

塗装レス（塗装代替）加飾

2025/08/06 大更新
MTO技術研究所

1. 塗装レス（塗装代替）加飾について

ウェット方式の加飾は、塗装やめっきなど液体（溶剤）を使用するもので、優れた加飾ならびに機能付加加飾技術であるが、主に溶剤を使用することから VOC（揮発性有機化合物、Volatile Organic Compounds の略）発生の問題や、CO₂ 発生の問題がある。

図 1 に、世界各国の燃費規制値（走行時の CO₂ 排出規制）、図 2 に、動力別の CO₂ 排出量、生産数量予想、乗用車のライフサイクル CO₂ 排出量、図 3 に乗用車、材料のライフサイクル CO₂ 排出量、図 4 に自動車関係の環境問題取り組み状況を示す。

図 2 に示すように、自動車において、全世界で、走行時の CO₂ 排出規制が年々厳しくなってきたこと¹⁾、自動車製造工程でも CO₂ の排出削減が求められる。自動車製造工程の CO₂ 排出の 20% を占めるボディ塗装での CO₂ 排出ならびに VOC 発生削減も重要で、自動車のボディパネルの製造において、塗装レスのニーズが高くなり、プラスチック加飾の検討が行われ、採用例も増えてきている。トヨタ自動車(株)では 2035 年までに世界の自社工場の CO₂ 排出量を実質ゼロに。工場においてまずは CO₂ 排出量の多い塗装と鋳造の工程の脱炭素化に重点（2021/6/未発表）、2030 年に世界販売 1000 万台の内、350 万台を EV の目標を掲げている（2021/12/14）。ただし、図 4 に示すように、BEV が次世代車の“本流”にならない 4 つの理由をあげ、全方位戦略を打ち出している。

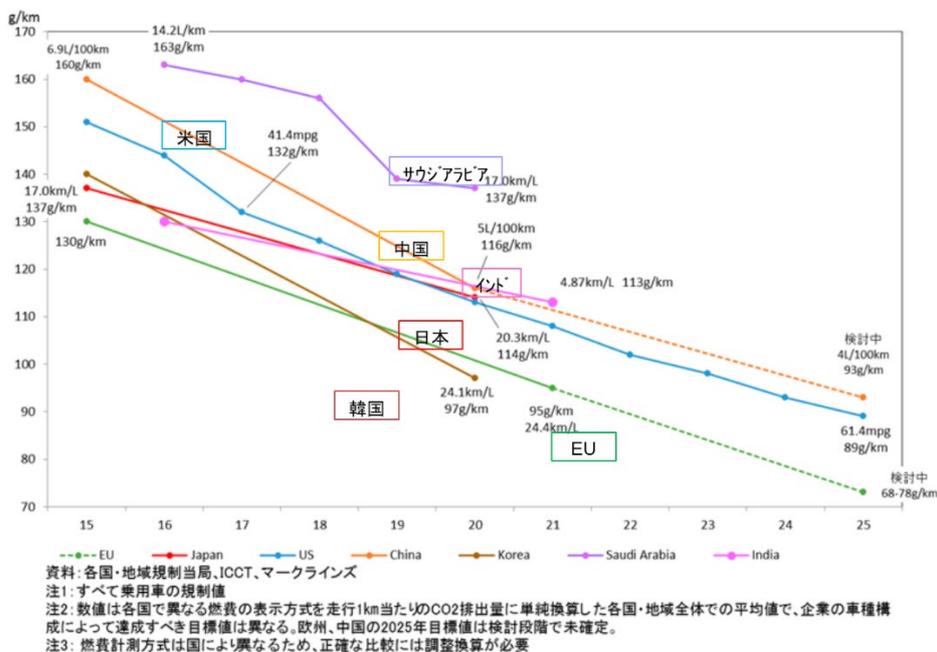
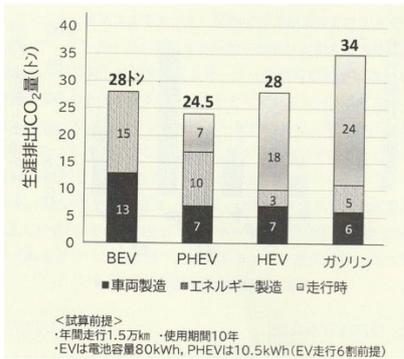


図 1 世界各国の燃費規制値（走行時の CO₂ 排出規制）

自動車の動力源別ライフサイクルCO₂排出量



(自動車材料の最新技術と市場(CMC)から)

自動車の動力源別生産数量予想

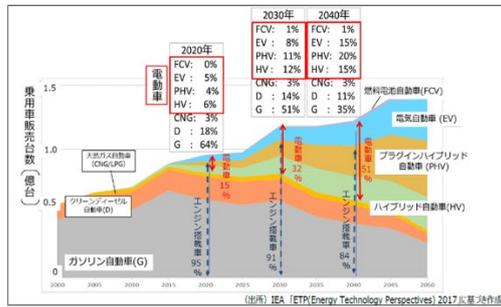


図2 動力別のCO₂排出量、生産数量予想

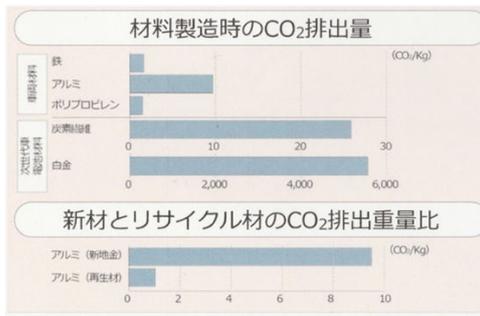
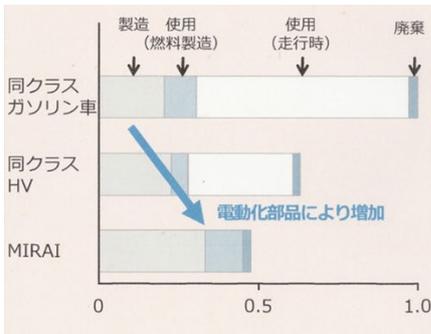


図3 乗用車および、材料のライフサイクルCO₂排出量

主要国の取組み

- ・中国: 2035年にEV/HVを50/50としてガソリン車はゼロ
- ・英国、フランス: 2035、2040までにガソリン車の新規販売禁止
⇒2035年以降も条件付きで、合成燃料使用のガソリン車など内燃機関車の新車販売を認める
- ・日本: 2030までに、EV,HVを50~70%に

トヨタ自動車の取組み

TOYOTA Environmental Challenge2050

- ・新車CO₂ ゼロチャレンジ
- ・工場CO₂ ゼロチャレンジ
- ・ライフサイクル ゼロチャレンジ

2035年までに世界の自社工場のCO₂排出量を実質ゼロに。工場においてまずはCO₂排出量の多い塗装と鋳造の工程の脱炭素化に重点。(2021/6/未発表)。2030年に世界販売1000万台の内、350万台をEVに(2021/12/14)

BEVが次世代車の“本流”にならない4つの理由—トヨタの全方位戦略(全面BEV化を否定する4つの理由)

1. フル充電に要する時間の問題、新興国での充電設備
2. 各国の電力事情 欧州以外では未だにCO₂を排出する化石燃料燃焼型電源が圧倒的に多い⇒発電段階でのCO₂削減に限界がある
3. 自動車製造がEVに置き換わると、水平分業ピラミッド構造が崩壊
4. 現在、車載バッテリーの世界シェアで中国が50.7%を占め、有事における懸念がある(「チャイナリスク」)

図4 自動車関係の取組み状況

VOC、CO₂削減は世界的な目標で、加飾においても、ウェット方式加飾(塗装、めっき)

からドライ方式加飾への移行にも大きな関心が持たれている。

ウェット方式である塗装やめっきから代替できる主要加飾として、**図5**に示すように、乾式方法の材着樹脂による加飾（モールドインカラー）とフィルム貼合、転写加飾およびインモールド塗装（IMP）等が考えられる。他に、インクジェット、ホットスタンプの適用もある。塗装に替わって使用される加飾を、塗装レス加飾、塗装代替加飾、ペイントフリー加飾と言う。本資料では、主として「**塗装代替加飾**」を使用する。

