

ポリプロピレン発泡シート スミセラー®を用いた新しい 成形加工技術・製品の開発

住友化学(株) 樹脂開発センター
南部 仁成
広田 知生
魚谷 晃
住化プラステック(株)
大村 吉典
住化プラステック栃木(株)
坂本 昭宣

Development of Novel Polypropylene Foaming/Molding Technologies and Products for Sumiceller®

Sumitomo Chemical Co., Ltd.
Plastics Technical Center
Jinsho NAMBU
Tomoo HIROTA
Akira UOTANI
Sumika Plastech Co., Ltd.
Yoshinori OOMURA
Sumika Plastech Tochigi Co., Ltd.
Akinobu SAKAMOTO

Plastic foaming products (polystyrene, polyethylene and polypropylene) are used in various fields in items such as food-packaging materials, distribution packaging materials, automobile parts and construction materials. Each product has its own characteristics such as light weight, flexibility (cushioning properties), heat insulation properties and sound absorption properties, which depend on factors such as the resin properties and foaming processes in each application field.

In automotive parts applications in particular, polypropylene foaming technologies and products are becoming the center of attention from the points of view of weight reduction and recyclability.

In this paper, we review the novel polypropylene foaming/molding technologies and products for Sumiceller®, and give our consideration to the requirement of weight reduction for automobile parts.

はじめに

樹脂の発泡成形加工は、工業化技術として、1959年にDow Chemical社において発泡ポリスチレン、発泡ポリエチレンの生産が開始され、その後熱可塑性樹脂から熱硬化性樹脂にいたるまで種々の発泡成形加工技術・製品の開発がなされてきた。

樹脂発泡製品の市場を概観すると、樹脂の特性や成形加工プロセスに由来する発泡倍率やセル径・形状などの特徴を活かして、軽量性、柔軟性(緩衝性)、断熱性、吸音性などの機能を有する様々な樹脂加工製品が、食品容器、梱包・包装資材、自動車部品、建築資材など幅広い分野において採用されており、市場規模としては2005年で6,300億円程度とされている。

当社は、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンを発泡製品用の原料樹脂として市場に供給する一方、当社独自の材料設計技術と成形加工技術を組合せたポリプロピレン押出発泡シート スミセラー®を1990年に上市し、1997年に住化プラステック(株)に事業譲渡した。

著者らはスミセラー®上市以降、市場・顧客の要望に応えるために品質改良検討や高付加価値製品の開発、さらには新規用途の開拓を進めてきた。同時に、ポリプロピレン押出発泡成形に関わる多くの要素技術(触媒・材料設計、重合プロセス、成形加工装置、成形加工方法など)を多面的かつ複合的に蓄積してきた。特に、真空成形加工などの低圧成形加工技術を高度化・複合化した新しい成形加工技術は、スミセラー®の付加価値を高めるとともに、ポリプロピレ

ン押出発泡シートの新規用途開拓の扉を開き、軽量化と高剛性・高耐熱性を両立させた高機能自動車部品を開発する推進力となった。

本稿では、独自の材料技術と成形加工技術とを組合せて開発されたポリプロピレン押出発泡シート スミセラー®の特徴を概説するとともに、新しい成形加工技術による新しい加工製品開発の取り組みについて紹介する。さらには自動車部品の軽量化ニーズに対する樹脂発泡技術・製品開発の考え方についても触れてみたい。

発泡成形技術について

1. 技術分類

元来樹脂の発泡成形とは、樹脂材料中でガスを発生させ、その空隙（泡）を目的の形態・大きさにおいて固定化して発泡体（フォーム）となすものである。ここでは、発泡ガスの発生源と発泡工程における樹脂材料の状態について発泡成形技術を分類した（Table 1）。

Table 1 Classification of expansion processing technologies

Expansion agent	State of material under foaming process		
	liquid	melted	solid
Chemical	—	Injection/Extrusion foaming	
	CFC	Polymerization foaming	
(Polyurethane)		Extrusion foaming	
Physical	Hydrocarbon	—	—
	CO ₂ /N ₂	—	Injection/Extrusion foaming

発泡成形におけるガスの発生方法や発生物質により、化学反応によりガスを発生させる「化学発泡法」、揮発性物質を樹脂材料に溶かして発泡ガスとする広義の「物理発泡法」などに分類される。

「化学発泡法」に用いられる化合物としては、アジカルボンアミド（ADCA）のような有機系発泡剤と、炭酸水素ナトリウムのような無機系発泡剤がある。また「物理発泡法」に用いられる揮発性物質としては、技術開発された時代順に、フロンガス、炭化水素系有機溶媒、二酸化炭素または窒素が挙げられる。フロンガスや炭化水素系有機溶媒は、一般的に揮発（気化・蒸発）時の潜熱が高い故に、熔融可塑化状態にある樹脂の温度を効果的に下げ空隙（泡）壁を速やかに固定するため、30倍もの高発泡倍率の製品を安定的に得ることができるという特徴を有している。

