

自動車ヘッドランプの真空蒸着用 UV 硬化型プライマーの最新技術動向

日本化工塗料株式会社 開発技術部 柴田 薫

1. はじめに

自動車ヘッドランプ（以下ヘッドランプ）は、自動車が夜間でも安全に走行できるよう前方を照らす灯具であり、主にバルブ（ハロゲン電球）、ハウジング、リフレクター（反射板）、エクステンション、レンズカバーから構成される（図1）。このうちリフレクター、エクステンションには真空蒸着工程でアルミニウム蒸着（以下アルミ蒸着）を施すためプライマー処理を必要とする。

アルミ蒸着時はプライマー表面は約700℃のアルミニウム蒸気にさらされる。また、ヘッドランプのバルブ点灯時にはプライマーの塗膜温度が120～180℃に達するため、プライマーには高い耐熱性を長期間維持することが求められる。このためヘッドランプの真空蒸着用プライマーとして高い架橋密度の塗膜を省エネルギーで得られるUV硬化型プライマーが1980年代から広く普及している（写真1）。

本報ではヘッドランプの真空蒸着用UV硬化型プライマーの最新技術動向ならびに弊社製品「BRIGHTアンダーコートSUVシリーズ」の開発コンセプト、省工程化の取り組みについて紹介する。

