

多層ブロー成形法を用いた自動車外装部品の開発

Development of Automotive Exterior Parts by ASM Blow Molding

大 田 彰^{*(1)} 九 島 行 正^{*(2)} 安 藤 秀 樹^{*(1)} 古 木 哲^{*(3)}
Akira OHTA Kosei KUSHIMA Hideki ANDOH Satoshi FURUKI
 山 下 篤 也^{*(3)} 戸 来 稔 雄^{*(4)}
Atsuya YAMASHITA Toshio HERAI

抄 録

最外層を複数の樹脂で形成する新しい多層ブロー成形技術, ASMブロー成形技術を開発した。この技術をベースとして, フェイシャとレインフォースメントあるいはエネルギーアブソーバーを一体化した多機能型バンパーのコンセプトを提案し, 試作によりこれが実現可能であることを示した。このデザインの中で, 裏面側を大きくくぼんだ凹面とし, その凹面の中に突起状構造を設けて取付用ブラケットとする等, かなり困難な成形に挑戦し, これも実現可能であることを示した。材料面でもフェイシャ用及びレインフォース用として新規にブロー成形性にも優れたPP系コンパウンドを開発した。試作品について静的曲げ挙動等を評価し, その特性を明らかにした。

Abstract

A new processing technology, area selective multi-layer (ASM) blow molding, has been developed, which is one of the multi-layer blow molding process to form multi-layers of plural resin materials on the most outer surface of the automotive exterior parts. On the basis of this technology, a concept of a multi-functional bumper that a fascia and a reinforcement or an energy absorber are incorporated as one body, is suggested and described in this paper that such bumper can be realized from test results of a prototype bumper which was experimentally made. In designing this, such a fairly difficult molding practices were attacked, for example, as making the back side of bumper greatly hollowed concave with a projection structure being applied in it to make a fixing bracket. It is shown herein that this practice can also be realized. In a material aspect, a PP compound with superior blow molding property has newly developed for the fascia and reinforcement. Further, its static bending behavior and other characteristics were examined with regard to the articles made on an experimental basis, and the results of the examinations are described here.

1. はじめに

新日本製鐵 高分子加工研究開発センター(現在は化学研究部に編入)創設の大きな目的の一つは, 鉄代替分野におけるプラスチックによる大型構造物の開発を念頭に置いた成形技術の開発である。その目的に沿って, 大型ブロー(中空)成形技術の中で, 全く独自のASMブロー成形法を開発し, 現在その実用化を推進しつつある。そしてその一環として著者らはこの技術を自動車のバンパーシステムに応用することにより, 全く新しい構造が実現できる可能性に着目した。そして, その可能性を実証すべく独自のコンセプトによるモデルを開発し, 評価してきた。本報ではその経緯を報告する。

2. ASMブロー成形法の開発

ブロー成形法は, いわゆるボトル等の中空容器の成形法として古

くから用いられてきた成形法であるが, 最近の十数年で容器から脱した製品への応用を目指して著しく変ぼうしたり。その一つは形状の多様化であり, もう一つは複数の樹脂を一体成形する多層ブローの方向である。一般の多層ブロー成形では, 2種以上の樹脂を同心円状に積層した形のバリソンを形成し, これを金型で挟んで, 内圧により賦形する。ASM(Area Selective Multi-layer)ブロー成形法は, これを発展させて, 更に付加価値の高い製品群への対応を意図して当センターで開発した技術で²⁾, 最外層を複数の樹脂で形成する技術である。本技術の詳細は別の機会に譲り, ここでは概略を紹介する。

図1にASMブローにおけるバリソン形成を模式的に示す。このバリソンの断面は例えば図2のように構成されている。このバリソンをしかるべき形状のキャビティを有する金型を用いて賦形することによって, 中空構造体の正面側外層部分, 裏面側外層部分及び内層

*⁽¹⁾ 技術開発本部 先端技術研究所 化学研究部 主任研究員

*⁽²⁾ 技術開発本部 先端技術研究所

化学研究部 主幹研究員 工博

*⁽³⁾ 技術開発本部 先端技術研究所 化学研究部 研究員

*⁽⁴⁾ 技術開発本部 先端技術研究所 化学研究部 研究審議役

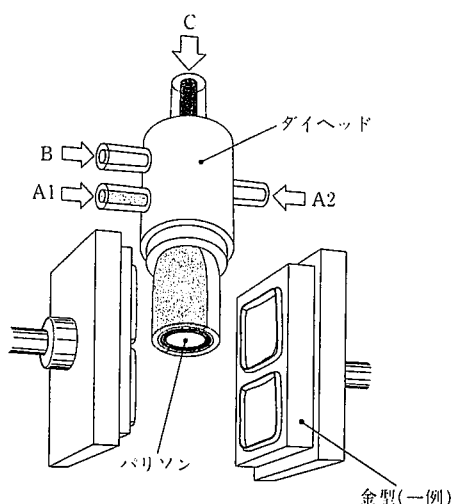


図1 ASMブローのバリソン外観の模式図

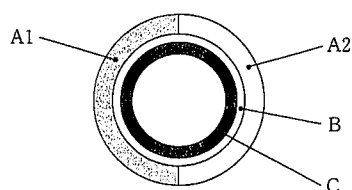


図2 4種3層ASMバリソンの断面の模式図

部分にそれぞれ違った樹脂を配することができる。すなわち、それぞれの部分に求められる物性の樹脂を選ぶことにより、全体として中空構造の成形品であって、正面側の外表面と裏面側の外表面及び内層の各部分に異なる機能と役割を持たせることができる。例えば、A1部には外観、手触り等を重視した樹脂、A2部には機械的強度を重視した樹脂を配置することができる。B層は接着性樹脂を想定しているので省略することもあり得る。C層は、A2部と同じ樹脂としても良いし、又リサイクル樹脂を用いることもできる。後述するバンパースステムの場合は、フェイスシャに相当する部分(正面側外表面=A1)のみにフェイスシャ用樹脂を配することとなる。

