# 耐薬品性に優れる環境配慮型高輝度金属調塗料「エコネットFX-2」の開発

## *DEVELOPMENT OF "ECONET FX-2," AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY, HIGH-BRIGHTNESS METALLIC PAINT WITH EXCELLENT CHEMICAL RESISTANCE.*

村山　亮太・谷島　　徹
*Ryota MURAYAMA and Toru YAJIMA*

自動車内装部品等で求められる金属調加飾では，設備導入によるコストや施工できる形状物への制約の観点から，めっきや蒸着からスプレー塗装への代替要求が高まっている。当社は特定VOCを含まない環境配慮型高輝度塗料「エコネットFX」を製品化したが，近年はさらなる高輝度外観と塗膜性能の両立が求められている。

今回開発した「エコネットFX-2」は，従来よりも大きな塗膜乾燥時の体積収縮を用いたアルミ顔料の配向制御により，さらなる高輝度の発現を可能にした。この配向制御技術は，塗料の低固形分化に伴う薄膜化を招きやすく，耐薬品性の低下という課題があった。そこで，耐薬品性に優れる新規アクリルポリオールを設計し，この課題を克服した。さらに，新規アルミ顔料や副樹脂の選定，溶解度パラメーター（HSP）に基づくシンナー組成の適性化により，1コートでありながら2コートと同等の光沢感を持つ高輝度外観を実現している。加えて，トップコートを用いる2コート仕様にも対応でき，輝度や光沢，塗膜性能の向上および着色幅の拡大を可能とした。

In the field of metallic decorative finishes required for automotive interior parts and other applications, there is a growing demand to replace electroplating and vapor deposition with spray coating, due to the costs associated with installing specialized equipment and the limitations on the shapes that can be coated. We have commercialized "ECONET FX," an environmentally friendly, high-brightness coating that contains no specified VOCs; however, in recent years, there has been a growing demand to achieve both an even higher-brightness appearance and superior coating film performance.

The newly developed "ECONET FX-2" enables an even higher brightness by controlling the orientation of aluminum pigments through greater volume shrinkage during coating film drying compared to conventional products. This orientation control technology tended to result in thinner films due to the low solids content of the coating, which posed a challenge in terms of reduced chemical resistance. To address this, we designed a new acrylic polyol with excellent chemical resistance, thereby overcoming this challenge. Furthermore, through the selection of new aluminum pigments and auxiliary resins, as well as the optimization of thinner composition based on solubility parameters (HSP), the product achieves a high-brightness finish with a gloss level equivalent to a two-coat system, even with a single coat. In addition, it is compatible with a two-coat system using a topcoat, enabling improvements in brightness, gloss, and coating performance, as well as a broader range of color options.

## 1．まえがき

自動車や家電などの工業製品に使用されるプラスチック部品において，製品の付加価値を高める要素として意匠性は重要となっている。なかでも高級感を演出できる高輝度意匠が強く求められている。

高輝度意匠を付与する代表的な手法には，鏡面のような外観となるめっきや蒸着があげられるが，設備導入によるコストが高いことや複雑形状への対応難易度が高いといった課題を抱え

ている。一方で，スプレー塗装による高輝度加飾は，鏡面には劣るが加工コストと複雑形状へも容易に適用できる点で優位性を持つ。そのため，めっきや蒸着からスプレー塗装による加飾への代替要求が増えている。

当社では，これらの市場要求に対応するため，トルエン・キシレンを含まない環境配慮型高輝度塗料「エコネット FX」を製品化し，自動車内装や光学機器分野で実績を重ねてきた。しかし近年の更なるデザイン要求の高度化に伴い，めっきや蒸着により近い輝度や光沢感を有する外観と，厳しい使用環境に耐えうる塗膜性能の両立が求められるようになってきている。そのため，エコネット FX では顧客要望に十分に応えることができないケースが増えてきた。

