

美術館・博物館展示用硝子に関する研究

川田 淳一郎¹・阪川 武志²・大谷 正紀³・高村 実⁴

¹基礎教育課程

²写真学科

³旭硝子株式会社

⁴環境技研リサーチセンター

The Study on the Glass for the Museum and Art-Museum Use

KAWADA Jun-ichiro¹, SAKAGAWA Takeshi², OTANI Masanori³, and TAKAMURA Minoru⁴

¹*Division of Liberal Arts and Science*

²*Department of Photography*

³*ASAHI Glass Company Ltd.*

⁴*KANKYO-GIKEN Research Center*

(Received October 12, 1998 ; Accepted January 13, 1999)

Recently, for about 20 years, museums and art-museums have contributed greatly to the social education in Japan. Especially, we have obtained great success, in cultural movements in local districts. In recent years, many researches concerning ancient ruins have had remarkable success, and we have got a high reputation for our success in archaeology. We had exhibit many archaeological materials and goods, but we did not have any ideal glass for exhibition cases. Moreover, many art-museums had to be built in the local cities and towns. So we need huge volume of non colored glass and non reflecting glass for the exhibition cases in the museums and art-museums. We succeeded in developing ideal glass for exhibition cases. This glass is now used widely in Japan and worldwide.

1. まえがき

我国は第2次大戦後の立国政策として産業立国を中心とした経済再建の道をたどって来た。国の政策と国民性の勤勉さによって、我が国の経済力は世界経済の10%を占めるまでになった。そこで政府は政策を文化国家として更なる発展を策したが、この目的を達成させることの一つとして、我国の古代から現代までの歴史的所産および美術品の展覧活動に努力して来た。その結果、大戦後のどさくさに紛れて海外に散逸していた歴史的所産と美術品等が再び美術館、博物館に集められ、社会一般に身近に見学できるようになった。

これは我国の全国的な文化活動、地方都市の町興し運動および考古学的な文化遺産発掘の発展を促し、その結果多くの展示物の増加が夥しい博物館、美術館建設運動となり、我国の文化的社会教育活動として文化国家立国に顕著な貢献を果すことができた。

特にこの20年間では古代遺跡の発掘調査が進み、我国古代歴史およびそれらの考古学的解明に関して著しい進歩発展がなされたが、古代遺跡発掘品の量も膨大となり、これらを展示して学術調査研究に供する機会も多く、発掘品の微妙な色、色彩表現に対する精確さの要求も高くなってきている。

一方において、美術品特に絵画、工芸品、彫刻品、陶磁品およびテキスタイル品などの硝子ケース中の展示物の色や色彩表現の確実性が問題となっていた。美術館および博物館では多くの展示物について硝子ケースの使用は従来から塵芥防止、破損防止および盗難防止が中心に考えられていた。硝子は本来、光や色彩を良く透過させると考えられていたので、従来から必要と考えられていながら実際には色彩表現に対して十分な研究がなされていなかったのが実情である。

また、展示品の見学者が多くなり、観覧者の視角範囲が広がって来たので、額装の表面硝子や展示品ケース

の遮蔽硝子などの表面反射による見にくさが問題になって来た。特に写真表現では、その表面の平滑性から光の表面反射による視覚障害が問題にされている。

ここにおいて、美術館、博物館などの建物、採光窓硝子、展示品の保護ケースおよび遮蔽用硝子には更なる配慮がなされなければならなくなった。

このように美術館や博物館の国内設置数が夥しい数になってくると、以上に述べたような諸問題が増加しているので、

- 1) 展示物の色、色彩表現の精確性
- 2) 照明などの外光反射による視覚障害の解決
- 3) 多くの見学者に対して表面反射防止による視覚範囲の拡大

などの問題を解決すべく本研究を取上げたものである。

2. 美術館・博物館硝子の現状

すでに、まえがきで述べたような問題は以前から検討されていたが、今までは硝子の使用量があまり多くなかったので必要性を求められていながらも、殆ど研究らしい開発研究はされていなかった。従来の美術館・博物館用硝子の要求事項としては、