3. バンパースシステム開発の方向性

3.1 バンパースシステムの現状

自動車部品の樹脂化は、軽量化、低コスト化を主な狙いとし、それにデザインへの自由度を加味して金属代替の形で進んできた。しかし、最近になって樹脂化は一つの壁に行き当たっており、金属への回帰も話題となっている³⁾。樹脂化の今後について、日産自動車㈱の加藤は“いかに画期的なプラスチック材料開発や成形加工技術、加えて、部品の最適構造(形状)設計が展開されるかがクリティカルポイントになる”⁴⁾と指摘している。このような状況のもとで、最も樹脂化の進んでいる部品の一つであるフェイスシャを含んだバンパースシステムにおいて、どのようなことが考えられるであろうか。

現在の乗用車のバンパースシステムは、フェイスシャ、エネルギー吸収ユニット、ビームから構成されている。フェイスシャの主流はPP(ポリプロピレン)系の材料の射出成形品である。ビーム(レインフォース)は、鋼製のほか、軽量化を狙ってアルミニウム、スタンパブルシート、SMC(Sheet Molding Compound)による検討が行われており、その内のいくつかは採用されている。ブロー成形品もこれ

まで数車種で採用されているが、設計によってはエネルギー吸収ユニットの機能を合わせ持つ構成も可能であることが指摘されている⁵⁾。これまで、フェイスシャとビームを一体成形した例はないが、元々全体が1個の部品で構成されていた簡易型バンパーにおいて、ブロー成形品を採用した例は存在する⁶⁾。

フェイスシャはデザインが優先し、高度の表面品質が要求される部品であって、射出成形においてもかなり高度の技術が要求され、材料面でも、高い流動性、曲げ弾性率、耐衝撃性が要求される。一方、ビームはあくまでも衝突に対して高い剛性と強度を要求されるものであり、樹脂系の材料の場合、かなりの肉厚を要求される。射出成形でこれらの一体成形を行うことは現在の技術では不可能と見てよい。ただ、最近ガスアシスト射出成形法を用いて裏面に多数の大型のリブを配した一体型バンパーが実用化されている⁷⁾。これは今後の方向の一つを示唆するものである。

図3は実用化されているブロー成形ビーム(フロント)の断面の模式図である⁸⁾。素材(HDPE:高密度ポリエチレン)の曲げ弾性率は12 000kgf/cm²程度⁹⁾と高いものではないが、射出成形や、SMC、スタンパブルシートの圧縮成形では形成できない中空構造をうまく利用して、断面係数を高くしており、後述のように静的曲げでは比較的軽量で高剛性を実現している。これからスタートして、フェイスシャを含めた一体化(部品統合)や、高機能化を考えると、いくつかの問題がある。最大の問題はブロー製品の表面品質である。一般にブロー成形では比較的低圧のエアによって成形するため、表面の転写性は良くない。又、ブロー成形ではドロウダウン等のトラブルを避けて、スムーズに成形を行うために、低流動性の樹脂を用いる。これも表面品質の向上を阻害する要因で、射出成形と同レベルの表面を得ることは難しい。又、ビーム機能のみを期待するときは、比較的直線状の部品となるが、フェイスシャを考えたときには、デザインからの要請に対して、成形がどこまで追従できるかが問題である。更に、アセンブリーを考えたとき、何らかのブラケットが必要であるが、一体型ではかなり困難な問題となる。ビームのみの場合は、外からは見えないので、図3のように成形上容易な位置にブラケットを設けることができるのに対して、一体型では、外から見えない場所に設けるという制約が生じる。これらを解決できる成形技術及び設計技術が今後の展開のかぎとなる。

3.2 多機能型バンパーの新しいコンセプト

前記のASMブロー成形法を適用すれば、フェイスシャ部分にのみ(ブロー成形性を犠牲にしても)それに適した樹脂を配することにより、

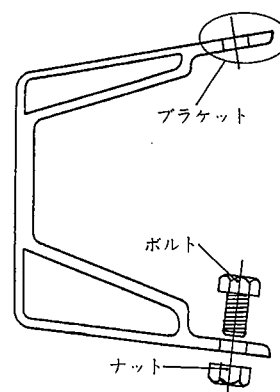


図3 実用化されているブロー成形バンパービーム(一例)の断面の模式図

ブローによる一体型バンパーの最大の問題である表面品質向上の可能性がある。そこで、全体形状は中空成形品としての本格的な中空構造の利点を活かしつつ、フェイス材としての機能を有する部分と、レインフォースメントないしエネルギーアブソーバーとしての機能を持つ部分とを、一つの成形工程の中で同時一体的に積層して、大胆に部品統合を行った単一部品の多機能型バンパーを検討することとした。これは全く新しいバンパースステムのコンセプトである。

これに加えて、アセンブリーのためのブラケットについても新しいコンセプトを導入する。ブロー成形では一般に左右の割金型でパリソンを挟み込んで成形するので、その型締め動作自体を利用して金型の合わせ面（パーティングライン）でパリソンの一部を圧縮してブラケットのような突起部分を形成することは容易である（図3ではそのように成形している）。著者らの意図している一体型バンパーでは、ブラケットは完全に裏面側に形成する必要がある、パーティングライン上に形成するわけにはいかない。望ましいのは、図4及び図5に断面で示したような配置である。位置はレインフォース部の中央付近にあって、自動車の最外表面にでることはなく、又ブラケットの先端が図中のD寸法の範囲から出ないことも重要である。成形面からみると、このようにブロー成形品の片側を大きくくぼんだ凹面とし、さらにその凹面内に突起状の構造を設けることはかなり困難なことで、製品設計及び成形技術の上で種々の制約を課す要因となる。しかし、新しいコンセプトの具現化を目指して、著者らはあえてこの構造を検討することとした。