そこで，アクリルポリオールと体積収縮の大きい繊維素系樹脂を併用して輝度を高めたエコネット FX の技術をベースに，さらに輝度，光沢を高めた塗料「エコネット FX-2」を開発したので報告する。本製品は優れた塗膜性能を有しつつ，1 コートでも従来の高輝度塗料の 2 コート仕様と同等の光沢感を実現している。加えて，トップコートで保護する 2 コート仕様にも対応でき，輝度や光沢，塗膜性能の向上および着色幅の拡大が可能である。

## 2．開 発 方 針

本開発では，従来の金属調塗料では得られなかった高輝度外観と自動車部品等に求められる塗膜性能の両立を目的とした。さらに，1 コートでありながら，2 コートと同等の光沢感を実現することも目指した。これら目標を達成するため，体積収縮によるアルミ顔料の配向制御と薄膜でも塗膜性能に優れた樹脂の設計に着目し開発を行った。

### 2.1　体積収縮による配向制御と樹脂設計

塗装により高輝度意匠を実現するためには，アルミ顔料を塗膜内で均一かつ被塗物に対して平行に配向させ，光の散乱を抑える必要がある。しかし，従来の塗料では乾燥過程での体積収縮が小さいため，アルミ顔料の配向乱れによる輝度低下という課題があった。この課題を解決し，アルミ顔料の輝度を最大限に発揮させるため，**図 1** に示すとおり，本開発ではより大きく塗膜の体積収縮を利用する設計とした。

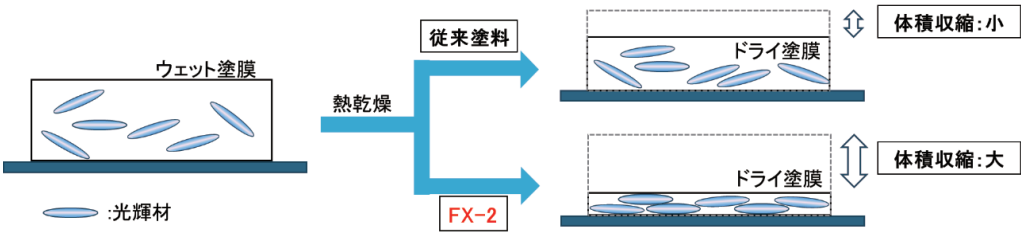



**図 1　乾燥時の塗膜収縮**
Coating Shrinkage During Drying

体積収縮を利用した配向制御では，ウェット塗膜とドライ塗膜の膜厚差が大きくなるため，従来の塗料と同じウェット膜厚で塗装するとドライ塗膜は薄膜化する。その結果，塗膜強度が低下したり，薬品の浸透を防ぐことが難しくなり，塗膜物性が低下する。実際に，**図 2** に示すとおり，従来の高輝度塗料では，薄膜時には耐薬品性が不足するため，塗装作業性の観点から体積収縮を抑制し，膜厚を確保できる設計とする必要があった。そこで本開発では薄膜化に伴う物性低下を克服すべく，薬液の浸透を抑える目的でガラス転移温度（Tg），分子量に着目して新規アクリルポリオールを設計した。