- 1) 展示品の歪曲の無い正確な形状表現
- 2) 展示品の埃や落下物、盗難防止からの保護

以上が主要目的であった。2) については、強化硝子(急激冷却による強化)および、合わせ硝子(2枚の硝子板の間に合成樹脂を介して破れにくくする)として十分な物理的、化学的特性を持った板硝子がすでに開発され、使用されて来た。1) については、硝子製造技術としての平滑なフロート硝子が開発され、硝子表面が極限的に平滑表面板硝子が生産され使用されている。フロート硝子の製造プロセスを図1に示す。この板硝子は12m×6mというような大形のものでも量産可能であるため、現在の建築物用硝子としては十分要求を充たすことができる。

ここで美術館・博物館硝子を以後ミュージアムガラスと呼称する。ミュージアムガラスについての要求特性をまとめると、下記ようになる。

- 1) 展示物の形状、色、色彩の正確な表現および観察が可能。
- 2) 展示物が物理的(従来と同等の衝撃からの保護)化学的(化学的变化を与えるようなガス)に保護される。
- 3) 展示物が光の表面反射によって見学者の観察の妨げにならないこと。

以上の諸項目にまとめることができる。

3. ミュージアムガラスの開発研究

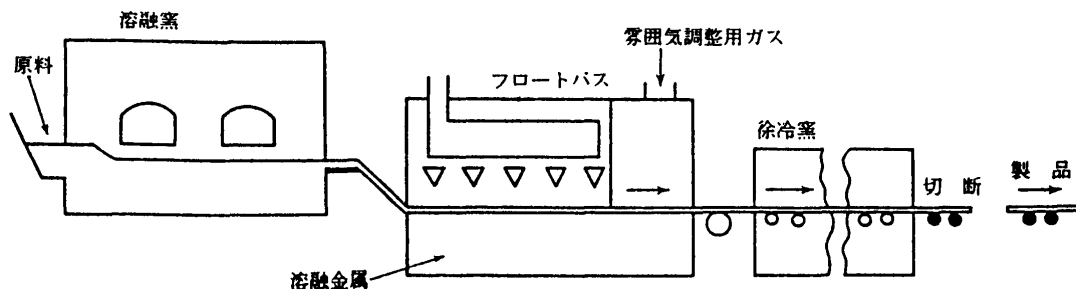
3.1 展示物の正確な色彩表現の実験

3.1.1 実験試料の作成

色彩再現性に優れたガラスとは、物理的な特性として、ガラス自体に殆ど着色の無い、即ち主波長の大きいガラスということになる。分光透過率が100%であればガラスに光が透過する場合、何色も色が吸収されることは無く、総ての色がガラスを通過できる。つまり色の再現性が100%となる。したがってガラス自体から透過光を吸収する原因となる物質を除去すれば良い。ここで一般用ガラス(窓ガラスなど)を分析すると表1のようになる。ここで表1のガラス成分のうち、鉄分が硝子に青色をおびさせる原因であるので、ミュージアムガラスとしてすべての鉄分を除去した素材を使用してフロート方式を用いた板ガラスを作成した。このようにして作成された板ガラス

