

RS州はブラジルの南端に位置し、日本の本州と九州を合わせたほどの広さで、推定人口は950万人である。カンジオッタ地方は州都ポルト・アレグレから400キロ離れ、州の最南端に位置し、ウルグアイ、パラグアイ、アルゼンチンと接し、広大な草原（パンパ）が広がる牧畜、農業地域である。

パンパの下には大量の石炭が埋蔵され、それを利用した火力発電所、セメント工場が誘致されている。また、ここには石炭層に挟まれて大量の粘土があるが、その利用方法を探ることが今回のテーマである。

平成8年には高井が、平成9年には宮代が現地に出張し<sup>1)</sup>、窯業事情の調査と粘土試料を採取してきた。

一方平成9年6月にはRS州から資源開発公社（CRM）のFernand Dable De Mello氏が来日され、当場の職員とともに活用研究を行った。その結果については既に氏から報告されている<sup>2)</sup>。

本報ではカンジオッタ地方の挟炭層粘土の精製に関する試験と、その他現地での採取試料についての基礎試験結果について報告する。

### 2 カンジオッタ産粘土のキャラクターゼーション

RS州CRMから送付された試料（挟炭層粘土及びフライアッシュ）ならびに現地で採取した粘土試料について蛍光X線分析を用いて化学組成を求め、X線回折で鉱物定性を行った。また粒度はレーザー回折で測定し、熱分析を行って基礎性状を調べた。その結果を最終ページのTable9.に示す。

ここで特徴的なことはカンジオッタ挟炭層粘土はpHが2.5と他の粘土と比較して異常に酸性度が高いことである。この原因は地層に含まれる硫黄化合物（主としてFeS<sub>2</sub>）が含まれこれが細菌の作用で酸化還元され硫酸に変化したためと考えられる。これが河川等に流出して大きな被害を引き起こすことも知られている。

昨年RS州を訪問した際坑道堀のレオンII鉱山を視察したが、坑内の所々に白華（NaAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O Tarugite）した場所があり、また遊離のSも確認できた。

挟炭層粘土中にも同様にFeS<sub>2</sub>や硫酸化合物が存在しているようで、これらは窯業においてはスカムやエフロレッセンスの原因になり、また焼成時に一部分解して大気汚染物質(SO<sub>x</sub>)の発生源にもなる<sup>3)</sup>。

精製分離の可能性を探るため、これら硫黄化合物の存在状態や量を把握する試験を行った。

### 3 粘土の分級と水洗処理

カンジオッタ挟炭層粘土には2%ものSO<sub>3</sub>が含まれている。これらを除去し精製するための基礎試験（I）と、どのような形の硫黄化合物かを確認する試験（II）を行った。

#### 3-1 試験（I）粘土の分級試験

粘土に重量で2倍の水を加えて泥漿を作りこれを遠心分離器で沈降させ、4分割（Fig.1.に示す）して組成分析を行った。その結果と、その値からのノルム計算結果をTable.1,2、Fig.2,3,4に示す。

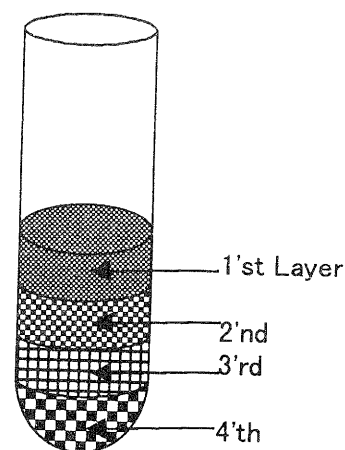


Fig 1. Division of Candiotia Clay

Table 1. Chemical composition of each Layer

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
1'st Layer	62.8	28.0	3.9	1.1	0.5	1.1	2.0	0.1	0.5
2'nd Layer	65.3	26.6	3.4	1.0	0.4	0.9	1.8	0.1	0.5
3'rd Layer	69.1	23.1	2.8	0.9	0.2	0.6	1.6	0.1	1.7
4'th Layer	77.9	14.8	2.0	0.9	0.1	0.4	1.6	0.1	2.2

Table 2. Mineral Composition of each Layer

Mineral	Clay	Quartz	Feldspar
1'st Layer	61	24	15
2'nd Layer	59	28	13
3'rd Layer	52	37	11
4'th Layer	33	57	11

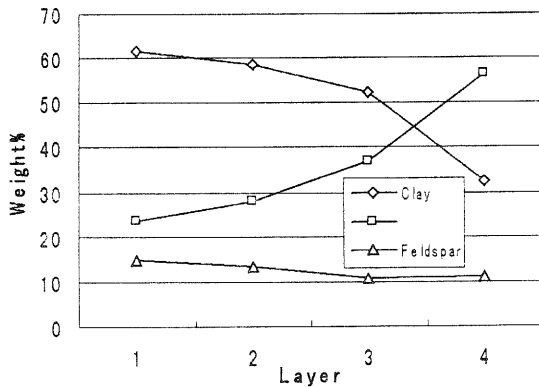


Fig 2. Mineral Composition of each Layer

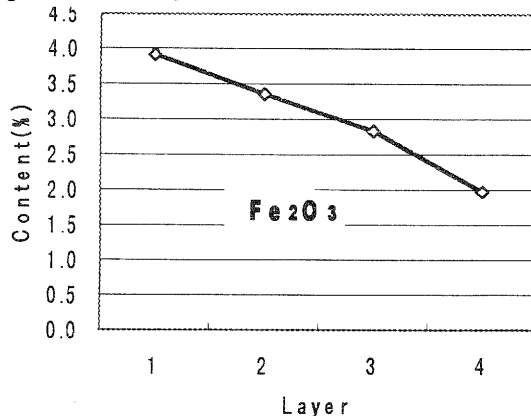


Fig.3. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Content in each Layer

分級試験の結果と考察

この結果から下層ほど SiO<sub>2</sub> と SO<sub>3</sub> が多いことが分かる。これは粗粒の石英と、比重の大きい FeS<sub>2</sub> が沈降したためと思われる。SO<sub>3</sub> が FeS<sub>2</sub> 起源のみとすると、当然比例して下層に Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が多くなると思われたが下層ほど Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が少ない。これは鉄分の少ない石英の比率が多くなったためである。上層ほど、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、K<sub>2</sub>O が多くなっている。上層は微粒の粘土で、鉄分を多く含むものと思われる。

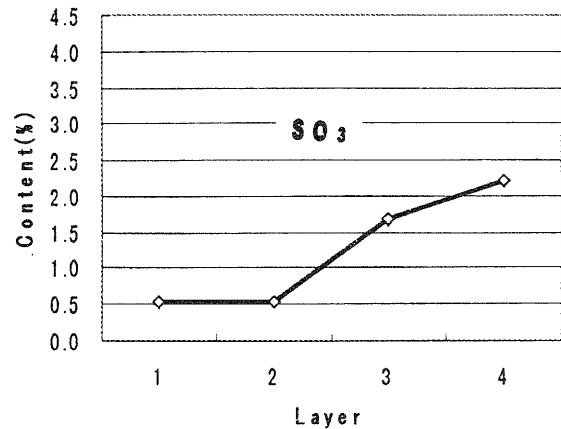


Fig.4. SO<sub>3</sub> Content in each Layer

X線回折結果も合わせて考えると含鉄雲母鉱物が多く存在すると思われる。

上層にも SO<sub>3</sub> がかなり存在することから、不溶性 FeS<sub>2</sub> とともに可溶性の硫酸塩がかなり含まれているものと思われた。これは上層部を乾燥すると塩類の結晶が観察されたことから推察された。

3-2 試験 (II) 粘土の水洗試験

可溶性塩類の種類と量を把握するために水洗の実験を行った。

乾燥粘土 100gr に蒸留水 200gr を加え超音波攪拌し泥漿にした。この泥漿を遠心沈降 (5,000rpm) させ上澄液を蒸発皿に取り分け 80 °C で蒸発乾固し可溶性塩類の量を計る。下部に沈殿した粘土に元の重量になるまで蒸留水を加え超音波攪拌して再度泥漿にする。これを再度遠心沈降させ、上澄み液を取り分け蒸発乾固する。この操作を 4 回繰り返して可溶性塩類の減りかたとその 4 回の合計量を求めた。その手順を Fig.5. に、結果を Table.3. および Fig.6. に示す。

水洗試験の結果と考察

一回目で約 60 % の可溶性塩類が抽出され、回数を重ねるごとにその量は減ってゆく。抽出液を蒸発乾固 (40 °C) したものの X 線回折結果を Fig.7. 示す。

これらの結果並びに熱分析、XRD、EDX 等の分析の結果より粘土中の硫黄分は不溶性化合物として FeS<sub>2</sub> が、可溶性硫酸塩としては NaAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O、Mg<sub>2</sub>

(Si,Al)8O<sub>20</sub>(OH)、Ca<sub>19</sub>(Al,Mg,Fe)11(Si 等の存在が確認できた。可溶性塩類の量は 4 回の合計で 753mg であり、これを全て NaAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>・6H<sub>2</sub>O として計算すると、おおよそ SO<sub>3</sub> 換算で可溶性塩類が 20 %、不溶性が 80 %と推定される。

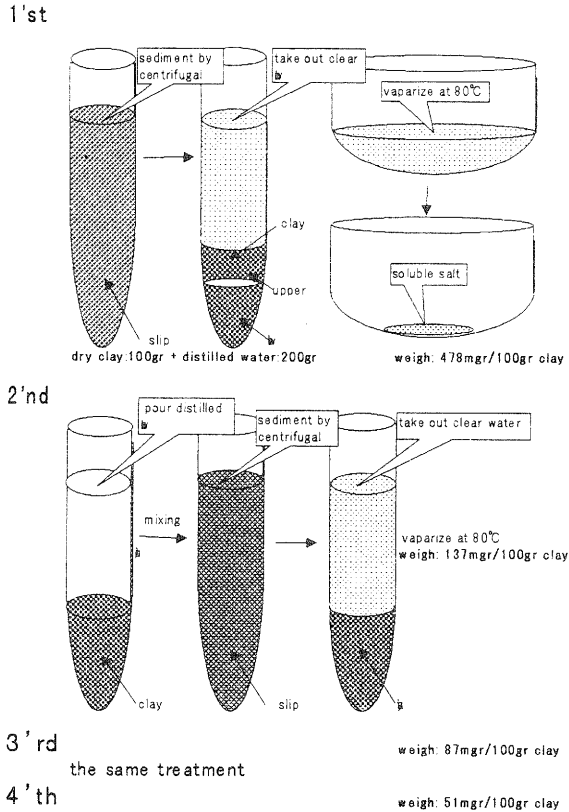


Fig 5. Washing treatment of Candiotia Clay

Table 3. Washing treatment of Candiotia clay su

The number of wash	Amount of soluble mg/100g·clay
1'st	478
2'nd	137
3'rd	87
4'th	51
<b>h</b>	<b>753</b>

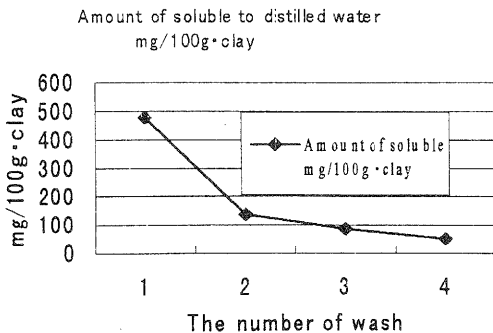


Fig 6. Amount of soluble to distilled water ( mg/100gr.cl:

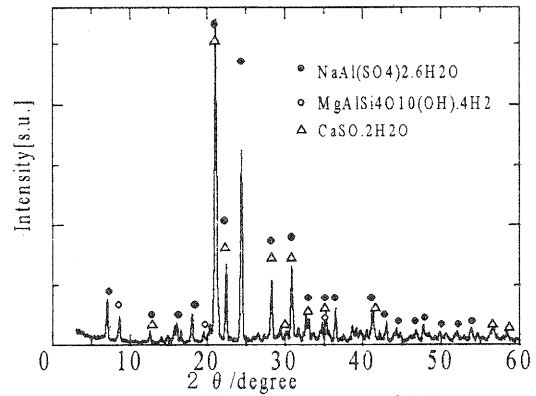


Fig.7. X-ray diffraction patterns of Salt extracted from Candiotia Clay

#### 4 精製分離の可能性について

不溶性の FeS<sub>2</sub> は比重が 5.1 と高いため沈降分離が可能であり、可溶性塩類は水洗処理が適している。これらを同時に効率的に行う装置として湿式サイクロンがある。既に現地 R S 州の CIENTEC において湿式サイクロンによる精製試験が試みられており、訪問した際に精製装置を見学し、担当の NELI 女氏と討議することができた。今後の検討課題は粘土と水の比率、および低水分比で粘性の小さい泥漿を調整するための分散剤の選択ということで意見が一致した。

しかしながら、建築用煉瓦用として安価に大量に提供されなければならない場合、現地での水事情や処理コストから考えると現実的ではないように思われる。確かにこの粘土は微細で可塑性にはすぐれているが精製して FeS<sub>2</sub> を除いたとしても総鉄分はそれほど少なくならず、白物用粘土として使えるまでにはならない。また pH が低すぎるため鑄込み成形にも向かないと考える。

#### 5 カジッオク挟炭層粘土の活用について

この大量の挟炭粘土を活用する一つの方法としてカジッオク石炭火力発電所から排出されるフライアッシュ (pH8.4 平均粒径 30 μ) との混合試験を行った。この試験は主に CRM のフェルナト・デ・メロ氏が担当したがここではその混合灰土の特性について 2, 3 の試験をおこなったので報告する。

### 5-1. 配合試験

この粘土単味でロクロ成形したところ乾燥キレを生じた。これは粘土分が多く、pH が低いことから可塑性量を多く必要とし、乾燥収縮が大きいためと思われた。そこで非可塑性原料としてカンジオッタ火力発電所から排出されるフライッシュ(FA)を混合する試験を行った。FAはアルカリ性(pH8.9)で、粒度も粗いため粘土の改質ができるものと考えた。

この混合粘土について pH 変化と乾燥強度について測定を行った。その結果を Table.6,7.と Fig.8.に示す。

Table 4 .Composition of mixed clay with flyash

Composition	clay %	flyash %
A	100	0
B	90	10
C	80	20
D	70	30
E	60	40

Table 5. pH of mixed clay & Bending stress of dry body

Composition	pH	bending stress
A	3.3	41.3
B	3.8	50.6
C	4.5	69
D	4.7	77.9
E	4.9	75.6

FAを調合することにより坯土のpHは上がり、乾燥強さも上がることを確認した。粘土の分散が良くなり可塑が向上した結果と思われる。

### 5-2. 焼成性状について

配合粘土の焼成性状をみるために熱分析(TMA)を行った。各調合坯土の TMA 結果を Fig.9.に示し、石英の転移温度 (573 °C)、最大膨張点、収縮開始点における膨張率及び、原点復帰温度 (°C) を Table.8.に示す。

Table 6. Expansion (%) of Cndiota Clay mixed with Fly ash

Sample	at 573 °C	at maximam Exp	at shrinkage point	zero Exp point (°C)
A	0.601	0.743	0.609	1004
B	0.587	0.703	0.58	999
C	0.5	0.586	0.468	979
D	0.486	0.561	0.455	981
E	0.471	0.526	0.448	978

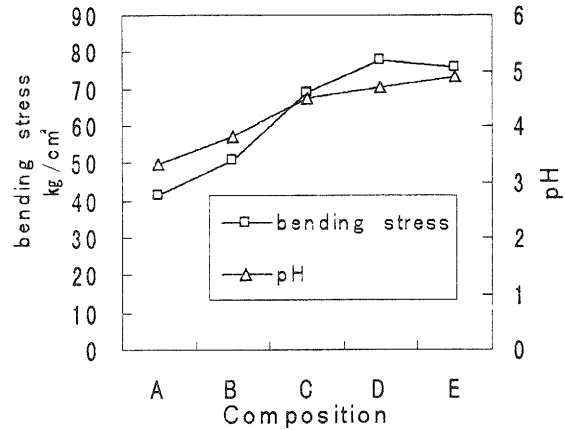


Fig 8. pH of mixed clay & Bending stress of dry body

FAの添加量が増えるに従い石英転移温度 (573 °C)における膨張と最大膨張は小さくなり、収縮開始温度と原点復帰温度が低下する。これはFAを添加することにより石英の割合が小さくなるとともに、石灰分が多くなり耐火度が低下するためである。

以上の試験結果からみて建材ブロック等の肉厚・大物の積み重ね焼成では、FAを30～40%配合した土を980 °C (原点復帰温度) 付近で焼成することが好ましい。

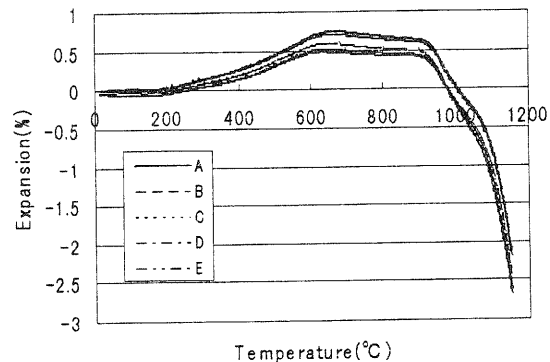


Fig.9. Thermodilatometric Analysis of Candiota Clay mixed with Fly Ash

### 5-3.焼成による硫黄分の変化について

坯土中の硫黄分は温度上昇とともに酸化され SOx としてガス化することにより減少する。それを確認するための試験を行った。

混合坯土Dについて 18 × 18 × 8mm の試料をつくり 500 °C ~ 1100 °Cまで 100 °Cおきに加熱、引き出して、その硫黄分(SO<sub>3</sub>)の変化量を測定した。その結果を Fig.10. に示す。

ここで L-0 は表面、L-0.5、L-1.0 は表面から 0.5mm、1.0mm 下の値である。

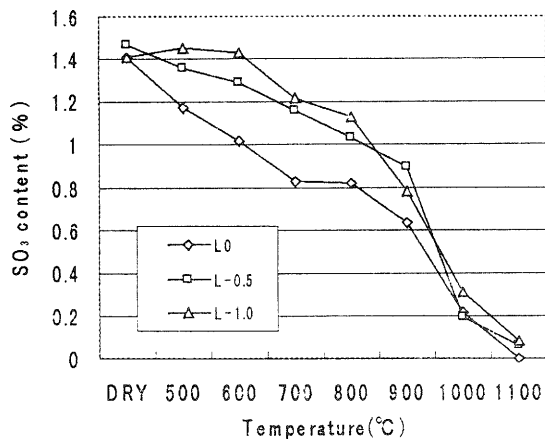


Fig 10. SO<sub>3</sub> content in calcined clay-D

この結果をみると 800 °Cまでに全体の 30%が徐々に減って行き、900 °Cを越えると急激に減少し、1100 °Cまでに殆ど焼失することが分かる

現地の平均焼成温度 900 °Cで焼成するとまだ 50%以上の SO<sub>3</sub> が残存することになり白華が起きる可能性が高い。この結果からみれば、大量の製品を焼成すれば大量の SOx 発生は避けられず、窯の構造や周辺環境を考慮しなければならないであろう。

### 6 その他の RS 州粘土及び RS 州の窯業について

州内の煉瓦、瓦、タイル工場を視察したが、その際採取した粘土や、カンジオッタ炭坑（露天掘り）で採取した粘土について基礎性状を測定した。その一覧を最終頁の Table.9. にまとめたので参照して頂きたい。

日本の粘土との大きな違いは細かいが結晶度の良いカクイであること、従ってカクイそのものの可塑性は日本のカクイと比較すると小さい。しかしイイ、メタ系の粘土鉱物が含まれることにより見掛けの可塑性は大きく感じられる。また淘汰が進んでいるため石英、長石等の石分は少なく細かいこと等がいえる。

ブラジルで最も窯業の盛んな地域は RS 州に隣接するサンタカタリーナ州で、ドイツ、イタリヤ、スペイン、中国の技術と資本

による食器、タイル、衛生陶器等の工場が多数進出し、国内市場ばかりではなく 25%を輸出するほどの一大産地を形成しているようである。

RS 州の窯業はそれほど盛んではなく地域の需要を満たす瓦、構造煉瓦、タイル等の工場が各地に点在していた。成形は土練機押し出しで行い、大きなホマン窯やトクリ窯で薪（ユーカ）を燃料とし 850 ~ 950 °Cで焼成していた。（ユーカは油分が多く成長も速やく、枝を切るとそこから 2 本の枝が伸びてくる性質をもっている）またある瓦工場では粉殻の吹き込みで 900 °Cまで上げているのをみて驚いた。労働力は余っている様で、どの工場もかなり数の人が重筋労働に従事しており、日本的な機械化、合理化は通用しないらしく、いわば再生産可能な窯業がなされていた。製品規格もあるらしいが、割れていなければ出荷してしまうといったおらかなものようである。

### 7 おわりに

州政府はカンジオッタ地域を南米四ヶ国（ブラジル、アルゼンチン、ウルグアイ、パラグアイ）による開発協定（メルコスル）の中心地として位置づけており、企業誘致による経済開発を指向している。その一つとして日本の窯業関連企業もぜひ進出してほしいとのことであった<sup>5,6,7)</sup>。

### 参考資料

- 1) RS 州出張報告：宮代雅夫(12/1997)
- 2) カンジオッタ粘土とフライッシュの混合試験：Fernand Dable De Mello (12/1998)
- 3) 微生物による地球表層の無機物の変換：山中健生 Inorganic Materials, Vol.4, jul.319-329 (1997)
- 4) 建築用セラミック材料：素木洋一 技報堂(1973)
- 5) リオ・グランデ・ド・スール州情勢概観：在ポルト・アレグレ総領事館
- 6) ブラジルの鉱山リスト：連邦鉱物資源研究所
- 7) カンジオッタ市の概要



Table 9-1. Fundamental Data Of The Samples

SampleNo.	試料名	地域・製品	50%径(μm)	pH	乾燥曲げkgf/cm	耐火度	主要鉱物
No. 1	カンジオッタ煖炭層粘土	カンジオッタ・用途開発中	4.5	2.5	41.3	sk20	K,I,Mo,Q,P
No. 2	フライアッシュ		29.65	8.9		sk13	Q,Mu
No. 3	カンジオッタ表層白		11.24	3.7			K,I,Q
No. 4	カンジオッタ表層ピンク		10.65	3.6	34.6		K,I,Q
No. 5	カンジオッタ表層赤		11.06	4			K,I,Q
No. 6	カンジオッタ表層黒		4.08	3.8	61.1		K,I,Q
No. 7	ウーリヤネグラ粘土	ウーリヤネグラ・煉瓦	5.08	8.1	74.6		K,I,Mo,Q
No. 8	ウーリヤネグラ砂		13.59	7.8			K,I,Mo,Q,F
No. 9	ヘロッタス可塑粘土	ヘロッタス・瓦	5.09	6.1	102.9		K,I,Q
No. 10	ヘロッタス弱可塑粘土		5.16	4.7			K,I,Q
No. 11	ハウルーシ可塑粘土1	京都ホルトアレグレ近郊・煉瓦	6.23	4.4	57.4		K,I,Q
No. 12	ハウルーシ可塑粘土2		4.65	3.9			K,O,F,I
No. 13	ハウルーシ可塑粘土3		8.54	3.6			K,I,Q
No. 14	ハウルーシ弱可塑粘土		5.65	4.7			K,I,Q
No. 15	ハウルーシ弱可塑粘土		13.91	4.7			K,I,Q
No. 16	ハウルーシ発色粘土		10.51	5.7			K,I,Q
No. 17	テコロリチチ顆粒		同上・タイル	7.2	8.1	51.7	

\*K:Kaolinite I:Illite Mo:Montmorillonite Q:Quartz F:Feldspar Mu:Mullite P:Pyrite

Table 9-2. Chemical Composition Of The Samples

Sample	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	lg.loss	SO <sub>3</sub>
No. 1	66.6	19.8	2.6	0.86	0.38	0.65	1.45	0.09	0.01	7.35	1.99
No. 2	66.1	21.1	5.42	0.89	32.33	0.92	2.38	0.198	0.069	0.42	0.44
No. 3	66.6	21.6	1.45	0.79	0.06	0.31	0.99	0.05	0.01	7.37	
No. 4	68	21.1	1.41	0.76	0.06	0.3	0.92	0.05	0.02	7.22	
No. 5	67.1	20.2	3.54	0.67	0.04	0.22	0.68	0.02	0.01	7.22	
No. 6	60.6	25.1	1.91	1.04	0.18	0.36	1.62	0.11	0.01	8.84	
No. 7	64.8	21.1	1.92	0.9	0.41	0.78	2.36	0.16	0.01	7.63	
No. 8	69.7	16.3	5.66	0.83	0.07	0.49	1.19	0.03	0.08	5.61	
No. 9	73.2	13.6	4.9	0.77	0.3	0.87	1.62	0.09	0.05	4.93	
No. 10	70.7	13.3	4.72	0.56	1.77	0.91	1.64	0.77	0.09	5.55	
No. 11	60.3	18.4	8.4	0.77	0.14	1.66	3.87	0.08	0.21	5.85	
No. 12	70.6	15.7	2.7	0.43	0.2	1.8	2.76	0.13	0.18	5.41	
No. 13	77.1	12.9	2.82	0.49	0.04	0.62	1.39	0.02	0.03	4.37	
No. 14	69.9	15.2	4.96	0.73	0.11	1.41	3	0.08	0.04	4.55	
No. 15	67.6	15.2	5.3	0.65	0.34	1.71	4.53	0.52	0.15	3.61	
No. 16	58.5	12.7	6.13	0.57	1.83	8.72	1.42	0.38	0.08	9.14	
No. 17	66.8	16	5.08	0.67	0.21	1.66	4.56	0.3	0.11	0.05	

# 技術開発報告

# 伝統産業彦根仏壇と現代デザインの融合化研究

山下 誠児\*  
Seiji Yamashita

面矢 慎介\*\*  
Shinsuke Omoya

要 旨 滋賀県彦根市は大型仏壇を主力とする仏壇産地である。近年、彦根仏壇業界は住宅事情などによる消費者ニーズに合わせた中型や小型仏壇の開発などを行ってきたが、年間55億円前後の売上高が続いており、伸びていない。職人の技術は高度で完成しており、商品としての価値は十分に備えている。では、なぜ売上げが伸びないのか。

本事業は、産学官およびデザイナーが連携することによって、彦根仏壇業界の抱える問題を抽出・解決し、仏壇業界の活性化を目的としている。

本年度はまず、産学官およびデザイナーが連携できる研究会“虹の匠研究会”を設置し、そこで彦根仏壇のプロモーションの拠点ともいえるべき“仏壇館構想”を提案した。また、消費者ニーズの把握のためアンケート調査を行い、さらに仏壇館構想実現のために、彦根市商店街空き店舗調査を行った。

## 1 まえがき

彦根仏壇は大型の仏壇を主力としており、業界全体で年間約55億円の売上げがあるが、近年はそれを前後に横ばい状態である。

今、高齢者の核家族化、少子化、団地・マンションという生活スタイル、先祖を奉るといった慣習の薄れといった消費者のライフスタイルの変化により、仏壇の業界も転換期にあると考えられる。

このことは業界に携わる人々も危惧し、売れ筋商品の見直し試作、また六華壇という小型の新型仏壇を製作するなど意欲的に活動してきた。しかし、大きな成果を得られないままである。

多くの伝統産業といわれるものはそのほとんどが縮小を余儀無くされており、拡大・飛躍するには業界自体が十分余力のある今こそ、その時期だと考えられる。

この事業の目的は仏壇業界の活性化である。産業の活性化にデザイナーやコーディネーターが関与することは珍しくなく、将来の生活文化、高齢化社会や福祉、さらには環境に対応した業界づくりも、例外ではない。

デザインというカンフル剤で仏壇業界がこれまで培ってきた技術を活かした（新仏壇を含めた）新商品・手法を模索し、仏壇業界の活性化はもとより彦根市全体の活性化につながる提案を行うことも視野に入れている。

本年度は研究会を設置することで、仏壇業界とデザイ

ナーが連携でき、また新商品開発および新事業の活動において必要な情報を入手できる体制を整備し、この研究会で事業の方向性を検討した。

## 2 虹の匠研究会

### 2.1 研究会構成メンバー

まず、デザイナーと仏壇業界、大学、公設試が連携するための中核となるべき研究会“虹の匠研究会”を設置した。その構成メンバーを表1に紹介する。

表1. 研究会構成メンバー

伊藤 晃	組合青年部部長
面矢慎介	滋賀県立大学
岸本光史	組合青年部副部長
筒井安正	県内デザイナー
寺島晴明	県内デザイナー
寺村 勇	組合販路拡大委員長
平澤 逸	総合センター技術相談役
舟越幸雄	伝統工芸士会副会長
山下誠児	県工業技術総合センター

組合=彦根仏壇事業協同組合

### 2.2 研究会議事

研究会では、彦根仏壇業界の活性化に必要な具体策について検討し、その方法として次のことが上がった。

1. 業界アイデンティティーの確立（C I計画）
2. 現状技術を利用した新産業の創造

\* 滋賀県工業技術総合センター技術第二科

\*\* 滋賀県立大学人間文化学部生活文化学科助教授

3. 新しい仏壇の提案
4. 仏壇館の設置（仮称）
5. 上記活動をするための事業補助金の獲得
6. アンケート調査による市場把握

第三者の視点から彦根を見る時、お城や城下町を思い浮かべることはできるが、“彦根＝仏壇”をイメージすることができない。それは、彦根の中心部に集客性・話題性・収益性のある“仏壇をプロモーションする拠点”がないことに原因があると考えた。

そこで、仏壇をプロモーションする拠点を整備する“仏壇館構想”を主テーマに定め、その中でCI活動、新産業および新しい仏壇の提案などにより構想を実現させる方向に焦点を絞った。

平成10年度はアンケート調査、彦根商店街空き店舗調査など9回の研究活動を行った。その議事内容を表2に示す。また、議事録を別添1に彦根仏壇事業協同組合総会での説明資料を議事録の代りとして別添2に、それぞれ添付する。