4. 多機能型バンパーの試作

4.1 独自の形状の決定

上記の二つのコンセプトを盛り込んだ多機能型バンパーモデルの形状を決定して、金型を製作し、試作を行った。この試作の目的は次の通りである。

- (1) ASM ブロー成形における全体形状の成形技術を確立する。
- (2) 特にブラケットの成形技術を確立する。
- (3) 本体（ビーム）部分及びフェイス材部分のそれぞれに適した材料を開発する。
- (4) 総合的に著者らのコンセプトが実現可能であることを示し、次のステップである実際のシステム開発に向けて必要なデータを蓄積する。

図6～8に著者らの選択した形状を示している。その根拠と狙いを以下に述べる。

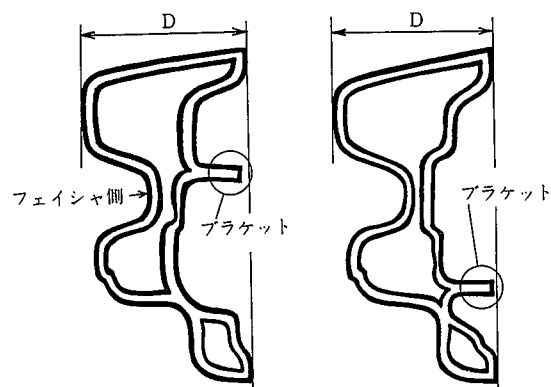


図4 試作バンパーの断面（図7のIII断面）の模式図
図5 試作バンパーの断面（図7のII断面）の模式図

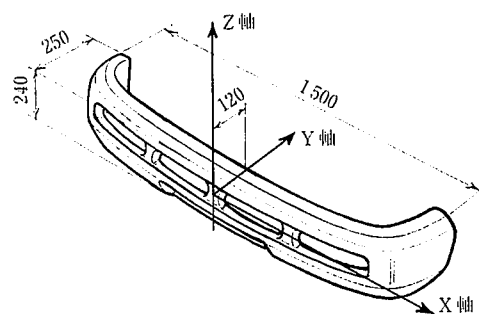


図6 試作バンパーの外観の模式図

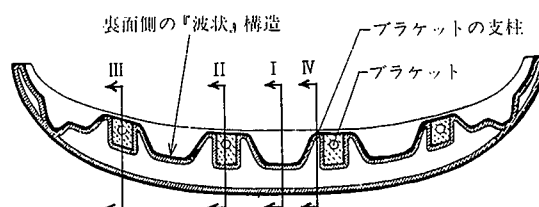


図7 試作バンパーの縦断面形状の模式図

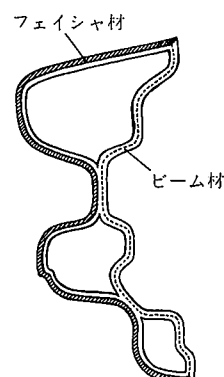


図8 試作バンパーの断面（図7のI断面）の模式図

- (1) フェイシャのデザイン及び寸法は、小型乗用車を念頭において決定した（図6参照）。
- (2) 図7は縦断面形状の模式図である。裏面側に4個のブラケットを設ける。両端の2個は図4に示された位置で、車体本体への取付主体に用いる。中央の2個は図5の断面に示された位置で、両端の2個とは列を違えてあり、倒れ防止を主体に用いる。
- (3) 裏面部分は全体的にブラケットの支柱も兼ねて長手方向に波状構造を取っている。これは、図6のX-Y面内の座屈を防ぐ効果もある。
- (4) 図8は中央部（図7のI）の断面の模式図である。“目”字を基本にして断面係数を確保しながら、裏側になるべく広いスペースを設けるデザインとした。なお、図4、5はそれぞれ図7のIII及びIIの位置の断面である。
- (5) 全体としてある程度の強度、剛性は確保できるようにしているが、今回の設計では何らかの基準をクリアすることは考えていない。これはASM成形の応用と、ブラケット成形の可否を優先したことによる。ただし、試作品の強度、剛性は評価し、次の設計への手がかりとする。
- (6) 図8には層構成も示している。材料は2種類で、フェイス材

(図2のA1)とビーム材(図2のA2とCを同じ樹脂とする)

であり、接着層(B)は省略している。

4.2 樹脂物性と成形性

4.2.1 成形の難易度

ブロー成形において、成形の難易度を予測する手法は確立されていない。ブロー成形では溶融状態のパリソン内に圧縮空気を吹き込んで、パリソンを金型キャビティの形状まで膨らませて賦形する。この際、金型にいったん接触した部分は、冷却により変形抵抗が増し、かつ摩擦係数もかなり大きいと推定されるため、金型表面に固着された状態となり、金型との間で滑りは生じないことが観察されている⁹⁾。その結果、変形は順次パリソンのまだ金型に触れていない部分に限定されながら進行していくことになる。従って、一部分が周囲より著しく突出している場合、その部分の肉厚が著しく小さくなり、限界を越えると破断が生じる。対象としている形状はまさにこのような部分を複数個含んでおり、成形としてはかなりの困難が予測される。形状変更が許されない場合の対策としては、厚肉のパリソンを形成して、全体として肉厚を上げる方法が容易であるが、軽量化の目的には反する方向である。材料の選択がもう一つの対策である。この場合は、成形品として必要な強度等を考慮しながら材料を選ぶ必要がある。以下に本格的試作に先行して行った成形試験の結果を示す。