表1 青色微着色の一般用ガラスの組成成分

主成分	組成%
SiO ₂	72~73
Na ₂ O	13~14
CaO	7~8
MgO	4~5
Al ₂ O ₃	1~2
Fe ₂ O ₃	0.3~0.5



フロート方式による平面性良好な板ガラスの製造方法

図1 フロートガラスの製造プロセス

は青色の着色が殆ど無く、フロート方式で製造した板ガラスなので物体の視覚上での歪曲を全く無くすることができた。

3.1.2 実験結果

まず前項で作成したミュージアムガラスの色彩再現性を示す分光透過率曲線を示すと図2のようになる。図2

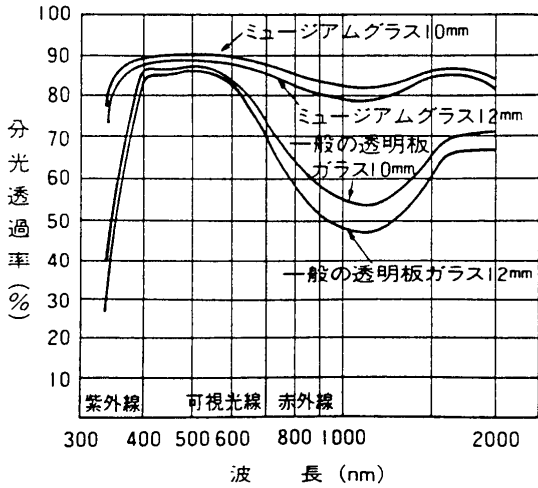


図2 一般用ガラスとミュージアムガラスの色再現性を示す分光透過率曲線

表2 ガラス素材より鉄分を除去した無着色ガラスの組成成分

主成分	組成%
SiO ₂	72~73
Na ₂ O	13~14
CaO	7~8
MgO	4~5
Al ₂ O ₃	1~2

は一般用ガラスとミュージアムガラスにおいて、ガラス板厚を10mmと12mmの場合について、各々の分光透過率曲線を示したものである。これから明らかなように、表2のように鉄分を除去したガラスでは、同じ板厚のガラスで400~700nm可視光波長帯で、その分光透過率が5~10%も優れていることがわかる。

3.2 展示遮蔽ガラスの反射防止実験

3.2.1 実験試料の作成

展示遮蔽ガラスの表面反射防止をするためには、展示物をより十分に照射できるようにガラス板を透過可能にし、展示物の鑑賞、観察の妨げにならないようにする技術が必要である。基本的には写真用レンズガラスの表面反射防止技術としてすでに開発され実用化されている。写真用レンズは幾何学的に小形(10~50mm中)のものであるが、ミュージアムガラスとしては12m×6mというように極めて大形の板ガラスが必要とされている。このような大形ガラスの表面に外光反射防止層をコーティングするのは、具体的には大変なことである。写真用レンズでは、先に述べたように小形なので真空スパッタ式蒸着

表3 ミュージアムガラスの各種物性表
ガラス基盤の特性

熱膨張係数	87×10 ⁻⁷ °C (30~380°C)
軟化点	740°C
徐冷点	553°C
歪点	511°C
屈折率	1.51
可視光線透過率	91%
色調	無色透明
比重	2.49
絶縁抵抗	10 ⁹ Ωcm 以上/常温
アルカリ溶出度	0.02%以下

