

# 目 次

1 . 陶磁器用筆絵付けロボットの開発 ( 第 4 報 )	・ ・ ・ ・	1
2 . 陶磁器加飾用インクジェット印刷システムの開発	・ ・ ・ ・	5
3 . ガラス粉体を用いたインクジェット印刷試験	・ ・ ・ ・	9
4 . インクジェット印刷による陶磁器加飾のための顔料合成	・ ・ ・ ・	1 2
5 . 虹彩釉の高度化と製品化研究 ( 第 3 報 )	・ ・ ・ ・	1 6
- 虹彩釉を活用した、くつろぎともてなしの装置「暖炉」の提案 -		
6 . 2 1 世紀東濃地域ブランド商品の開発 ( 第 2 報 )	・ ・ ・ ・	1 9
- ペット用品の製品試作 -		
7 . 擬似 W e b 3 D による陶磁器製品意匠評価システムの開発 ( 第 2 報 )	・ ・ ・ ・	2 1
- より洗練された製品開発を目指した意匠設計支援方法の提案 -		
8 . セラミックス製品のライフサイクル・デザイン研究 ( 第 3 報 )	・ ・ ・ ・	2 4
- 持続可能産地形成に向けた資源効率向上のための美濃焼製品の開発 -		
9 . 使い勝手の良い陶磁器製品の開発 ( 第 1 報 )	・ ・ ・ ・	2 7
1 0 . アルミナ中におけるチタン酸アルミニウム生成と マイクロ波発熱挙動の関係	・ ・ ・ ・	3 0
抄録	・ ・ ・ ・	3 4
カラー写真	・ ・ ・ ・	3 6

# 陶磁器用筆絵付けロボットの開発（第4報）

横山貴広・小稲彩人

Development of A Writing Brush Painter's Robot for Ceramics( )

Takahiro YOKOYAMA and Ayato KOINE

県内の陶磁器産業の発展・活性化、「匠」の技を持つ熟練技能者の技能伝承問題、伝統工芸技能の保存を目的に陶磁器筆絵付けロボットの研究（多品種・多筆化・多色化）を実施・継続してきた。昨年度まではシステムの高機能化に必要なハードウェアの設計・製作を実施し、ハードウェア全般と教示側ソフトウェアを完成させた。本年度は、システム全般のソフトウェア開発を実施し、陶磁器製品の絵付けに必要な線及び模様機能を盛り込んだ。さらに製作したシステムを利用し、試作品を製作した。

## 1. 緒言

岐阜県を代表する主要な地場産業である陶磁器産業は、海外からの輸入増大に伴い年々その生産規模を縮小している。このように地場産業全体が低迷する中で、産業の活性化や持続的発展のためには「匠」の技を持つ技能者の後継者技能伝承問題の解決や、製品の高付加価値化、美濃焼独自のオリジナル商品の創出などが求められている。

そこで当研究所で陶磁器用筆絵付けロボットの高性能化（多品種、多筆化、多色化）研究に着手し、システム全般の設計と教示部・ロボット部のハードウェアを開発してきた<sup>1)~3)</sup>。

本年度は、ロボットによる線及び模様の描画を可能とするソフトウェアの開発を実施した。

メンテナンス機能の強化を図った。またロボット部では教示部と同様、対象物の回転・傾斜機構を設け、（株）三菱重工業製の PA-10 ロボットアーム（7軸垂直多関節型）を用い、先端位置姿勢制御を行い人の筆記動作をロボットアームで再現している。

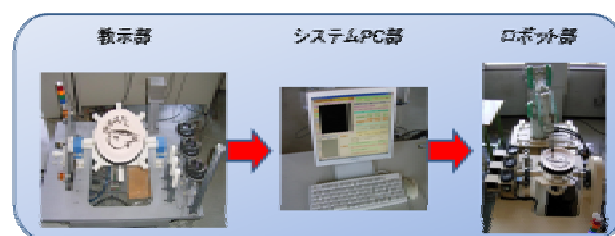


図1 システム全体の構成図

## 2. システムの概要

### 2-1 ハードウェアの概要

図1に示すように、システムは、教示部、システムPC部、ロボット部によって構成される。教示部では人の筆記動作に用いる筆の位置（X：縦，Y：横，Z：高さ）と姿勢（A：アジマス，E：エレベーション，R：ロール）を磁気センサでリアルタイム計測できる。さらに多品種の陶磁器（平物・立物）への絵付けにも対応できるように、対象物である陶磁器を回転・傾斜できる機構を設けた。システムPC部では教示部で測定したデータの保存、加工、演算を行う。従来のシステムと比較して、教示部で得られたデータの補正機能とメ

### 2-2 ソフトウェアの概要

図2にソフトウェア全体の構成図を示す。ソフトウェアの開発には企業で働くオペレータに使用しやすいように設計・開発を行ってきた。特にロボットの動作には教示操作に関する特殊な技術が必要となるが、本システムでは基本的に初期設定（数値入力）教示動作（人の筆記動作）ボタン操作（図2～）でロボットを任意に動作させることができる。

最初に、図2のメイン画面で初期設定（筆の長さなどの数値入力）を行い、教示ファイルの作成ボタン（ ）を押した後に教示動作を行い、教示

動作で得られたデータファイルをロボットが動作できる数値に変換し、さらにロボットファイルを作成するため、加工ファイル作成( )、ロボットファイル作成( )ボタンを押し、最後にロボット動作ボタン( )を押すことで人の筆記動作をロボットで再現できる。

再現後のロボット動作の細かい位置・姿勢の微調整ができるように補正画面(図2補正画面)を設けた。また、多品種の陶磁器に細線や同じ模様を多数描くことができる機能(図2線・模様画面)を特別に設け、この画面においても描画補正ができるようにした。このように、ハードウェアでカバーできないシステム全体の精度をソフトウェア技術を利用することで向上させた。

本システムにはロボット、サーボモータ、センサ、アクチュエータなどを多数使用しているためメンテナンス機能を強化した。具体的にはメンテナンス機能を大きくロボット、サーボモータ、センサ類の3つに分け、システムトラブル発生時に個々のシステム状態を監視でき、さらに簡単にトラブル復旧動作させることが出来るようにした。

### 3. 試作品の製作

#### 3-1 線

ロボットによって陶磁器に細かく一定幅の線を引かせる場合、教示側において人が保持する筆記具に手ぶれが生じたり、人が対象物を回転させると回転速度に斑が生じたりするため、この人の筆記動作のデータをそのまま使用すると不具合が発生する。そのため、主に3つの工夫を施した。

最初に、教示時に磁気センサと筆の筆記具までの距離を一定にするためプラスチックツール(図3)を用いた。通常の筆を用いる教示方法では、描画中に磁気センサと筆の先端までの距離が常に異なるため、線の幅に斑が生じることになるが、プラスチックツールを用いることによって、両者の距離が常に一定となり斑を抑えることができる。ただし、プラスチックツールを素焼のコップに接触させるだけの動作となるため、実際に線が引けるかどうかはロボットを動作させないと確認できない。そのため、教示動作時にプラスチックツールとコップとの接触時間の長さを経験的に掴む必要がある。

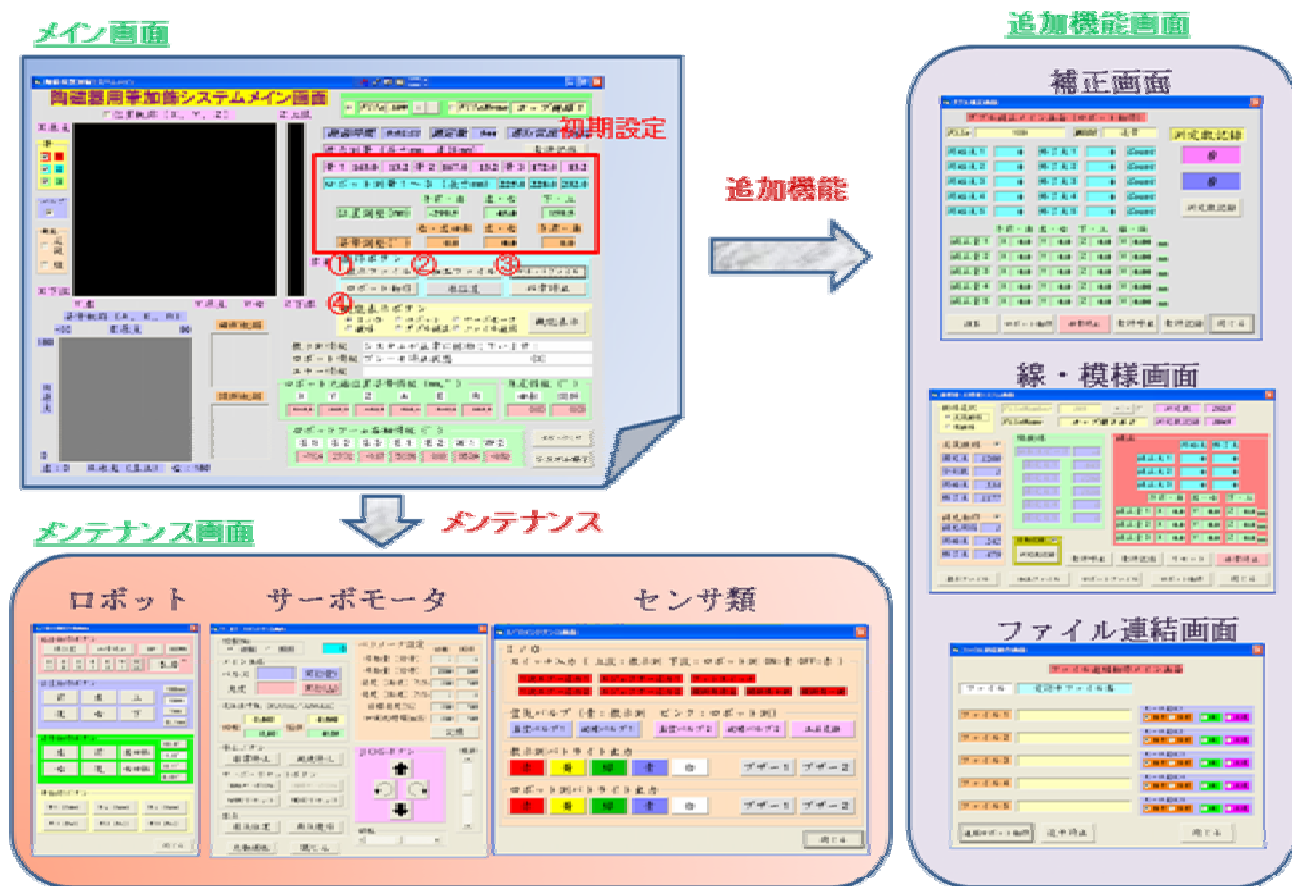


図2 ソフトウェア全体の構成図

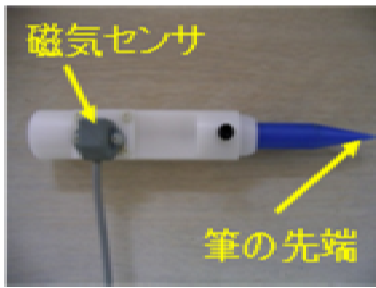


図3 プラスチックツール

2つ目にロボットが陶磁器に線を引く際、対象物である陶磁器の回転方向と速度を一定にし、さらに手ぶれが生じないように手ぶれ補正機能を設けた。最初に試験動作を実施し、手ぶれ補正が必要な教示データのサンプルポイントを設定する。このサンプルポイントをコンピュータに入力(図2線・模様画面)して再度ロボットを動作させる。

これを実施することによってロボットが保持する筆記具と陶磁器が接触している間は一定の姿勢を保持することができる。なお、手ぶれ補正の有無による比較を図4に示す。

最後に、ロボットが保持する筆記具と陶磁器が接触する際、等速直線運動で接触するようにデータの加工を行った。この動作を行うことにより、筆記具と陶磁器の接触直後に生じる髭(多線)の影響を少なくすることができる。

以上の工夫を凝らすことによって平物・立物ともにきれいな線を引くことができた(図5)。

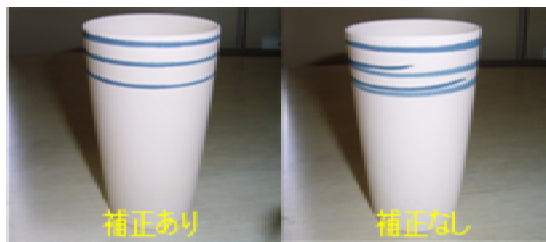


図4 手ぶれ補正機能の効果



図6 作品(センサの歪み補正なし)

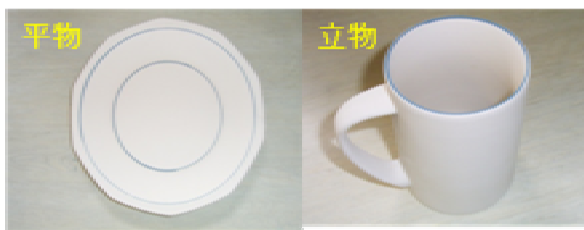


図5 線描画(平物・立物)

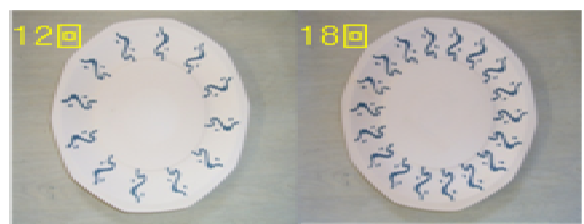


図7 模様(繰返回数12回・18回)

### 3-2 模様

陶磁器に絵付けされる模様は通常細かく、また多数の同じ模様で全体が構成される。

本システムの教示部には筆記データの計測に磁気センサを用いている。この磁気センサは送信機と受信機の距離や姿勢によって歪む特性を持っている<sup>1)4)</sup>。この特性が顕著に表われている作品を図6に示す。この図を見ると右上方向の模様は線が太く、左下方向の模様は線が細く、さらに皿全体の模様が歪んでいることが分かる。

このように、模様を描く人の動作をそのままロボットで再現すると、特に細かい模様の場合には模様が潰れたり、同じ模様であっても場所によって大きく歪んだ模様しか描くことができなくなる。そのため、陶磁器に模様を付ける際、磁気センサ歪み特性の影響を少なくするために以下のような工夫を施した。

最初に模様の一つを描き、この模様がうまく描くことができるようにデジタル補正機能(図2線・模様画面)を追加した。この機能を追加することにより、歪み特性の影響を抑えることができ、曲率の大きな皿の縁やコップ・カップの表面にきれいな模様を描くことができる。

2つ目にロボットが陶磁器に模様を描く際、教示動作の模様の描画データとゴス(陶磁器用の顔料)の補充データを切り取り、模様の描画対象物(陶磁器)の回転ゴスの補充模様の描画という動作を繰返すことにより、同じ模様が磁気セン



サの歪み特性の影響なしに多数描くことができる。図7に同じ模様を12回繰返した場合と18回繰返した場合のテスト結果を示す。両者とも図6と比較すると模様の場所によって、模様が潰れたり、歪んだりする現象が生じていないことが分かる。

また模様の個数やゴスの濃さを調整できるような機能(図2線・模様画面:模様の個数設定、ゴスの補充間隔設定)を設けた。

### 3-3 ファイルの連結

以上の線と模様のデータをファイル化し、さらに通常の絵のデータファイルと連結させることによって、線と模様と絵を連続してロボットで描くことが可能になった(図2ファイル連結画面)。また線と模様のデータファイルを多数製作し、そのデータファイルを任意に組み合わせることによって、様々な製品の製作が可能となるようなシステムを構築した。

## 4. 試作品の完成

本システムを用いて製作した試作品を図8に示す。平物(皿)に関しては図6と比較すると全体的に細かい模様がくっきりと表現でき、バランスのとれた試作品が出来上がった。また立物(カップ、コップ)に関しては平物と異なり曲率が大きいため絵に歪みが見られるが、本システムを用いて立物にも描画できることが確認できた。



