

総 説

自動車の軽量化におけるプラスチック部品の動向

The trend of automotive plastics parts for weight reduction of automobiles

永野 昭 義 *

1. はじめに

近年、地球的規模な環境問題の1つとしてCO₂による地球温暖化があり、この発生源の1つとして自動車が挙げられている。これは自動車がガソリンや軽油を燃焼させるのに伴いCO₂を排出するためである。その発生量では、日本は全世界のおよそ4.9%を占め、アメリカ、中国、ロシアに次ぐ多量排出国である。環境庁によると日本国内のCO₂全排出量のうち19.2%が運輸部門からの排出で、図-1で示すように自動車（バス、タクシーを含む）はそのうち88%を占めているという¹⁾。

自動車のCO₂排出量に関連して、環境庁の発表した国産ガソリン乗用車の燃費平均値の推移（図-2）をみると、'82年をピークに燃費は低下の一途を辿っていった²⁾。これは、'80年代後半から自動車の大型化をはじめ、高級化のための装備充実（安全性、快適性などの向上）などによる車両重量アップ（図-3）が、燃費の低下をもたらした主要因の1つと考える。

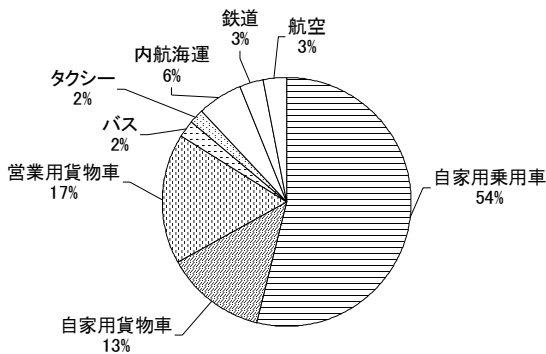


図-1 日本の輸送機関別CO₂排出量

そこで自動車産業界では燃料消費の高効率化を目的に、車両軽量化、エンジン効率向上（直噴化、リーンバーン化など）、走行抵抗低減（空気抵抗低減など）などの推進に取り組んでいる。

燃費に関する目標値としては、アメリカでは'70年代初頭のオイルショックを機に'75年に“CAFÉ（Corporate Average Fuel Economy）”規制が導

