

平成 24 年度戦略的基板技術高度化支援事業

「水溶液成膜法による高機能ウインドシールド品  
製造方法の研究開発」

研究開発成果等報告書

平成 25 年 3 月

委託者 関東経済産業局  
委託先 特定非営利活動法人ものづくり支援機構

## 目次

<b>第1章 研究開発の概要</b> .....	1
1-1 研究開発の背景と目的及び目標.....	1
1-1-1. 背景と目的.....	1
1-1-2. 研究項目と目標.....	1
1-1-3. ゼルゲル法による調光性薄膜形成の研究の実施結果.....	4
1-1-4. 水溶液成膜法による調光膜の高強度化に関する研究の実施結果.....	5
1-1-5. 高機能プラスチック基材表面への撥水性付与技術の開発の実施結果.....	5
1-1-6. ウインドシールド品の実用化に関する検討の実施結果.....	6
1-2 研究体制.....	7
1-3 成果概要.....	11
1-4 当該研究開発の連絡窓口.....	12
<b>第2章 調光性薄膜形成の研究開発</b> .....	13
2-1 調光剤の選定.....	13
2-2 最適塗布方法の検討.....	14
2-3 ハードコート膜の成膜方法の検討.....	15
2-4 まとめ.....	16
<b>第3章 調光膜の高強度化に関する研究開発</b> .....	17
3-1 複合酸化物薄膜の組成の検討.....	17
3-2 複合酸化物薄膜の組織に関する検討.....	17
3-3 まとめ.....	18
<b>第4章 プラスチック基材表面への超撥水性付与技術の研究開発</b> .....	19
4-1 撥水剤の検討.....	19
4-2 撥水膜成膜条件の検討.....	20
<b>第5章 ウインドシールド品の実用化に関する検討</b> .....	22
<b>第6章 全体総括</b> .....	24

# 第 1 章 研究開発の概要

## 1-1 研究開発の背景と目的及び目標

### 1-1-1. 背景と目的

オートバイでの安全走行には、頭部を保護するヘルメットは必需品で有り、このヘルメットに装着されるゴーグルなどのシールド品には安全性が要求され、実用に当たっては防眩性や耐擦傷性及び撥水性などの諸機能が求められる。昼間の強い太陽光への防眩対策にはシールド基材をカラー化するなどの方法が一般的であるが、トンネルに入った際や夜間及び薄暮ではこのカラー化で光をカットする機能が逆に視認性を妨げる事になって危険性を伴う事になるので、光の強度に対応して入射光量を可変出来る調光機能を有するシールド品は、安全で快適な走行を実現する上で必要とされる製品である。調光機能を有したオートバイ用の《調光シールド》は既に商品化された物は有るが、調光性能が悪くて剥れ易くて傷つき易いなどの欠点が指摘されているので、市場から調光性能が良く強い膜の調光シールドが求められている。

本研究開発の目的は、『高い調光効率と速い応答速度を有する調光性薄膜の成膜方法の確立』と『成膜した調光性薄膜に水溶液成膜法により複合酸化物薄膜を形成させて調光性薄膜の機械的強度を強化させる事』および『最上層の撥水膜の撥水性能強化を実現させて』『高機能を有した調光シールドを完成させて商品化する事』である。夫々を研究項目①②③④として取組んだので以下にその研究項目と目標を記す。

### 1-1-2. 研究項目と目標

#### 研究項目①：ゾルゲル法による調光性薄膜形成の研究

##### (1) 調光剤と固定用硬化樹脂の選択

既に商品化されている調光機能を有したシールド品の調光性能（透過率変化）は、着色状態でも着色前と殆ど違いが無くて防眩機能を果たしていないので、本研究開発では調光特性が高く応答速度が速い調光剤を選定し、50%までの減光に要する時間1分以内で最大減光率70%以上を目標とする。

##### (2) 最適塗布方法の検討

ゾルゲル法によりプラスチック基材表面に薄膜を成膜する方法には、液中に基材を浸してから引上げるディップ法、吸着固定して回転させた基材に液を滴下して塗布するスピコート法、ミスト液をノズルから噴出させて塗布するスプレー法などが有るが、太陽光の入射光側になるシールド片面だけに塗布すれば良い事と湾曲構造のシールドに効率良く塗布するに最適な、スプレー方式での塗布方法を開発する。

##### (3) ハードコート成膜方法の検討

調光膜単体では機械的強度が弱いので塗布した調光膜の上にハードコート膜を成膜して保護する必要がある。ハードコート膜上に成膜される複合酸化物薄膜とも適合するハードコート剤を使用してのハードコート膜の成膜方法を開発する。

## 研究項目②：水溶液成膜法による調光膜の高強度化に関する研究

### (1) 複合酸化物薄膜の組成の検討

水溶液成膜法とはアンモニアフルオロ金属錯化合物（金属元素 A : B : C）の混合比を調整した水溶液にホウ素化合物を添加して化学析出反応を開始させ、この水溶液に基材を浸漬し複合酸化物薄膜（機械的強度に優れた無機質セラミック材料）を生成させて薄膜を形成させる方法であり、成膜する基材の形状を選ばないので湾曲形状のヘルメット用シールドに均一な薄膜を形成するには最良な成膜方法である。本研究開発では、水溶液に使用する金属元素の選択と調光膜+ハードコート膜の上に複合酸化物薄膜を成膜する為の組成を検討する。

### (2) 成膜した複合酸化物薄膜の組織に関する検討

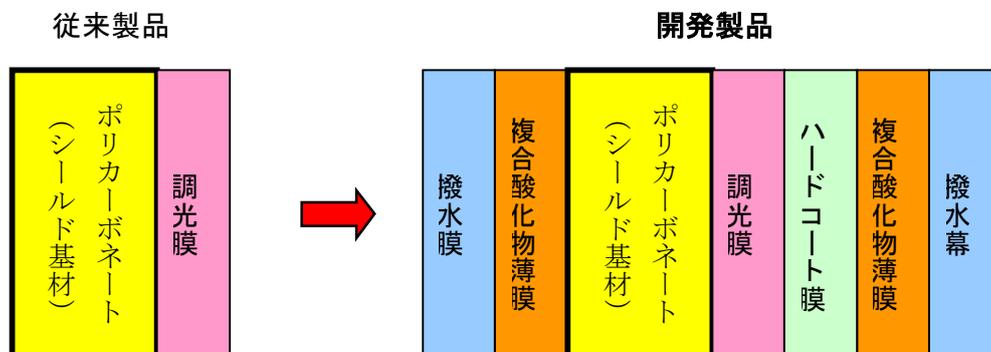
加重変動型摩擦試験システムや擦傷試験器を使用しての耐擦傷性能や機械的強度の調査、及び原子間力電子顕微鏡や光学顕微鏡などを使用しての組織調査で、機械的強度と耐剥離性を向上させる成膜条件を検討し、ウインドシールド品に複合酸化物薄を成膜する最適成膜条件を確立する。

## 研究項目③：高機能プラスチック基材表面への撥水性付与技術の開発

基材表面に撥水剤を塗布する事で撥水性は発現出来るが、単に塗布しただけでは直ぐに撥水剤が剥離するなどして効果の持続性が短いため、シールドに最適な撥水剤の選定及び撥水効果を長期間持続させるための撥水膜の塗布方法などを検討する。具体的には、撥水剤の溶質と溶媒の比率、撥水剤の塗布温度、撥水剤からの引上げ速度、撥水膜のベーキング条件などについて検討する。

## 研究項目④：ウインドシールド品の実用化に関する検討

オートバイ用シールドに求められる市場ニーズに関する動向調査を行なうと同時に、試作したシールド基材をヘルメットに装着して、晴天、雨天、薄暮、夕間、夜間など様々な気候条件下で走行テストを行って、安全性や利便性について検討を行なう。



従来製品と開発製品の違い(構造概略図)

## 【研究開発の背景と目標】



## 【 望まれるシールド 】

晴天下の太陽光の眩しさを軽減して  
トンネル内走行などでも視認性が良い

調光機能を持つシールド

現行市販品の調光シールド  
調光性能が悪い  
調光膜が弱い

研究開発目標

改良

調光性能が良くて強い膜の調光シールドの実用化

### 1-1-3. ゾルゲル法による調光性薄膜形成の研究の実施結果

#### (1) 調光剤と固定用硬化樹脂の選択

ウレタンポリマー主成分の熱硬化型とジアクリレートとトリアクリレート主成分の紫外線硬化型にグレイとブラウンのフォトクロミック染料を使用した各種組成調光剤バインダー液で、着色と消色の変わり速度を調査検証した結果、熱硬化型は硬化温度 50～80℃×3～1 時間で色調が UV 照射 2 分後の透過率≒35～55%と良好な結果を得たが、紫外線硬化型は UV 硬化重合時に強い紫外線に晒されて色素が分解して発色せず UV 照射 2 分後の透過率≒65～80%で着色濃度が薄かったため、本研究開発に使用する調光剤バインダーには熱硬化型を選択した。

