

## 情報機器に用いられるガラス・水晶光学部品の鏡面研削加工の研究

南部洋平\* 落合一裕\* 田中文夫\*\* 宇都宮 康\*\* 池野順一\*\*\* 澁谷秀雄\*\*\*

### Study on Mirror Grinding of Glass / Crystal Optical Parts Used for Information Instruments

NANBU Youhei\*, OCHIAI Kazuhiro\*,  
TANAKA Fumio\*\*, UTSUNOMIYA Yasushi\*\*, IKENO Junichi\*\*\*, SHIBUTANI Hideo\*\*\*,

#### 抄録

デジタルカメラなどの情報機器には多くの光学部品が使われている。光学部品にはガラス・水晶等が用いられており、傷のない表面とフラットな形状精度が求められている。従来は研削加工後に研磨加工を行い、加工時間がかかっている。そのため、ガラス・水晶を迅速、高精度に加工する手法が求められている。本研究では電気泳動現象を用いて、加工対象物とメカノケミカル反応を起こす砥粒を均一に配したEPD砥石の作製方法を検討した。両面研磨加工に必要な砥石を作製し、砥石作製条件と砥石厚さの関係を確認した。作製した砥石を用いてガラスに対して両面研磨加工機で加工実験を行い、表面粗さ、形状精度ともに実用化に必要な値を得ることができた。

キーワード：電気泳動現象，EPD砥石，メカノケミカル反応，研磨，両面研磨機

#### 1 はじめに

カメラ付き携帯電話、デジタルカメラ、液晶プロジェクタ等の情報機器市場は、規模が大きく、今後も成長が著しい分野である。情報機器にはミラー、プリズム、フィルターといった光学部品が多数使われている。光学部品は情報機器の精度を左右するので、傷のない表面とフラットな形状精度が要求される。そのため現状では、研削加工の後に湿式の研磨加工を行っており、加工時間がかかっている。また、これらの光学部品は主にガラス・水晶製のものであるため、ガラス・水晶を迅速、高精度に加工する手法が求められている。

そこで産学官連携（株）タナカ技研、埼玉大

学、産業技術総合センター）の体制で、環境に優しいガラスの研磨に挑戦し、砥石作製条件やガラスの加工条件について検討した。

ガラスに対して、短時間で傷の無い平坦な加工面を実現するために、電気泳動現象を用いて遊離砥粒を固定化したEPD砥石を用いて加工を行った<sup>7)~9)</sup>。既報では、水晶に対して加工を行うために、シリカ砥粒を用いたEPD砥石を作製した<sup>8),9)</sup>。作製した砥石を用いてロータリー研削盤による加工を行い、実用可能な表面粗さを実現することができた。しかし、形状精度が不足であったため、ラップ盤を用いての研磨加工の検討を行った。ラップ盤で加工した結果、研削盤に比べて平面度を向上させることができた。今年度は、ガラスに対して傷の無い平坦な加工面を実現するための方法を検討した。ガラスに対する研磨等では、酸化セリウムが有用なことが知られている<sup>10),11)</sup>。そこで

\* 生産技術部

\*\* (株)タナカ技研

\*\*\* 埼玉大学大学院 理工学研究科

本研究では、酸化セリウムを砥粒に用いたEPD砥石の作製について検討した。砥石厚さの目標は5mmとし、加工後の目標は、表面粗さ1nmRa程度とし、表面形状は既報<sup>8)</sup>の結果の2μmPVより小さくすることを目標とする。作製した砥石を両面研磨機に用いて加工実験を行い、その性能の検討を行ったので報告する。

## 2 実験方法

### 2.1 砥石作製方法

#### 2.1.1 電気泳動現象

砥石を作製する方法として、電気泳動現象(Electro Phoretic Deposition)を用いた。これは、負に帯電している微粒子を含む液中で電場を与えると、微粒子が正極に移動する現象である。この方法を用いると、微粒子を均一かつ高密度に堆積させることができる。よって、高精度加工に適した砥石を作製することができる。砥石作製の構図を図1に示す。

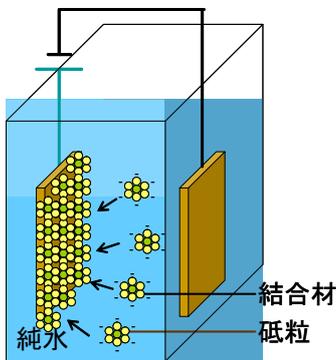


図1 電気泳動現象を利用した砥石作製方法

#### 2.1.2 砥粒及び結合材

砥粒は、酸化セリウム微粒子(粒径約1μm)を使用した。酸化セリウムは、湿式研磨等でガラスの仕上げ加工等に用いられている砥粒である。酸化セリウムは、ガラス材料に対してはメカノケミカル反応を起こして変質層を作るので、乾式での加工が可能となることや、加工速度の向上といった効果が期待できる。また、被加工物のガラス材料に比べて柔らかいので、脱落砥粒による傷が発生しにくい。

