

新しいガラスの研磨材料の研究開発

岐阜工業高等専門学校 機械工学科 島本(田中)公美子
(前職：山陽小野田市立山口東京理科大学 工学部機械工学科)

Research and Development of Novel Polishing Materials for Glass

Kumiko Tanaka Shimamoto
Department of Mechanical Engineering,
National Institute of Technology, Gifu College

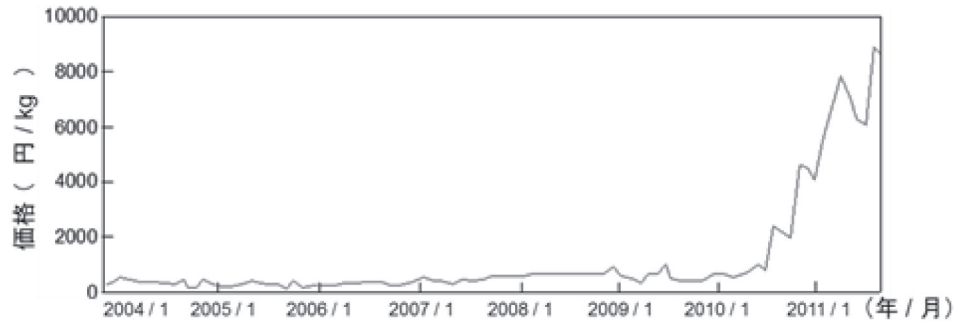
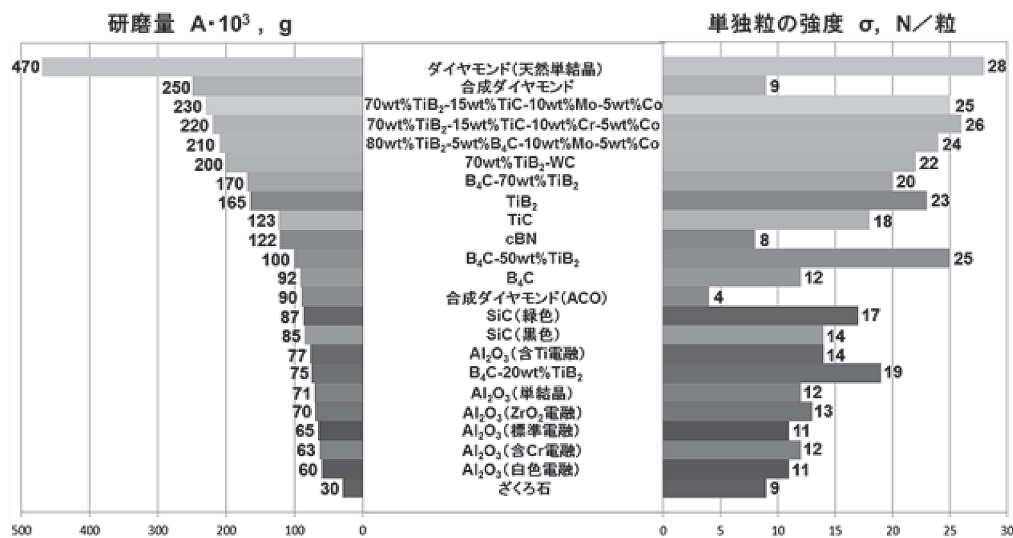
新しいガラスの研磨材料として、従来材である酸化セリウム(CeO_2)に替わる物質を調査し、約 180 種類の研磨材料の候補からマンガン系酸化物(Mn_2O_3)に着目した。マンガンは海底にマンガン団塊を形成することから、 CeO_2 のようにレアアースではなく、埋蔵量も豊富である。 Mn_2O_3 の研磨能力は、 CeO_2 に比べて研磨量には劣るものの、少ない研磨量であっても鏡面研磨には適することが明らかとなった。また Mn_2O_3 の研磨量の向上を目指した実験を行った結果、研磨条件を検討(研磨材濃度と研磨圧力を向上)することで CeO_2 と同等もしくはそれ以上の研磨量を得ることができた。