また、真空蒸着は、乾式めっきとも呼ばれ、湿式めっき（通常めっき）に替わる加飾として使用されている。**図6**は、超高塗着エアレス塗装システム（トリニティ）であり、自動車1台当たり4kgの工場CO2排出量削減を見込んでいると言われている。このような改善もあり、塗装代替のニーズは高いが、その展開は速くはない。

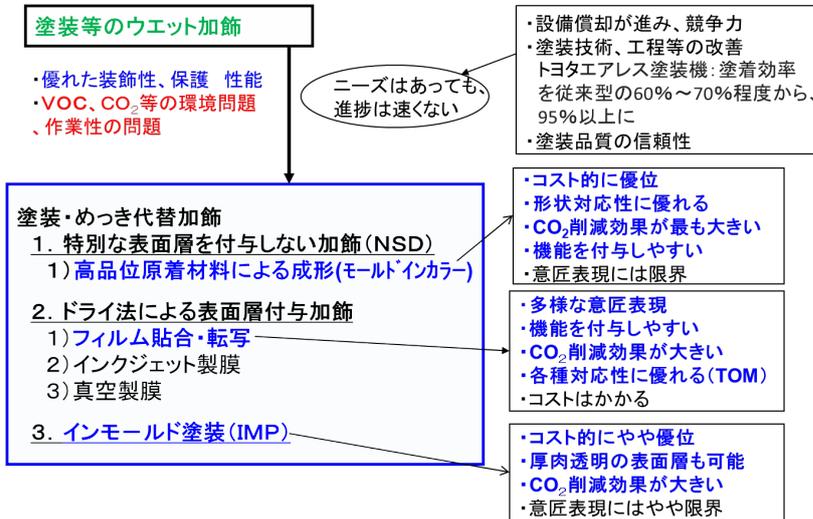
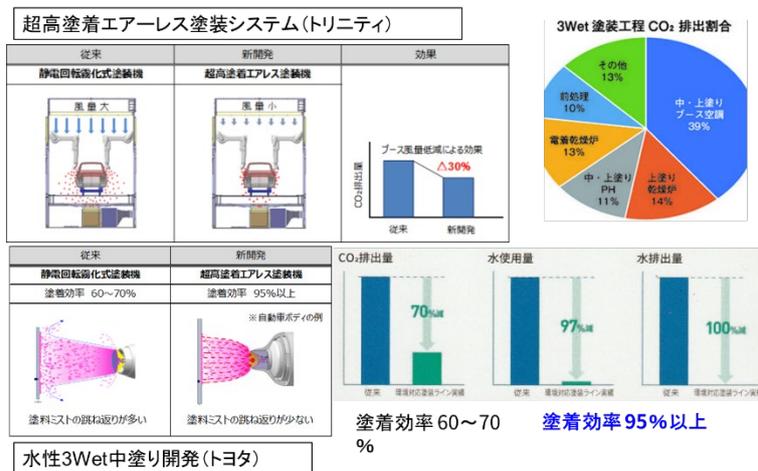


図5 塗装レス（塗装代替）加飾のニーズ



自動車1台当たり4kgの工場CO2排出量削減を見込んでいる。

図6 塗装の改善例

塗装代替加飾方法の比較（塗装代替自動車外装部品の成形をメインとした比較）を表1、
 図7に示す。

表1 塗装レス（塗装代替）の成形工法の比較—1（自動車外装部品）

方法	律速工程 の成形 サイクル	意匠表現 テクスチャ *1	表面性能 耐擦傷性 等*2	形状 対応性 *3	機能 付与	VOC、CO ₂ 削減	
						CO ₂ 排出量*5 (2021/2030年)	製品コスト推定 原価計算*6 (2021/2030年)
1-1 NSD(射出成形、MIC)	○	△	○～	◎	○	◎(0.25/0.22)	◎
1-2 NSD(熱成形)	○	△	○～	△～○	○	○	○
2-1 P-IMF(予備賦形IMF)	△～○	△～○	○～	○	○	○	△
2-2 OMD(TOM)	△	○	○～	○～◎*4	◎	○(0.41/0.36)	△
2-3 OMD(neoTOM)	△	○	○～	○～◎*4	◎	○	△
2-4フィルムラッピング(共和レザー方式)	×～△	○	○～	△～○	○	○	△～○
3 インモールド塗装	○	△～○	○～	○	○	○(0.33/0.29)	○
5 プラスチックに塗装	○?	△	◎	○	△	×	—
6 金属に塗装	○?	△	◎	△	△	×(2.41/1.30)	○?

注1) (良)◎>○>△>×(悪)

注2) *1: 高意匠性以外にマルチカラー、テクスチャ表面などを含む総合評価。

注3) *2: 自動車メーカーの資料、その他を参考にして推定。IMC品は塗装と同等との評価もある

注4) *3: シャープ形状、深い形状、アンダーカット、リブ・ボス、大寸法対応などを含む総合評価。

注5) *4: 中空基材(二重壁等)、板金基材などが使用可能

注6) *5: CO₂排出量の数値は、190*60*max20mmの成形品で試算されたD plus F Lab様資料引用

注7) *6: コストは、注6)で試算された数値も参考にして推定(計算値には疑問)

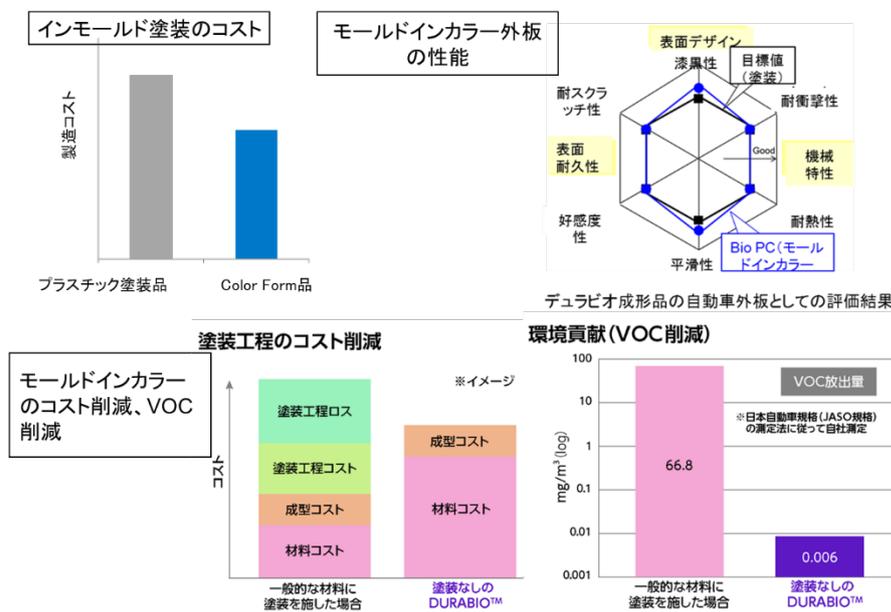


図7 塗装代替自動車外装部品の成形工法の比較—2

主要3工法とも、VOC発生の問題や、CO₂発生の環境問題抑制、作業性の向上ができる方法であり、**モールドインカラー(MIC)**は、意匠表現性には限界があるが、低コストで、形状対応性に優れ、機能も付加しやすく、CO₂発生抑制で最も効果が大きい方法であ

る。**フィルム貼合、転写加飾（フィルム系）**は、コストがかかる方法であるが、意匠表現性に優れ、機能付加性に優れた方法である。TOM、neoTOMは各種対応性にも優れている。また、**インモールド塗装（IMP）**は、塗装の一種であるが、有機溶剤等を使用せず、金型内に反応性塗料を注入する方法で、塗装代替加飾として位置付けている。通常の塗装と同等の外観が得られ、厚肉透明表面層も得られる方法である。