4.2.2 材料物性と成形性

一般的に、高分子量高密度ポリエチレン(HMW-HDPE)はブロー成形性の良い材料である。しかし、曲げ弾性率が低く、構造部材として採用する場合は肉厚を大きくする必要がある。一方、弾性率等の面では、ポリプロピレン(PP)系のコンパウンドが有利であるが、ブロー成形性は必ずしも優れていない。そこで前者の代表としてショーレックス4551H(昭和電工㈱)、後者の代表としてエスダッシュPX6525(新日鐵化学㈱)を選び、これをブレンドして段階的に物性を変化させたものを用いてパリソン肉厚を変えながら成形を行った。成形は単層で行い(ASM成形は行わない)、成形性のクライテリアとしては、破損せずに成形できる成形可能な最小製品重量を採用した。破れの生じる場合は、ブラケットの支柱部付近に生じる。これは形状から予測されるとおりである。

図9に材料のブレンド比率と成形可能な最小製品重量、降伏点及び曲げ弾性率の関係を示す。成形可能な最小製品重量すなわち成形性はブレンド比に大きく依存しており、やはりHMW-HDPEの成形性が優れていることが示されている。一方、PPコンパウンド側から見れば、HMW-HDPEによる成形性の改善効果は非常に大きく、材料開発の一つの方向性を示唆している。又、この樹脂系では降伏点が高く、曲げ弾性率が低いほど成形性が良く、逆に曲げ弾性率が高くなると、降伏点が低下し、成形性も悪くなるという結果になっている。従って材料面での次のステップは、適正な材料コスト範囲の中で、曲げ弾性率、降伏点(引張強さ)共に高く、成形性の優れた材料の探索である。

4.3 成形品の肉厚分布

ブロー成形品では、前記のような成形メカニズムからかなり大きな肉厚分布が生じる。特に凹凸の大きい、複雑な形状の場合、その傾向は顕著で、今対象としている一体型バンパーはその典型的な例である。前節で用いたブレンド系の材料による単層の成形品について、各種成形条件と肉厚分布の関係を把握しておく。

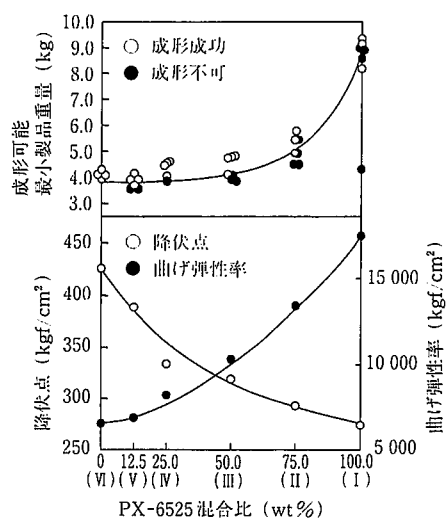


図9 エスダッシュPX6525とショーレックス4551Hの混合樹脂の混合比率と成形可能最小製品重量、降伏点及び曲げ弾性率の関係

4.3.1 ダイ口径の影響

ダイ口径とは、図1においてダイヘッドからパリソンが押し出される出口の口径のことである。一般に成形品の形状、寸法及び使用する樹脂の物性に依りて最適のダイ口径があるが、これは現状では経験的に捜し当てなければならない。今、対象としている形状に対して、ほぼ、適合していると推定されるダイ口径150mmと200mmの二つの場合について、図7のII断面で測定した肉厚分布を図10に示す。肉厚は製品重量の影響を避けるため、全てその絶対値を製品重量で割った“規格化肉厚”で表している。予想通り、ブラケット近傍の⑪、⑫、⑬が薄く、又フェイシャ側では凸部頂点の②、④が薄くなる。ダイ口径の影響はこの範囲ではそれほど大きくないが、150mmの方が肉厚分布の幅が多少小さいという意味で200mmより相対的に有利といえる。

4.3.2 成形品重量の影響

図11は成形品重量が3.0, 3.5, 4.1kgの場合の規格化肉厚の分布を示している(図7の断面IV)。成形品重量、すなわち平均肉厚が変わっても、最も薄くなる部分が破れないで成形できている限り規格化肉厚の分布にはほとんど変化がない。従って、成形品重量を小さく、すなわち平均肉厚を小さくしていくと、規格化肉厚の最も小さい部分の肉厚の絶対値はそれに比例して小さくなり、限界に達したところで破れを生じる。

4.3.3 樹脂物性の影響

図9のブレンド系の(IV)、(V)、(VI)を用いた成形品の、図7のIII断面における肉厚分布を図12に示す。この程度の材料の違いでは規格化肉厚の分布にはほとんど影響がない。

4.4 多機能型バンパー用材料の開発

多機能型バンパーの実現に当たっては、フェイシャ用材料とレインフォース用材料(それぞれF₀, R₀と呼ぶ)を開発する必要がある。両材料ともブロー成形性に加えて最終製品で要求される各種物性を付与しなければならないのは当然であるが、更にリサイクル性を考慮しておく必要がある。リサイクル性で考えておく必要のあることは二つある。一つは工場内リサイクル(リターン)で、もう一つは使用済みバンパーのリサイクルである。前者はブロー成形の場合、又特に今回の多機能型バンパーの場合、かなりの量のバリが発生す