As a new glass polishing material, we investigated substances to replace the conventional material cerium oxide (CeO_2), and focused on manganese-based oxides (Mn_2O_3) from about 180 candidates of polishing materials. Since manganese forms manganese nodules on the seabed, it is not rare earth like CeO_2 and rich in reserves. Although the polishing ability of Mn_2O_3 was inferior to that of CeO_2 , the amount of polishing was found to be suitable for mirror polishing even with a small amount of polishing. In addition, as a result of conducting experiments aiming at improvement of the removal amount of Mn_2O_3 (Improving abrasive concentration and polishing pressure), it was possible to obtain a removal amount equal to or larger than that of CeO_2 by examining the removal conditions.

1. 緒 論

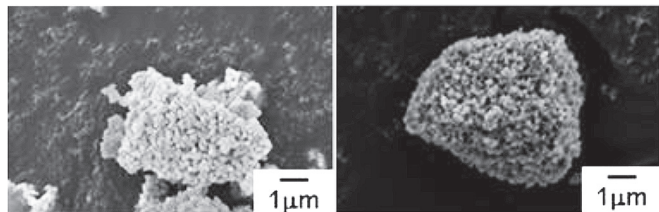
従来、ガラスの研磨材料には希土類(レアアース)の一つで軽希土類に分類されるセリウム(Ce)の酸化物である酸化セリウム(CeO_2)が用いられている。我が国ではレアアース鉱石・原料は生産されず、すべて輸入に頼っている。近年、外国からの酸化セリウムの輸入量は、平成 18 年をピークに年々減少し、Figure 1 に示すように価格も高騰している^{1,2)}。

先行研究では、酸化セリウム(CeO_2)に代わる新しい研磨材として約 180 種類の研磨材候補の中から、Fig. 2 に示す予備調査をし、三二酸化マンガン(Mn_2O_3)を選定した。マンガンは海底にマンガン団塊を形成することから、安定して供給することが可能である。そこで、本研究では、新しいガラスの研磨材料として選定した Mn_2O_3 の有効性を実験的検討により明らかにするとともに、従来材である CeO_2 との比較を行うことを目的とした。

Fig. 1 Cost transition of CeO₂ polishing powder²⁾.Fig. 2 Part of the investigation results³⁾.

2. 実験方法

試料は、Fig. 3 に示す酸化セリウム (CeO₂) 粉末と三二酸化マンガン (Mn₂O₃) 粉末で、溶媒には蒸留水を用いた。先行研究では研磨液をガラスに塗布した後、研磨パッドで挟み往復スライダ型摩擦試験機を用いて摺動試験を行った。試料の評価は、厚さ、摩擦係数測定、表面粗さ

Fig. 3 CeO₂ powder (left side) and Mn₂O₃ powder (right side).

測定、SEM 観察により行った。先行研究で得られた結果をもとに、実際にガラスの研磨工場で行われている研磨装置 (DSM9B-5L/P-V (SPEEDFAM 製)) での実機試験を行った。試料は、水道水に対して 20wt% で添加した懸濁液を用い、研磨量および研磨後の透明度の観察を行い、表面粗さの測定をした。さらに、研磨量の向上を図るため、Mn₂O₃ の粒径依存性、研磨荷重依存性、研磨速度依存性の実験を行った。Mn₂O₃ の粒径依存性は Fig. 4 に示す試料を用いた。ガラスの研磨メーカーでは最近では研磨材料 (CeO₂) の濃度を水に対して 10wt% に変更したとのことであったため、それに合わせて添加量を変更して実験を行い、CeO₂ と Mn₂O₃ の相対比較を行った。