多様な意匠表現が必要な場合は、表1の2-1~4のフィルム系が優れており、形状対応性では、1-1、次いで2-2、3が優れている。2-1、3も一般形状対応性は良好である。3は、最近、欧州で、部品統合に対応して、大型部品への展開が進んでいると言われていた（筆者が当初、製品サイズに限界があるとしていたのは、薄い表面層を想定していたため、認識不足であった）

コストでは、MICが最も優位で、フィルム系は、厳しいと考えられる。IMPは、通常塗装よりコストがかかるとの試算もあるが、Krauss Maffeiの日本の代理店のCSIクレオスは、ある程度以上のサイズでは、IMPの方が優位と言っている。

2 自動車外板（ボディ パネル）への塗装レス加飾技術の展開状況

図1に示したように、自動車において、全世界で、走行時のCO₂排出規制が年々厳しくなっており、同時に、自動車製造工程でもCO₂の排出削減が求められる。自動車製造工程のCO₂排出の20%を占めるボディ塗装でのCO₂排出ならびにVOC発生の削減も重要で、自動車のボディ パネルの製造において、塗装レスのニーズが高くなり、プラスチック加飾の検討が行われ、採用例も増えてきている。

図8は、塗装代替自動車外装等の検討状況である。

- | |
|---|
| <p>1. 加飾フィルム貼合</p> <ul style="list-style-type: none">・欧州では、以前(2000年代前半)から、加飾フィルム貼合品が自動車外装に採用。・布施真空のTOM成形による自動車外装部品が「3次元表面加飾技術展2015」で大きな反響。さらに、新システムNeo-TOMを開発。・ダイハツのキャスト、トヨタのボルテ(特別仕様車)、マツダ「CX-30」などのルーフに採用。・日本の自動車メーカーで、2010年代前半から検討推進⇒2017年頃から投資の方向性が、「CASE、SDGs」にシフトし、やや下火に⇒現時点では再度積極的に検討。・塗装では困難な意匠(絵柄、テクスチャ、グラデーション等)が可能。 <p>2. 高外観原着材料のモールドインカラー</p> <ul style="list-style-type: none">・欧州では、以前から、モールドインカラーが自動車外装に採用。・日本で、高耐久/高外観原着材料が開発され、自動車内装に続いてマツダが外装に採用。自社の評価で、塗装品と遜色がないことを公表。・コスト面での魅力が大きい。 <p>3. インモールド塗装(IMP)</p> <ul style="list-style-type: none">・K2016でKraus Maffei が展示。・その後、IM-Dとの組合せなども含め、技術が向上。・他のメーカー(日欧)でも検討 <p>4. フィルムラッピング(加飾フィルム貼合の1種)</p> <ul style="list-style-type: none">・カーラッピングフィルムで、自分の車に好みの加飾も可能。 |
|---|

図8 塗装代替自動車外装等の検討状況

塗装レス（塗装代替）の検討を行うにあたっての留意点は、図9のとおりである。

*** 単に、従来の塗装品の代替だけでは大幅な普及は難しい。**

材料、意匠、機能付与などの特徴を盛り込んだ**塗装では困難な新たな外装**を目指すことが重要。

*** 付加検討項目**

- ・環境性能、作業性改善 (VOC削減等)
- ・高度な装飾付与 (絵柄、グラデーション、テクスチャ) **必要か否か？**
- ・電気性能付与 (電波、ミリ波、赤外線透過、EMIシールド等)
- ・光性能付与 (LED照明、透過)
- ・空力性能付与 (空気抵抗低減)
- ・セルフクリーニング
- ・断熱 (遮熱)
- ・ソーラー機能 など

*** その他**

- ・塗装部品との併用の場合
艶、色合せ または ツートン、スリートーン
- ・着せ替え (若者を中心にカスタマイズのニーズ)
(若者は、2年は同じものに辛抱できるが、5～6年は困難とも言われる)
⇒簡単に取換え可能な構造
⇒オンデマンド対応が行いやすいインクジェットを活用

図9 塗装代替自動車外装検討における留意点

3 加飾フィルム貼合自動車外装

図10、11は、欧米でのフィルム加飾の自動車外装への採用例である。欧米においては、ペイントレスフィルムの IMF による外板パネルが、2000 年代前半(2004、2005)に登場しており、表2に示すように多くのメーカーが、自動車の外装仕様を満たすペイントレスフィルム²⁾を開発し、供給している。

- 1) **Smart carの roof module**
GEの Lexan SLX filmに LGFPUをバックモールド
- 2) **Acuraの rocker panels と body side (2003,2004Acura)**
Soliantの Fluorex dry paint filmにTPOをバックモールド
- 3) **Rocker panels**
Soliantの Fluorex dry paint filmを用いてバックモールド
- 4) **Jeep Wranglerのルーフ**
8000トンのHuskyの射出機を用いてSolixの加飾フィルムをインサートしてLF RTPを射出
- 5) **フェイスヤ-**
HBPOが熱成形した高光沢着色フィルムをインサートして、PPコポリマーを射出。
- 6) **MercedesBenz A-Classの diamond radiator grill**
Kurzの chrome hot stampe箔 (ASA Luran S778T) 使用。成形はMagna Decoma。
- 7) **Smartのソリッドルーフ**
着色PMMA/ABS/PCのフィルムとGFPUのサンドイッチ構造 (3種のルーフが設定されていて、ユーザーが選択できる。
- 8) **新型「Zafira」(オベル)の パノラマルーフ** ガラスをポリウレタン製の基材で挟み、さらにポリカーボネート製のフィルムをラミネート

図10 フィルム加飾による自動車外装採用例—1 (欧米)

- 9) ベンツのラジエータグリル **クルツ社の箔を用いてホットスタンプ**
- 10) リビアンピックアップトラック「R1T」のスキッドプレート
樹脂材にメッキ⇒ウェーブロック (WAT) の金属調フィルム貼合
- 11) 米GMの「キャデラック・リリック」のドアパネル内装パーツ **(内装)**
- 12) VWのSUVタイプのEV「ID.4」ヘッドアップディスプレイ向けに40cm角の大型透明多層フィルム **(内装)** WATのフィルム
- 13) フォード「マスタング」のフロント透過エンブレム WATのフィルム



メッキに比べ製造時の電力消費が少ない

WATは、車載ディスプレイの大型化に対応し、**硬度や耐衝撃性を高めたPC/PMMA透明多層フィルムを開発**。「鉛筆硬度試験」では従来製品の「H」⇒「3H」、耐衝撃性は2倍以上。

図 1 1 フィルム加飾による自動車外装採用例一 2 (欧米)

表 2 欧米の自動車外板用フィルム

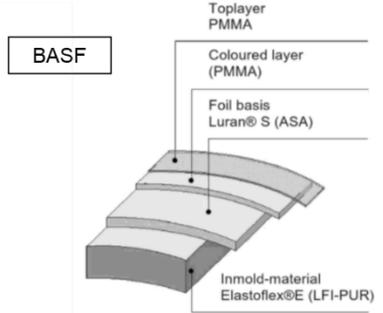
会社名	フィルム構成	採用例
Bayer	Macrofol, Bayfol(PC, PC/PBTフィルム)	自動車の内外装
Avery Dennison	Aveloy(acrylicとPVDFのClear Coat/同Color Coat /20-30milのABS or TPO)	Body-Side, Rea Tail Gate等 gloss,mat,metallic
Soliant LLC	Fluorex IMD Film(AcrylicとFluoropolymerのClear Coat/同Color Coat/Adhesive Layer/0.3-300milのABS or TPO)	Rocker Panel, Body Side等
Mayco Plastic	ClassA光沢3層 (PP & ionomer)	Front & Rear Facia
Senoplast USA	Senotop (PMMA Clear/PMMA Color/ABS,PC Blend 1-2mm)	Bumper等
Sabic	耐候処方透明PC/Lexan SLX/Lexan Color Film, Crome-look IMD Film	Smart carの roof module
BASF/Kraus Maffei	ASAフィルム/PC, ASA/PBT-PC	バックドアハッチサンルーフ (ベンツAクラス)
Senoplast USA	Senotop (PMMA Clear/PMMA Color/ABS,PC Blend 1-2mm)	Bumper等に採用