一方、二酸化炭素や窒素は、(i) 毒性がないこと、(ii) 比較的低温で臨界状態となる（二酸化炭素：臨界温度 = 31.0、臨界圧力 = 72.9atm、窒素：臨界温度 = -147、臨界圧力 = 33.5atm）、(iii) 比較的樹脂材料への溶解度が高いなどの特徴から、地球環境に優しい「揮発性物質」として近年積極的な検討が進められている。なお、押出発泡成形には主として二酸化炭素が、射出発泡成形には主に窒素が各々適用されている。また二酸化炭素の溶解によってポリマーのガラス転移点が低下することが知られていることから、押出発泡成形における二酸化炭素の適用は、単なるガス発生源ではなく、系の粘度低下を伴う成形加工性の改良効果を奏する手法であると考えられている^{1), 2)}。

これら「揮発性物質」変遷の背景には、モントリオール議定書（オゾン層を破壊する物質に関する規制、1989年発効）、改正大気汚染防止法（揮発性有機化合物規制、2004年改正）、京都議定書（地球温暖化の原因となる温室効果ガス削減に関する規定、2005年発効）に代表される、地球環境に配慮し世界の持続的成長・発展を指向する、新しい社会ニーズの高まり（新しい価値観の醸成）がある。

また発泡成形時の材料状態により、熔融状態で発泡させる「熔融発泡成形法」、固相状態で発泡させる「固相発泡法」、さらには液状材料を注型時に発泡させる「注型発泡法」などに分類される。また、「熔融発泡成形」は、「化学架橋法」、「電子線架橋法」などの「架橋発泡成形法」と、押出発泡成形のような「非架橋発泡成形法」とに大別される。なお本稿で紹介するスミセラー®は、非架橋型押出発泡成形法に分類される。

2. ポリプロピレンの発泡成形について

ポリプロピレンは低コストかつ耐熱性、耐薬品性、軽量性、リサイクル性などに優れた環境に優しい材料として幅広い用途分野に適用されている成長率の高い汎用樹脂である。またポリプロピレン発泡製品には、(i) 低発泡品（発泡倍率5倍以下、非架橋/連続プロセス）、(ii) 高発泡品（発泡倍率5倍以上）、(iii) ビーズ発泡品（発泡倍率15～45倍、非架橋/バッチプロセス）があり、スミセラー®のような非架橋/連続プロセスによる発泡製品はリサイクル性や生産性に優れていることから、今後の成長が期待されている。

しかしながら、ポリプロピレンは結晶性樹脂であるが故に、融解温度近傍において急激な粘度変化を生じ、発生したガスを空隙（泡）として効率的に固定することができないため、発泡倍率、独立気泡率の点で発泡成形性に劣っている。これを克服するために、ポリプロピレンの熔融張力を向上させてガスの保持力を高めることが有効であるとの考えから、

伸長流動時の歪み硬化性に着目した材料提案がなされている。具体的には、(i) 分子量分布を広くする、(ii) 電子線照射などにより長鎖分岐を生成させる、(iii) 溶融張力が高い他の樹脂（超高分子量材料）と複合化するなどの方法が提案されている^{3)–6)}。

ポリマーブレンドや多段重合による分子量分布制御の検討は歴史が古く、ポリプロピレンシートの真空成形性改良（ドロダウ抑制）として実績も豊富である。

近年では、日本ポリプロ(株)からニューフォーマー® (Reactor-made HMSPP) という新しい高溶融張力PPが上市されている。ニューフォーマー®は、溶融張力の高さや伸長変形における高い歪み硬化性といった特徴に加えて、リサイクル（繰返し混練）時のMFR低下が少ない点が従来型のHMS-PPに比べて優れているとされている⁷⁾。

ポリプロピレン材料の特徴を最大限に活かして、省エネルギーや省資源などの環境対応を進めていく上で、低コストな触媒・重合プロセスの開発や成形加工性やリサイクル適性に優れた材料の開発が必要である。そのためには、溶融張力や歪み硬化性に着目したポリプロピレン材料の成形加工性改良検討が重要である。

3. ポリプロピレン押出發泡シート スミセラー®について

スミセラー®は当社独自の触媒材料設計と重合プロセスによって開発されたポリプロピレン材料と、独自の発泡成形技術とを組合せて開発された、ポリプロピレン押出發泡シートである。

スミセラー®は主に床・壁面の養生に用いられる1.3倍発泡品と、箱・仕切り・緩衝材等に用いられる3.0倍発泡品を基本グレードとしてラインナップしているほか、機能性フィルムや不織布などの機能性材料と積層した特殊グレードを有しており、物流・包装資材、看板・表示材料、自動車部品など幅広い分野で使用されている。著者らは、表面改質や意匠性付与を目的とした異種材料との積層・複合化を新しい用途分野に向けての重要な要素技術と位置付け、積極的な技術開発を行っている。

Fig. 1はスミセラー®と一般PP発泡シート品の断面写真である。なお各製品のスペックは、発泡倍率=3倍、厚み=3.0mmと一定であるが、セルの大きさ（セル壁の厚み）が決定的に異なっていることが判る。参考までに単位断面積当りのセル数を計測すると、スミセラー®と一般品との間には、10~100倍もの差があることが判っている。このようなセル径の差異は、用いる樹脂の溶融特性や発泡方法（発泡剤、プロセス）によって生じていると考えられるが、スミ