さらに、研究会の風景、彦根仏壇製造行程である七職の見学風景、彦根商店街の空き店舗調査の風景を写真1～3に紹介する。

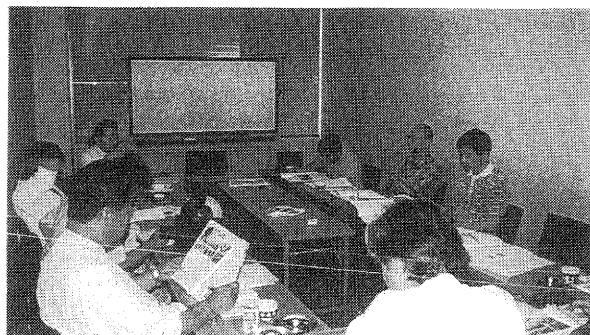


写真1 研究会風景（左上が講義中の山口氏）

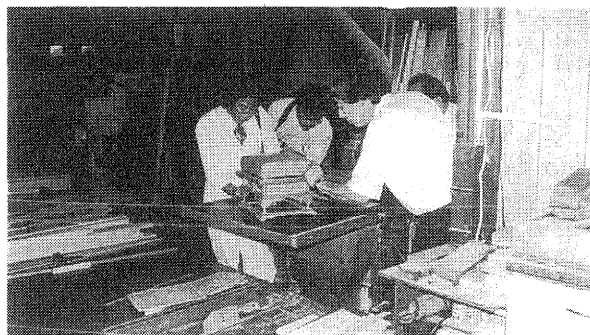


写真2 七職の見学風景

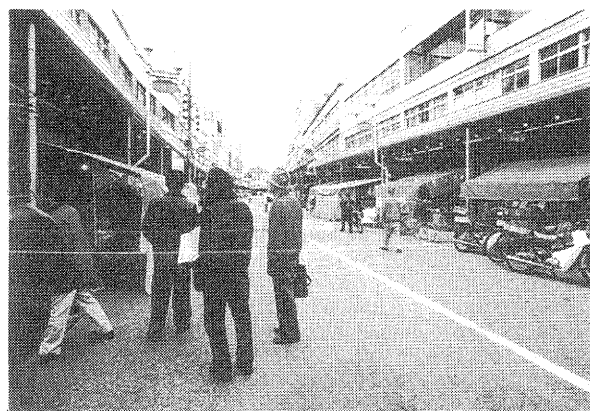


写真3 彦根商店街の空き店舗調査の風景

表2. 研究会議事内容

平成10年6月24日	研究連携推進事業の概要説明。
平成10年7月10日	GK道具学研究所所長、山口昌伴氏を招いて、道具学の講義を行う。 「虹の匠研究会」名称決定。
平成10年9月17日	第17回彦根仏壇展の企画提案。
平成10年10月9日	研究会テーマの検討。 彦根仏壇展の進捗状況。
平成10年10月26日	研究会テーマの検討。
平成10年11月2日	仏壇館構想について彦根仏壇事業協同組合の理事会に説明。
平成10年11月21日	彦根商店街、空き店舗調査。 彦根仏壇展にてアンケート調査。
平成10年12月4日	彦根仏壇事業協同組合の総会で仏壇館構想および研究会の方針について説明。
平成11年3月18日	彦根本町日郵便局の見学。 研究会の来年度体制について。

### 3 アンケート

#### 3.1 調査内容

平成10年9月17日の研究会で、11月21日に開催される彦根仏壇展での入場者アンケート調査を提案した。アンケートに用いた調査票を別添3に示す。

アンケートでは以下の調査を行った。

1. 年齢・性別による仏壇所有の体系
2. 仏壇を所有（購入）したきっかけ
3. 仏壇の設置場所
4. 仏壇の使用頻度
5. 仏壇の使用目的
6. 仏壇を所有しようとする意思の有無
7. 購入する場合の予算

- 8. 仏壇を所有しない理由
- 9. 仏壇のイメージ

### 3.2 データベース化

アンケートの回答数は202になり、予想以上の回答があったため、データベースソフト（クラリス社ファイルメーカー）を使用し、データベース化を試みた。図1にその画面を示す。

これによって複数条件の検索が可能になり、将来、アンケートのデータ数が増えれば、より正確な消費者ニーズが把握できると考えられる。

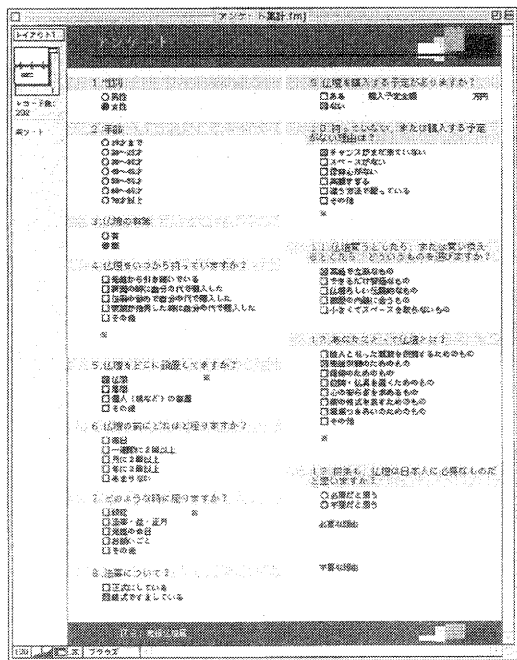


図1. データベース/アンケート入力画面

### 3.3 調査結果

アンケート回答者の内訳は、男性が60歳代一番多く、次に50歳代女性が多かった。夫婦での回答があったと思われ、これは、この年代の夫婦が仏壇を購入する可能性が大きいと考えられる。図2に示す。

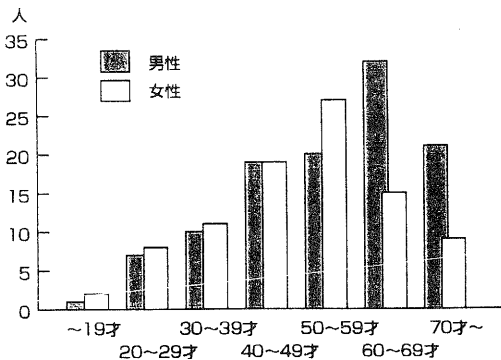


図2. アンケート回答者内訳

「仏壇を持っていますか？」の問に対して78%が持っていると回答した。図3に示す。

「仏壇は日本人に必要なものか？」の問に対して92%が必要だと感じている。図4に示す。

今回は仏壇展示会の入場者に行った調査であるため、幾分偏った結果が出たものと思われるが、回答者の9割が仏壇の必要性を感じている。

また、仏壇を購入する時、約半数が仏壇らしい伝統的なものを選択するであろうことがわかる。

さらに、仏壇とは先祖や故人を供養し、心の安らぎを得ることのできるものであると考えられていることも明らかになった。（その他の結果を別添4に示す。）

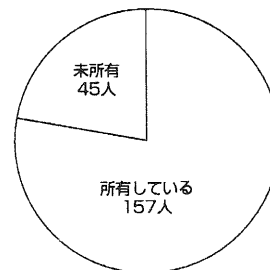


図3. 仏壇を所有について

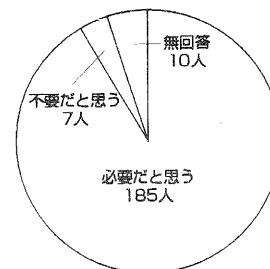


図4. 仏壇の必要性について

## 4 仏壇館構想

### 4.1 仏壇館とは

ここで提案する仏壇館とは、①仏壇プロモーションの拠点になる館、②仏壇製造技術の七職を集大成した館、③精神的ゆとりをもたらす館と考えている。その表現手法は次のようなことである。

1. 新産業の創出による表現
  - (1) 現状技術を利用した新製品の開発および商品化
  - (2) 社会ニーズに適応した仏壇デザインの提案
  - (3) 産学官連係による新産業の創出
  - (4) ローコスト製品の提案
  - (5) 新仏壇およびその他新商品の販売
  - (6) 飲食施設
2. コミュニティ施設による表現
  - (1) リラゲゼーションシステムルームの設置
  - (2) 仏壇という伝統産業の展示
  - (3) 新製品ギャラリーの設置

- (4) レジャーファクトリー（体験工房）の設置
- (5) アミューズメントスペースの設置
- (6) イベントの提案

### 3. インキュベータとして利用

- (1) 伝統工芸の継承
- (2) 伝統技術を生かした試作品の研究
- (3) 伝統技術を生かした開発型産業の振興
- (4) 起業家育成

## 4.2 彦根商店街空き店舗調査

研究会の主テーマ（仏壇館の設置による活性化）が決まる頃、「中心市街地における市街地の整備改善及び商業等の活性化の一体的推進に関する法律」による彦根中心市街地商店街を整備する事業の情報を入手することができた。

研究会では、仏壇館を一から設置するよりも空き店舗を改装利用した設置がより現実的であると考えた。また彦根市と仏壇業界、商店街の共同事業に展開できた場合、上記事業補助金獲得の可能性も視野に入れており、それらを前提に空洞化の進む商店街の空き店舗調査を開始した。

しかし、商店街の本通りに面した空き店舗には、仏壇館を設置できる適当な物件が見つからなかったため、範囲を裏通りまで広げ、さらに調査を進めた。

## 4.3 設置場所の選定

調査の結果、夢京橋商店街付近の旧郵便局（彦根本町郵便局隣 写真4）を仏壇館を設置できる場所として、仮選定した。選定した理由を以下に上げる。

1. 彦根城前の観光スポット、夢京橋商店街に近いこと
2. コンセプトを同じとする、旧建築物を利用した博物館「俳遊館」に近いこと、観光としての宣伝などに相乗効果が見込まれること（写真5）
3. 夢京橋商店街と俳遊館を結ぶ導線上に位置すること
4. 夢京橋商店街から俳遊館まで道路が既に整備されていること



写真4 彦根本町旧郵便局

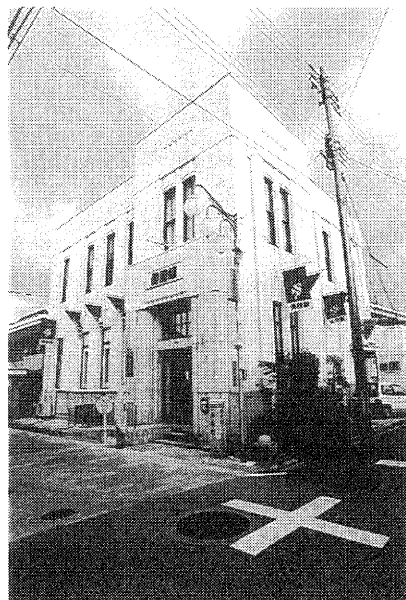


写真5 俳遊館

## 4.4 11年度の課題

平成11年度は、旧郵便局を使用した場合の仏壇館構想の青写真作成を目指す、次の課題が残されている。

1. コンセプト設計
2. 仏壇業界の意識統一
3. 開設資金の調達
4. 自主運営方法の検討
5. 仏壇館のテーマに合った新商品の提案
6. 研究会の体制強化

## 5 まとめ

本年10年度は虹の匠研究会を設置し、仏壇業界とデザイナーの連携できる体制を作った。その研究会で、彦根仏壇の宣伝効果と活性化の方法に仏壇館構想を掲げ、論議を進めてきた。

来年11年度は、仏壇館構想をより実現可能な提案にするため、研究会の人員を補強し、場合によっては研究会とは別の実行委員会を設置、さらに開設資金の調達や運営方法まで検討する。

## 謝辞

研究連携推進事業を遂行するにあたり、ご協力いただいた彦根仏壇事業協同組合事務局と組合員の皆様、虹の匠研究会の皆様および彦根市産業部商工課の棚池様、彦根商工会議所の安達様に感謝します。

ならびに研究会にご参加いただいたGK道具学研究所所長の山口昌伴様、アンケート調査にご協力いただいた面矢研究室の皆様に感謝します。

## 虹の匠研究会 議事録 1

### ■日時

平成10年6月24日(水) 15:00～

### ■場所

彦根商工会議所3F 第1研修室

### ■出席者

面矢慎介(滋賀県立大学)  
筒井安正(デジタルソリューション(株))  
寺島晴明((株)システムエイト)  
平澤 逸(特別技術相談役)  
寺村 勇(寺村仏壇店)  
船越幸雄(漆芸美術蒔絵師堂)  
伊藤 晃((株)伊藤仏壇)  
岸本光史((株)岸本商店)  
北川  
松川 進(滋賀県工業技術総合センター)  
山下誠児(滋賀県工業技術総合センター)(順不同)

### ■内容

#### 【あいさつ】

松川科長よりあいさつ

#### 【委員の紹介】

各委員及び出席者の紹介を行った。

#### 【研究連携推進事業の概要説明】

#### 1. 目的

- デザイナーと仏壇業界が連係できる環境を整備する。
- 彦根仏壇業界の(より以上の)活性化に重点を置く。
- 未来型仏壇の提案。(現段階では予定のため、変更有り)

#### 2. 事業内容

○研究の一部を滋賀県立大学面矢先生へ依託  
現代社会の仏壇の役割、研究会の内容を踏まえて、将来の仏壇像についてレポート。  
○研究会の設置。(産学官交流)  
仏壇について再検討し、当事業の方向性を定める。

例えば、

- ①彦根仏壇の販売実績(売上高、販売ルート)の把握
- ②彦根仏壇の商品体系(価格帯を含む)の把握
- ③彦根仏壇の購入者(家族体系、販売地域など)の把握
- ④仏壇のある生活様式と仏壇のない生活様式(歴史と生活文化など)
- ⑤①～④の結果から問題点、テーマの抽出
- ⑥研究会で製品計画(アイデア展開)
- ⑦彦根仏壇の企業による製品試作(試作料を支払う)
- ⑧新しい販売網の開拓
- ⑨新商品販売促進のため、宣伝活動(CF、キャッチコピー、商品パンフレットなど)

#### 3. 将来への期待

- 売筋仏壇の商品イメージ強化。
  - 新仏壇の提案。(例えば未来型仏壇など)
  - 売り上げ増加。(購買層の拡大)
  - 新販路の開拓。
  - マーケティング戦略のノウハウ修得。
- 以上の説明を行った。

#### 【今後の予定と研究の進め方、他】

○第1回目の研究会を行う。  
日時 平成10年7月10日(金) 14:00～  
場所 彦根(未定)  
内容

1. GK道具学研究所 所長 山口昌伴氏を向かえ、座談会形式で道具学と仏壇について語る。
2. 見学会

#### ○研究会名称について

この会議は予備会議のため名称は決まっておらず、次回の第1回の研究会で案を持ちより決定することとした。

#### 【自由討論】

デザイナーと仏壇業界の理解を深めるため、各委員の考えを述べた。以下の意見があった。

1. (二極文化)  
全国展開を行う上で彦根仏壇も転換期(?)にある。
2. (六華壇)  
以前青年部で持ち運びできる都市型仏壇を試作した。(マーケット調査を行わなかったため失敗と言える。)
3. (合取壇)  
床の間と仏壇の間隙間をうめる仏具を商品化している。(商品価値が非常に高い)
4. 一般商品でいう、リピーターが少ない。(ほとんではない)
5. 仏壇展による情報発信の強化が必要ではないか。(各産地持ち回りで2年に1回、仏壇展を行っている)
6. 住宅展示場での仏壇展示を行って、多くのエンドユーザーに見てもらおう。

## 虹の匠研究会 議事録 2

### ■日時

平成10年7月10日(金) 14:00～

### ■場所

彦根七曲り、岸本仏壇  
彦根商工会議所3F 第1研修室

### ■出席者

面矢慎介(滋賀県立大学)  
筒井安正(デジタルソリューション(株))  
寺島晴明((株)システムエイト)  
平澤 逸(特別技術相談役)  
寺村 勇(寺村仏壇店)

## 別添1-2

船越幸雄（漆芸美術蒔絵師堂）  
岸本光史（（株）岸本商店）  
北川  
松川 進（滋賀県工業技術総合センター）  
山下誠児（滋賀県工業技術総合センター）（順不同）  
山口昌伴（GK道具学研究所）  
金氏（滋賀県立大学 学生）

### ■内容

#### 【見学】

七曲り（金属加工、金箔、木工）、岸本仏壇（組立て）

#### 【講義】

GK道具学研究所所長、山口昌伴氏より道具学会の概要について説明を受けた。また、スライドを交えながら道具の概念について講義された。

#### 【委員会の名称】

- ①虹の匠研究会（虹研）  
七職→七色→虹
- ②夢仏壇研究会（夢研）
- ③We think 彦根 Buddhist
- ④Dream B21
- ⑤未来住宅研究会

以上の案の中より①虹の匠研究会に決定した。

#### 【今後の予定と研究の進め方、他】

事務局で今後の研究会の開催日等を検討し、連絡する。

## 虹の匠研究会 議事録 3

### ■日時

平成10年9月17日（木） 14:00～

### ■場所

彦根商工会議所3F 第1研修室

### ■出席者

面矢慎介（滋賀県立大学）  
筒井安正（デジタルソリューション（株））  
寺島清明（（株）システムエイト）  
寺村 勇（寺村仏壇店）  
船越幸雄（漆芸美術蒔絵師堂）  
岸本光史（（株）岸本商店）  
山下誠児（滋賀県工業技術総合センター）（順不同）  
北川氏（仏壇事業協同組合）

### ■内容

#### 1. 仏壇展示会の企画、アイデア検討

11月19日～23日にビバシティで第17回彦根仏壇展を行う。目的は販売促進であるが、半分は「おつきあい」程度で出展している企業もあり、イベント内容がマンネリ化傾向にある。この仏壇展は彦根産地の企業が一同に会するイベントであり、他の仏壇産地では行われていない彦根特有のイベントである。（一日700人程

度の入場者がある。）

昨年、広報活動は以下のことを行っている。

1. 新聞に広告掲載（50万円）
2. チラシ5万枚（50万円）
3. ポスター200部（6万円）
4. ポケットティッシュ3千個

これらを踏まえて、検討を行った。

1. 広報活動では、彦根産地特有のイベントであることを明記する。
2. 身内を誘い、会場に人が多く入っているようにする。
3. 集客のため、目玉になるイベント（無料セミナー）を行う。
4. 仏壇の相談コーナーを作り、買替え、御洗濯、特別オーダーなどの相談を受ける。
5. 相談コーナーの近くに休憩場所を設け、相談コーナーへの「人の流れ」を作る。
6. テーマ・目的別に仏壇を展示する。（人の流れを観察し、その人が欲しいと思う商品を把握する）
7. 効果的なBGMをながす。
8. アンケートを行う。

#### 2. 研究会の今後

虹の匠研究会の方向について以下のことを提案し、次回検討することにした。

1. 新しい仏壇の提案
2. 現状技術を利用した新産業の創造
3. CI計画（業界アイデンティティーの確立）
4. 彦根仏壇館の設置
5. 業界把握のため滋賀県の工業統計調査を調べる。

### ■次回

○第3回「虹の匠研究会」開催日程

10月9日（金）17:30～

## 虹の匠研究会 議事録 4

### ■日時・場所

平成10年10月9日（金） 17:30～ 彦根商工会議所3F 第1研修室

平成10年10月26日（月） 13:00～ 彦根商工会議所3F 第2研修室

### ■出席者

面矢慎介（滋賀県立大学）  
筒井安正（デジタルソリューション（株））  
寺島清明（（株）システムエイト）  
平澤 逸（特別技術相談役）  
寺村 勇（寺村仏壇店）  
船越幸雄（漆芸美術蒔絵師堂）  
岸本光史（（株）岸本商店）



山下誠児（滋賀県工業技術総合センター）  
棚池 薫（彦根市産業部商工課）  
安達 昇（彦根商工会議所）  
北川 （彦根仏壇事業協同組合）（順不同）

#### ■内容

##### 1. 仏壇展示会準備の進捗状況

1. テーマを「暮らしの中の彦根仏壇展」
2. 仏間、床の間を設置し、その中に相談コーナーを設ける。
3. セミナーは、今回は見送りする。
4. 仏壇に関するビデオを映す。
5. 体験コーナーを設ける。

##### 2. 研究会のテーマ検討

前回以下のような意見があった。このことについて更に検討を行った。

1. 新しい仏壇の提案
  2. 現状技術を利用した新産業の創造
  3. C I計画（業界アイデンティティーの確立）
  4. 彦根仏壇館の設置
  5. 業界把握のため滋賀県の工業統計調査を調べる。
- 2回に渡って、空き店舗を利用して仏壇がテーマの商店街（地域）を作りを検討してきた。提案先は彦根市で、この提案を元に「中心市街地における市街地の整備改善及び商業等の活性化の一体的推進に関する法律」による各種事業補助金を獲得する。
- その前に、仏壇業界の理解を得るために、仏壇組合の役員会に提案する。（11月2日）

##### 3. アンケート調査

11月21日（土）、彦根仏壇展に合わせてアンケート調査を行う。調査内容についてはFAXやメール等で情報を交換しながらセンターでまとめ作成する。

#### ■次回

○第5回「虹の匠研究会」開催日程

11月21日（土）10:00～

#### ■内容

1. 彦根仏壇展見学（ビバ・シティ）
2. 空き店舗調査
3. アンケート調査

## 虹の匠研究会 議事録 5

#### ■日時

平成11年3月18日（木） 13:00～

#### ■場所

彦根商工会議所および商店街

#### ■出席者

面矢慎介（滋賀県立大学）  
筒井安正（デジタルソリューション（株））

寺島晴明（（株）システムエイト）  
寺村 勇（寺村仏壇店）  
山下誠児（滋賀県工業技術総合センター）（順不同）

#### ■内容

##### 1. 研究の最終型

仏壇館構想を提案することで終了する。以下に上げる3点は仏壇館を作る上で必要なことであり、それぞれ単体として考えるのではなく、密接に関係しながら押し進めて行きます。

- ①コンセプトからスケッチまでの新しい仏壇の提案。
- ②仏壇館開設のため仏壇産地の意識統一。（C I）
- ③自主運営するための方法を検討する。（利益を追求する）

##### 2. 来年度、研究会体制について

研究遂行のため研究会メンバーの充実を図る必要がある。

- ①仏壇館のイメージを図面にするため、建築設計のできる人。（1人）
- ②仏壇産地の意思統一および研究会との連絡調整のため、業界の実動中心人物。このままでダメだという問題意識のある人物。（仏壇業界関係者2～3人）

##### 3. 仏壇館設置場所（仮）

彦根本町郵便局の見学。同郵便局長、小川洵氏に案内してもらった。これまでに彦根市からの建物賃貸契約を断っている。仏壇館設置の際、貸してもらえ可能性は低いと思われる。（持主が局長の父親）

##### 4. その他意見

○12月4日のプレゼンテーションは上手くでき過ぎていた。仏壇組合は、コンサルタント会社が提案しているような感じをうけたと言っている。（提案だけしてさよならパターン）

○プレゼンしたにも関わらず、仏壇を並べるイメージから逃れられない。

○プレゼンされた人の半分は無関心であった。4分の1が将来の問題点について意見を述べ（実現が難しいと考えている模様）、4分の1が建設的意見を述べられた。仏壇展を企画・運営した人は何らかの興味を示していた模様。

##### 5. 構想実現にあたって

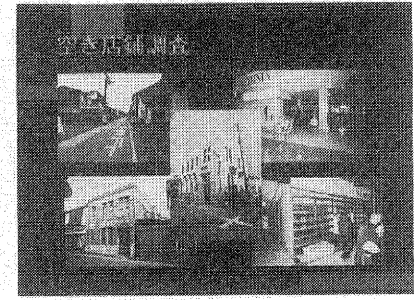
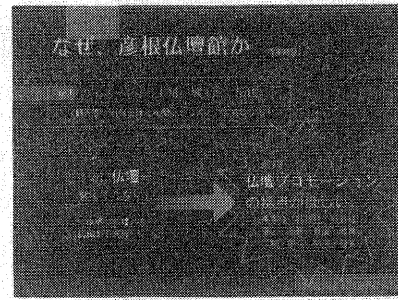
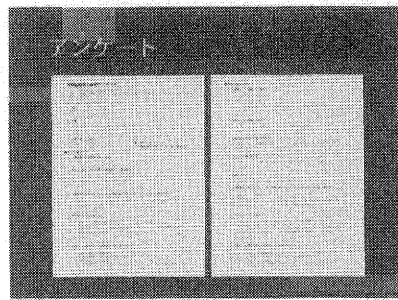
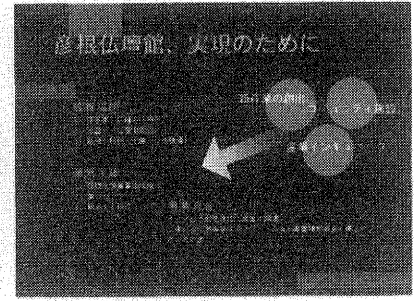
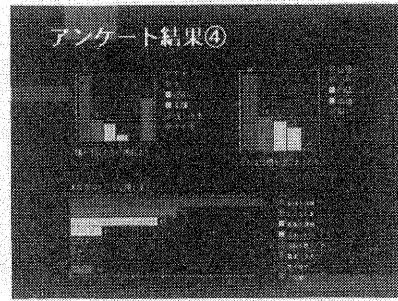
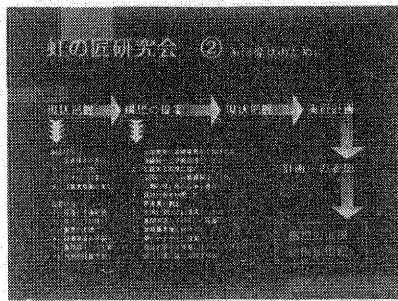
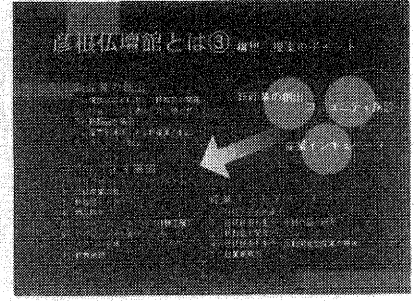
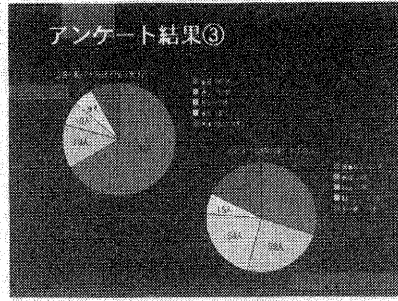
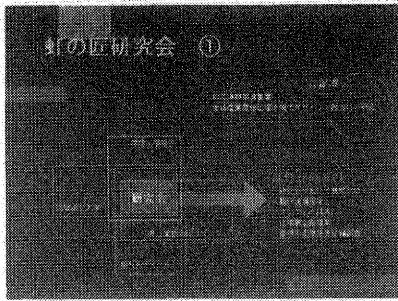
○コンセプト設計を十分行う必要がある。

○仏壇館での製造販売など運営面の取組み。（運営資金を作り出す必要がある。）

○研究会とは別に実行委員会の設置。時期は6月。委員会開設時5～6名。仏壇館設置運営時には8名以上。仏壇館構想に賛同する仏壇業者および商店、その他の企業。

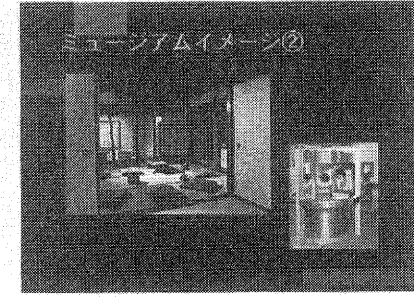
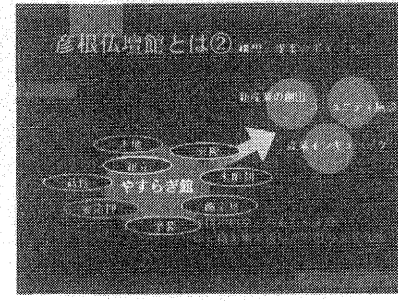
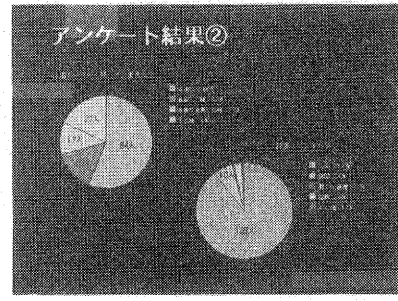
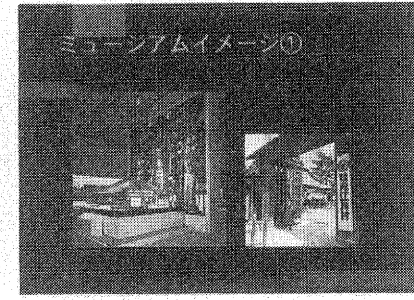
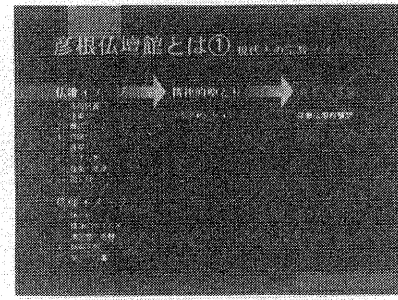
○仏壇館開設にあたっての出資方法として、会員制の平等出資とするとよいのでは。

彦根仏壇事業協同組合総会での説明資料



アンケート結果①

性別	年齢	職業	収入	仏壇の有無	仏壇の場所	仏壇の大きさ	仏壇の素材	仏壇のデザイン
男性	7	10	12	22	24	21	13	15
女性	8	11	13	23	25	22	14	16



## 彦根仏壇展入場者アンケート

「くらしの中の彦根仏壇展」へご来場、誠にありがとうございます。  
わたくしどもは、皆様に満足いただける仏壇・仏具をご提供できる様、ご来場者にアンケートの協力をお願いしております。

以下の項目で、該当するものを○で囲んでください。

### 1. 性別

男       女

### 2. 年齢

~19才       20~29才       30~39才       40~49才       50~59才  
 60~69才       70才~

### 3. 仏壇を持っていますか？

有       無

●（あると答えた方）  
仏壇を持っておられる方は、裏面に。

### ●ないと答えた方

### 4. 仏壇を購入する予定がありますか？

有（予算      万円くらい）       無

### 5. 持っていない、または購入する予定がない理由は？

チャンスがまだ来ていない       スペースがない       信仰心がない  
 高額すぎる       違う方法で祀っている  
 その他（      ）

### 6. 仏壇を新たに買うとしたら、または買い換えるとしたら、どういうものを選びますか？

高価で立派なもの       できるだけ安価なもの       仏壇らしい伝統的なもの  
 部屋の内装に合うもの       小さくてスペースを取らないもの

### 7. あなたにとって仏壇とは？

故人となった親族を供養するためのもの       先祖供養のためのもの  
 信仰のためのもの       位牌・仏具を置くためのもの       心の安らぎを求めるもの  
 家の格式を表すためのもの       親戚つきあいのためのもの  
 その他（      ）