図8 製作した試作品(素焼きに対する絵付け)

## 5. まとめ

陶磁器筆絵付けロボットシステム全般のハードウェア・ソフトウェアの製作を完成させた。

素焼き製品(平物・立物)に絵付けを実施し試作品を製作した。

システムの精度を向上させるには、ハードウェア全般の精度向上やソフトウェアの補正だけでは不十分である。なぜなら、人の筆記動作時とロボットの筆記動作時の筆の状態が異なるからである。さらに、ロボットは姿勢によって特異点(手首特異点や肘の特異点など)やジンバルロックが存在し、その姿勢付近では誤動作や精度が低下するなどの問題が生じる。

そのため、今後本システムと多品種の筆を用いて試作品を製作し、ロボットの筆記動作に適した筆の材質の検討と試作品評価を実施する予定である。さらに、ロボットの特異点を避ける姿勢制御方法の検討やジンバルロック対策の計算式をソフトウェアに組み込みをする予定である。

謝辞:本研究を進めるにあたっては、試作品の評価に関して陶磁器業界に携わる方々に様々なご意見を頂きました。特に新栄機工(株)にはシステムの設計・製作に対するご協力を頂きました。ここに心より深く感謝申し上げます。

### 【参考文献】

- 1) 横山貴広, “陶磁器用筆絵付けロボットの開発”, 岐阜県セラミックス技術研究所研究報告, 2005, pp21-23.
- 2) 横山貴広, “陶磁器用筆絵付けロボットの開発(第2報)”, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, 2006, pp30-32.
- 3) 横山貴広, “陶磁器用筆絵付けロボットの開発(第3報)”, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, 2007, pp1-4.
- 4) 横山貴広, 久富茂樹, 光井輝彰 “ロボット教示高度化のためのセンシング手法に関する研究の実用化”, 岐阜県生産情報技術研究所研究報告, pp47-50, 第5号 平成15年度

# 陶磁器加飾用インクジェット印刷システムの開発

柘植英明・横山久範・尾畑成造

Development of printing Device System for Ceramics Decoration

Hideaki TSUGE, Hisanori YOKOYAMA and Seizo OBATA

インクジェット印刷は、デジタル画像をオンデマンドで印刷することができるため、多くの分野で広く普及している。しかし、陶磁器製品への絵付けは、オンデマンドや少量多品種生産への対応の難しいパット印刷等によって行われているため、新しい絵付け方法の開発が期待されている。そこで本研究では、オンデマンドや少量多品種生産への対応が可能なインクジェット印刷システムの実用化を目指し、印刷範囲が A4 サイズ程度、カラー印刷、往復印刷が可能な陶磁器加飾用インクジェット印刷システムの開発を行い、印刷品質に及ぼす印刷条件等の影響について検討した。

## 1. 緒言

当所では平成 13 年度から 2 流体ノズルを用いたタイル用インクジェット印刷システムの開発を始め、平成 14 年度からはより高精細に加飾が可能な 2 流体ノズルを用いて、カップや皿に直接加飾できる陶磁器製飲食器加飾ロボットの開発を行った<sup>1)</sup>。しかし、2 流体ノズルを用いた加飾では 40~80dpi 程度の加飾しか行えないため、高画質が要求される陶磁器製品への加飾には十分な対応ができなかった。そこで、平成 16 年度からはピエゾ方式のノズルを用いたインクジェット印刷に関する研究を行ってきた<sup>2)</sup>。しかし、この研究に用いたインクジェット装置は、印刷範囲が 108×108mm と狭く、また、単色印刷しか行えないため、実用化に向けた研究を行うことができなかった。そこで、印刷範囲が A4 サイズ程度、フルカラー印刷および、往復印刷が可能という 3 つの仕様を満たすインクジェット印刷システムの開発を行った。



図 1 インクジェット印刷システムの外観

また、駆動方式や印刷条件が印刷品質にどのような影響を及ぼすのかを検討したので詳細を報告する。

## 2. 装置の概要

### 2-1 印刷システムの概要

開発したインクジェット印刷システムの外観を図 1 に示す。このシステムは、XY 駆動部と、インクジェットノズルの制御部から構成され、制御用パソコンからの操作で印刷ができるシステムとなっている。

XY 駆動部は、オリエンタルモータ社製の駆動ユニットを 2 組用い、新栄機工株式会社が設計・製作を行った。なお、XY 駆動装置を動作させるためには、モーターコントローラ専用のコマンドを用いて、印刷動作をあらかじめプログラミングしておく必要がある。

インクジェットノズルの制御部はコニカミノルタ IJ 株式会社製であり、インクジェットノズル制

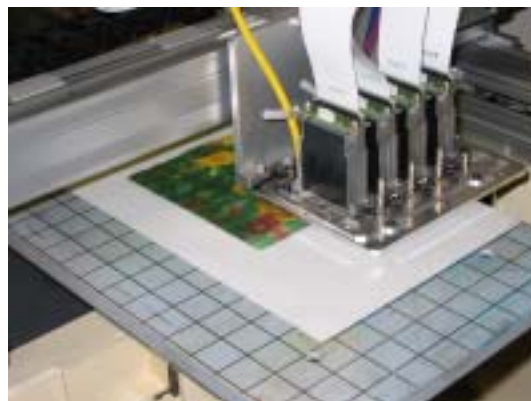


図 2 カラー印刷の様子

御アンプおよびノズルヘッドから構成される。インクジェットノズルはオンデマンドピエゾ駆動式であり、解像度は 360dpi、ノズル数は 512、印字幅は 36mm である。このノズルは壁面を湾曲させてインクを吐出する方式（シェアモード型）を採用しているために吐出力が強く、比較的高粘性のインクを吐出することができる。このノズルヘッドで使用可能なインクは水系インクであるが、非水系のインクに対応したノズルヘッドに交換することによって、オイル等の非水系インクの印刷も可能となる。

印刷は制御パソコン上において印加電圧等のインク吐出条件を設定し、印刷用の画像ファイルをノズルアンプへ送信した後に、XY 駆動装置の動作プログラムを実行することで開始できる。なお、XY 駆動装置の可動範囲は約 350×350mm であるが、カラー印刷の場合はノズルヘッドを 4 本用いることで印刷できる範囲が狭くなるため、印刷範囲は最大で A4 サイズ程度(約 300×210mm)となる。図 2 に、本システムによるカラー印刷（有機インク使用）の様子を示す。

## 2-2 印刷システムにおける駆動方式の検討

インクジェット印刷における駆動方式には、ノズルヘッドが移動して印刷を行う方式（ノズルヘッド駆動方式）と、被印刷物を固定したテーブルが移動して印刷を行う方式（テーブル駆動方式）がある。ノズルヘッド駆動方式では、被印刷物を移動させる必要が無いので、システムの製作コストが抑えられることや、被印刷物を固定する必要が無い等の利点がある。しかし、ノズルヘッドの移動に伴う振動や、インク供給管内のインク圧力の変動によって、印刷品質が低下する可能性があり、印刷時に印刷縞が多く現れたのは、このノズルヘッドの移動が原因となっている可能性が考えられる。そこで、ノズルヘッド駆動方式とテーブル駆動方式における印刷品質を比較し、駆動方式が印刷品質に及ぼす影響を検討した。

## 2-3 画像処理ソフトウェアの開発

使用するノズルヘッドは工業用であるために、市販のプリンタのように接続したパソコンから画像を簡単に印刷することができず、印刷を行うためには、印刷可能な画像ファイルを作成する必要がある。印刷ファイル作成手順は図 3 に示すように、始めにカラー画像（元画像）をモノクロ画像に変更する。カラー印刷を行う場合は YMCK の 4

原色に色分解し、それぞれをグレースケールに変換する。次に、モノクロ画像を誤差拡散法によって 2 階調化し、モノクロビットマップ形式で保存する。但し、印刷する画像サイズが 36mm 幅（512 ドット）よりも大きい場合は、画像を 512 ドット幅に分割し、ファイル名を \*\*\*\*00001.bmp、\*\*\*\*00002.bmp、... と順に作成してモノクロビットマップ形式で保存する。印刷は、\*\*\*\*00001.bmp から順に行われるので画像全体を一度に印刷することができる。

しかし、これらの工程を Photoshop 等の画像処理ソフトを用いて行った場合、印刷色数や画像のサイズに左右されるが、相当の時間が必要となる。そこで、システムの操作性を改善するために、上述した画像処理を自動的に行うことができる印刷

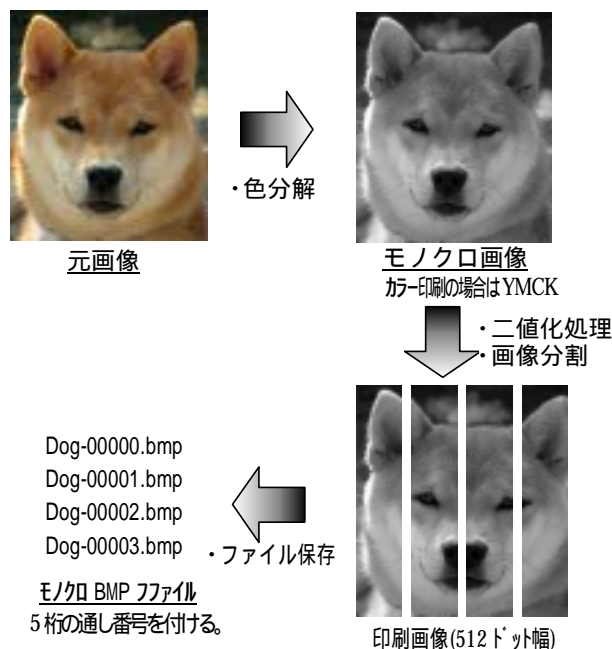


図 3 印刷ファイルの作成手順

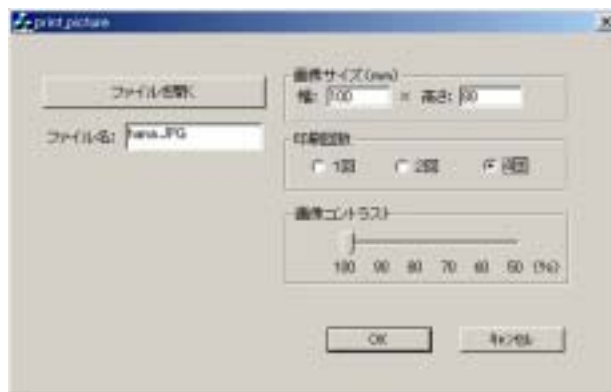


図 4 印刷画像作成プログラムのメイン画面



画像作成プログラムを開発した。作成したプログラムのメイン画面を図4に示す。画像ファイル名、印刷サイズ、印刷回数(重ね印刷回数)、コントラストを設定することで、即座に印刷画像ファイルを作成することができる。

### 3. 印刷試験方法

#### 3-1 印刷条件による影響

印刷速度とクリアランス(被印刷物とノズルとの距離)が印刷画質にどのような影響を及ぼすのかを把握するために印刷実験を行った。印刷速度の影響については、クリアランスを6mmとし、印刷速度を100mm/sec、200mm/sec、300mm/secと変化させた。また、クリアランスの影響については、印刷速度を100mm/secとし、印刷物とノズルとのクリアランスを、3mm、9mm、15mmと変化させて印刷実験を行った。なお、これらの実験には市販の有機インクを用いた。

#### 3-2 重ね印刷方法の影響

ノズルヘッドには512個のノズルが配置されており、これら全てのノズルからインク詰まり等がなく正常にインクを吐出させることは非常に困難である。従って、多少のノズルの詰まり等があっても印刷縞を軽減させる為には、重ね印刷を行う必要がある。重ね印刷方法には幾つかの方法が考えられるため、重ね印刷方法によって印刷画質にどのような違いが生じるかを印刷実験により確認した。重ね印刷方法としては、単に4回印刷する方法、印刷幅の1/4ピッチ(9mmピッチ)で印刷する方法、15ドットずらして印刷する方法について印刷を行い、画質を比較した。

### 4. 結果及び考察

#### 4-1 印刷条件による影響

印刷速度を100mm/secとし、クリアランスを3mm、9mm、15mmと変化させた場合の印刷画像を図5に示す。クリアランスが大きくなるにしたがって画質が徐々に悪くなっているが、ノズルヘッド駆動方式とテーブル駆動方式との間に明確な画質の差は見られなかった。

図6に、クリアランスを6mmとし、印刷速度を100mm/sec、200mm/sec、300mm/secと変化させた場合の印刷結果を示す。ノズルヘッド駆動方式では、速度が速くなるのにしたがって画質が劣化しているが、テーブル駆動方式ではほとんど画質の

劣化が見られなかった。これはノズルヘッド駆動方式では、ノズルヘッドが移動することによってノズルヘッドと印刷物の間に空気の流れが生じ、吐出されたインクが真下に着弾しないのに対して、テーブル駆動方式ではテーブルが移動することでノズルヘッドと印刷物の間に空気の流れが生じ難いために真下に着弾していると考えられる。

これらの印刷試験の結果から、印刷を行う場合は、クリアランスをできる限り小さくし、ノズルヘッド駆動方式の場合は印刷速度を、100mm/sec以下にすることが望ましい。

#### 4-2 重ね印刷方法の検討

図7は、単に4回上書き印刷を行って印刷した試作品タイルである。この重ね印刷方法では、ノズルの吐出されていない箇所が4回重なることに



図5 クリアランスの影響(印刷速度:100mm/sec)

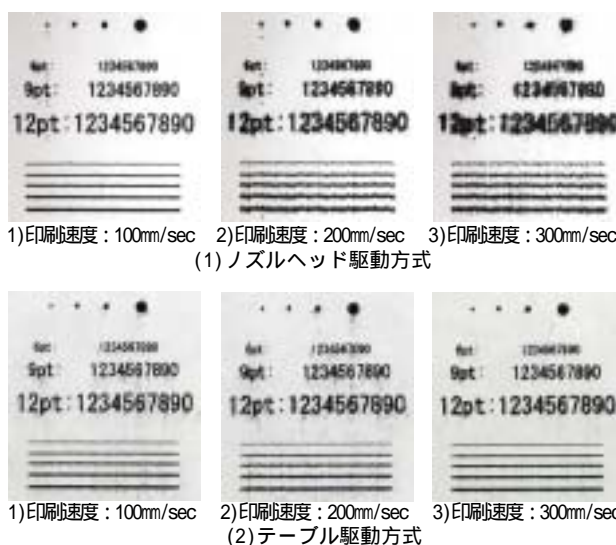


図6 印刷速度の影響(クリアランス:6mm)



なるため、印刷縞がより強調されていることがわかる。そこで、36mmの印刷幅に対して9mmずらしながら印刷して4回の重ね印刷を行った試作品を図8に示す。図7と比較すると印刷縞は軽減さ



図7 4回重ね印刷による試作品（上書き印刷）



図8 4回重ね印刷による試作品（9mmピッチ）



図9 4回重ね印刷による試作品（15dotピッチ）

れていることがわかるが、9mmピッチの印刷縞がかなり目立つことがわかる。次に、15dot（約10.6mm）ずらしながら4回重ね印刷した試作品を図9に示す。図8より印刷縞が少ない様に見えるが、インクの吐出状態が異なっているため両者の画質を単純に比較することはできない。そのため、印刷状態を見た上でより印刷縞が目立たない重ね印刷法を選択しなくてはならない。

今回行った重ね印刷だけでは印刷縞を完全に無くすことはできなかったため、印刷縞ができる原因を解明し、画質の向上を図る必要がある。

## 5.まとめ

陶磁器加飾用インクジェット印刷装置の開発を行い、駆動方式及び印刷条件が印刷性能に及ぼす影響を評価した。また、重ね印刷方法について検討を行った。その結果、以下の知見を得た。