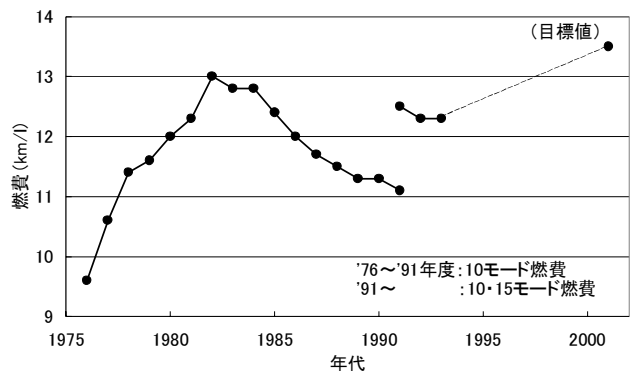


図-2 国産市販ガソリン乗用車(新車)の平均燃費推移

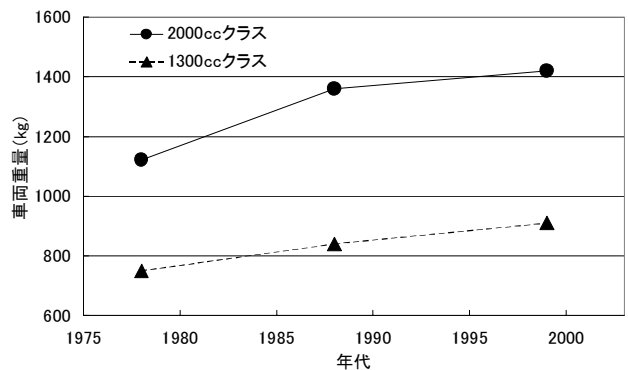
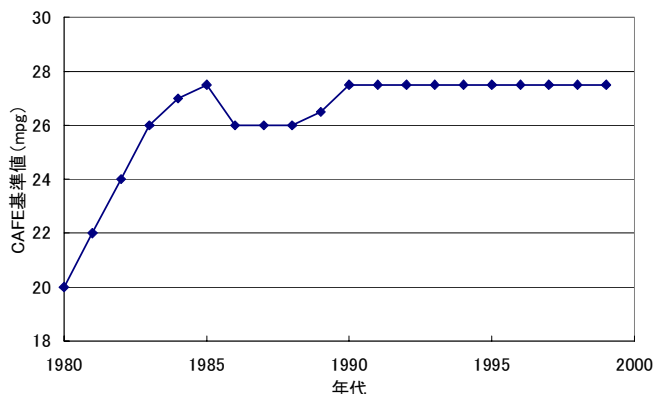


図-3 代表的な国産市販ガソリン乗用車の車両重量推移

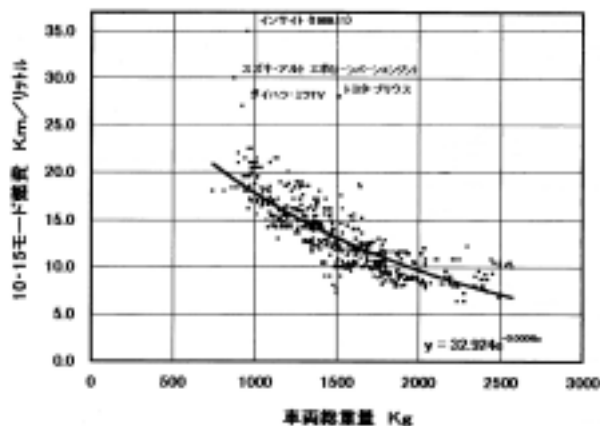
* Akiyoshi Nagano 内外装部品事業部技術部 内装開発室

表一 日本における車両重量区分別の10・15モード燃費目標基準値

区分(車両重量kg)	~702	703~827	828~1015	1016~1265	1266~1515	1516~1765	1766~2015	2016~2265	2266~
目標基準値(km/l)	21.2	18.8	17.9	16.0	13.0	10.5	8.9	7.8	6.4



図一 4 アメリカ CAFE基準値の推移



図一 5 車両総重量と燃費の関係
(’99/10 国産市販ガソリン乗用車平均データ)

入された。これは国内で生産販売する自動車メーカーに運輸省で定めた企業平均燃費基準値(図一4)を満たせるとする義務を負わせ、基準を満たせなかった場合は罰金を支払うという制度である。

一方日本では、’79年の「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(省エネ法)に基づき燃費目標基準値が制定され、’99年に大幅な改正が行われた。この内容は表一に示したように車両重量区分毎に10・15モード法で燃費目標基準値を算出したものである。

図一5で示した(社)日本アルミニウム協会のデータからわかるように、一般的に車両重量が1%軽減すると燃費はおよそ1%向上する。そのため、軽量化は燃費向上に対して有効な手段の一つである³⁾。

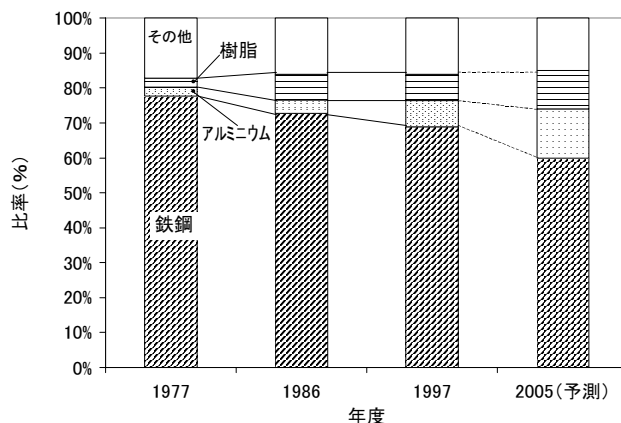
樹脂部品成形メーカーとして車両軽量化に対してやるべき方策とは、1) 比重の小さい樹脂材料への置換、2) サンドイッチ・発泡・中空化などの軽量化物造り技術の構築、3) モジュール化に伴う設計の工夫(部品の小型化・薄肉化・統合化など)の3つであると考えられる。