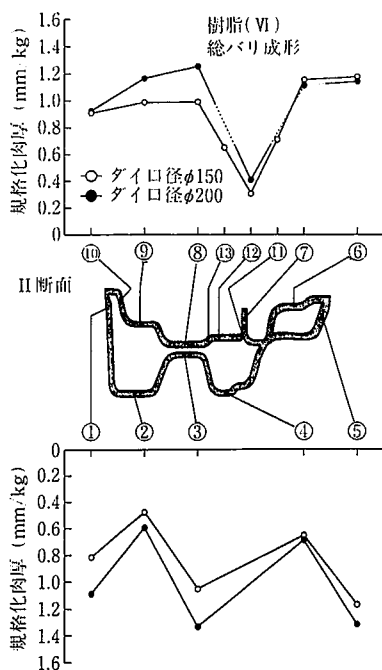


図 10 ダイ口径と肉厚分布の関係

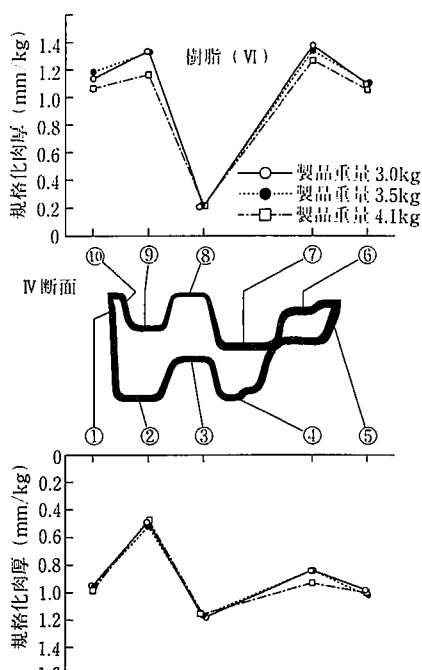


図 11 製品重量と肉厚分布の関係

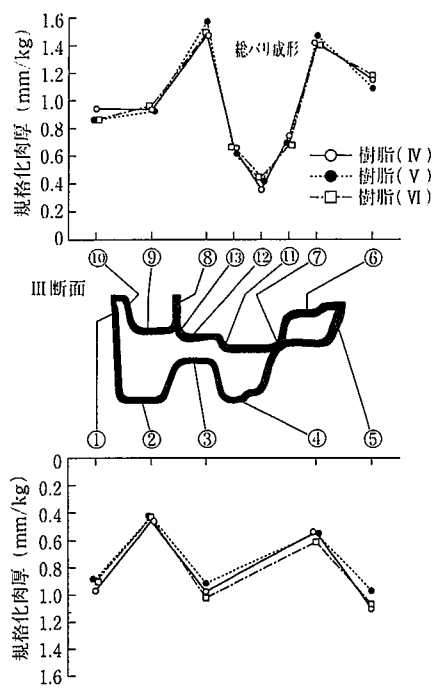


図 12 樹脂の違いと肉厚分布の関係

るので、これをいかに原料系に戻すかという問題であり、生産システムとしての経済性に大きな影響を与える。従って、今の場合、ASMブローで発生したフェイス材とレインフォース材の積層したバリを、レインフォース材に戻して成形することを前提とした材料設計が必要である。後者は廃棄バンパーの回収とリサイクルという社会全体にかかわるルーチンの問題であり、ここでは深く立ち入らないが、bumper to bumper のリサイクルが可能のようにあらかじめ材料設計をしておくという点では同一の課題である。

そこで著者らは以下のようなコンセプトに基づいて材料開発を進めた。すなわち F_0 と R_0 は PP を主体とする同系統の複合樹脂とする。ブレンドに用いる樹脂、フィラー等はできるだけ同一のものとし、配合比率を変えて物性を調整する。これにより、 F_0 と R_0 のブレンドが容易となり、又 F_0 と R_0 の間の接着層 (図 2 の B) が不要となる効果もある。

次にバリや不良品をリターンしたときの材質について検討する。今、フェイス部とレインフォース部の混在したバリ等を粉碎して得られる再生樹脂を、一定比率 r でレインフォース部に混入するものとする (レインフォース部の方が体積として大きく、又フェイス部は表面品質等の要求もあるため、フェイスには戻さない)。 R_0 樹脂の中に再生樹脂を一定比率 r で混入する過程を繰り返すと、簡単な計算により F_0 と R_0 の混合比率はある極限值に収束することが示される。このときの混合比率を r_1 、その状態の混合樹脂を R_1 とする。実際には 5 回程度の繰返しでほぼ一定値になる。従って、 R_1 がレインフォース材として必要な物性、すなわちブロー成形性、曲げ弾性、

耐衝撃性等を保持するように材料設計する必要がある。

一方、フェイス材に関しては、硬質で真に表面状態向上の期待できるものを指向するか、又は耐衝撃性を重視した軟質樹脂を指向するかの選択がある。後者については、レインフォース材を高剛性としたときに、耐衝撃性が不足する可能性があるのを補う意味もある。将来的には市場の要望を踏まえて、種々の検討を加えなければならないが、当面の試作用としては上記のリサイクルに関するコンセプトとの兼ね合いも考慮して、後者の方向で進めることとした。

以上の方針のもとに開発した PP 系コンパウンド (フェイス用 F_0 : CPX-7002, レインフォース用 R_0 : CPX-7003) の物性を表 1 に示す。図 13 に開発品及び図 9 の HDPE-PP 系ブレンドの降伏点と曲げ弾性率の関係をプロットした。 R_0 は同レベルの降伏点のブレンド系に対して、曲げ弾性率が大幅に改善されている。図 14 は曲げ弾性率とアイゾット衝撃値の関係を示したもので、市販の PP 系ニート樹脂の物性も合わせてプロットしてある。開発材はいずれも市販ニート樹脂に比べ高弾性、高耐衝撃性の方向にあり、特に F_0 材では高いアイゾット値を実現した。図中の R_1 は混合比率 r_1 が 1/2 の場合、すなわち R_0 と F_0 が 1:1 でブレンドされた場合に相当している。これはバンパー全体に対するフェイス部の重量比率が 1/4 で、かつレインフォース部全体の樹脂に対する混入再生樹脂の重量比率が 4/5 の場合に、ほぼ定常状態になったときの混合比率である。 R_0 と比較して、曲げ弾性率はいくらか低下するものの、耐衝撃性は維持している。以下では、この樹脂を用いて多機能型バンパーの試作を行う。

表 1 フェイシャ用 F_0 及びレインフォース用 R_0 樹脂の物性

樹脂 グレード	F_0 樹脂 CPX-7002	R_0 樹脂 CPX-7003
MFR (g/10分): 温度 230°C, 荷重 2.16kg	0.41	0.55
アイゾット衝撃値 (kgf・cm/cm ²): 試験片 1/8 インチ	65.2	36.5
降伏点 (kgf/cm ²): 引張速度 50mm/分	255	327
曲げ弾性率 (kgf/cm ²)	17 311	19 160