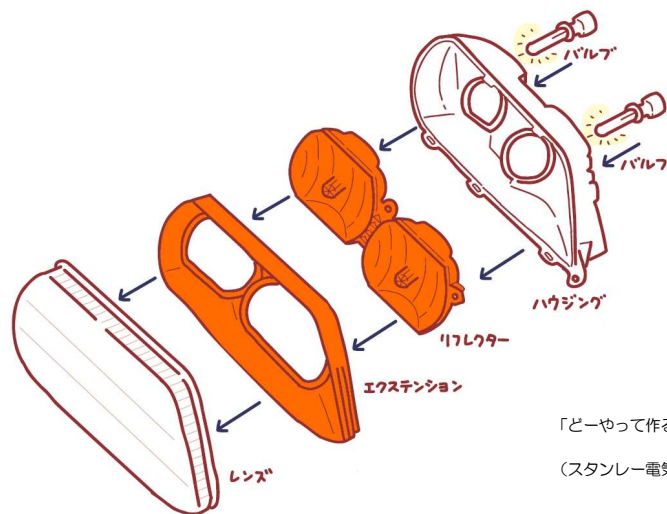


図1. 自動車ヘッドランプの構成



写真1. UV 硬化型プライマーを塗装したヘッドランプの例

2. 真空蒸着の概要

素材に鏡のような外観の金属薄膜を形成させる金属調表面処理技術は図2のように大別される。

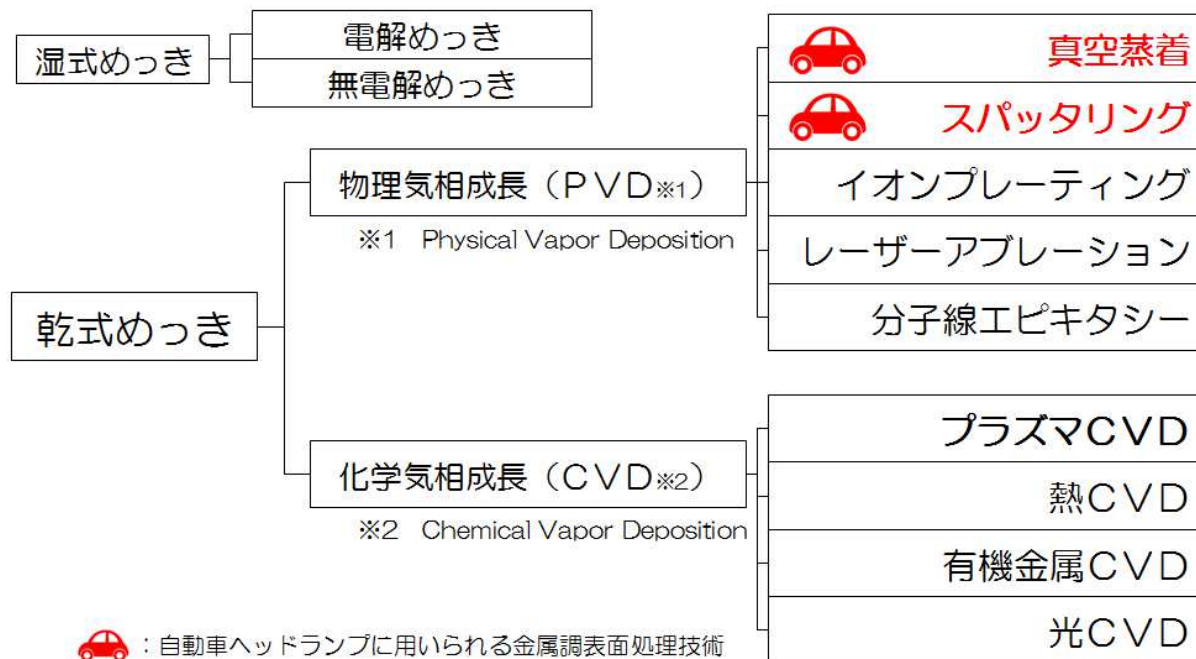


図2. 金属調表面処理技術の分類

一般的な金属調表面処理技術は、電解溶液に材料を浸漬させ金属を堆積させる湿式めっきである。しかしながら、めっき処理で発生する工業排水に有害物が含まれ、排水処理が不可欠である。このためヘッドランプでは湿式めっきが避けられ、有害物発生等の環境負荷が少ない乾式めっきに分類される真空蒸着やスパッタリングが採用されている。また近年は複雑な形状の材料にも適用できるスパッタリングが主流となっている。

真空蒸着（図3）は金属を加熱し蒸発させ、被塗物に金属薄膜を形成させるため蒸気が多く集まるところだけしか金属薄膜が形成されない特徴があることにに対し、スパッタリング（図4）は金属をアルゴンイオンで弾き飛ばすため、被塗物のさまざまな方向に金属薄膜を形成できる利点がある。