- 1) 印刷速度が100mm/secまでは、駆動方式に関係なく良好な印刷ができるが、速度が更に大きくなると、ノズルヘッド駆動方式の方がテーブル駆動方式よりも画像品質が悪くなる。
- 2) クリアランスは、大きくなるほど画像品質が悪くなるが、駆動方式による差異はほとんど見受けられない。
- 3) 重ね印刷方法によって、印刷縞がある程度軽減できることがわかった。しかし、重ね印刷によって印刷縞を完全に無くすことは難しいため、今後印刷縞ができる原因を解明し、画質の向上を図っていく予定である。

謝辞：本研究は、文部科学省の都市エリア産学官連携促進事業「陶磁器の次世代製造技術開発」の一貫として行ったものである。

## 【参考文献】

- 1) 白井、尾石ら、岐阜県セラミックス技術研究所研究報告、pp.1-5(2003)
- 2) 柘植、横山ら、岐阜県セラミックス技術研究所研究報告、pp.5-9(2005)

# ガラス粉体を用いたインクジェット印刷試験

横山久範・柘植英明・安達直己・尾畑成造

## Patterning of Ink Dispersed Glass Powder by Ink-jet Printing

Hisanori YOKOYAMA, Hideaki TUGE, Naoki ADACHI and Seizo OBATA

インクジェット印刷は製版プロセスがないため、単品印刷や大型印刷に適した印刷方法である。しかし、無機粉体を用いたインクジェット印刷は沈降安定性や吐出安定性に課題があり、実用化が進んでいない。今回、昨年度に粉碎・分級試験を行ったガラス粉体を用い、インク調製を行い、インクジェット印刷試験を実施した。特に、人体への有害性が低いアルコール系の溶媒を用いることで、印刷が可能なインクを調製できた。また、ガラス基板にパターン印刷を行い、基板との濡れ性がパターンに及ぼす影響を検討した。

### 1. 緒言

インクジェット印刷は、装置がシンプルで多色化が容易なため、低価格のプリンターとしてパーソナル分野に普及し、カラー写真や年賀状などのプリンターとして広く利用されるに至っている。また、インクジェット印刷はマスキングや真空蒸着などの複雑な工程の必要がなく、大面積の印刷プロセスに適していることから、有機ELの印刷<sup>1)</sup>、液晶ディスプレイ用カラーフィルターの印刷<sup>2)</sup>など新規分野への展開も進んでいる。さらに、積層電子回路やマイクロ成形体などにインクジェット印刷を用いることが提案されている。これらの提案は、ナノサイズの導電粉体やセラミック粉体の印刷がほとんどであり、絶縁材やシール材として広く利用されているガラス粉体を取り上げた報告は少ない。

そこで、昨年度に粉碎・分級試験を行ったガラス粉体<sup>3)</sup>を用い、インク調製を行い、インクジェット印刷試験を実施した。また、ガラス基板上へパターン印刷を行い、基板の濡れ性がパターンに及ぼす影響を検討した。

### 2. 実験方法

#### 2-1 使用粉体

ガラス粉体には有鉛フリット Ceramic Colors No.150(カネ水水野絵具製造所製：平均粒子径 2.8  $\mu\text{m}$ )を原料とし、昨年度湿式ジェットミルにより粉碎した粉体を用いた。この際、表面処理としてステアリン酸(試薬特級：カキ行久)処理(以下

S-1 と言う)、エマルジョンのステアリン酸(ノコセ LU-6418：サノコ)処理(以下 S-2 と言う)を施した。これらの粉碎粉体の平均粒子径は約 1  $\mu\text{m}$ であったため、微細な粒子のみを遠心分離により分級した。遠心分離は高速遠心分離装置 H-2000B(国産遠心器製)を用い、回転数 1000rpm にて 20 分の条件で分離した。分級した粉体を乾燥させて使用粉体とした。

#### 2-2 インク調製

ガラス粉体は微細になると水に溶解し、インク粘度が変化するため、水系溶媒を使用することは困難である。そこで、人体への有害性が低く高沸点なブタノール系溶媒を用いてインク調製を行った。インクは 0.5mm ジルコニア製玉石を用い、3 日間ボールミル混合して調製した。インク濃度は分級した粉体量が少ないため、10wt%とした。この際、アルコール系分散剤を添加した。

インク特性として粘度と表面張力を測定した。インク粘度は回転粘度計(Mars : HAKKE 製)により C60/1° ローターを用いて、ずり速度を 10 ~ 1000s<sup>-1</sup>における 25、1 分値を測定した。表面張力は表面張力計(ESB-V : 協和科学製)にてウェルヘルミー法により測定した。また、10ml のメスシリンダーにインクを取り、1 週間放置して沈降安定性を調べた。

#### 2-3 インクジェット印刷

インクジェット印刷はシェアモードタイプピエゾ式ノズルのインクジェット印刷機(KEGON : アフィット製)を使用した。印刷

条件は負電圧 9V、時間 5 $\mu$ s、正電圧 18V、時間 10 $\mu$ s にて吐出させた。被印刷体としてガラス基板を用いた。その際、インクと基板の濡れ性が印刷パターンに及ぼす影響を検討するため、基板に撥水処理、親水処理を施した。撥水処理方法としては、ガラス用 F 系撥水剤、Si 系撥水剤を用い、親水処理は PVA1% 溶液を基板に塗布した。インクと処理した基板との濡れ性の評価として、接触角測定装置 (CA-DT: 協和界面科学製) により接触角を測定した。印刷したパターンを顕微鏡にて観察し、ドットについては直径を測定した。

印刷した基板を 700 $^{\circ}$ C、10 分焼成し、その形状を光干渉法による表面構造解析顕微鏡 (Zygo: NewView200CHR/zoom) により調べた。

### 3. 結果及び考察

#### 3-1 インク特性

図 1 に調製したインクのずり速度と見掛け粘度の関係を示す。どちらのインクもずり速度に対して粘度変化が少なく、ほぼニュートン流動を示した。粘度は S-1 インクの方が S-2 インクよりもわずかに低い値を示したが、いずれも 3mPa $\cdot$ s 程度であり、インクジェット印刷に適した粘性であった。また、表面張力は S-1 インクは 29mN/m、S-2 インクは 30mN/m とほぼ同じであった。一方、インクの沈降試験を行った結果、S-2 インクは 2 層に分離したのに対し、S-1 インクは層分離がなく良好な分散性が認められた。

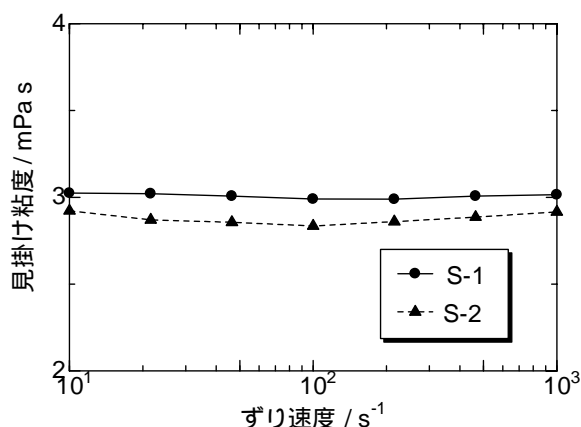


図 1 インクの粘度特性

#### 3-2 インクと表面処理基板の濡れ性

表 1 に S-1 インクと表面処理を行ったガラス基板との接触角の結果を示す。処理なしの場合、接

触角は非常に小さくなった。本インクは表面張力が低く、ガラス基板に濡れやすいことが示された。また、PVA 処理した基板との接触角はさらに低い値となり、PVA のような親水性処理を施すとインクが広がりやすいことがわかった。一方、撥水処理した基板の場合、接触角は大きくなり、本インクは水系インクと同様な特性を示した。特に、F 系撥水処理した場合、最も大きな接触角を示した。

表 1 S-1 インクと表面処理基板との接触角

基板処理方法	接触角 / $^{\circ}$
処理なし	14
PVA 処理	11
Si 系撥水処理	58
F 系撥水処理	34

#### 3-3 インクジェット印刷特性

図 2 に表面処理を施したガラス基板に S-1 インクを印刷したドットパターンを示す。処理なし及び PVA 処理では大きなドットとなったが、基板に撥水処理を施すことにより微細なドットを印刷することができた。最も小さなドット径となったのは、F 系撥水剤で 70 $\mu$ m 程度のドットパターンとなった。

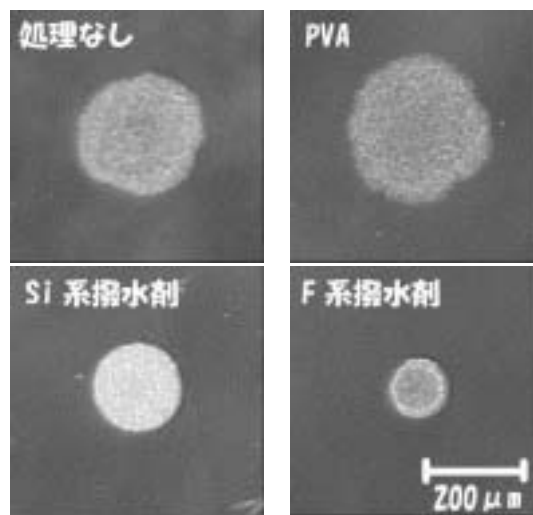


図 2 異なる基板処理によるドットパターン

図 3 にインクと基板との接触角と印刷したドットパターンの直径の関係を示す。接触角が大きくなるほどドット径が小さくなるという相関関係となった。このことから、インクと基板の接触角を大きくすることで微細なドットパターンを印刷で

きることがわかった。

図4に表面処理を施したガラス基板に印刷したラインパターンを示す。処理なし、PVA処理、Si系撥水剤処理では、連続的なラインを描くことができたのに対し、F系撥水剤処理では島状のパターンとなった。F系撥水剤はインクとの接触角が大きく、インクと基板の濡れ性が低いため、ドットパターンでは微細なパターンが描けるが、ラインパターンではインクがはじいて連続パターンをならないことがわかった。また、ドットパターンと同様に線幅はPVA処理、処理なし、Si系撥水剤の順で細くなった。

図5に焼成したSi系撥水処理した基板の印刷パターンのライン形状を示す。線幅は約0.12mmで、高さは約0.1 $\mu$ mであった。断面形状は中心部がわずかに陥没した台形となっており、印刷時におけるインクの乾燥の影響によると考えられる。

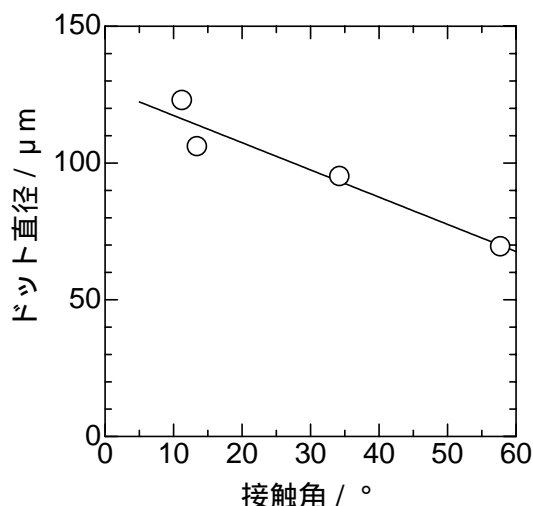


図3 インクと基板の接触角とドット直径との関係

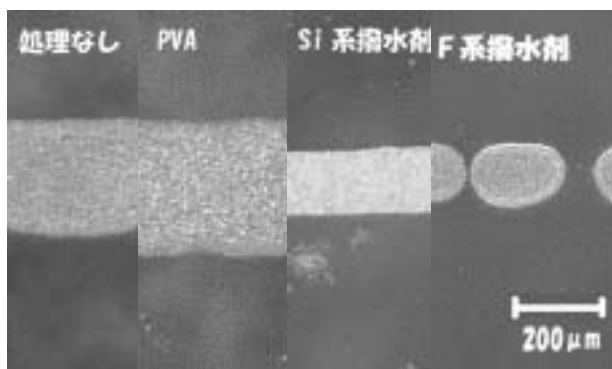


図4 異なる基板処理によるラインパターン

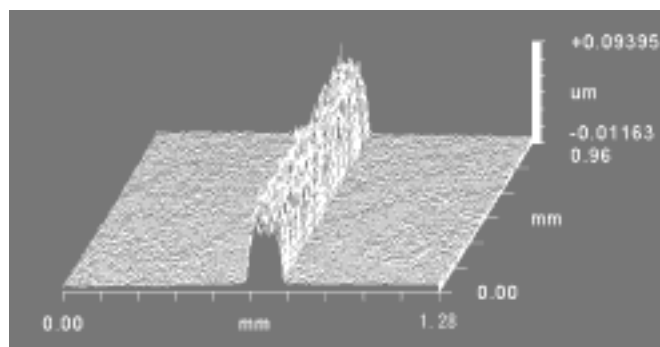


図5 パターンの形状

#### 4.まとめ

粉碎・分級したガラス粉体を用いてインク調製し、インクジェット印刷を行った結果、以下のことが分かった。

- 1) 分級した微細なガラス粉体を用いることでインクジェット印刷が可能なインク調製を行うことができた。
- 2) インクと基板との接触角が印刷パターンに影響し、ドットパターンでは接触角が大きくなるほど微細なドットを描くことができた。しかし、ラインパターンでは、接触角が大きい場合連続したパターンにならなかった。

謝辞：本研究は、文部科学省の都市エリア産学官連携促進事業「陶磁器の次世代製造技術開発」の一貫として行ったものである。

#### 【参考文献】

- 1) T. Shimoda, K.Morii, S. Seki and H. Kiguchu, *MRS BULLETIN*, 11, 821-827(2003)
- 2) 田中直樹, 日経マイクロデバイス, 10, 46-51(2006)
- 3) 横山久範, 岩田芳幸, 安達直己, 尾畑成造, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, 11-14 (2007)



# インクジェット印刷による陶磁器加飾のための顔料合成

尾畑 成造・加藤 昌宏\*・菊本愛生\*・水野義久\*・横山 久範・安達 直己

## Synthesis of Nano-sized Pigment for Decorating Porcelain by Ink-jet Printing

Seizo OBATA, Masahiro KATO\*, Mei Kikumoto, Yoshihisa Mizuno, Hisanori YOKOYAMA and Naoki ADACHI

pH 10 に溶液を調整し、220 °C でマイクロ波水熱合成(M-H)処理することによって  $ZrO_2-V$  顔料が得られた。またマゼンタ、ブラックについては 120 °C の水熱合成を行った後、220 °C でマイクロ波水熱合成することによって金コロイド分散ジルコニア粒子が得られた。今回の結果に昨年合成条件したアルミン酸コバルトを加え、多色化が可能となった。

### 1. 緒言

インクジェット印刷技術は直接目的物に印刷が可能であるとともに高精細な画像を印刷出来る点から注目される技術といえる。そしてこのインクジェット印刷技術は家庭用や工業用の印刷に用いられるばかりでなく、インクジェットによる成形などにも検討されている。このインクジェット印刷技術は版無しの印刷技術である点から陶磁器加飾技術の一つとして有望視されている<sup>1)</sup>。ここで重要となるのは分散流動性が安定したインクの調製である。そしてこのようなインクを調製するためには粒度分布が狭くナノサイズの顔料が必要となる。

これまで陶磁器用顔料については固相反応法で合成し評価されてきた。しかしこの合成法は2種類以上の粉体を混合・加熱(>1,000 °C)して合成するため組成や粒子径が不均一で不純物が混入しやすく、焼結特性や発色特性に影響を及ぼす。これに対して水熱合成法は溶液から粉体を直接作製するプロセスであり、ゾルゲル法で必要とされる仮焼工程を必要とせず、組成や粒子径が均一で高純度な微粒子を低温で合成することができる<sup>2)</sup>。またマイクロ波と材料の相互作用による加熱を利用した水熱合成が研究されており、より均一な粒子径をもつ微粒子の迅速合成が可能であると報告されている<sup>3)</sup>。