結合材は、高分子電解質のアルギン酸ナトリウムを使用した。アルギン酸ナトリウムは、保護コ

ロイドとして帯電粒子に吸着するため、均一な結合力を砥石中に形成できる。また、結合力はあまり強固でないため、優れた自生発刃作用が期待できる。

#### 2.1.3 砥石作製装置

電気泳動現象を用いて砥石を作製するにあたって、砥石作製のための装置を作製した。砥石作製装置の構成を図2に示す。容器はアクリル製で、左右に電極を縦に配置し、垂直に立てた電極を対向に配置している。電極材には真鍮を使用している。それぞれの電極にかかる電流、電圧の値を測定することが可能である。

昨年度用いた装置に比べて、電極を縦に配置することで電極の設置や取り外しなどが容易になり、作業性が向上している。また、装置がアクリル製なので、軽量化、省スペース化されている。

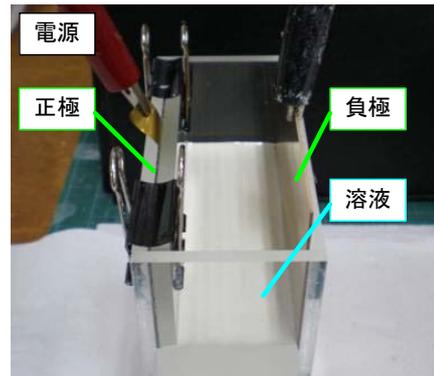


図2 砥石作製装置

### 2.2 砥石作製実験

#### 2.2.1 砥石作製

砥粒と結合材と水を攪拌し、砥石の作製時に使用する溶液を作製する。溶液の成分を表1に示す。その溶液を砥石作製装置の容器に入れて荷電することで、正極に砥粒と結合材が堆積する。堆積した砥石を取り出して塩化カルシウム水に浸してカルシウム置換を行い、その後適した条件で24時間程度乾燥させる。

表1 砥石成分

成分	質量(g)	重量(wt%)
酸化セリウム	84	16.7
アルギン酸ナトリウム	15	3.0
水	401	80.3

### 2.2.2 砥石作製条件の検討

砥石作製条件と砥石厚さの関係を調べるために、酸化セリウムを用いた EPD 砥石作製の最適な作製条件の検討を行った。砥石作製条件の検討事項として、電流密度、電圧値、荷電時間、電極間距離について検討を行った。検討した砥石作製条件を表2に示す。

表2 砥石作製条件

電流密度 (A/m <sup>2</sup> )	100, 200, 300, 400, 600, 800
電圧 (V)	1, 5, 10, 20, 30
荷電時間 (min)	10, 20, 30, 40, 50, 60
電極間距離 (cm)	20, 35, 50, 100

### 2.3 加工実験

#### 2.3.1 加工実験

作製した砥石を用いて、加工実験を行った。加工機は、両面研磨機 (4BF、浜井産業(株)製) を使用した。既報では、片面研磨で砥石としての性能を確認できている。しかし、片面研磨は治具に貼り付けて加工する必要がある。それに比べて、両面研磨は治具に貼り付ける必要が無いため、より実用性が高くなる。

上下の定盤に作製した砥石を貼り付け、加工実験を行った。加工機の写真を図3に示す。上の定盤は反時計回りに、下の定盤は時計回りに回転する。また、その時の加工条件を表3に示す。

ワークのサイズはφ2inchで、厚さが1.5mmである。

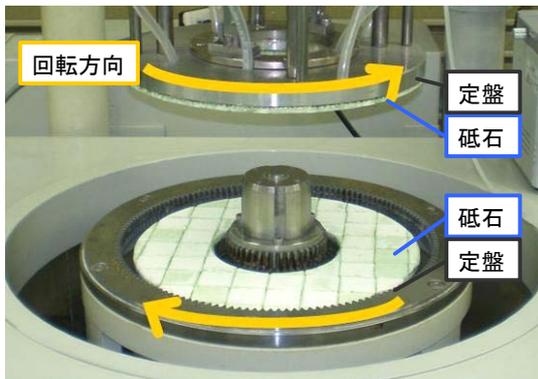


図3 両面研磨加工機

表3 両面研磨加工条件

砥石回転数 (rpm)	A 標準
加工圧力 (k Pa)	0.968
加工時間 (min)	2

### 2.4 測定評価

加工後のガラスの測定評価を行った。評価項目として、表面粗さと、形状精度について評価を行った。表面粗さは、表面粗さ測定機 (サーフコム 1400D-3DF、(株)東京精密製) を用いて測定した。形状測定は、非接触三次元測定装置 (NH-3SP、三鷹光器(株)製) を用いて測定した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 砥石作製実験