#### (2) 最適塗布方法の検討

本研究開発用に【マイクロミストスプレー式塗布装置】を製作して、ベース組成調光液（バインダー液とフォトクロミック染料をある比率で調合した主剤）の希釈とフォトクロミック染料の添加量の変更および希釈溶剤を変える等して調合した各種調光液での調光性能と外観を比較検証しながらシールド形状に合わせた塗布プログラムの作成に取り組んだ。

調光液の供給圧と噴射圧の調整及びノズルキャップの形状変更とノズルバルブの取付け位置の変更などによってシールド基材への全面塗布が可能になったが、気泡と UV 照射時の色目に変化した際に目立つ塗布ムラが問題になった。塗布ムラは調光膜成膜時の塗装性が大きく効いていたので調光液を希釈して対処したところ気泡と塗布ムラ共に軽減されたが、調光液を希釈すると『色目変化（UV 照射前と照射後の透過率変化）が少なくなって、粘度が低くなった事による液タレが発生』と言う不具合が発生した。検討を重ねた結果『フォトクロミック染料の添加量を多くして膜を厚くするほど調光性能は良好で、希釈溶剤は気泡状欠点などの外観品位とレベリング性に影響する』などが分かって、色目変化に対してはフォトクロミック染料の添加量の調整、液タレには希釈溶剤と濃度の変更及び界面活性剤の添加、更にはプラズマ処理での表面ヌレ性の向上で改善して塗布方法を確立した。

#### (3) ハードコート膜の成膜方法の検討

下地になる調光膜との密着性を確保する為にシランカップリング剤を主成分とするシリコン系ハードコート剤を選択した。シラン化合物と加水分解縮合物の調整でコート剤を調合し、眼鏡用プラスチックレンズにスピンコート塗布してのコート剤評価で『シラン化合物 A と B の配合割合で B の割合が多いほど擦傷性は高くなるが逆に密着性が悪くなる』『材料・調合組成・塗工条件で膜厚コントロールが可能であるが各条件は外観品位に影響する』等が判った。この結果を元にして最適なコート剤配合割合の調整を行なって密着性と擦傷性が良好な組成の成膜条件を得た。

ハード膜は調光膜の保護が主目的なので塗布方式も調光膜と同じマイクロミストスプレー塗布方法を採用し、成膜した調光+ハード膜に次工程の複合酸化物薄膜を成膜するとクラックが発生した。スプレー式は微細な粒子を吹き付けているので完全な被覆状態になっていない箇所（密着不十分な隙間部分）が有って、この隙間（気泡）に水溶液法での複合酸化物薄膜の成膜時

に水溶液が浸透したからと判明したので、ハード膜の塗布方式をディップ方式に変更した。ディップ方式に変更した事で気泡欠点が解消されて外観品位は向上した。

#### 1-1-4. 水溶液成膜法による調光膜の高強度化に関する研究の実施結果

##### (1) 複合酸化物薄膜の組成の検討

複合酸化物薄膜の最適組成を見出すには膨大な実験が必要になるが、過去に実施した研究結果及び水溶液法を応用した製品の商品化の際の経験から、組成比は Zr 化合物の含有率を高くした方が良好な結果を示す事が予測されたので標準組成での Zr 含有率を 90%として、金属元素は Ti と Ge と Sn 及び Al を選択し、それぞれで処理液を調合して複合酸化物薄膜を成膜し耐擦傷性と密着性で比較検証したが有意差が認められなかったので、原料価格及び溶液作成の難易度などを考慮して Ti を処理液用元素として使用する事にした。

##### (2) 成膜した複合酸化物薄膜の組織に関する検討

金属元素 Ti を含めたアンモニアフルオロ化合物の組成比を変えて処理液を作成し、処理温度を 40°C~50°C・処理時間を 2 時間~24 時間で複合酸化物薄膜を成膜して、『擦傷試験機での耐擦傷性』『反射率顕微鏡での反射率測定』『走査電子顕微鏡(SEM)での表面観察』の比較検証では、処理温度と処理時間で有意差は認められず複合酸化物薄膜を成膜する事で調光膜の表面構造が変化する事は無くて擦傷性能は向上する事が確認出来た。『微小押込み硬さ試験機での硬度評価』では 2 時間より 24 時間の方が良くない結果が出て、調光膜のクラック対策での調査の中でも 24 時間の方がクラックしやすいと言う結果が出たので複合酸化物薄膜の処理時間は 2 時間をベースに設定する事にした。

#### 1-1-5. 高機能プラスチック基材表面への撥水性付与技術の開発の実施結果

##### (1) 撥水剤の検討

撥水剤溶液に使用する溶質と溶媒は、ウインドシールドと同じ PC 基材の眼鏡用補正レンズで使用して実績のある溶質と溶媒を使用する事にした。

使用する溶質と溶媒は 2 種類ずつなので夫々を溶質 1 と 2 及び溶媒 a と b として、溶質/溶媒で計算した撥水剤濃度 A%を標準仕様とし、 $A \pm \alpha \%$ と併せて調合した撥水液で撥水膜を成膜して撥水性能と耐擦傷性能を比較検証したが有意差が無かったので、本研究開発に使用する溶質は安価な溶質 1・溶媒はオゾン破壊係数がゼロで環境対応されている溶媒 b を使用する事にした。しかし、その後溶質 1 が製造中止になって後継品の溶質 3 を使用しなければならなくなったが比較検証の結果で溶質 1 と同等の性能を示したので溶質 3 を使用する事にして撥水剤濃度は  $A + \alpha \%$ に設定した。

##### (2) 撥水膜成膜条件の検討

撥水膜の成膜はディップ方式で行なう事にし、【恒温恒湿乾燥機能付きディップ法成膜装置】を製造してシールドへの成膜条件確立に取り組んだ。

『撥水剤温度：マイナス 10°C~プラス 20°C』『引上げ速度：100mm/sec~300mm/sec』『べ

ーキング温度：50℃～80℃で加湿有無』の各条件で撥水膜を成膜して『接触角計での撥水性能』『超薄膜スクラッチ試験機での耐擦傷性能』の比較検証結果から、撥水剤温度と引上げ速度及びベーキング温度に対する撥水性能と耐擦傷性能に有意差は無く、撥水液温度と塗布前基材温度を同じ温度にして一定速度で引上げれば、室温で塗布する手動塗布方式に比べて均一な撥水膜の成膜になる事分かった。また、撥水剤温度マイナス 5℃以下ではシールド表面に溶媒の溶融水分が凍った物が付着するので撥水剤温度は 0℃以上にした方が良いと言う事も分かったので、撥水液温度を環境温度に応じて夏=20℃・冬=10℃に設定した。

#### 1-1-6. ウインドシールド品の実用化に関する検討の実施結果

研究開発する高機能ウインドシールド品の参考資料収集のために、唯一の競合品である C 社の調光シールドと市場販売されている国内メーカー2社の無色シールドと色付シールドを入手して検証評価した。

C 社の調光シールドは「表面の不均等・液垂れ・ゴミの混入・視界に歪みがある」など仕上げが悪くて保護シートを用いて保管と移動をしていたにも係わらずテスト終了時には表面に多数のキズが発生し、調光度合いも着色前の透過率 83.8%が UV 照射後の透過率 71.4%で変化率=1.17%なので透過率変化の応答性の参考値である 1.25 を満たしておらず、雨天下での走行テストでは撥水性が殆ど無いため視認性が非常に悪くて、全体のクオリティに問題があると云える。