* Smart two-seat roadsterが最初に採用されたの塗装レスの水平パネル。NPE 2003 で展示

* 北米では、他に、DNP品、ウェーブロック品も採用



“SPM In-line Skin Lamination”で成形したサンプル (住友化学)



日本では、**図 1 2 ~ 1 4**のように、布施真空(株)が活発な検討を行っている。**図 1 2** 上左は、3次元表面加飾技術展 2015 での出展品で、Smart の部品を取り外し、それに TOM 成形でフィルム加飾したうえで、元の位置に戻したもの、**図 1 2** 上右は 3次元表面加飾技術

展 2017 で、Neo TOM を用いて試作したルーフパネルであり、いずれも大きな反響があった。図 1 2 中は、ホンダアキュラのラジエーターグリル（塗装フィルムを使用した転写成形品）、図 1 3 下は、帝人のバイオ PC フィルムを使用したドアハンドルである。

図 1 3 は、3 次元表面加飾技術展 2018 で展示された内外装部品、図 1 4 左は、DECOTec2023（3 次元表面加飾技術展から名称変更）のバンパー等の展示品、図 1 4 右は同 2024 での展示品で、バンパー、低温高延伸フィルム（省エネ、CO2 削減、サイクルアップ）を使用したドア、10mm 端末巻き込みしたボンネットである。布施真空（株）は、同 2024、2025 でもフーフパネルなどを展示した。

図 1 4、1 5 は、大気社の「OMD ドライ加飾システム」³⁾ で、布施真空の協力の下で、TOM の課題を十分に把握した上で、課題解決構想を盛り込んだシステムで、まずは、バンパーでの開発検討を進めている。



図 1 2 フィルム加飾による外装検討・採用例（日本）－ 1



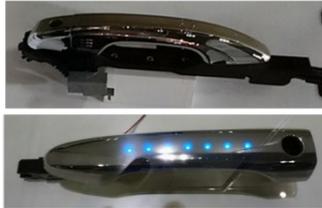
図 1 3 フィルム加飾による外装検討・採用例（日本）－ 2

TOM転写成形によるホンダアキュラのラジエータグリル



フィルムは日本パイント
オートモーティブの塗装
転写フィルム

TOM貼合成形によるドアハンドル



フィルムは帝人のバイオPC
Planext
3次元成形用金属調節シート
・高い表面硬度を保ち、200%の成形性
・カラーメタリック、ヘアラインマート
・光・電波透過性

図 1 4 フィルム加飾による外装検討・採用例（日本）－ 3

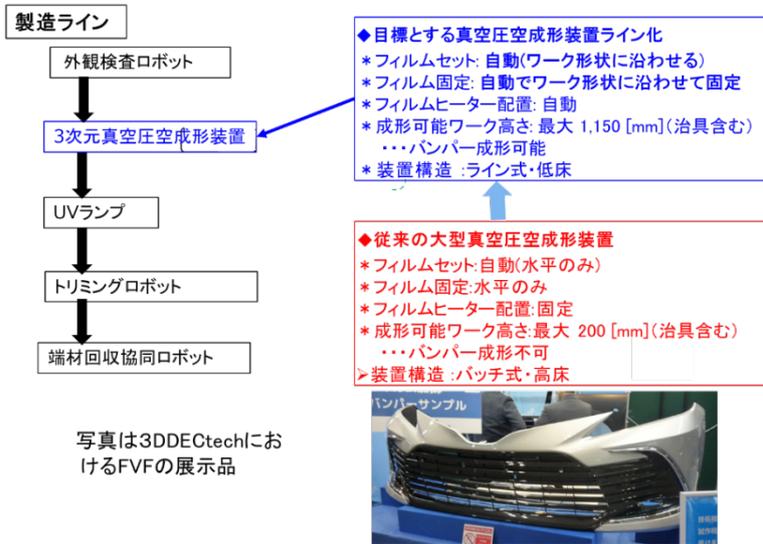


図 1 5 大気社の「OMD ドライ加飾システム」－ 1

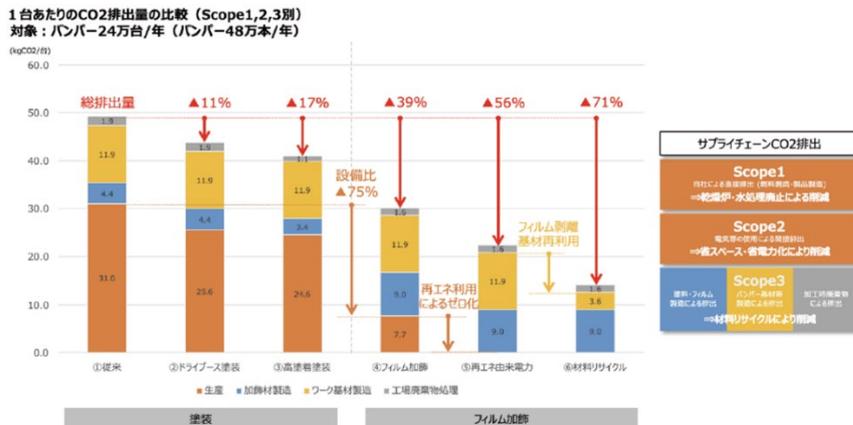


図 1 6 大気社の「OMD ドライ加飾システム」－ 2

日本は、部品検討が先行しているが、北米で TOM によるボディパネルの検討が行われており、採用の可能性があり、北米で採用されれば、次は、中国と言われている。

日本での実車では、**図 17**に示すようにダイハツのキャスト、ミライース、コペン、トコットの2トーンのルーフパネル⁴⁾、さらに、トヨタのポルテ⁵⁾、スペイド特別仕様車の2トーンルーフパネルに、共和レザー(株)が開発したフィルム、工法⁶⁾を用いて成形され、採用された。本方法では、基材と予備賦形されたフィルムが、エア、水抜きをしながら、水張りで接着される。すなわち、通常の IMD や OMD (TOM) と異なり、この次に説明するフィルムラッピングに分類した方がよいと思う。ただ、通常のフィルムラッピングでは、予備賦形品を使用せず、通常、短期使用が前提になっており、これと区分するため、筆者は、「共和方式フィルムラッピング」の名称を用いている。

図 18は、マツダでの採用例で、左上は、ダイハツ品と同様な方法、右上は、上塗り塗装を1工程減らし、PVC を張り付けていると言われている。(右はホットスタンプである。)

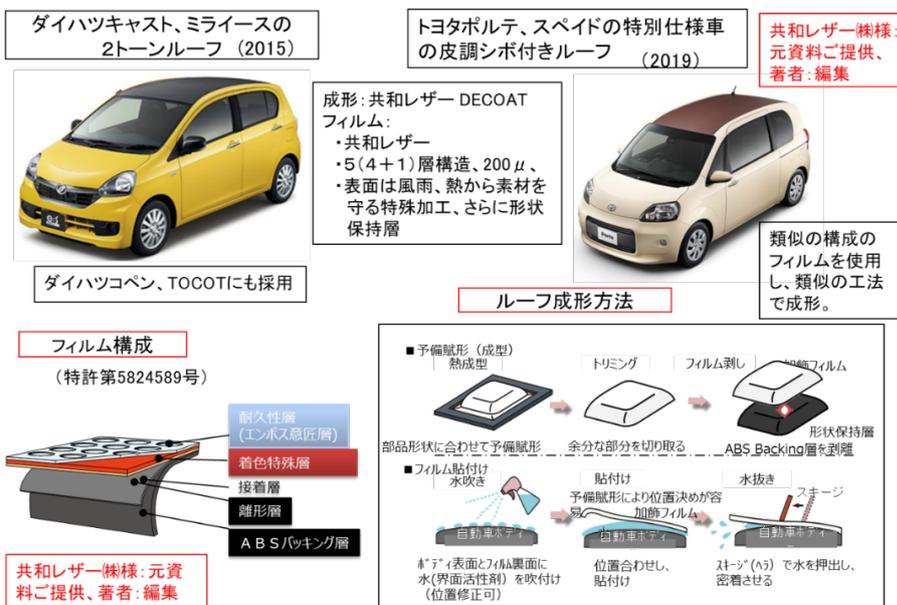


図 17 フィルム加飾による外装採用例 (日本) - 1



図 18 フィルム加飾による外装検討 (日本) - 2

キャストのルーフには、**図 1 9**に示すように、セルフクリーニング機能が付加されており、共和レザーは塗装でできないが、フィルム加飾では可能な主要な意匠例を**図 2 0**に、インクジェット利用によるバリエーション豊かな意匠表現を**図 2 1**に示している。