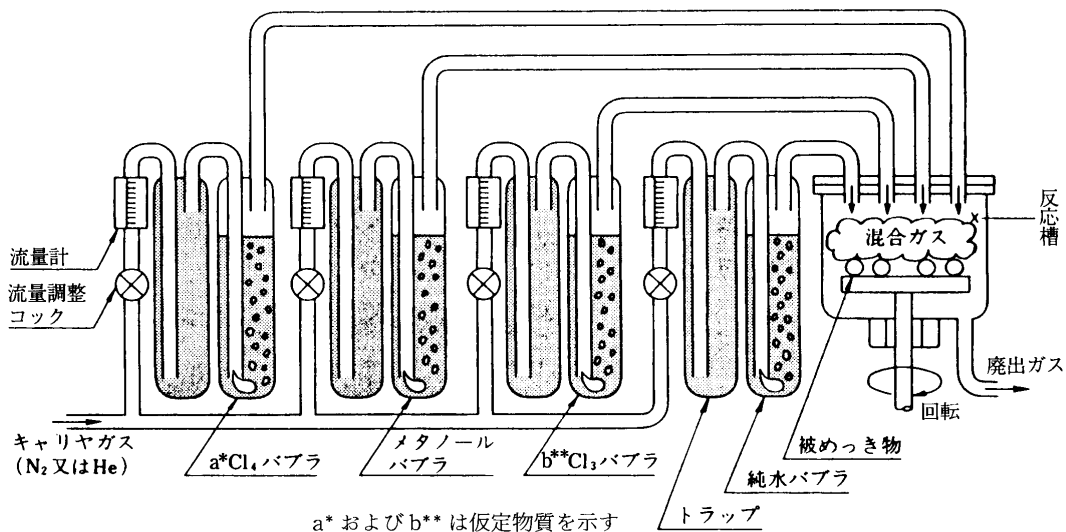


図3 CVD装置の概要

装置を使用するが、本件のような大型製品の場合では真空方式は使用不可能なのでCVD（化学式蒸着装置）を使用する。CVDの方式フローチャートを図3に示す。

この場合では反射防止層としてチタン化合物をCVD方式で表面にコーティングする。写真1に実験用連続式CVD炉を示す。写真2は写真1の矢印で示したバブラ装

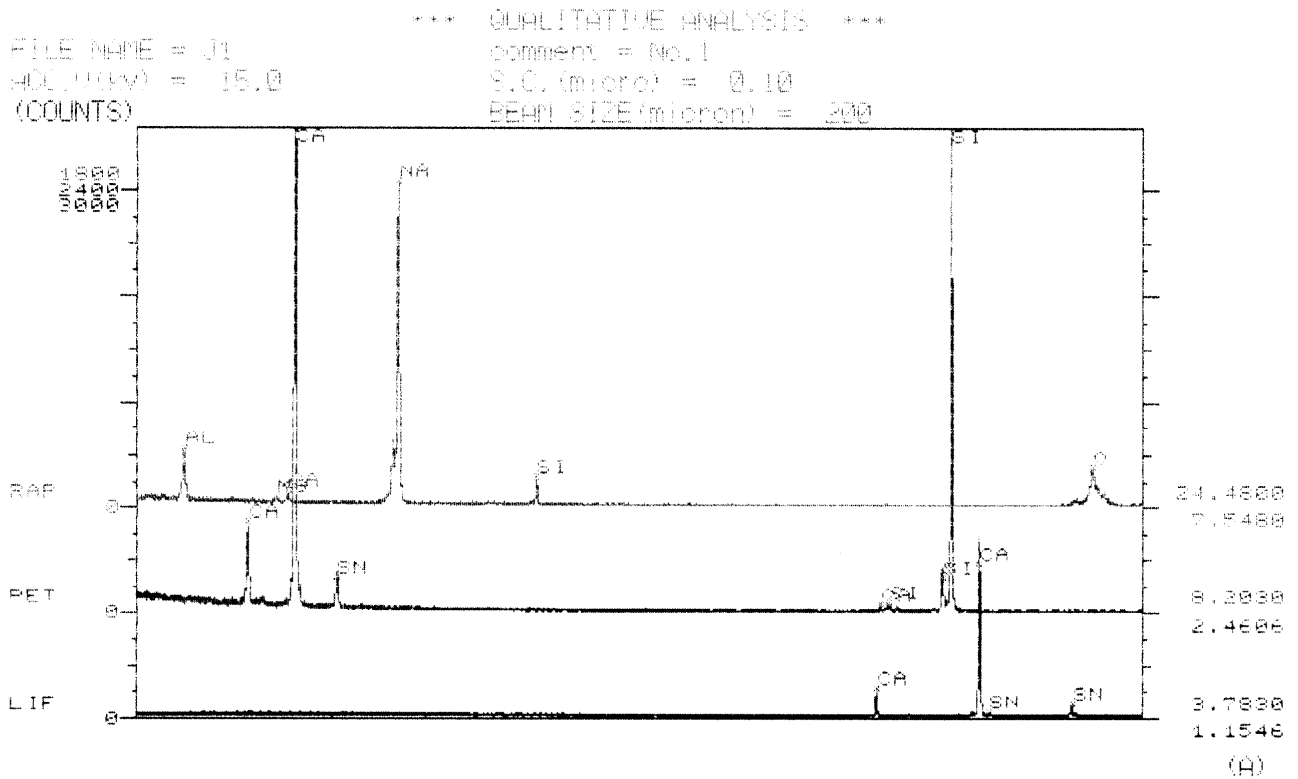


図4 A 表面反射防止処理をしたガラス板の ESCA 分析チャート（はっきりとチタン Ti が検出される）

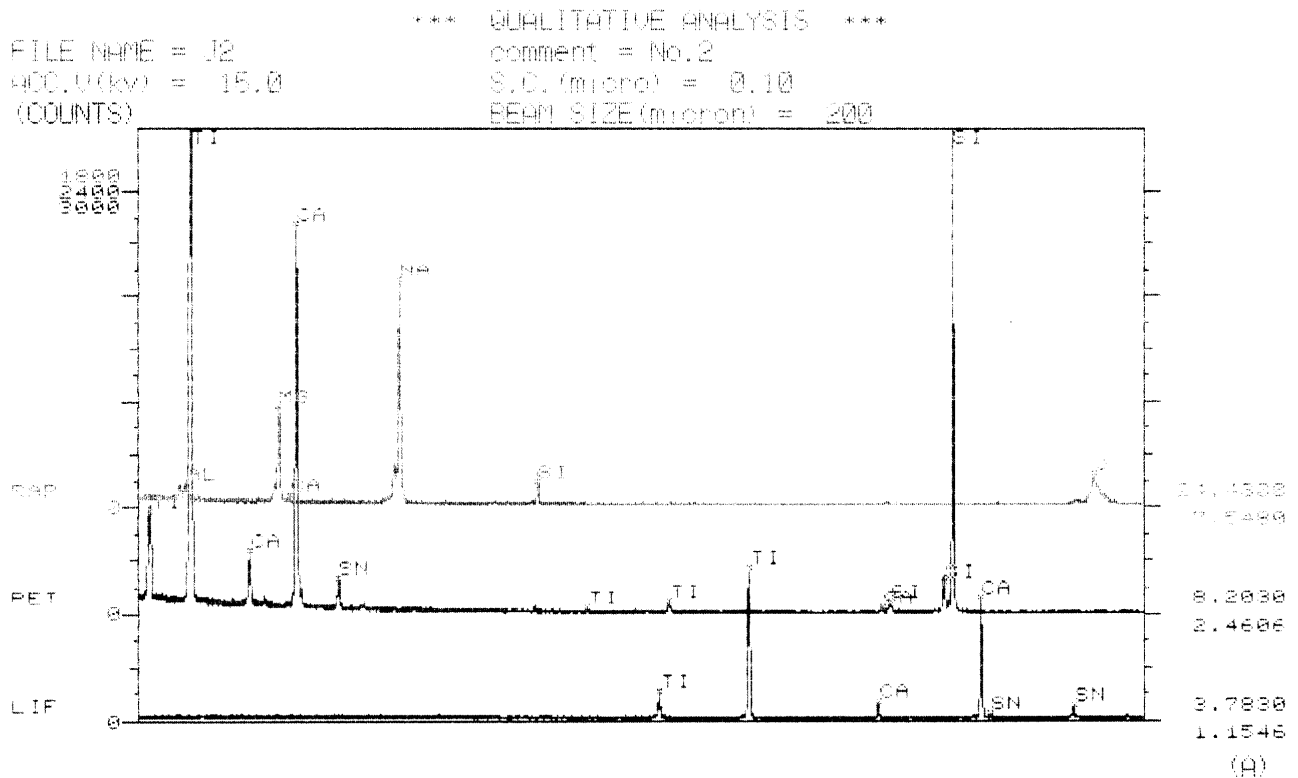


図4 B 表面反射防止処理の無いガラス板表面の ESCA 分析チャート（チタン Ti が全く検出されない）

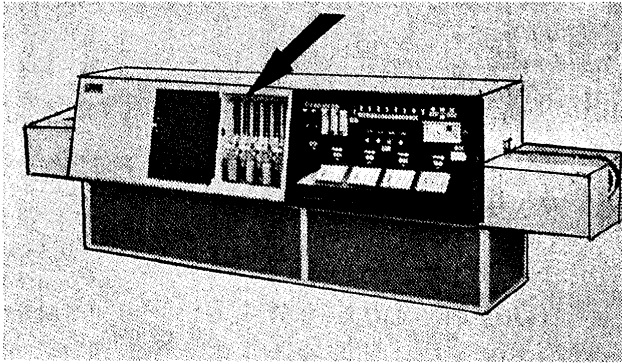


写真1 大型・連続式CVDの反応炉を示す