そこで本報では、この観点から事例と共に総括的にまとめて報告する。

2. 材料技術

2-1. 自動車の主材料構成推移

軽量化の手段として、自動車の主材料である鉄



図一 6 乗用車の主材料構成推移

表一 2 主な自動車用樹脂材料の比重

材料名	比重
ポリエチレン	0.91~0.97
ポリプロピレン	0.90~0.91
ポリスチレン	1.04~1.07
塩化ビニル	1.35~1.45
ABS	1.01~1.08
ナイロン-6	1.12~1.14
ナイロン-6, 6	1.13~1.15
ポリカーボネート	1.2
アクリル	1.17~1.20
フェノール	1.25~1.32
ポリアセタール	1.41~1.43

■ : 改質が進み将来適用増と予想される材料

鋼から比重の小さい非鉄金属や樹脂への材料代替技術はこの十数年の間に進歩を続けてきた。

自動車部品に使用される鉄鋼，アルミニウム，樹脂材料について，年代別にその構成比率の推移をまとめると図-6のようになる。この20年間でアルミニウム，樹脂共に使用量はおよそ3倍に増加している。しかしながら，近年，環境保護の観点から自動車のリサイクル性に関する目標値も同時に制定されはじめたため，安易にリサイクルが出来ない材料への置換は困難となった。そのため，鉄の使用量が減少しているにもかかわらず樹脂の使用量は伸びなやんでいる。逆に，アルミニウムの使用量が大きく伸びてきていることがわかる。

しかしながら，樹脂の中にはポリプロピレン (PP)，ポリエチレン (PE) のように比重が非常に小さく (表-2)，環境にやさしく，リサイクル性に富み，かつ低コストな材料もある。そして最近では，これらの耐衝撃性などの機械的強度アップ，耐熱化，ハイフロー化といった材料改良も進んでいる。

そこでリサイクルを踏まえた材料設計，製品設計そして成形技術により，今後使用量が増化することは決定的であると予想される。

2-2. 樹脂化へのアプローチ

歴史的にみると，樹脂は成形加工性，デザイン自由度に優れているため，いち早くレーシングカーの世界で採用された。ガラス繊維強化プラスチック (GFRP) によるモノコックボディや外装部品の樹脂化から始まった。そして現在では，内外装部品，機能部品などあらゆる部分で樹脂化が進んでいる (図-7 に主な自動車部品の樹脂化を示す)。

1) ボディパネル; 外装部品

市販車における樹脂ボディパネルの先駆けは，'53年のGMのコルベットである。これはハンドメイドによるFRP製で300台生産されただけであり，量産体制の整った事例としては，'80年代に入ってからである。