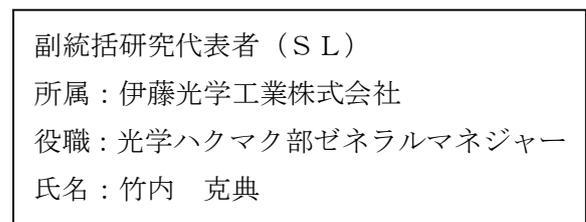
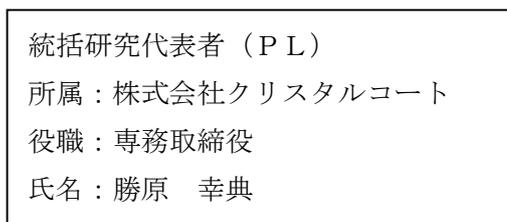
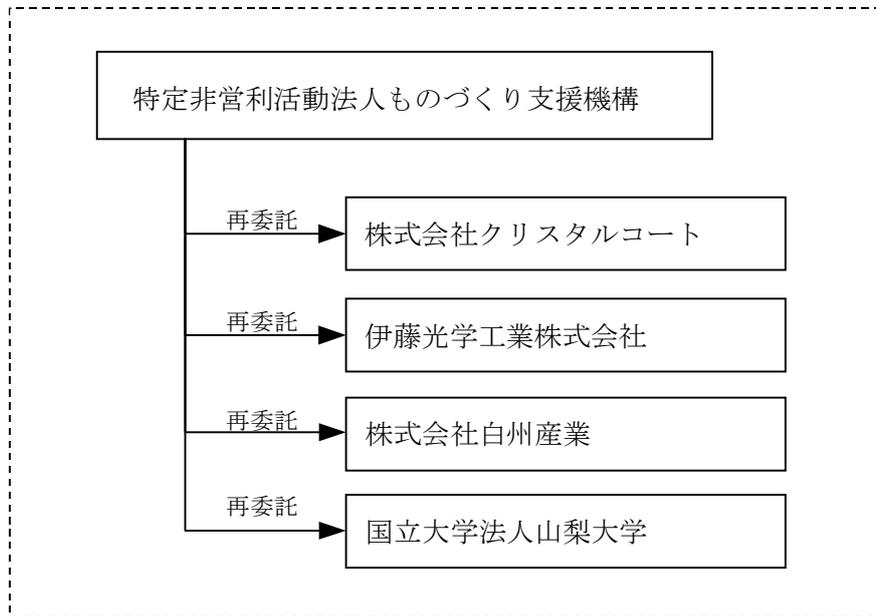
市販品シールドの走行テストでは、無色シールドと透過率≒70%のシールドは透過率の高さから夜間とトンネル内での不具合は見当たらないが昼間の晴天下では太陽光が直接ヘルメット内に入る場合があつて不快であり、透過率≒50%～20%の防眩対策を施したシールドは逆に晴天下は快適だが夜間は視認性が非常に悪くて危険な状況になる。

この事から、昼間の晴天下での視感透過率≒30%で暗い場所での視感透過率 75%以上が市場が必要かつ要求する条件である事が確認出来て、明視野と暗視野で良好な視感透過率をコントロールする調光シールドの必要性を改めて認識した。更に本研究開発でも取り組む雨天下での雨水の付着を防止する為の撥水性能の付与技術は安全走行の為には非常に重要である事も確認出来た。

## 1-2 研究体制

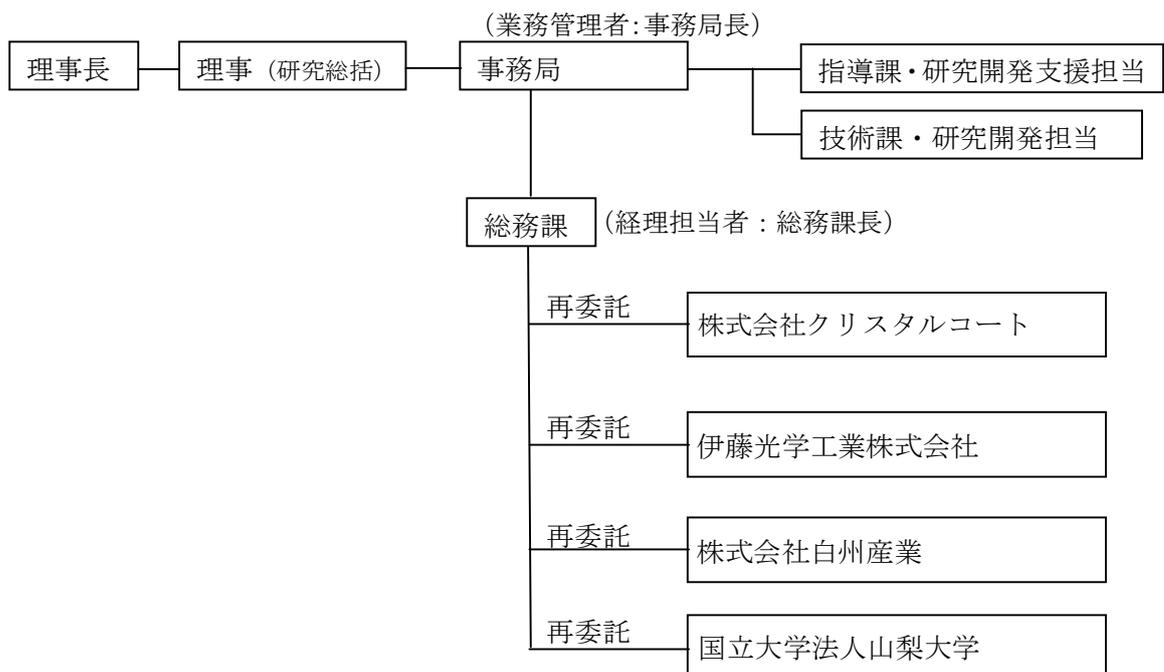
### (1) 研究組織及び管理体制

#### 1) 研究組織 (全体)



#### 2) 管理体制

##### ①事業管理機関：[特定非営利活動法人ものづくり支援機構]

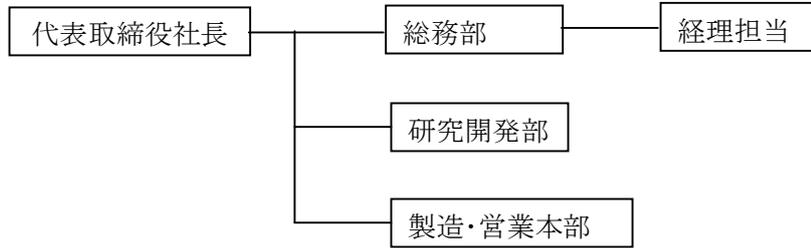


②再委託先

[株式会社クリスタルコート]

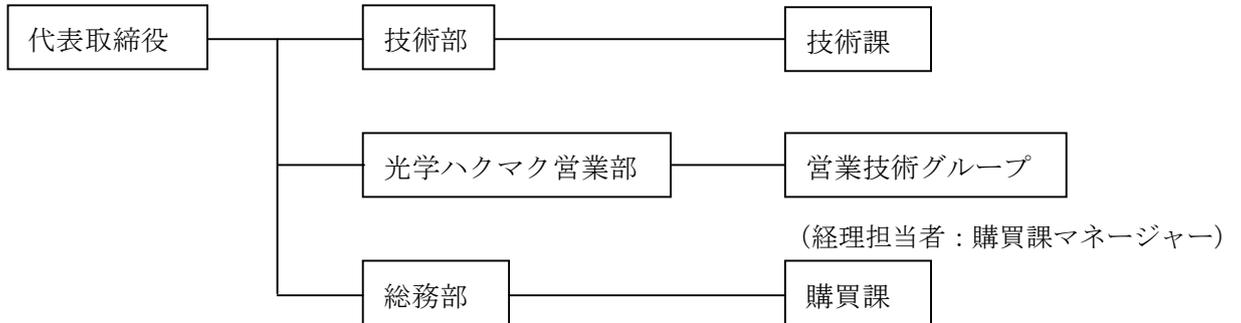
(業務管理者：代表取締役社長)

(経理担当者：経理責任者)



[伊藤光学工業株式会社]

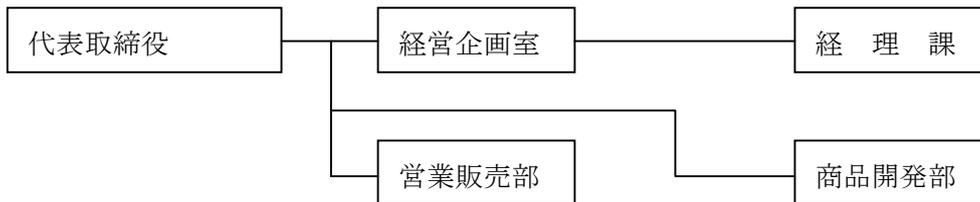
(業務管理者：技術部取締役)



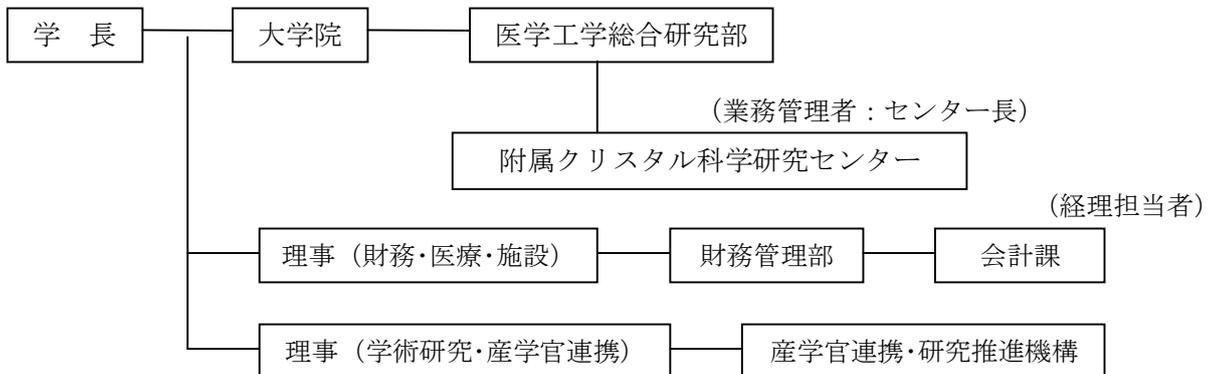
[株式会社白州産業]