### 8. 将来も、仏壇は日本人に必要なものだと思いますか？

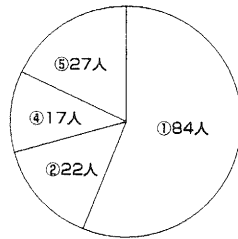
必要だと思う、その理由を。（      ）  
（例ー信仰心はなくなるらない、重厚感がある、仕上げが美しい、伝統美で良い、など）  
 不要だと思う、その理由を。（      ）  
（例ー信仰心が薄れていく、大きすぎる、大袈裟すぎる、古いイメージがある、現在の住宅事情に合わない、など）



アンケートの結果

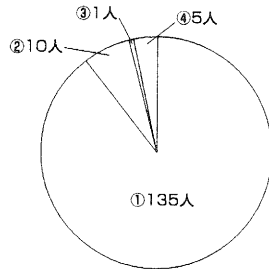
仏壇をいつから持っていますか？

- ①先祖から引きついでいる
- ②新築の時に購入した
- ③住職の勧めで購入した
- ④家族が他界した時に購入した
- ⑤その他



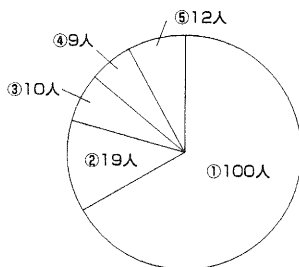
仏壇をどこに設置していますか？

- ①仏間
- ②居間
- ③個人の部屋
- ④その他



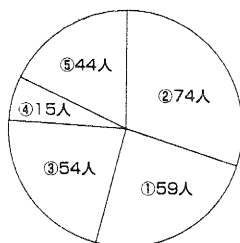
仏壇の前にどれほど座りますか？

- ①毎日
- ②週に2回以上
- ③月に2回以上
- ④年に2回以上
- ⑤あまりない



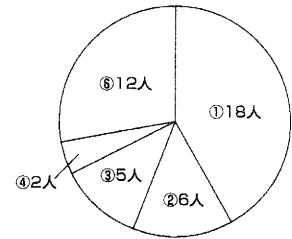
どのような時に座りますか？

- ①読経
- ②法事
- ③先祖の命日
- ④お願いごと
- ⑤その他



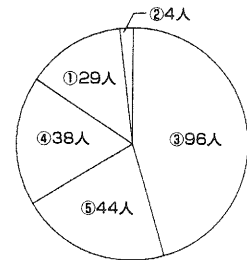
購入予定がない理由は？

- ①チャンスがまだ来ていない
- ②スペースがない
- ③信仰心がない
- ④高額すぎる
- ⑤違う方法で祀っている
- ⑥その他



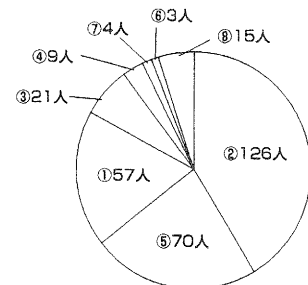
買換えまたは買うとしたらどんな仏壇を選びますか？

- ①高価で立派なもの
- ②できるだけ安価なもの
- ③仏壇らしい伝統的なもの
- ④部屋の内装に合うもの
- ⑤小さくてスペースをとらないもの



あなたにとって仏壇とは？

- ①故人となった親族を供養するためのもの
- ②先祖供養のためのもの
- ③信仰のためのもの
- ④位牌・仏具を置くためのもの
- ⑤心の安らぎを求めるもの
- ⑥家の格式を表わすためのもの
- ⑦親戚付き合いのためのもの
- ⑧その他



## 暮らしの陶製品の開発研究(Ⅱ)

(暮らしの陶製品 '98)

高井隆三 福村 哲 西尾隆臣  
高畑宏亮 大谷哲也 ※穴風光恵  
※囑託

**要旨** 現代の住環境のなかで使われる生活用品について、ゆとりややすらぎ、心の癒しを感じさせる親しみのあるモノや世代を越えて誰にも使いやすいユニバーサルなモノづくりが求められている。今年度の製品開発はこれらのコンセプトに沿って試作提案を行った。

### まえがき

県内陶器業界、とりわけ信楽陶器産地の現況については、国内全般に渉る消費不況の影響が大きく住宅関連資材のタイルをはじめ、一般生活陶器製品の不振が続いている。こうした状況を抜け出すためには、消費意欲を引き出す新製品の開発が不可欠となっている。

また、生活環境を取り巻く状況では環境問題、高齢化問題が一段とクローズアップされ、これらのキーワードぬきには、商品開発も成り立たない状況ともなっている。

今年度の製品開発についても、新素材や新技術を活用した一般陶器をはじめ福祉関連と高齢化対応の陶製品も含めて試作提案を行った。

☆

### 1. 開発テーマ

暮らしの陶製品 '98

—快適生活術の提案—

### 2. キーワード

・ゆとり ・やすらぎ ・優しさ ・癒し

### 3. ターゲット

一般住宅

### 4. ティスト

・素材感 ・シンプル

### 5. 機能的要素

・軽量 ・高強度 ・耐熱性

### 6. 開発アイテム

一般住宅環境で使われる陶製品の開発を目的に、誰もが使いやすく生活に潤いを与えてくれるモノ、また新しい素材を活用し、斬新な発想、アイデアの陶製品を次の3つの部門で試作提案を行う。

#### ○バリアフリー対応製品

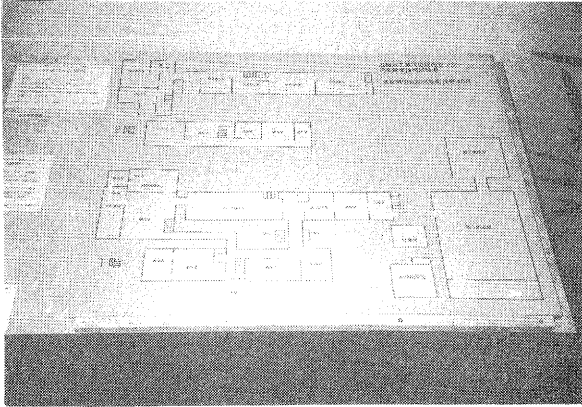
一般健常者も視覚障害者にも受け入れられる点字入り陶製案内板を製作した。これまでは樹脂や金属製の点字しかなく高価格のもので、摩耗や腐食により耐久性も低く、無機質なイメージのものが多かった。陶板一体成型で絵付けによる加飾も可能な点字陶板の開発が可能となり、耐久性も向上し建築物との調和も図れることで需要の拡大が見込めることとなった。9年度からの開発であったが今年度は産地組合に技術移転を行い、県内公共施設への設営が実現した。点字表札については個人用に開発したものである。

また、高齢化に対応した住設器具の開発も行ったが、これは陶器の素材感を活かし、また機能的にも高齢者に使いやすいことを重点に試作したものである。

#### 試作品

・点字案内陶板	1点
・点字表札	4 "
・陶製ドアノブ	10 "
・ " 手摺り	9 "
・らくらく台(靴脱ぎ台)	8 "

・点字案内陶板 830×650×20mm



点字一体成形のレリーフ陶板。素地と点字の大きさ、また絵付け技法による加飾等の改良を行った。業界への技術移転を行い、県内の公施設から順次導入が進んでいる。

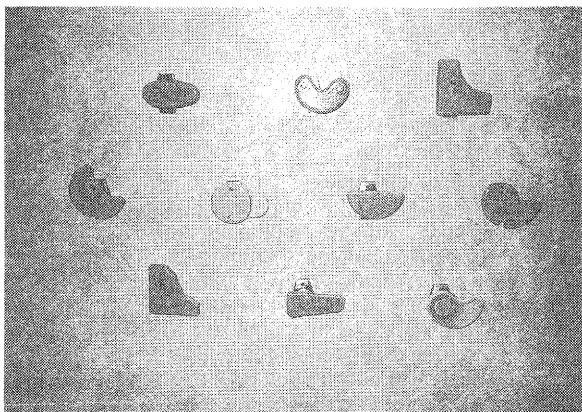
※詳細については別途記載

・点字表札



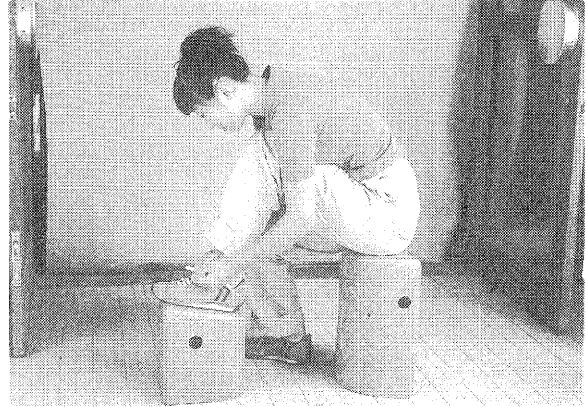
一般個人ユースの点字入り表札の提案です。多様な形状の注文にも対応が可能です。

・陶製ドアノブ



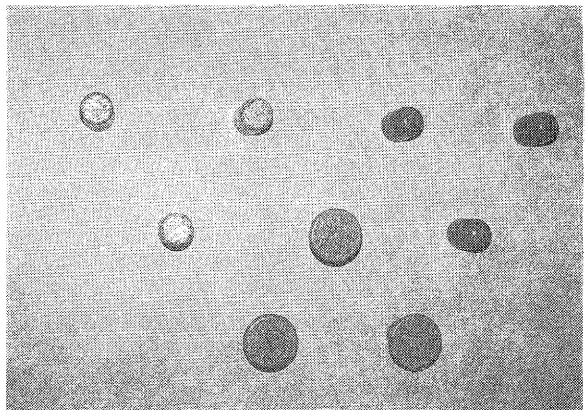
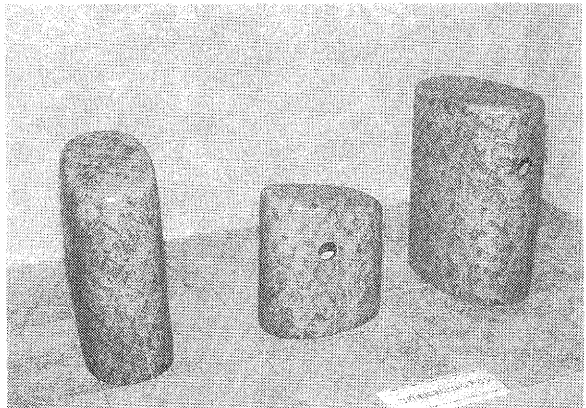
高齢者や握力の弱い人でも、楽に開閉出来る陶製のドアノブの提案です。

・陶製手摺り



金属や木製のバー状のものに変わるインテリアオブジェとしても違和感のない手摺りの提案です。自由に高さを変えたり、ワンポイント使いも可能です。

・らくらく台(靴脱ぎ台)



※使用例

老人や子供、また足腰の弱っている人にも楽に靴を履くことが出来る陶器の椅子と足乗せ台の提案です。玄関先でのちょっとした休憩用としても利用出来ます。

## ○軽量新素材

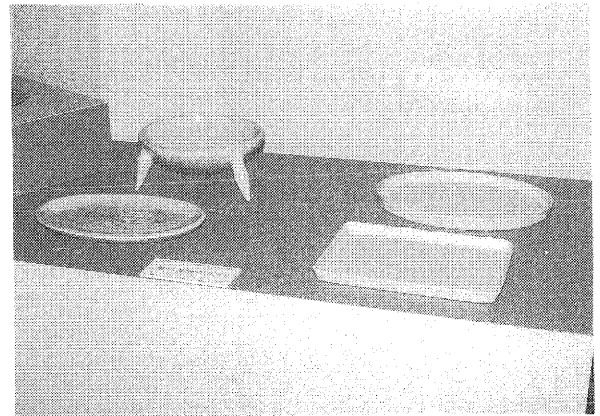
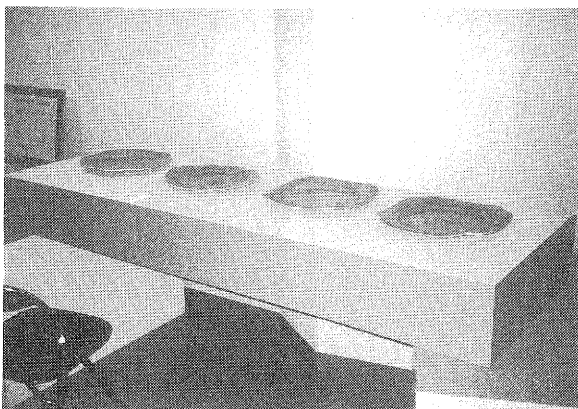
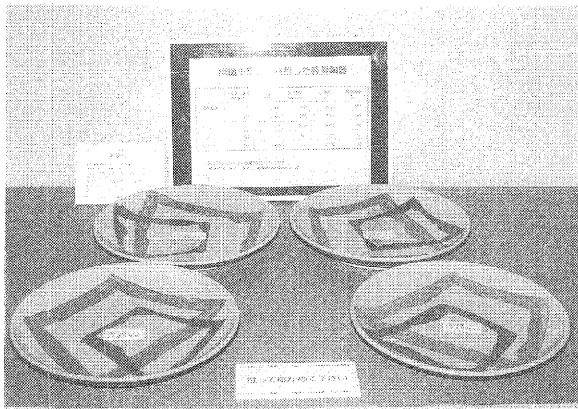
国内経済の長期低迷により陶器製品はもとより生活に関わる商品全般に消費不況が続いているが、こうした状況のもと購買意欲を喚起させる商品の開発こそが不振打開のカギとなっている。そのため、従来の概念を越えた新素材を活用した商品開発を推進し、新たな事業分野の創造を図り産地の低迷を打開していくことが急務となっている。

今回の提案は、軽量素材による大皿の実用化と耐熱性も付与した軽量素材の試作提案、そして、新たな技術による軽量化の提案を行った。また軽量で強度を高めた素地を用いて給食食器の試作も行った。

### 試作品

・軽量大皿	12点
・軽量耐熱鍋	4 "
・給食食器	26 "
・バブルセラミックス	9 "

### ・軽量大皿



軽量土による大皿の試作提案です。従来の素地との比較で、重量がどの程度軽くなったかを実際に手にしてもらい体感していただく。成形法については前回の手ロクロから機械ロクロ成形、タタラ成形を試みた。

### □軽量土調合例

F. Aバルーン	35
ネフェリン	15
平津長石	15
本山木節	35
ベントナイト	5

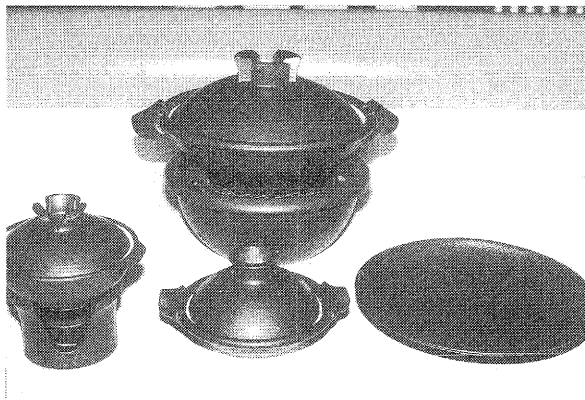
上記調合でSK9、還元焼成の結果、次のデータを得た。

吸水率	0.26
曲げ強度	311
比重	1.02

データの上では、陶製食器用土として十分な数値が出たが、成型法について従来の感覚とは相当異なる性状を有していると思われる。乾燥、焼成段階での細心の注意を払う必要がある。今回の調土については可塑剤としてベントナイトを使用しているために通常素地に比べ水分が多くなり、同時に素地表層の乾燥速度が早まったため、素地内層との乾燥差が大きく、素焼きまでの養生段階での取り扱いが難しくなっている。今後、実用化を進める際の改良ポイントとして、原料コストとともに研究の余地が残された。また、釉薬についても性状に合わせた基礎釉の確立が必要になってくる。

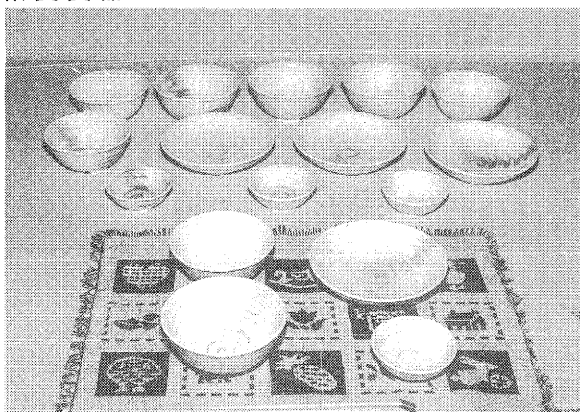


・軽量耐熱鍋



軽量食器土をベースに耐熱機能を持たせた、これまでになかった土鍋の提案を行った。重くて大きい土鍋は女性にとっても扱いにくい道具であったが、軽くなったことで高齢の人にも喜ばれるはずである。

・給食食器



今回の給食食器の素地は強度の向上を図るため、アルミナと軽量樹脂の調整によるものを使用し、練り込み、絵付けによる加飾を施した。

・バブルセラミックス



信楽周辺で、大量に産出する長石質原料である

アプライトにSic系の発泡剤を添加し、1250℃で加熱発泡させたものである。比重1以下の独立気孔体のため、長時間水に浮かべても沈まない陶器が可能となった。

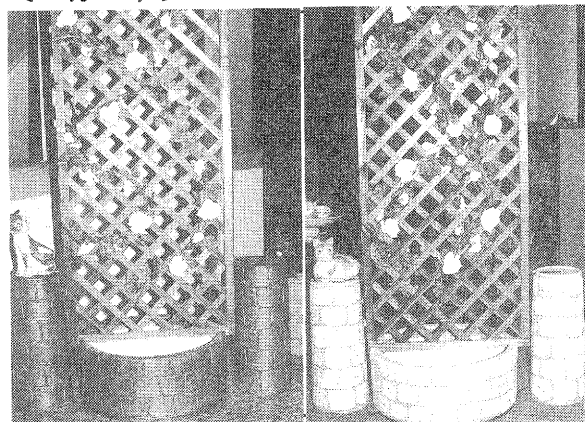
○ガーデニング

不振といわれている一般消費市場でも、園芸の人気は高まっている。これはガーデニングと謳われ、イングリッシュガーデンからブームが拡大してきたものであるが、大手住宅メーカーも本腰を入れ建物と一体化した提案をし始めて来ている状況である。信楽焼の新たな開拓分野として、洋風スタイルのガーデングッズの試作提案を行った。

試作品

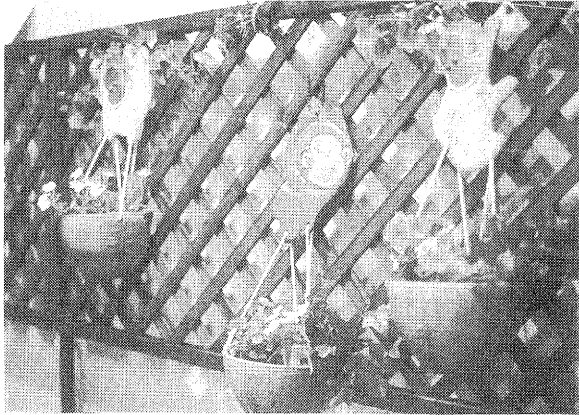
・ミニガーデン	2点
・ハンギングポット	6 "
・収納ツール	3 "
・キャンドルボックス	2 "
・アレンジテーブル	5 "
・ミニ噴水	2 "
・アプローチ灯	7 "
・あかり	2 "
・アロマキャンドル	2 "

・ミニガーデン



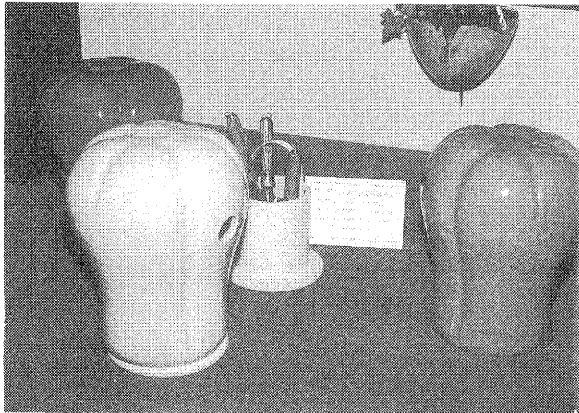
信楽焼の大型丸物成型技術を活かし、ガーデニングには欠かせないアイテムとなっているラティスと組み合わせた大型のプランターと、支持ポールの上に動物のオブジェを置いて、庭のシンボルとしても活用出来るモノです。

### ・ハンギングポット



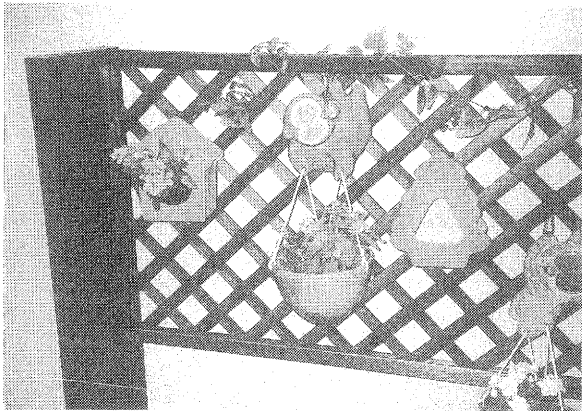
壁掛け用のポットとして塀やベランダのラティスに掛けて楽しむ軽量土を利用した提案です。デザインポイントはユーモラスな動物キャラクターを使ったため子供にも楽しめる場所です。

### ・収納スツール



野菜のモチーフでガーデニング用具の収納と、ちよっと腰掛けられる陶椅子にもなるものです。

### ・キャンドルボックス



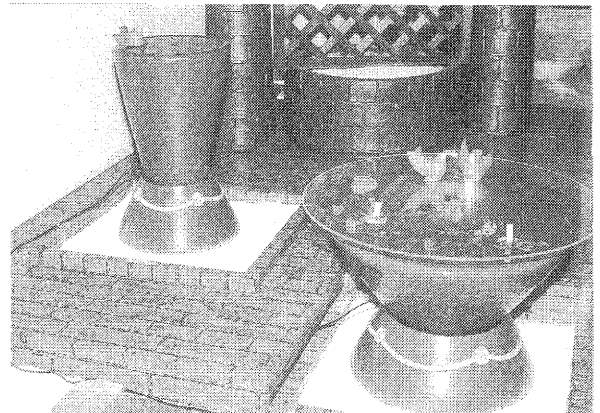
ラティスに掛けて使う陶製ランタンです。夜の庭の演出のための小道具の提案です。

### ・アレンジテーブル



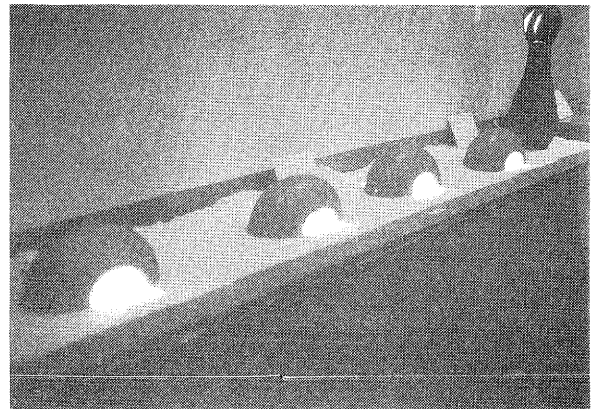
5個のパーツを組み合わせて成る、テーブル、イス、花台、プランターの提案です。ガーデニングでの憩いのシーンに活用出来ます。

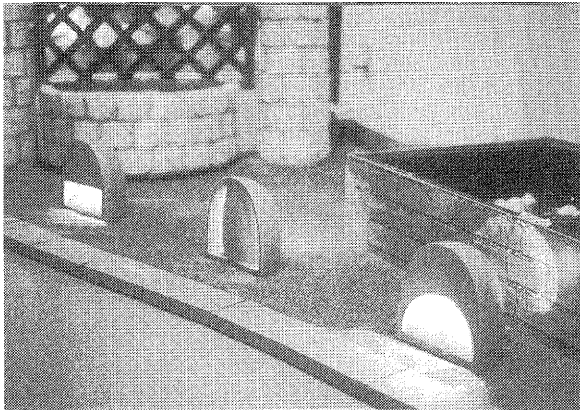
### ・ミニ噴水



庭で水の存在を大きく感じさせる噴水の提案です。バードバスとして、またガラス板を置いてガーデンテーブルとしても使用出来るモノです。

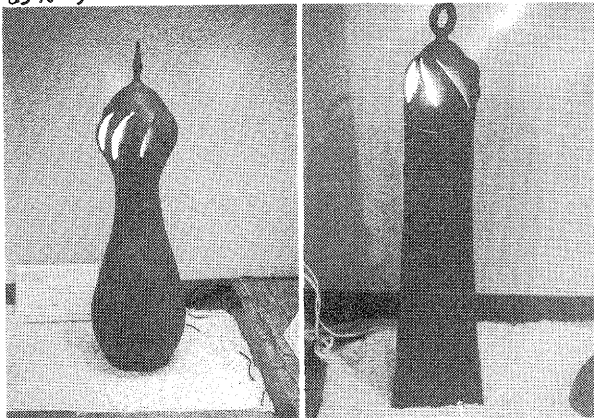
### ・アプローチ灯(2種)





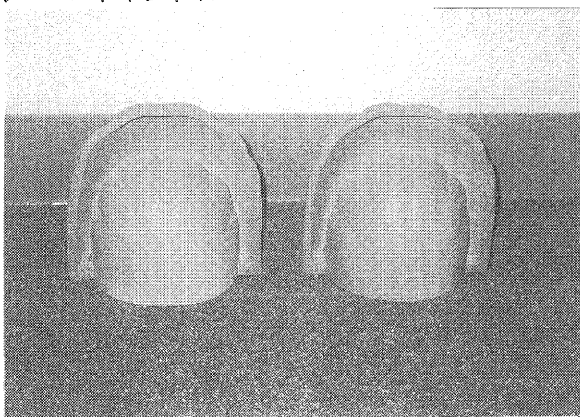
夜の庭の演出や玄関へのアプローチの足元をやさしく照らす陶製の誘導灯の提案です。

・あかり



庭やベランダに置く新感覚の灯籠の提案です。光源にはローソクを使用し、スリットから漏れる柔らかいあかりを活かしています。

・アロマキャンドル



室内やベランダ等で使用する陶製ランタンです。芳香性のローソクを使い、柔らかい間接光と相まってリラックスした気分にさせてくれます。

計18種114点を試作しました。

7. 展示発表

信楽陶器祭の開催に合わせて約一ヶ月半の間、一般消費者及び業界関係者に対して試作品の展示発表を行った。

○期日：平成10年7月24日～9月13日

○会場：財・陶芸の森産業展示館ギャラリー  
会期中に約30,000人の入場者がありました。特に陶器祭開催中の3日間には6,100人の入場者があり、そのなかから1,400の方に試作品に関するアンケートの協力を得た。

※アンケートの集計結果は別記を参照

8. 求評会の開催

展示会場において、試作品に対して部外専門家からの求評をしていただき、試作品の評価及び実用化に向けての可能性についてコメントを受けました。

○期日：平成10年7月31日(金)13:00～

○会場：財・陶芸の森産業展示館ギャラリー  
及び創作研修棟視聴覚教室

○専門講師

- ・剣持 和之氏(株式会社ミサワホーム)
- ・稲岡真理子氏(ライフマネジメントカウンセラー)
- ・出井 豊二氏(大谷女子短大助教授)

求評会



※展示会場にて

求評要旨(コメント)

・点字案内陶板

点字レリーフについては完成されているが、一般健常者や様々な施設の空間に対応した

展開が求められてくる。パブリックデザインの一層の追求が必要となる。

#### ・手摺り、ドアノブ

陶器の持つ素材感、手触りの感触など従来の無機質のモノとは異なる良さがあるが、裏面の無釉地肌の感触の処理や金具との互換性などもこれからの課題と思われる。高齢化時代を迎え、住宅の設計段階でのこれら手摺り等の取り付けのための骨材の組み入れなども考慮していく事が求められる。

#### ・らくらく台

これまでの陶器製品にはなかった発想のものであり、バリアフリー対応商品として今後の需要が期待できるモノであるが、マンション等にも対応出来るコンパクトなモノも欲しい。

#### ・軽量大皿

大型の食器を軽くすることは一般家庭はもとより業務用にも広く求められている課題であったが、今回の試作品でその可能性は十分に感じられる。高台、裏面の細部の処理などとともに形状や釉薬のバリエーションの展開が今後の課題である。

#### ・給食食器

環境ホルモンの問題が提起されてから、陶器や磁器製の給食食器がクローズアップされてきていて、陶産地には追い風となっているが強度の向上と軽量化が課題となっている。

今回の提案のデザインは陶器らしい加飾で比較的土モノ感覚のものであり、給食以外にもロフト感覚の食器として若い世代にも受け入れられるのではないか。

#### ・軽量耐熱鍋

これまで、土鍋にはゴツくて重いといったイメージがあり、若い世代はもとより高齢の人にとっては敬遠される存在であったが、軽く出来ることはこの種の製品にとって革命的な事と思われる。今回の試作品はモダンな感覚にはほど遠いこれまでのモノと同じデザインであるが、直接持ったときの軽さをアピールするには十分であるのかもしれない。実際に商

品化へ移行する段階になれば、もっと洗練された形状とカラーも含めたデザインが必要となってくる。

#### ・ガーデニング関係

ミニガーデンは今の市場が求めているジャンルであるが、バリエーションの展開、システムティックな構成が必要と思われる。

ハンギングポットもユニークなモチーフを使って面白いが、動物キャラクターと鉢とのマッチングが難しい。

ピーマン型の収納チェアは、ガーデニンググッズのなかでもこれまでにないユニークな提案で市場性があると思えるが、もっと形状と機能の吟味をして欲しいモノである。

### 9. 技術講習会

求評会に引き続いて試作品に関する技術的ノウハウについて関係業界向けの講習会を開催した。講師には試験場職員が担当。

○期日：平成10年7月31日(金)15:00～

○会場：財・陶芸の森

・創作研修棟視聴覚教室

○テーマ及び講師

・耐熱性軽量素地について

講師：高井 隆三

・軽量素地について(第2報)