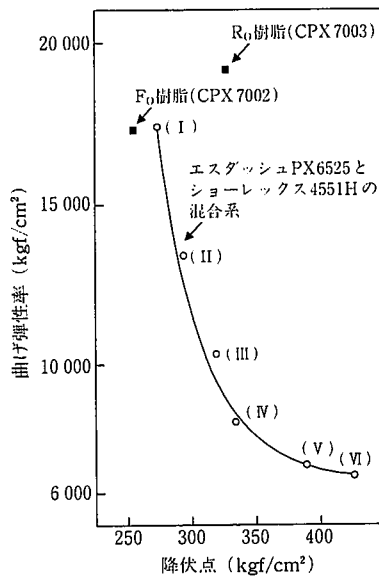


図 13 F₀, R₀樹脂及び図9のHDPE-PP系ブレンドの降伏点と曲げ弾性率の関係

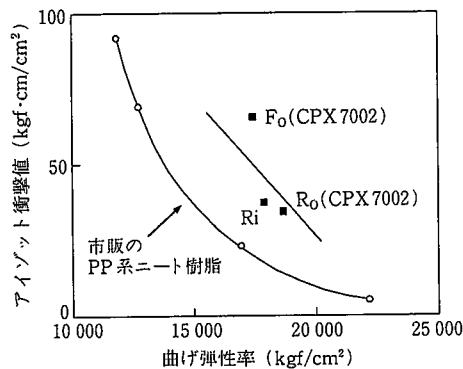


図 14 F₀, R₀, R_i樹脂及び市販のPP系ニート樹脂の曲げ弾性率とアイゾット衝撃値の関係

5. 多機能型バンパーの試作と評価

5.1 開発材料による試作

上記の開発材料F₀及びR₀を用い、ASM ブロー成形法によって試作を行った。写真1～3に試作品を示す。写真3の断面で分かるように、バンパー前面のフェイス側はフェイス材F₀（赤色）とレイフォース材R₀（白色）の2層で構成されており、裏面側はR₀のみで構成されている。フェイス部のF₀とR₀の肉厚比は1:1を標準とした。この組合わせにおいて、成形可能な最小製品重量は3.5kgであり、成形性としては図9のHMW-HDPE単体に匹敵する。この時フェイスの凸部の肉厚はほぼ1.8mmである。

5.2 表面品質

接触式表面粗さ計で測定したフェイス面の中心線平均粗さを表2に示す。測定方法はJIS B0601に準拠している。比較のため実際に採用されているブロー成形バンパービーム（以下、Bビームと呼ぶ）と、ガスアシスト射出成形による一体型バンパー（以下、Gバンパーと呼ぶ）についての測定値も示している。（Gバンパーの表側表面は予備塗装が施されているので成形品の表面粗さを直接示しているのは裏側表面である。）又図15にこれら測定のprofile curveを示す。Bビームは元来フェイスの内側にあって、目に触れないか

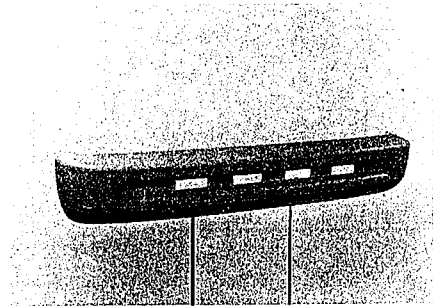


写真 1 試作バンパーの前面

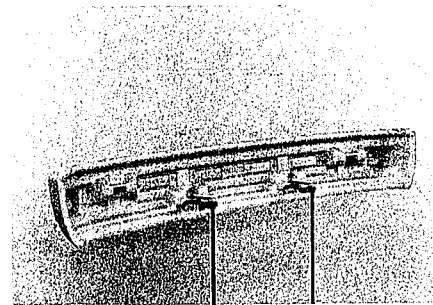


写真 2 試作バンパーの裏面

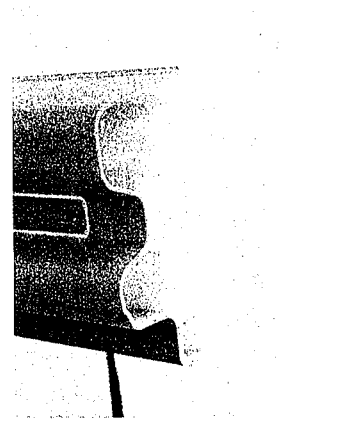


写真 3 試作バンパーの断面(図7のI断面)

表 2 試作バンパー, Bビーム, Gバンパーの表面粗さ

	樹脂	成形法	表面粗さ (μm)	
			測定方向	Ra
試作バンパー	CPX-7002	ブロー	MD方向	0.52
			TD方向	0.72
Bビーム	HDPE	ブロー	MD方向	1.28
			TD方向	0.80
Gバンパー	PP系	G.A.Inj.	表側表面*)	0.16
			裏側表面	0.28

*) Gバンパーの表側表面は予備塗装が施されている。

ら、特に表面品質を問題にしていなかったと考えられるが、ブロー成形品の表面の代表例として取り上げた。著者らの試作品はこれと比較すると格段に良くなっているが、Gバンパーを射出成形品の現在の一つの標準とすれば、まだ改善の余地がある。今回の試作においては、全体形状、特にブラケット部の成形に重点を置いたため、表面品質向上のための手段を十分講じていない。又フェイス用材料としては、耐衝撃性とリサイクル性を重視した材料設計としたため、表面