図 1 9 セルフクリーニング性能



図 2 0 塗装ではできない主要な意匠例



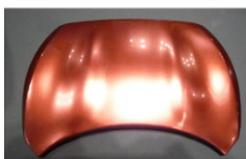
図 2 1 インクジェット利用によるバリエーション豊かな意匠表現

図22～26は、日本の外装用フィルム例で、図22、23は、人とするまのテクノロジー展2025横浜で展示されたアイカ工業(株)の自動車内外装向け3次元加飾ハードコートフィルムおよびそれを用いた試作品で、既に自動車メーカーの外装仕様を満たしていると言われている。図24は、人とするまのテクノロジー展2024横浜で展示された積水化学の塗料転写シートによる試作品、およびダイキョーニシカワの基材樹脂およびフィルムをPPに統一した試作品である。

アイカ工業の3次元加飾ハードコートフィルムー1



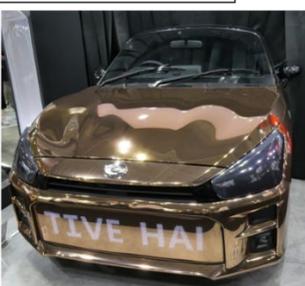
自動車内外装の塗装代替フィルム「3次元加飾ハードコートフィルム」
高い延伸性と硬度、耐薬品性、耐候性を有し、クルマづくりにおける脱塗装/CO2削減に貢献
プリキュアされており、アフターキュア不要。
伸びは250%、傷つき性は、某社MIC品より良好。



浅野研究所のOMD成形品

図22 日本の外装用フィルム例ー1

アイカ工業の3次元加飾ハードコートフィルムー2



布施真空TOM成形品

図23 日本の外装用フィルム例ー2

積水化学の塗料転写シート

- 塗料特有の光沢や深みがあり、コーティングによりメタリックが配向し、美しい陰影感が発現
- 塗料のみを転写、焼付けるため、既存の塗装と同様の方法で補修可能
- 未硬化の塗料は成形性に優れており、TOM成形やインサート成形に使用できる



ダイキョーニシカワの塗装代替フィルムによるフロントエンドモジュール

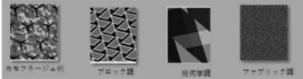
- 自動車外装規格を満足させながらも独自の意匠価値を活かし、多色性に加え立体感や奥行き感などのバリエーション展開も可能
- 基材の樹脂材質とフィルムをPP材で統一しリサイクル性も向上
- 塗装仕様に対し、CO2 40%低減、塗装ではできない3次元柄の加飾表現



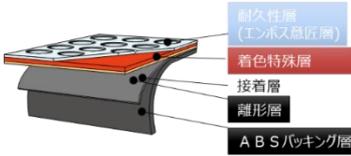
図 2 4 日本の外装用フィルム例ー 3

図 2 5、2 6 は、その他の自動車外装用フィルムである。これらの他にも展示会等で展示されていないものもかなりあると思われる。

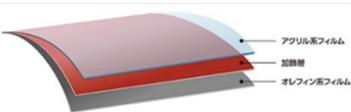
大日本印刷: 超耐候ハードコート転写フィルム

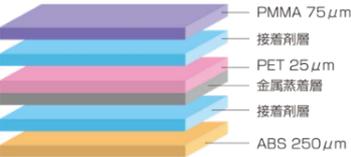
共和レザー



NISSHA: 自動車外装フィルム



ウエーブロック



麗光の高延伸加飾フィルム

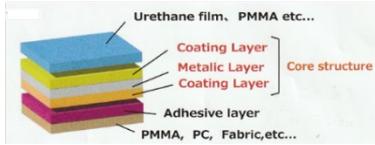


図 2 5 日本の自動車外装用フィルム例ー 4



図 2 6 日本の自動車外装用フィルムー 5

最近、光透過により、装飾、表示を行う大形部品の検討、採用が増えている。本部品を実現する方法として、フィルムプリフォームインモールド成形、フィルム貼合厚肉シートの圧空・真空成形およびフィルムアウトモールド被覆成形がある。いずれの場合も、製品形状と光透過部の位置合わせが重要になり、加熱時のフィルム、シートのコントロールが重要になる。この点において、熱板加熱方式の優位性が認識され、浅野研究所の熱板加熱真空圧空成形および熱板加熱被覆成形が注目されている。それぞれの成形品例を図 2 7、2 8 に示す。
(人とくるまのテクノロジー展 2025 横浜他で展示)



図 2 7 光透大型部品の成形品例ー 1

厚肉成形シートの熱板加熱、圧空真空成形大型バックドア光透過部品



課題は、裏面のリブ、ボス等の付与

熱板加熱アウトモールド光透過部品



熱板式被覆成形機(TFH-UD)

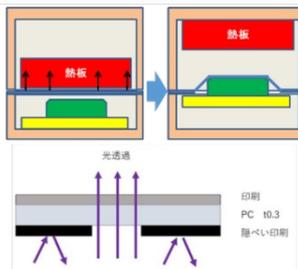


図 2 8 光透大型部品の成形品例ー 2

先に、「共和レザー方式のフィルムラッピング」を示したが、次に、一般的なフィルムラッピングを示す。

ラッピングフィルムを用いて、自分の車に好みの加飾（カスタマイズ）が行われている。

表 3 にカーラッピングフィルムメーカー、図 2 9 カーラッピングの採用例 7)、8) を示す。

これは、フィルム加飾の 1 種ではあるが、一般的にはカスタマイズ用として、短期間で貼り替えするのが中心で、欧州や中国では広く行われ、日本でも行われている。貼り付けは手作業で行われている。素材は PVC が多く、中には耐候性が 10 年というのも紹介されているが、一般的にはもっと短期のものが多いと思われる。

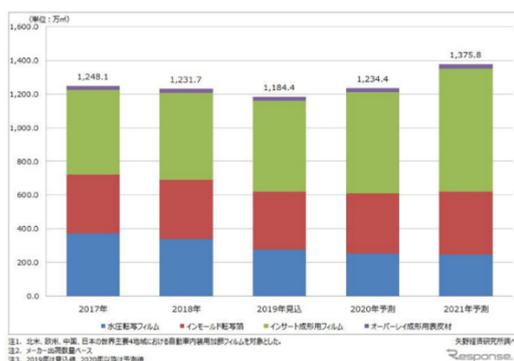
表 3 カーラッピングフィルム（外板用）

メーカー	材質	備考
3M	PVC	1年以上の対候性確認。位置合わせが楽にできるコントロールタック™粘着剤とフィルムと下地の間に巻き込んだエアを抜けやすくするコンプライ™粘着剤使用
HEXIS(仏)	ダブル、トリプルキャストPVC	対候性:白黒で10年、カラーで8年、カーボンやレザータイプは5年、メタリックは4年
Velvet Cars & Strapars(仏)	(詳細情報未入手)	ピロードのような風合いと肌触り(植毛技術を使用)
ORAFOL(独)	(詳細情報未入手)	(詳細情報未入手)
ALRON(英)	(詳細情報未入手)	(詳細情報未入手)
Avery Dennison(米)	(詳細情報未入手)	エア抜け、スライド機能技術を持つ粘着剤