そこで本研究ではこのマイクロ波をもちいた水熱合成(M-H)によって黄色、マゼンタ、ブラックのナノ顔料合成を検討した。

### 2. 実験方法

#### 2-1 粉体合成

ジルコニウムとしてオキシ塩化ジルコニウム 8 水和物( $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ )(関東化学製)及び酢酸ジルコニウム水溶液  $Zr(CH_3COO)_4$ (アルドリッチ製)を使用した。またバナジウム源としてバナジン酸アンモニウム( $NH_4VO_3$ )およびオキシ塩化バナジウム( $VOCl_2$ )を使用した。金(Au)については塩化金酸 4 水和物を水に溶解して 0.2 M の溶液を調製した。これらを所定量添加した後、攪拌しながらアンモニア水( $NH_4OH$ )を添加し、溶液の pH を pH 10 に調製した。調製した溶液は白濁し沈殿物を形成した。その後一昼夜ほど攪拌し前駆体を含む懸濁液とした。得られた溶液をテフロンセルに入れ、スターラーで攪拌しながらパーキンエルマー製 Multiwave 3000 をもちいてマイクロ波水熱(M-H)処理した。温度制御についてはテフロンセル下部から測温した温度で行った。またセル内温度とセンサー間で温度差が生じないように目的温度まで 20 分間かけて昇温した。反応後の生成物は遠心分離、吸引ろ過により回収した。さらに、数回洗浄したのち、100 °C で一昼夜乾燥した。

#### 2-2 粉体特性

得られた粉末は粉末 X 線回折(ブルカー AXS 製 MXP18)、透過型電子顕微鏡(TEM)(日立製作所製 H-8100)をもちいて粉体の鉱物組成や形態を評価した。また分光光度計(日本分光(株)製 V-670)にて 300~800 nm の領域における分光反射率を測定した。また得られた分光反射率より CIE-L\*a\*b\*を求め、生成物の色調を評価した。

\* 多治見市陶磁器意匠研究所

### 3. 結果及び考察

#### 3-1 黄色顔料

ZrOCl<sub>2</sub> 溶液に所定量 NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> 及び VOCl<sub>2</sub> を添加し、NH<sub>4</sub>OH にて pH 10 に調整した溶液を 220 ℃、2 時間の条件で M-H 処理した。図 1 に異なるバナジウム源(12mol%)を用いて M-H 処理して得た粉末の紫外可視反射スペクトルを示す。NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> から合成された粉末の反射スペクトルは 550 nm 付近から減少し、その粉末は黄色を呈した。これに対して VOCl<sub>2</sub> から合成した粉末のスペクトルは 500 nm 以下で NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> から合成した粉末と同様に減少傾向を示しているものの、500~800 nm の領域は NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> から合成された粉末と比較して 20% 程低い値を示し、その発色は黄緑色であった。これらの顔料の X 線回折結果では図 2 に示すとおり、バナジウムを添加することで単斜晶から正方晶へ結晶系が変化しており、バナジウム添加のジルコニアはいずれも正方晶のジルコニアが主要相であった。一方、NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> はわずかな単斜晶のジルコニアのピークが認められ、バナジウムがジルコニアに固溶している量が異なるものと考えられる。しかしながら固溶量を変化させても正方晶のジルコニアピークはほとんどシフトしていなかった。またバナジウム化合物のピークは認められなかった。今後検討する必要があるが顔料中のバナジウムの形態と残存するバナジウムの価数が発色に影響しているものと思われる。ゾルゲル法で合成したジルコニア - バナジウム黄では非晶質の V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> が発色に大きく影響していると報告されている<sup>4)</sup>

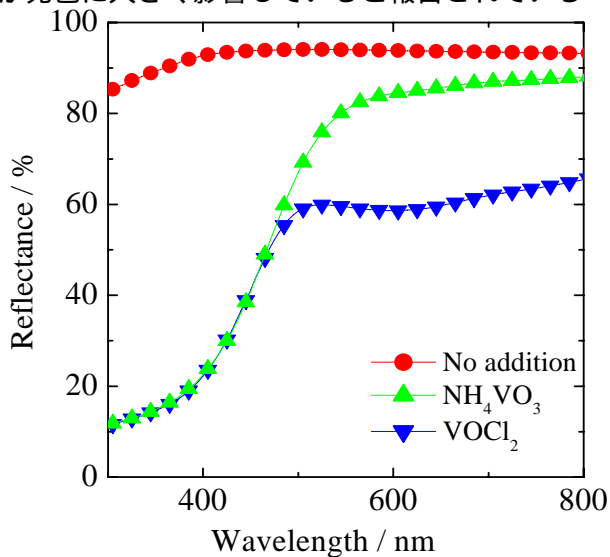


図 1 異なるバナジウム源を用いて水熱処理により合成した粉末の紫外可視反射スペクトル

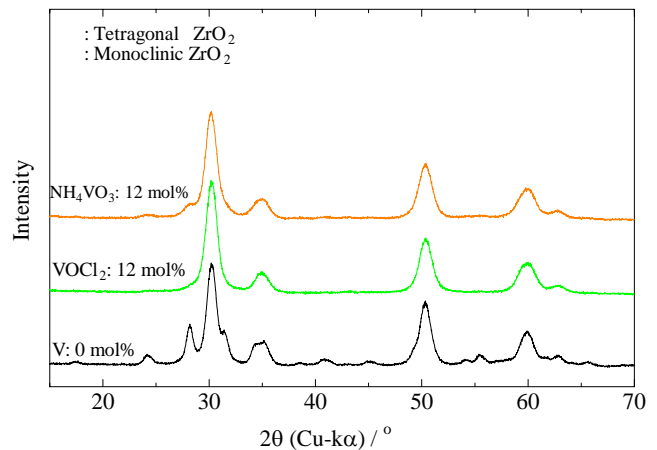


図 2 異なるバナジウム源を用いて水熱処理により合成した粉末の X 線解析

ことから、非晶質または低結晶性物の形で残存している可能性があると考えられる。

今回得られた顔料については分光反射率から NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> の方がより黄味があるという結果を得たことから、NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> をさらに 20mol% 添加し合成した。得られた顔料については黄味がさらに増し、市販のジルコン - プラセオジム黄と遜色ない発色の顔料が得られた。そこでこの 20mol% 添加ジルコニア - バナジウム黄を用いてインクジェット印刷を試みた。その結果について図 3 に示す。インクジェット印刷については特に目詰まりなどはなく安定して噴霧できた。しかし石灰亜鉛釉を施釉し 1250 ℃ で焼成した結果、退色し発色が弱くなった。これは顔料がナノ粒子で構成されており、その平均粒径が 20~30nm であったことから多くの部分が釉薬に溶解してしまったものと考えられる。今後この退色について改善する必要がある

#### 3-2 マジェンタ顔料

マジェンタについては金を添加した金コロイドをジルコニア粒子中に分散させた顔料の作製を検討した。金コロイドについてはステンドガラスの紫~赤の発色に用いられており、ガラスなど加熱して加工する材料についても安定してこれらの発色が得られることが知られている。陶磁器用顔料についても一部絵付けで使用されている<sup>5)</sup>。

一般に金コロイドは塩化金酸にシュウ酸などの還元剤を添加して溶液を加熱して作製できる。しかしここで得られた金コロイドは不安定であり凝集や粒子の粗大化が起こるため、有機溶媒をベースとして用いられることが多い。しかしながら有



焼成前



焼成後

図3 水熱処理により合成した粉末(イエロー)を用いてインクジェット印刷したタイル

機溶媒中ではジルコニア源としてアルコキッドを用いることになり、さらに高価になるため、本研究では水系での合成を検討した。まず金コロイドを生成すべく塩化金酸(ジルコニアに対して 0.1 ~ 0.3 mol%)と酢酸ジルコニウムを混合した溶液を 120 で 24h 通常の水熱合成を行った。冷却後、溶液を pH 10 に調製してこれを 220 で 2 時間 M-H 処理した。さらに得られた粉末を 500 で焼成して安定化させた。

この顔料を用いてインクを調整しインクジェット印刷を行った。また石灰亜鉛釉を施釉し 1250 で焼成した。その結果を図 4 に示す。印刷については、黄色と同様に目詰りもなく安定して噴霧が可能であった。しかし、焼成後の色が焼成前と大



図4 水熱処理により合成した粉末を用いてインクジェット印刷したタイル(マゼンタ)



図5 水熱処理により合成した粉末を用いてインクジェット印刷したタイル(ブラック)

きく異なりかなり赤みを帯びた色となった。今後、金コロイド粒子を制御して彩度をあげる必要がある。また、安価なマゼンダについても引き続き検討していく必要がある。

### 3 - 3 黒色顔料

黒色顔料については金コロイド分散ジルコニアの金濃度を変化させている際に合成に成功した。合成条件はマゼンタと同じであるが、得た粉末を焼成せずインク化したものである。なお Au はジルコニアに対して 0.3 ~ 1mol% 添加している。これをインクジェット印刷装置にて印刷試験を行った。図 5 にその結果を示す。一般に黒色顔料は、釉と反応して発泡しやすいが、今回のインクで加飾したサンプルは全く発泡することはなかった。

また比較的安価な黒色顔料として昨年報告したアルミン酸コバルト顔料<sup>6)</sup>と硝酸鉄水溶液から合成した酸化鉄ナノ粒子を重量比で1:1で混合した顔料についても検討した。その結果、良好な黒色顔料が作製できた。

#### 4. ま と め

溶液を pH10 に調整し 220 でマイクロ波水熱合成することによってバナジウムが固溶した ZrO<sub>2</sub> 黄色顔料が得られた。マジエンタ、ブラックについては 120 の水熱合成を行った後、220 でマイクロ波水熱合成することによって金コロイド分散ジルコニア粒子を作製した。今回の結果に昨年合成した青色(アルミン酸コバルト)を加えることで多色化が可能となった。

謝辞：本研究は、文部科学省の都市エリア産学官連携促進事業「陶磁器の次世代製造技術開発」の一貫として行ったものである。

- 1) P. R. Jackson, "Science of Whitewares", Ed. by V. E. Henkes, G. Y. Onoda and W. M. Carty, The American Ceramic Society, Ohio, USA (1996) pp. 395-405.
- 2) W. J. Dawson, Am. Ceram. Soc. Bull., p1673-1678, 67 (1988).
- 3) H. Katsuki, A. Shiraishi, S. Komarneni, W. J. Moon, S. Toh and K. Kaneko, J. Ceram. Soc. Jpn., 112, 384-387, (2004).
- 4) Feng Ren, S. Ishida and N. Takeuchi, J. Am. Ceram. Soc. 76 p1825-1831 (1993).
- 5) 木村裕之, 石川県工業試験場平成 15 年研究報告書, 53, 67-70 (2003).
- 6) 尾畑 成造・加藤 昌宏\*・横山 久範・安達 直己・岩田 芳幸, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, 2007, p5-10.



# 虹彩釉の高度化と製品化研究(第3報)

## - 虹彩釉を活用した、くつろぎともてなしの装置「暖炉」の提案 -

鶴見栄三、尾石友弘

Advanced Development of Luster Crystal Glaze and Ceramics Manufacturing ( )

Products Design of Open Fireplace with Luster Crystal Glaze

Eizo TSURUMI and Tomohiro OISHI

美濃焼は価格と品質面の競争力を持つ輸入製品の急増に直面して、厳しい経営環境に置かれている。このような現状を打開するため美濃焼の高付加価値化の視点から、当所で開発した虹彩結晶釉の活用を検討した。戦後、欧米化した生活様式のもとで、大量消費時代を先導してきた団塊世代をターゲットに、くつろぎともてなしの装置として「暖炉」の提案試作を行った。

### 1. 緒言

量産地である美濃焼は、輸入製品の急増から厳しい経営環境に置かれている。このような現状を打開するためには、製品の高付加価値化が重要と考えた。個性的な釉調からその活用方法が課題となっている、当所が開発した虹彩結晶釉に着目して、戦後流入した欧米の生活文化を教科書に大量消費時代を先導し、60歳定年を期にいま退職を迎えた団塊世代に向け、家庭＝主婦(女性)ではない家庭での男性の役割作りと、くつろぎともてなしの住空間を演出する装置として「暖炉」の提案試作を行った。

### 2. 製品企画

#### 2-1 試作テーマの設定

当所が開発した虹彩結晶釉<sup>1)</sup>は、晶出する結晶が多辺形で、最大30mm程度の大きさを持ち虹彩を放つ。従来にはない華やかで個性的な釉薬ではあるが、そのためにどのような陶磁器製品にも違和感なく使用できるとは言いがたく、その活用方法が課題となっている。

そこで、光りモノ：虹彩結晶釉を活かす試作テーマとして、「くつろぎともてなしの装置としての暖炉」を設定した。虹彩結晶を輝かせるためには明滅する光源が不可欠である。そこで、洋風化した今日の住空間の核として、また来客を意識した見せ場として近年設置が増加している、薪を焚いて生の火を扱う「暖炉」に着目した。薪の準備

を含む暖炉の取り扱い、欧米では男性の仕事であることから、企業戦士として家庭内での役割が希薄であった団塊世代に対して、退職後の居場所作りや役割創出の面から生活提案の側面をも意図することにした。

#### 2-2 暖炉の住空間における意味

インテリア・建築関連誌が過去10年ほどの間に、日常生活の場に「生の火」を導入しようとする記事を幾度か特集<sup>2)3)</sup>した。自然に寄り添う日本の伝統的生活様式は農山村においても今日では減少し、物事の成り立ちや原理が見えにくい都市化した生活様式が、程度の差はあれ一般化している。しかし、自然環境の急激な悪化は消費者に生活方法の見直しを求めており、人間を取り巻く土/水/火/風といった諸要素の、生活技術面での原点回帰が「生の火を取り入れた生活空間の提案」の根底にはあると考えられる。手を汚す自前の野菜作りと自家消費、自前の燃料(薪)作りと暖炉(囲炉裏)による調理・採光・採暖など、戦後の消費経済システムによって払拭されなかった、遺伝子レベルでの生活の記憶に対する共感や共鳴が、最も贅沢な生き方としていま消費者の関心を集めていると考えられる。

住空間のなかで生の火を扱うためには、防火の観点から専用の装置が必要となる。和風であれば囲炉裏や火鉢があり、洋風の場合はストーブや暖炉がこれにあたる。暖炉は明治初期に、ステイタ

スシンボルとしての洋館に付属する装置として日本に入ってきた<sup>4)5)</sup>。上流層のものであった洋館はやがて中流層にも普及し、玄関脇に洋間を付けた接客空間(応接間)として定着していった。戦後、経済的ゆとりがない状況で住宅供給を優先した住宅設計がされ、日常生活を重視する風潮の高まりもあって、一般的な都市住宅から接客空間は無くなった。しかし最近、居住空間のゆとりに対する関心の高まりから、部屋の広さとともに生活の多様な場面や要求に対応できる間取りのあり方が求められるようになり、かつての接客空間を備えた間取りが再評価されつつある。

来客をもてなす空間の象徴は日本では座敷の床の間であり、欧米ではリビング(居間)の暖炉である<sup>6)</sup>。床の間は室内装飾の要として空間に変化を生む装置であるが、暖炉は暖房装置として先ず機能し、炎の光りと揺らぎが視覚的、心理的な効果を発揮する生の火を取り扱う装置である点で大きく異なっている。この点において暖炉は今日もなお、先進諸国の最新ホテルのロビーに設置され、顧客に対する最上のもてなしを表す象徴的装置として機能している<sup>7)</sup>。

また、野営や庭先でのバーベキューパーティーなど、非日常における火の管理にはなぜか男性が携わることが多い。団塊世代の男性はこれまで企業戦士としての生き方が主であり、家庭を顧みることが少なかった。しかし、退職を期に否応なしに家族との係わりを構築せざるを得ない状況にある。彼らにとって暖炉は生の火を取り扱う装置であるが故に、家族との関係性を構築する契機になりそうである。