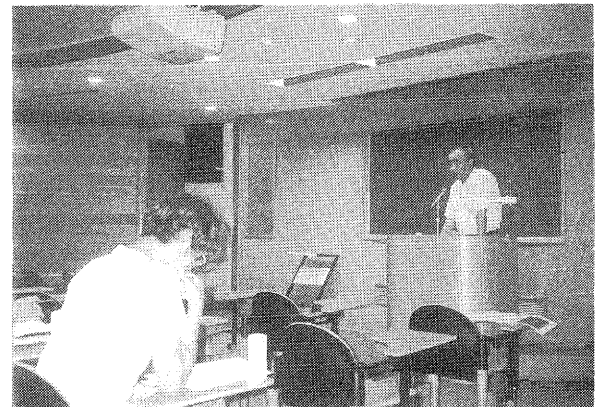
講師：宮代 雅夫

・バブルセラミックスについて

講師：横井川正美

業界関係者23名が聴講参加。

講習会



# 点字レリーフ陶板の成形技法の研究

**要旨** コンピューターで作図した設計図面を2次元プロッターを用いて出力し、点字で表記された案内表示板の型を安価な市販紙で作成し、従来の大形陶板の作成方法を改良して、新たな陶製品の市場を獲得できる製品開発を行った。尚この研究において、新たに点字レリーフに適した陶土の開発と、点字とかな読みを相互変換できるソフトウェアの開発も同時に行った。

## 1. はじめに

現在各地方自治体で、様々な福祉に関する条例が交付されています。滋賀県でも、平成6年に滋賀県住みよいまちづくり条例という条例が交付されました。条例の総則に、公的施設を設置、もしくは管理する事業者は、高齢者、障害者が、安全かつ快適に利用できるように努めなければならないとあります。案内表示に関する条例も含まれており、その中には、点字による表示を行うことと定められています。

これらの設置対象になる施設で、現在使われている点字を含む案内表示板のほとんどは、プラスチックや金属製です。それらの問題点は、コストが高いことと、気候の変化に対する耐久性に乏しく、屋外での使用に耐えないとのことですが、代替品がなく現在に至っています。特に、耐久性においては、陶器の場合割れない限り、半永久にもつという利点があげられます。以上のことから、陶器による点字案内表示における需用の可能性は、十分にあると考えられ、この研究に取り組みました。

## 2. 点字陶板土の開発

従来の陶土では、大型のレリーフ陶板の製作を行うと、きれや収縮による変形、生強度が低いことによる成形の難しさなどといった問題点がありました。また、過去に研究された、大型陶板土では点字のような小さく精密なレリーフには不適であり、今研究ではそのあたりの問題点を解決するために新たに点字陶板用の陶土を以下の条件に見合うように開発しました。

1. 全収縮率：9%以下（制度を高めるため）
2. 曲げ強度：200kg/cm<sup>2</sup>以上（実用強度を得るため）
3. 熱膨張：0.5程度（焼成時の割れを防ぐため）
4. 可塑成形が可能であること（細かい細工をするため）

## 3. 点字⇔かな読み変換ソフトの作成

煩雑な点字の文法と点字の構成及び読みかたを設計者が負担を感じない様に、かな読みを点字に変換するソフトウェアの開発を行いました。

フォント作成ソフトによって2バイトの半角かな文字のコードに変換し、スムーズに変換ソフト上で、作動するようになりました。

## 4. 点字レリーフ陶板の作成方法

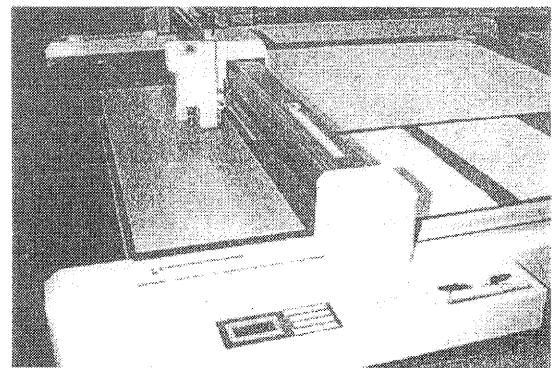
製品の作成は設計図面の作成、型の作成、点字陶板土への転写成形、素焼、施釉、本焼、上絵付け、上絵焼成の手順で行われます。

設計図面はコンピュータで行い、そのままカッティングプロッターで出力できる様に作図を行います。点字部分は3の項目であげた点字変換ソフトを利用して行います。コンピュータでの作図の利点は、陶土の収縮率にあわせて拡大縮小が自由にできる点や、修正が用意である点が挙げられます。

型は市販紙で作成します。このような一点物の特注品の場合、型の再利用を考えなくても良いからです。市販紙の利点は、入手が容易であること、紙を利用するので、廃棄が容易であること、安価であること、厚さの種類が豊富であること、等多々あげられます。出力はコンピュータで作図した図面をそのままカッティングプロッタという出力デバイスで出力します。刃先は、市販のものを使用するので、ランニングコストは、かなり安いといえます。

作成した型紙に点字陶板土を転写成形を施します。型紙を置いた台の上に点字陶板土をかぶせ、枠木を施し、足踏みと道路工事などに使用する転圧機を使って、転写させます。この際使用する枠木が製品の厚みとなります。転写後、枠木をはずして裏返し、細かな修正を施して成形の終了です。

加飾には関しては様々な方法が考えられます。注意したい点は、点字の触り心地と、明瞭な色使いです。点字部分は、滑らかな質感を持つ釉薬を施すべきであり、色に関しては、色弱者でも判別できる様、コントラストが明瞭であるべきです。



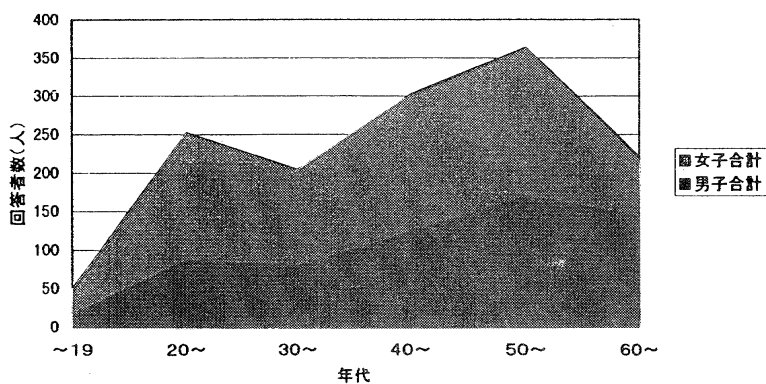
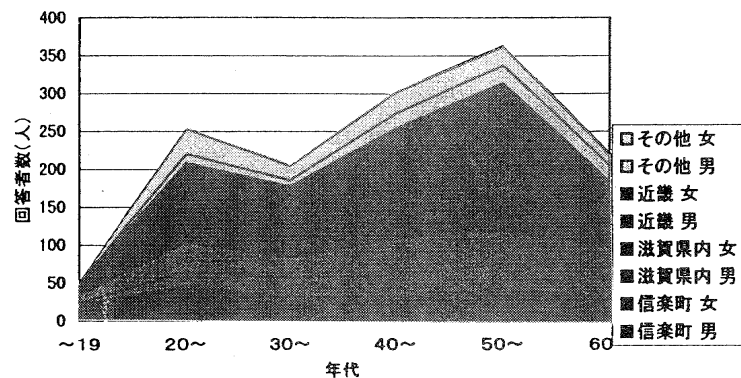
<カッティングプロッタ>

コンピュータで作図した図形や文字を正確に、切り抜く。

## ■アンケート概要

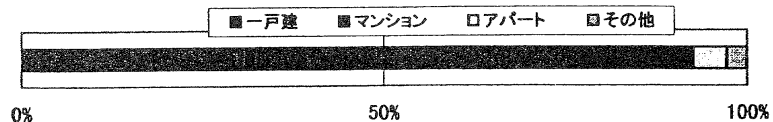
### ●回答者の居住地・性別および年代別

	年代	年代						地域・性別合計
		~19	20~	30~	40~	50~	60~	
信楽町	男	8	22	10	19	24	22	105
	女	10	23	20	15	19	9	96
滋賀県内	男	3	19	26	27	32	40	147
	女	11	38	27	48	44	28	196
近畿	男	5	34	36	58	91	61	285
	女	9	71	58	87	105	25	355
その他	男	1	12	8	20	23	21	85
	女	3	33	19	28	25	14	122
	男子合計	17	87	80	124	170	144	622
	女子合計	33	165	124	178	193	76	769
	年代別合計	50	252	204	302	363	220	1391



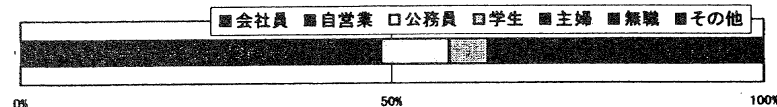
### ●回答者の居住別

	居住別				合計
	一戸建	マンション	アパート	その他	
男	484	89	28	19	620
女	581	130	34	19	764
合計	1065	219	62	38	1384



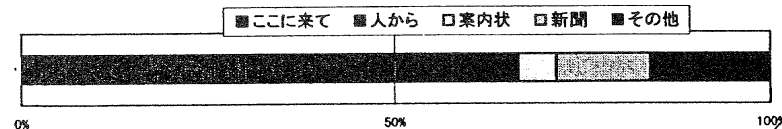
### ●回答者の職業別

	職業別							合計
	会社員	自営業	公務員	学生	主婦	無職	その他	
男	311	110	68	25	0	79	27	620
女	188	67	59	48	332	48	27	769
合計	499	177	127	73	332	127	54	1389



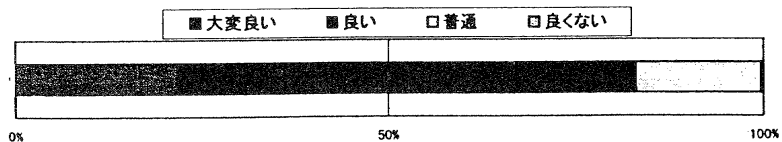
### ●回答者の広報別

	広報別					合計
	ここに来て	人から	案内状	新聞	その他	
男	291	84	35	84	112	606
女	394	138	33	83	106	754
合計	685	222	68	167	218	1360



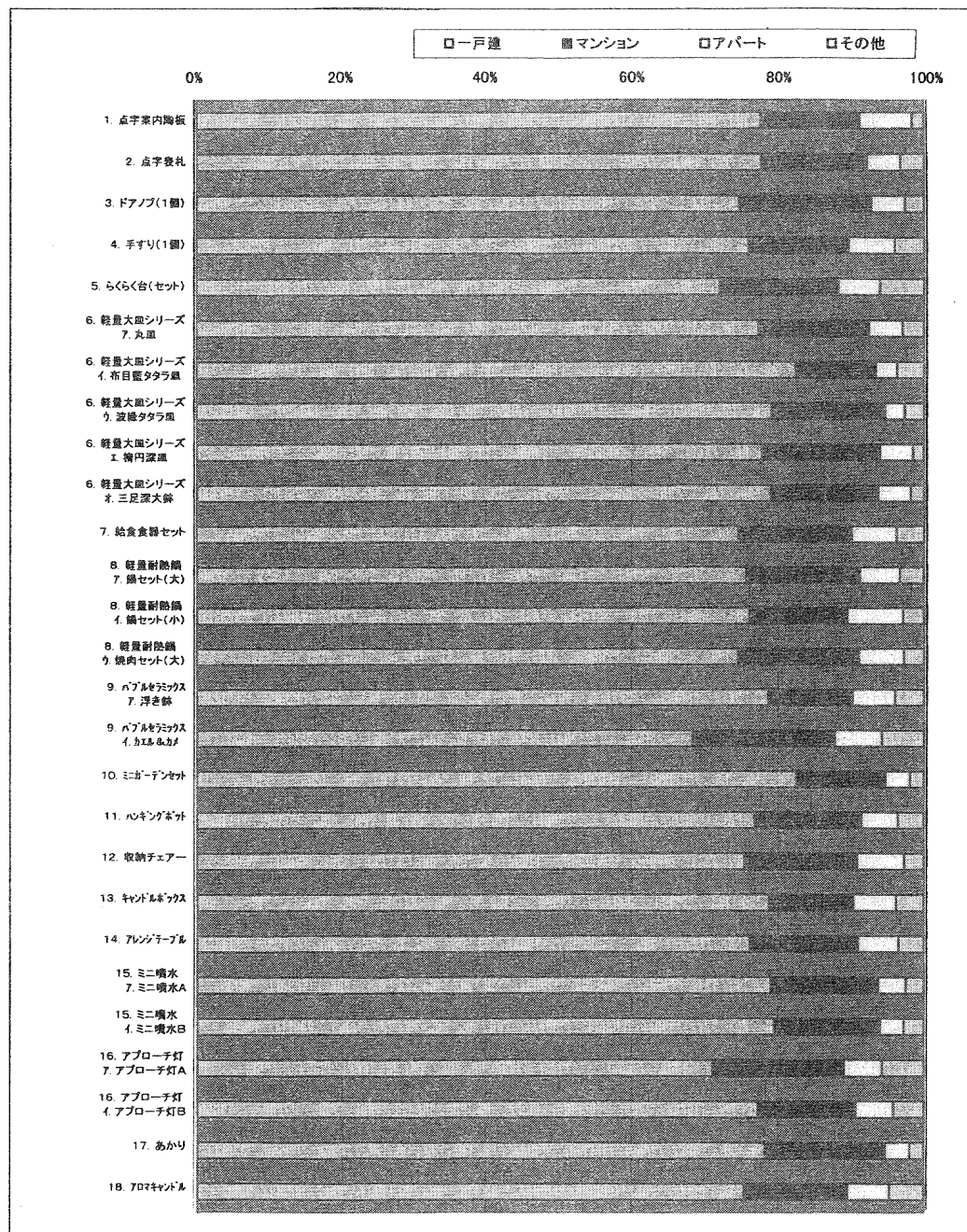
### ●回答者の印象別

	印象別				合計
	大変良い	良い	普通	良くない	
男	116	361	122	3	602
女	178	460	103	1	742
合計	294	821	225	4	1344



●試作品の住居別割合

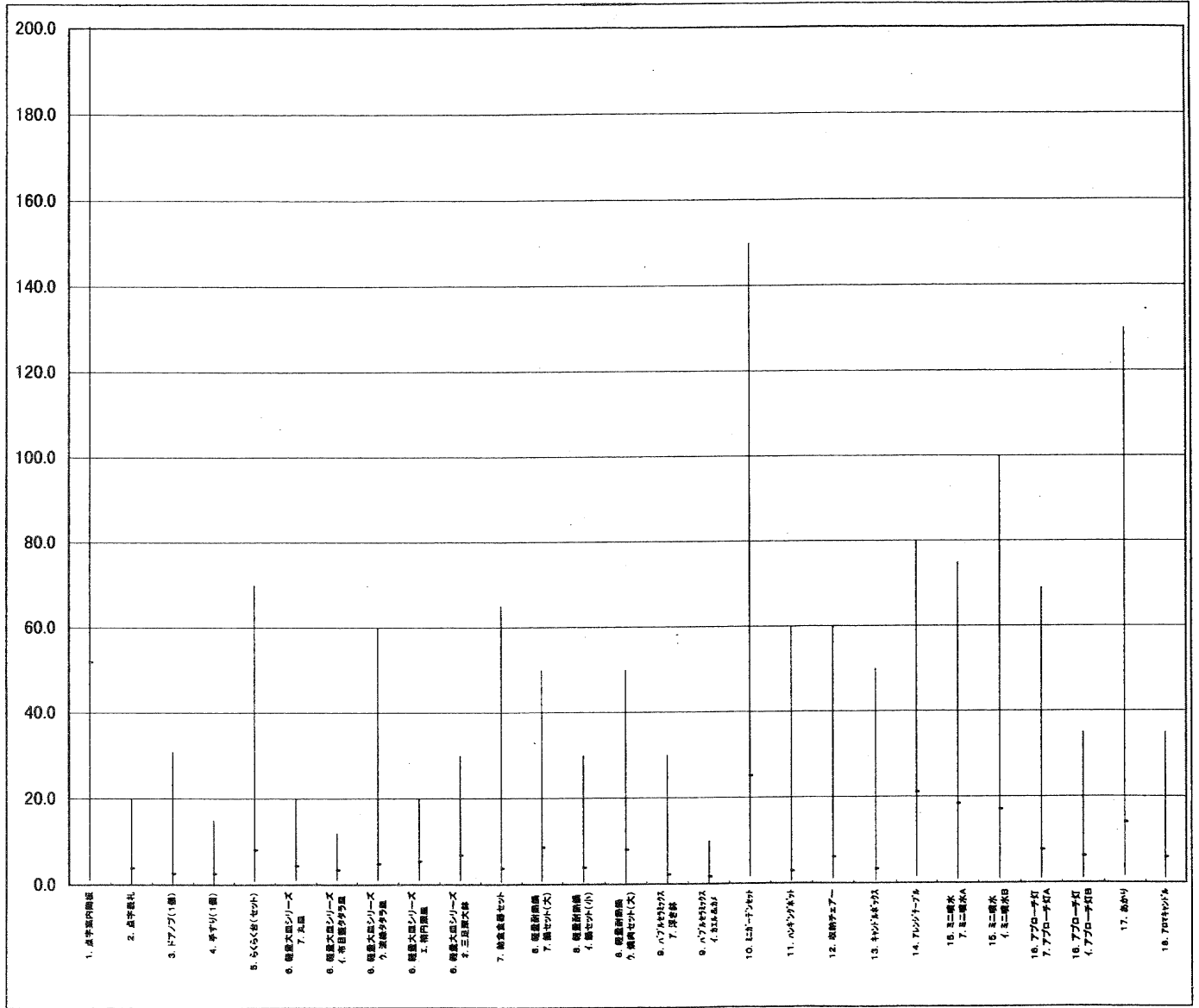
	一戸建	マンション	アパート	その他	合計
1. 点字案内陶板	142	25	13	3	183
2. 点字表札	209	39	12	9	269
3. ドアノブ(1個)	278	67	17	10	372
4. 手すり(1個)	111	20	9	6	146
5. らくらく台(セット)	178	40	14	15	247
6. 軽量大皿シリーズ ア. 丸皿	154	30	9	6	199
6. 軽量大皿シリーズ イ. 布目藍タタラ皿	263	35	9	12	319
6. 軽量大皿シリーズ ウ. 波緑タタラ皿	118	23	4	4	149
6. 軽量大皿シリーズ エ. 楕円深皿	102	21	6	2	131
6. 軽量大皿シリーズ オ. 三足深大鉢	87	16	5	2	110
7. 給食食器セット	347	72	28	18	465
8. 軽量耐熱鍋 ア. 鍋セット(大)	268	55	19	12	354
8. 軽量耐熱鍋 イ. 鍋セット(小)	182	32	18	7	239
8. 軽量耐熱鍋 ウ. 焼肉セット(大)	185	41	15	7	248
9. ハブルセラミックス ア. 浮き鉢	137	20	10	7	174
9. ハブルセラミックス イ. カエル&カメ	106	30	10	9	155
10. ミニカーテンセット	170	25	7	4	206
11. ハンキングホット	190	36	12	9	247
12. 収納チェアー	83	17	7	3	110
13. キャンドルボックス	82	12	6	4	104
14. アレンジテーブル	128	25	9	6	168
15. ミニ噴水 ア. ミニ噴水A	189	35	9	6	239
15. ミニ噴水 イ. ミニ噴水B	171	31	7	6	215
16. アプローチ灯 ア. アプローチ灯A	111	28	8	9	156
16. アプローチ灯 イ. アプローチ灯B	92	16	6	5	119
17. あかり	162	34	7	4	207
18. アロマキャンドル	80	15	6	5	106



●試作品の購入希望金額

(千円)  
最大 最小 平均 件数

1. 点字案内陶板		1200.0	1.0	51.9	185
2. 点字表札		20.0	0.2	3.8	274
3. ドアノブ(1個)		31.0	0.2	2.5	375
4. 手すり(1個)		15.0	0.2	2.5	148
5. らくらく台(セット)		70.0	0.8	8.0	252
6. 軽量大皿シリーズ	ア. 丸皿	20.0	1.0	4.3	199
6. 軽量大皿シリーズ	イ. 布目藍タタラ皿	12.0	1.0	3.4	326
6. 軽量大皿シリーズ	ウ. 波線タタラ皿	60.0	1.0	4.8	152
6. 軽量大皿シリーズ	エ. 楕円深皿	20.0	1.0	5.3	131
6. 軽量大皿シリーズ	オ. 三足深大鉢	30.0	1.0	6.8	111
7. 給食食器セット		65.0	0.4	3.7	469
8. 軽量耐熱鍋	ア. 鍋セット(大)	50.0	0.7	8.5	360
8. 軽量耐熱鍋	イ. 鍋セット(小)	30.0	0.5	3.8	242
8. 軽量耐熱鍋	ウ. 焼肉セット(大)	50.0	0.3	7.9	249
9. ハブルセラミックス	ア. 浮き鉢	30.0	0.2	2.2	175
9. ハブルセラミックス	イ. カエル&カガ	10.0	0.3	1.7	157
10. ミニカーテンセット		150.0	1.6	25.0	210
11. ハンキングネット		60.0	0.5	2.9	252
12. 収納チェアー		60.0	1.0	6.0	112
13. キャンドルボックス		50.0	0.5	3.2	104
14. アレンジテーブル		80.0	1.5	21.0	171
15. ミニ噴水	ア. ミニ噴水A	75.0	0.8	18.3	242
15. ミニ噴水	イ. ミニ噴水B	100.0	0.8	17.0	216
16. アプローチ灯	ア. アプローチ灯A	69.0	0.9	7.6	158
16. アプローチ灯	イ. アプローチ灯E	35.0	1.0	6.2	120
17. あかり		130.0	1.5	13.9	211
18. アロマキャンドル		35.0	1.0	5.9	107





# 耐摩耗性型材による陶磁器製造技術の開発

川澄一司<sup>1</sup> 高井隆三<sup>2</sup> 明比ひとみ<sup>3</sup> 高原啓之<sup>4</sup>

Kazushi Kawasumi Ryuzou Takai Hitomi Akebi Hiroyuki Takahara

要旨 陶磁器のローラーマシン成形に、耐摩耗性が高い型材を用い、単独の型による連続成形を実施した。その結果、水分が少ない高硬度な坯土の成形が可能となっただけではなく、信楽焼特有の砂粒が含まれる粗い坯土の成形も可能となった。

## 1. はじめに

本研究開発は滋賀県平成10年度の単独事業「型成形技術の合理化に関する研究」に替わるものとして、中小企業事業団の滋賀大津・南部地域、特定中小企業集積支援技術開発事業に係る委託事業の形で実施された。協同研究者として信楽陶器工業協同組合、協力機関として(株)クボタ素形材事業本部、技術指導員として龍谷大学理工学部 上條栄治教授が参加した。

## 2. 開発の必要性

- ① 陶磁器製造業者に、石膏や多孔質エポキシ樹脂に代わる耐摩耗性が高い型材が待望されている
- ② 陶磁器のローラーマシン成形において、型の収納空間を削減し、型の乾燥工程を省略するため、単独の型による連続成形が求められている。

## 3. 開発の内容

- ① 金属及び樹脂を用いた耐摩耗性型材の開発。
  - A) 使用型型材の選択。
  - B) 回転ヘッド(コテ)素材の選択。
  - C) 型の旋盤加工技術の研究。
- ② 硬度が高く、水分量が少ない坯土を単独の型により連続的にローラーマシン成形する技術、および乾燥

工程を要さない機械力による脱型技術の開発。

- A) ローラーマシンの改造。
- B) 吸引移送装置の開発。
- C) 形状修正脱型装置の利用。

## 4. 成果 機能・性能面での開発成果

- ① 石膏や多孔質エポキシ樹脂に替わる使用型の材料として、石膏の数百倍の耐摩耗性を有する金属(SUS316L)を用いることができた。
- ② 回転ヘッドに鋳鉄に代わる素材としてアルミニウム・エポキシ樹脂複合材料を使用することによって、ヘッドの軽量化を図り、錆の発生を防いだ。
- ③ 従来の型のように原型・捨て型・ケース型を作成せず、円柱形のインゴットを旋盤で直接削ることによって単純な工程により使用型および回転ヘッドを作成することができた。
- ④ ローラーマシンの改造と吸引移送装置の開発により、単独の型により連続的に成形ができるようになった。
- ⑤ 形状修正脱型装置により移送時に生じた生素地半製品の歪を修正することが可能となった。
- ⑥ 単独の型により成形するため成形後ただちに生素地半製品を吸引移送しなければならず、歪を防止するため使用する坯土は必然的に高硬度のものとなる。その結果、乾燥収縮率が低下し製品の寸法精度が向上した。また、脱型直後の彫り加工等の加飾が可能

<sup>1</sup> 滋賀県工業技術総合センター 信楽窯業技術試験場 研究開発係

<sup>2</sup> 滋賀県工業技術総合センター 信楽窯業技術試験場 主任専門員

<sup>3</sup> 陶芸家

<sup>4</sup> 信楽陶器工業協同組合 陶土課 研究員

となった。

- ⑦ 信楽焼特有の砂を含む粗い坏土の成形も可能となった。

### 5. 問題点

- ⑧ 型の旋盤加工の際、先が摩耗したバイトによって研削された部分の気孔が塞がれてしまった。その後型材表面を電解研磨処理したところ問題は解決された。
- ⑨ 試作した吸引移送装置の垂直・水平運動するアームおよび真空ポンプのバルブは手動式であるため、ローラーマシンを間歇的に運転しなければならない。

### 6. 実用化の見通し

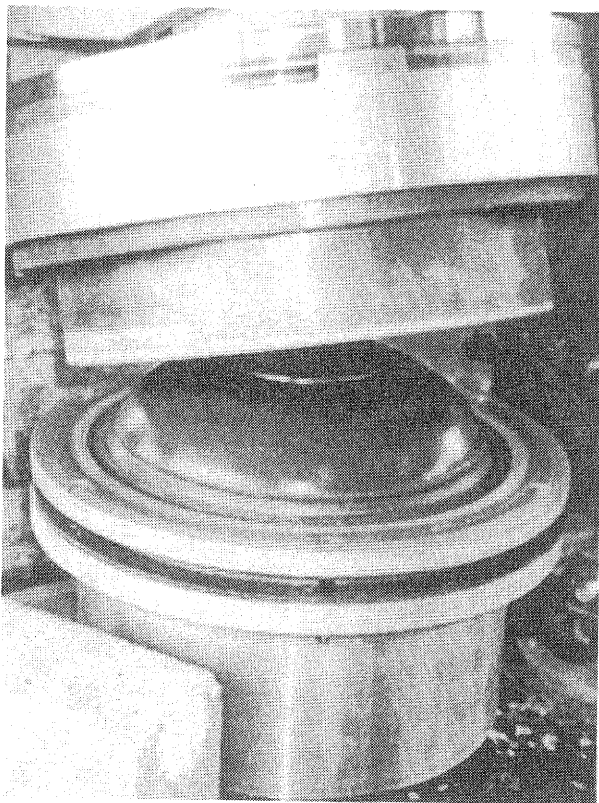


Fig.1 皿の成形



Fig.2 成形直後の皿

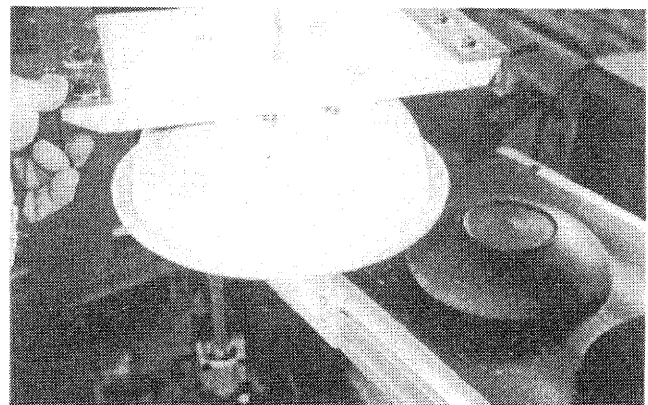


Fig.3 吸引移送装置吸着部

- ① 型材が高価であることが実用化にとって最大の障害となるものと考えていたが、稼動試験に立ち会っている製陶業者は「高くても良い型材なら使いたい」と言っており、すぐにでもローラーマシンを改造し、耐摩耗性型材を入手しようとしている。外ゴテ式成形法の普及と、吸引移送装置の自動化が進めば、来年度中にも実用化される技術であると思われる。