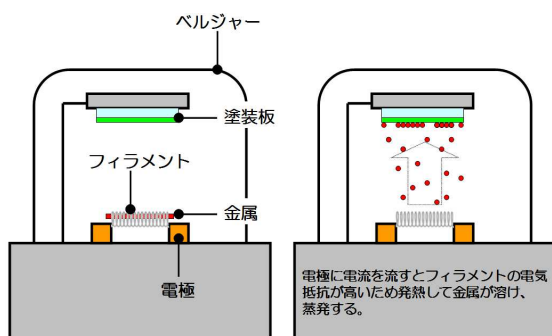


図3. 真空蒸着装置と金属薄膜形成のイメージ図

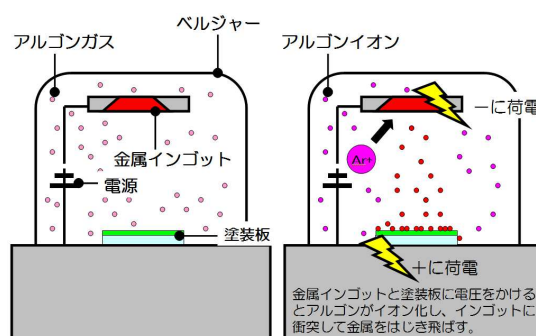


図4. スパッタリング装置と金属薄膜形成のイメージ図

3. 真空蒸着用UV硬化型プライマーの開発コンセプト
ヘッドランプの塗膜構成は図5の通りである。

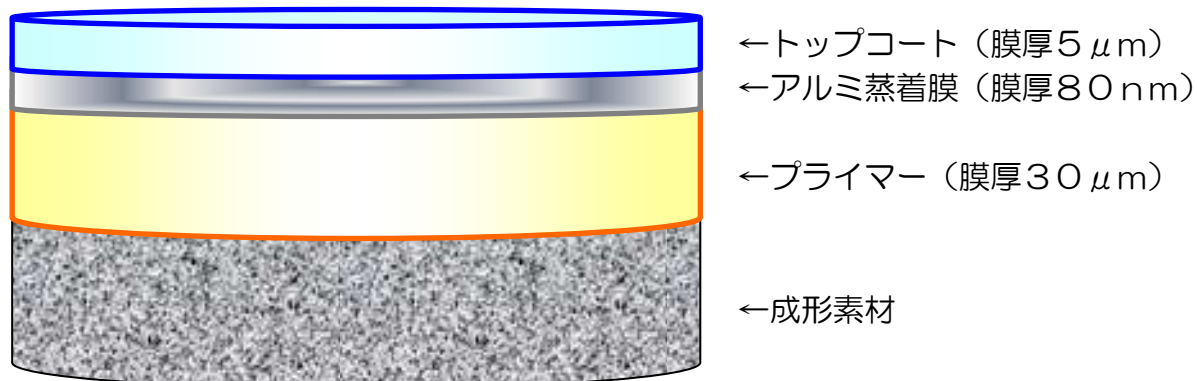


図5. リフレクターの塗膜構成

アルミ蒸着処理をプラスチック成型品に直接施すと写真2のように素材表面の凹凸により、鏡のような反射面を得ることができない。またアルミニウムはプラスチック成型品に密着しないので、ぶついたり、こすると容易に剥離する。