図 29 フィルムラッピング例

図 30 にやや古いですが、加飾フィルムの世界需要を示す。



『矢野経済研究所
2019-2020年版
自動車加飾フィルム
市場の展望と戦略』
から引用

- ・自動車メーカーで、2017年頃から、開発の方向性が、「フィルム加飾による外板の塗装代替から」、「CASE、SDGs」にシフトし、自動車生産台数の減少もあり、加飾フィルムの市場規模が若干減少。
- ・一方で、衝突回避システム等の普及で、2020年には回復し、拡大すると予想。
- ・自動車内装部品の加飾率は、欧米、日本では横ばいないし減少しているが、中国では、増加し、2022年には、トータルでは、35.7%に増える。

図 30 加飾フィルムの世界需要

4 モールドインカラー自動車内外装

図 31 に示すように、欧米では、モールドインカラー品および原着シートを熱成形した部品も古くから実用化^{9)~12)}されている。

日本でも、高耐久/高外観原着材料が開発され、自動車内装に続いてマツダ(株)が外装に採用した。コスト面での魅力が大きい。

図 32、33 に示すように、三菱ケミカル(株)が開発したバイオ PC (デュラビオ) 着色材料を用いたモールドインカラーの内装部品、外装部品を示す。がマツダ(株)のロードスター RF の後方窓枠、CX-5 のフロントグリルになどに採用され¹³⁾、マツダ(株)では、塗装外板との性能比較評価を行い、遜色がないことを発表¹⁴⁾している。

その他、**図3 4**に示すように、サビックが LNP SLX コポリマーがフロントグリルに使用され、トヨタ車体が PP の塗装レスボディの車を生産している。

本田は、**図3 5**に示すように、Tokyo Mobility Show2023 等で、再生 PMMA をボディに採用した試作車を展示し、説明員によると、ホンダでは、MIC が塗装代替外装の本命（他の工法も検討）と説明している。



図3 1 モールドインカラーによる塗装代替自動車外装採用例 (欧州)

三菱化学ケミカルの植物由来のイソソルバドを原料とした**バイオPC「DURABIO(デュラビオ)」**

- ・耐衝撃性・耐熱性・耐候性など: 従来のPCより優れている。
- ・発色性、透明度が高い(光線透過率92%)⇒顔料配合だけで、つややかな光沢のある表面。
- ・表面が堅くて丈夫⇒擦り傷が付きにくい

原着材料での射出成形(MIC)で、塗装不要で使用可能。⇒VOC(揮発性有機化合物)排出削減、CO2排出削減⇒地球環境問題対応



図3 2 モールドインカラーによる自動車内装採用例 (日本) - 1

三菱ケミカルのデュラビオを用いたMIC外装部品



図3 3 モールドインカラーによる塗装代替自動車外装試作、採用例 (日本) - 1



図3 4 モールドインカラーによる塗装代替自動車外板採用例（日本）ー 2



図3 5 モールドインカラーによる塗装代替自動車外装試作例（日本）ー 1

図3 6、3 7は、日本で使用される MIC 用材料である。三菱ケミカルのデュラビオ、サビックの LNPTM SLX コポリマーは、外装として実用化され、他の材料も検討、採用されている。通常の紫外線吸収剤入りの PC は紫外線吸収剤連続消費するに対し、Sabic の LNP コポリマーは、紫外線吸収剤連続形成で、耐候性非常に優れていると言われている。

デュラビオは、マツダの評価で、自動車外装として、全ての項目で、鉄板塗装品と比較して遜色がないとの評価がされている。ただ、傷つき性など耐久性は、グリルなどでは、問題がないが、面積の大きいパネル等では課題があるとの指摘もある。三菱ケミカル(株)は最近、バイオマス度を向上し、耐熱性、表面硬度が PMMA 並みの新グレードを上市し、この課題が解決されることが期待される（流動性が悪い等で外装に困難との説明も）。

これら以外に、図3 5に示すように、ユニチカ、クラレ、三井化学も、住友化学、東海理化などもモールドインカラー用の原着材料を開発し、展開を進めている。

高機能バイオエンジニアリングプラスチック「DURABIO™」

DURABIO™(デュラビオ™)は生分解性を有さず、耐久性に優れた新規バイオポリカで、多様な用途への展開が可能。部品によっては塗装等の二次加工を省くことで、環境負荷低減効果が期待出来る。

透明性が高いため透明着色で鮮やかな色合いを示すことに加え、メタリック調などの着色を施した場合も奥行きのある色合いを示し、調色意匠性が高い

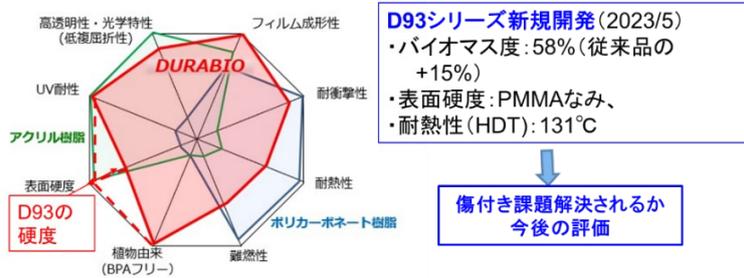
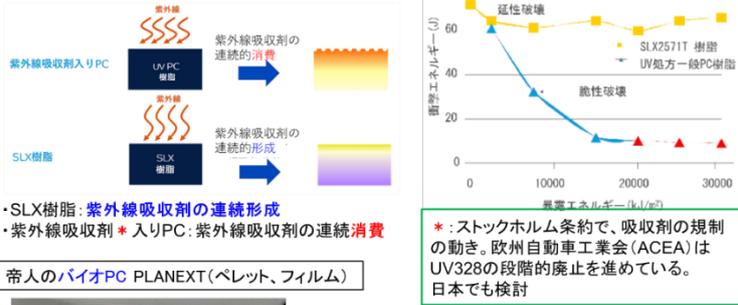


図 3 6 日本における MIC 用材料— 1

SabicジャパンのLNP™ SLXコポリマー樹脂

三菱ケミカルのDurabioと同種材料で、同一車種の同一部品、地域で使い分けられて使用されることもある。

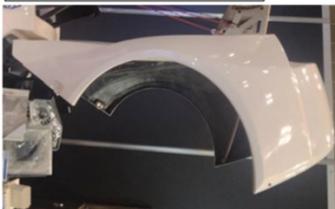


帝人のバイオPC PLANEXT (ペレット、フィルム)



図 3 7 日本における MIC 用材料— 2

住友化学の再生MMA材料



塗装レスで、傷が付きにくく耐候性が高い。
-30°Cでも割れず剛性向上している

東海理化の竹繊維複合PP (内装用)



ユニチカのモールドインカラー材料 (内外装用)

- 1) NANOCON™ MIC 塗装レス原料着色材料
ナイロン6中に層状ケイ酸フィラーをナノ分散
- 2) 「ポリアリレート樹脂」Uポリマー



三井化学の自動車内外装向けPPメタリック材料



図 3 8 日本における MIC 用材料— 3

その他、**図 3 9 ~ 4 1** に示すような植物由来繊維複合材料も、モールドインカラー用の原着材料として使用され、検討されている。

トヨタ車体コムスの繊維複合材料TAWD製塗装レスボディ



図 3 9 植物繊維複合材料の自動車外装などへの採用例

メルセデスベンツGT4レースカー：バンパーに亜麻から作られた天然繊維の複合材を採用



素材の自然な風合いを意匠として活用？

同等のCFRP部品と比較して、
ライフサイクルで、
85%のCO2排出量削減

塗装の有無不明

アイントホーフェン工科大学：亜麻とテンサイを素材としたサンドイッチ構造の板を使用

フィンランドの製紙メーカーUPMと大学が共同開発
ほぼすべての外板にUPMForm(木質セルロース)を用いたバイオプラスチック採用。



4人乗りで車両重量はわずか310kg

同サイズの車より約150kg軽量化

図 4 0 植物繊維複合材料の自動車外装などへの検討例ー 1

BMW、カーボン素材を天然繊維複合素材に置き換え、量産車に採用へ

BMWグループは、天然繊維複合素材を量産車に採用すると発表。数年間の開発と研究により、車両の屋根構造にも使用できる品質基準を満たすレベルまで技術を向上させた。**Bcomp社との共同開発。**
生産時のCO₂排出量を約40%削減