セラー®の均一かつ微細なセルは発泡シートとしての品質に留まらず、次項で述べる新しい成形加工方法においても大きなアドバンテージを有している。

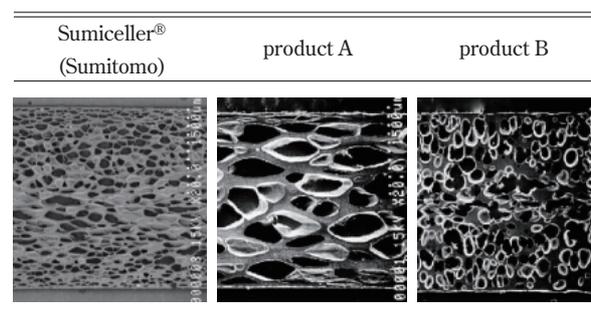


Fig. 1 Cross section of PP foam product

Fig. 2はスミセラー®と一般PP発泡シート品との関係を、製品厚みと発泡倍率との関係で整理したものである。これまでは、3倍発泡、2~5mm厚み品をコアに物流・包装資材分野に注力しており、3倍を超える高発泡倍率領域や10mmを超える高厚み領域には参入してこなかった。著者らは、スミセラー®の優れたセル品質を強みとして展開すべく、技術開発戦略と市場開発戦略を策定した。

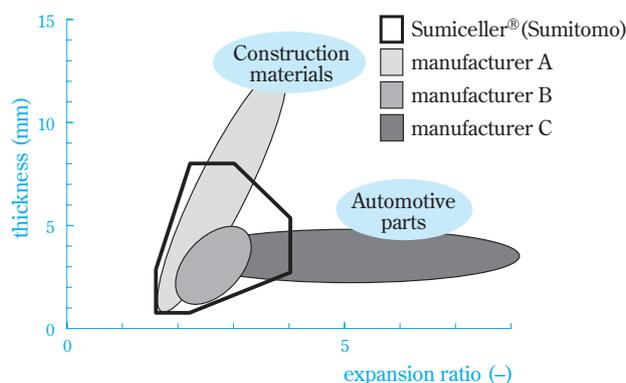


Fig. 2 Product coverage of Sumiceller® (Target areas and applications)

現在、自動車分野拡大を目的とした高発泡倍率領域や、建材分野を想定した高厚み領域をターゲットに設定し、新しい成形加工技術による新しい発泡製品グレードの開発を進めているところである。

新しい成形加工技術による新しい加工製品開発

1. BM（バックモールドング）技術

当社は、SPM（住友プレスモールドング）工法の開発を源に、自動車部品の低圧成形加工技術の開

発を進めている。また自動車部品の軽量化を目的に、各種の発泡成形技術の開発を行っている。

射出発泡技術は既に多くの自動車部品において採用されており、技術の深化が進んでいる。現状、金型クリアランスを発泡工程に連動させて制御するコアバックと呼ばれる手法では、発泡倍率が2~3倍である。発泡倍率に注目すると、押出發泡シートの方が軽量化率に優れている。またコアバック方式では、金型投影面内における発泡倍率は比較的精密に制御できるが、金型投影面に対して垂直な面（製品においては縦壁部と呼ばれる）では発泡倍率を稼ぐことができない。この点においても、押出發泡シートを真空成形して得られる成形体では、製品部位によらず安定した発泡倍率が維持できるため有利である。

逆に、押出發泡シートの真空成形では、形状を与えることはできるものの、射出成形のようにリブ（補強部品）やクリップ座（組立・取り付け用の部品）を一体成形することができない。これは自動車部品の成形技術として重要な課題である。

BM技術は、このような課題をクリアして自動車部品の軽量化と高機能化を高度に両立させることを目的に、真空成形技術を応用して開発された、当社独自の低圧成形加工技術である。

自動車部品を低圧成形加工で製造することは、金型や成形機などの設備投資金額を抑制するだけでなく、大型部品を低歪みで成形できる。また不織布やファブリック材さらにはTPO（ポリオレフィン系熱可塑性エラストマー）/PPF（PP電子線架橋発泡シート）積層体などの表皮材を型内貼合成形する際に、表皮材に与えるダメージ（不織布やファブリック材の毛倒れ、PPFの潰れ）を抑制して意匠性を高め得るというメリットを有している。特に自動車内装部品の中でも乗員の目に触れる機会の多いドアやインパネ周りの部品は、外観に対する要求水準が高い。

著者らは、これら要請に応えるために成形加工技術の深化・高度化を進めてきた結果、真空成形と射出成形とを一連のプロセスに統合・複合化したBM技術を完成した⁸⁾。

Fig. 3にBMプロセスの流れを示す。まず、加熱工程で所定の温度に加熱され軟化したスミセラー®を、雌雄一對の金型間に挟持し真空吸引して賦型する。（この図は雌引き真空成形のケースを示しており、意匠面であるキャビティ型面から真空吸引している。またコア型は真空吸引をサポートするプラグアシストとして作用している。）次いで、真空成形により賦型されたスミセラー®に対して、意匠面の反対（コア型）側から可塑化した樹脂を供給してリブやクリップ座などの機能部品を一体成形するものである。

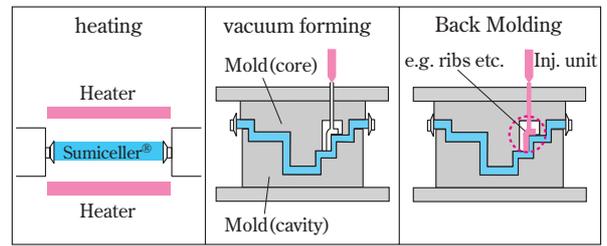


Fig. 3 Back Molding Process (Combination of vacuum forming and injection molding)