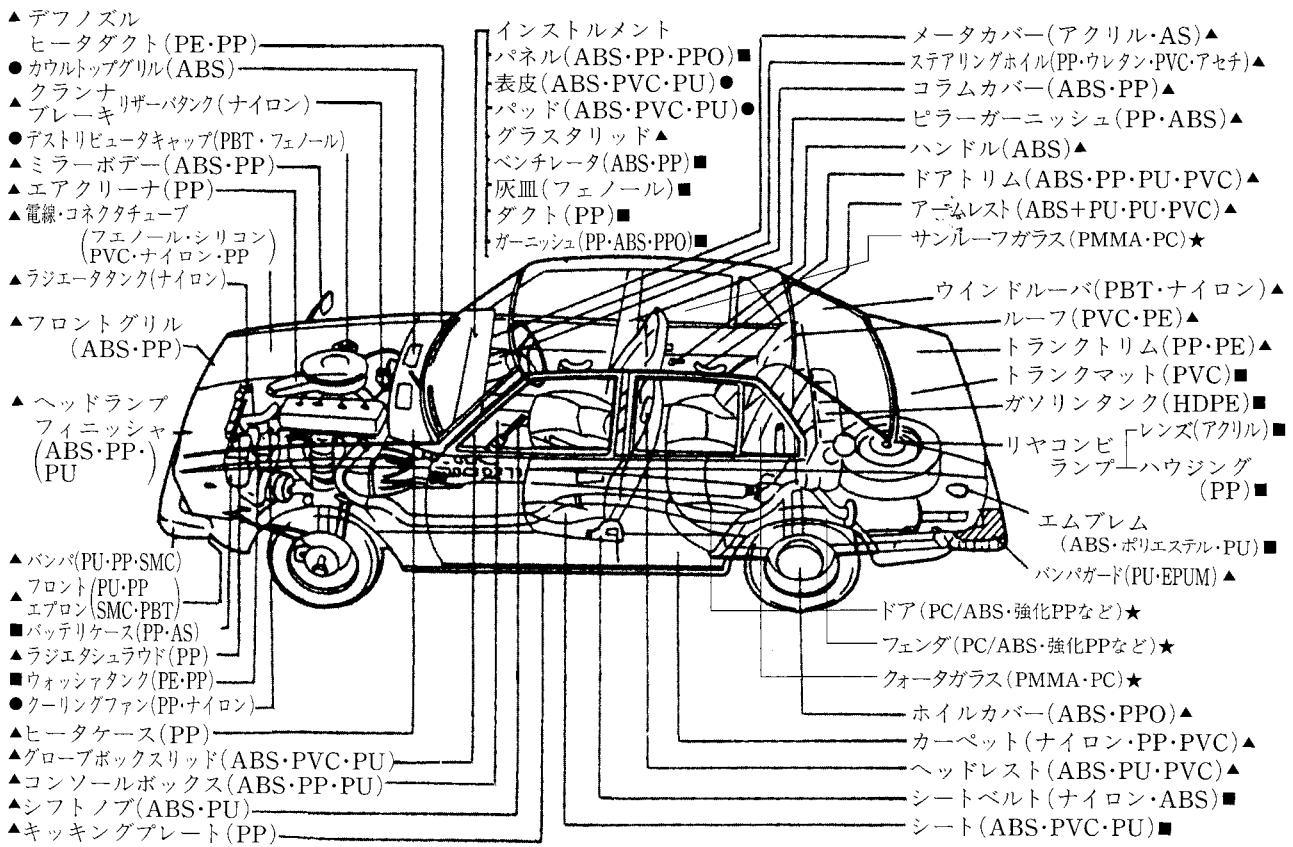


図-7 樹脂化された主な自動車構成部品 (★今後樹脂化予定, ●10年前から樹脂化, ▲20年前から, ■それ以前から)

表-3 自動車部品樹脂化の変化点

年代	代表車種	部位	材料
60年代前半	GMフィエロ	フェンダなど ボディ外板	R-RIM, SMC など
80年代後半	日産Be-1	フェンダなど ボディ外板	PP, ABSなど
90年代後半	MCCスマート	クォータガラス	PC +ハードコート