このためヘッドランプではプラスチック成型品の凹凸を平滑にすることに加え、アルミ蒸着膜との密着を得るためプライマー塗装を必要とする。

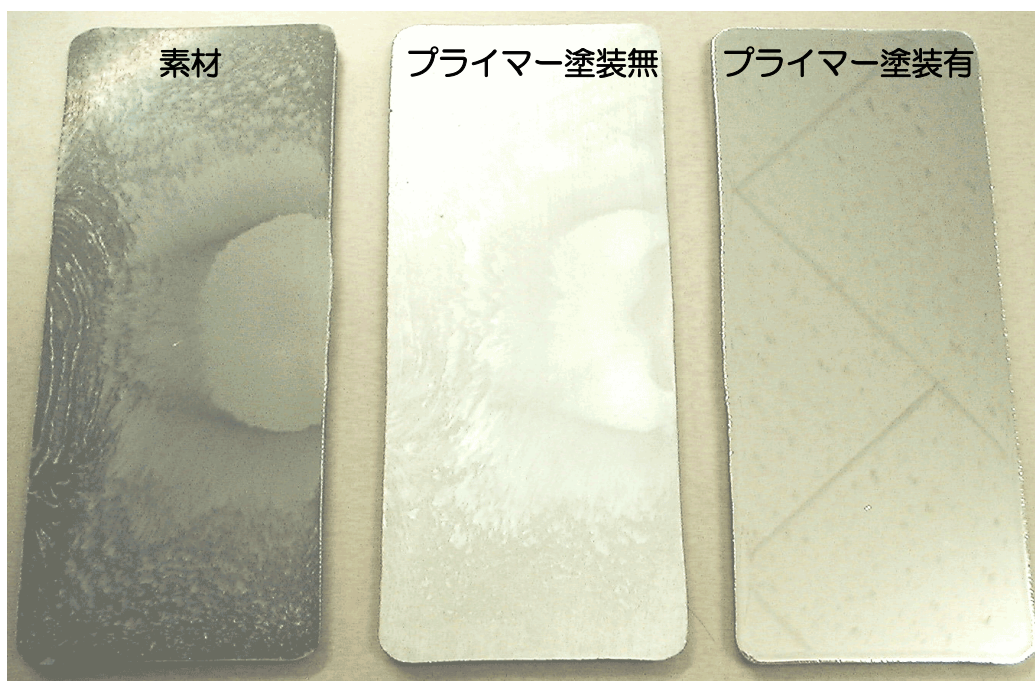


写真2. 真空蒸着用UV硬化型プライマーの有無によるアルミ蒸着外観の違い

近年、リフレクター表面に多くの放物柱面を形成することによって、レンズカットなしで配光制御できる技術が確立した。その技術によりヘッドランプが自動車デザインにおいて重要な位置を占めるようになったため、真空蒸着用プライマーの反射面にも自動車ボディ並みの平滑感が求められるなど要求機能が増している（写真3）。



写真3. ヘッドランプの配光制御技術例（左：レンズカットあり、右：レンズカットなし）

一方、ヘッドランプに用いる真空蒸着用UV硬化型プライマーの課題として、紫外線の光量が部位によって異なることが挙げられる。（図6）

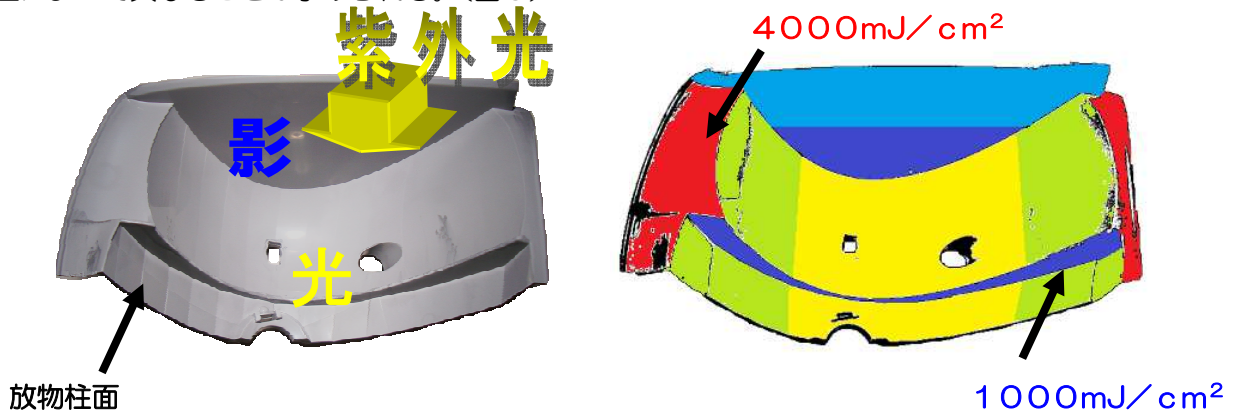


図6. ヘッドランプにあたる紫外線の光量分布例

紫外線照射器には多くの工夫がなされているが、成形品の形状が複雑であったり、大型になるほど、紫外線ランプに近い部分（光量が強い）と遠い部分や影になる部分（光量が少ない）の光量の差が広がる。このため真空蒸着用UV硬化型プライマーの設計では、光量の分布を意識した塗料開発が重要である。

表1に真空蒸着用UV硬化型プライマーの成分構成を示す。

成分	原料	主な役割
低粘度モノマー	単官能モノマー 2官能モノマー	粘度、反応性調整
オリゴマー ポリマー	ウレタンアクリレート エポキシアクリレート ポリエステルアクリレート 反応性ポリマー	耐熱性、ガスバリアー性、 その他用途に適した特性
光開始剤 光増感剤	ラジカル発生 ラジカル増感	光重合を開始させる
その他	添加剤 有機溶剤	レベリング、消泡

表1. 真空蒸着用UV硬化型プライマーの成分構成

この構成で主成分となるのはオリゴマーならびにポリマー成分である。弊社製品「BR I GHTアンダーコートSUVシリーズ」は、この成分比調整と特殊ポリマーの配合により溜まり性をコントロールし、図7のような塗装不具合を軽減し、写真4の平滑面と写真5のシボ加工を活かした仕上がりの両立を達成した真空蒸着用UV硬化型プライマーである。