### 3. 試作

#### 3-1 「暖炉」の具体化

住宅内で生の火を取り扱う装置には燃焼室に扉があるストーブ型と、扉が無い暖炉型がある。ストーブ型は熱効率の高さと価格の安さ、さらには外観デザインも多様で、素材は鋳鉄が主である。暖炉は住空間に作り付けられことが多く、そのため時間と経費がかかり、燃焼効率のなど機能性は施工職人の技量に大きく左右される。外面素材は金属、石、タイル、煉瓦、木材など多様で、インテリアとして工芸的デザイン処理がされる。

暖炉の具体化では燃焼効率などに係わる炉内構造<sup>8)</sup>の考察は省き、虹彩結晶を効果的に輝かせる

ことを主眼におき外観デザインを行った。釉性状が極めて華やかであることや多様なインテリア志向に適合し易いことを考慮して、暖炉前面から炉内に向かって階段状に引き込む、簡素な直線的断面形状のデザインとした。試作に用いる虹彩結晶釉については、どの様なインテリア志向にも合わせやすく、また他の色釉に比較して析出する結晶が大きい白色釉を選択した。試作暖炉は原寸大での提案を意図し、燃焼炉部分を除外した寸法は高さ700×幅780×奥行き185mmである。図1に検討モデル、図2に製作図面を示す。



図1 暖炉検討モデル

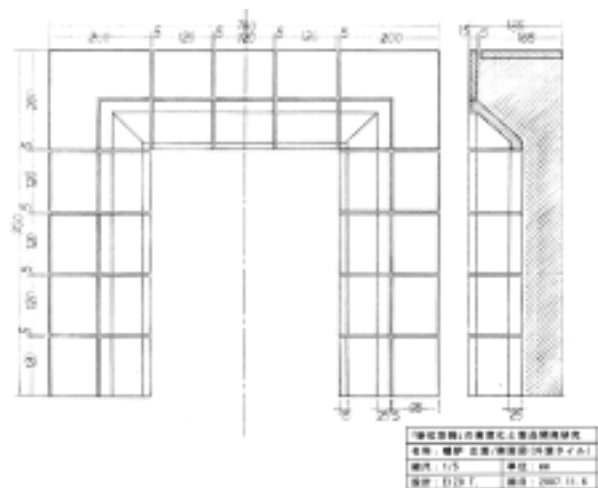


図2 暖炉製作図面

#### 3-2 試作

虹彩結晶タイルの素地は、五斗蔴土にシャモット(粒径1mm以下)を外割で10%添加して調整し、石膏凹型によるタタラ成形で製作した。暖炉1基



図3 暖炉前面上部両隅異形タイル他



図4 暖炉試作品

に必要なタイルは7種類、41枚である。成形したあと乾燥度を見計らって整形し、表面を平滑にするための化粧掛けを行って自然乾燥させ、素焼きを行った。焼成は1300℃、酸化焼成である。図3に前面上部両隅の異形タイル他を、図4に試作品

を示す。

#### 4.まとめ

虹彩結晶釉の個性的な釉調を活用する一提案として、また団塊世代の男性に向け家庭内における役割創出の提案として、虹彩結晶釉タイルを装着した暖炉の試作ができた。暖炉上部は住空間を演出する場として、インテリア小物の企画ができる。タタラ成形によるタイルは乾燥段階での歪みが大きく、直線的デザインの忠実な試作は困難であった。軽量化および製作技術の抜本的な検討が必要である。

#### 【参考文献】

- 1) 尾石友弘ら, 岐阜県セラミックス技術研究所 研究報告, 33(2005)
- 2) 建築資料研究社, コンフォルト 39(1999)
- 3) 建築資料研究社, コンフォルト 93(12006)
- 4) 平井聖, 接客座敷の歴史, ミサワホーム総合研究所, 住まいの文化誌 15, 111-115(1995)
- 5) 坂本勝比古, 応接間考, ミサワホーム総合研究所, 住まいの文化誌 15, 116-121(1995)
- 6) 渡辺優, 続・室内学入門 へや論2 居間, 建築資料研究社, コンフォルト 22, 92-93(1995)
- 7) ガスエネルギー新聞, 炎のDNA 癒し・対話・鼓舞, 64-67(2007)
- 8) 奥村昭雄, 建築資料研究社, 暖炉づくりハンドブック(1991)

## 2 1 世紀東濃地域ブランド商品の開発（第 2 報）

- ペット用品の製品試作 -

小稲彩人

Development of Artistic Ceramic Designs for Mino-pottery in 21st.Centuries ( )

-The trial manufacture of a pet article-

Ayato KOINE

製品に対する潜在的なニーズを発掘するために、生活スタイルに対応した新しい企画が求められる。海外での製造が困難な素材と技術を使ったものが望ましく、高いオリジナル性を持つ製品で、海外輸出も視野に入れたものでなくてはならない。

そこで、今年度は4社による企業グループで「Pe-陶」研究会を立ち上げ、高いインテリア性を備えたペット用品を試作した。

### 1 . 緒 言

景気が低迷し、美濃焼は需要低下からくる販売不振に喘いでいる。この対策として、この落ち込んだ需要を、食器以外のもので補うのも一つの方法と考えられる。製品に対する潜在的なニーズを発掘するためには、生活スタイルに対応した新しい企画が求められる。この場合、海外での製造が困難な素材と技術を使ったものが望ましく、高いオリジナル性を持つ製品でなくてはならない。

今年度は、潜在的な需要を引き出す事が重要であると考え、ペット市場をターゲットにした「Pe-陶」(ペットう)研究会を美濃焼メーカー4社と立ち上げ、ブランド化を目指して高いインテリア性を備えたペット用品を提案・試作した。

### 2 . 開発コンセプト

2006年度のペット市場は2800億円であり、ここ数年来成熟産業と言われている。しかし、ペットの高齢化に対応した生活関連製品などは売り上げを伸ばしている。例えば、ペットショップで販売される犬の3割は傷害保険や生命保険に加入しており、栄養補助食品(サプリメント)や、高齢犬プレミアムペットフード等が注目されている。また、鳥類、昆虫、両生類は年間7億円程度の輸入があると報告されている。

ペットの中で犬や猫は家族同然に扱われ、これらを対象とした冠婚葬祭ビジネスも活発化している。また、飼い犬が小型化している事から、室内

でペットと過ごす事を前提とした住宅改築プラン等が提案されている。

そこで、開発のターゲットとして、現在の住宅空間の中で、違和感なく使える高いインテリア性を持ったペット用品を検討する事とした。

また、「Pe-陶」ブランドの製品コンセプトとして、犬や猫に限定せず、幅広いペットを対象としたブランドであること、製品は1品づくりで手工芸的生産が可能で、所有する価値を感じるものであること、メンテナンス性も考慮し持ち運びもできることとした。

### 3 . 試 作

#### 3 - 1 フードボール(犬猫用)

フードボールは室内での犬であれば小型~中型犬を対象とし、ペット用品売り場での既存製品の調査結果から、フードボールの直径を大ボール16cm、中ボール14cm、小ボール12cmの設定とした。図1に試作したフードボール写真を示す。



図1 フードボールの試作品



フードボールの安定性を維持するため製品重量に注意した。装飾として、彫り技法やろくろ目、しのぎ等の技法を施してあり、釉薬は美濃焼伝統釉である、織部、黄瀬戸、志野を主に用いて高級感あふれる質感とした。

### 3 - 2 水槽

従来のガラス水槽では表現できない遊び心を刺激する形状を設計コンセプトとした。

図2に多重形状の試作品(直径:内側16cm、外側30cm)を示す。これは内側で植栽が楽しめ、外側で魚が楽しめる様に工夫した水槽である。釉は和洋室いずれにもあう草葉様黄瀬戸とした。

図3に特異形状試作品(直径:24cm)を示す。これは側面から魚を鑑賞できる様に、アクリル板を側面に配した。陶器部分は織部釉で加飾して重厚感を持たせ、応接室にもマッチ出来るようにした。



図2 多重形状の水槽試作品



図3 特異形状の水槽試作品



図4 その他作品例

### 3 - 3 その他

上記以外に試作したアイテムとしては、図4に示す室内犬小屋(図中右上)、猫用湯たんぽ(右下)、鳥かご(左下)、水槽(左上)、ハムスターの遊具など、多数の試作を行った。釉薬としては織部、黄瀬戸、志野を主体とした。

以上の作品は平成20年2月上旬のアクティブGアートミュージアムに出展された。試作品を観た来場者の反応は良好で、特にフードボールや水槽に高い関心が集まった。このことから、「Pe-陶」ブランドのコンセプトが妥当であることが確認された。

## 4.まとめ

美濃焼の新ブランド創出のために、ペットに焦点を当て、高いインテリア性を備えたフードボール、水槽、犬小屋、鳥かご等を提案・試作した。

展示会におけるこれら作品の反響は大きく、「Pe-陶」ブランド確立の端緒をつかむ事ができた。

### 【謝辞】

試作品の作製にご協力いただいた「Pe-陶」研究会のメンバーに心より謝意を表します。

# 擬似 Web3D による陶磁器製品意匠評価システムの開発(第2報)

## - より洗練された製品開発を目指した意匠設計支援方法の提案 -

岩田靖三・柘植英明・小稲彩人

Development of Design Examining System on Pottery Product by Using Pseudo Web3D( )

-Proposal of Design Support Method for Developing More Refined Product-

Seizo IWATA, Hideaki TSUGE and Ayato KOINE

擬似 Web3D 技術を用いた陶磁器製品の表示部を搭載する意匠評価システムを開発することで、より洗練された製品開発を目指した意匠設計支援方法を提案する。第1報では、Web ブラウザを通して製品画像の回転・移動・拡大縮小などの操作を対話的に行うことの出来る表示部をhtml ファイルで作成し、所内イントラネット上に設置したWeb サーバへ作成した擬似 Web3D データを配備した後、実際にクライアント PC から接続して Web ブラウザ上に表示させて、操作が可能であることを確認した。第2報では、データベースソフトと連携させるために、閲覧画面をサーブレットとJSPを用いたプログラムを作成し、機能を拡張したシステムを提案した。

### 1. 緒言

近年、情報発信の手段として Web 上に製品を掲載する機会が増加している。その中には、単なる静止画像だけではなく、製品を Web ブラウザ上で回転・移動・拡大縮小させて表示したり、アニメーションとして動画を表示したりすることも可能な Web サイトがある。これらの技術は「Web3D」と呼ばれ、この技術を用いて情報を提供している Web サイトも頻繁に目にするようになった。

実際に Web3D 技術を用いるには、3次元空間における形状データ(3D データ)が必要である。しかし、通常流通している陶磁器製品のなかで、設計段階において積極的に 3D データを導入して評価を行い、最終的に 3D データに基づいて製品を製作するという工程をたどって製作しているメーカは非常に限られている。3D データが最初から存在していない場合、陶磁器製品を Web3D として表示させるためには、2次元の設計図面や出来上がった製品を基にして、新たに 3D データを作成する必要がある。この作業には、高額なアプリケーションソフトウェアや計測装置、更に多くの労力を必要とするので、比較的商品単価が低く、規模の小さい陶磁器メーカにとって、これらの機器を導入してデータを作成することは容易でない。一方最近になって、3D データを必要としなくて

も Web3D 技術と似通った操作を可能とする、「擬似 Web3D(Web2.5D)」と呼ばれる技術が開発された。擬似 Web3D はこれまでの Web3D と異なり、周囲から撮影した複数枚の実写画像を用いることによってデータを作成するので、視覚的な質感をそのまま表現することができる。これは、画像処理やバーチャルリアリティの分野において「イメージベースト・レンダリング」と呼ばれている手法の1つである。

本研究では、この技術を用いた陶磁器製品の表示部を搭載する意匠評価システムを開発することによって、より洗練された製品開発を目指した意

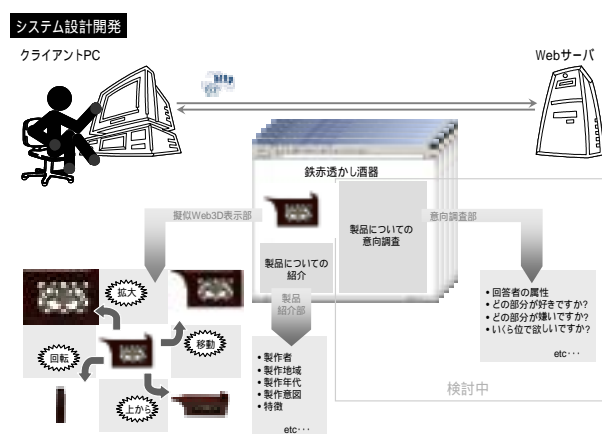


図1 設計開発システムの概要

匠設計支援方法を提案する。

## 2. システム開発

### 2-1 設計システムの概観

システム内容を図 1 に示す。クライアント PC から Web サーバに対して閲覧の要求をした時、これに応じて、擬似 Web3D 表示部・製品紹介部・意向調査部の 3 つの主要部分から構成される画面を Web ブラウザ上に表示するシステムの開発を行った。

#### 1) 擬似 Web3D 表示部

ここでは、既存のアプリケーションソフトウェアである PhotoPopper(株式会社ナブラ製)を用いて作成した、擬似 Web3D データを掲載する。

#### 2) 製品紹介部

ここでは、製作者・製作地域・製作年代・製作意図・製品に関する特徴など、その製品に関する情報を掲載する。

#### 3) 意向調査部

ここでは、閲覧者がその製品に対して持った意見を画面上に反映させて、改良案などのヒントとなる情報を掲載者へ提供できるように意思疎通を図ることを目的とした部分を作成する。

### 2-2 設計開発のための環境構築

システムを設計開発するにあたって必要な環境構築についての内容を図 2 に示す。開発用 PC と Web サーバとなるコンピュータに各々必要となるアプリケーションソフトウェアをインストールし、その間を TCP/IP で通信できるように所内インターネットへ接続した。

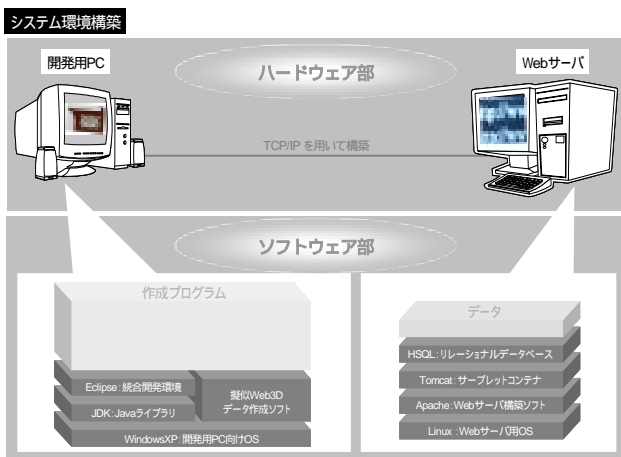


図 2 設計開発に伴う環境構築の概要

#### 1) 開発用 PC

OS として WindowsXP を用い、その上に擬似 Web3D データ作成ソフトである PhotoPopper をインストールした。

#### 2) Web サーバ

OS として Linux を用い、その上に Web サーバ構築ソフトである Apache、サブレット/JSP による開発のためのサブレットコンテナである Tomcat、リレーショナルデータベースソフトウェアである HSQL をインストールした。

### 2-3 擬似 Web3D データ作成

今回は『透かし模様に入った酒器』を対象物として、擬似 Web3D データを作成した。

#### 1) 対象物の撮影と画像処理

市販のデジタルカメラを用い、対象物を水平方向に 45 度ずつ、垂直方向に約 20 度ずつ回転させ周囲から撮影した、全 32 枚の jpg 形式の画像を用意した。その後、各画像について画像処理を施し、背景部分を透明化した png 形式の画像を作成し、512×512 ピクセルの大きさに変換した。