■:変化点

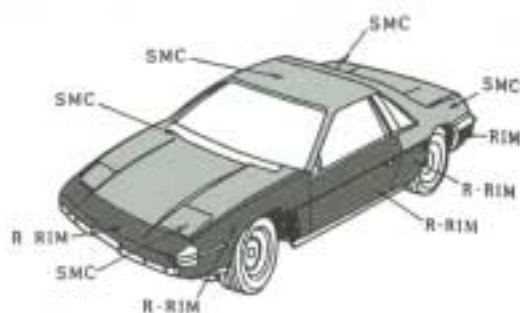


図-8 GMフィエロの主な樹脂製ボディパネル



図-9 日産Be-1の主な樹脂製ボディパネル

自動車部品の樹脂化について、代表的車種で年代別にその変化点(部位および材料)をまとめると表-3のようになる。

'80年代前半に市販されたGMのフィエロ(図-8)では、エンジンフード、ルーフ、テールゲート、Fr, Rrフェンダー、ドアを樹脂化し、その総重量は80kg/台も使用していた。材料は、そのほとんどがR-RIMやSMCであった。

'80年代後半になると、外板表面積の25%を樹脂化した日産Be-1(図-9)などが出現し、各社で部品を樹脂化する傾向が強まった⁴⁾。この頃になって、PPやABSなど熱可塑性樹脂を用いるようになった。

ところが、市販乗用車のボディパネル樹脂化のためには剛性保持の理由から、板厚を厚くする必要があった。そのため、必ずしも鋼板より軽くな



写真-1 MCCスマートの外観



写真-2 MCCスマートのリアクォータガラス

るとは限らなかった。そのため外板の樹脂化よりもサイドモール、グリル、ホイールキャップ、バンパーガードなど外装部品の樹脂化にとどまっていた。

しかし近年、高剛性化、耐候性向上といった改良材料の出現により再び、MCCスマート(写真-1)などのように樹脂ボディを使った車種が増えてきている。

さらにスマートでは、これまで法規制等で自動車へはなかなか採用できなかった樹脂ガラス(重量は無機ガラスのおよそ1/4)の材料開発が進みリアクォータガラス(写真-2)などへ利用されている。

バンパーの樹脂化は、'73年にアメリカで自動車安全法(MVSA)を受けてFMVSSが施行されてから欧米で広まった。

材料としては、バンパーフェースには当初、RIMウレタン、ナイロン、ポリカーボネートなどが使用されていたが、最近では、コスト面で有利なPPが主力である。衝撃吸収材としては、プラスチックハニカム、プラスチックフォームが用いられている。

2) 室内部品

インパネは、車両衝突時の乗員保護から衝撃エ

エネルギー吸収性、ウインドガラスに反射しないような窓映り性、さらにソフト感、デザイン性そして軽量化などの理由で鋼板から樹脂（ABS、PPFなど）に代替している。

ハンドルは、ソフト感やグリップフィーリング、軽量化などの目的で古くから樹脂化された製品の1つである。最近では、ゴム変性PP、ウレタンが主流であり、芯金もアルミニウムやマグネシウムなどの軽量金属が採用されている（図-10）。

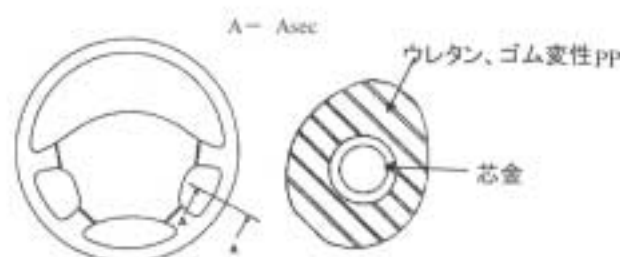


図-10 樹脂製ハンドルとその断面



写真-3 樹脂製ガソリタンク



写真-4 樹脂製ヘッドランプレンズ

3) その他

樹脂化による軽量化効果が大きいものとしては、次のような製品がある。

ガソリタンク（写真-3）は、'72年にVWビートルで高密度ポリエチレン（HDPE）によるブロー成形品が採用され、これを契機に樹脂への代替が進んでいった。金属性に比べ、およそ40%も軽量化が可能で、さらに耐食性、耐寒性、デザイン自由度が大きく空間の有効利用が可能などといった長所がある。