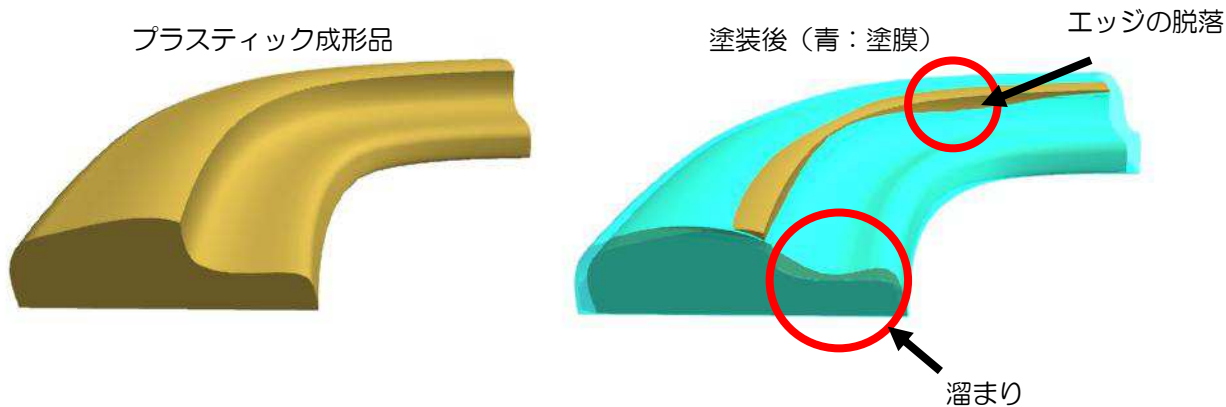


図7. UV硬化型塗料の塗装不具合のイメージ図

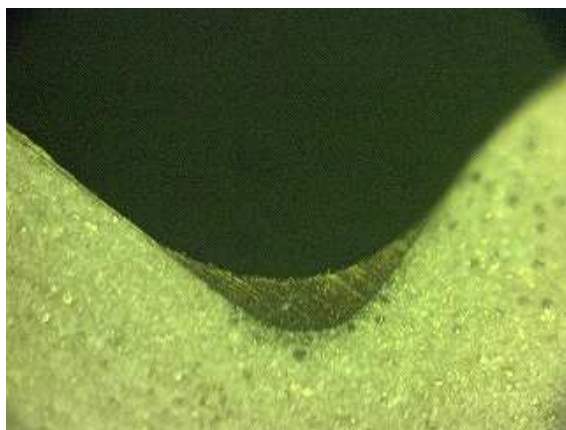


写真4. たれ、溜まりの断面写真 (左: 一般品、右: BR I GHTアンダーコートSUVシリーズ)

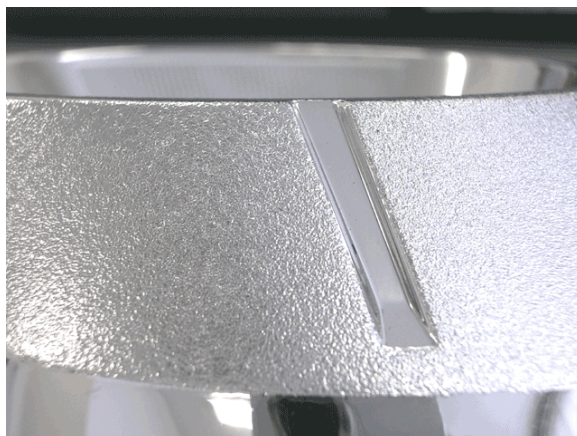
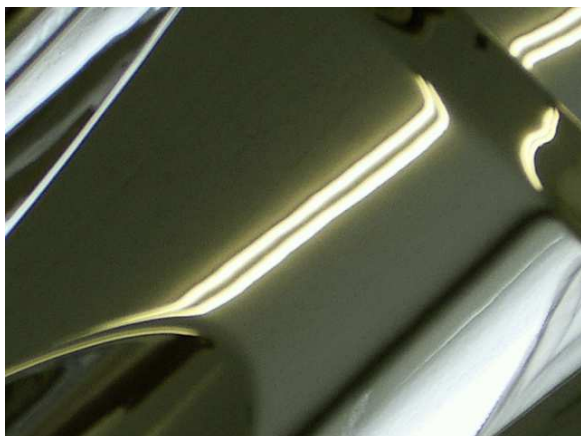