Fig. 4はBM成形により得られたドアパネル（裏側）の写真である。真空成形によりドア形状に賦型されたスミセラー®表面に、リブおよびクリップ座が一体成形され接合している。この例では、アームレスト（肘掛）部位のような強度を必要とする部位に選択的にリブを形成して、ドア部品としての機能を高めることができることを示している。

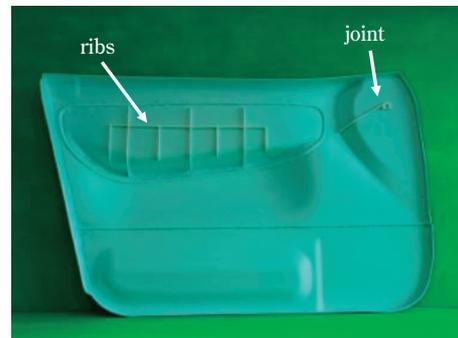


Fig. 4 Back side of door panel by Back Molding Process

ソリッドの射出成形体表面やソリッドの押出シートの真空成形体表面に対して可塑化した樹脂を加圧供給して一体化することは比較的容易であるが、発泡シート表面に対しては圧縮や膨張などの変形を生じないように、可塑化樹脂を供給する際の圧力を精密に制御する必要がある。

すなわち、過度の圧力を加えると、金型解放後に発泡シート（スミセラー®）の圧縮が開放され意匠面に凸の変形が生じる。一方圧力が不足すると、リブの結晶化による体積収縮が目立ち意匠面に凹の変形が生じる（Fig. 5）。

また、成形加工時の圧力制御について指針を得るべく、可塑化供給される樹脂の温度を170、スミセラー®の表面温度を60と想定して、170に加熱した治具を60に加熱したスミセラー®表面に10秒間、所定の圧力で印加した後のスミセラー®の表面凹凸量を計測した結果、3MPa以下の圧力であれば、凸の変

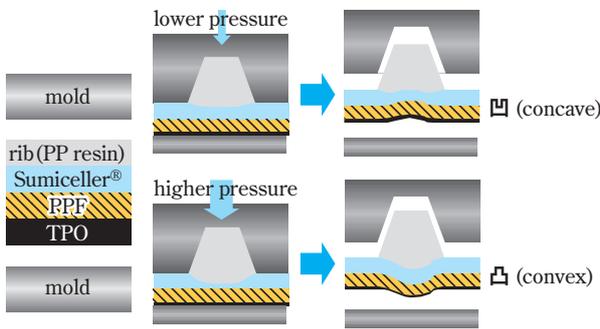


Fig. 5 Unevenness of surface depends on molding pressure

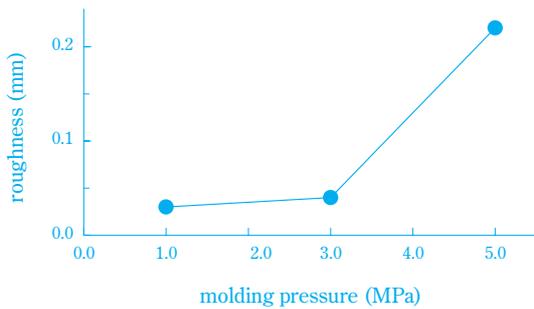


Fig. 6 Roughness (convex) vs. molding pressure

形量が0.05mm未満であり目視では判別できない程度の微小な変形量に抑制できることを確認している (Fig. 6)

流路長の異なる複数の流路を一点ゲートで成形した場合、短流路においては圧力過剰による凸の変形が、長流路においては凹の変形が同時に発生することが判っている。よって、流路をあまり長くせずに均一化することが、スミセラー®へのダメージが低減され部品の接合も安定化する点で有効であると考えている。また、可塑化した樹脂の供給圧力を段階的に制御することで、意匠面の外観や製品の強度を損なうことなく高品質な成形品を得ることができる。

さらには、多点ゲートやバルブゲート（開閉タイミングの個別制御が可能）などの一般的な射出成形技術を適用したり、キャビティ型面からの真空吸引に加えて、コア型面からの圧空ブローを組合せた、真空/圧空成形を採用したりすることも可能である。

このようにBM技術は、コアとなる要素技術と課題解決のためのオプション的な周辺技術とからなる一連の技術群を構成している。当社はこれら技術群を住化プラスチック(株)を通じて成形加工メーカーにライセンス供与し技術の普及を推進するとともに、スミセラー® 拡販のカードとして魅力が増すよう、引続き技術のブラッシュアップを心がけていきたいと考えている。

2. FEM (フォーム・エクспанシブ・モールドイング) 技術

当社は、以前、スーパー・マーケットやコンビニエンス・ストアで肉・魚・惣菜類の包装に用いられているトレイやカップラーメンに用いられる井をターゲットとした食品包装容器用ポリプロピレン押出発泡シートの開発を行っていた。また、発泡シートの高付加価値化を目的に、各種容器類の真空成形加工の検討も併行して行っていた。