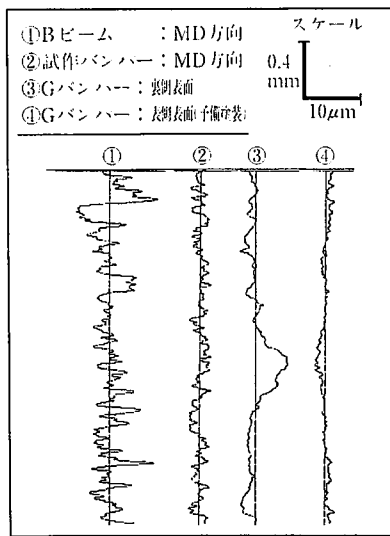


図 15 成形品表面のprofile curve

品質については、今後材料と成形技術の両面から改善を図り、射出成形品に近づけていくことが課題である。

5.3 静的曲げ試験

全体としての剛性及び強度の評価のために、静的曲げ試験を行った。図16及び写真4に示すように、両端のブラケットをボルト・ナットで固定して支持し(支点間隔990mm)、米国 FMVSS Part581に従った形状のストライカーで負荷した。負荷位置は、正面図ではそれぞれの中心線が一致し、又側面図ではストライカーの中心線が固定したブラケットの位置を通るようにセットした。ストライカーの変位速度は20mm/minで、変位は最大250mmまで取ることができる。

図17に製品重量の異なる4種の試作バンパーの変形量-荷重曲線を示す。荷重レベルは当然製品重量によって異なるが、曲線の形状はほぼ共通している。まずストライカー変位が50~100mm程度で荷重はいったん飽和する。このときの荷重を“初期飽和荷重”と呼ぶことにする。その後荷重は変位と共に徐々に増加し、最大変位に達してもまだ飽和していない。ここでは便宜上最大変位に対応する荷重を“見かけ最大荷重”と呼ぶ。ストライカーの変位200mmのときの変形の様子を写真5に示す。図18にこれら初期飽和荷重及び見かけ最大荷重と製品重量の関係を示す。いずれの荷重も製品重量、すなわち製品の平均肉厚に対してリニアに近い関係があり、引張り成分の寄与の大きいことをうかがわせる。なお、変形量が50mm程度以内であれば、重量に関係なく除荷により完全に復元することを

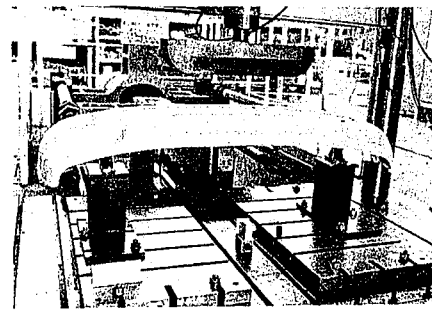


写真 4 静的曲げ試験の様子

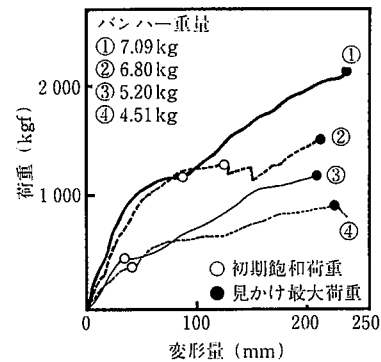


図 17 試作バンパーの変形量-荷重曲線

確認している。

図19には製品重量がほぼ同じで、フェイス部の層構成と肉厚の異なる二つの試作品の変形量-荷重曲線を示した。フェイス前面の肉厚の大きいものは、材料F₀の比率を標準より高くすることで得られたものである。これによれば初期飽和荷重に対するバンパー前面肉厚の影響は極めて大きく、フェイス材の曲げ弾性率がレインフォース材に比べて低いことを考えると、本来この差はもっと大きいものと推定される。

写真6は、ストライカーの最大変位まで変形したときのブラケット周辺の状況である。この部分は全体の中で最も薄くなる部分であるが(図11の⑧)、破損はしているものの破断には至っていない。ブラケット全体としてかなりの強度を保持していると考えられる。

5.4 静的曲げ挙動に関する考察

今回の試作品では、変形量-荷重曲線で初期の立上りが緩やかであり、初期飽和荷重も低めであることが指摘できる。比較のため、Bビームについて同様に測定した例を図20に示す。構造上、支持方法等が異なるので注意を要するが、初期の立上りは急であり、小さい変形量で1400kgに達するのに対し、その後の荷重増加はむしろ少ない。なお、Bビーム本体の重量は2.34kgであるが、射出成形品のフェイスと合わせると6.14kgとなる。著者らの試作品との違いは断面構造の差と、それによる変形モードの差に由来する。著者らのバンパーは、図8の断面図で見られるように、バンパー裏面部を構成するプレートの上に、長手方向に伸びる3本の並行した山脈が走っていて、それらの山頂部分がバンパーの前面部を形成する構造になっている。変形の初期段階では、裏面のプレート部はほとんど変形せず、前面の山脈だけが圧壊されて初期飽和荷重に至る。この初期飽和荷重に対して、バンパー前面部肉厚の影響が大きいのはこのためである。この段階を過ぎると、つぶれた前面部と裏面のプレートが一体となってたわみ始め、荷重は緩やかに増加する。それに