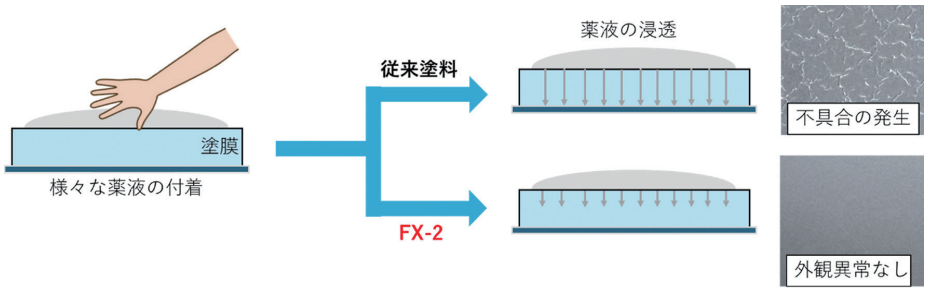



図2　耐薬品性試験後の塗膜イメージ
Schematic Diagram of Coating After Chemical Resistance Testing

### 2.2　アルミ顔料の性能発現

高輝度意匠において，アルミ顔料の選択は重要な要素となる。現在，従来品と比較してより平滑で極めて薄いアルミ顔料の開発が進められている。この新規極薄アルミは理想的に配向することで粒子感が目立たず，光の散乱も抑えられるため，より高い輝度が得られる。一方で，その薄さのため配向制御が難しいといった課題がある。開発品のコンセプトである従来よりも大きな体積収縮を利用し，この極薄アルミ顔料の配向制御による高輝度外観を目指した。

### 2.3　輝度と光沢の評価方法

本開発品では重要な指標の一つが輝度である。輝度の評価方法として，人間の目視評価との相関が高いとの報告がある 60° 光沢値と $L^*$ 値を用いた $G(60°)/L^*(45°)$ を指標とした。また，光沢の指標として微細な塗膜表面凹凸の影響を捉えることができる 20° 光沢値を用いた[(1)(2)]。

## 3．塗 料 設 計

### 3.1　樹脂設計

#### 3.1.1　樹脂系の設定

本検討では，従来の高輝度塗料と同様に基本性能を担うアクリルポリオールに対し，繊維素系樹脂を併用する設計とした。繊維素系樹脂は高分子量で非常に粘度が高いという特徴を持つ。そのため，多量の溶剤で希釈し，塗装に適した粘度に調整する必要があるため，塗料中の固形分が低くなる。これにより，ウェット塗膜からドライ塗膜に至る乾燥過程で揮発する溶剤量が増えるため，体積収縮が大きくなる。**表 1** に示すとおり，この体積収縮が大きい程アルミ顔料の配向性が高まり，輝度が向上することを確認した。一方で，同じウェット膜厚では低固形分化によって膜付き性の低下により薄膜化した。

表 1　体積収縮と塗膜外観の関係
Relationship Between Volume Shrinkage and Coating Appearance

| | | |
|---|---|---|
| 固形分 | 高 | 低 |
| 体積収縮 | 小 | 大 |
| 膜付き性 | 良 | 悪 |
| 輝度 | 低 | 高 |

前述したように，体積収縮を利用した配向制御方法は，アルミ顔料の配向に有利にはたらく一方で，膜付き性の悪化により塗膜が薄膜となりやすく，塗膜性能の確保が難しい。そこで，薄膜においても十分な塗膜性能を確保するため，主樹脂となる新規アクリルポリオールの開発を行った。

アクリルポリオールの開発においては，耐薬品性の向上のために Tg と分子量に着目し樹脂検討を行った。**表 2** に示すとおり，高 Tg，高分子量とすることで，耐薬品性の良化を確認した。一方で，Tg および分子量が高すぎると樹脂の溶剤溶解性が悪くなりレベリングおよび塗装作

業性が低下した。そこで本開発では，Tg と分子量を適性化することで樹脂の溶剤溶解性と耐薬品性のバランスをとる設計とした。この新規アクリルポリオールにより，薄膜であっても耐薬品性試験において優れた性能を有することを確認した。これにより従来の高輝度塗料と比較して，より大きな体積収縮の利用と塗膜性能の両立が可能となった。

**表2　アクリルポリオールの分子量および Tg の変化による影響**
Effects of Changes in Molecular Weight and Tg of Acrylic Polyols

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 分子量 | 低 → 高 | | | |
| Tg | 低 → 高 | | | |
| 樹脂の溶剤溶解性 | 高 → 低 | | | |
| 輝度 | 低 → 高 | | | |
| 耐薬品性 | × | × | ○ | ○ |
| レベリング | ○ | ○ | △ | × |
| 塗装作業性 | ○ | ○ | △ | × |