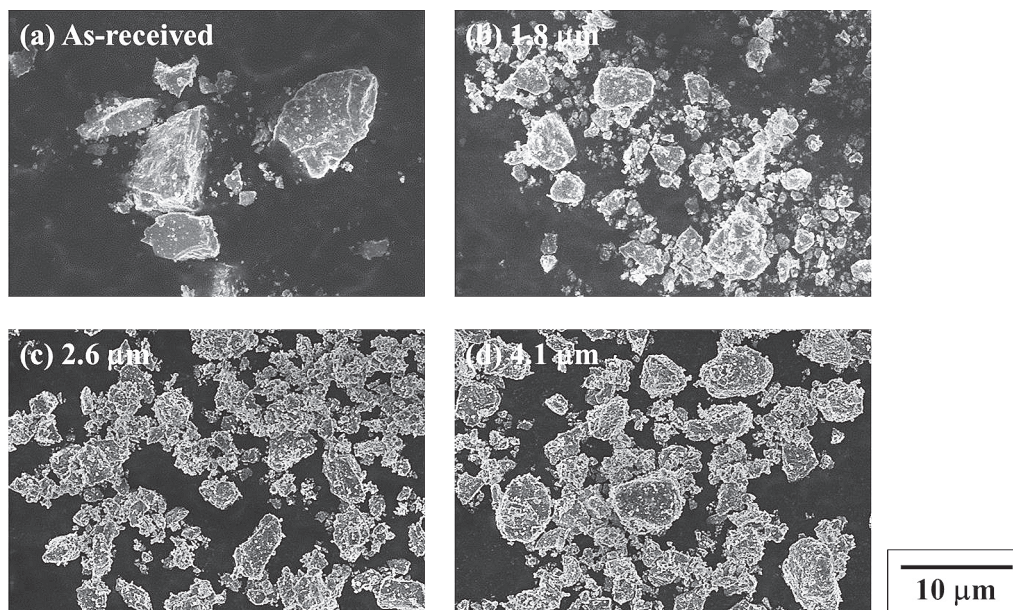


Fig. 4 Mn_2O_3 powder: (a) As-received, (b) $1.8\ \mu\text{m}$, (c) $2.6\ \mu\text{m}$ and (d) $4.1\ \mu\text{m}$.

3. 実験結果および考察

研磨時間を 30 分とした場合のガラス面の比較結果を Fig. 5 に示す。研磨前のすりガラスと比べ、従来材の CeO_2 および Mn_2O_3 は透明度の向上が確認された。また見た目からは CeO_2 と Mn_2O_3 の違いは認められなかった。研磨後の研磨量(厚さ)は、 CeO_2 が $20\ \mu\text{m}$ だったのに対し、 Mn_2O_3 は $3\ \mu\text{m}$ であり、表面粗さはほぼ同じ結果を示した。 Mn_2O_3 は 30 分の研磨量が $3\ \mu\text{m}$ と少なかったが、少ない研磨量で鏡面化できることから、仕上げ研磨加工に応用できる可能性が高いことが明らかとなった。

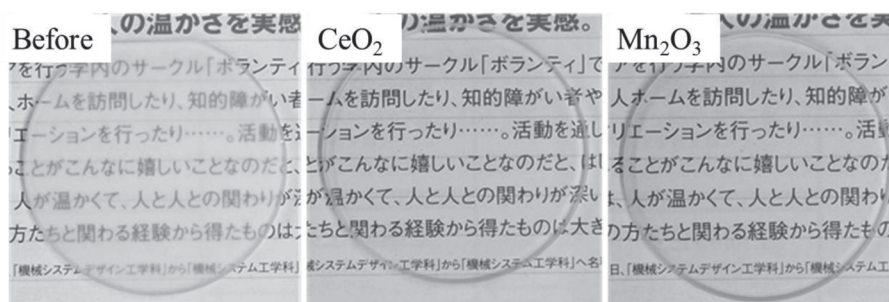


Fig. 5 Comparison of transparency for glasses after glass polish experiment.