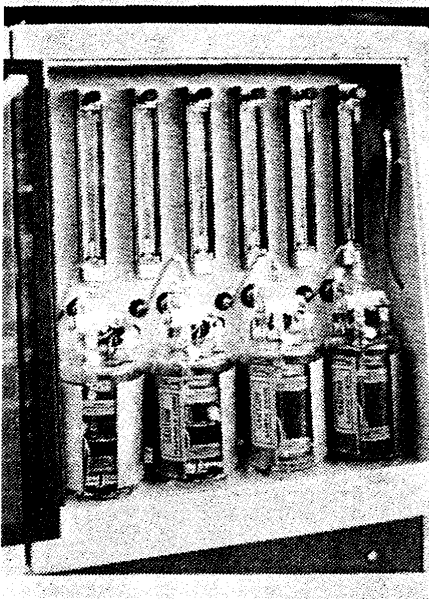


写真2 写真1の矢印部のパプラ装置を拡大して示す

置をわかりやすく取出して示したものである。

3.2.2 実験結果

本実験試料として作成された表面反射防止ガラスの表面は、チタンを含有する表面反射防止層コーティングされており、それを確認するために表面分析装置 (ESCA) を使用して成膜状態を分析した結果を図4 A に示す。なお比較のためにコーティング層の無いガラス面の表面分析結果を図4 B に示す。図4 A に示されたようにチタン含有層が入射光線を表面反射させず、板ガラス内部に透過させる役目をしている。この状態を眼視的にとらえた結果を写真3および写真4に示す。写真3からわかるように、反射防止層の効果によって外部投射光の表面反射が防止されているので、絵画観賞の妨げにならないのが理解されよう。写真4のように反射防止層をコーティングされていない板ガラスを使用した場合には外部投射光の表面反射によって絵画観賞の大きな妨げになる。な