### 3.1.2　副樹脂の選定

新規アクリルポリオールと繊維素系樹脂の併用により，輝度や塗膜性能は良好となった一方で，レベリングや塗装作業性が不十分であった。これを改善するために副樹脂の併用を検討した。一般的に副樹脂は塗膜性能や塗装作業性の向上などを目的に，主樹脂と比較し低分子量で高固形分の樹脂を配合する。その種類にはアクリル系樹脂，ポリエステル系樹脂，ポリカーボネート系樹脂など様々な樹脂があげられる。**表 3** に示すとおり，副樹脂の配合量が多いと一般的に，レベリングや作業性に有利にはたらくが，輝度や耐薬品性が低下する。そのため，副樹脂の種類や構造，分子量や配合量を適性化することで，レベリングおよび塗装作業性と塗膜性能を両立した。

**表3　副樹脂による影響**
Effects of Auxiliary Resins

| | | | |
|---|---|---|---|
| 副樹脂配合量 | なし → 多 | | |
| 輝度 | 高 → 低 | | |
| 耐薬品性 | ○ | ○ | × |
| レベリング | △ | ○ | ○ |
| 塗装作業性 | △ | ○ | ○ |

ここまでに述べたとおり，樹脂の配合比率を適性化することにより耐薬品性を確保しつつ，高輝度外観を得ることができた。しかし目標としている 1 コートで従来の高輝度塗料の 2 コート仕様と同等の光沢感を得るためには樹脂の設計だけでは不十分であった。

### 3.2　アルミ顔料の選定

1 コートで従来の高輝度塗料の 2 コート仕様と同等の光沢感を得るために，極薄のアルミ顔料の検討を行った。アルミ顔料自体にも厚みがあるため，従来のアルミ顔料では**図 3** に示すとおり，理想的に配向しても塗膜表面に凹凸が生じてしまう。一方で極めて薄いアルミ顔料は，厚みが薄いため，理想的に配向すれば，塗膜表面の凹凸を低減できる。加えて，従来のアルミ顔料と比較して比表面積が大きく隠蔽性が高いため配合量の低減が可能であり，光沢低下の要因となる塗膜表層の凹凸を最小限に抑えられる。一方で，この薄さは塗膜内でのアルミ顔料の挙動を不安定化し，配向制御を困難にする要因ともなる。

**図 4** に示すとおり，従来の高輝度塗料では，体積収縮が不十分なため，極薄のアルミ顔料が理想的に配向できず，期待した程の高い輝度，光沢が得られなかった。一方で，今回開発した

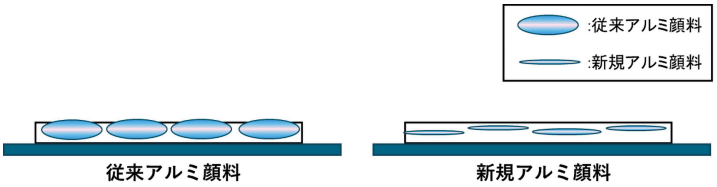



図３　アルミ顔料の表面凹凸への影響
Effect of Aluminum Pigments on Surface Roughness

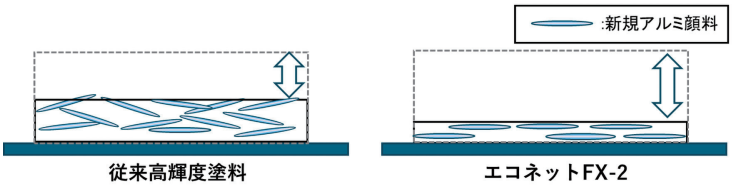



図４　極薄アルミ顔料の配向制御
Orientation Control of Ultrathin Aluminum Pigments

表４　アルミ顔料種ごとの輝度，光沢の評価
Evaluation of Brightness and Gloss for Various Aluminum Pigments

| | エコネット FX-2 | | 従来高輝度塗料 | |
|---|---|---|---|---|
| | 従来アルミ顔料 | 極薄アルミ顔料 | 従来アルミ顔料 | 極薄アルミ顔料 |
| 輝度 ($G_{(60°)}/L^*_{(45°)}$) | 3.9 | 5.7 | 2.2 | 3.0 |
| 光沢 ($G_{(20°)}$) | 46 | 96 | 26 | 34 |