天然繊維の自然な風合いを意匠として活用

図 4 1 植物繊維複合材料の自動車外装などへの検討例ー 2

参考に、**図 4 2** に中国での自動車状況を示す。中国では、垂直外板の面積の半分程度は既に樹脂化され、バイオ樹脂の外板や再生率 25%のリサイクル材部品も全面採用されていると言われている。ただし、日本の自動車の外装仕様を満たしているか否かは不明。

図 4 3 は、外板が材着プラスチックの小型EV車を示す。

電気自動車の生産、販売

	中国		全世界
	生産	販売	販売
BEV	546.7	536.5	600~680
PHEV	158.8	151.8	
FCV	0.4	0.3	

日本の新車販売:
420万台



Noプレートが緑色は、新エネルギー車、青色がエンジン車、ハイブリッド車

・垂直外板の面積の半分程度は既に樹脂化
・バイオ樹脂の外板や再生率25%のリサイクル材部品も全面採用

図 4 2 中国での自動車状況



図 4 3 外板が材着プラスチックの小型EV車

5 インモールド塗装（型内塗装）自動車外装部品

図 4 4 に示すように、Krauss Maffei がインモールド塗装（型内塗装）による部品を K2016 で展示し、その後、日本でも展示された。図のように、射出後金型キャビ型を交換して、クリアランスに反応型塗料を注入して成形する。既に内装、外装部品として実用化され、展示会翌年の 2017 年に中国に 1 システム、韓国に 3 システム導入されている。日本では、2019 年

にやっと岐阜多田精機(株)にテストマシンが設置された(650 トーン、ミュ-セル発泡、2色成形も可能)。本件に限らず、韓国、中国と比較して、日本の消極性が顕著である。

その後、さらに検討が進み、**図45**に示すように、IMFとの組み合わせ、同じ部品で、色、光沢の変化、自己修復塗料の適用、型内塗装+3Dレーザーシボ技術 内部立体表現等がおこなわれている。

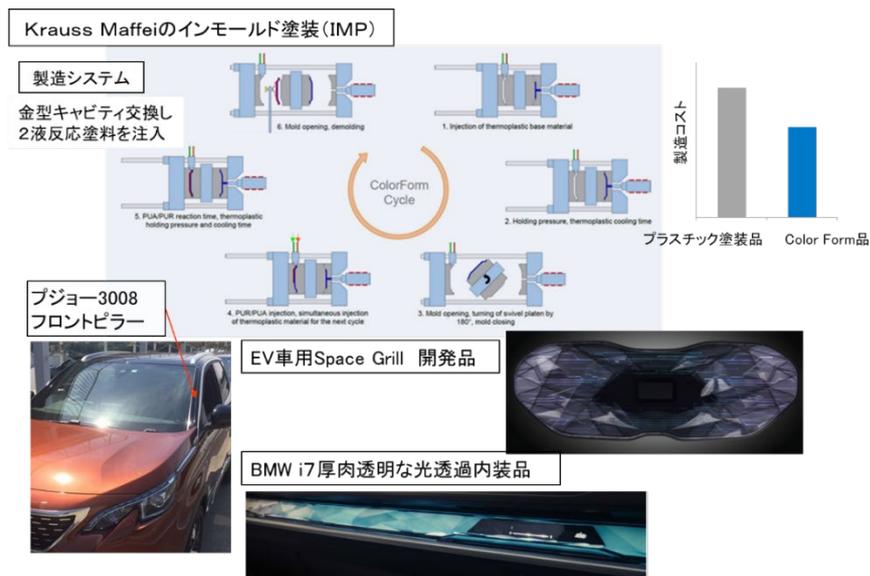


図44 インモールド塗装による塗装代替自動車外装等検討、採用例一1-1



図45 インモールド塗装による塗装代替自動車外装等検討、採用例一1-2

日本でも、旧宇部興産機械(株) / 大日本塗料(株)が以前から検討を行っていた¹⁵⁾ (図46)が、コスト等の課題のため、実用化には至らなかった。しかし、上記 Krauss Maffei の

展示の後、問合せが増えて、再び注目されているとも言われている。本方法は、射出成形後、金型をわずかに開いて、クリアランスに熱硬化塗料を注入する方法で、傾斜のきつい部分はクリアランスが制約される課題がある。

金型内塗装は、上記の他、海外では、KURZ¹⁶⁾ や Covestro¹⁷⁾ 等でも検討されており、また、日本では、最近、東海理化/精工技研¹⁸⁾、および日本ペイントオートモーティブコーティング/内浜化成¹⁹⁾ が発表している。後者は、レクサス LM のピラー部品 (外装) に採用された。

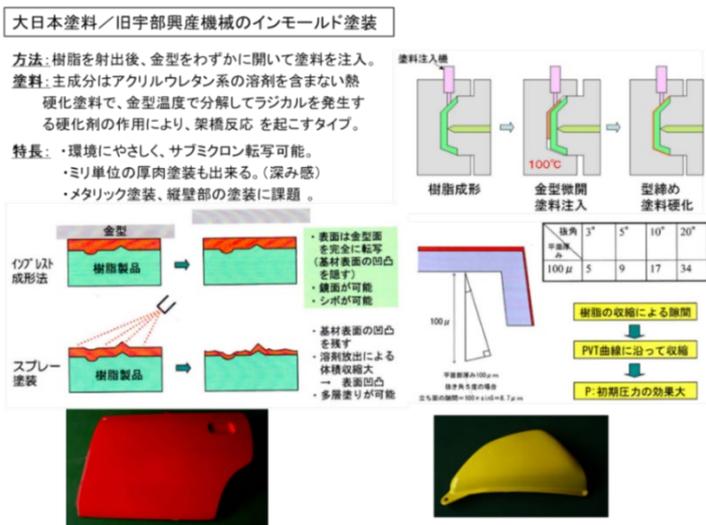


図 4 6 インモールド塗装による塗装代替自動車外装等検討、採用例一 2

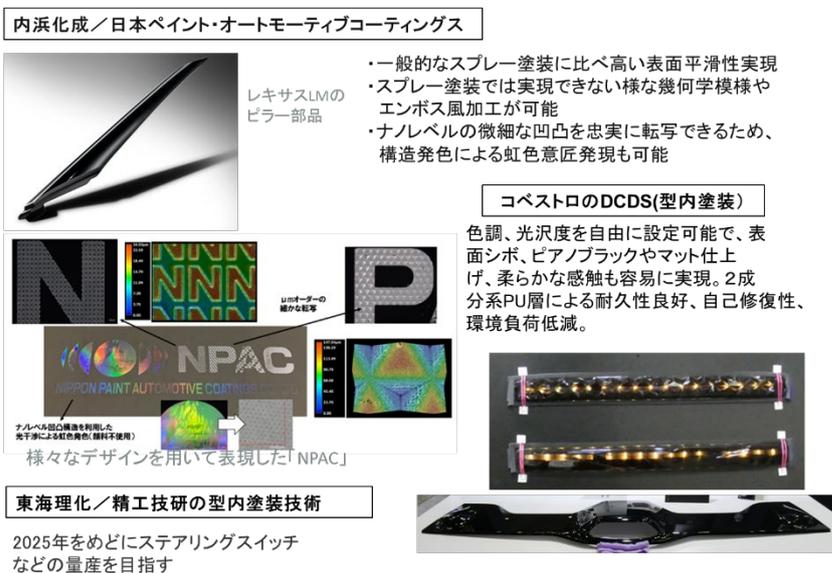


図 4 7 インモールド塗装による塗装代替自動車外装等検討、採用例一 3

6 インクジェット、ホットスタンプによる自動車外装部品

図48、49に示すように、塗装レス自動車外装部品の成形工法として、上記3主要工法以外に、インクジェット、ホットスタンプも限定された用途に検討され、採用されている(20~25)。



図48 インクジェットによる塗装代替自動車外装等検討、採用例



図49 ホットスタンプによる塗装代替自動車外装等検討、採用例

7 塗装レス自動車外装の現状と将来展望

2~6で示してきたように、モールドインカラー品、フィルム加飾品、型内塗装、インクジェット、ホットスタンプで、塗装レス自動車外装の実用化がある程度進んでいるが、フレ