樹脂製ヘッドランプレンズ（写真-4）の重量は、ガラスの約1/4で車1台当たりおよそ2kg軽量化できる。また、空気抵抗や車両外観性などデザイン自由度に優れるといったメリットが大きく次々と樹脂化されていった。

3. 成形技術

軽量化を目的として、従来の金属材料から樹脂材料へ置換するためには材料とともにサンドイッチ成形やガス中空成形など工法との組合せで開発されたものが多い。

次に主な事例を紹介する。

1) サンドイッチ成形

従来取り付け構造や線膨張維持のため金属部品をインサート成形していたマッドガード、サイドモールなどは材料開発と共にサンドイッチ成形の適用を検討した。

その結果、マッドガードはスキン層にはTPEを用い、コア層には取り付け用の金属インサートを廃止し、高剛性PPを用いる（図-11）ことで、30～40%軽量化できた。

サイドモールでは、射出および押出成形により従来PVC材料に金属インサートしていた仕様に対して、スキン層に比重の小さいTPE、コア層には低線膨張なPPを用いる（図-12）ことで20～30%の軽量化を達成している。

2) ガス中空成形

グリル（図-13）、アシストグリップ（写真-5）、コンソールなど厚肉部を有する成形品の体積収縮によるヒケなどの射出成形不良を対策するため、収縮に見合う分だけ窒素ガスを注入するため軽量化に貢献している。

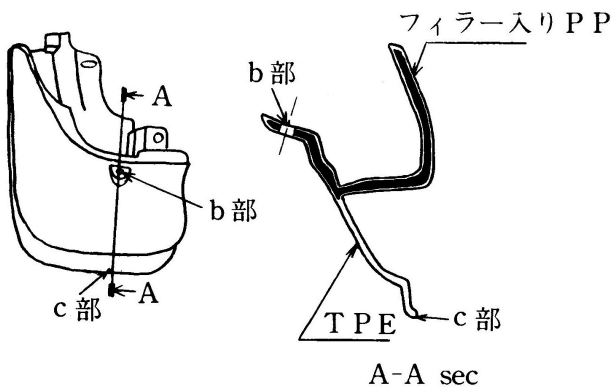


図-11 サンドイッチ成形マッドガードとその断面

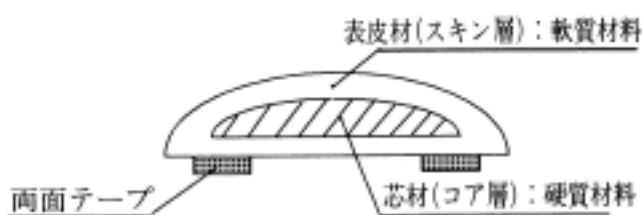
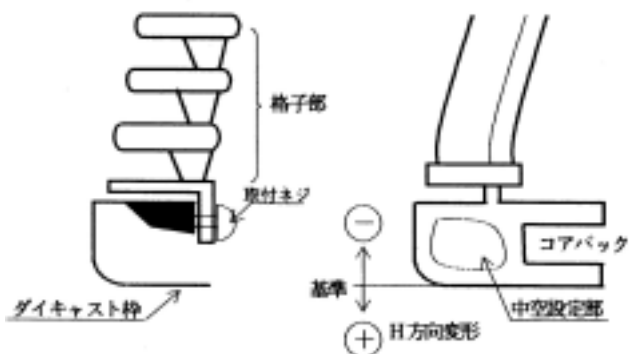


図-12 サンドイッチ成形サイドモールの断面



(従来品) (ガス中空成形品)
図-13 ガス中空成形グリルの断面

3) 発泡・膨張成形

材料面と工法面の両方から開発を進めている発泡成形が最近、注目を浴びている。樹脂材料中に発泡剤を混入して射出成形し、その後基材中で発泡するため、同一板厚の場合、従来品と比較すると軽量になる。また、表皮インモールド成形品においては一般射出と比べて表皮ダメージが少ないなどの効果も確認されている。