発泡シートを真空成形する際のポイントは、製品肉厚の均一化と独立気泡率の維持である。一般的に井のような深絞り（延伸倍率が高い）成形においては、局部的な薄肉部が発生したり独立気泡率が低下したりする課題があった。これに対しては、雌雄一對の金型を用いて、両方の金型面から真空吸引することにより、引き落としの強い部位の薄肉化を抑制する技術を開発した。

Fig. 7は、同じ井形状における従来技術（片面真空吸引）と改良技術（両面真空吸引）との真空成形品断面の比較である。従来技術による成形品断面は、引落としの強いコーナー部において局部的な薄肉化が見られる一方、改良技術による成形品断面は従来技術の成形品比、肉厚が2倍（発泡倍率もイニシャルシートの2倍）となっており、肉厚も均一である。

著者らは、両面真空吸引によって肉厚の倍化と発泡倍率の倍化が精度良く達成されている点に着目し、両面真空吸引により発泡シートを厚み方向に選択的に膨張させる成形加工技術を考案し、これをFEM (Foam Expansive Molding) と呼ぶこととした。

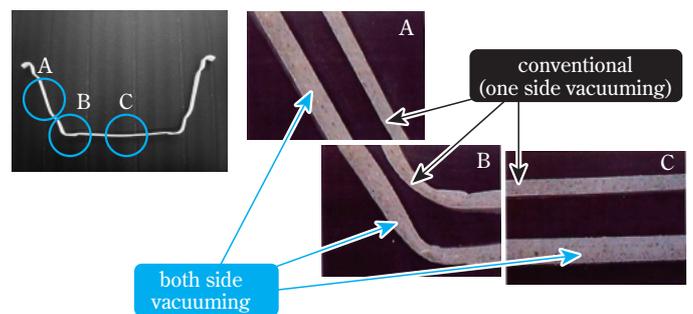


Fig. 7 Cross section of vacuum formed product (noodle bowl)

Fig. 8にFEMプロセスの流れを示す。まず、加熱工程で所定の温度に加熱され軟化したスミセラー®を、雌雄一對の金型間に挟持する。次いで、雌雄両面から真空吸引することにより形状賦型と膨張成形（高発泡倍率化、高厚み化）を同時に行うものである。

なお真空吸引のプロセスと連動して金型クリアランスを操作（増加）させることにより、一層の高発泡倍率化と高厚み化を進めることも可能である。さらには、部分的に金型クリアランスを操作（増加）させることにより、成形品の特定の部位を選択的に高発泡倍率化、高厚み化させることも可能である（Fig. 9）。

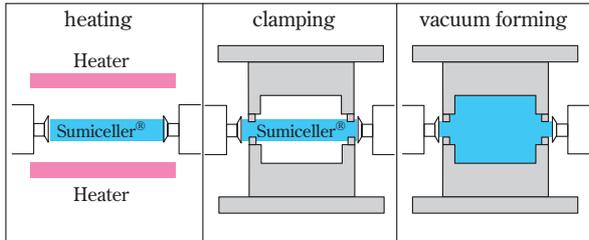


Fig. 8 Foam Expansive Molding Process (Both side vacuum forming)

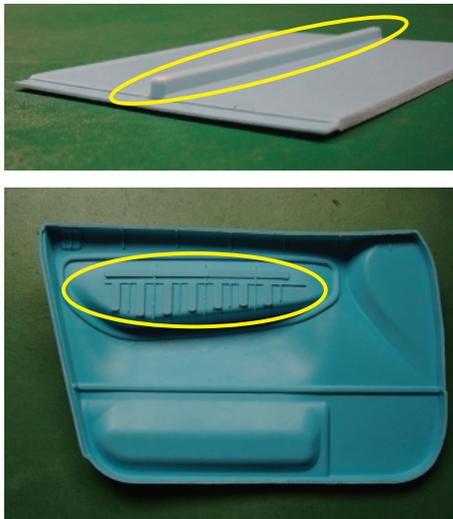


Fig. 9 FEM products (partial FEM)

Fig. 1で説明した通り、スミセラー®は発泡セル径が非常に微細で均一である特徴を有している。このセル品質は、FEM技術においても重要な特性であり、FEM時のセルの変形（厚み方向への膨張）を容易にしていると考えている。また、スミセラー®において最適に設計されたスキン層の存在が、厚み方向への選択的な膨張変形を効果的に制御していると考えている。

高発泡倍率かつ高厚みの製品を効率的に得る成形方法は、自動車部品における軽量化と高剛性化の課題を両立させることのできる技術である。ここでは一般的な自動車内装部品を想定して、ポリプロピレ

ンブロックコポリマー製、厚み=2.3mm、ソリッドの成形品をモデルに、スミセラー®を用いたFEM成形品の剛性について考えてみたい。

厚み=2.3mm、ソリッドの成形品の目付は、2,070g/m²である。これに対してスミセラー®は3.0倍発泡、2.5mm厚みで、目付は750g/m²である。Fig. 10は、縦軸に曲げ剛性、横軸に膨張倍率、すなわちFEM技術でスミセラー®の発泡倍率および厚みを増大させた程度（倍率）を示す。まずソリッドの成形品の曲げ剛性は、119N・cm²であり、これに対して、3.0倍発泡、2.5mm厚みのスミセラー®の曲げ剛性は約45N・cm²である。これをベースに、スミセラー®をFEM技術により高発泡倍率化・高厚み化を進めると、目付は一定のまま曲げ剛性がアップしていく。FEM後の厚みが4.2mmとなる時点（発泡倍率は約5倍）でソリッドの成形品をやや上回る曲げ剛性（124N・cm²）を与えることが判る。さらに厚みが5mm（発泡倍率は6倍）まで進むと、曲げ剛性は175N・cm²に達する。この結果を単純に解釈すると、発泡倍率=6倍、厚み=5mmのFEM成形品（膨張倍率：2倍）において、ソリッドの成形品（厚み=2.3mm）に比べて約64%もの軽量化と同等以上の曲げ剛性を同時に達成できることになる。