(業務管理者：経営企画室長)

(経理担当者)



[国立大学法人山梨大学]



## (2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】 特定非営利活動法人ものづくり支援機構

管理員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
安留 勝敏	理事 (研究総括)	⑤
羽田 功一	事務局長	⑤
清水 けい子	総務課長	⑤
荒井 哲司	技術課長	⑤

【再委託先】

(研究員)

株式会社クリスタルコート

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
勝原 幸典	専務取締役	②③④
伏見かつ美	製造部技術員	②③④

伊藤光学工業株式会社

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
竹内 克典	光学ハクマク部 ゼネラルマネジャー	①
谷崎 雄一郎	研究部主任	①
清水 武洋	研究部主任	①

株式会社白州産業

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
山田 浩	代表取締役	④
出羽 小百合	商品開発部部員	④

国立大学法人山梨大学

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
山中 淳二	大学院医学工学総合研究部 准教授	②③

## (3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

特定非営利活動法人ものづくり支援機構

(経理担当者)	総務課	総務課長	清水 けい子
(業務管理者)	研究総括	理事	安留 勝敏

(再委託先)

株式会社クリスタルコート

(経理担当者) 総務部 経理担当 平出 玲子  
(業務管理者) 代表取締役 進藤 勇

伊藤光学工業株式会社

(経理担当者) 総務部購買課マネージャー 安藤 光能  
(業務管理者) 技術部取締役 加藤 裕久

株式会社白州産業

(経理担当者) 経営企画室 経理課 山田 むつみ  
(業務管理者) 経営企画室 室長 山田 敬元

国立大学法人山梨大学

(経理担当者) 財務管理部会計課工学部会計グループ 係長 浅川 辰仁  
(業務管理者) 大学院医学工学総合研究部長 有田 順

#### (4) 他からの指導・協力者

研究開発推進委員会 委員

氏名	所属・役職	備考
勝原 幸典	株式会社クリスタルコート 専務取締役	委 PL
竹内 克典	伊藤光学工業株式会社 光学ハウジング部ゼネラルマネージャー	委 SL
二木 宏治	株式会社クリスタルコート 技術顧問	
伏見かつ美	株式会社クリスタルコート 製造部技術員	委
谷崎 雄一郎	伊藤光学工業株式会社 研究部主任	委
清水 武洋	伊藤光学工業株式会社 研究部主任	委
山田 浩	株式会社白州産業 代表取締役	委
出羽 小百合	株式会社白州産業 商品開発部 部員	委
山中 淳二	国立大学法人山梨大学 准教授	
安留 勝敏	特定非営利活動法人ものづくり支援機構 研究総括	
羽田 功一	特定非営利活動法人ものづくり支援機構 事務局長	
清水 けい子	特定非営利活動法人ものづくり支援機構 総務課長	

## 1-3 成果概要

### 1-3-1. ゾルゲル法による調光性薄膜形成の研究

主剤を希釈するなどして調合した各種調光液で調光性能と外観の比較検証を行ない、調光剤と固定用樹脂の最適な調合比率での調光液仕様を確立出来て 50%までの減光に要する時間 1 分以内で最大減光率 70%以上の目標を達成出来た。成膜方法の検討では、マイクロミストスプレー塗布装置の湾曲したシールド形状に合わせた塗布プログラムの作成と、調光液の供給圧と噴霧圧力の調整およびノズルキャップの形状変更とノズルバルブの取付け位置変更によって調光膜を均一に塗布出来る様になった。調光液仕様と成膜方法を確立した事で良好な調光特性を持つ調光膜を形成出来る様になったが、成膜時の気温と湿度および液寿命などが影響しての塗布ムラが発生する等で調光膜を安定的に成膜出来る技術の確立までには至らなかった。

調光+ハード膜に上層の複合酸化物薄膜を成膜すると気泡と端面(エッジ部)を基点(核)にして膜クラックが発生すると言う不具合は、当初採用したマイクロミストスプレー塗布方式をディップ方式に変更した事で解決したが、密着性が悪くて剥離すると言う問題が新たに浮上してきた。シールド基材の製造ロットが影響している事が掴めたので引き続き対策中である

### 1-3-2. 水溶液成膜法による調光膜の高度化に関する研究

調光膜に成膜する複合酸化物薄膜の組成(構成する金属元素の混合比)は、これまでの水溶液成膜法の各種研究結果からある程度予測出来たので、既に商品化している眼鏡レンズ用の標準仕様をベースに処理液を調合し SAMPLE 基材に成膜して密着性能と耐擦傷性能の評価検証を行なった。検証結果から原料価格と処理作成の容易性などから使用する処理用金属元素を Ti(チタン)に決定して成膜条件を確立した。

金属元素の混合比を変えて調整した各種水溶液に基材を浸漬して複合酸化物薄を成膜し、成膜した膜の『基盤目テープ試験での密着性能』『擦傷試験器と超薄膜スクラッチ試験機を使用しての耐擦傷性能』『微小押込み硬さ試験機を使用しての機械的強度』『光学顕微鏡と反射率顕微鏡及び原子間力電子顕微鏡を使用しての組織調査』を行なって、各特性は組成による有意差は無いと言う事と複合酸化物薄膜を成膜する事で調光膜の表面構造が変化する事は無くて擦傷性能は向上する事が確認出来た。

### 1-3-3. 高機能プラスチック基材表面への撥水性付与技術の開発

眼鏡用補正レンズの撥水膜に使用している撥水剤(溶質と溶媒)と同じ撥水剤を使用する事にし、濃度を変えて調合した撥水液での撥水性能と耐候性能の調査結果から撥水液仕様を A+α%に決定した。撥水膜の塗布作業はディップ方式で行なう事にし【恒温恒乾燥機能付きディップ法成膜装置】を製造した。撥水剤温度と基材温度を同じ温度にして塗布してから一定速度で引上げる自動塗布方式は、室温で塗布して手で引上げる手動方式に比べて接触角のバラツキが少なく均一な撥水膜を成膜出来る事や撥水剤温度は撥水性能には影響しない事等が分かり成膜条件を確立出来た。

### 1-3-4. ウインドシールド品の実用化に関する検討

オートバイ用シールドに求められる市場ニーズに関する動向調査を行なうと同時に、市場販売されている国内メーカーの光シールドと無色シールドと色付シールド、及び試作したシールド基材をヘルメットに装着して、晴天、雨天、薄暮、夕闇、夜間など様々な気候条件下で走行テストを行って、安全性や利便性について検討した。

市販の調光シールドは、調光度合いが低くて撥水性も悪く全体のクオリティに問題が有ると言える。無色シールドと色付シールドでの比較検証から、明視野と暗視野で良好な視感透過率をコントロールする調光シールドの必要性和雨天下での雨水の付着を防止する為の撥水性能は安全走行の為には非常に重要である事を確認した。研究開発品の調光シールドは調光度合いと撥水性能は市販品を凌駕しているが、塗布ムラ等の外観品位に問題があるので製品化レベルには至っていない。

### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

機関名	所在地	所属部署・役職・ 担当者氏名・連絡先
株式会社 クリスタルコート	〒408-0044 山梨県北杜市 小淵沢町9633番地	所属部署： 役職：専務取締役 担当者氏名：勝原 幸典 TEL：0551-20-5360 E-mail：katsuhara@c-coat.com
伊藤光学工業株式会社	〒442-0061 愛知県豊川市穂ノ原 三丁目2-8	所属部署：光学ハクマク部 役職：ゼネラルマネージャー 担当者氏名：竹内 克典 TEL：0533-80-4666 E-mail：k-takeuchi@itohopt.co.jp
株式会社白州産業	〒408-0317 山梨県北杜市白州町 下教来石234番地	所属部署： 役職：代表取締役 担当者氏名：山田 浩 TEL：0551-35-4316 E-mail：powerage@rondo.ocn.ne.jp
国立大学法人 山梨大学	〒400-8511 山梨県甲府市宮前町7-32	所属部署：付属列科学研究センター 役職：准教授 担当者氏名：山中 淳二 TEL：055-220-8655 E-mail：jyamanak@yamanashi.ac.jp

特定非営利活動法人 ものづくり支援機構	〒403-0004 山梨県富士吉田市 下吉田四丁目15番10号	所属部署： 役職：事務局長 担当者氏名：羽田功一 TEL：0555-23-4780 E-mail：kouichi.h@npo-mono.jp
------------------------	---------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