ームとボディを 1 つの構造として作り上げているモノコックシャーシ（現在の乗用車はほとんどこの構造）の場合は、溶接工程で樹脂部品の使用が困難であることなどからあまり進んでいない。実用化が本格的に進むのは、ラダーフレーム構造の車が、さらに増えることが必須と言われている。現在の乗用車の大部分を占めるモノコックシャーシの車では、図 1 7 に示した共和レザー(株)の方法等が、少なくとも当面主流となって進むことが予想される。

ラダーフレーム構造の車が普及した場合のボディ樹脂化、塗装レスの流れを図 5 0²⁶⁾に示した。



図 5 0 ボディ樹脂化、塗装レスの流れ

日本における自動車ボディ パネルの今後の展開について、諸説があるが、総合すると表 4 のとおりと推定される。(数年前に関係者からヒヤリング、その後若干追加・修正)

表 4 塗装代替自動車外装の今後の展開予想

項目	内容
1) 日本で、塗装代替は進むか	<ul style="list-style-type: none"> ・多くの塗装は残る可能性が高いとみる人、いずれは広く進んでいくと見る人がいる。 ・日本でも、まず、ルーフ、バンパー等から進む。ボディが樹脂化され、ラダーフレーム構造になれば大きく進むと思われる。（乗用車がラダーフレームに代わるか否かは不明） ・自動車メーカー等で検討がやや下火になった時期（2017年頃）があったが、SDGs視点から、活発に検討されている。
2) 進むのは何時頃か	<ul style="list-style-type: none"> ・日本では、2025年頃の実現は、むつかしいor限定的。節目は2030年あたりと思われる。
3) どの技術が有望か	<ul style="list-style-type: none"> ・総合的には、MICが最有望と考えられるが、大面積品で、耐久性への課題を懸念する人もいる。一方で、MICと塗装で遜色がないとのデータもあり、さらに、材料のレベルアップも進んでいる。 ・IMPは、小物部品ではコストメリットがなく、欧州では、厚肉コート層使用、IMDとの組合せで、大物部品の検討が進行している（単に塗装代替よりも高付加価値成形としてとらえられている） ・フィルムは、意匠表現性や機能付加性等で優れるが、コストがネック。塗装で困難な要素の盛り込みが重要。多くの特徴があるOMDが伸びると予想しているが、OMDはタクトが長く、IMDの方が有利と見る人もいる(比率は落ちている)。熱板加熱圧空真空成形の注目度も高くなりつつある。 ・フィルムラッピングは着替え、サイネージで採用され、共和レーザー方式は利用されると考えられる。
4) 自動車メーカー等の取組み	<ul style="list-style-type: none"> ・塗装工程（設備）のあるメーカーが多く、塗装効率UP等で、塗装を本命としつつ、塗装代替技術（型内塗装、TOM、FIM、MIC）もそれぞれ検討中。 ・某メーカーでは、MICが本命と考えて、取り組んでいる。（他工法の検討も進めている） ・某メーカーでは、TOMの課題を十分に把握した上で、課題解決構想を盛り込んで、本格的な展開を進めている。

TOM、Neo TOM は非常に優れた方法であるが、設備投資などの点から、一部で、将来的にも実用化が困難ではないかとも言われているが、筆者は、以前から、優れた特徴があり、実用化を強く期待していた。前述の通り、大気社が、TOM の課題を十分に把握した上で、課題解決構想を盛り込んだ「OMD ドライ加飾システム」を開発推進しており、認識が間違っていなかったことを確認できた。

表 4 には記載していないが、インクジェット、ホットスタンプも限られた用途で実現されると考えられる。

既に示すように、日本の自動車メーカーで、2017 年頃以前の数年位は、「フィルム加飾による塗装代替」検討が精力的に行われていたが、2017 年頃に開発（投資）の主方向が、「フィルム加飾による外板の塗装代替」から、「CASE、SDGs」にシフトし、自動車生産台数の減少もあって、加飾フィルムの市場規模が若干減少したが、一方で、衝突回避システム等の普及もあり、2020 年には回復し、拡大すると予想されている（図 30、矢野経済の調査資料 27）。また、各社で塗装設備が整っており、かつ、償却が済んでいることが多く、新たに設備投資して、塗装代替加飾に切り替えると、現状では、コストが上がってしまう等の事情もあり、代替の進行速度は速くないが、環境問題から、いずれは切り替えが必要で、決断が必要である。

8 塗装代替以外の自動車外装

本件は、別資料²⁸⁾で記載するので、ここでは省略する。

【参考文献】(主要なもののみ、展示会での情報は主として本文上で記載)

- 1) 世界の自動車燃費規制の進展と電動化の展望
<https://www.mof.go.jp/pri/research/seminar/fy2017/lm20180315.pdf>
- 2) Where the Action Is: Decorating with Formable Films
<http://www.ptonline.com/articles/where-the-action-is-decorating-with-formable-films>
- 3) (株) 大気社 高機能素材 Week2024
- 4) ダイハツ工業(株) <https://www.goo-net.com/magazine/104929.html>
- 5) トヨタ自動車(株) ポルテ/スペイド、安全装備を充実 サポカーS ワイドの特別仕様車も設定 <https://response.jp/article/2019/07/03/324063.html>
- 6) 共和レザー(株) 2019/9/11 加飾技術講演会の資料(許可を得て掲載)
- 7) 関西ペイント(株) <http://www.kansai.co.jp/rd/token/pdf/156/06.pdf>
および 塗料の研究 No156 Oct.2014
- 8) 3M ジャパン http://www.mmm.co.jp/cg/lineup/scotchprint/wrapfilm_1080/
- 9) (Smart (各種情報) https://www.carsensor.net/catalog/smart/smart_forfour/F001/
- 10 Senoplas
<http://www.senopl43ast.com/en/applications/automotive-vehicle-technology/automotive-industry>
- 11) epsotech <https://epsotech.com/en/company.html>
- 12) Styrolution
<http://www.plastics.gl/automotive/styrenic-polymers-in-automotive-interior-and-exterior/>
- 13) 朝日新聞 2016/12/15
- 14) 一原洋平、マツダ技報、No33、P78 (2016)
http://www.mazda.com/globalassets/ja/assets/innovation/technology/gihou/2016/files/2016_no014.pdf
- 15) 大日本塗料(株) <https://www.dnt.co.jp/technology/technique/pdf/giho2-26.pdf>
- 16) KURZ
<https://www.plastic-decoration.com/en/overlay/imd-pur-designs-orientated-towards-the-future/>
- 17) 成形加工学会 第192回講演会(2005/05/09)
- 18) 東海理化(株)／精工技研(株) <https://www.tokai-rika.co.jp/release/file/20250408.pdf>
- 19) 内浜化成(株)／日本ペイントオートモティブツコーテング(株)
<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000372.000007223.html>
- 20) ABB 社 <https://new.abb.com/news/ja/detail/67469/abb-unmasks-the-future-of-customized-automotive-painting-with-pixelpaint>

- 21) 三菱ふそうバス製造（株） <https://www.mitsubishi-fuso.com/ja/news-main/press-release/2022/11/21/>
- 22) リコー（株） https://jp.ricoh.com/technology/tech/130_gelart_jet_printhead
- 23) 豊田合成（株） <https://www.toyoda-gosei.co.jp/news/details.php?id=1235>
- 24) カタニ産業（株） <https://www.katani.co.jp/archives/2222>
- 25) ツジカワ（株） <https://www.tsujikawa.co.jp/skill/hot-stamp/>
- 26) <https://www.autocar.jp/post/448114>
- 27) 矢野経済研究所 調査資料
- 28) MTO 技術研究所 加飾技術資料 II. 5. 今後の加飾技術
[97e460_54fdf960011343779c5d643166c02a44.pdf](https://www.mto-ri.co.jp/tech-research/97e460_54fdf960011343779c5d643166c02a44.pdf)