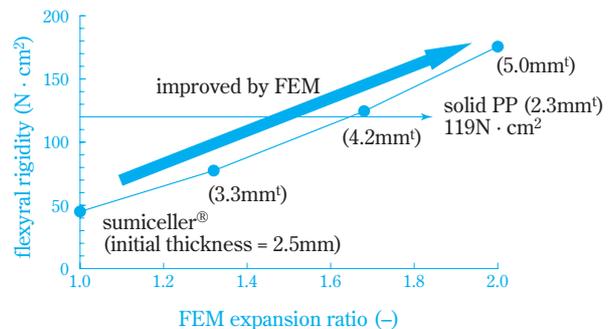


Fig. 10 Improvement of flexural rigidity by FEM technology

FEM技術を展開した軽量化と高剛性化の考え方は上述の通りであるが、実際の製品開発において発泡シートを自動車部品に適用するためには、(i) 少なくとも意匠面を表皮材で覆う必要がある、(ii) 端部（部品周囲）のトリミング方法を考案する必要がある、などの課題があり、ソリッドの成形品を単純に置き換えられるものではない。逆に、FEM技術の特徴を活かした製品開発となると、代替ターゲットは非ポリプロピレン系材料を用いた高剛性・高耐熱性部品となる。現在、非ポリプロピレン系材料の代替を目的に、スミセラー®の材料設計とFEM技術とを組合せた高機能自動車内装部品の開発を進めている。

3. インラインFEM (フォーム・エクспанシブ・モールドイング) 技術

従来技術で高倍率かつ高厚みのスミセラー®を得ようとすると、セルの破壊やシートの変形などセル品質や外観品質が低下するため、発泡倍率や厚みに限界がある。

FEM技術のコンセプトは、先ず表面外観に優れた発泡シートを成形し、次工程で厚み方向に選択的に膨張させることによって、高倍率・高厚み・高独立気泡率の製品を、表面平滑性や厚み精度を損なうことなく得ようとするものである。よって真空成形による形状賦型を必須としなければ、FEM技術とは、真空チャンパーを用いて高発泡倍率かつ高厚みの発泡シートを得る技術といえる。

著者らは、スミセラー®の押出発泡成形工程の後段にFEM工程を組み込んで、高発泡倍率かつ高厚みのスミセラー®を連続的製造する、インラインFEM技術の構想を起案し、このプロセスの工業化検討として小型の真空チャンパーを用いて、バッチ方式にてスミセラー®を平板状のまま厚み方向に膨張成形する検討を行った。

Table 2 Preconditions of FEM simulation

	process of FEM in vacuum chamber			
	heating	vacuum	cooling	discharge
P _{atm.}	0.1 MPa	0 MPa	0 MPa	0.1 MPa
P _{in cell}	0.1 MPa + ΔP	0.1 MPa - ΔP	0.1 MPa - ΔP	0.1 MPa - ΔP
T _{cellwall}	165°C	165°C	r.t.(23°C)	

本プロセスにおいて、最終製品の発泡倍率と厚みとを真空チャンパーのクリアランスで制御することが可能かどうか確認するために、各工程における雰囲気圧や気泡内圧の変化について考察を行った。考察の前提条件をTable 2に示す。

加熱工程における雰囲気は大気圧であり、セル内圧は温度上昇に伴い0.1MPa + ΔPとなり、セル壁は加熱温度まで上昇する。この状態のシートを真空チャンパーに封入し真空状態にすると、雰囲気圧力とセル内圧との差によってセルは断熱膨張し、真空チャンパーのクリアランスまで膨張する。さらに真空状態を維持したまま、室温まで冷却して発泡倍率と厚みを固定する。なお減圧、冷却に伴い、セルの内圧は低下し、0.1MPa - ΔPとなる。冷却完了後にシートを取り出し大気圧下におくと、減圧状態であったセル内圧との圧力差によって圧縮され収縮する可能性がある。

この点を解明すべく、この圧力差によってシートがどのように変化するのが、文献⁹⁾を参考にしてシミュレーションを行った。シミュレーション概要を、Fig. 11に示す。

同一形状の気泡が一次的に配列された厚みLのシートモデルを前提に、セル壁内の空気拡散・溶解を表現する拡散方程式と樹脂の粘弾性を表現するフォークトモデルを連立させて計算を行った。なお、発泡倍率 = 2.0倍、厚み = 2.0mm品を発泡倍率 = 4.0倍、厚み = 4.0mm品とする成形を想定し、圧力開放直後の雰囲気圧 = 0.1MPa、真空吸引直後のセル内圧 = 0.05MPaとした。