砥石作製時の砥石厚さと電流密度の関係を調べるために、電圧、荷電時間、電極間距離を固定して、電流密度の条件を振って実験を行った。その時の砥石厚さのグラフを図4に示す。砥石厚さは、電流密度の値が0~400A/m<sup>2</sup>までは砥石厚さが比例して伸びていき、それ以上はほぼ同じ厚さとなった。これは、電流密度が高くなるにつれて砥石を堆積させる電極の温度が上がり、砥石が剥離して表面が荒れてしまうためと考えられる。

次に、その他の条件を固定し、電圧を変化させて実験を行った。その時の砥石厚さのグラフを図5に示す。砥石厚さは、電圧が0~30Vまで比例して厚くなった。今回は電源容量の関係で30Vまでの検討となったが、より高い電圧をかけることで砥石厚さが比例して厚くなると考えられる。

また、その他の条件を固定し、荷電時間を変化させて実験を行った。その時の砥石厚さのグラフを図6に示す。砥石厚さは、荷電時間に比例して厚くなった。しかし、荷電時間が長すぎると砥石が剥離する傾向が見られ、50分以降になると砥石が剥離した。こちらも電流密度の時と同様に、電極の温度が上がり、砥石が剥離するためと考えられる。

さらに、その他の条件を固定し、電極間距離を変化させて実験を行った。その時の砥石厚さのグ

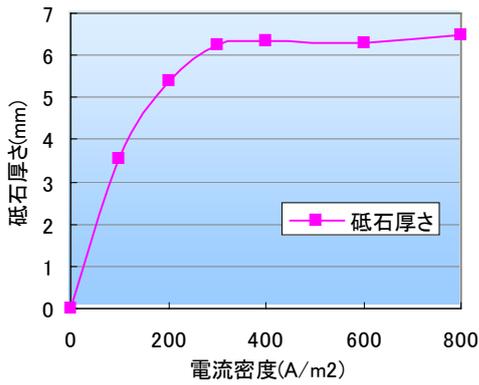


図4 電流密度と砥石厚さの関係

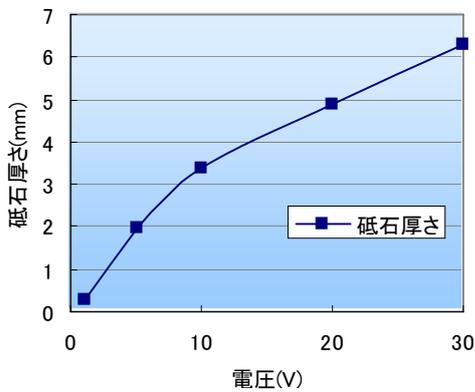


図5 電圧と砥石厚さの関係

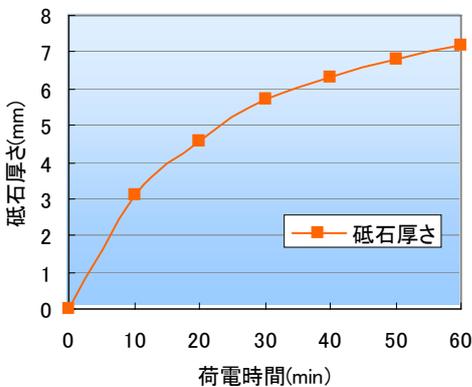


図6 荷電時間と砥石厚さの関係

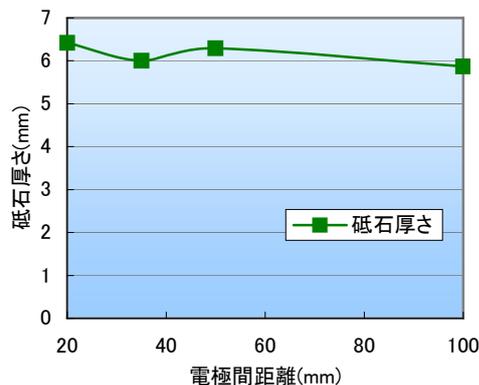


図7 電極間距離と砥石厚さの関係

ラフを図7に示す。電極間距離を変化させても、砥石厚さに影響することはなかった。

以上より、最適な砥石作製条件を導き出した。その時の条件を表4に示す。作製条件が合わないと砥石に凹凸が発生することがあるが、条件を整えることによって、厚さが約 6.5mm のフラットな砥石を作製できた。作製した砥石の写真を図8に示す。また、表4の条件で両面研磨に必要な砥石の量産を行い、加工実験に用いた。