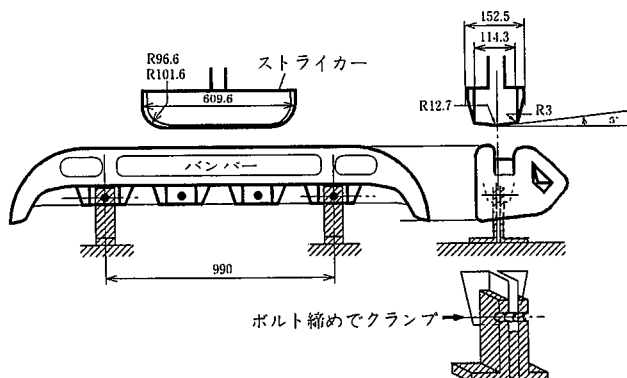


図 16 静的曲げ試験の模式図

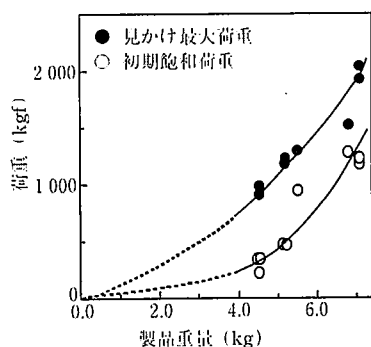


図 18 製品重量と初期飽和荷重及び見かけ最大荷重の関係

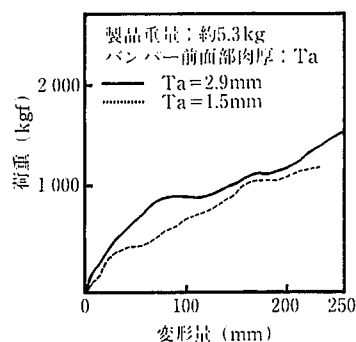


図 19 試作バンパーの変形量-荷重曲線

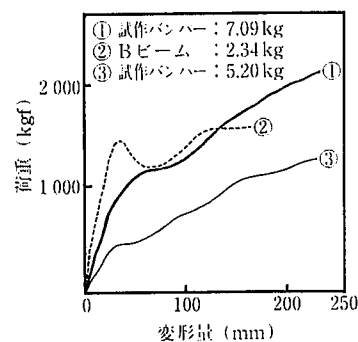


図 20 試作バンパー及びBビームの変形量-荷重曲線

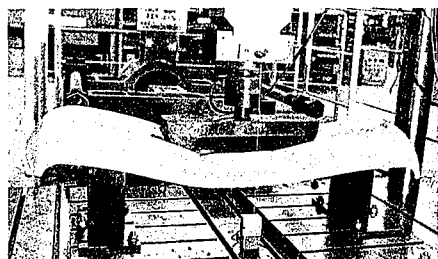


写真 5 ストライカーの変位200mmでのバンパー全体の変形の様子

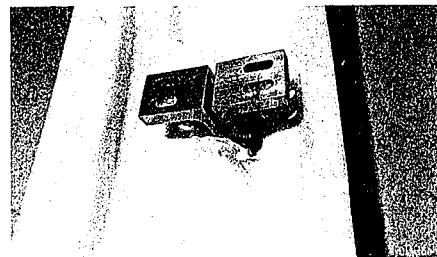


写真 6 ストライカーの最大変位でのブラケット周辺の変形の様子

対して、Bビームの断面は図3に模式的に示した通りで、負荷の初期から部分的に圧壊することなく、全体がたわむ形となる。そのため変形量-荷重曲線において、立上がりのかう配が大きく、かつ小さい変形量でピーク荷重に達する。

このように、静的曲げ挙動において断面形状の影響は極めて大きい。最終的な形状の決定に当たっては、どのような強度、剛性が要求されるかによって細部の改善を図っていく必要がある。前面部のデザインによっては、かなりの剛性を持つ構造設計が可能であろうし、それが困難な場合にはエネルギー吸収を主体に設計することもできよう。又、今回新しいブラケットの成形技術を提案し、それが実現可能であることを示したが、そのために材料選択と裏面側の形状に制約が生じているのも事実である。もし車体への取付に他の方法を用いて、ブラケットのない形状にするなら、裏面側の形状の自由度は増し、又レインフォース部材料としても、ブロー成形性の良否に拘束されることなく、例えばガラス繊維強化樹脂を採用するなど、その面からも強度剛性を向上することができる。

6. 結 論

- (1) 多層ブロー成形技術を発展させて、最外層を複数の樹脂で形成する新しい技術、ASMブロー成形技術を開発した。
- (2) この技術をベースとして、フェイスとレインフォースメントあるいはエネルギーアブソーバーを一体化した多機能型バンパーのコンセプトを提案し、試作によりこれが実現可能であることを示した。
- (3) このデザインの中で、裏面側が大きくくぼんだ凹面であること、さらにその凹面の中に突起状構造を設けて取付用ブラケットと

すること等、ブロー成形としてはかなり困難な成形に挑戦し、これも実現可能であることを示した。

- (4) これらの成形を実現するため、フェイス用及びレインフォース用として新規にブロー成形性にも優れたPP系コンパウンドを開発した。
- (5) 試作品について静的曲げ挙動等を評価し、その特性を明らかにした。

今回の試作は特定の仕様に基づくものではなく、著者らが独自に、新しいコンセプトの可能性を示すために進めたものである。システムとしての評価もまだ限られた項目にとどまっており、これがそのまま、すぐいづれかの車種のバンパーシステムとして搭載されるものではない。むしろ、実用化に向けてはまだ多くの課題を残している。このコンセプトに関して、内外の批判をいただき、今回の結果をベースにして次の展開を図っていくつもりである。

参 照 文 献

- 1) 大田彰：工業材料. 36(16), p.45 (1988)
- 2) 国際プラスチックフェア (IPF94, 幕張メッセ, 1994.1.14~18) で公開
参考：日経メカニカル. 1994-3-7 (No.423) p.19
Plastics Brief International News Letter. (Jan.24 1994)
- 3) Wigotsky, V.: Plastics Engineering. 49 (12), p.20 (1993)
- 4) 加藤淳：自動車プラスチックの現状と課題. 高分子学会, 1993-3-4, p.11
- 5) Mizunaga, S. et al: SAE Paper 900834 (マツダ：ユーノスロードスター)
- 6) 小宮山恭弘 ほか：自動車技術会学術講演会前刷集. 941, 1994-5, p.65
- 7) 日経メカニカル. 1993-10-4 (No.412) p.58 (マツダ：ランティス)
- 8) 今村伸二 ほか：成形加工'93(第5回プラスチック成形加工学会年次大会予稿集). p.55