樹脂材料中に長繊維ガラスファイバー (GF) を混入し、射出成形後、金型を後退させGFのスプリングバック現象 (図-14) により製品を膨張させる膨張成形がある。これも、開発材料と射出圧縮成形の応用展開により生まれた工法である。

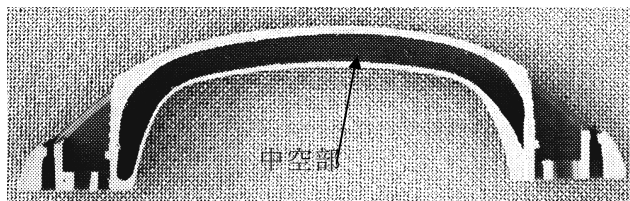


写真-5 ガス中空成形アシストグリップの断面

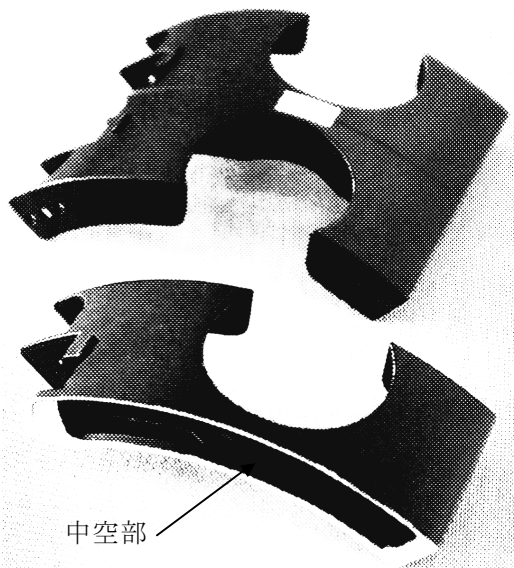


写真-6 ガス中空成形カップホルダーの断面

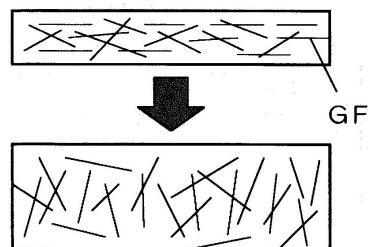


図-14 出光 IEM によるスプリングバック現象のイメージ

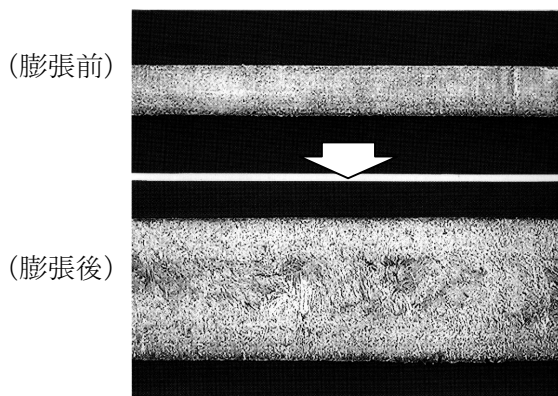


写真-7 出光 IEM による膨張成形サンプルの断面

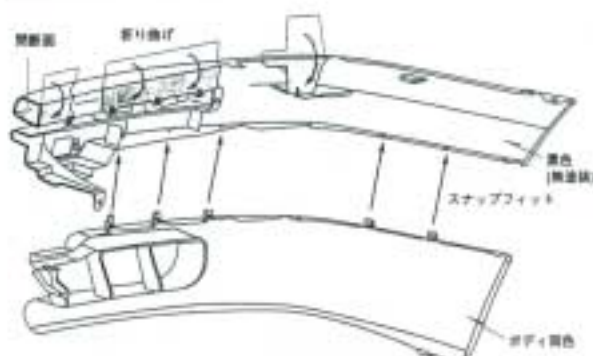


図-15 上下2分割バンパー

GFが弾性回復力によって立ち上がる（写真-7）ため、膨張成形後の製品は軽量で、さらには耐衝撃性、断熱性、吸音性などにも優れている。

4. 製品設計技術

4-1. 軽量化事例

現行のカラーラは、トータルで50kg以上の軽量化を実現し注目を浴びた。この中で樹脂部品に関する開発品事例を紹介する。

バンパは上下2分割構造とした。図-15で示すように上部バンパーの一部を折り曲げることで、閉断面の部分を形成して剛性を高めた。これにより、従来必要だったバンパ上面の波打ちを防ぐための金属部品（リテーナ）を不用にすることで重量を35%削減した。

インパネは従来全面を発泡ウレタン+PVC表皮で覆うフルパッドタイプであったのを、前面だけの部分パッドタイプに切替えたことで29%軽量化している。

また、図-16のように部分パッドの裏側はインパネを凹形状にしてパッドとの間に空間をつくり、ここをダクト配管として機能させた。これにより助手席側へのダクトを省略できた。

ドアトリムも従来は木質ボードの上全面にパッドを貼り付けていたが、ドアトリムを2分割しユーザーが手の触れることの少ない下側はPPの射出成形品とした。この結果、24%軽量化することができた。

4-2. モジュール化の推進

車両設計として軽量化のためには、部品の小型化、薄肉化、統合化が必要である。加えて、これからはコストダウンや高付加価値をトータル的に含めたモジュール化が普及するであろう。