研磨量を向上させるために、 Mn_2O_3 粉末の平均粒径を $1.8\ \mu\text{m}$, $2.6\ \mu\text{m}$, $4.1\ \mu\text{m}$ と変化させたものを作製し、実機を用いた研磨実験を行った。試料粉末の粒径測定には、粒度分布計を用いた。 CeO_2 と Mn_2O_3 の添加量はどちらも 10 wt% である。その結果を Fig. 6 に示す。粒径が小さい方が研磨量が高いことが分かった。これは研磨材濃度を重量パーセントとして実験を行ったため、粒径が細かいほど粒子の数が多く、逆に粒径が大きいほど粒子の数が少ないことに起因すると考えられる。全体の研磨量の比較では CeO_2 が最も高い結果となった。

そこで、 Mn_2O_3 粉末を用いた研磨において、研磨条件を検討し、研磨量の向上を目指した。研磨材料の添加濃度は、実機試験の結果をもとに CeO_2 が 10 wt%、 Mn_2O_3 が 20 wt% とし、荷重依存性、研磨速度依存性の実験を行った。その結果、Fig. 7 に示すように、最も高い研磨量を示したものは、 Mn_2O_3 (20 wt%, 2.5 kg 荷重, 150 rpm, 120 分) であり、 CeO_2 よりも $8 \mu\text{m}$ 厚く研磨された。次いで、 Mn_2O_3 (20 wt%, 1 kg 荷重, 150 rpm, 120 分)、次いで Mn_2O_3 (20 wt%, 500 g 荷重, 150 rpm, 120 分) という順であった。このことから、研磨材料の濃度を上げることで CeO_2 を上回る結果を得ることができた。さらに荷重依存性の結果では、研磨荷重を増加させることで研磨量の向上を図ることが可能になることが明らかとなった。

研磨盤の回転速度を変化させ、研磨時間を短縮させるための実験を行った結果、回転速度を速くするとともに、研磨量が低下する傾向にあることが明らかとなった。これは荷重と遠心力の間に働く合力が関係し、試料表面の一点一点にかかる力が変化したことに起因すると考えられる。

研磨前のガラスの状態と研磨後の CeO_2 (10wt%, 500g 荷重, 150rpm, 120 分) と Mn_2O_3 (20 wt%, 2.5kg 荷重, 150rpm, 120 分) のガラスの状態を Fig. 8 に示す。研磨前は摺ガラスの状態であり、研磨後は背景に写る文字がはっきりとしている様子が認められる。 CeO_2 と Mn_2O_3 を比較しても、大きな差が見られないことが確認された。

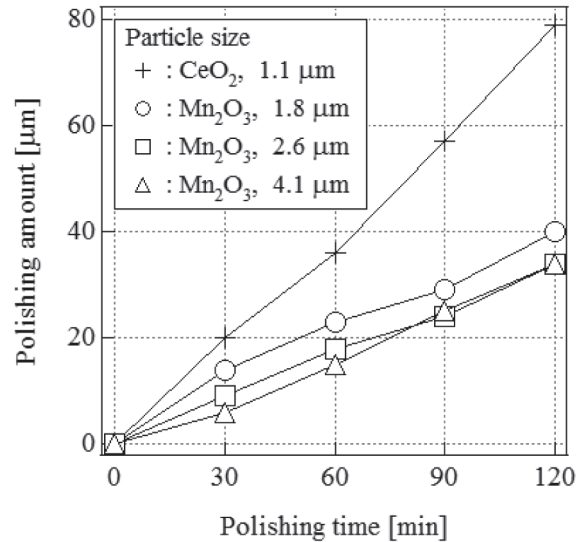


Fig. 6 Particle size dependence of Mn_2O_3 ⁴⁾.