表4 砥石作製条件

電流密度 (A/m <sup>2</sup> )	600
電圧 (V)	30
荷電時間 (min)	40
電極間距離 (cm)	50



図8 作製したEPD砥石

### 3.2 加工・測定結果

作製した砥石を加工機に用いて実験を行い、加工後に測定を行った。

加工後のガラスを、表面粗さ測定機で測定した結果、表面粗さは 1.32nmRa を得ることができた。その時の測定結果を図9に示す。

また、表面形状を非接触三次元測定装置で測定した結果、表面形状はφ2inch に対して約 0.35μmPV を得ることができた。その時の測定結果を図10に示す。中央部に多少凹みが見られるが、これは前加工の時点で発生していた形状なので、前加工面を改善することで、さらに表面形状を向上させることができると考えられる。

以上より、この砥石の特徴として、表面形状をそのままに表面粗さを向上することのできる砥石であることが確認できた。



図9 加工後の表面粗さ

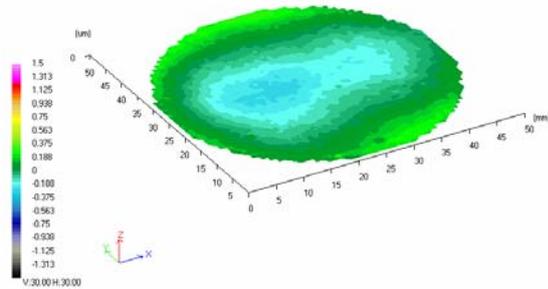


図10 加工後の表面形状

#### 4 まとめ

- (1) 酸化セリウムを用いたEPD砥石を作製するための砥石作製装置を作り、電極の配置方法などを検討し、面積の大きな砥石を容易に作製できるようになった。
- (2) 作製した装置を用いて砥石作製条件の検討を行った。その結果、電流密度は、400A/m<sup>2</sup>まで砥石厚さと比例することがわかった。電圧は、砥石厚さと比例することがわかった。荷電時間も、砥石厚さと比例することがわかった。電極間距離は、砥石厚さに対して影響しないことがわかった。これらの検討から、砥石作製の最適条件を導き出し、厚さが約6.5mmのフラットな砥石の作製に成功した。
- (3) 量産した砥石を用いて両面研磨加工を行った結果、加工後の表面粗さが1.32nmRaの鏡面を得ることができた。また、表面形状はφ2inchに対して約0.35μmPVの面を得ることができた。

#### 参考文献

- 1) 池野順一, 谷 泰弘: 電気泳動現象を利用した超微粒砥石の開発とその応用, 日本機械学会論文集, **57**, 535 (1991-3)
- 2) 澁谷秀雄, 深沢 隆, 不破徳人, 池野順一, 鈴木浩文, 堀内 宰: 薄片状シリカEPDペレットによるシリコンウエハの研削特性, 日本機械学会論文集, **68**, 673 (2002-9)
- 3) 池野順一, 谷 泰弘: 電気泳動現象を利用した超微粒砥石の作成法に関する研究, 日本機械学会論文集, **59**, 562 (1993-6)
- 4) 藤木弘栄, 池野順一: 水晶ウエハの高速鏡面研削に関する研究, 2004年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2004)L15
- 5) 池野順一, 谷 泰弘, 福谷亮人: 超微細砥粒の電気泳動現象を利用した研削切断方法の開発, 日本機械学会論文集, **57**, 542 (1991-10)
- 6) 池野順一, 谷 泰弘: 超微粒砥粒の表面活性を利用した物質移送に関する一考察, 砥粒加工学会誌, **36**, 3 (1992-7)
- 7) 池野順一, 矢野克行, 不破徳人, 渋谷秀雄, 深澤 隆, 堀内 宰, 河西敏雄: 環境に優しい鏡面研削砥石の作製に関する一考察, 精密工学会誌, **67**, 3 (2001)
- 8) 南部洋平, 落合一裕, 大川 薫: 情報機器に用いられる水晶光学部品の鏡面研削加工の研究, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **3**, (2005), 176
- 9) 南部洋平, 落合一裕, 八木 進, 宇都宮康, 池野順一, 渋谷秀雄: 情報機器に用いられる水晶光学部品の鏡面研削加工に関する研究, 2005年度精密工学会秋期大会学術講演会講演論文集, 333(2005)
- 10) 河西敏雄: 機能的難加工材料の物性と加工特性, 機械と工具, **50**-7 (2006) 82
- 11) 山根正之 他: ガラス工学ハンドブック, 朝倉書店, (1999)401