### 謝辞

(株)クボタ素形材事業本部 船越淳氏、小阪晃氏には、型材の物性の調整および表面改質に関してご無理をお願いしました。この場を借りて感謝いたします。

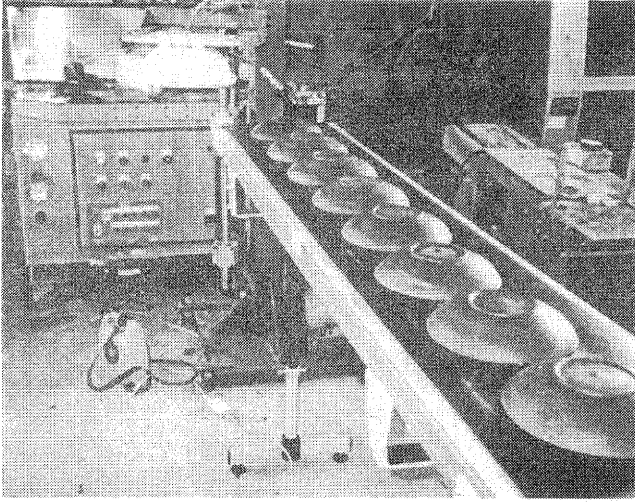


Fig.4 稼動試験

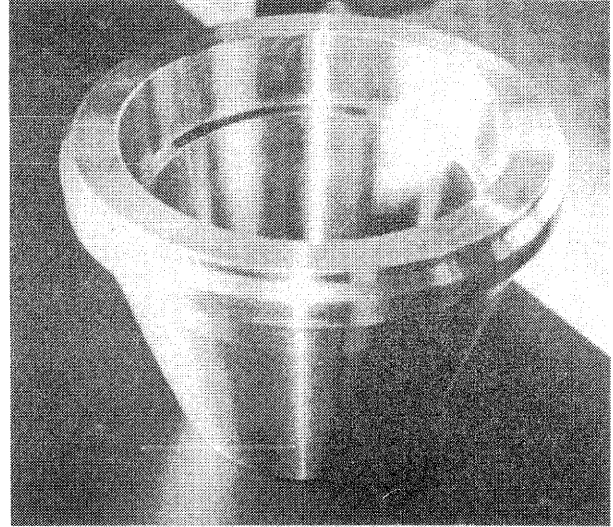


Fig.5 SUS316L を用いた植木鉢成形用使用型

# 実験レポート

# 電磁波遮蔽材料の特性評価に関する研究

木村昌彦<sup>†</sup>

Masahiko Kimura

**要旨** 電磁波ノイズが重大な障害を引き起こすようになって、ノイズ遮蔽が大きなコア技術として多方面の研究がなされている。本研究では、電磁シールド材料の性能評価において、従来から用いられているいくつかの測定法の1GHz超帯域の特性を明らかにし、その問題点を考察した。また、遠方界でのシールド特性をTEMセルによる場合とその他の方法による場合とで比較検討した。

## 1 まえがき

意図的なものであるなしに拘わらず、電子機器からは少なからず電磁波が放射されている。この電磁波で、他の機器が誤動作を起こしたり、機能を停止したりする障害が多く発生しているが、効果的な防止手段がなく、機器メーカーはその対策に苦慮しているのが現状である。

また、規制も強化されつつあり、欧米においては早くから法整備が進んでいる。日本においてもこの2,3年でJIS化が進められており、やっと一部が施行され始めたところである。

携帯電話の例を見るまでもなく、最近の電子機器は小型化、高速化のためデジタル化され、非常に微弱な電流で動作するようになってきた。このため外部からの電磁波ノイズにより誤動作しやすい、非常に感受性の高いものとなってきている。

したがって、機器自らが出すノイズを遮蔽し、また外部から来るノイズに対して耐性を上げるために電磁波シールドを施すことが必要な技術となっている。このためのシールド材料としていろんな形態のものが研究されているが、その性能評価のための技術がまだ確立されていない。現在いくつかの方法が提案されているが、統一化されるまでに至っていない。さらにこれらの方法は周波数が1GHzまでのものが多く、今求められている周波数帯域に対応できないのが現状である。

そこで、当センターが保有しているシールド試験器で、さらに高い周波数帯域での評価が可能かどうか検討したので報告する。

## 2 現状のシールド性能の測定

電磁波シールド材料の性能測定は規格で定まった方法がなく、いくつか提案されている測定方法にデータの互換性はない。したがって同じ材料でも、測定方法が違えばデータも異なったものとなる。

現在日本で用いられている主な測定方法には、アドバンテスト社が提唱する方法（これをアドバンテスト法と称することにする）と社団法人関西電子工業振興センター（略称KEC）で開発された方法（これをKEC法と称することにする）がある。

## 3 現行測定法の特性と高周波数域への対応

### 3.1 シールド測定の基本構成

シールド性能の測定は次の機器構成で行う。

スペクトラムアナライザのT・G出力を同軸アッテネータを介してシールド評価器入力端に入れ、この出力端から出た信号を同軸アッテネータを介してプリアンプにて増幅し、スペアナに戻す。

ここで問題にしているのが、シールド評価器の周波数特性であるが、もう一つ当センターにおいて問題となるのが、プリアンプの周波数特性である。これは仕様としては1.3GHzまでしか保証していない。

そこで、実力値を探るため特性を調べた。その結果を図1に示す。

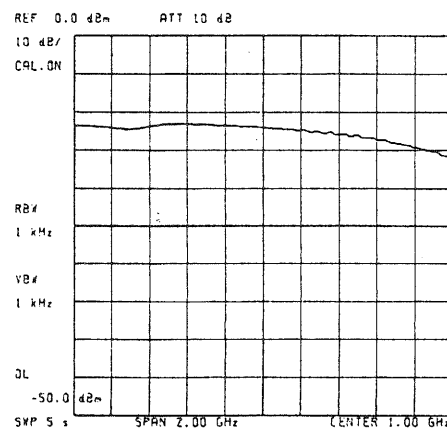


図1 プリアンプの周波数特性

### 3.2 アドバンテスト法（評価治具型式:TR17301A）

日本では比較的古い部類に属する測定方法で、広く

<sup>†</sup>技術第一科 電子情報係

採用されていると思われる。測定試料を150mm角または200mm角に調製し、治具に装着し測定する。

近接界の測定となるため、プローブアンテナおよびループアンテナを交換して行う。仕様では上限周波数1GHzとなっているが、さらに高い帯域の周波数特性を調べてみたのが図2および図3である。

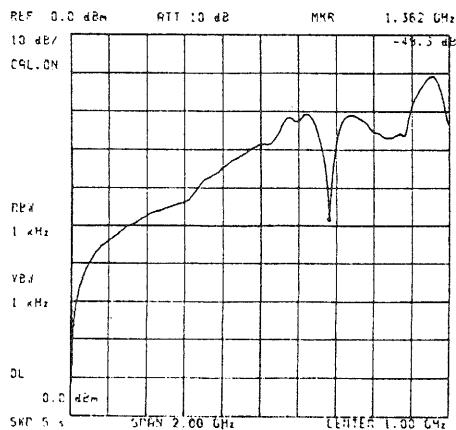


図2 アドバンテスト法（電界モード）の伝送特性

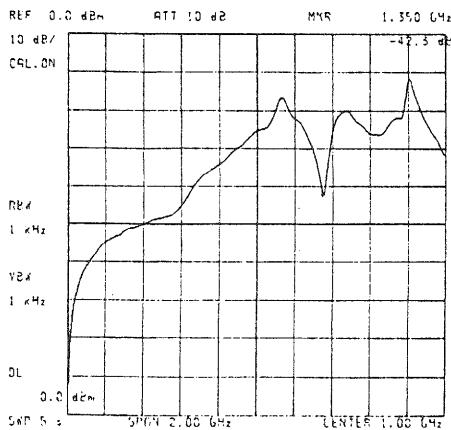


図3 アドバンテスト法（磁界モード）の伝送特性

メーカーの仕様どおり1GHzまでは何とか使えるが、それ以上の帯域では特性が暴れだす。特に、1.35GHz付近は反共振現象が出ており、大きなディップを生じている。電界モードと磁界モードでプローブとループアンテナを交換して測定を行うが、評価治具の筐体は同じものを使うため、この大きさ(寸法)に起因する現象と考えられる。この評価器筐体は放射源(受信点)から約20cmのところ壁面があるため、ここからの反射波がちょうど受信点で逆位相となり、打ち消し合っているものと思われる。

### 3.3 KEC法（製造販売:アンリツ(株) MA8602B)

KECで開発された方法で、測定原理はアドバンテスト法と同じである。ただしこちらの方法は、電界と磁界で別々の評価治具を使う点異なる。

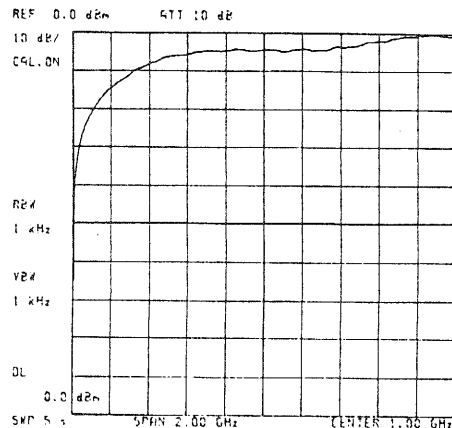


図4 KEC法（電界測定治具）の伝送特性

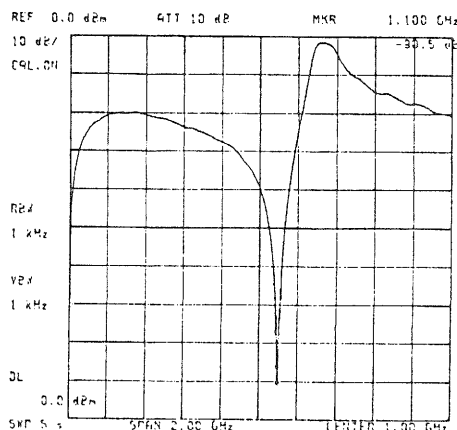


図5 KEC法（磁界測定治具）の伝送特性

KEC法も仕様上は1GHzまでであるが、電界においては図4に示すように、広帯域にわたってフラットな特性を示し、2GHzまでの測定に使いそうである。

一方磁界に関しては、図5に示すように1.1GHzに大きな反共振点を持っている。これでは1GHz以上は無理である。もっともこの帯域だけ外せばそれより上は測定可能であろう。

## 4 TEMセルでのシールド測定

TEMセルは自由空間と同等のTEMモードの電磁波を伝送できるcellで、本研究ではアドバンテスト社製TEMセル(TR17305)を使ってシールド特性の測定を行った。ここではこの測定法をTEMセル法と呼ぶことにする。

シールド測定には以下の試料を用いた。

- ①導電性繊維を織り込んだ布
- ②銅メッシュの表面にカーボンを塗布したもの
- ③銅系の導電性塗料を塗布したプラスチック板

いずれも測定方法の違いによる相関性を見るためのものなので、試料そのものの組成や配合は問題としない。

測定は、プラスチックの板を組み合わせ縦150mm×横300mm×奥行300mmの大きさの箱を作り、これを電子機器の筐体に見立ててこの箱の全面に上記のシールド材料を貼付して、この中に設置したプローブセンサにより行った。測定結果を以下に示す。

これら3種類とも130~140MHzおよび200MHz付近に共振点を持っているのが分かる。これは模擬筐体の大きさに起因する定在波の影響と思われる。

特性は3種類ともよく似た傾向を示しており、上記の特異点までの周波数域ではどれも40~50dBの減衰特性を持っているのが分かる。

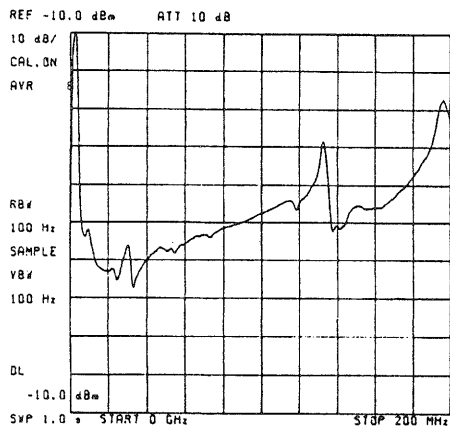


図6 TEMセルによるシールド測定(試料①)

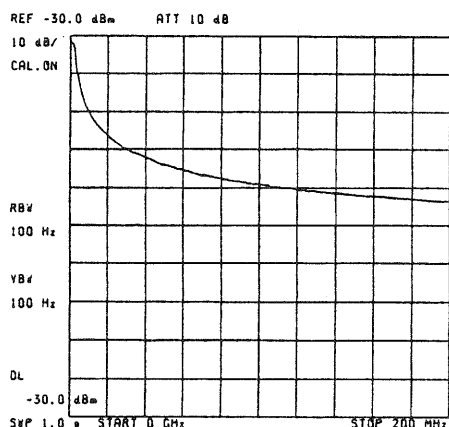


図9 DualTEMcell法によるシールド測定(試料①)

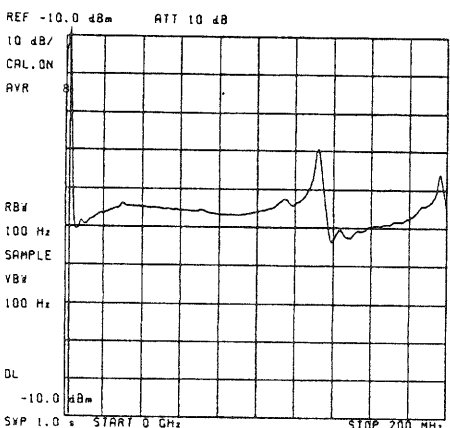


図7 TEMセルによるシールド測定(試料②)

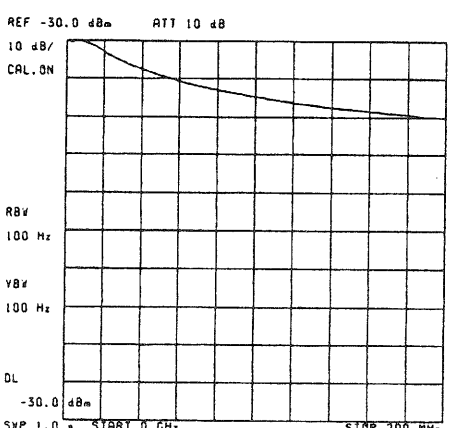


図10 DualTEMcell法によるシールド測定(試料②)

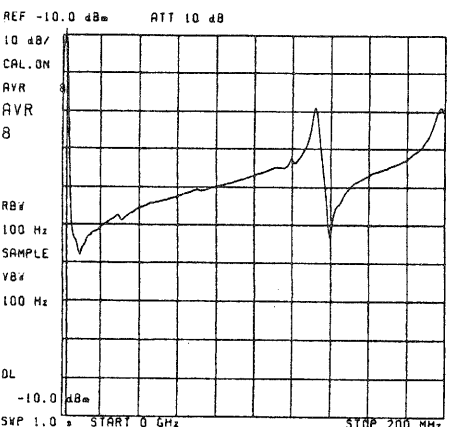


図8 TEMセルによるシールド測定(試料③)

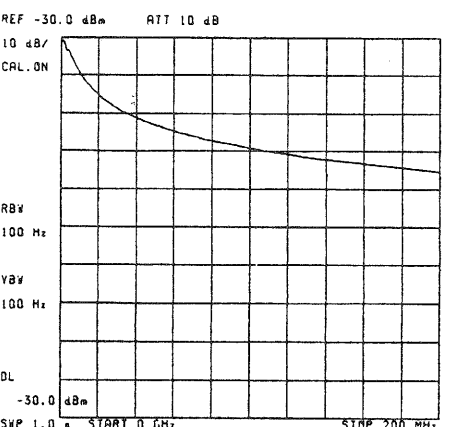


図11 DualTEMcell法によるシールド測定(試料③)

## 5 各測定法における相関性

前項においてはTEMセル内で完全に自由空間と同等の条件での測定を行ったが、この考えを応用し、もっと簡便に、短冊状の小片をテストピースとしてシールド特性を評価できる測定方法が提案されている。

この方法は、TEMセルを2段積みにして、2つが接している隔壁に窓を開け、ここにシールド材料をセットすることにより、一方のTEMセルからもう一方のTEMセルへ試料を透過して伝送されていく電磁波を読みとることで、シールド特性を測定しようというものである。TEMセルを2つ重ねることからDualTEMcell法とも呼ばれる。

この方法により前項の試料①、②、③を測定した結果を図9から図11に示す。この測定方法では、3試料とも材料の違いによる特性の差が出ているだけで、非常によく似た特性を示している。

これらをTEMセル法で得られたデータと比較する。それぞれ図6と図9、図7と図10、図8と図11が同じ試料を測定したものであるが、全く違った特性を示している。TEMセル法のデータは定在波の影響を除外して考える必要があるが、それを加味しても特別な相関は得られない。

## 6 まとめ

- ①2GHzまでの帯域でシールド測定を行うのであれば、現状の機器ではKEC法の電界モードが可能であることが分かった。
- ②携帯電話の帯域である、1.5GHzの特性に限って評価するのであれば、KEC法の磁界モードも対応できなくはない。
- ③アドバンテスト法は1GHz以上は特性の安定性が悪く、測定は無理と思われる。
- ④TEMセル法とDualTEMcell法ではデータに相関性はなく、同じTEMモードでの測定であるが、より自然に近い形での測定であるTEMセル法に比べ、DualTEMcell法は構造に起因する相違が出たものと思われる。

## 文献

- (1)清水康敬 他監修、電磁波の吸収と遮蔽、日経技術図書、1989
- (2)木村昌彦、滋賀県工業技術センター研究報告、1991



# 自動制御弁の用途開発に関する研究

----- 粉末供給システム用の自動制御弁の試作について -----

酒井 一昭\*

種岡 一男\*\*

竹下 常四郎\*\*\*

Kazuaki Sakai

kazuo Taneoka

Tsunesirou Takeshita

あらまし： 自動制御弁は、化学プラントをはじめビルの空調用、生産設備や搬送関係などで使用され、配管内の流体を調節するという重要な役割がある。

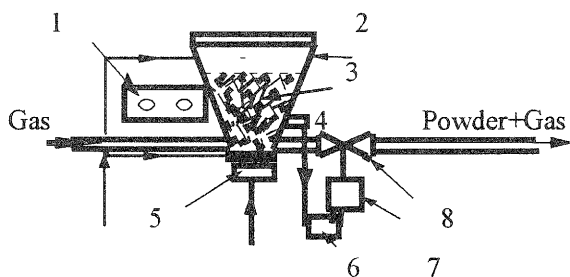
本研究は、原材料の粉末を供給するラインにおいて、不安定となっている粉末供給状態の改善を目標に、自動制御弁を試作した内容である。

## 1. はじめに

機械部品に粉末を吹き付けるという製造プロセスにおいて、原材料となる粉末を供給するために粉末供給装置を利用しているラインがある。この装置は、配管ラインの一部として組み込まれているが、粉末量を制御するという点では制御システムの構築が不十分であった。また、粉体の特性に依存する影響などで粉末が不安定な供給になり易く、吹き付けムラを生じていた。この現象は生産性に影響するだけでなく、高品質な製品開発のネックともなる。そこで、高精度な粉末供給の実現に向けて、自動制御弁を試作すると共に、その適応性を検討した。

## 2. 制御システム

### 2. 1 制御の対象



1: Powder feed unit 2: Hopper 3: Powder 4: Sensor 5: Vibrator  
6: Controller 7: Motor 8: Valve

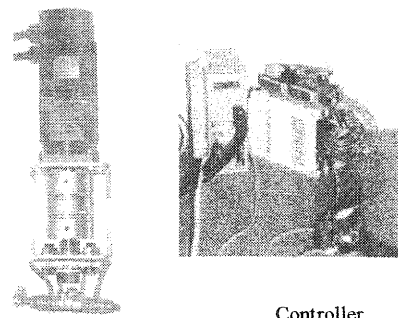
Fig.1 Powder Feed System

Fig.1 は自動制御弁を取り付けた場合を想定した粉末供給システムである。ホッパーより降下する粉末を配管ラインとの接続部で流動化し、それをキャリアーガスによって供給できる構造となっている。

### 2. 2 自動制御弁の試作

#### 2. 2. 1 ハード構成

写真は試作した自動制御弁である。ボール弁の弁棒とモータ軸をカップリングで接続し、弁軸がスムーズな作動となるように弁と弁軸の固定部にベアリングを使用した。また、マイコン制御が可能なコントローラを試作し、モータのドライバに接続した。



Photograph

#### 2. 2. 2 制御ソフト

Fig.2 に制御系の構成を示した。このブロック図を参考して、Fig.3 のシミュレーション・モデルによりソフト開発を行った。

\* 技術第二科

\*\* (株)カオス 技術部長

\*\*\*滋賀県技術アドバイザー

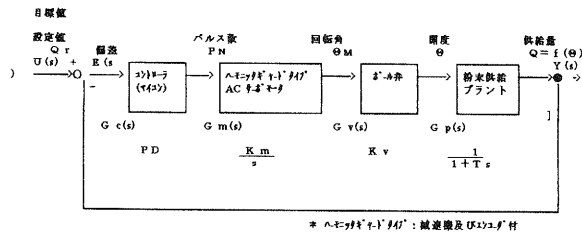
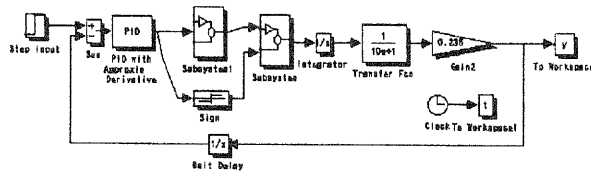


Fig.2 Block diagram



Simulation model

### 3. 制御プロセス

#### 3. 1 粉末供給プラント

粉末供給プラントの動特性を知るため、ボール弁本体を配管に接続し、手で意図的に弁開度を変化させた。できるだけ変化が顕著に測定するため、弁軸の角度を0度（全開状態）から45度に大きく作動させた。Fig. 6は、この時に得られる粉末供給量の過渡特性である。

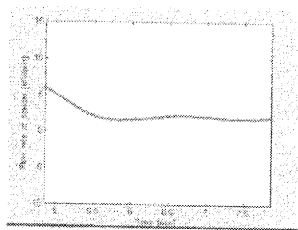


Fig.6

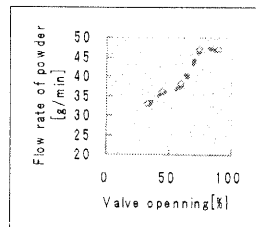


Fig.7

また、弁開度と流量の関係を知るには、弁の固有流量特性が必要である。Fig. 7は実際に弁軸を回転させて、粉末量の制御が有効に機能する可能性のある弁軸の回転範囲を調べたものである。弁軸の回転範囲は約33~75°、供給流量は約33~47 g/minであった。

### 3. 2 システムの特性

先ブロック図から一巡伝達関数及び特性方程式は、

$$G_o(s) = G_c(s) \cdot G_m(s) \cdot G_v(s) \cdot G_p(s) \quad (3.2.1)$$

(但し、 $PD = K_p(1 + T_d \cdot s)$ )

$$Ts^2 + (1 + K_p K_m K_v T_d)s + K_p K_m K_v = 0 \quad (3.2.2)$$

となる。この(3.2.2)式に、 $K_m$ 、 $K_v$ 、 $T$ の概算値を代入して安定判別を行うと、

$$1 + K_p T_d > 0, \quad K_p > 0 \quad (3.2.3)$$

となる。制御パラメータをこの範囲で設定すれば理論的には安定となる。また、状態変数を使い、システムの動特性を微方程式で記述して、状態方程式と出力方程式を求めると、

$$\dot{X} = AX + bu \quad (3.2.4)$$

$$y = cX \quad (3.2.5)$$

となる。ここで、可制御性行列は、 $Uc = [b \quad Ab]$ で表され、各パラメータを当てはめると、 $|Uc| \neq 0$ 、 $\text{rank } Uc = 2$ でシステムは可制御である。観測性についても、 $Uo = [c^T \quad A^T c^T]$ より、同様にして可観測であると判断される。

### 4. まとめ

粉末の安定供給を目的に、粉末供給装置に取り付けるための自動制御弁を試作し、またソフト開発を行った。今後は、制御状況の測定とソフトの改良を行う予定である。

#### [参考文献]

- (1) 酒井他:自動制御弁の用途開発に関する研究(2)、滋賀県東北部工業技術センター業務報告書(平成9年度)

# シンクロトン放射(SR)光利用によるLIGAプロセスに関する研究

## —LIGAプロセスを利用した超精密加工技術(第2報)—

今道 高志  
Imamichi Takashi

**要 旨** マイクロマシンの製作技術として期待されているLIGAプロセスでX線源として高強度で透過性・指向性の良いSR光を用いることにより、アスペクト比の大きな形状を作製可能となる。このプロセスで利用される材料は金属、セラミックス、プラスチックなど選択範囲が広く、超精密部品、高機能マイクロセンサなどの開発に大いに期待されている。しかし、この技術の有効性は確かめられ、プロセスに関する研究は多く行われるようになってきたが、実用化に向けた研究は十分でなく検討をさらに行う必要がある。本研究では超伝導小型SR装置の利用によりマイクロマシン分野でのLIGAプロセスの確立を目指し、実用化に向けた検討を実施した。

### 1 まえがき

マイクロマシンの製作技術として期待されているLIGAプロセス<sup>1)</sup>(Lithographie, Galvanofomung, Abformung)でX線源として高強度で透過性・指向性の良いSR光を用いることにより、アスペクト比(加工幅と深さの比)の大きな形状を作製可能となる。このプロセスで利用される材料は金属、セラミックス、プラスチックなど選択範囲が広く、超精密部品、高機能マイクロセンサなどの開発に大いに期待されている<sup>2)</sup>。しかし、この技術の有効性は確かめられ、プロセスに関する研究は多く行われるようになってきている。しかし、実用化に向けた研究は十分でなく検討をさらに行う必要がある。したがって、本研究では立命館大学に設置・稼働している超伝導小型SR装置の利用によりマイクロマシン分野でのLIGAプロセスの確立を目指し、実用化に向けた検討を、前年度に引き続き立命館大学工学部の杉山教授の指導により実施したものである。

### 2 LIGAプロセス

LIGAプロセスは図1に示すようにシンクロトン放射(SR)光を応用した微細加工技術である。これまでのICプロセスでは数 $\mu\text{m}$ の平面的な形状を作製する技術であったが、透過性の良いSR光を用いることにより数百 $\mu\text{m}$ の厚さのレジスト(感光性樹脂、例えばアクリル樹脂PMMA)に幅数 $\mu\text{m}$ の微細形状でも転写が可能である<sup>3)</sup>。このPMMA微細構造体に電鍍することにより精密金属部品あるいは精密金型が作製できる。さらに精密金型に、セラミックス、プラスチックをモールドすることにより精密部品の量産化が可能となる。

### 2.1 リソグラフィ

まず、基板(シリコンウエハ)上に導電性薄膜の蒸着する方法としては、ターゲット(Ti, Cr, Ni等)を加熱蒸発させ、基板に薄膜を蒸着させる真空蒸着法を用いた。この導電性薄膜を電極として、金属を堆積(電鍍、電気メッキ)させることにより精密金属部品あるいは精密金型を作製する。

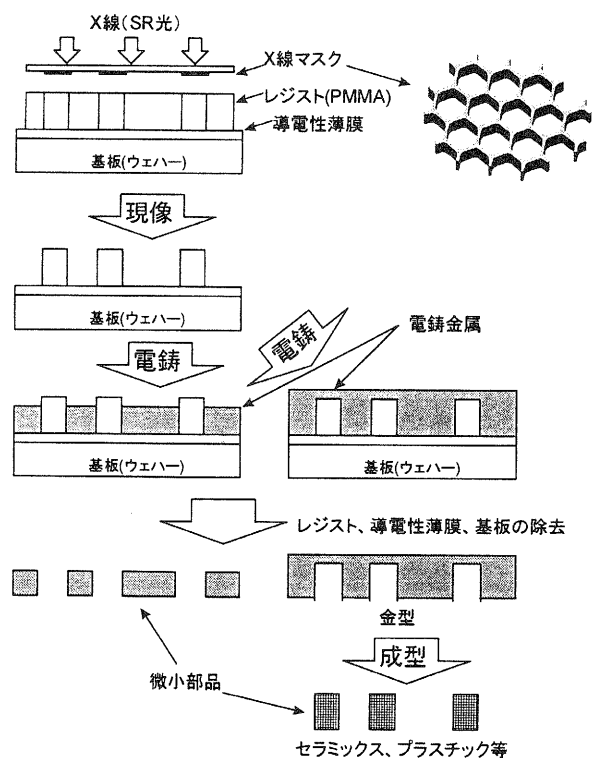


図1. LIGAプロセス

次いで、導電性薄膜上のレジスト形成方法としては、厚みの不均一性と内部応力によるき裂の発生を

\*1 技術第一科

制御可能とし、アスペクト比の大きな形状の微細構造物の作製を可能とする一定の厚さ（ $200\mu\text{m}$ ～）のPMMAシートを導電性薄膜上に接着させる接着法を用いた<sup>4)</sup>。

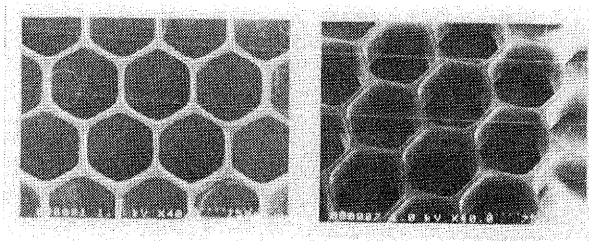
このレジストを接着した基板を用いてSR光の照射実験を実施し、照射後のレジストの現像にはテトラヒドロ-1,4-オキサジジン（20vol%）、2-アミノエタノール（5vol%）、2-(2-プトキシエトキシ)エタノール（60vol%）および水（15vol%）の混合した現像液を用いて行った。

図2(a)、(b)に幅約 $30\mu\text{m}$ のメッシュマスクを用いて作製したレジスト厚さ $1000\mu\text{m}$ のPMMAの微細構造体の走査型電子顕微鏡による観察例を示す。

写真よりマスク形状を忠実に再現していることが確認された。また、指導を受けた杉山研究室においてSR光の露光ドーズ量とPMMAレジストの加工深さの関係を調べた結果からも、小型のSR装置を用いても適切な露光ドーズ量が得られれば $1000\mu\text{m}$ 以上のリソグラフィが可能であることは明らかである。

さらに、現像後の図2のPMMA構造体を観察すると、内部に気泡の発生が確認された。露光時間（scan時間）の違いによるものと推察される。また、実験開始時間の違いにもよると考えられる。このことは、SR装置の運転開始時では高電流値であり、時間とともに電流値も低くなることから、同じだけのDose量を得る実験時間の違いが発生原因にあると思われる。

さらに、前項で述べた基板とPMMAは現像液の浸透により、剥離が生じており、今後実験を実施する際に慎重な対応が必要である。前報で検討したPMMAシートに酸素プラズマ処理を施すことによるドライエッチングを行った後、接着することは有効であると思われる。



(a)  $0^\circ$  (b)  $45^\circ$   
図2. レジスト厚さ $1000\mu\text{m}$ のPMMAの微細構造体

## 2.2 電鍍

本年度は電鍍技術についても検討を行い、簡易電鍍装置を作製した。（図3参照）。本装置の概略図を図4に示すが、メッキ面のざらつき、ピンホールや密着不良を防ぐ目的で連続循環ろ過ができ、メッキ