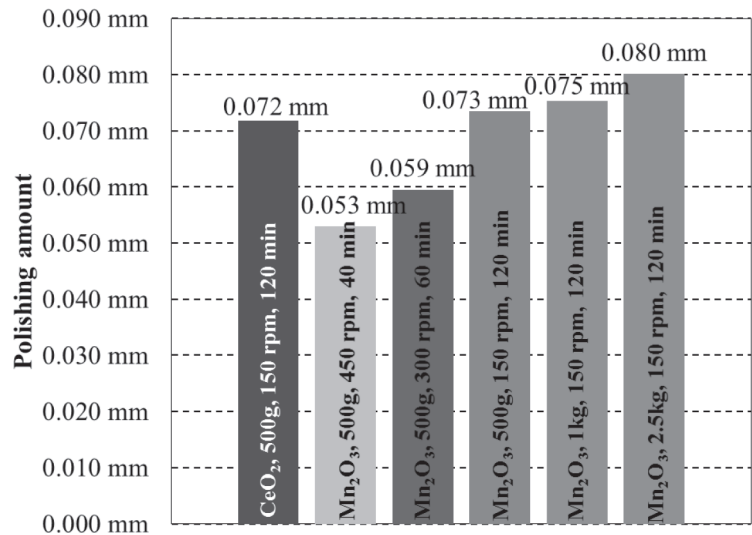


Fig. 7 Polishing load dependence and polishing speed dependence of Mn_2O_3 .



Fig. 8 Comparison of transparency for glasses after glass polish experiment.

以上のことから、本研究において Mn_2O_3 粉末を研磨材料として用いた場合の有効性が明らかとなり、研磨条件を検討することで更なる研磨量向上が期待できる。 Mn_2O_3 粉末の最大のメリットは、少ない研磨量においても鏡面になることであり、研磨量を向上させた場合においても、その性能は劣らない。今後は、 Mn_2O_3 粉末の更なる研磨量の向上に向けて、実験条件の検討を行うとともに、産業界では精度の高い研磨を短時間で行うことが望まれるため、研磨時間を短縮する技術についても検討する。

4. 結論

新しいガラスの研磨材料として選定した三二酸化マンガン(Mn_2O_3)の有効性を実験的検討により明らかにし、従来のガラスの研磨材料である酸化セリウム(CeO_2)と比較した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) Mn_2O_3 粉末の研磨材料としての有効性を確認した。
- (2) 従来 CeO_2 の研磨で行われる研磨条件下では、 CeO_2 の方が $20\mu\text{m}$ と高い研磨量を示し、 Mn_2O_3 は $3\mu\text{m}$ であった。
- (3) 研磨量の粒径依存性を調べた結果、重量 % にて Mn_2O_3 粉末の秤量を行ったため、研磨材の粒径が細かいほど粒子の数が多くなり、研磨量が増加した。
- (4) 研磨量を向上させるために行った Mn_2O_3 粉末を用いた研磨実験では、荷重の増加に伴い研磨量は向上し、荷重依存性が認められた。研磨量の研磨速度(研磨時間)依存性を調べた結果、研磨速度の上昇(研磨時間の短縮)に伴い研磨量は低下した。
- (5) 研磨後のガラスの観察を行った結果、 Mn_2O_3 は研磨量が少ない場合においても、 CeO_2 の透明度や表面粗さと変わらず、最終仕上げの鏡面研磨に適することが明らかとなった。

謝辞

本研究は、日本板硝子材料工学助成会の研究助成(助成期間:平成 28 年度~平成 30 年度)を受けて行ったものである。同助成会に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 鉱物資源マテリアル・フロー2007. (http://www.jogmec.go.jp/mric_web/jouhou/material_flow_frame.html).
- 2) 財務省貿易統計, セリウムの価格の推移(<http://toukei-is.com/>).
- 3) 金藤 祥太, 田中 公美子, 橘 春貴, 下西 大地, 中川 大典, 吉村 敏彦, 「マンガン系酸化物粉末におけるガラスの研磨性能評価」, 2018 年度材料技術研究協会討論会, 講演論文集, pp. 159-160. (「ゴールドポスター賞」受賞)
- 4) 島本(田中) 公美子, 金藤 祥太, 橘 春貴, 下西 大地, 中川 大典, 吉村 敏彦, 「ガラスの研磨材料: 酸化セリウムに替わるマンガン系酸化物粉末の実験的検討」, 日本機械学会中国四国支部 第 57 期総会・講演会, 講演論文集 講演 No. 310.