## 第 2 章 調光性薄膜形成の研究開発

### 2-1. 調光剤の選定

ウレタンポリマー主成分の熱硬化型とジアクリレートとトリアクリレート主成分の紫外線硬化型にグレーとブラウンのフォトクロミック染料を使用した各種組成調光剤バインダー液を、Φ80mm 眼鏡補正用レンズと有機ハードコート付ヘルメットシールド基材を裁断した基材に塗布しての色変化と密着性の評価は、表 2-1 と図 2-1 が示す様に熱硬化型は良好な結果を得たが、紫外線硬化型は UV 硬化重合時に強い紫外線に晒されて色素が分解して発色しなかったため、本研究開発には熱硬化型調光剤バインダー液を使用する事にした。

表 2-1 調光膜の色変化と密着性（代表例）

調光液	フォトクロ	試料	色変化	密着性
熱硬化型	ブラウン	1	48.5 (△)	AB (OK)
		2	55.2 (△)	AB (OK)
	グレー	3	47.3 (△)	AB (OK)
		4	35.9 (○)	A (OK)
紫外線硬化型	ブラウン	5	78.3 (×)	A (OK)
		6	80.7 (×)	A (OK)
	グレー	7	65.8 (×)	AB (OK)
		8	67.9 (×)	A (OK)

色変化は屋外放置 2 分後の透過率(%) : ○(30~45)・△(45~60)・×(60 以下)

密着性は基盤目テープ試験での判定 : AB 以上 OK(点状線状剥離升目内三分の一迄)

調光液	初期（屋内）	屋外放置 2 分後
熱硬化型		
紫外線硬化型		

図 2-1 調光膜の色変化状態

## 2-2. 最適塗布方法の検討

(1) 調光膜は市販のシールドに成膜するので、暫定設定した調光液仕様（ベース調光液）で実際にシールドに塗布してみると、UV 照射時に色目に変化した際の塗布ムラと気泡が目立ったのでベース調光液を希釈して対処したところ、塗布ムラと気泡共に軽減されたが色目の変化（UV 照射前と照射後の透過率変化）が少なくなりました。また、希釈した事で塗装性が変化して液タレも発生した。



図 2-2 塗布ムラの状態

(2) フォトクロミックの添加量を多くする程 UV 照射時での透過率が低くなる（色目変化が大きくなる）傾向に有る事が分かったので、フォトクロミックの添加量で透過率の変化量を調整して、市場ニーズに対応して採用した 3 仕様の調光特性、

【 ①90%⇔75% ②90%⇔30% ③50%⇔30% 】用の調光液仕様を確立した。

また、初期透過率（調光膜が着色する前）≒90%が UV 照射して 1 分後の透過率（調光膜が着色した時）≒40%と言う結果を得ており「1 分以内に 50%まで減光」と言う研究目標値をクリアした。

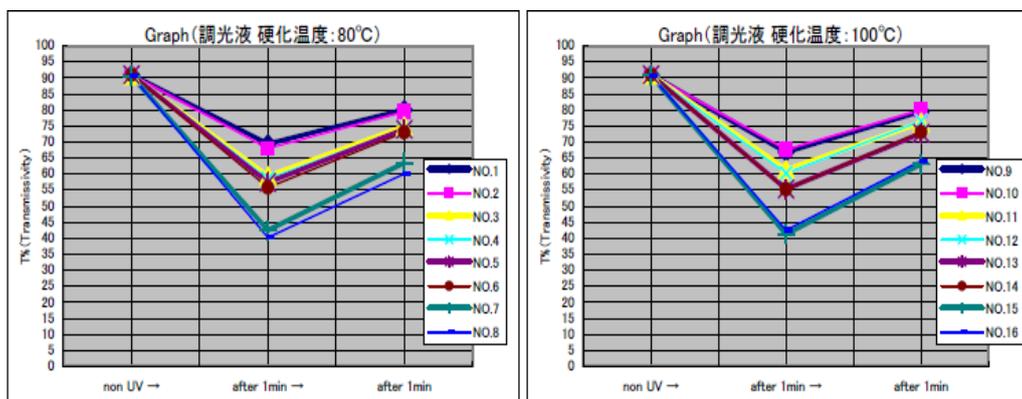


図 2-3 フォトクロミック添加量 VS 透過率変化

(3) 塗布ムラ等の外観品位向上には調光液の希釈が有効な方法であり、調光液中の希釈溶剤と界面活性剤が影響する事が分かったが、調光液中の組成を変えると塗装性も変わるので液仕様に応じて適正な塗布条件を設定する事が必要になってくる。つまり外観品位向上には調光液仕様とシールド形状に合わせた適正な塗布プログラムと塗布方法が必要なので、塗布ムラ等の不具合改善は塗布装置の設定条件と併せて取組んだ。

塗布装置の液の供給圧力と噴霧圧力を調整して、ノズルキャップを楕円形状に変更し、ノズル取り付け位置を上方に持って行って塗布範囲を拡大させた事で均一に塗布出来る様になったが、塗布時の気温及び液温と液寿命などの要因によって塗布ムラが発生する等で現時点では安定的な塗布技術の確立迄には至っていない。

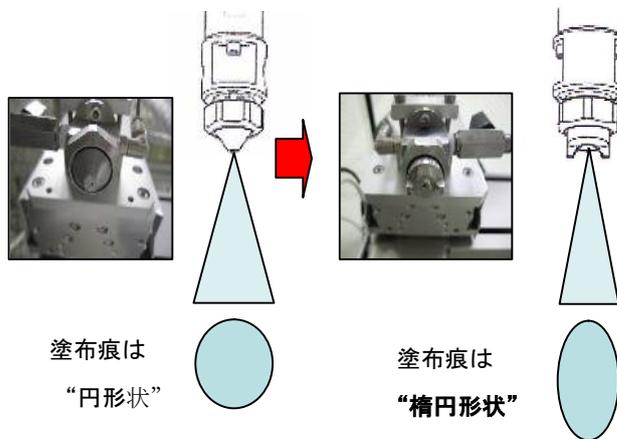


図 2-4 ノズルキャップ形状

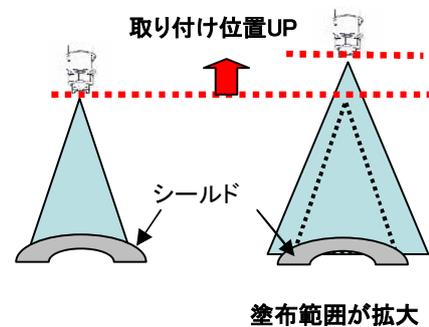


図 2-5 ノズル取り付け位置

### 2-3. ハードコート成膜方法の検討

(1) 下層の調光膜はウレタン樹脂からなっており、ウレタン樹脂との密着性は経験上得られる事が分かっているシリコン系ハードコート剤を選択し、主成分はシランカップリング剤を用いて上層の複合酸化膜との密着性確保の為にシラン化合物テトラエトキシシランを使用した。ハードコート剤にはその他にも各種溶剤を必要とし調合には手順と方法があるが本報告書では省略する。

調合したコート剤をスピコート法で基板（眼鏡補正用レンズを使用）にコーティングしてコート膜の評価を行ない、『密着性は7：3が最大で、擦傷性はテトラエトキシシランの配合割合が多い程高くなるが密着性は悪くなる』『固形分濃度をアップして希釈溶媒と水分量を削減すれば膜厚を厚く出来るが水分量を減らし過ぎると塗工不良に繋がる』『膜厚は増粘剤を添加する事でも厚く出来るが入れ過ぎると同じく塗工不良になるので、添加量は最大2%迄』等が分かり成膜に最適なコート剤を調合する事が出来た。

(2) 調光性薄膜（調光膜＋ハード膜）が形成されたシールドに複合酸化膜を成膜すると膜にクラックが入ると言う不具合が発生したので調光剤有無や調光膜とハード膜の乾燥温度変更等

で対処したが改善出来なかった。クラックは気泡を基点（核）にしての発生と基材エッジ部膜浮き（剥れ）からの発生であった事から、ハード膜の密着不十分な部分（隙間）から洗浄液及び複合酸化物薄膜処理液が浸透したからと考え、ハードコートの成膜方法をスプレー方式に比べて膜密着性が良くなるディップ方式に変更した。ディップ方式に変更した事で要因の一つである気泡は無くなったが、密着性にバラツキが有って完全に解決していない。シールド基材のハード膜との密着性が関係していると考えられるので前処理工程の検討で対策中である。