エコネット FX-2 は体積収縮がより大きいため，均一かつ平行に配列させることが可能である。実際に，**表 4** に示すとおり，エコネット FX-2 に極薄アルミ顔料を配合することで従来高輝度塗料と比較し輝度の値が約 2 倍，光沢は約 3 倍に大きく上昇することを確認した。このように，配向性を高める設計としたことにより，極薄アルミ顔料の性能を発揮することが可能となった。また，従来アルミ顔料配合時でも配向性が向上し，従来高輝度塗料と比較して輝度，光沢の向上を確認した。

### 3.3　溶解度パラメータに基づくシンナーの選定

塗装時の霧化性と素材塗着後の塗料の流動性は，シンナーによる樹脂の溶解力に依存し，アルミ顔料の配向性やレベリングに大きく影響する。そのため，シンナーも高輝度外観の発現に重要な要素となっている。高輝度外観を発現するシンナーを設計するために，物質同士の溶けやすさを「分散力」「極性」「水素結合力」の 3 つの指標で数値化した Hansen 溶解度パラメータ（Hansen Solubility Parameters：HSP）を用いて検討を行った。

#### 3.3.1　樹脂の溶解性評価とハンセン球の作成

設計したエコネット FX-2 の樹脂に対し，各種溶剤溶解性を評価し，それらの溶解，不溶の判定データを基に，Pirika.com 合同会社製 HSPiP（実践ハンセン溶解度パラメータ）ソフトウェアを用いてエコネット FX-2 のハンセン溶解球を算出した[(3) (4)]。算出したハンセン溶解球を**図 5** に示す。

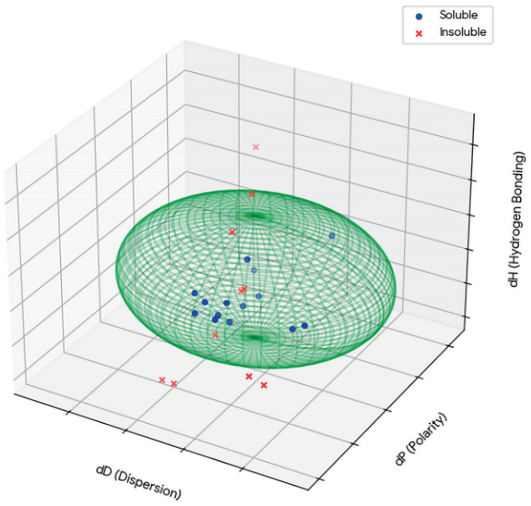



**図5　エコネットFX-2のHansen溶解球**
Hansen Sphere of ECONET FX-2

算出した溶解球に基づき，各溶剤の溶解性を相対的エネルギー差（RED: Relative Energy Difference）を用いて評価した。RED値はRED=Ra/Ro（Ra: 溶剤と樹脂のHSP距離，Ro:Hansen球の半径）で表され，RED<1であれば溶解，RED>1であれば不溶と判定される。

### 3.3.2　RED値に基づくシンナーの設計

スプレー塗装時には霧化性が良く，素材塗着後は流動性を抑えることができるシンナーは，アルミ顔料の配向に有利に働き，高輝度外観の発現に寄与する。この過程を実現するため，低沸点溶剤のRED値を1より小さくして塗装時の霧化性を確保しつつ，高沸点溶剤のRED値を1より大きくすることで流動性の制御を行った。しかし，高沸点溶剤のRED値が1を大きく超える場合，急激に樹脂が不溶化し，レベリング不良や輝度の低下が生じた。そのため，高沸点溶剤のRED値を適性領域に調整し，塗着後の流動性を制御することで，より高い高輝度外観を達成することが可能となった。

### 3.4　2コート仕様

本開発品は，1コート仕様で自動車内装部品等に求められる塗膜性能（耐薬品性，耐摩耗性等）を有するが，さらに厳しい耐候性や耐久性が要求される自動車外装部品や屋外製品への適用を目指し，トップコートを有する2コート仕様の検討を行った。