浴内を空気かく拌できる構造とした。なお、内部応力によるひずみ等の問題を考えpH、浴温、電流密度を制御できる様にしている。

電気メッキの工程<sup>5)</sup>は、前処理、メッキ、後処理の3工程に大別できる。前処理では表面を活性化させ、不純物を取り除く（洗浄等）工程である。メッキ工程ではスルファミン酸ニッケル浴によるNiメッキを実施する予定であるが、Niメッキは化学的に安定で、耐食性が強く硬度、機械加工性など優れた特性があり、メッキ皮膜の内部応力が小さいので厚づけに適している。また、密着性についても優れている。

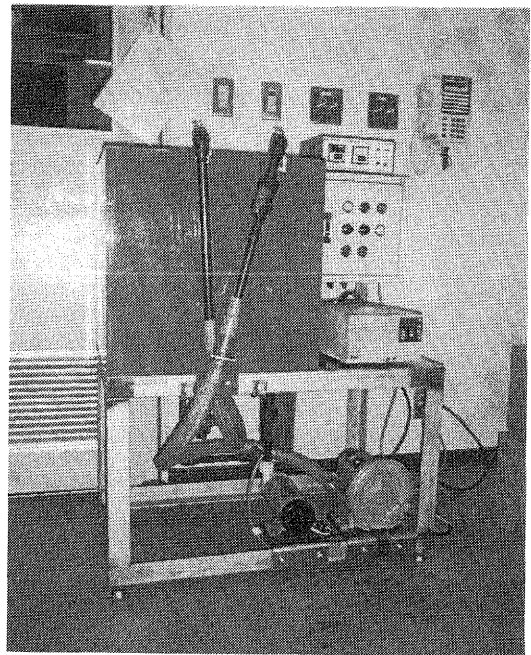


図3. 簡易電鍍装置

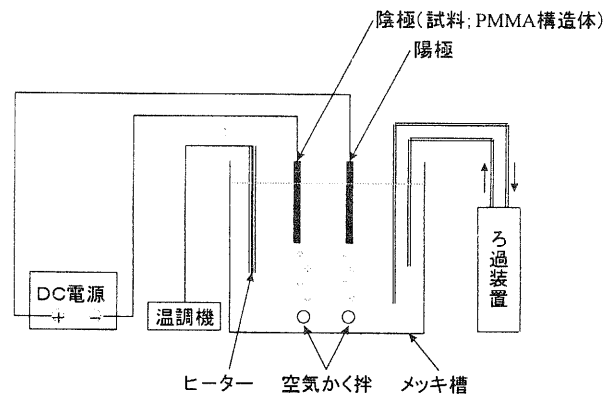


図4. 電鍍装置概略

実験ではスルファミン酸ニッケル浴にリソグラフィで製作したPMMAの微細構造体を入れ、外部電源を用いて電流を流し、ニッケルイオンを還元析出

させ、堆積させる。メッキ速度は電流密度により変化する。電流密度は表面積 $1\text{dm}^2$ の金属面に流れる電流の大きさである。この値が大きくなることによりメッキ速度が速くなる。しかし、この値により、水素発生が盛んになり、ピンホール、ピットの原因となり、粗悪なメッキとなる。これらのことを考慮・検討し、次年度は密着性を改善したPMMA構造体により電気メッキし、ニッケル構造体を作製する。

図5に、共同研究を実施した立命館大学工学部杉山研究室のもとで、製作されたニッケル構造体の一例を示す<sup>5)</sup>。

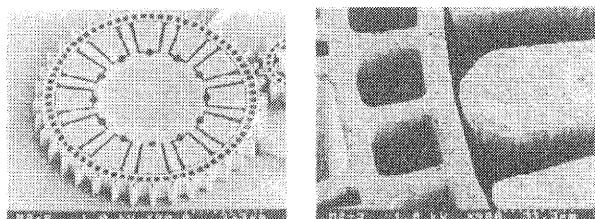


図6. Ni構造体例<sup>5)</sup>

### 3 まとめ

昨年度に引き続きLIGAプロセスの基礎および利用技術について実験および検討を行った結果、この技術が超微細加工を行うに際し、十分に有効であることが確かめられた。

次年度では、レジストの剥離といった課題を解決しつつ、電鍍に関する実験を実施し、LIGAプロセスを利用した応用化技術についての検討および研究を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) W. Menz, W. Becher, M. Harmening and A. Michel, IEEE Proc., MEMS, pp.69 (1991).
- 2) 例えば、藤田博之、マイクロマシンの世界、(1992) 工業調査会。
- 3) 平田嘉裕、素形材'97.10、8 (1997)。
- 4) 保坂 誠、張 延平、上野 洋、井上泰伸、杉山 進、立命館大学工学研究所紀要、55、155 (1996)。
- 5) 杉山 進、放射線と産業、81、25 (1999)。
- 6) 丸山 清、めっき実務読本、(1983) 日刊工業新聞社。

# 放射光表面励起反応を用いた新素材創製の研究

佐々木 宗生\*      花元克巳\*\*      中山康之\*\*  
Muneo Sasaki,    Katumi Hanamoto,    Yasuyuki Nakayama

**要 旨** チタン酸・ジルコン酸鉛(PZT)強誘電体薄膜に放射光(SR)を照射することにより、これらの材料の表面改質を試みた。XPS、SEM、XRFおよびXRDを用いて分析・評価を行った結果、SRを強力に照射した試料は酸素が脱離し、金属元素についても脱離が起こっていることがわかった。弱く照射した試料は結晶化することがわかった。SR照射の条件と結晶化のメカニズムについては、引き続き検討していくことが必要である。

## 1 はじめに

携帯電話に代表されるように民生機器の急激な発展には成膜技術の発展が大きく関係しており、成膜技術は今日の日常生活に重要な役割を果たしている。そのため様々な分野で薄膜新素材の研究が進み、PVD、CVD法など目的に応じて様々な成膜方法がある。最近では光を用いる方法が盛んに研究されている。レーザーアブレーションに代表されるように組成比の制御を簡単にし、酸化物超伝導体薄膜、強誘電体薄膜の研究で用いられている。このような光を用いた成膜技術(プロセス技術)で内殻電子励起反応を効果的に用いた新たな反応プロセスが注目されている。内殻電子励起反応では、直接内殻電子に作用することでこれまでの通常の反応では作り出すことができない新材料を作り出すことが可能であると考えられている。この反応では、物質との相互作用がもっとも大きい真空紫外から軟X線の波長領域の光を必要とするため、これらの波長領域を連続的に、高輝度でカバーすることが可能な放射光(SR)の出現により、さらに研究、利用が進むものと考えられる。SRは材料開発の分野では、X線領域の強力な線源として大きな期待が寄せられている。これまで国内外でSRによりされてきた研究には、テフロン薄膜の作製・ダイレクトエッチング<sup>1)</sup>、ポリエチレン薄膜の作製<sup>2)</sup>、SiO<sub>2</sub>の研究<sup>3)</sup>、アルカリハライド<sup>4)</sup>および透明導電膜<sup>5)</sup>などが報告されている。

我々は、昨年度までの研究で、透明導電材料であるインジウム・スズ酸化物のSRによる薄膜化に成功している<sup>6)</sup>。

本年度の研究では、酸化物系薄膜材料にSRを照射することにより、薄膜の結晶化を試みた。分析・評価は基板上的状態および照射部の状態について行った。

## 2 実験

本実験では、放射光(SR)アブレーションのターゲットとして、RFスパッタリング法および電子ビーム蒸着法により作製した薄膜PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)、薄膜ITO(インジウムスズ酸化物)を用いた。PZTは強誘電体メモリとして注目を集めており、ITOはタッチパネルの電極材として活用されている透明導電膜である。照射用試料作製時のターゲット、基板は株式会社高純度化学研究所製のものを用いた。放射光源として立命館大学小型放射光装置(住友重機械工業株式会社製)を用い、白色光照射ライン・ビームライン14(BL14)を用いた。光源の基本仕様は表1示す。

表1. 立命館大学小型放射光装置基本仕様表

エネルギー	575MeV
ビーム電流	300mA
臨界波長	1.5nm
磁場強度	3.8T
軌道直径	1.0m
RF周波数	190.86Hz
ハーモニック数	2
入射エネルギー	150MeV
ビームサイズ(水平方向)	1.3mm
ビームサイズ(垂直方向)	0.14mm

各ターゲットに対する実験条件を表2に示す。実験条件は、明確なアニール現象を得、全ての試料について実験時の最大の効果を得るために、マシンタイム中でさける限り照射することを共通の条件とした。このため各試料間では照射ドーズや時間などの条件は統一しなかった。

照射したターゲットの分析・評価のは薄膜の化学結合状態分析および元素の同定のためX線光電子分光装置(アルバック・ファイ製)、照射部の結晶性の評価のためX線回折装置(理学電機工業製)、薄膜の表面元素分析、マッピング

\* 技術第2科 無機材料係

\*\* 立命館大学理工学部

分析のため蛍光X線分析装置(島津製作所製)を用いた。各装置の測定条件を表3にまとめる。

表2. ターゲットの作製条件

試料	成膜条件	アニール条件	照射条件	基板
A	RFスパッタ法 ターゲット:PZT 基板温度 室温 O/Ar 比=1/1 時間 3時間	アニールなし	照射なし	SiO <sub>2</sub>
B	Aに同じ	空气中 700°C 1時間アニール	照射なし	SiO <sub>2</sub>
C	Aに同じ	アニールなし	照射 45分 SR光中心部	SiO <sub>2</sub>
D	Aに同じ	アニールなし	Cに同じ SR光最外部	SiO <sub>2</sub>
E	電子ビーム蒸着法 ターゲット:ITO 基板温度 室温 時間 1時間	アニールなし	Cに同じ	SiO <sub>2</sub>

表3. 分析・評価装置の測定条件

X線光電子分光	X線回折	蛍光X線分析
励起源 Mg 400W, 15kV パスエネルギー 71.55eV 分析元素 Pb, Zr, Ti, O	管球 Cu 40kV, 30mA 走査範囲 20° ~ 90° 走査軸 2θ / θ	管球 Rh 40kV, 95mA 分光結晶 LiF マッピング 1mm ステップ

### 3 実験結果と考察

図1に試料Cおよび試料DのX線回折パターンを示す。これらのX線回折パターンから、試料Cは試料Dと比較してペロブスカイト構造の強誘電体 PZT 薄膜がより形成されていることが分かった。

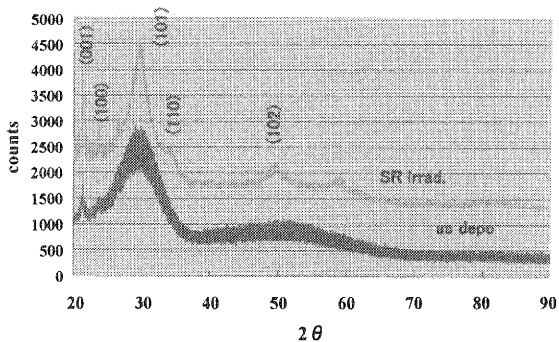


図1. 試料C, DのX線回折パターン

試料Cは試料AにSR照射した試料であることから、PZTはSR光を照射することによりアニール効果のため結晶化することがわかった。この試料CのX線回折パターンは試料BのX線回折パターンに類似していた。この結果から、SR照射により、基板温度700°Cのアニールと同じ程度のアニーリング効果があることが分かった。SR光照射中の試料温度は50°C程度であったことから薄膜の低温成長の可能性が考えられる。試料Dについてもアニール効果が若干見られる。試料AのXRDパターンには(001)(100)(110)(102)などのペロブスカイト構造を示すピークはなく、(101)付近にブロードなパターンが見られるのみであった。

図2に試料A、試料Cの酸素1sの光電子スペクトル、図3に試料A、試料Cの鉛4fの光電子スペクトル、図4に試料A、試料Cのジルコニウム3dの光電子スペクトルを示す。

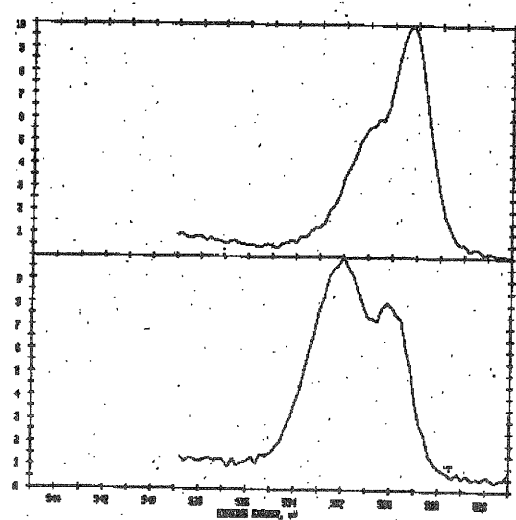


図2. 試料A,Cの酸素1s光電子スペクトル

SR光を照射した試料Cが試料Aに比べ金属酸化物の酸素を示す酸素ピーク(高 BINDING ENERGY 側のピーク)が強くていていることが分かった。このことから試料中の酸素がSR光の照射により試料Aより金属元素とより強く結合していることがわかった。

この結果は、鉛およびジルコニウムのピークが試料Cの方が若干高 BINDING ENERGY 側にでていることから確認

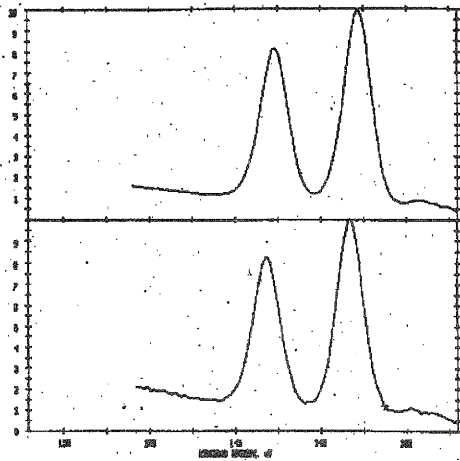


図3. 試料A,CのPb4f光電子スペクトル

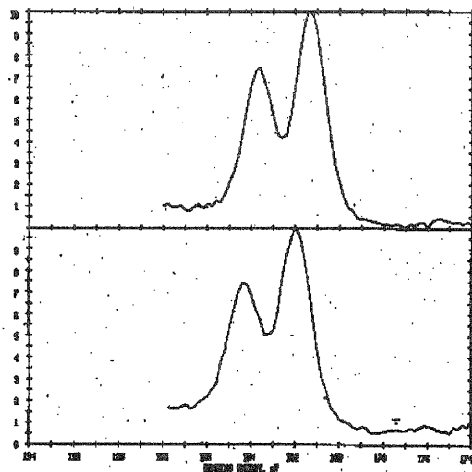


図4. 試料A,CのZr3d光電子スペクトル

することができる。

SR光が弱く照射されることになる試料Dについては、それぞれのピークのシフト量はほぼ試料Bと同じであった。このことから、SRが弱く照射されることにより、結合状態は約700°Cでアニールしたものと同一状態が得られることが分かった。このことからSR光を必要以上に照射することにより、PZT薄膜は酸化物から鉛、ジルコニウム等の金属薄膜に変化したものと考えられる。しかし図5に示すように蛍光X線分析のマッピング測定より試料Cでは照射部が非照射部と比べて金属元素が減少していることが分かった。図は左からPb、Ti、Zrの各元素の存在量を示し、赤に近づくほど多く存在することを示す。

またX線光電子分光法による表面金属元素の定量結果からもそのことは確認することができた。その結果を表4に示す。括弧内は金属元素のみの定量結果を示す。この結果から、SR光照射によりアニール効果だけではなく必要以上

にSR光を強く照射することにより、金属酸化物のアブレーションできると考えられる。

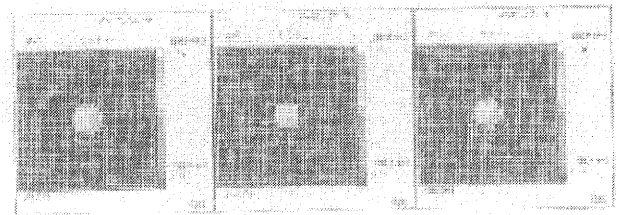


図5. による試料Cの蛍光X線分析マッピング

表4. XPSによるPZT薄膜表面の定量分析

元素	試料A	試料C	試料D	試料B
C1s	37.61	66.43	31.37	32.94
O1s	38.13	25.62	43.98	42.91
Pb1s	11.45(47.22)	1.93(24.28)	7.17(29.10)	10.68(44.22)
Zr3d	7.22(29.77)	4.16(52.32)	10.56(42.86)	8.10(33.54)
Ti2p	5.58(23.01)	1.86(23.40)	6.91(28.04)	5.37(22.24)

また、どの金属元素も同程度アブレーションされるのではなく、TiよりもPb,Zrの方がアブレーションされやすいことが分かった。

試料EのITO薄膜へのSR照射に関しては、現在評価中であるが、X線回折からはSR照射の効果として結晶化が起こっているものと思われる。

以上の結果から、SR照射により光の強度によりアニーリングおよびアブレーションが起こり、低温薄膜成長が可能であると考えられる。そのメカニズムとして考えられることは、アブレーションと同じように内殻励起反応により現象が起こり、その強弱によって薄膜中の粒子が真空中に飛び出すアブレーションとなったり、アニールとなったりするものと考えられる。そのしきい値については今回の研究では明らかにできなかった。また作製した薄膜の電気的特性については現在測定中である。

#### 4 まとめと今後の課題

今回の研究でSR光照射により、薄膜材料の結晶化ができることがわかった。現在、アニール等の結晶化のための処理は低温化が望まれていることから、今回の結果は低温アニールの可能性を示していると考えられる。また、薄膜材料に強力なSR光を照射することにより、薄膜表面の金属化が確認できた。このことから薄膜材料をマスキングすることにより薄膜の表面金属化による密着性のいい配線、電極作製が



可能と考えられる。これらのことを発展させることにより、成膜、結晶化、電極作製といった電子デバイス関連では欠かせない技術の低温化という現在の問題点を解決する糸口となると考えられる。透明導電膜 ITO に関する研究においても、SR による低抵抗化が研究されている。これにより、これまで熱平衡に頼っていたプロセス技術が光によるプロセスへとより発展するものと考えられる。

今後は、さらにこの技術を発展させ、電子デバイス分野の低温化を達成すると共に、これらの現象のメカニズムをさらに深く追求することにより既存装置による成膜へとフィードバックする必要がある。そのためにも、様々な問題点をもった企業群との連携が必要となるとおもわれる。また電子デバイス分野だけではなく、金属製品への表面処理としてこれらの技術をどう展開できるかも今後の課題と考える。

### 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、ご指導・ご助言をいただきました立命館大学工学部三木秀二郎教授、大阪大学基礎工学部奥山雅則教授、金島岳助手に心から謝意を表します。本研究に協力いただきました立命館大学量子ビーム物理研究室の皆様、住友重機械工業株式会社加藤隆典氏、立命館大学三木研究室鈴木裕之氏、赤木由拓君、立命館大学 SR センターの皆様に感謝いたします。

### 参考文献

- (1) T. Katoh and Y. Zhang, Appl. Phys. Lett. 68, 865(1996)
- (2) 中西功太, 加藤隆典, 中山康之, 三木秀二郎, 第44回応用物理学関係連合講演会予稿集(1997)
- (3) H. Akazawa, Y. Utsumi, J. Takahashi and T. Urisu, Appl. Phys. Lett. 57,2302(1990)
- (4) 加藤隆典, 張延平, 鷲尾方一, 第58回応用物理学学会学術講演会予稿集(1997)
- (5) 赤木由拓, 佐々木宗生, 加藤隆典, 松原健夫, 中山康之, 三木秀二郎, 第45回応用物理学関係連合講演会予稿集(1998)
- (6) 佐々木宗生, 花元克巳, 滋賀県工業技術総合センター1997年度研究報告(1998)

# 光触媒機能を応用した水質浄化技術の実用化研究（第3報）

前川 昭・坂山 邦彦<sup>1</sup>  
Akira Maegawa・Kunihiko Sakayama  
小島一男<sup>2</sup>  
Kazuo Kojima

**要旨** 光触媒の持つ高い酸化力と還元力を利用すれば水中の有害物質や汚染物質の分解除去が可能であり、排水処理や半導体洗浄用の超純水の製造などに光触媒を利用する可能性が期待できる。現在は、光触媒機能を持つ半導体の研究が酸化チタンを中心に行われており、実用化されたものも多いが、より以上の高機能化が求められている。そこで、本研究では水処理分野に応用すべく取り扱いやすい光触媒薄膜の高機能化と新しい光触媒を持つ化合物の作製方法を検討した。その結果、酸化チタン薄膜に金微粒子を含有することにより光触媒機能が増加することがわかった。また、新たに光触媒活性の持つ化合物を見出した。

## 1. まえがき

半導体はそのバンドギャップ以上のエネルギーを持った光を照射すると、半導体内部に電子・正孔が生成する。この電子、正孔を半導体表面に取り出し、吸着物質と反応させることができれば、電子による還元反応および正孔による酸化反応が進行する。これが光触媒反応である。

この光触媒の持つ高い酸化力と還元力を利用すれば水中の有害物質や汚染物質の分解除去が可能であり排水処理に光触媒を利用する可能性が期待できる。現在、酸化チタン系光触媒を用いる、有機ハロゲン化合物、農薬、フェノール類などの有機化合物、さらには水面上の原油の分解除去などを目指して、光触媒反応の高効率化や白金などの金属添加の効果などが検討されている。

これら固-液系光触媒反応の研究の多くは、酸化チタンなどの粉末状の光触媒を、懸濁した溶液を用いて行われている。しかし、実用化における最大の問題点は、いかにして触媒の分離・回収および再使用を効率よく行うかにある。

例えば水中で粉末を分散して使用した場合、光触媒反応後の粉末の回収などは困難である。そこで、粉末を適当な基板に担持、固定化した薄膜が光触媒として望ましいと考えられる。本研究では光触媒活性を増加させる方法として、チタン酸化物に触媒活性のある金微粒子を含有させた薄膜を作製し、その薄膜の作製条件と光触媒活性について検討した。

また、より高い光機能触媒活性を持つ光触媒を合成する目的で四配位のチタンを含む化合物  $Ba_2TiO_4$  を合成し、その光触媒活性を検討した。

## 2. 実験方法

### 2. 1 試料の調製

#### (1) 金微粒子含有酸化チタン薄膜の作製方法

コーティング溶液の調整は図-1に示した。原料はモル比でテトライソプロピルチタン  $Ti(O-i-C_3H_7)_4$  : ジエタノールアミン  $NH(C_2H_4OH)_2$  : エタノール  $(C_2H_5OH)$  : 水  $(H_2O)$  : 金 = 1 : 1 : 40 : 4 : 0.05 で調整した。この溶液は酸素ガスのパブリックを行いながら攪拌した。得られた溶液をディップコーティング法を用いて、0.5 mm/min の速度で石英ガラス基板上にコーティングした。コーティング後、基板を乾燥機を

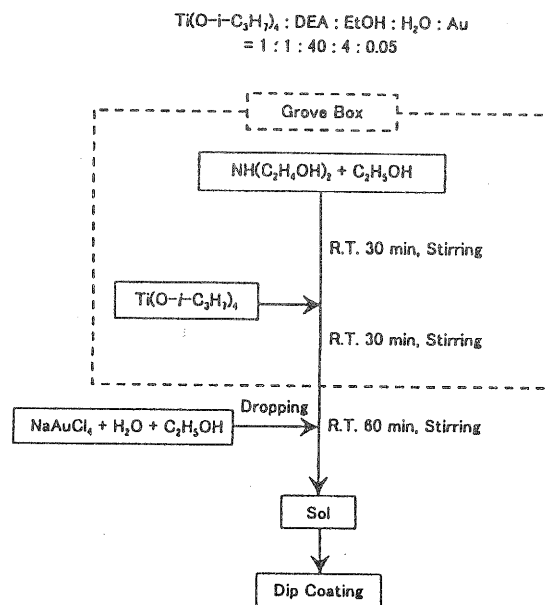


図-1. コーティング溶液の調整

\*技術第二科無機材料係  
\*立命館大学理工学部化学科

用い、100℃で10分間乾燥した。乾燥後、電気炉中でコーティング膜を焼き付けた。この操作を繰り返し、コーティング試料を得た。

### (2) Ba<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub>の合成方法

Ba<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub>の合成は、Almediaら<sup>1)</sup>の方法で行った。炭酸バリウムBaCO<sub>3</sub>とアナターゼ型酸化チタンTiO<sub>2</sub>をモル比で2:1になるように混合し、油圧プレスで、錠剤上に整形し、種々の条件で焼成した。

### 2.2 光吸収スペクトルの測定

試料の光吸収スペクトルは自記分光光度計(島津製作所製、UV-365)を用いて、190nm~800nmまでの範囲で測定した。

### 2.3 X線回折パターンの測定

試料のX線回折パターンはX線回折装置(リガク製、RU-200B)を用いて、2θ=20°~80°の範囲で測定した。

### 2.4 ESRスペクトルの測定

合成した粉末試料のESRスペクトルは、電子スピン共鳴装置(日本電子製JES-FE2XG)を用いて測定した。

### 2.5 光触媒活性の測定

作製した試料の光触媒活性は図-2に示した装置を用いてメチレンブルー色素水溶液の分解性を測定した。

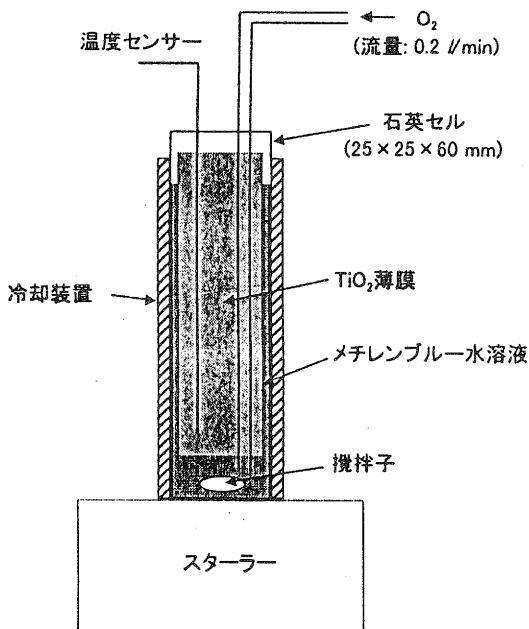


図-2. 光触媒活性測定装置  
(図の正面からXeランプを照射)

## 3. 結果および考察

### 3.1 作製したコーティング膜の特性評価

コーティング溶液に、従来の方法で、金イオンを加えるとコーティング溶液の攪拌中に、金イオンが還元され金微粒子が析出し、粒子が大きくなり溶液が紫色に着色する。このため、金イオンの還元を防止するために、酸素ガスをバブリングしながらコーティング溶液を攪拌すると、かなり長時間にわたり金微粒子の析出が抑えられ溶液が紫色に着色しなかった。このため、今回の金含有コーティング溶液は、酸素ガスバブリングを行いながら攪拌し、コーティングした。

この作製した薄膜のX線回折パターン(図-3)には、2θ=25°、48°付近にアナターゼの特徴的なピークが認められた。また、2θ=38°、44°付近に金の特徴的なピークが認められた。

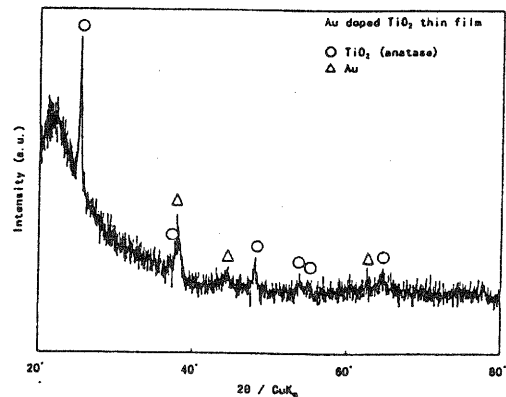


図-3. 金含有酸化チタン薄膜のX線回折パターン

また、作製した薄膜の吸収スペクトル(図-4)には、642nmに金微粒子に基づくプラズモン吸収が認められた。これらから、作製した薄膜は、金微粒子を含んだアナターゼ結晶が析出した構造を持っていることが分かった。

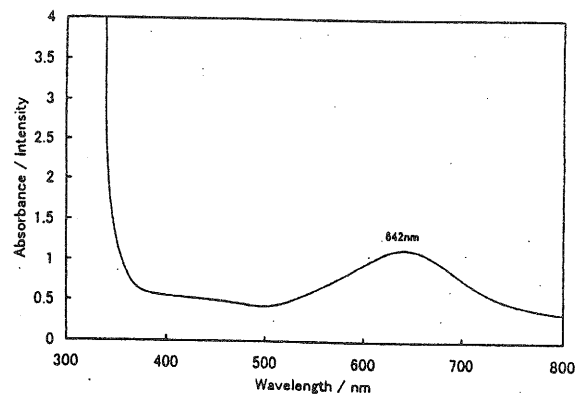


図-4. 金含有酸化チタン薄膜の光吸収スペクトル

光触媒活性試験は、図-2の装置により有機物としてメチレンブルーを用いて評価した。メチレンブルーを初期濃度  $2.6 \text{ mg/l}$  になるように調整し、吸光度の変化から分解率を計算した。最初に、酸素バブリングと紫外線照射により分解することが考えられたので、薄膜試料なしの条件でメチレンブルーの分解率を測定した結果を図-5に示した。

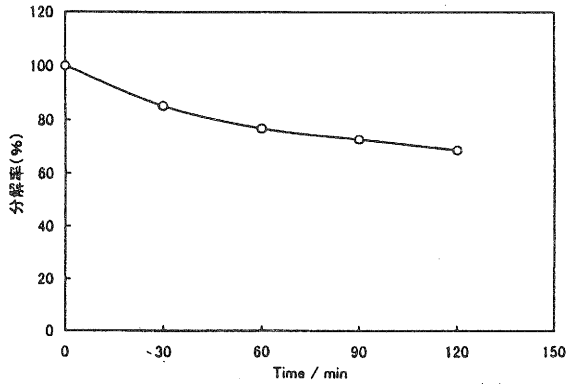


図-5. 酸素バブリングと紫外線照射によるメチレンブルーの分解

この図からメチレンブルーは紫外線照射と酸素バブリングにより、120分で25%程度が分解されることが分かった。つぎに、今回作製した金含有酸化チタン薄膜と金を入れないで同じ方法で作成した酸化チタン薄膜について、光触媒活性試験を行った。その結果を図-6に示した。この図から双方の膜試料とも120分間で90%以上のメチレンブルーの分解を示し、触媒活性があることが確認できた。さらに、金含有酸化チタン薄膜が金を含有しない酸化チタン薄膜に比べメチレンブルーの高い分解率を示しており、高い触媒活性を持つものと考えられる。これは、酸化チタン薄膜に導入された金微粒子により薄膜の触媒活性が高まったものと考えられる。