#### 2) 視点の定義

準備した画像を PhotoPopper へインポートし、どの位置から対象物を見た画像であるのかを認識させるため、図 3 のように視点を定義した。

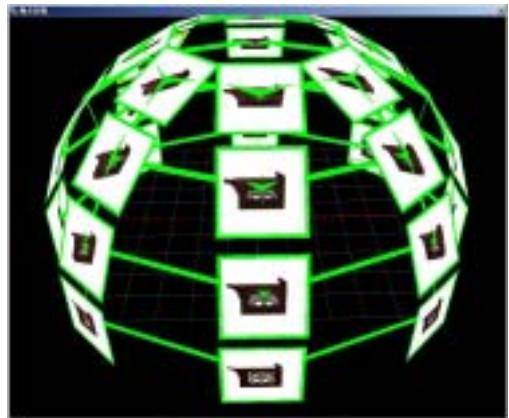


図 3 視点の定義

#### 3) 対応点と対応面の作成

取り込んだ隣接する画像間の写像関係を関連付けるために、図 4 のように対応点と対応面を作成した。この際、以下の点に注意して作業を行った。

対象物を代表的な異なる構成部分に分割してレイヤーを設定することで、各構成部分に対応点と対応面を作成した。

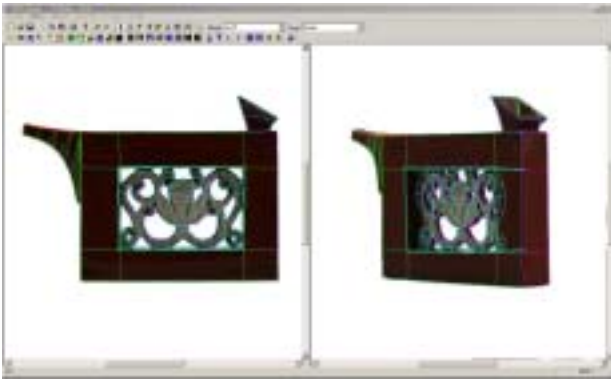


図4 対応点と対応面の作成

一旦代表点を決めると、その他の対応点は近似的に PhotoPopper 内で自動的に求められる。しかし、対象物の陰影部や特徴的な模様のない部分では、正確な対応位置の特定は不可能であるので、その後の調整を全て手作業で行った。

対象物を滑らかに回転させるために、隣り合う画像間における透かし部分の正面と側面の重なり方を考慮しながら、対応面を作成した。

#### 4) サーブレット/JSP ファイルへの取り込み

作成した擬似 Web3D データを Web ブラウザ上に表示するために、サーブレット/JSP ファイルへの取り込み用データを PhotoPopper からエクスポートした。

### 3. システムの検証

サーバ・クライアント間の通信を伴わないスタンドアロンでの検証作業を行った。そのために、開発兼クライアント用 PC に Tomcat と HSQL をインストールし、実際に作成した擬似 Web3D データを取り込んだプログラムが表示可能であることを確認した。

### 4. ま と め

- 1) 擬似 Web3D データを作成した。
- 2) 作成したプログラムファイル中でのデータの表示がクライアント PC 上で可能であることを確認した。

#### 【参考文献】

- 1) "PhotoPopper チュートリアル", 株式会社ナブラ, (2005)
- 2) 武藤 健志著, "Debian GNU/Linux 徹底入門 第3版 ~Sarge 対応", 翔泳社, (2005)
- 3) 武藤 健志著, "Debian 辞典", 翔泳社, (2005)
- 4) 宮本信二著, "基礎からのサーブレット/JSP", ソフトバンク クリエイティブ, (2005)
- 5) Joseph O'Neil 著, "独習 Java 第3版", 翔泳社
- 6) 古籟一浩著, "JavaScript ポケットリファレンス 改訂第3版", 技術評論社, (1997)
- 7) 岩田靖三, 柘植英明, 小稲彩人, "岐阜県セラミックス研究所研究報告" pp42, (2007)



# セラミックス製品のライフサイクル・デザイン研究(第3報)

## - 持続可能産地形成に向けた資源効率向上のための美濃焼製品の開発 -

長谷川善一・水野正敏・岩田芳幸・加藤弘二、有限責任中間法人グリーンライフ21

Life Cycle Design Study in Ceramics ( )  
- Development of Mino ware for improvement of Eco-efficiency -

Yoshikazu HASEGAWA, Masatoshi MIZUNO, Yoshiyuki IWATA, Koji KATO and GREEN LIFE 21

地球環境問題が深刻な社会的課題となる中、企業にあってもその事業活動と生産物(製品・サービス)の両面から環境影響を低減する必要が迫られている。本研究では製品面からの環境影響の低減を目的に、第1報(平成18年度研究報告書)で報告したリサイクル素地製リユース対応スイーツ容器に対する環境適合設計(DfE: Design for Environment)を用いた環境配慮への改善効果の検証、ならびにLCA(Life Cycle Assessment)手法による環境側面からの定量的評価を行った。結果、DfEでは「高配合リサイクル素地によるリユース対応製品(容器)」に高い改善効果が認められ、LCAでは従来の使い捨てスイーツ容器に比べて全ライフサイクルで1/5以下のCO<sub>2</sub>排出量に減少することがわかった。

### 1. 緒言

今日市販されている陶磁器製スイーツ容器は使い捨てが前提であり、土資源の枯渇化及び埋立場のひっ迫において課題を持つ。そのため「リサイクル素地製リユース対応容器」の試作提案を昨年度の研究で行った。本年度の研究では、地球温暖化、ごみ問題の解決に資する陶磁器の新しいスタンダードの創出を目的とし、製品設計・開発段階で製品に環境側面からの改善をうながす環境適合設計(DfE)と、製品又はサービスの環境影響を全ライフサイクルにおいて定量評価するLCA手法を用い、提案品の環境影響を調査・検討した。

### 2. 実験方法

#### 2-1 環境適合設計(DfE)の導入

##### 1) QFDEの活用

製品に対する顧客の環境要求を品質特性(技術的世界)に変換し、顧客を満足させるための品質を確保する方法であるQFDE(環境調和型品質機能展開)を用いた。これは製品に対する環境への配慮を顧客要求として捉えて製品設計に反映させるツールであり、DfEで採用されている。

##### 2) 導入の手順

環境側面を取り込んだ顧客要求の設定

顧客要求とは消費エネルギー削減や易洗浄性等

であり、18の環境VOC(項目)を設定した。

顧客要求を工学的尺度に展開

工学的尺度(EM)とはサイズ、強度、表面性状等であり、13項目を選び顧客要求(環境VOC)との関連度を定めた。

工学的尺度をコンポーネントに展開

コンポーネントとはシェープ、絵付け、釉薬等であり、6項目を設定して工学的尺度(EM)との関連度を定めた。

複数の設計・改善案の設定と考察

技術的実現度の可能性を考慮して以下の3案を策定し、その関連度において3案各々の工学的尺度(EM)の改善率を求めた。

---

案1. シェープの構造的強度を主とした改善

案2. リサイクル素地使用を主とした改善

案3. 製造工程の簡略(絵付)を主とした改善

---

設計・改善案の評価: 改善効果の高い案の選択  
EMの改善率を用いて各改善案の環境VOCに対する改善率と顧客重要度を考慮した改善効果を求め、最も効果の高い案を選択し、より効果の高い改善案の再構築を行った。

参考例として案1の「設計・改善案評価のテーブル」を表1示す。

表1 案1の改善効果を探るテーブル

GFDE フューズ 改善案の評価	工学的尺度																削減率	削減率
	重量	体積	材料	エネルギー	CO2	廃棄物	水	騒音	振動	電磁界	熱	光	臭気	有害物質	その他	その他		
薄くしたい	1																0.32	0.32
表面を滑らかにしたい	3																0.07	0.20
厚みを均一にしたい	8																0.04	0.32
容器のリターンアップ	3	3	3														0.16	0.48
シンプル(簡潔)	8	3	3														0.10	0.81
集約の成形性を向上	1																0.03	0.03
焼成温度の低下	8																0.07	0.63
焼成時間を減らしたい	8	8															0.07	0.67
工程数を減らしたい	1	8															0.08	0.08
廃棄物のリサイクル	8																0.11	1.28
原料材を減らしたい	3	8															0.14	0.42
繰り返し可能	3	8															0.07	0.21
軽量化しやすい	1	3															0.03	0.03
洗いやすい物	8	8	1														0.11	1.13
汚れが付きにくい物	3		8	3													0.09	0.28
製品の美観を向上	8	8															0.44	2.98
色が鮮やかになりたい	3	3	3	3													0.18	0.53
全廃棄物の削減行動	8	8	1														0.05	0.20
工学的尺度の改善率	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	2.18	11.47
合計値																		

2-2 ライフサイクルアセスメント(LCA)  
従来の使い捨てスイーツ容器とリユース対応容器(リサイクル素地2配合)の各々の環境影響を比較検討することを目標とした。

1) LCAの対象製品と機能及び単位

従来の使い捨てスイーツ容器。

再生材(廃食器セルペン)20%配合によるリユース対応スイーツ容器。

再生材70%配合による と同容器。

製品機能は菓子類をいれて店頭で販売する容器であり、その機能単位は1個160gの容器1トン分とした。リユース容器は5回対応を想定するため の容器は0.2トンで の1トン分の機能を有することになる。



図1 リユース対応スイーツ容器

2) LCAのシステム境界

原料採掘、坯土製造、容器製造、容器使用、廃棄処分・リサイクルのステージをシステム境界とした。但し、釉薬製造や絵付けに係る版下・転写紙等作製で生じる環境負荷は三者同等のため考慮せず、またリユース(リターナブル)の際の顧客からの返却(回収)に要する輸送は日常の買い物行動の一貫として考慮しないこととした。図2にリユース対応スイーツ容器のシステム境界を示す。

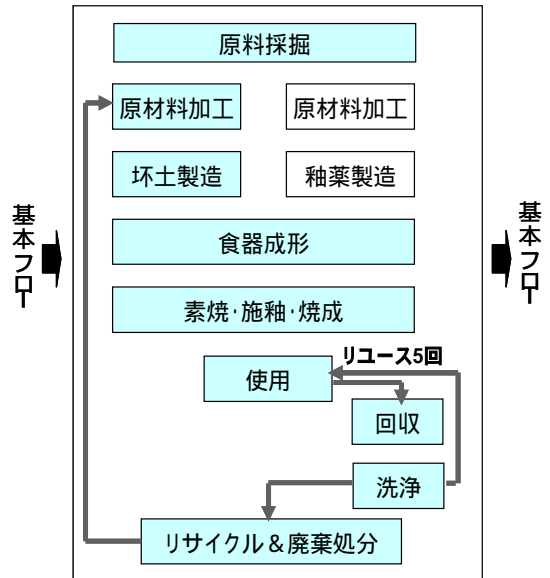


図2 リユース対応スイーツ容器(20%配合&70%配合のリサイクル素地)のシステム境界

3) インベントリ分析

グリーンライフ21プロジェクト収集の産地の製土、製陶工場の設備稼働にともなう消費資源・エネルギーの実測値をフォアグラウンドデータとし、それ以外はLCAソフトウェア「Simple LCA ver.1.1」のデータを用いた。食器洗浄機使用では水と電気の消費量で、洗剤は含んでいない。また、廃棄処分では、使い捨て容器は全量、リサイクル素地使用容器は20%配合では80%分を、70%配合では30%分を廃棄処分とした。

4) 環境影響評価

Simple LCA ver.1.1によりエネルギー消費と地球温暖化についてその影響を比較した。

3. 結果及び考察

3-1 環境適合設計(DfE)の結果

3つの設計・改善案の評価(改善効果の高い案の選択)では、図3に示すように「案3. 製造工程の簡略(絵付)を主とした改善」において改善効

果の合計値 17.99 が最も高く、次に「案2・リサイクル素地使用を主とした改善」16.96 であり、リサイクル素地が及ぼす環境側面からの改善効果は高いといえる。また第2報で述べた粘土30mass%、再生材（廃食器セルペン粉末）70mass%の素地作製では150以上の焼成温度の低下が見込めることから更なる改善効果が期待できる。

以上のことから、環境に適合する陶磁器製品の設計方向（開発コンセプト）は「高配合リサイクル素地使用及び製造工程の簡略化を可能にし、資源を有効活用する製品設計とシステム」が策定でき、本研究が提案する「リユース対応」を加えることにより資源の有効活用は更に促進されるものとなる。その定量的効果を3-2のLCA（ライフサイクルアセスメント）の結果において考察する。

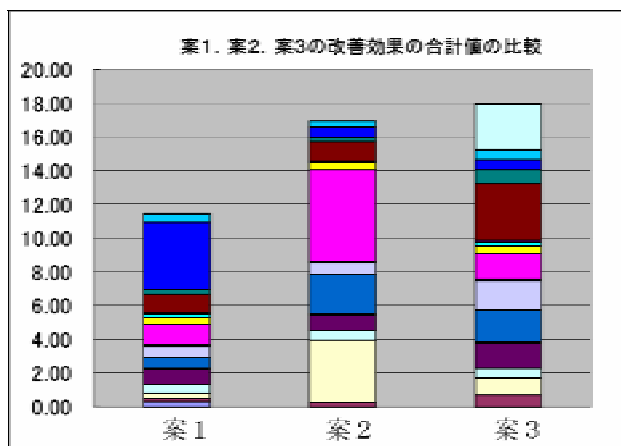


図3 各案の改善効果の比較

### 3-2 LCAの結果

#### 1) インベントリ分析

LCA対象の3製品の全ライフサイクルにおけるCO<sub>2</sub>排出量を比較した場合、図4に示すように使い捨て容器で顕著に高く、合計値では使い捨て容器 3.01E+03kgCO<sub>2</sub>/t に対し、リユース対応容器（70%配合素地）ではその1/5以下となる5.53E+02kgCO<sub>2</sub>/tであった。ステージ別では製造工程での排出量が圧倒的に多い結果であった。

#### 2) 環境影響評価

環境影響カテゴリは、図5と図6に示すようにエネルギー消費における影響が極めて高く、地球温暖化についても無視できない結果であった。これは製造ステージの焼成工程（化石系燃料のエネルギー消費）が大きく影響しているが、リユース対応において低減効果は格段に向上する。

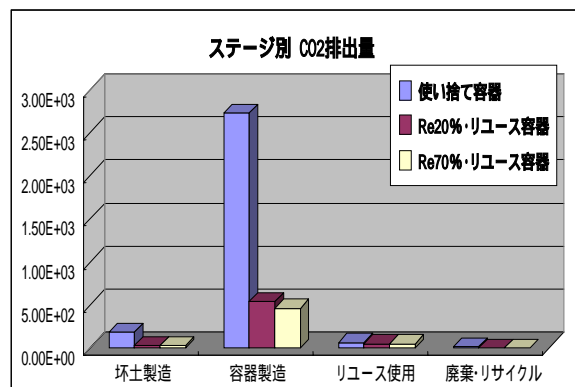


図4 3製品のCO<sub>2</sub>排出量の比較

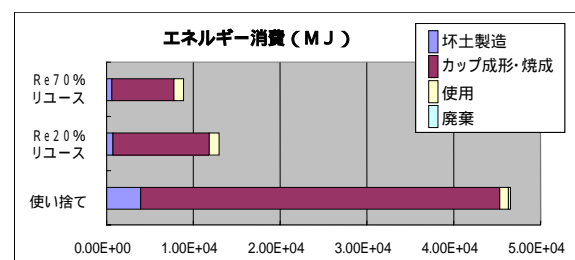


図5 エネルギー消費における3製品の比較

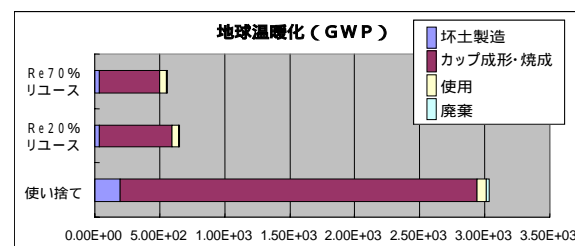


図6 地球温暖化における3製品の比較

## 4.まとめ

使い捨て容器をリユース対応に変更することで1/5以下のCO<sub>2</sub>排出量に減少することが解った。長期使用を通常とする一般の飲食器類には結果をこのまま反映できないものの、使用効率が高く且つ長寿命な製品開発の重要性を示唆するものである。これは使用者のベネフィットに焦点をあてた産地のモノづくり体制を問うことに等しい。