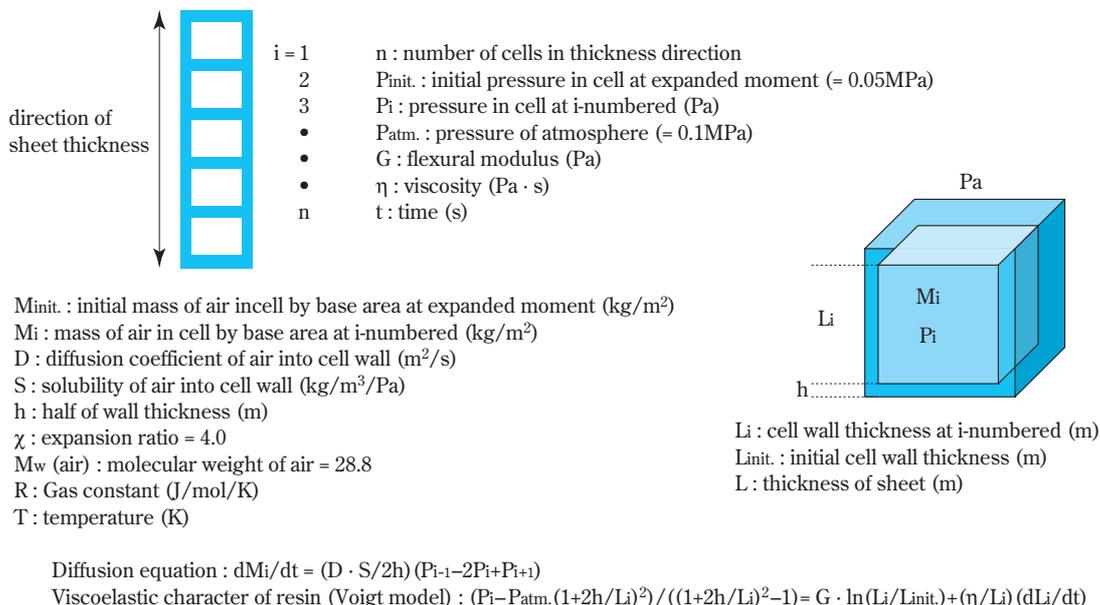


Fig. 11 Simulation of FEM process in vacuum chamber

Fig. 12にシミュレーション結果を示す。横軸は圧力解放後の時間(h)、縦軸はシート厚みL(μm)である。圧力解放直後のシート厚みは4,400 μm であり、 ΔP の発生により圧縮され厚みが減少するものの、その量は僅か3 μm であることが導かれた。本結果から、真空チャンバーのクリアランスで最終製品の発泡倍率および厚みを制御することが可能であると判断した。

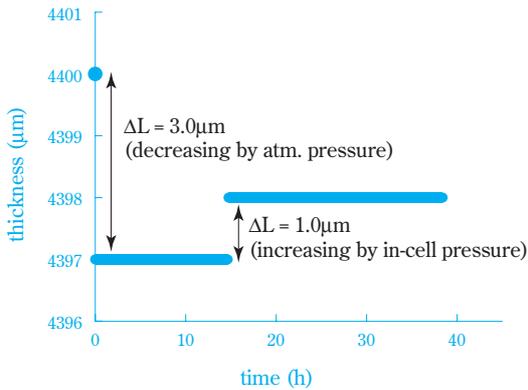


Fig. 12 Simulation of FEM process (fluctuation in thickness direction)

一方、本検討結果から、圧力解放後15時間程度経過した後に厚みが1 μm 回復することが判る。これについては、Fig. 13のように解釈される。横軸に厚み方向の気泡数、縦軸にセル内圧をプロットし、気泡数=0と41は境界条件として大気圧とした。初期のセル内圧と30時間経過後のセル内圧を比較すると、セル内圧の大気圧への緩和は非常に長時間を要することが判る。先の厚み回復はこのセル内圧の大気圧への緩和に伴う現象であると解釈している。なお、シート中央部のセル内圧の緩和は、周辺部のそれよりさらに長時間を要することが判った。

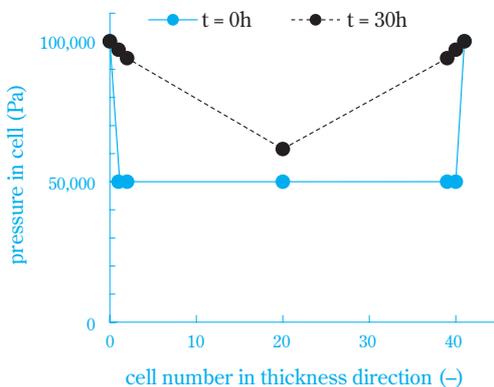


Fig. 13 Simulation of FEM process (restoration of in-cell pressure in thickness direction)

今後は独立気泡率維持や表面平滑性改良のための加熱条件や圧力制御条件の最適化検討を進めながら、スケールアップのための装置設計や大版製品の試作検討を進めていきたいと考えている。

自動車部品の将来像

1. 自動車部品の軽量化

自動車(部品)における軽量化の目的は、燃料消費率(燃費: km/リットル)の向上による二酸化炭素排出量の削減に有る。なお燃費の向上目標として、2010年度で22.8%向上が掲げられている。これは、燃費 = 15km/リットル の乗用車にあてはめると約3.4km/リットルの向上となり、ガソリン満タンを60リットルと仮定すれば200kmもの走行距離延長を意味している。