図 2-6 膜クラック

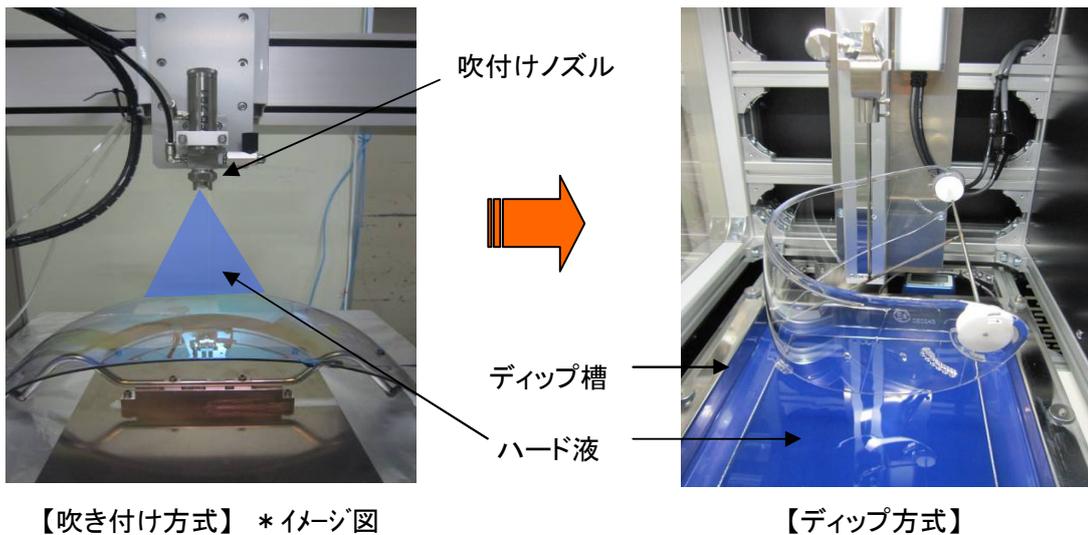


図 2-7 ハードコート成膜方法

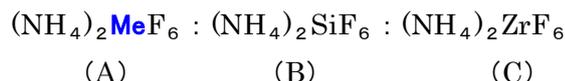
## 2-4. まとめ

- ① 今回の研究開発では熱硬化型の調光剤を使用する事にした。
- ② 調光液仕様は調光剤と固定用樹脂の調合比率で決まり、調光剤の添加量が多い程調光性能は良好で、固定用樹脂を希釈した方が塗装性は向上する等が分かって、最適な調光液仕様を確立出来た。
- ③ 確立した調光液仕様で成膜した調光膜は、調光特性は目標を達成したが斑状の点やムラの外観欠陥が発生する等して安定的な成膜技術確立までには至らなかった。

### 第3章 調光膜の高強度化に関する研究開発

#### 3-1. 複合酸化物薄膜の組成の検討

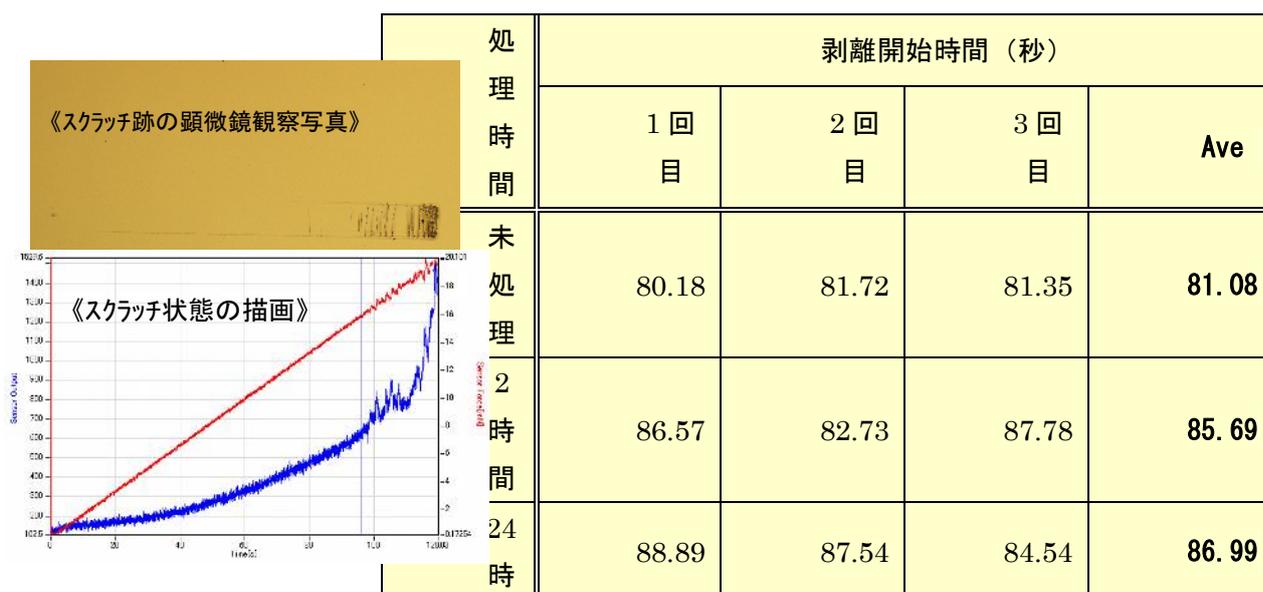
複合酸化物薄膜の組成は、下記反応式で表記される水溶液中に溶解させるアンモニアフルオロ金属錯化合物の混合比調整によって調整する。



上記組み合わせから最適組成を見出すには膨大な実験が必要となるが、過去に実施した研究結果と眼鏡用補正レンズや航空計器用パネル等の水溶液法を応用した製品の商品化の際の経験から、組成比は(C)のZr化合物の含有率を高くした方が良好な結果を示す事が分かっているので標準組成でのZr含有率を90%として、上記反応式でMeと表記される金属元素には、チタニウム(Ti)、ゲルマニウム(Ge)、アルミニウム(Al)、スズ(Sn)、を選択し、それぞれで処理液を調合して複合酸化物薄膜を成膜し耐擦傷性と密着性で比較検証したが有意差が認められなかったため、原料価格及び溶液作成の難易度などを考慮してTiを処理液用金属元素として使用する事にした。

#### 3-2. 成膜した複合酸化物薄膜の組織に関する検討

(1) 金属元素Tiを含めたアンモニアフルオロ化合物の組成比を変えて処理液を作成し、処理温度を40℃～50℃・処理時間を2時間～24時間で複合酸化物薄膜を成膜して、『擦傷試験機での耐擦傷性』と『走査電子顕微鏡(SEM)での表面観察』の比較検証では、処理温度と処理時間で有意差は認められず複合酸化物薄膜を成膜する事で調光膜の表面構造が変化する事は無く耐擦傷性能は向上する事が確認出来た。



間				
---	--	--	--	--

左図描画の青い縦線(カール)を、顕微鏡観察写真の剥離開始位置に合わせて剥離開始時間を読み取る。

\* 数値が大きいほど剥離しにくい

図 3-1 擦傷試験結果

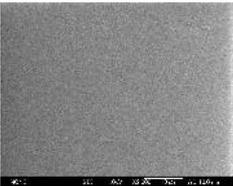
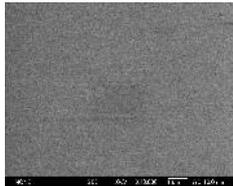
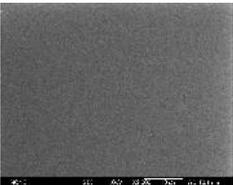
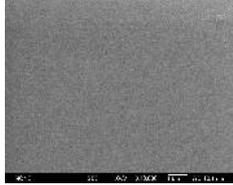
処理時間	× 2,000	× 10,000
2 時間		
24 時間		

図 3-2 走査電子顕微鏡の表面観察

(2) 複合酸化物薄膜の成膜を複合酸化物薄膜表面の反射率でコントロールする方法を検討したが、処理時間 VS 反射率はリニアな関係にならず波長によって反射率が逆転する等で、予測した [ 膜厚 $\propto$ 反射率 $\propto$ 処理時間 ] にならなかったため浸漬時間でコントロールする方法を採用し、『微小押込み硬さ試験機での硬度』は 2 時間よりも 24 時間の方が良くない結果が出て、調光膜のクラック対策での調査の中でも 24 時間の方がクラックしやすいという結果が出たので複合酸化物薄膜の浸漬時間は 2 時間をベースに設定する事にした。

処理時間	波長 (nm)		
	500	600	700
未処理	4.340	4.438	3.984
2 時間	4.425	4.421	3.929
4 時間	4.240	4.340	4.018
6 時間	3.911	4.287	4.287
8 時間	4.110	4.254	3.915
24 時間	4.390	4.299	3.822

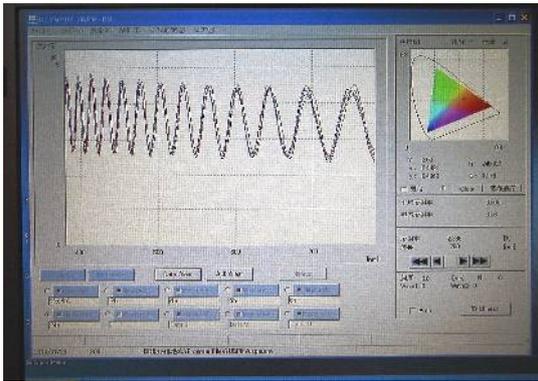


図 3-3 処理時間 VS 波長毎の反射率 (%)