謝辞：インベントリデータ収集でご協力頂いた土岐市立陶磁器試験場の渡辺隆氏に感謝いたします。

### 【参考文献】

- 1) (社)産業環境管理協会発行環境経営実務コーステキスト“ B環境適合設計/製品アセスメント(改訂版)”(平成17年)及び“ Aライフサイクルアセスメント”(平成16年)

# 使い勝手の良い陶磁器製品の開発 (第1報)

伊藤正剛・小稲彩人・林亜希美

## Development of the Friendly Pottery ( )

Sadataka ITO, Ayato KOINE and Akemi HAYASHI

高齢化社会を迎える中、高齢者の感覚や身体特性を考慮した使い勝手の良い陶磁器製品の開発を目指し、今年度は、磁器素地に断熱性と軽量化といった機能を持たせるための検討を行った。その結果、ポーンチャイナ杯土を磁器杯土にわずかに添加することによって、軽量化及び断熱性向上には効果があったが、焼成時の腰の自重変形を抑制する温度管理や調合管理の必要性が示唆された。

### 1. 緒言

2007年9月に発表された総務省統計調査結果では65歳以上の高齢者人口は2744万人、総人口に占める割合は21.5%と5人に1人は高齢者という状況となっている。これを前年と比べても、人口、割合とも過去最高を更新し続けている。

このような状況においても、一般の家庭で使用されている食器は、デザインの変遷はあるが、基本的には数十年間変化がない。そのため、高齢者の感覚や身体特性を考慮した高齢者に使い勝手の良い陶磁器製品が求められている。

特に、断熱性や軽量化の要望が多く、他にも、運びやすさ、持ちやすさ、滑りにくさ、そして、デザインに関するものまで、素材のみならず人間工学的な視点も求められている。

そこで、本年度は、磁器素地に断熱性と軽量化といった機能を持たせるための検討をするとともに、得られた素地の熱伝導率等について評価した。

### 2. 実験方法

#### 2-1 試料調整

カオリン質原料として本山木節粘土、ニュージランドカオリンを使用し、長石質原料には、インド長石を、石英原料として、SP-20を使用した。調合比は、カオリン：長石：石英 = 40：30：30wt%で、分散剤にSNディスパーサント5040(サンノブコ株)を用い、泥漿濃度70wt%において、ミル混合を行った。なお、カオリンと本山木節粘土の配合比は、3：1とした。閉気孔付与剤であるポー

ンチャイナ杯土の添加は、固形分に対して3~5wt%を外割りで調合し、1時間混合した。作製した泥漿を真空脱泡後、50×50×6mmの角板に鑄込み成形を行った。焼成腰(ベンディングテスト)の試験片には、70×10×5mmの角柱に鑄込み成形したものを使用した。成形体を昇温速度100 ℃/hにて、1200, 1250, 1300 ℃で1時間保持の酸化焼成を行った。

#### 2-2 焼成体の特性評価

焼成体の嵩密度をアルキメデス法にて測定し、合わせて吸水率を測定した。焼成体寸法から収縮率を計算した。

焼成腰<sup>1)</sup>は、試験片を角度60°、高さ60mmとなるように、モルタル製の台に立て、焼成後の収縮率(a(%))及び焼成後の高さ(h(mm))から、次式により算出した。

$$\text{焼成腰(\%)} = (H-h) / H \times 100$$

$$H = 69.3\text{mm} \times (1-a / 100) \times \sin 60^\circ$$

熱伝導率測定は、レーザーフラッシュ法(真空理工株製：TC-7000)により常温にて、焼成素地の測定を行った。

切断面の組織を光学顕微鏡(ニコン株製：Eclipse600 POL)で観察した。

### 3. 結果及び考察

#### 3-1 焼成体特性

図1に焼成温度と嵩密度の関係を示す。ポーンチャイナ杯土を添加すると焼成温度が高くなるほど、また、添加量が多いほど、嵩密度が低下した。



各焼成体について吸水率を測定したところ、1200 で焼成した無添加の素地は1%であったが、それ以外はほぼゼロであった。図2に焼成温度と

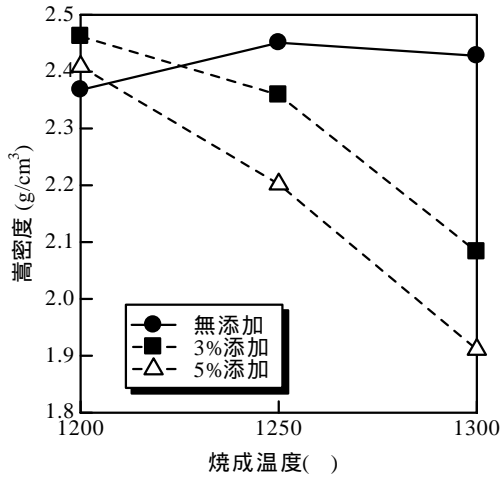


図1 焼成温度と嵩密度の関係

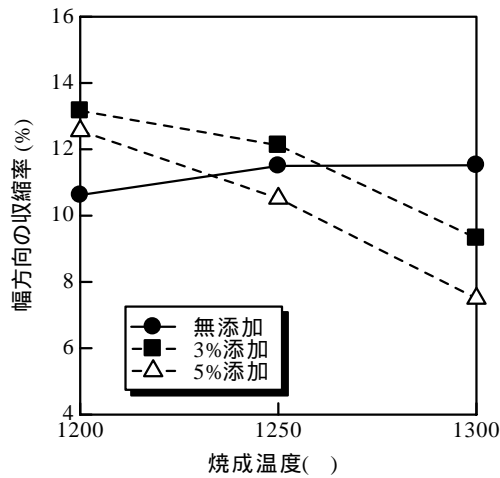


図2 焼成温度と幅方向の収縮率の関係

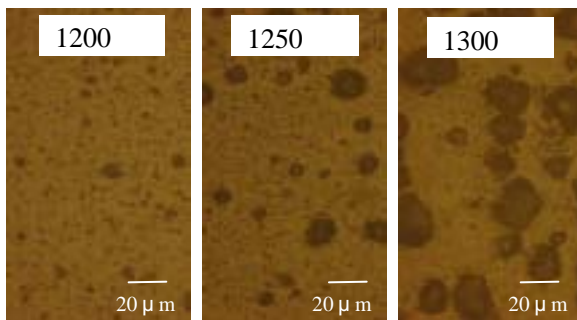


図3 ポーンチャイナ杯土を3%添加した焼成体切断面の光学顕微鏡写真

幅方向の収縮率の関係を示す。幅方向の収縮率は、ポーンチャイナ杯土の添加によって焼成温度が高くなるほど、また、添加量が多いほど、小さくなった。この収縮率の変化は、図1の嵩密度の変化と密接に関係している。すなわち、焼成温度の上昇に伴う収縮率の減少、言い換えれば、焼成体の体積増加が嵩密度減少の要因であることを示している。

そこで、焼成体の内部組織を光学顕微鏡により観察した。図3は、ポーンチャイナ杯土を3%添加した1200 から1300 焼成体の光学顕微鏡写真である。その結果、焼成温度が高くなるほど、気孔径は増大するが、気孔数は大きく変化していない様子が観察される。気孔径の増大は、ポーンチャイナ杯土の添加量が多い5%ほど顕著であり、これが焼成体の嵩密度、あるいは収縮率の変化に影響を及ぼしていることが示唆される。

### 3 - 2 添加量と焼成腰の関係

図4に焼成温度と焼成腰の関係を示す。ポーンチャイナ杯土を添加することによって、急激に焼成腰の値が大きくなった。焼成腰の値が大きくなることは、焼成後の試験片の高さが低くなることを表しており、つまりは焼成腰が弱いことを意味している。5%添加して、1300 で焼成すると焼成腰が100%となり完全に倒れた。焼成時の腰の強さは、結晶量/液相量の比、及び、液相の粘性に大きく依存する。今回のポーンチャイナ杯土を3%、5%添加した素地では、わずかな添加量の差(2%)によって、焼成素地の特性が大きく変化するため、

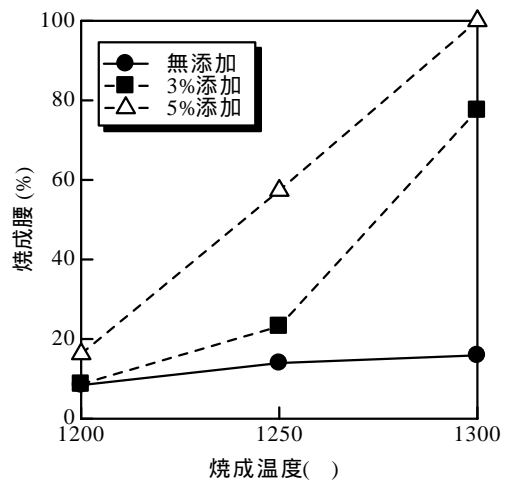


図4 焼成温度と焼成腰の関係

腰の強さに影響する要因としては、液相の粘性の効果（Ca成分による粘性低下）が大きいと考えられる。このことは、顕微鏡写真の3%と5%焼成素地の結果からも指示される。

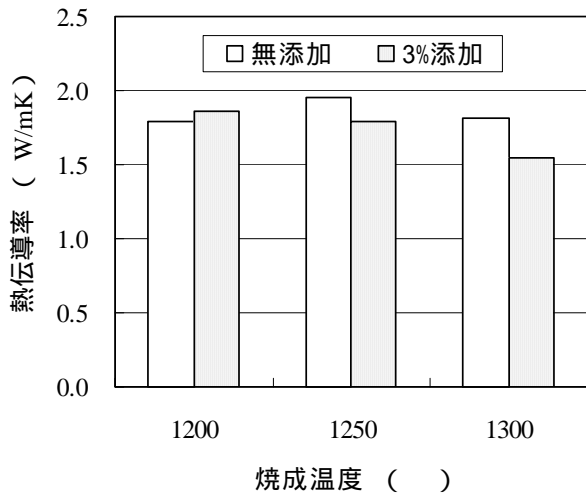


図5 焼成温度と熱伝導率の関係

### 3 - 3 焼成温度と熱伝導率の関係

図5にボーンチャイナ杯土を3%添加した焼成体と無添加の焼成体の焼成温度と熱伝導率の関係を示す。3%添加したものは、焼成温度が高くなるほど、熱伝導率が低くなった。1200を除いて、3%添加したものは、無添加よりも各焼成温度において熱伝導率が低くなっており、断熱性に優れていることが確認できた。

### 4.まとめ

ボーンチャイナ杯土を磁器杯土にわずかに添加することで生じる焼成体の特性変化について調べた。ボーンチャイナ杯土の添加量が増すほど、また、その素地の焼成温度が高くなるほど嵩密度が減少（軽量化）する効果があった。しかし、過度の場合には焼成時の腰が弱くなるため、ボーンチャイナ杯土の添加量及び焼成温度に留意する必要があることがわかった。

### 【参考文献】

- 1) 大塚和弘, 山本裕三, 菅雅彦, 愛媛県工業系研究報告 No.44, p106 - 108(2006)

# アルミナ中におけるチタン酸アルミニウム生成と マイクロ波発熱挙動の関係

安達直己・伊藤正剛・茨木靖浩

Influence of microwave heating behavior on composition of aluminium titanate

Naoki ADACHI, Sadataka ITO, Yasuhiro IBARAKI

チタン酸アルミニウムの生成におけるマイクロ波発熱特性への影響を検討した。アルミナにチタニアを種々量添加し、鋳込み成形で作製した成形体を 1600°C で焼成することで、異なる構成相の焼結体を作製した。マイクロ波炉を用いてこれら焼結体の発熱（昇温）特性を測定した結果、マイクロ波発熱は焼結体の構成相と温度に影響されることがわかった。また、焼結体中のマイクロクラックの温度に対する挙動が、焼結体の発熱特性を著しく変化させることが示された。

## 1. 緒言

マイクロ波焼成技術は、自己発熱を利用しているため、短時間焼成、選択加熱などの特徴を有している。しかしながら、急速な加熱による焼成は、被焼成体の表面からの放熱によって、内部との温度差を生じる。この温度差が緩和できなくなると、熱応力により割れが発生する<sup>1)</sup>。従って、マイクロ波焼成を確立する上で、被焼成体とほぼ等価な発熱特性を有する発熱壁が求められる。当所では、これまでに、ムライト-アルミナ系材料を発熱壁として用いることで大型アルミナの焼成に成功している<sup>2)</sup>。しかし、セラミックスの種類により、発熱特性が変わるためにムライト-アルミナ系の発熱壁を他の材料へ応用することが難しく、発熱速度が制御できる材料の開発が必要となっている。

そこで、この発熱材料としてチタン酸アルミニウムに着目した。チタン酸アルミニウムは、結晶軸に対して熱膨張異方性を示すことから、焼結体には無数のマイクロクラックが生じる。その結果、チタン酸アルミニウム焼結体は低熱膨張を示すようになり、耐熱衝撃性材料の一つとして利用されている。しかしながら、チタン酸アルミニウムは、マイクロクラックにより、機械的な強度が低いという欠点を有している。この欠点を補うために、チタン酸アルミニウムにムライト<sup>3)</sup>やジルコニア<sup>4)</sup>などを添加し複合化することで高強度化した報告がある。さらに当所では、チタン酸アルミ

ニウムとジルコニア複合材料をマイクロ波焼成にて作製することで、電気炉焼成で作製した複合体よりも機械的な特性が優れた材料が得られたことを報告している<sup>5)</sup>。

本研究では多くの材料に対応できる発熱壁の開発を目的に、アルミナ-チタニア系材料中のチタン酸アルミニウムの生成割合を変化させた試料を作製し、その発熱特性を検討した。

## 2. 実験方法

原料は、アルミナ（住友化学工業製、AKP-20、純度 99.99 %）およびチタニア（高純度化学製、ルチル型、純度 99.9 %）を用い、泥漿調製のために分散剤 D-305（中京油脂製）を使用した。試料は、アルミナに対してチタニアの割合が 0、0.25、0.5、1、2、5、10、25、50 mol% となるように調合した。原料およびイオン交換水、分散剤を所定量添加し、泥漿の固体濃度が 85 wt% となるように調合し、24 h ボールミリングして泥漿を調製した。調製した泥漿は、真空脱泡した後、石膏型に流し込み鋳込み成形法にて成形体を作製した。マイクロ波照射による発熱特性の測定には、あらかじめ電気炉により焼成した試料を用いることとし、そのために成形体を昇温速度 100°C/h、1600°C で 1 h 加熱して焼成体を作製した。焼成体の構成相を粉末 X 線回折法により同定した。

マイクロ波による発熱試験は、2.45GHz で 1.5

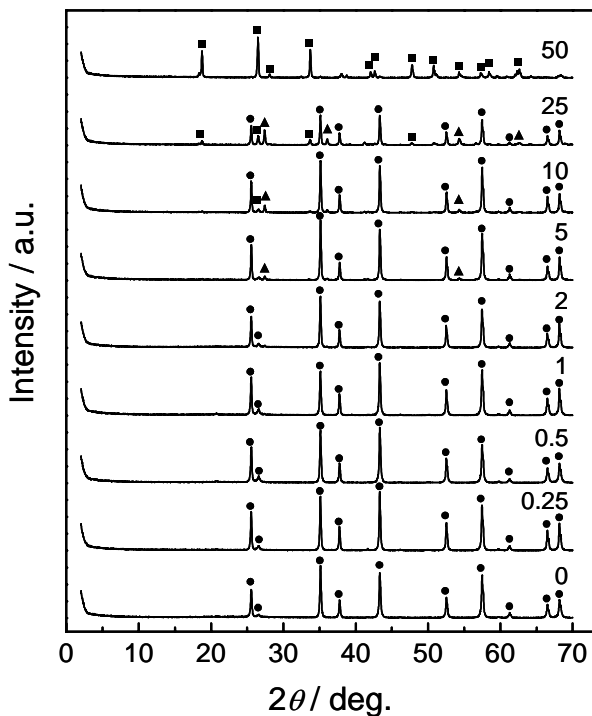


図 1 作製した焼結体の X 線回折図形

( □ : コランダム    △ : ルチル    ○ : チタン酸アルミニウム )

kW のマグネトロン発信機が 4 台配置され、計 6.0 kW の出力を有するマイクロ波焼成炉を使用した。試料を炉内に設置したアルミナファイバー製の断熱ボックス内に入れ、出力 100 % でマイクロ波照射を行い試料の温度が 1250 °C になるまで加熱し、その昇温特性を調べた。温度測定は試料表面に対して放射温度計を用いて行った。