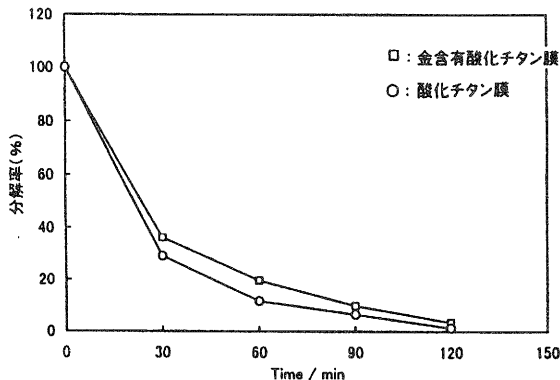


図-4. 金含有酸化チタン薄膜等によるメチレンブルーの分解

3.2 作製した  $\text{Ba}_2\text{TiO}_4$  の特性評価  
作製したほとんどの粉末試料の熱処理条件は、 $900^\circ\text{C} \sim 1100^\circ\text{C}$ 、熱処理時間は3~25時間で行ったが、それぞれの試料のX線回折パターンから  $\text{Ba}_2\text{TiO}_4$  に基づくピークが認められた。図-7に出発原料 (a, b) と作製した試料 ( $1000^\circ\text{C}$  6時間熱処理 (c)、 $900^\circ\text{C}$  25時間熱処理 (d)) の代表的X線回折パターンを示した。

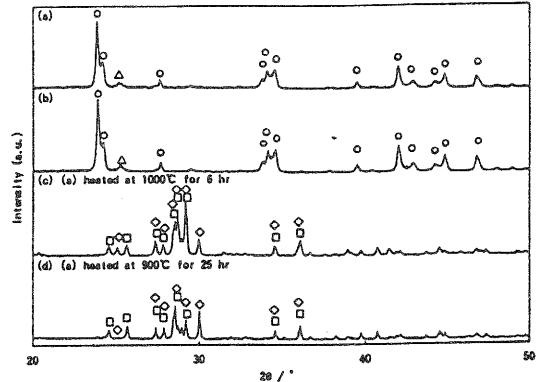


図-7. 作製した試料等のX線回折パターン

これらのパターンのピークから作製された  $\text{Ba}_2\text{TiO}_4$  の結晶は、単斜晶と斜方晶の混合物である事が分かった。また、作製した粉末試料は、薄紫や紫に着色したものがあつたので、 $\text{Ti}^{3+}$  による着色か酸素欠陥による着色であるかと考えられたが、ESRスペクトルを測定した。その結果を図-8に示した。この図からいずれの試料にも  $\text{Ti}^{3+}$  に基づくシグナルは得られず、酸素欠陥によるものと可能性が大きいと考えられた。

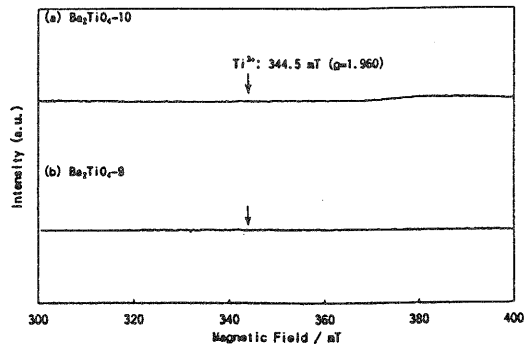


図-8. 作製した試料等のESRスペクトル

光触媒活性を従来のアナターゼ型酸化チタンと比較するために、初期濃度  $13 \text{ mg/l}$  のメチレンブルー溶液を、図-2の装置を用いて、分解試験を行った。その結果を図-9に示す。この図では、Aは紫外線照射と酸素バブリングのみ、B、Dはアナターゼ型酸化チタン粉末、

作製した試料に紫外線照射と酸素バブリング、Eは作製した試料に酸素バブリングのみで測定し結果を示した。この結果から作製した試料はアナターゼ型酸化チタンに比べ低い光触媒活性があることが分かった。

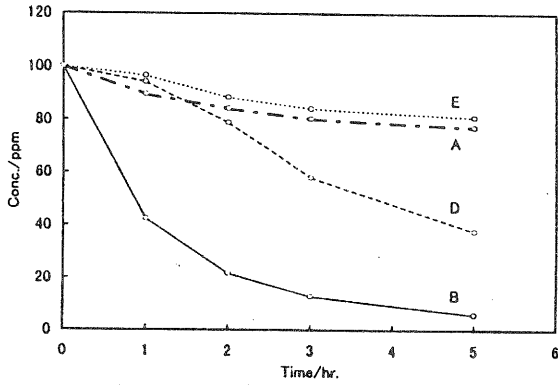


図-9. 作製した試料等によるメチレンブルーの分解

#### 4. まとめ

1. 金微粒子を含有させたアナターゼ型酸化チタン薄膜が、アナターゼ型酸化チタン薄膜に比べて高い光触媒活性を示した。

このことから、金微粒子などを酸化チタンに分散することで、光触媒活性が向上することが分かり、光触媒薄膜の高機能化の可能性を示した。

2. チタンイオンが酸素四配位構造をとる化合物  $Ba_2TiO_4$  を合成し、その光触媒活性を確認した。

#### 5. 参考文献

1) R. M. Almedia et al, J. Sol-Gel. Sci. Tec, 8. 293. 1997

# 環境汚染物質計測用セラミックス薄膜センサに関する調査（研究）

坂山 邦彦\*  
Kunihiko Sakayama

**要 旨** 近年、環境問題が大きく取りだたされている中、環境モニタリングの必要性も重視さえるようになってきている。本調査においては、大気汚染物質（NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CO<sub>x</sub>等）と水質汚染物質（リン、窒素、塩素）に着目し、より簡単に測定できるセンサを開発することを目的とする。

本年度は、有機色素がフリー塩素によって発光するという現象を利用し、セラミックス薄膜に有機色素を固定化することによって、センサーとして活用できないか検討するために、SiO<sub>2</sub>薄膜への有機色素の固定化および発光性を調べた。結果、有機色素自体では発光が認められたが、SiO<sub>2</sub>薄膜に有機色素を固定化した場合は、発光が認められなかった。

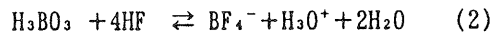
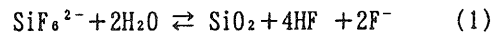
## 1 まえがき

滋賀県は「近畿の水瓶」と呼ばれている琵琶湖を抱えており、その水質には多くの関心が寄せられており、先進的な施策も講じられている。しかしながら、水質は良くなってきているとは言い難いのが現状で、農薬や有機塩素溶剤等の環境汚染も指摘されている。また、大気環境についても、車の排気ガスや工場の排ガスなどのNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>などによる汚染の問題があり、一時の急激な改善状況から、横這い傾向を示している。このような状況の中、環境モニタリングの必要性が大きくなってきている。

様々な種類のセンサが研究されている中、刻々と変化する自然環境を把握するには、現場で簡単に測定ができるセンサが必要であり、性能が良く、耐久性に優れたセンサを用いることが要求される。しかし、その数も少なく、実用上の問題点も多いのが現状である。そこで、本研究では、小型で簡単に測定ができるセンサーの開発を目的にし、本年度はフリー塩素の存在下で発光する有機色素をセンサーとして利用できないか検討するため、SiO<sub>2</sub>薄膜に固定化し、発光性を調べた。

## 2 実験方法

有機色素をドーブしたSiO<sub>2</sub>薄膜の作製には、液相析出法を利用した。そのフローチャートを図1に示す。液相析出法とは、金属フルオロ錯体の加水分解平衡反応を利用するものであり、フッ素イオン補足剤を加えることによって、平衡を酸化物側にシフトさせて、基板上に酸化物薄膜を析出・成長させる方法である。SiO<sub>2</sub>薄膜を作製する場合、ヘキサフルオロケイ酸アンモニウム(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>水溶液は式(1)のような加水分解平衡状態にあると考えられ、これにフッ素イオン補足剤としてホウ酸H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>水溶液を添加すると式(2)の反応が起こる。



よって、式(1)の平衡反応が右側にシフトし、SiO<sub>2</sub>薄膜が析出する。

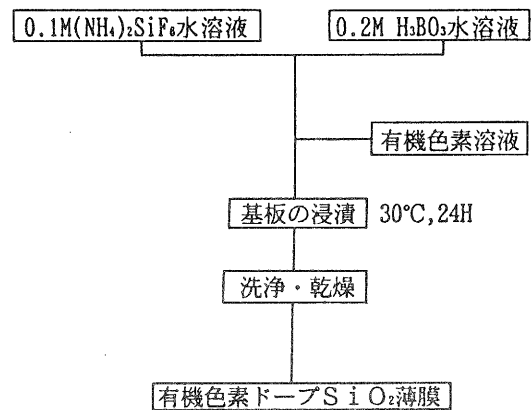


図1. 有機色素をドーブしたSiO<sub>2</sub>薄膜の作製方法

有機色素にはRhodamine6G (図2) を使い、0.2、0.3、0.4 g/Lの濃度のRhodamine6G水溶液を図1に示した通り添加し、3種類のSiO<sub>2</sub>薄膜をガラス基板上に作製した。

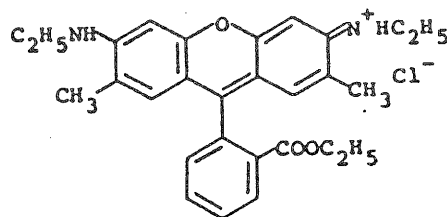


図2. 有機色素 Rhodamine 6G の構造式

\* 技術第二科 無機材料係

これら3種類の試料と次亜塩素酸ナトリウム溶液との発光性を調べた。発光の測定は光増幅測定装置ARG US-50/VIM（浜松ホトニクス(株)製）でおこなった。また、Rhodamine6Gの水溶液についても次亜塩素酸ナトリウム溶液との発光性をテストした。

### 3 結果

Rhodamine6Gを0.2、0.3、0.4g/Lの水溶液でドーブした3種類のSiO<sub>2</sub>薄膜と次亜塩素酸ナトリウム溶液の有効塩素濃度500ppmとの発光性を調べた。有機色素ドーブSiO<sub>2</sub>薄膜上に、スポイトで1、2滴次亜塩素酸ナトリウム溶液を落とし、10分間発光を測定したが、すべての有機色素濃度の薄膜で発光は確認できなかった。Rhodamine6Gをドーブした薄膜は赤色をしているが、次亜塩素酸ナトリウム溶液を薄膜上に数滴のせることによって、脱色された。このことから、Rhodamine6Gと次亜塩素酸ナトリウム溶液と

の接触があったことは明らかであり、Rhodamine6Gの薄膜に取り込まれている量が少ないからか、もしくは次亜塩素酸ナトリウム溶液の濃度が薄いために発光しなかったと推測される。

Rhodamine6Gを水にとかし、1.0g/Lおよび5.0g/Lになるように調整し、次亜塩素酸ナトリウム溶液の有効塩素濃度が0.5ppm、5ppmと50ppmとなる3種類の溶液を用意した。Rhodamine6Gの水溶液5mLと次亜塩素酸ナトリウム溶液50μLを混ぜて、2分間の発光性を調べた。この結果、Rhodamine6G5.0g/L水溶液に関しては、有効塩素濃度5ppmと50ppmの次亜塩素酸ナトリウム溶液に対して、それほど強い光ではないが、発光がはっきりと確認された。しかしながら、有効塩素濃度0.5ppmの次亜塩素酸ナトリウム溶液では、極微光であり、発光していると思われるが判断が非常に難しい状況であった。また、Rhodamine6G1.0g/L水溶液に関しては、次亜塩素酸ナトリウム溶液の有効塩素濃度が一番濃い50ppmに対しても、極微光で判断が難しいものであった(図3)。

### 4 まとめ

Rhodamine6G5.0g/L水溶液は有効塩素濃度が5ppm以上の次亜塩素酸ナトリウム溶液と混ぜることで発光することを確認した。また、SiO<sub>2</sub>薄膜へのRhodamine6Gの固定化は液相析出法を利用することで容易に出来るが、固定化した場合の発光は確認できなかった。しかし、Rhodamine6GをドーブしたSiO<sub>2</sub>薄膜に次亜塩素酸ナトリウムをのせると脱色反応があったことから、ドーブするRhodamine6Gの濃度を濃くしてやれば、発光は確認できると考える。発光が確認されれば、使い捨ての簡易なセンサへの応用が考えられる。

### 謝 辞

本調査の遂行にあたり、ご指導、ご協力をいただいた龍谷大学の上條榮治教授、青井芳史助手および金内氏に対し深く感謝いたします。

### 文 献

- (1) 出来成人、青井芳史、表面, Vol.36 No.6 (1998) p23~30
- (2) 出来成人、青井芳史、表面技術, Vol.49, No.1 (1998) p30~34
- (3) 有機合成化学協会編, "有機化合物辞典" (1989)
- (4) T. Nakagama, M. Ymada, T. Hobo, ANALYST, OCTOBER, 1989, vol.114, p 1275~1278
- (5) T. Nakagama, M. Ymada, T. Hobo, Anal. Chim. Acta. 231(1990), p7~12

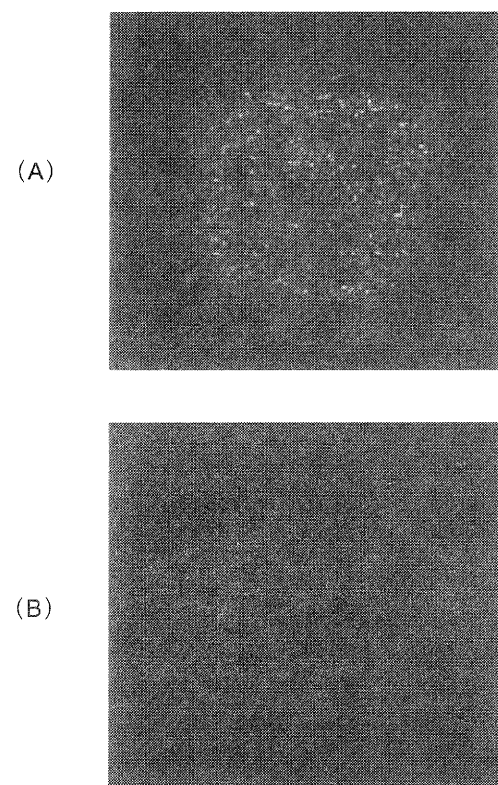


図3. Rodamine 6G と次亜塩素酸ナトリウムの発光現象  
 (A) Rhodamine6G5.0g/L水溶液と有効塩素濃度5ppm  
 次亜塩素酸ナトリウム溶液  
 (B) Rhodamine6G1.0g/L水溶液と有効塩素濃度50ppm  
 次亜塩素酸ナトリウム溶液

# カーボンブラックによるポリエチレン樹脂の導電性付与に関する研究

那須 喜一

Yoshikazu Nasu

カーボンブラックをポリエチレン樹脂に溶剤中での混合を行い、導電性を付与したポリエチレン樹脂を作製した。カーボンブラックの添加量により導電性が急激に変化するパーコレーション現象を利用した応力や温度の検知方法の検討を行った。また、この樹脂と一般の樹脂との複合化により、センシング機能を備えた樹脂材料の開発手法について検討を行った。

## 1 まえがき

現在の生活に必要な不可欠となっている、汎用樹脂、エンジニアリングプラスチックなどは用途が増え続けている。汎用材料は、海外メーカーとの価格競争も厳しく、いずれはエンジニアリングプラスチックも同じような状況を迎える可能性もある。ただ樹脂を使うだけでなく、より多機能な材料として改良することが必要とされると考えられる。一方、現在の高分子材料については、導電性高分子などを始め機能性の高いものが開発されている。しかし、これらの用途は、限られた小型電気部品などが多く、構造材への利用などは、まだ進んでいないものと考えられる。現在でも、材料の耐久性や劣化の程度を調べるには、目視などの検査や種々の機器や人手を使つての検査を必要とする。もし材料自体がセンシング機能を持ち、自己の状態を外部に知らせることが出来れば、沢山のセンサーを材料に取り付けなくても、コンピュータなどによる自己診断が可能になる。このような材料はインテリジェント材料、スマート材料などと呼ばれる新しい材料の一つとして今後重要になるものと考えられる。ここでは、このような材料を開発する第一歩として、安価でより身近な材料を利用して、自己検知機能を実現するための基礎研究を行った。

## 2 実験

### 2.1 材料

使用した樹脂は、直鎖状低密度ポリエチレン樹脂(以下 LLDPE と略す)：宇部興産のユメリット 2515HF を用いた。樹脂を溶かす溶媒としてデカヒドロナフタレン(デカリン) mp-43.2 ~ -30.4, bp187.3 ~ 195.7 を用いた。添加剤には、カーボンブラック(以下 CB と略す)を用いた。成形の際にはポリイミドフィルム、カプトン 200H (25  $\mu$ m : 東レ・デュポン社)を用いた。

### 2.2 樹脂のカーボンブラックとの複合化

樹脂の複合化には、LLDPE とカーボンブラックを所定の割合で合計重量 20 g をセパラブルフラスコに入れ、デカヒドロナフタレンを 180 g、100℃、

1 時間、溶解のためモーターで攪拌する。これを、冷後、アセトン 180 g を加え、さらに 30 分攪拌した後、分離した溶媒を減圧濾過で取り除き粉状の樹脂を得た。樹脂内に残っている溶媒を取り除くため、80℃、12 時間、真空乾燥した。この後、150℃、1 時間、真空乾燥して、やや溶融した樹脂を得た。

この複合化した樹脂を板状にするため、まずポリイミドフィルムで作った袋に詰め、これを減圧可能にしたポリイミドの袋に入れた。空気の混入を避けるために、外側の袋を真空ポンプで減圧し、ホットプレスで 160℃、15 分間、加熱、圧縮し板状に成形した。板厚を揃えるため、この成型物をさらに金属製の 2 mm のスペーサーを用いて 30 mm  $\times$  200  $\times$  2 mm に成形した。

### 2.3 抵抗率測定試料

抵抗率の測定および引張荷重下での抵抗率の測定用試料は、2.2 で作成した板を、JISK7113 プラスチックの引張試験方法のダンベル型 2 号試験片(平行部の幅 6mm、同長さ 33mm)の打ち抜き刃でプレスによる打ち抜きを行った。作製したダンベル片の中央平行部に 25mm の間隔と外側にもう一つの電極を金蒸着を施し作成した。リード線をはんだ付けするために、銅箔を銀ペーストで蒸着部に張り付けた(図 1)。また、曲げ荷重下の抵抗率測定用試料は、LLDPE の 80  $\times$  15  $\times$  2 mm の板とカーボンブラックを混合した LLDPE 80  $\times$  15  $\times$  1 mm を作成し、ホットプレスで電極にする銅箔を 70 mm 間隔とその外にもう一つずつはさんで、ホットプレスで融着させ、80 mm、幅 15 mm、厚さ 3 mm の板を得た(図 2)。これを、JISK7171 プラスチック-曲げ特性の試験方法の試験片とした。

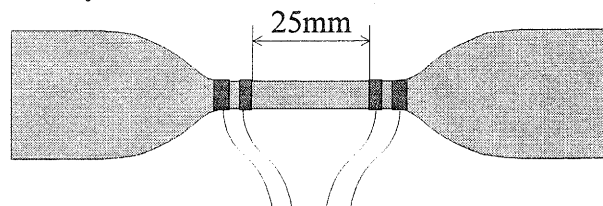


図 1 抵抗率測定用ダンベル試験片



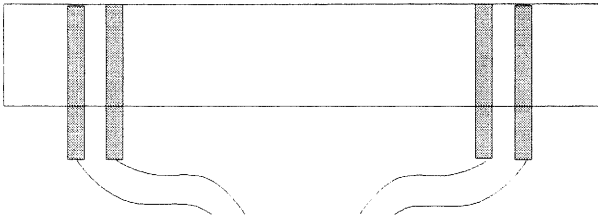


図 2 曲げ試験片

### 2.4 抵抗率の測定

常温および各温度での抵抗率の測定は 2.3 で作成した試料片を、4 端子法で、横河電機デジタルマルチメータ MODEL2501A を用いて測定した。また、導電率の小さいものについては K6911 熱硬化性プラスチック一般試験方法 5.13 の抵抗率の測定から求めた。

### 2.5 引張および曲げ荷重下での導電率測定

引張試験はインストロン社製 Model4206 万能材料試験機を使用して、2.3 および 2.4 で作製したダンベル試験片をチャックにはさんだ状態で導電率の測定を行った。曲げ試験は、同じ装置で 3 点曲げ (図 3) を行った。

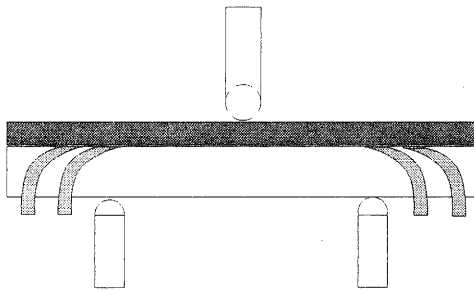


図 3 3 点曲げ試験

## 3 結果および考察

### 3.1 CB 添加量と伝導率

導電性のある CB を添加することにより、LLDPE の抵抗値が下がる事は想像がつくが、実際には図 4 に示すように、抵抗値はある一定の添加量になると、急激に変化する現象が起こる。この事はどの様な樹脂にも一般的に起こる現象であり、パーコレーションと呼ばれる現象として知られており、臨界体積分率はパーコレーションスレッシュホールドと呼ばれている<sup>(1)(2)(3)</sup>。この現象は、絶縁体のマトリックス内で分散していた粒子が集まり導体回路を形成するために起こるとされており、この時のしきい値は CB の種類や高分子マトリックス、成形温度・時間によって異なり、粒子表面とマトリックスとの親和性が大きく影響する現象であることが報告されている。この LLDPE と CB の場合は、重量比で 16 ~ 18% の間で、急激に抵抗値が下がっており、CB 重量比をさらに細かく変化させることにより、パーコレーションスレッシュホールドを求める事が出来る

と考えられる。パーコレーションスレッシュホールドでは抵抗値がマトリックス樹脂の小さな変化を敏感に抵抗値の変化へと反映することが考えられるため、この付近の割合で配合した樹脂が容易にセンサー材料などに利用できる可能性もあるものと考えられる。けれども、この報告は、予備試験の段階であるので、まず容易に抵抗値の測定が出来る重量比 20%以上の配合についても、以下に検討を行った。

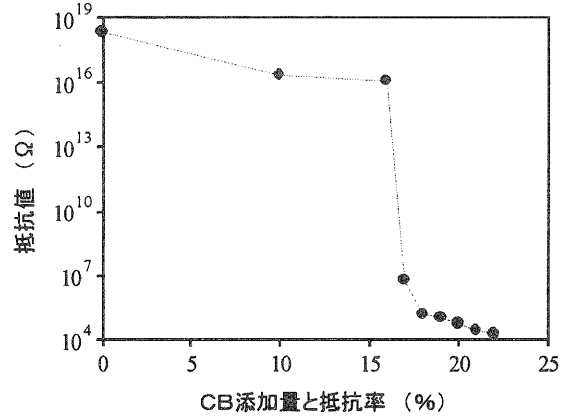


図 4 LLDPE の CB 添加による抵抗率の変化

### 3.2 温度と抵抗値

一般の物質は温度が高くなると、抵抗値は低くなる。この事は LLDPE と CB の複合系においても同じである。図 5 に示すように、18% のものは温度上昇とともに大きく抵抗値が変化しており、パーコレーションスレッシュホールド付近であることによる効果が現れているものと思われる。17% のものについても、18% のものと同様の傾向になると考えられるが、今回採用した測定法では、抵抗値が高すぎるため測定出来なかった。18% より CB 量の多いものについては、40℃付近から、温度の上昇とともに不安定な挙動を示すようになっていく。これは、電極等の密着性等の要因等の測定誤差によるものと考えられ、基本的には変化の大小はあるものの、抵抗値の上昇する傾向にあるものと考えられる。

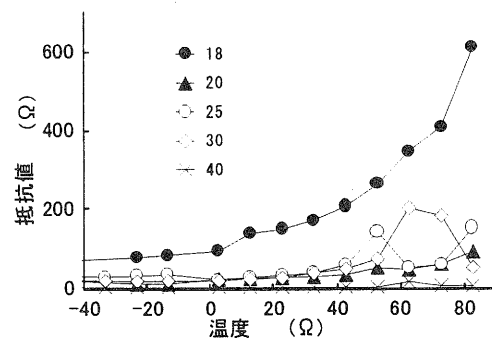


図 5 CB の添加量の異なる LLDPE の温度変化と抵抗値の関係

### 3.3 引張荷重と抵抗値

引張り荷重と抵抗値の関係について測定した結果を表1に示す。CB添加量の大小により抵抗値は異なるものの、数%~数十%の範囲で変化をしており、CB17%の試料の変化が多いことは、パーコレーションスレッショルド付近の試料が、大きな変化を示し易いということによるためではないかと考えられる。以上より、同じ抵抗値レベルで、引っ張り荷重による抵抗値の変化が確認出来た事により、逆に荷重検出の手段としての抵抗値の検出が可能であることが判明した。

表1 CBの添加量の異なるLLDPEの荷重と抵抗値の関係

CB%	抵抗値 (kΩ)		
	荷重 0kN	荷重 50kN	荷重 100kN
17	5770	6446	10460
18	138.5	148.1	200.9
19	98.03	99.33	100.89
20	52.42	56.23	68
21	23	24.32	29.6
22	18.5	19.6	23.5

### 3.4 曲げ荷重下の導電率

曲げ荷重下での導電率は、CB面を加圧側(上側)にしても引張側(下側)にしても、ほとんど変わらなかったため<sup>(4)</sup>、CB面を下側にした時の測定値を表2に示す。数0.1~1%のレベルでやや抵抗値が低下し、その後変位量に合わせて抵抗値も変化していくことがわかった。ただし、変位量は大きく変形した3~5mmで数%変化する程度であり、検出は出来ているが、変化量が小さいため、測定誤差が関与する可能性が大きい。実用化には、測定誤差の少ない方法を見つけるか、抵抗値の変化の大きくなるような構造等を検討する事が必要になるものと思われる。

表2 曲げ試験の変位量と抵抗値の変化

変位量 (mm)	抵抗値 (MΩ)	
	CB18%	CB20%
0	1.009	1.34
1	1.009	1.33
2	1.008	1.33
3	1.011	1.35
4	1.019	1.35
5	1.023	1.36

## 4 まとめ

パーコレーションスレッショルド(臨界体積分率)付近のCB配合量について、温度変化や負荷応力などの刺激に対して、細かく配合量の違いについて調べることにより、電気抵抗の変化挙動についての確認ができた。また、表面にCB層を配置するなどの複合化を行うことにより、曲げ荷重のような、小さな荷重変化でも応答することが確認できた。これにより、センサー機能を持つ材料の開発手法の手掛かりが得られたものと考えられる。今後は、この層の配置の手法を検討することやCBの種類や配合方法などの検討により、信頼性のあるセンサー機能材料としての応用について検討をしていく予定である。

## 文献

- (1) 住田雅夫, 表面, Vol.1. 31, No. 7 (693-701, 1989)
- (2) 住田雅夫, 高分子論文集, Vol. 40, No4 (203-210, 1983)
- (3) 水野善久, 化学工学論文集, Vol. 18, No. 1 (58-65, 1992)
- (4) 片山誠二, 高分子論文集, Vol. 46, No11 (693-701, 1989)

# ハイブリッドFRPの高機能化に関する研究

## 低弾性層を有するハイブリッドFRPの曲げ特性について

山中 仁敏

Masatoshi Yamanaka

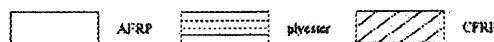
**要旨** 高弾性PAN系炭素繊維-アルミナ繊維強化ハイブリッドFRPで、他繊維強化層間に低弾性率層を有するFRPと有さないFRPの曲げ試験を行なった。その結果、低弾性率層の有無に関わらず破壊はCFRP層のハイブリッド比が低い試料については引張側のAFRP層から徐々に破壊し、ハイブリッドの高い試料については圧縮側のCFRP層とAFRP層の界面からCFRP層にクラック生じ破壊した。曲げ弾性率については低弾性層の影響により低弾性率層を有するハイブリッドFRPは低下した。しかし初期破壊ひずみは、熱膨張から起因すると考えられる内部応力を低弾性率層が緩和するため大きく向上し、弾性率の低下の影響を越え初期破壊強度を向上させた。

### 1 まえがき

炭素繊維複合材料(CFRP)は、軽量かつ高強度高弾性の構造材料として航空宇宙関連やスポーツ用具など広い範囲で使用されてきている。しかし、CFRPは、圧縮強度が引張強度に比較して小さく、破壊が起こると急激に進行する特質があり、構造材料としての靱性に問題を抱えている。そこで、比重が少し大きい、高い弾性率と強度を有し、圧縮強度が引張強度より大きなアルミナ繊維とのハイブリッド化による物性について研究を行っている。以前の研究では、炭素繊維-アルミナ繊維強化ハイブリッドFRPでの曲げ特性試験研究を行い、炭素繊維だけで強化したFRPよりも破壊靱性が大きく向上したと、CFRPとアルミナ繊維強化複合材料(AFRP)の中間の弾性率を有するハイブリッドFRP設計できることを確認した。しかし、破壊強度に関しては大きな向上が確認できなかった。この原因が成型時の温度差から生じる熱膨張(炭素繊維は負の膨張係数を有し、アルミナ繊維は正の膨張係数を有している)の違いにより、炭素繊維強化層とアルミナ繊維強化層の層間に内部応力が発生しているため強度の向上が観られないと考えられる。そこで、層間に低弾性率の薄い層を設け、