写真5. 自動車ボディ並みの平滑面とシボ加工を活かした仕上がりの両立

表2に「BR I GHTアンダーコートSUVシリーズ」の塗膜物性試験結果を示す。

試験項目	試験方法	光量 (mJ/cm ²)		
		250	1000	4000
蒸着適性	目視 (蒸着後白化の無い事)	○	○	○
密着性	2mm 基盤目付7-7° 試験	○	○	○
溜まり性	100 μm以上溜まらない事	○	○	○
蒸着耐熱性	180℃×75hr 後、目視外観	○	○	○
耐温水性	40℃温水浸漬×24hr 後、目視外観	○	○	○
耐湿性	50℃・98%RH×240hr 後、目視外観	○	○	○
冷熱サイクル性	(80℃×4hr ⇄ -30℃×1.5hr) ×4 サイクル後、目視外観	○	○	○
耐酸性	1%H ₂ SO ₄ 水溶液10min 浸漬後、目視外観	○	○	○
耐アルカリ性	1%KOH水溶液10min 浸漬後、目視外観	○	○	○

表2. BR I GHTアンダーコートSUVシリーズの塗膜試験結果

4. ヘッドランプの表面処理工程の省工程化

1980~2000年代前半の大量生産時には大規模設備が多かったが、2000年代中頃から表3のような少量多品種対応の小型設備が増え、プレヒート時間短縮や無溶剤タイプUV硬化型塗料によるプレヒート工程廃止が進んでいる。

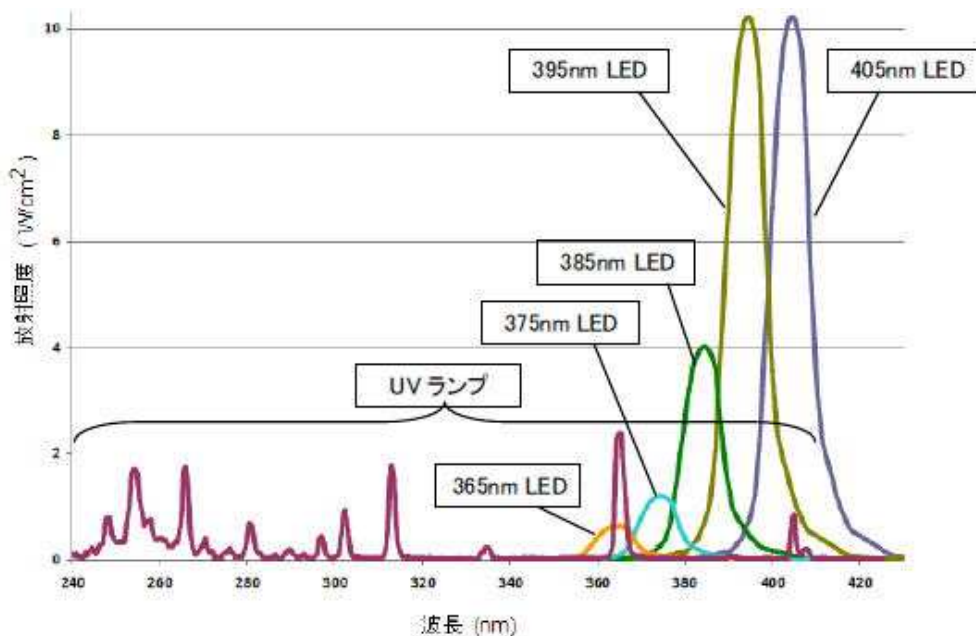
工程番号	工程項目	写真
1	ワーク取り付け	—
2	水洗浄、乾燥、アニーリング	
3	UV硬化型プライマー塗装、 プレヒート (予備乾燥)、UV照射 ※プレヒートを短縮または無くすため、 無溶剤型塗料の開発も進めている。	
4	真空蒸着	
5	トップコート塗装、焼付 ※エクステンションのみカラートップ コート塗装を行っている。	
6	ワーク取り外し	