### 3 . 結果及び考察

チタン酸アルミニウムは化学量論的に、アルミナとチタニアの反応割合が等モルであるため、すべてのアルミナとチタニアが反応したとするとチタニアの割合が 50 mol% のときは、理論的にすべてがチタン酸アルミニウムとして生成されることとなる。そこで、種々割合でチタニアが添加された焼成体の X 線回折の結果を図 1 に示す。焼成体の構成相として、コランダム( □ )、ルチル( △ )、チタン酸アルミニウム( ○ ) が同定された。チタン酸アルミニウムのピークはチタニアの添加割合が 10 mol% になると認められ、その割合が増加するに従ってそのピーク強度は増大した。特に、チタニアの割合が 50 mol% の試料ではチタン酸アルミニウムのピークが唯一になり、アルミナとチタニアが完全に反応したことが確認された。しかし、チタニアの割合が 5 ~ 25 mol% の試料ではルチル

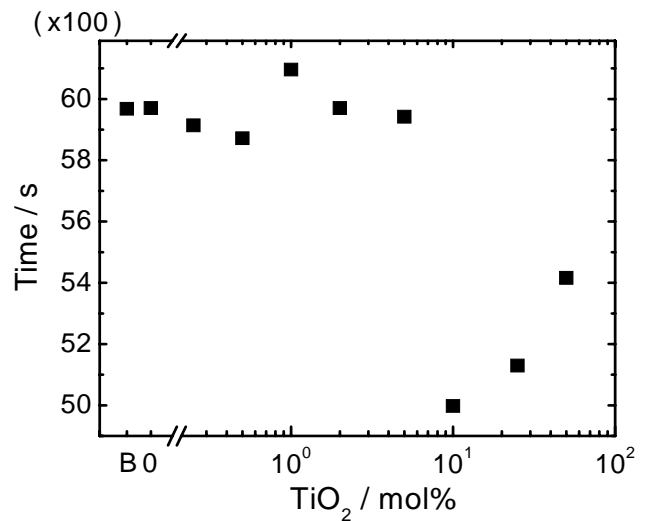


図 2 チタニア添加割合とマイクロ波照射時における 400 °C までの到達時間

のピークもみられたため、一部チタニアが未反応の状態であることがわかった。

このような構成相の異なる試料を用いてマイクロ波による発熱試験を行った。マイクロ波照射によって試料が 400 °C まで到達するのに費やした時間とチタニアの添加割合の関係を図 2 に示す。図 2 中の B はブランクを意味し、マイクロ波焼成炉内に設置した断熱ボックスの温度 ( 試料を入れない状態 ) を測定した結果である。

チタニアの割合が 5 mol% 以下の試料は、400 °C までの到達時間がほとんど同じであり、約 6000 s ( 約 100 min ) の時間を要することがわかった。チタニアの割合が 10 mol% 以上の試料は、400 °C までの到達時間がそれまでの試料と比較して明らかに短くなった。特に 10 mol% の試料の到達時間が最も短く、約 5000 s ( 約 75 min ) であった。しかし、それ以上にチタニアの割合が増加すると、到達する時間は長くなる傾向となった。この 10 mol% を境にして到着時間が急変する理由については不明であるが、チタニア添加割合の増加と到達時間の減少については、チタニアの割合が 10 mol% の試料は比較的緻密であったのに対して、25 mol% と 50 mol% の試料は緻密化の程度が低く、非常に脆い状態であったためと考えられる。

図 3 に各試料における 400 °C から 1200 °C までの昇温曲線を示す。400 °C までの到達時間は図 2 に示したように各試料で異なるが、図 3 では 400 °C に到達した時間を出発時の 0 としてプロットし



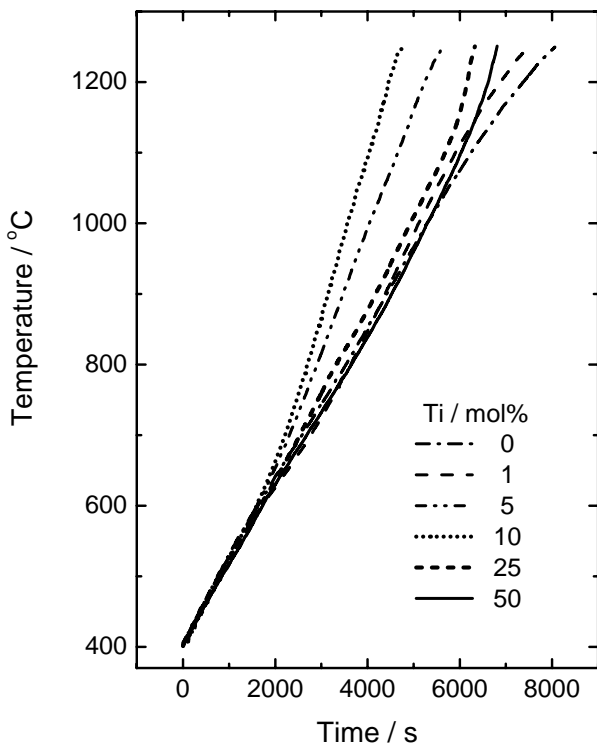


図3 種々の焼結体における400 以上の昇温曲線

た。いずれの試料も約 600°C まではほぼ同じ昇温速度であったが、それ以上の温度では異なる昇温挙動を示した。この挙動は 高温になるほど昇温速度が減少するパターン (0、1mol%の試料)、高温までほぼ同じ昇温速度を維持するパターン(5 mol%の試料)、高温になると昇温速度が増加するパターン (10、25、50 mol%の試料) の 3 つに大別された。

この昇温挙動を詳細に調べるために、各試料の昇温曲線から 400~600°C、600~1100°C、1100~1250°C の温度域における平均の昇温速度を算出した。図 4 に各温度域の昇温速度とチタニアの添加割合の関係を示す。チタニアの割合が 1mol%までの試料の昇温速度は、いずれの温度域においても添加割合の増加に対して大きな変化を示さない。しかし、チタニアの割合が 1 mol%以上になると、400~600°C と 600~1100°C の温度域での昇温速度は 10 mol%までは増加し、その後は減少に転ずる挙動を示した。特に、50 mol%の試料での減少が著しい。これは次のように説明できる。1 mol%の試料に比べて、チタン酸アルミニウムの生成量が著しく多い(図 1 より) 25 mol%と 50 mol%の試料では、試料内に多数のマイクロクラックが存在

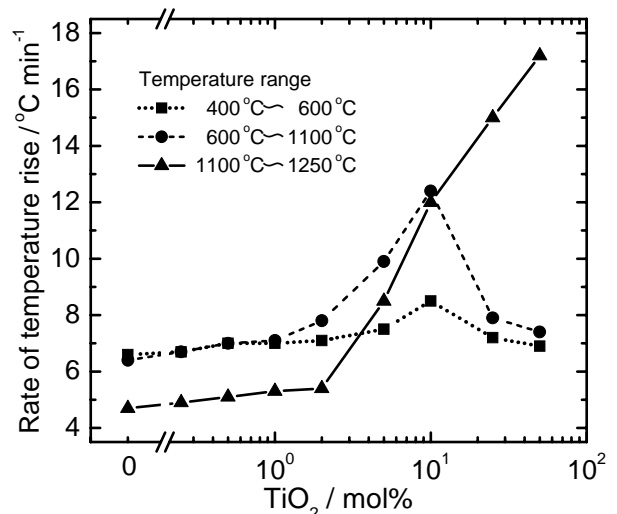


図 4 各温度域におけるチタニア添加割合と昇温速度の関係

し、また 400~1100°C の温度域ではこのマイクロクラックの多くが開いた状態にある。この開いたマイクロクラックによってチタン酸アルミニウムの発熱が抑制され、25 mol%と 50 mol%試料では昇温速度が減少したものと考えられる。一方、1100~1250°C の温度域の場合、チタニアの添加割合が 2 mol%以上では割合が増加するに従って、昇温速度が連続的に増大し、50 mol%の試料では 17°C/min と大きな値を示した。この温度域においてのみ、25 mol%と 50 mol%の試料が大きな昇温速度を示す理由として、400~1100°C の温度域で開いていた多くのマイクロクラックが 1100°C 以上になると閉じた状態になり、低温度域での見掛けの発熱ではなくチタン酸アルミニウム本来の発熱が起こったためと考えられる。その結果、チタン酸アルミニウムの生成量に対応して、昇温速度も連続的に変化したものと考えられる。

以上のように、チタン酸アルミニウムを含有する焼結体の発熱特性は複雑である。従って、今後はマイクロクラックを制御したチタン酸アルミニウム単相の焼結体を用いて、その発熱特性の詳細な検討を行う予定である。また、低熱膨張材料であるチタン酸アルミニウムは、低強度という特性ゆえにムライトやジルコニアなどの材料と複合化し高強度化することが多い。これらの複合体における発熱特性の評価も重要な検討課題である。

#### 4. まとめ

種々の配合組成のアルミナ-チタニア混合体を1600°C焼成して作製した焼結体を用いて、マイクロ波照射による発熱特性を検討した。

その結果、チタン酸アルミニウムを含有するアルミナ-チタニア系焼結体のマイクロ波発熱は、焼結体の構成相及び温度によって影響されることがわかった。また、焼結体中のマイクロクラックの挙動が発熱特性を著しく変化させることが示された。

#### 5. 参考文献

- 1) セラミックスの高速焼結技術 - セラミックス電磁プロセッシング -, ティー・アイ・シー (1997).
- 2) 水野正敏, 金属 Vol. 76 No. 8 (2006), 899-904.
- 3) H Morishima, *J. Am. Ceram. Soc.*, **69** (10), C226-C227 (1986)
- 4) 岩田芳幸ら, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, 28-30 (2003)
- 5) 岩田芳幸ら, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, (2004)

[ 抄録 ]

Ceramics International vol. 33, p879-882 (2007)

Acoustic emission studies of low thermal expansion aluminum-titanate ceramics strengthened by compounding mullite

T. Ono\*, Y. Sawai\*, M. Ikimi, S. Obata, O. Sakurada\*, M. Hashiba\*

低熱膨張材料であるチタン酸アルミニウム(AT)にムライト(Mu)を添加して強度を増加させた複合材料を作製した。この AT-Mu 複合材料についてアコースト・エミッション(AE)法を応用し、加熱直後からの冷却過程における熱膨張/収縮と AE カウント比率を測定してその特性を評価した。その結果、AE カウントについてもピーク温度から室温までの温度域でマイクロクラックに基づく熱膨張がみられた。このマイクロクラックによって発生したクラックボリュームについては熱膨張曲線より算出した。そしてクラックボリュームと曲げ強度は非常に相関係数の高い直線的な関係であることが分かった。この関係式より算出した結果、クラックのない AT-Mu 複合材料の強度は 130 MPa であることが分かった。

\* : 岐阜大学工学部

[ 抄録 ]

Journal of the Ceramic Society of Japan vol. 116, p247-250 (2008)

Effect of SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on the synthesis of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> red Pigment

M. Kikumoto\*, Y. Mizuno\*, N. Adachi, Y. Iwata, H. Yokoyama, S. Obata, M. Kato\*

陶磁器で上絵付けに使用され、赤色顔料として知られる酸化鉄(ヘマタイト)の発色について、アルミナ、シリカを添加して発色に与える影響を検討した。ヘマタイトとアルミナ(コランダム)は 1000 以下でそれぞれ固溶体を形成した。そしてアルミナ:ヘマタイトが 67 : 33 (モル比)のときに最も赤色を示した。また 1300 で焼成した顔料においても同じ傾向を示すとともに、1000 と 1300 の色の違いも最も少なかった。さらにシリカを添加し赤色発色の向上を図った。その結果、シリカはアルミナ、ヘマタイトと反応せず、存在しており、シリカの添加量が増大することで赤色発色は向上した。また SEM 観察の結果からシリカが粒成長や Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> の生成を抑制しているために赤色発色が向上すると考えられる。

\* : 多治見市陶磁器意匠研究所

[ 抄録 ]

発色・着色メカニズムから各種応用製品まで>色材・顔料・色素の設計と開発 p251-258

酸化鉄 (第 2 部, 第 2 章, 第 2 節)

加藤昌宏\*, 菊本愛生\*, 尾畑成造

これまで、多治見陶磁器意匠研究所及び当研究所にて研究してきた顔料としての酸化鉄について得られた知見を元に、その発色が結晶構造と粒子径よりどのように変化するか解説すると共に、最近報告される酸化鉄顔料の合成方法について報告し、色への影響を述べた。

\* : 多治見市陶磁器意匠研究所

## 水系鑄込み成形による窒化アルミニウムセラミックスの作製

横山久範, 戸高栄弘, 伊本靖司\*, 阿部浩也\*\*, 内藤牧男\*\*, 菊田浩一\*\*\*

窒化アルミニウム粉体は耐水性が低く、水系スラリーによる成形が困難である。一方、5 程度の低温で窒化アルミニウム粉体を水中混合することで水和反応を抑制することが可能であるとの報告がある。しかし、5 環境下でのプロセスでは、低温環境維持に必要なエネルギーのコストが高くなるとともに、極めて過酷な作業環境となり作業員への負担が大きくなる。そこで、15 環境で水系スラリー調製及び鑄込み成形を行い、耐水性や成形体・焼結体特性への影響を検討した。

スラリー調製では、分散剤にポリアクリル酸アンモニウム塩を用いることで、15 環境下でも水和反応が抑制できるとともに、80mass%の高濃度スラリー調製が可能となった。これらのスラリーを用いて鑄込み成形、焼成を行った結果、緻密で高熱伝導な焼結体を作製することができた。特に、焼結助剤にイットリアを添加した焼結体の熱伝導率は  $177\text{W/m}\cdot\text{K}$  であり、市販窒化アルミニウムセラミックスと同程度の焼結体の作製が可能であった。

\* : (株) トクヤマ

\*\* : 大阪大学接合科学研究所

\*\*\* : 名古屋大学大学院工学研究科結晶材料工学専攻

## インクジェット印刷成形法

横山久範, 尾畑成造

近年、インクジェット印刷機は装置がシンプルで多色化が可能のため、デジタル機器やインターネットの普及により広く利用されるに至っている。インクジェット印刷は、コンピュータ制御による迅速な印刷が可能、必要な部分のみを印刷し無駄が少ない、大面積化が可能、非接触印刷である、などの特徴があり産業分野への応用も進んでいる。また、このしたインクジェット印刷の特徴に着目し、セラミックス成形法においてインクジェット印刷による3次元積層印刷(three dimensional printing)や型をもちいない直接印刷成形(solid-freeform-fabrication)が研究されてきた。本報告は、そうした成形技術や過去に当所で行ったインクジェット印刷成形を紹介するとともに最近の研究動向や将来展望などを解説した。





P4 図8 筆絵付けロボットによる試作品



P18 図4 暖炉試作品



P8 図8 4回重ね印刷による試作品  
(9mmピッチ)



P8 図9 4回重ね印刷による試作品  
(15dotピッチ)



P20 図4 「Pe-陶」ブランド作品例