### 3-3. まとめ

- ① 複合酸化物薄膜を構成する為の処理用金属元素には、原料価格及び溶液作成の難易度などを考慮してTiを使用する事にした。
- ② 耐擦傷性調査と表面観察から複合酸化物薄膜を成膜する事で調光膜の表面構造が変化する事は無く、耐擦傷性能は向上する事が確認出来た。
- ③ 反射率による成膜方法は困難なので、浸漬時間でコントロールする方法を採用し、浸漬時間は2時間をベースに設定した。

## 第4章 プラスチック基材表面への撥水性付与技術の研究開発

### 4-1. 撥水剤の検討

撥水剤溶液に使用する溶質と溶媒は、調光膜を成膜するシールド品と同じポリカーボネート基材の眼鏡用補正レンズに使用して実績のある溶質と溶媒を選択した。

使用する溶質と溶媒は2種類ずつなので夫々を溶質1と2及び溶媒aとbとして、溶質/溶媒で計算した撥水剤濃度A%を標準仕様とし、A%とA+ $\alpha$ とA- $\alpha$ の3種類の撥水液を作成しSAMPLE 基材に撥水膜を成膜して撥水性能（接触角計での接触角）と耐擦傷性能（擦傷試験機での傷付きレベル）の比較検証で表4-1が示す様に有意差が無かったので、本研究開発に使用する溶質は安価な溶質1を溶媒はオゾン破壊係数がゼロで環境対応されている溶媒bを使用する事にした。その後溶質1が製造中止になって後継品の溶質3を使用しなければならなくなったが比較検証の結果で溶質1と同等の性能を示したので使用可能と判断して溶質3を使用する事にした。

撥水剤濃度は〔0.1%水酸化ナトリウム溶液浸漬放置による耐候試験〕で決定した。通常は6時間浸漬放置後の接触角で判断<sup>注1</sup>するが、今回は比較検証なので6時間後も継続試験しての接触角推移で判断した。表4-2の結果が示す様にA%以外は良好で性能もほぼ同じだったが、必要以上に濃くする必要も無い事から撥水剤濃度をA+ $\alpha$ に設定する事にした。

注1) 接触角は80度以上が良品

表4-1 撥水性能と耐擦傷性能

溶媒	濃度(%)	溶質1		溶質2	
		撥水性能	耐擦傷性	撥水性能	耐擦傷性
a	A- $\alpha$	86.1	4A	85.7	4A
	A	86.9	4	85.6	4A
	A+ $\alpha$	86.7	4	86.8	4
b	A- $\alpha$	85.2	4	85.8	4A
	A	85.7	4A	86.4	4A
	A+ $\alpha$	87.6	4A	86.6	4A

表4-2 水酸化ナトリウム溶液での耐候性能

濃度(%)	試験前	6h 後	12h 後	18h 後		32h 後	48h 後
				測定値	Ave		
A	86.9	84.2	75.4	71.6~78.4	75.5	73.9	71.6
A+ $\alpha$	85.6	85.1	84.7	82.7~86.7	84.0	81.6	73.2
A+2 $\alpha$	85.5	85.7	84.7	80.9~86.4	82.8	82.1	76.9
A+3 $\alpha$	86.5	84.5	85.0	84.0~87.8	86.0	80.3	79.2

## 4-2. 撥水膜成膜条件の検討

(1) 撥水膜の成膜方法は、既に製品化した眼鏡用補正レンズでも実施しているディップ方式で行なう事にし、塗布前基材温度のコントロール及び塗布後の撥水膜をベーキングする恒温恒湿乾燥機を備えて撥水液温度をコントロールする撥水液恒温装置と均一な撥水膜を形成する自動引上げ機構を持つ【恒温恒湿乾燥機能付きディップ法成膜装置】を製造した（図 4-1）。

実際のシールド基材に『撥水剤温度：マイナス 10℃～プラス 20℃』『引上げ速度：100mm/sec～300mm/sec』『ベーキング条件：50℃～80℃で加湿有無』の各条件で撥水膜を成膜して『接触角での撥水性能』と『超薄膜スクラッチ試験機での耐擦傷性能』を検証しながらの撥水膜の成膜条件確立に取り組んだ。

検証内容の一例を表 4-3 に示す。撥水剤温度と引上げ速度及びベーキング温度に対する撥水性能と耐擦傷性能に有意差は無かったが、撥水剤温度と塗布前基材温度を同じ温度にして一定速度で引上げれば、室温で塗布して手で引上げる手動塗布方式に比べて均一な撥水膜の成膜になる事が分かった。また、撥水剤温度マイナス 5℃以下ではシールド表面に溶媒の溶融水分が凍った物が付着するので撥水剤温度は 0℃以上にした方が良いと言う事も分かって、撥水液温度は作業効率も加味して夏=20℃・冬=10℃に設定した。

表 4-3 検証内容の一例 \* 数値は接触角度(上段:測定値・下段:Ave)

撥水剤温度	引上げ速度	ベーキング条件			
		50℃	80℃	50℃/95%	50℃/95%+80℃
10℃	100mm/分	83.2~87.0	82.6~85.6	82.1~85.9	81.9~85.4
		85.2	84.3	83.7	84.2
	300mm/分	81.5~86.7	81.6~85.6	82.8~85.4	82.9~85.2
		83.3	84.2	84.1	84.2
	手動	80.5~86.3	83.5~86.1	82.5~85.7	84.7~85.2
		84.2	85.4	83.3	84.9
室温	100mm/分	82.1~86.6	82.3~86.7	83.2~85.6	85.6~87.6
		84.0	85.3	84.5	86.4
	300mm/分	81.8~84.8	83.2~86.1	82.6~85.0	86.4~105.8
		83.7	84.9	84.0	94.9
	手動	65.4~85.3	83.7~86.4	79.5~110.5	85.0~114.0
		79.3	85.1	89.8	105.7

(2) シールドは平均的に 3 年間の寿命（累積使用時間≒650h）とされている。製品の持続性や耐久性を短期間で評価する為には一般的に加速度試験が行なわれるので、撥水膜性能を短期間で評価する為に【撥水膜劣化加速装置】を製造した（図 4-2）。

劣化加速装置の試験条件を設定するに当たって、まずは『装置ランプ』と『晴天時屋外の太陽光』夫々の光量と紫外線量を測定した装置の光量は屋外光量の約 14 倍で紫外線量は太陽光の 2.5 倍だったので装置での試験時間は 1/35 の約 19 時間になるが、装置の仕様上シールドへのランプ照射時間は 30 秒なので 2 倍の 38 時間が 3 年間の寿命とイコールになる。次に①ランプ照射のみ ②ランプ照射+水道水(常温)浸漬 ③ランプ照射+温水浸漬 ④ランプ照射+塩水浸漬の各条件で比較試験した結果、①②は劣化に時間が掛かって④はあっと言う間に劣化してしまい③の“ランプ照射+温水浸漬”が試験方法として最適である事が分かった。温水温度は 40℃が効率的で、この時の試験時間は約 1/3 で済む事分かったので、作業性を考慮して装置試験条件を『40℃温水で 16 時間』にした。



図 4-1 ディップ法成膜装置

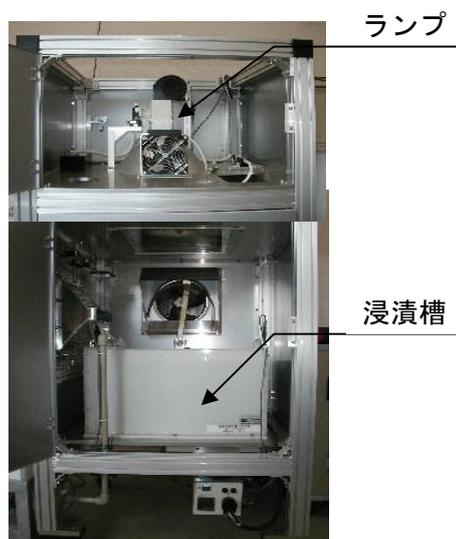


図 4-2 撥水膜劣化加速装置

(3) 本研究開発で確立した成膜条件で撥水膜を塗布したシールド（研究開発品）の撥水性能を『40℃温水』で劣化加速試験して評価した。本研究開発での撥水持続性能目標は 6 ヶ月だが、表 4-4 が示す様に市販品もクリアしていないシールドの平均的な寿命 3 年(16h)もクリアして非常に良好な撥水性能である。

表 4-4 劣化加速試験での接触角

測定	市販品		研究開発品	
	実測値	Ave	実測値	Ave
試験前	82.4~85.6	84.7	101.7~112.3	106.9
8h 後	76.7~82.5	79.6	—	—
16h 後	64.9~78.3	71.7	85.8~87.8	86.9
24h 後	54.5~63.4	61.5	80.5~85.8	83.3
32h 後	53.4~57.3	55.2	70.9~79.6	74.8

## 第5章 ウインドシールド品の実用化に関する検討

研究開発する高機能ウインドシールド品と同じ調光膜仕様での競合品であるC社の調光シールドと市場販売されている国内メーカーの無色シールド（クリア基材）と色付きシールド（スモーク基材）及び本研究開発でのSAMPLEを検証評価した。