表2 積層構成

Designation of hybrid FRP	A	A1	A2	A3	A4	AL1	AL2	C
Stacking sequences								
Hybrid ratio								
% CFRP	0.0	82.8	77.0	51.8	25.2	84.6	68.0	100.0
% polyester	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	3.1	3.1	0.0
% AFRP	100.0	17.2	23.0	48.8	74.8	12.3	28.9	0.0



低弾性率層により応力を緩和させ内部応力を低減したハイブリッドFRPを成型し、3点曲げ試験を行い、層間の低弾性率層の有無によるハイブリッドFRPに対する影響について検討した。

### 2 実験

#### 2.1 試料

実験に使用した強化繊維は、東レ(株)製(M-40)PAN系炭素繊維と(株)ニチビ製(R-2880)のアルミナ繊維であり、その力学特性を表1に示す。また低弾性率層の素材としてポリエステル繊維の平織り布を使用した。今回使用した炭素繊維は以前使用したPAN系炭素繊維とは違い高弾性タイプのものであり、弾性率は大きい、強度および伸度は小さく、前回の研究で使用した高強度タイプのPAN系炭素繊維と

表1 強化繊維の力学特性

Fiber	Specific gravity	Tensile modulus (GPa)	Tensile strength (GPa)	Tensile elongation (%)
Carbon fiber	1.81	302	2.79	0.71
Alumina fiber	3.06	183	1.79	0.98

ピッチ系炭素繊維の中間の物性を有している。

マトリックス樹脂としては、エポコート828（油化シェルエポキシ（株）製）を使用し、効果促進剤として3フッ化ホウ素モノエチルアミン錯塩（橋本化成（株）製）を加えた。

## 2.2 積層構成

今回の実験に使用したハイブリッドFRPの積層構成を表2に示す。サンプルは炭素繊維単独強化FRP、アルミナ繊維単独強化FRPとハイブリッドFRPが7種類である。今回の実験で使用したハイブリッドFRPは、内部応力の影響を受けやすい外側層にアルミナ強化層有する Inteaply 型のもので、M-40 炭素繊維の基本的な物性を把握するため、層間に低弾性層のないものが5種類と低弾性層の影響を調べるため、CFRP層のハイブリッド比が高い低弾性層有するハイブリッドFRP 2種を実験に使用した。

## 2.3 成型方法

各繊維を金枠に1方向に巻き取り、エポキシ樹脂の33%アセトン溶液に浸漬した後、常温で12時間アセトンを除いた。その後、95℃で2時間加熱しBステージ化した。これを所定の寸法(250×9.9mm)に切り出し、オープンエンド金型に積層して入れ、100℃で10分間加熱後、40分で170℃まで昇温し、次いで170℃で60分硬化した。金型から取り出し、200℃で2時間加熱後、徐冷して後硬化を行った。

成型したFRPの体積繊維含有率は、炭素繊維強化層で60.1%、アルミナ繊維強化層で43.7%であった。

また、ハイブリッド比は、成型後、断面を切断し面積から算出した。

## 3 結果と考察

### 3.1 低弾性層がないハイブリッドFRPの曲げ特性

図1に低弾性率層のないハイブリッドFRPの応力-

図1 低弾性率層を有さないハイブリッドFRP 応力-ひずみ曲線

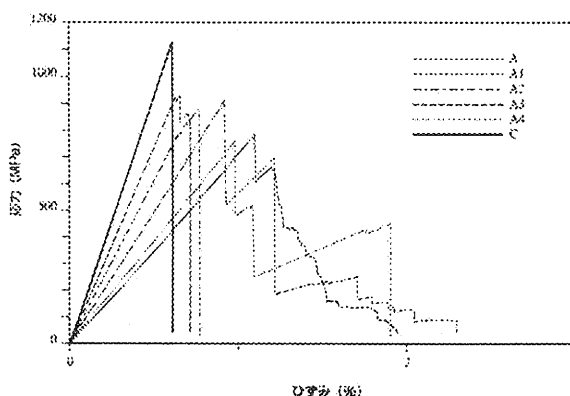


表3 ハイブリッドFRPの曲げ特性

Designation	Flexural strength (MPa)	Flexural strength at initial fracture (MPa)	Flexural strain at max. strength (%)	Flexural strain at initial fracture (%)
C	1117	1117	0.582	0.582
A-1	916	912	0.632	0.629
A-2	864	812	0.713	0.649
A-3	905	905	0.990	0.990
A-4	769	769	0.995	0.995
A	834	834	1.070	1.070

ひずみ曲線を示す。今回の実験での高弾性PAN系炭素繊維を使用したハイブリッドFRPは、ピッチ系炭素繊維を使用したハイブリッドFRPの曲げ破壊挙動が似ており、CFRPのハイブリッド比が低いもの(A4, A3)は引張側のアルミナ繊維強化層から破壊が起こり、その破壊が徐々に進行して破壊していく。しかしハイブリッド比の高い試料(A1,A2)は、圧縮側のアルミナ強化層と炭素繊維強化層の界面の炭素繊維強化層から破壊が緩やかに起こり、破壊が炭素繊維強化層の約半分進行すると急激に破壊した。3点曲げ試験の場合、ひずみは中立軸から外層に向かって増加していくため、今回の実験の様にアルミナ繊維と炭素繊維の破壊伸度大きく違うことや、アルミナ繊維の引張強度が圧縮強度に比較した小さいことと炭素繊維は反対に圧縮強度が引張強度に比較して小さいという強化繊維の特質により、このようなハイブリッドFRPの破壊状況が観察されたと考えられる。

表3に最大強度、最大強度のひずみ、初期破壊強度、初期破壊ひずみを示す。ハイブリッドFRPの曲げ弾性率及び曲げ強度は、CFRPのハイブリッド比が高いほど大きい。また最大強度時のひずみについてはCFRPのハイブリッド比が高いほど低くなった。先に述べた破壊程の違いから試料A1, A2は、最大破壊時のひずみと初期破壊ひずみに違いがあり、初期破壊ひずみのほうが小さい値になった

図2に曲げ弾性率-ハイブリッド比の関係の実測値と計算値を示す。3点曲げ試験の場合、積層はり理論から弾性率を式(1)で計算でき、これらの今回のハイブリッドFRPの実測値とほぼ一致した。

$$E_H = E_c \alpha^3 + E_A (1 - \alpha^3) \quad \dots \text{式(1)}$$

$E_H$ : ハイブリッドFRPの弾性率

$E_c$ : CFRPの弾性率

$E_A$ : A1FRPの弾性率

$\alpha$ : CFRPの厚さ/ハイブリッドFRPの厚さ

また図3に初期破壊強度-ハイブリッド比の関係の実測値と計算値を示す。計算値の曲線が途中で折れ曲がっているのは、破壊形式の違いから求めた。すなわち、CFRP層のハイブリッド比の低い領域では破壊がAFRPの引張側表面で始まるタイプの計算であり、ハイブリッド比が高い領域では圧縮側のCFRP層とAFRP層

図2 曲げ弾性率とハイブリッド比の関係  
曲げ弾性率 E

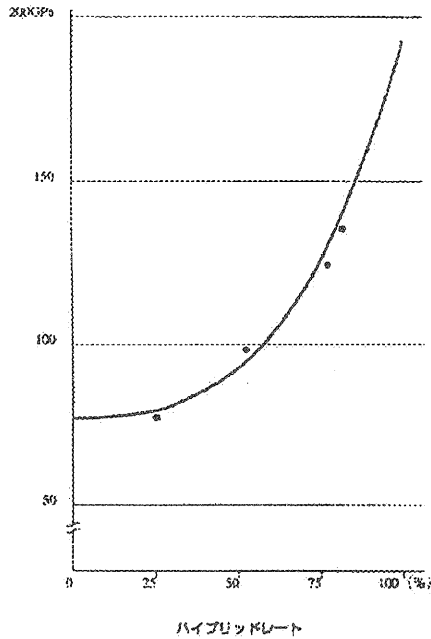
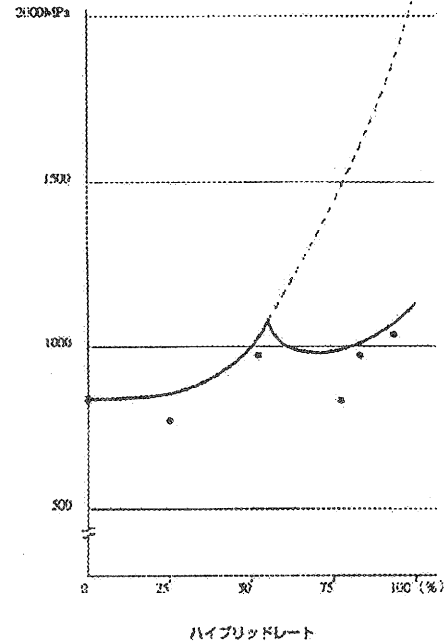


図3 初期破壊強度とハイブリッド比の関係  
初期破壊強度σ (E×ε)



の界面から破壊が起こるタイプのある。この境界をAFRPとCFRPの曲げ破壊ひずみの実測値から計算で求めた。3点曲げ試験の強度については、層間の内部応力や圧子による影響を除けば式2により計算できる。

$$\sigma_i = [E_c \alpha^3 + E_A (1 - \alpha^3)] \times \epsilon \quad \text{式 (2)}$$

ε : 曲げによる初期破壊ひずみ

3点曲げ試験の場合、加圧圧子の影響により、圧子近傍の圧縮側表面に応力集中が起こり曲げ強度を低下させている。今回の様なハイブリッド積層構成の場合この応力集中は、圧縮強度が大きなAFRP層にかかるため、応力集中による影響は少なく曲げ強度の大きな減少につながらないと考えられる。しかし、加圧圧子の影響を受け破壊した炭素繊維単独のFRPの破壊ひずみを元にした計算値より曲げ強度は小さくなっている。これはCFRP層とAFRP層の熱膨張の違いから起因するこの層間の内部応力の影響が上述の影響より大きかったためだと考えられる。炭素繊維の熱膨張率は負の値を持ちアルミナ繊維は正の値を持っているため、高温での成型時から室温に温度が下がる時点で、界面のCFRP層表面に圧縮の内部応力が、またAFRP層表面に引張の内部応

表4 低弾性率層を有するハイブリッドFRP  
曲げ特性

Designation	Flexural strength (MPa)	Flexural strength at initial fracture (MPa)	Flexural strain at max strength (%)	Flexural strain at initial fracture (%)
A.L.1	952	952	6.721	6.721
A.L.2	906	906	9.814	6.814

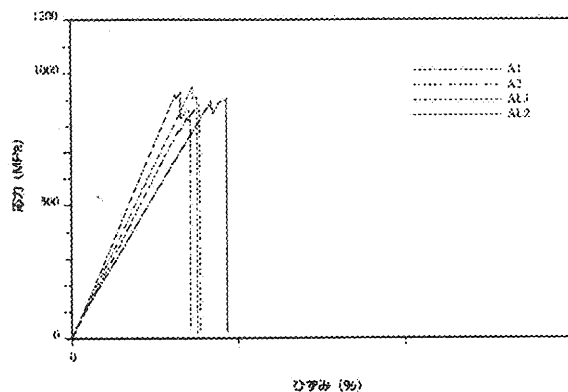
力が存在している。このため圧縮強度の低いCFRPの強度をより小さいものにしてしまうと考えられる。

### 3.2 低弾性率層を有するハイブリッドFRPの曲げ特性

図4に曲げ応力-ひずみ曲線また、表4に最大強度、最大強度のひずみ、初期破壊強度、初期破壊ひずみを示す。破壊の状況は最大荷重からCFRP層とAFRP層界面から破壊が起こり少しだけ強度を低下させるてから破壊する低弾性率層有さないサンプルA1やA2同じ様な曲げ応力-ひずみ曲線を示した。曲げ弾性率に関しては、低弾性率層が存在するため低下しており、計算値で求めたAL1で8.7%、AL2で6.4%の低下の値とほぼ同一であった。

しかし、初期破壊ひずみは大きく増加しており、ほぼ

図4 低弾性率層を有するハイブリッドFRPの曲げ応力-ひずみ曲線



同じCFRPのハイブリッド比を持っているA1とAL2を比較すると約14%大きくなっており、強度でも弾性率の低下があるものの、約4%の増加が確認できた。

これは、成型時の熱変化によるCFRPとAFRPの膨張の違いを低弾性率層が緩和することによって、内部応力を低減できたため初期破壊ひずみの向上および曲げ強度の向上につながったと考えられる。

## 6 まとめ

高弾性PAN系炭素繊維-アルミナ繊維ハイブリッドFRP及びその系で低弾性率層を有するハイブリッドFRPを成型し、3点曲げ試験を行った結果下記のような結果を得た。

1) 低弾性率層を有さないハイブリッドFRPは、ピッチ系炭素繊維を利用したハイブリッドFRPと同じような破壊形式で破壊し、CFRPのハイブリッド比が高い(約55%以上)試料は、圧縮側のCFRP層とAFRP層の界面から破壊した。

2) 低弾性率層を有さないハイブリッドFRPの曲げ弾性率は、積層はり理論からの計算値とほぼ一致したが、曲げ強度については、CFRP層とAFRP層界面に存在する内部応力の影響により計算値より低い値を示した。

3) 低弾性率層を有するハイブリッドFRPの破壊形式は、低弾性率層を有さないものとほぼ同じであった。

4) 低弾性率層を有するハイブリッドFRPの曲げ弾性率は、有さないものに比較し計算値とほぼ同じ値低下していた。

5) 低弾性率層を有するハイブリッドFRPの初期破壊ひずみは、有さないものに比較し、約14%(CFRP層のハイブリッド比が83%前後)増加し、弾性率の低下しているものの曲げ強度は約4%向上していた。

## 文 献

1. 山中仁敏, 中村吉紀, 木村良晴, 織学誌, **49**, 379 (1993)
2. 山中仁敏, 前川春次, 中村吉紀, 木村良晴, 織学誌, **52**, 12 (1996)
3. 吉田均, 強化プラスチック, **29**, 56 (1983)
4. 佐藤公隆, 松本光昭, 吉村徳男, **15**, 98 (1989)

# 加熱発泡セラミックスにおける気孔の制御に関する研究

## (地域産原料の活用研究)

横井川正美

Masami Yokoigawa

要旨 アプライトを主原料とし、SiC で発泡させる多孔質セラミックスにおいては、その気孔は独立したものになりやすい。しかしながら、粘土質原料を置換した組成においては焼成温度を制御すれば、気孔を連続させることが前報<sup>1)</sup>でわかった。ここでは、粘土質原料の種類や置換量を変えることにより、連続気孔が得やすい条件（組成や焼成温度）について検討したので報告する。

### 1 はじめに

近年、多孔質材料は種々の素材で研究開発されており、身近な所で目にすることが多い。セラミックス分野においても、製造プロセスの違いにより、その気孔の大きさ、形状、分布などのさまざまのものがあ、それぞれの機能を生かした分野で利用されている。

当所においては、有機や無機のバルーンを陶磁器素地に混合させる方法や可燃物消失法など多孔質軽量陶器を開発している。<sup>(2), (3)</sup>

本研究は、景気の低迷からその出荷量が減っているアプライト資源（半花崗岩）の有効利用という視点も持ち、これを主原料とした多孔質軽量セラミックスの開発を目的としている。前報では、SiC を発泡材として可塑成形が可能な素地を開発したが、その中で粘土量と焼成温度により、気孔が連続にできる条件を見いだしたので、ここでは粘土の種類や置換量を変えて再検討することにした。

### 2.1 使用原料

アプライトは新陶産業製 MK-H(畑長石粉砕物)（以下アプライトと呼ぶ）を用いた。粒度は50%径で7 $\mu$ mであり、石英、正長石、曹長石から成る。

粘土類はNZカオリン、朝鮮カオリン、土岐口蛙目、ズリンコの4種類を使用した。NZカオリンは純白であり、主構成鉱物はハロイサイトである。少量の石英とクリストバライトを含む。朝鮮カオリンは水ひしたものでなく、ミルズリ品である。ハロイサイトが主成分ではあるが、未風化の灰長石も多く含む。土岐口蛙目は市販の水ひ品であり、ノルム計算で粘土量を求めると約83%となる。ズリンコは古琵琶湖層の頁岩質粘土であり、この試料は日野町の鳥居平の露頭で採取してきたものである。それぞれの化学分析値を表1に示す。なお、発泡材として用いた炭化珪素はキシダ化学製の#400の試薬をWC製の振動ミルを用いて微粉砕したものでその粒度は約4 $\mu$ mである。

### 2 実験方法

表1. 使用原料の化学分析値とノルム計算による鉱物組成

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ig.loss	長石	粘土	珪石	その他
アプライト	77.3	12.8	0.15	0.03	0.40	0.00	4.63	3.56	0.51	59	3	37	1
NZカオリン	49.7	35.9	0.23	0.09	0.01	0.01	0.00	0.03	14.2	0	91	7	2
朝鮮カオリン	48.9	34.0	0.92	0.12	4.46	0.36	0.52	1.67	9.10	39	57	1	3
土岐口蛙目	48.8	34.4	1.47	0.90	0.14	0.30	0.90	0.12	12.6	7	83	6	4
ズリンコ	64.6	16.9	5.87	0.69	0.66	0.99	2.50	1.23	6.11	29	28	33	10

### 2.2 調合割合

調合割合は、表2に示すようにアプライトをNZカオリンで置換した系（AN系）、以下朝鮮カオリンのものを（AC系）、土岐口蛙目のものを（AT系）、ズリンコのものを（AZ系）で表す。なお、SiCはいずれの調合においても0.5%外割で添加している。

表 2. 調合割合

	単味	AN系			AC系			AT系			AZ系				
アプライト	100	90	80	70	90	80	70	90	80	70	90	80	70	60	50
NZカオリン	0	10	20	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
朝鮮カオリン	0	0	0	0	10	20	30	0	0	0	0	0	0	0	0
土岐口蛙目	0	0	0	0	0	0	0	10	20	30	0	0	0	0	0
ズリンコ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	30	40	50

2.3 試験体の作製方法

調合物 300 g と SiO<sub>2</sub> 5% (外割) を自動乳鉢で 15 分間混合したあと、水を 7 ~ 8% 程度加えて造粒した。なお、粘土質を加えない系ではアラビアゴムを 2% (外割) で加えている。この造粒物 20 g を 15 × 100mm の金型に入れ、300kg/cm<sup>2</sup> の圧力で成形した。

2.4 焼成条件

二珪化モリブデンの発熱体の電気炉を用い、1000 °C まで 200 °C/h、1000 °C から最高温度まで 100 °C/h、最高温度でのキープ時間を 30 分したあと炉冷という条件で焼成した。最高温度は 1150 ~ 1300 °C の範囲を 25 °C 刻みで変化させた。

2.5 評価方法

2.4.1 吸水率

曲げ強さ試験後の試験体の両端を切断して長さを約 40mm とし、吸水率とかさ比重を測定した。水に浮く試験体も多いので、30mm φ の試験ふるいを重ね、その間に試験体を入れて 30 分間煮沸した。吸水率は、乾燥重量  $m_1$  と飽水重量  $m_3$  から次式にて求めた。

$$\text{吸水率 (\%)} = (m_3 - m_1) / m_1 \times 100$$

2.4.2 かさ比重

かさ比重は、水中重量  $m_2$  を島津製作所製比重測定装置 SGM-300P を用いて求め、乾燥重量  $m_1$  と飽水重量  $m_3$  から下式で求めた。なお、水に浮く試験体については、重りを付けて測定した。すなわち、この重り単独を水中に入れて零点をとり、測定時には試験体の上にこの重りを乗せた。

$$\text{かさ比重} = m_1 / (m_3 - m_2)$$

2.4.3 曲げ強さ

測定には島津製作所製オートグラフ AGA-2000A を用いた。条件は、スパン 50mm クロスヘッドスピード 0.5mm/min である。

3 結果と考察

3.1 NZカオリンを置換した系

この系でのかさ比重と焼成温度の関係を図 1.1、吸水率と焼成温度の関係を図 1.2 に示す。NZカオリンが 10% ではかさ比重の低下に貢献するが、20% になると 1175 ~ 1225 °C 付近のかさ比重は単味より若干悪くなる。30% では本研究の焼成温度領域でかさ比重が大きくなる。吸水率の変化は特異である。置換量が 10% では単味と同様の傾向を示すが、20% では極大値を持つパターンとなる。30% では焼成温度が高くなるにつれて大きくなる。

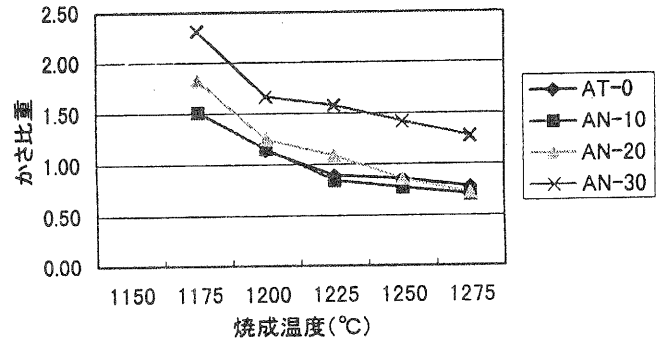


図 1.1 AN系のかさ比重

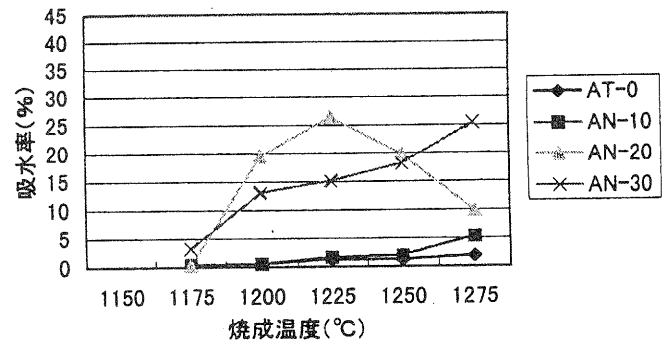


図 1.2 AN系の吸水率



### 3.2 朝鮮カオリンを置換した系

この系でのかさ比重と焼成温度の関係を図 2.1、吸水率と焼成温度の関係を図 2.2 に示す。この朝鮮カオリンを置換した系はNZカオリンと傾向が大きく異なる。朝鮮カオリンに多く含まれる灰長石が素地の耐火性を下げているため、10%、20%置換のものかさ比重がいずれの温度でも大きく低下している。30%置換したものでも 1250℃を越えると単味のもののかさ比重に近づく。吸水率は30%置換のもので気孔が大きく開放される温度を持つパターンとなる。これは朝鮮カオリンの置換が 30%でも調合物中の粘土量は約 20%程度に押さえられるためと思われる。

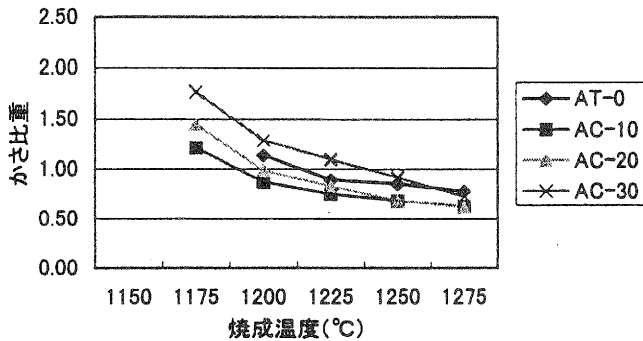


図2.1 AC系のかさ比重

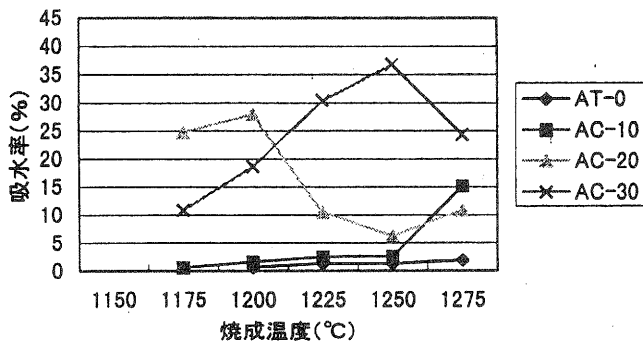


図2.2 AC系の吸水率

### 3.3 土岐口蛙目を置換した系

この系でのかさ比重と焼成温度の関係を図 3.1、吸水率と焼成温度の関係を図 3.2 に示す。この系のかさ比重の変化はNZカオリンと類似した傾向にある。ただ、10%置換がかさ比重に及ぼす影響がNZカオリンより大きい。アプライト単味と20%置換はかさ比重の傾向はほとんど同じに関わらず、吸水率の傾向が大きく異なる。気孔を連続したものにするには、この程度の粘土質原料を導

入するのが好ましいことがわかる。

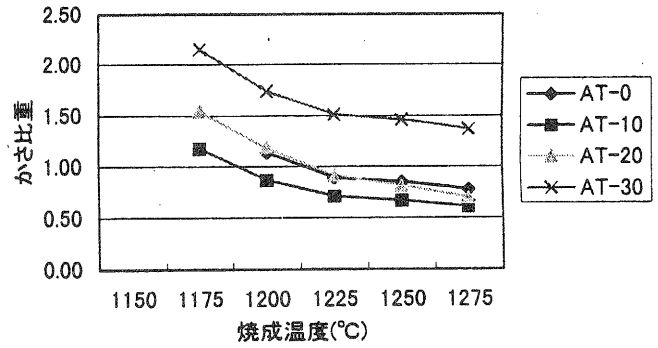


図3.1 AT系のかさ比重

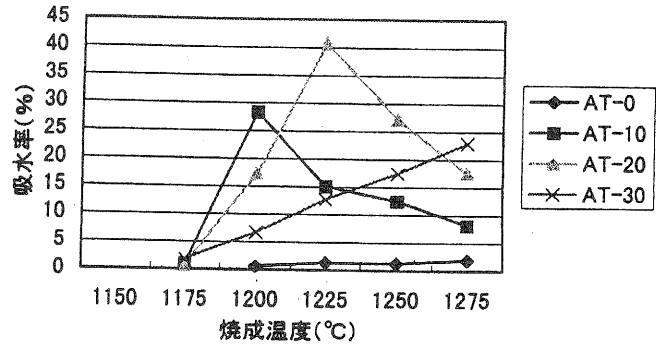


図3.2 AT系の吸水率

### 3.4 ズリンコを置換した系

この系でのかさ比重と焼成温度の関係を図 4.1、吸水率と焼成温度の関係を図 4.2 に示す。ズリンコは前述の系より、粘土量が少なく、鉄分がかなり多いという特徴を持っている。そのため、置換範囲を 50%にまで広げたわけであるが、この範囲では 40%がかさ比重低下に最も効いた。50%になるとかさ比重は増大傾向になる。吸水率は30%、40%の置換ものが極大値を持つパターンとなるが、鉄の影響のためかその温度は 1175℃と低くなる。

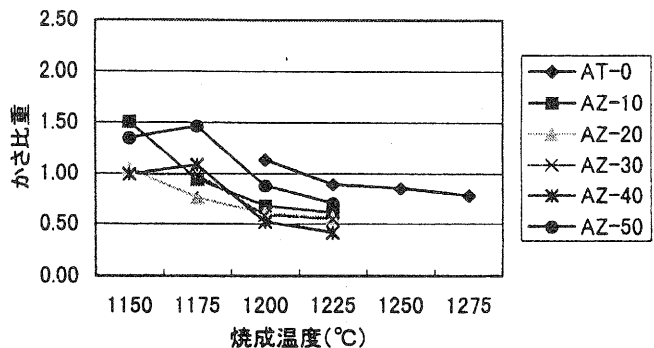


図4.1 AZ系のかさ比重

## 文献

- 1) 横井川正美：平成 9 年度工業技術総合センター研究報告, 62-65 (1998)
- 2) 川澄一司：平成 7 年度信楽窯業試験場業務報告, 17-29 (1996)
- 3) 宮代雅夫ほか：平成 8 年度信楽窯業試験場業務報告, 9-12 (1997)

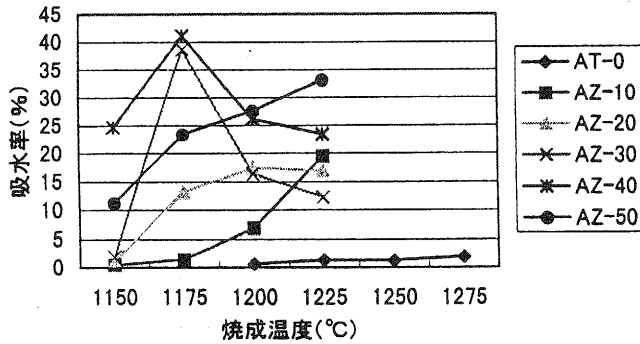


図4.2 AZ系の吸水率

### 3.5 曲げ強さについて

曲げ強さについては、前報<sup>1)</sup>でも触れたがかさ比重との相関関係が非常に強かった。詳細なデータはここでは割愛するが、かさ比重1で曲げ強さ10～15MPa、かさ比重0.8で8～13MPa程度となる。

## 4 まとめ

アプライトと種々の粘土質原料を用いた多孔質軽量セラミックスについて検討した結果、得られた知見は以下のとおりである。

- ・アプライト単味の発泡体の気孔は独立であるが、素地中の粘土量を10～15%に調整すると40%程度の吸水率を持つ連通気孔のセラミックスの製造が可能になる。また、この組成では吸水率がピークになる温度があり、これを越えると吸水率が低下する。

- ・粘土の含有量が20%を越えたものは焼成温度が高くなるにつれて吸水率が高くなる。

- ・含鉄土石類の置換は発泡温度低下に大きく寄与する。ズリンコは10%でも焼成温度を約50℃下げることができる。

本研究の加熱発泡セラミックスは表面が皮をかぶった状態であるが、組成と温度の制御により、連通気孔の形成できることが再確認できた。このことにより、素材の応用範囲はバイオリアクターなどへも可能になった。

## 謝辞

本報告は、龍谷大学理工学部の今井崇人君が学外実習で行ったデータを中心にまとめたものであり、誌上をもって感謝の意を表します。

# 工業技術総合センター研究報告

第 13 号

平成11年11月 印刷発行

発 行 滋賀県工業技術総合センター

滋賀県栗太郡栗東町上砥山232

TEL 077-558-1500

FAX 077-558-1373

印 刷 (株)日興商会