図-16 ダクト一体インパネの断面



写真-8 トヨタハリヤーのセンターモジュール

モジュール化事例について紹介する。

'98年に発表されたハリヤーのセンターモジュール（写真-8）は豊田合成と電子部品メーカーである住友電工の協業で開発した。これは自社の自動車内装部品設計技術、車両搭載技術、デジタルアセンブリ、空調評価技術、LEDの応用技術と住友電工のワイヤーハーネス技術、ボディ系制御技術、回路、通信設計技術などを互いに補完しあい製品化した。

その結果、エアコンとオーディオの内部部品の機能統合による二重構造廃止、部品点数削減（筐体、スイッチ、カバーやレンズ類の一体化などにより、主要構成部品を9から4点に削減）することで樹脂材料部のみについても従来品に比較し、およそ30%軽量化した。また住友電工の技術により、ワイヤーハーネスについても「ゲートウェイ」方式により220から160と省線化が可能となり、全体でもおよそ30%の軽量化に成功した。

5. おわりに

今後の製品技術開発のキーワードは、“環境”・“安全”・“情報”である。軽量化も、ただ環境対応のみではなく安全、情報との関連をバランス良くとりながらどれだけ合理的なコンセプトを打ち出せるかが勝ち残りの鍵を握る。

車両軽量化を目的とした材料の開発、成形工法の開発、製品設計は今後も更に優れた技術を生み出すことであろう。そして今後は、これらが三位一体となった技術開発体制が主流になると考えられる。

今後、競争力のある商品作り、徹底したコスト低減、さらに協業体制の構築によりモジュール化が拡大し、部品の一体化、機能統合により軽量化が進むのは間違いない。自社の関連だけでも、パートレイン系では吸気・燃料系、ボディ関連ではフロントエンド、リアエンド、内装では天井、内張り、センターからインパネ、シャシー関連ではハンドルなどが促進すると予想している。

自動車は未来永劫、人間にとって有益であり、かつ地球環境保護にも貢献し続けられるように、今後も我々樹脂成形メーカーの技術者としての役割は益々重要になってくるであろう。その為には、絶え間なく技術屋の腕を磨くことが大切であろう。

参考文献

- 1) 環境庁「環境白書」、平成9年版
- 2) 環境庁「環境白書」、平成10年版
- 3) FOURIN 自動車調査月報, 1992.8 No.84
- 4) 東レリサーチセンター 自動車材料の新展開
- 5) 日経メカニカル, 1995.9.4 No.462