一般に，高輝度塗料の上にクリア塗装を行うと，トップコートに含まれる溶剤がベースコートをアタックし，アルミ顔料の配向性を乱すことで輝度が低下する課題がある。しかし，本開発品は前述の通り，新規設計樹脂により耐薬品性の高い塗膜を形成しているため，トップコート塗装時の耐溶剤性が高く，加えてエコネットFX-2に適したトップコートのシンナー設計をすることで上塗りによる輝度低下を最小限に抑えることが可能となった。さらに，2コート仕様の場合は，トップ層で耐薬品性や摩耗性等の塗膜性能を確保できるため，高輝度ベース層の配合設計自由度が広がることで輝度をより高くすることができた。

トップコートには，当社が既に市場実績を持つ汎用アクリルウレタン塗料（エコネットシリーズ，プラネットシリーズ）を適用可能である。これにより，用途に応じた機能（耐擦傷性，高耐候性等）を付与することができ，内装部品や家電製品にとどまらず，外装部品など幅広い分野へ適用できる。

## 4．性能評価

### 4.1　輝度外観

エコネットFX-2と従来高輝度塗料との輝度，光沢の比較を**図6**に示す。横軸に輝度評価値，縦軸に光沢評価値をとっており，グラフの右上ほど高輝度，高光沢となる。図6に示すとおり，

エコネット FX-2 の輝度は，従来の 1 コートのみならず，2 コート仕様の数値を上回っている。また，光沢においても 2 コート仕様と同等であることを確認した。さらに輝度，光沢を重視した高輝度ベース層にトップコートを塗装することで十分な塗膜性能を確保しつつ，輝度，光沢がより向上することを確認した。

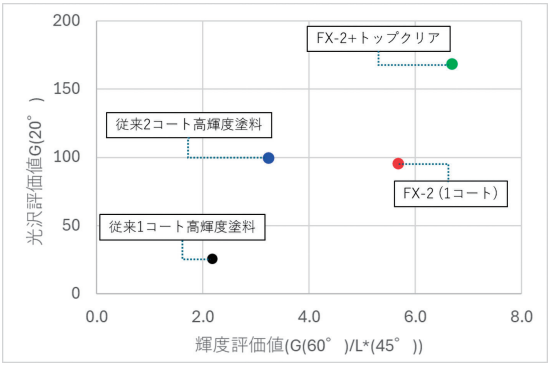



**図6　従来の高輝度塗料とエコネットFX-2の輝度，光沢比較**
Comparison of Brightness and Gloss Between Conventional High-Brightness Coatings and ECONET FX-2

### 4.2　意 匠 性

エコネット FX-2 のカラーバリエーションを**図 7** に示す。耐薬品性を有する新規アクリルポリオールの設計により，輝度を維持したまま濃色の発色が可能となった。また**図 8** に示すとおり，トップコートに着色を行うことで意匠性をより広げることも可能である。



**図7　エコネット FX-2のカラーバリエーション**
ECONET FX-2 Color Variations



**図8　トップコートによる着色**
Coloring with Topcoat

### 4.3　塗膜性能評価

エコネット FX-2 の塗膜性能評価を**表 5**，**表 6** に示す。

**表5　エコネット FX-2（1 コート仕様）の塗膜性能［基材：ABS］**
Coating Properties of ECONET FX-2 (1-Coat System) [Substrate: ABS]

| 試験項目 | 試験条件 | 結果 |
|---|---|---|
| 鉛筆硬度 | 三菱鉛筆ユニ（HB 以上） | ○ |
| 付着性 | 1mm 碁盤目テープ剥離 | ○<br>剥離なし |
| 耐湿性 | 50℃× 98%RH × 240h | ○<br>剥離なし |
| 耐アルカリ変色性 | 0.1N NaOH スポット法 55℃× 4h | ○ |
| 耐酸変色性 | 0.1N $H_2SO_4$ スポット法 23℃× 50%RH × 24h | ○ |
| 不粘着性 | ガーゼ 70℃× 3h 500gf Φ40mm | ○ |
| 耐日焼け止めクリーム性 | 市販の日焼け止めクリーム<br>0.5g/100$cm^2$ 60℃× 4h | ○ |
| 耐アルコール摩耗 | 80% エタノール 荷重 9.8N/$cm^2$　10 回<br>ガーゼの色移りなし | ○ |
| 耐光性 | FOM 400h | ○ |