表4 低反射ガラスと一般ガラスの反射率の比較
可視光反射率比較

品 種	呼び厚さ	反射率
低反射ガラス		約1%
透明フロート 板ガラス	5ミリ、8ミリ	約8%

お、一般ガラスと反射防止ガラスの可視光反射率の違いを表4に示す。表4からわかるように、反射防止ガラスは一般ガラスより反射率が1/8と小さい。

4. 実験結果の考察

4.1 色彩表現について

すでに図2にミュージアムガラスと一般ガラスの可視光透過率曲線を示したが、光の透過率のような物理的特性もさることながら、実用的には肉眼による眼視検査によってどれ程の色彩表現差があるかということである。ガラス構成材料中の鉄分の存在による青色着色が、具体的に赤色および白色に与える色彩再現性を示したのが写真5であるが、写真5からわかるように、赤色再現性および白色再現性で特に顕著である。その他黄色系褐色系に対する効果も無視できないものがある。このようにしてチント系色（色彩の白色混合色）の再現性が大幅に改善される。

4.2 表面反射防止について

遮蔽用ガラスの外光の低反射化では写真4のように大幅な改善を可能としたが、油絵のようなマチエールの絵画に比較して、表面の平滑性の高い展示物では、この反射防止効果が大きいといえる。その他絵画、書画およびテキスタイル等の微妙な色彩が、長期保管テストによっても、全く変色および退色の障害が無く、展示物の恒久的な保存を可能とし、一方見学者への悪影響（見にくさ）を解決できる。写真6では博物館における1000年以上経過した出土木像の微妙な色彩の正確な色再現性と外光反射防止の一例を示したものである。

5. 実験結果の応用

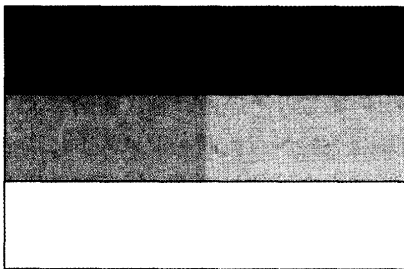
本報で色彩再現性を向上させ、また表面反射を防止したミュージアムガラスの研究結果は、最近建設された美術館や博物館では写真6で示したように福島県立博物館をはじめ、江戸東京博物館その他ですでに使用されており、学術研究や社会教育の向上にその効果を発揮している。これからの宇宙時代を迎えるにあたって、宇宙船用ガラスを始め、更なる応用発展が考えられ、見込まれている。特に低反射化では更なる改善研究が必要であると



写真3 外光の反射防止処理をしたガラス使用例



写真4 反射防止未処理ガラス
外光反射で観賞のさまたげになる



一般の透明ガラス | ミュージアムガラス

写真5 ミュージアムガラスと一般ガラスの色再現性比較



■福島県立博物館提供・福島県 ■設計/松佐藤総合計画、トータルメディア開発研究所 ■施工/福島県立博物館建設共同企業体

写真6 ミュージアムガラスと反射防止ガラスの実用例を示す

考えている。

6. まとめ

本報では美術館および博物館の展示物の大型化および展示物数の増大に対処すると同時に、展示物の眼視的色彩再現性の改善および向上に貢献することができた。今後は更なる大量生産技術の改善によって低価格化と品質の向上を今後のテーマとしていく。

参考文献

- 1) 川田他, 「ニューガラスハンドブック」(丸善), p.490-495 (1991)
- 2) 旭硝子, 板ガラス総合カタログおよび技術的資料編
- 3) 川田, 「透明導電膜とその応用」金属表面技術, Vol.29, No. 11, p.490-495 (1982)

謝 辞

本研究にあたり、旭硝子(株)建材事業部の関係者の方々に種々御教示および御協力いただいたことに感謝申し上げます。