### 《走行テストを行なったシールドとその透過率》

- ・ C社の調光シールド：着色前≒84%⇔着色時≒71%
- ・ ARAI社製：クリア≒85%、ライトスモーク≒70%、セミスモーク≒50%、スモーク≒15%
- ・ SHOEI社製：クリア≒90%、ソフトスモーク≒70%、スモーク≒40%、ダークスモーク≒20%
- ・ 研究開発品：着色前≒90%⇔着色時≒30%

\* 最終SAMPLEは、第2章 2-2 項(2)の内容

- (1) C社の調光シールドは、液タレとゴミの混入や表面の不均等などで仕上げが悪くて視界に歪みがあり、保護シートを用いて保管と移動をしていたにも係わらずテスト終了時には表面に多数のキズが発生した。調光度合いも着色前の透過率 83.8%が UV 照射後の透過率 71.4%で変化率=1.17%なので透過率変化の応答性の参考値である 1.25 を満たしておらず、雨天下での走行テストでは撥水性が殆ど無いため視認性が非常に悪くて、全体のクオリティに問題が有ると言える。
- (2) ARAI と SHOEI は、クリアと透過率≒70%のシールドは透過率の高さから夜間とトンネル内での不具合は見当たらなかったが、昼間の晴天下では太陽光が直接ヘルメット内に入る場合があって不快であり、透過率≒50%~15%の防眩対策を施したシールドは逆に晴天下は快適だが夜間は視認性が非常に悪くて危険な状況になる。



図5-1 C社調光シールド



図5-2 ARAI (ライトスモーク品)

- (3) 研究開発品は、初期は未だ塗布方法が確立されておらず SAMPLE 品は調光剤の厚塗りなどによる歪みで走行テストが出来ないレベルであったが、最終 SAMPLE 品は外観品位が大幅に

改善さ  
細かい  
に問題  
は良好



初期 SAMPLE

然しながら改善されて視界の明瞭性も向上するに従い、  
時の斑模様の塗布ムラ等が目立つようになって外観品位的  
っていない。最表層に成膜されている撥水膜の撥水性能  
面に向かって綺麗に流れて行き視認性は良好である。



最終 SAMPLE

図 5 - 3 研究開発品

- (4) 各種シールドの評価検証から、昼間の晴天下での視感透過率≒30%で暗い場所での視感透過率 75%以上が市場が必要かつ要求する条件である事と、明視野と暗視野で良好な視感透過率をコントロールする調光シールドの必要性を改めて認識した。更に本研究開発でも取り組む雨天天下での雨水の付着を防止する為の撥水性能の付与技術は安全走行の為には非常に重要である事も確認出来た。
- (5) 防眩を施したシールドには本研究開発品の様な調光膜を応用した物以外に、写真 A の様なリップアップ式インナーバイザーを装備した商品や、平成 24 年度に発売されたばかりの液晶を利用した電子調光式インサート商品（写真 B）が有り、防眩に対する市場ニーズは今後ますます高まって行くと考えられる。両商品共に ON/OFF 方式（着色か無色か）で中間色が無いので研究開発品の方に優位性があるが、ユーザーが移行する可能性がある。



写真 A インナーバイザー式



写真 B 電子調光式

## 第6章 全体総括

光の強度に応じて光透過率を可変出来る調光膜を付与して商品化されている《調光機能を有するウインドシールド》は、調光機能の不十分さに加えて耐擦傷性能や撥水性能などの機能も不十分で一般には受け入れられていない。

この調光性能の欠点を無くして機械的強度を高めた調光膜を付与したウインドシールド品を研究開発するというプロジェクトに、特定非営利活動法人ものづくり支援機構を管理機関として、調光特性の高い調光膜の成膜方法の研究を伊藤光学工業株式会社、調光膜の機械的な機能性向上に関する研究を株式会社クリスタルコートと国立大学法人山梨大学、調光シールドの実用化を株式会社白州産業、が担当して取組んだ。

- (1) 伊藤光学工業株式会社は、視力補正用眼鏡レンズの製造販売を行っており調光剤を使用した商品も取扱っている。そのノウハウは調光剤の選定および各種組成調光剤バインダー試作液の調合と評価、更には調光性薄膜の成膜技術の確立などに発揮された。

平成 22 年度は調光剤とハードコート剤の選択と基礎調査および本研究開発用に製造したマイクロミストスプレー式塗布装置の初期検証を行ない、平成 23 年度と平成 24 年度は調光性薄膜成膜済シールドに複合酸化物薄膜を成膜すると膜クラックが発生するという問題解決と外観品位の向上に取り組んだ。《最大減光率 70%以上で 50%迄の減光に要する時間 1 分以内》と《最適成膜条件の確立》の研究目標を達成したが、《着色状態（透過率≒30~50%）の明るい場所からトンネル内進入時を想定した“3 秒以内で透過率 70%まで戻る”》の独自目標は達成出来なかった。ハードコートの成膜方式をディップ方式に変更した事で膜クラックは無くなったが、調光性薄膜成膜時の気温や液温が影響しての塗布ムラが発生する等で安定的な塗布技術の確立迄には至らなかった。

- (2) 株式会社クリスタルコートは、視力補正用眼鏡レンズおよび航空機用計器用パネルやヘルメット用ミラーシールド等に、独自技術の水溶液成膜法で複合酸化物薄膜を成膜して密着性能と耐擦傷性能を向上させる加工技術を持っている。そのノウハウを生かして今回の新型調光シールドの機能性向上に取り組んだ。

調光膜の高強度化は、平成 22 年度に複合酸化物薄膜を成膜する為の金属元素の選択と組成の検討などの基礎調査を行ない、平成 23 年度は複合酸化物薄膜の成膜条件と成膜方法の検討と確立、平成 24 年度は確立した成膜条件で塗布した複合酸化物薄膜の評価を行なった。複合酸化物薄膜を正確且つ効率良く成膜出来るように反射率で膜厚コントロールして成膜する方法を検討したが〔膜厚≒反射率×処理時間〕の関係にならなくて、水溶液中に一定時間浸漬して成膜する方法を採用した。水溶液成膜法を応用した製品作りの経験と過去の研究結果を参考に最適組成での複合酸化物薄膜の成膜条件を確立して《テープ剥離テストで剥離しない》という目標を達成した。

撥水性付与技術の開発では、平成 22 年度は撥水剤の選択、平成 23 年度と平成 24 年度は本研究開発の為に製造した【恒温恒湿気能付撥水膜塗布装置】と【撥水膜劣化加速装置】を使用して

の撥水膜の成膜条件の検討と性能評価に取り組んで、“剥がれ難くて密着性が良くて均一な、撥水性能の優れた撥水膜”を成膜する成膜技術を確立し、研究目標《撥水性能持続期間6ヶ月以上》を遥かに超えて、市販シールドでもクリアしていないシールドの平均的な使用期限（寿命）とされている3年間をもクリアする持続性能を持つ撥水膜が成膜出来る様になった。

- (3) 株式会社白州産業は、ライダー用ウエアを主にした商品を製造販売する会社である。ライダーにはヘルメットが必需品で、このヘルメット用にミラーシールドも市場供給しているので、調光シールドを実用化して市場展開する際には蓄積された営業力と販売網が大いに期待される。本研究開発で取り組む調光膜の調光機能の参考データ収集のために、現在商品化されている調光シールドを含む各種シールドの走行試験を行なった。

走行試験では昼間の晴天下での視感透過率は30%~50%で暗い場所での視感透過率は75%以上が市場が必要かつ要求する条件である事を認識し、明視野と暗視野で良好な視感透過率をコントロールする調光シールドの必要性和雨天での雨水の付着を防止する為の撥水性能の付与技術は安全走行の為には非常に重要である事を確認した。

- (4) 最後に本研究開発で完成した調光シールドSAMPLEを写真6-1に示す。

着色⇔消色の反応速度を速くするのはフォトクロミック剤の要因が大きいので難しいが、透過率の変化幅（減光率）はフォトクロミック剤の添加量で調整可能であり、研究開発品の変化幅は平均的に90%⇔40%なので、眼鏡レンズ用で求められているフォトクロミックレンズの透過率変化の応答性規格 $\geq 1.25$ ※2をクリアしている。

外観品位が開発当初に比べて飛躍的に向上したものの、細かい部分の歪みや点状欠陥及び着色時の斑模様の塗布ムラが目立つ等の問題が有って製品化レベルにはなっていないので、ジャーナリストやプロフェッショナルライダー等にテストを依頼しての総合評価は出来なかった。

注2) シールド用の規格は無いので眼鏡レンズ用規格を流用した。(  $A/B \geq 1.25$  )

\* 着色前の視感透過率A%と光照射15分後の着色後の視感透過率B%の比率



写真6-1 研究開発品 調光シールド