**表6　エコネット FX-2+ トップクリア（2 コート仕様）の塗膜性能［基材：ABS］**
Coating Properties of ECONET FX-2+ Topcoat (2-Coat System) [Substrate: ABS]

| 試験項目 | 試験条件 | 結果 |
|---|---|---|
| 鉛筆硬度 | 三菱鉛筆ユニ（HB 以上） | ○ |
| 付着性 | 2mm 碁盤目テープ剥離 | ○<br>剥離なし |
| 耐湿性 | 50℃× 98%RH × 240h | ○<br>剥離なし |
| 耐アルカリ変色性 | 0.1N NaOH スポット法 55℃× 4h | ○ |
| 耐酸変色性 | 0.1N $H_2SO_4$ スポット法 23℃× 50%RH × 24h | ○ |
| 耐候性 | SWOM 2000h | ○ |

### 4.4　標準塗装仕様

エコネット FX-2 の標準塗装仕様を**表 7** に示す。

**表 7　エコネット FX-2 標準塗装仕様**
Standard Coating Specifications of ECONET FX-2

| | |
|---|---|
| 主剤 | エコネット FX-2 |
| 硬化剤 | ポリハード ZP-16 |
| シンナー | 標準：エコネットシンナー 2K#55<br>PC：エコネットシンナー FXPC#55 |
| 混合比（主剤 / 硬化剤 / シンナー） | 100/8/100 ～ 180 |
| 推奨膜厚 | 8 ± 2 μm |
| セッティング | 常温× 5 min |
| 乾燥条件 | 80℃× 30 min |
| 基材 | ABS，ABS/PC，PC/PBT，PC |

## 5．む　す　び

本報告では，自動車内装部品等の高意匠化に貢献する高輝度塗料「エコネット FX-2」の開発について述べた。

本開発では，従来よりも大きな体積収縮を利用したアルミ顔料の配向制御と，耐薬品性に優れる新規アクリルポリオールの設計により，高輝度外観と薄膜での塗膜物性確保を可能とした。さらに新規極薄アルミ顔料の採用と HSP に基づくシンナー設計により，さらなる輝度，光沢の向上を達成した。加えて，2 コート仕様とすることで，トップコートにより輝度や光沢，塗

膜性能の向上及び着色幅の拡大を可能とした。

本製品は，高輝度外観と塗膜性能を両立させた塗料として，めっきや蒸着の代替意匠として貢献が期待できる塗料である。今後も常に高まる高輝度化への要求に合わせて改良を重ね，より高い意匠性と塗膜物性および塗装作業性の両立を目指していく。

## 参考文献


⑴ 藤枝宗：自動車塗装における究極の意匠を目指して，2025 年度 第 1 回講演会予稿集．日本塗装技術協会，2025, pp.10-11.

⑵ 谷島徹：塗装工程における省工程・省人化を実現する当社の塗料製品，塗装技術．2026，2026 年 4 月号．

⑶ HSPiP の概要
https://www.pirika.com/wp/chemistry-at-pirika-com/hsp/hspip/hspip-abs

⑷ 小林敏勝：SP 値、表面張力の求め方、使い方とコーティング材料への応用例，(株)R&D 支援センター，2022 年 6 月 8 日


◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇


**村山　亮太**

ケミトロニクス事業部　技術部
2020 年入社，主に自動車用塗料の改良・開発に従事。

**谷島　　徹**

ケミトロニクス事業部　技術部
2013 年入社，主に自動車用塗料の改良・開発に従事。