表3. ヘッドランプの表面処理工程の例

5. 新たな取組み

現在、UV硬化型塗料を硬化させるためのUVランプは高圧水銀灯が主力である。これに対してUV-LEDの適用を推進する動きがある。高圧水銀灯には水銀が含まれるため、環境規制物質リストに掲載されている水銀の規制値が厳しくなることを恐れる声もある（残念ながらLEDに含まれるヒ化ガリウムの危険性について議論がなされていない）。

さて、高圧水銀灯とUV-LEDの発する光量の分布をグラフ化するとグラフ1のようになる。



グラフ1. UVランプ（高圧水銀灯）と各種UV-LEDの光量分布

表1に示した光開始剤は、UV-LEDにマッチした材料がまだ製品化（or 上市化）されておらず、光照射装置の開発と合わせて期待される技術である。一般に従来のUV硬化型塗料は240～260nmの紫外線も利用するためUV-LEDでは硬化しないが、弊社の検討では耐熱性140℃の実用レベルに到達している（表4）。今後もさらなる機能向上のため継続的に開発を進める所存である。

試験項目	試験方法	光量 (mJ/cm ²)		
		500	1000	2000
蒸着適性	目視（蒸着後白化の無い事）	○	○	○
密着性	2mm基板目切り ⁷ 試験	○	○	○
蒸着耐熱性	140℃×75hr後、目視外観	○	○	○
耐温水性	40℃温水浸漬×24hr後、目視外観	○	○	○
耐湿性	50℃・98%RH×240hr後、目視外観	○	○	○
冷熱サイクル性	(80℃×4hr⇄-30℃×1.5hr)×4サイクル後、目視外観	○	○	○
耐酸性	1%H ₂ SO ₄ 水溶液10min浸漬後、目視外観	○	○	○
耐アルカリ性	1%KOH水溶液10min浸漬後、目視外観	○	○	○

表4. UV-LED（385nm）で硬化させた弊社試作品の試験結果

6. まとめ

本報の通り、「BR I GHTアンダーコートSUVシリーズ」は真空蒸着用 UV 硬化型プライマーとしての基本的性能のみならず、自動車ボディ並みの美観をヘッドランプに付与する製品である。

また表3のようにアルミ蒸着後には、アルミ蒸着膜の防錆や剥離防止のためトップコート塗装が行われる。トップコートは熱硬化型塗料が主流であり、弊社は「BR I GHTトップコートTシリーズ」を開発販売している。同トップコートは、顔料高分散化技術により、染料に匹敵する高い透明性を得ることができ、市場で好評を博している。

今後これらの製品群をより広く普及させることで、自動車の安全走行性ならびに意匠面での満足感をより高められるよう貢献していきたい。

7. 参考文献

1) スタンレー電気株式会社 <http://www.stanley.co.jp/make/pdf/05.pdf> : どーやって作るの?ヘッドランプの巻

2) ラドテック研究会 : UV・EB硬化技術の現状と展望(2002)

3) ファインセンシング株式会社

http://www.finesensing.com/uvcuring/UVTechNote_1.htm : UV-LED 硬化システムの最新動向