このような目標に対して自動車メーカーは当然ながら、新車開発においては5~10%の段階的かつ継続的な軽量化を命題として、素材・部品のみならず車両設計そのものを見直している。

また厳しい軽量化の目標が掲げられる一方で、自動車はより安全で快適な空間の提供を目指して開発が進められ、乗用車の平均車両重量は増加の一途を辿っている。つまり、自動車部品の飽くなき軽量化の試みは、自動車の安全性と快適性の満足度を高めつつ、環境規制に適合していこうとする志の追求である。

なお余談ではあるが、燃費の目標基準値設定は車両重量(空車状態の正味重量)を基本指標とするものの、等価慣性重量(乗員2名分の重量: 110kgを加えた試験自動車重量について階級分けしたカテゴリー毎の見なし重量)を踏まえて設定されるため、車両重量において僅か1kgの軽量化でも、一階級下の等価慣性重量カテゴリーに分類されると、250kgもの軽量化を達成したと見なされるケースがあり得る。

2. 自動車部品と発泡成形技術

Fig. 14に示したのは自動車部品における発泡成形技術のポジショニングである。横軸は部品の許容コストであり、求められる機能や意匠性などの付加価値を表す。また縦軸は、当該技術により達成可能な軽量化率、すなわち発泡倍率である。当社では、射出発泡と押出發泡の両面から自動車部品の技術開発を進めることにより、顧客のニーズにきめ細かく応えようとしている。

SPM技術の開発によって先鞭をつけた低压成形技術の舞台において、BM/FEM技術という新たな武器を得た現在、どのようなパフォーマンスにより顧客を魅了できるかが問われているところである。

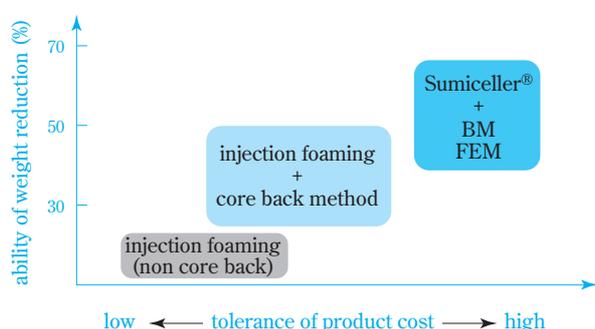


Fig. 14 Positioning of expansion foaming molding technologies

著者らは、スミセラー®を用いた新しい成形加工技術を当社グループ独自の提案技術・材料の一つに加えることにより、環境負荷の低減を達成し、社会の持続可能な成長に貢献していきたいと考えている。

3. 自動車部品に対するニーズと将来展望

1997年にトヨタ自動車の世界初のハイブリッド車（プリウス）を発売して以来、普及率が急速に伸びており、現在では世界44ヶ国で販売されている。加えて昨今のガソリン価格の高騰は、消費者をハイブリッド車に向かわせる推進力となっている。加えて、2010年頃には燃料電池自動車が登場すると言われている。

このような流れの中で省資源化、低燃費化など環境対応の社会ニーズは一層高まると予想されることである。ポリプロピレン押出發泡シートは、このようなニーズに的確に応えることのできる有力な提案材料であると考えている。今後、環境対応という風に乗って持続的な成長を続けていくためには、軽量化に次ぐ発泡技術・製品の魅力（特徴）を見出ししていく必要がある。

また近未来の自動車技術として考えられているものに知能自動車がある。これは、運転制御を自動化し、車同士や障害物との衝突を自動で回避しようとするものである。知能自動車のコンセプトが現実の

ものとなれば、対物事故でのドライバー保護の優先順位は低下し歩行者保護の優先順位がクローズアップされることが予想される。そうなると、自動車材料の設計思想が大きく転換し、外板材料を含め自動車材料の樹脂化が加速する可能性がある。

おわりに

本稿では、ポリプロピレン押出發泡シート スミセラー®およびスミセラー®を用いた新しい成形加工技術・製品（BM/FEM）について述べてきた。

発泡成形技術は、自動車部品の軽量化を進めるうえで有効であり、顧客や社会のニーズにきめ細かく対応していくためには、射出発泡技術と押出發泡技術とが切磋琢磨して進化していくことが望まれている。今後、大きなパラダイムシフトが予想される自動車材料の長期展望に基づいて、新しい加工技術・製品が提案できるように、引続き要素技術の整備・拡充と、これを高度に複合化する技術の研鑽を図っていきたいと考えている。

引用文献

- 1) Lee, M., Park, C. and Tzoganakis, C. : *Polym. Eng. Sci.*, **39**, 99 (1999).
- 2) Gerhardt, L. J., Manke, C.W. and Gulari, E. : *J. Polym. Sci. B: Polym. Phys.* **35**, 523 (1997).
- 3) 住友化学(株), 特公平 1-12770号 (1989).
- 4) Himont Inc., U. S. Patent 4916198 (1990).
- 5) チッソ(株), 特開平 10-338775号 (1998).
- 6) 鐘淵化学工業(株), 特開平 7-330935号 (1995).
- 7) 杉本 昌隆, 下村 洋三, 成形加工, **13** (2), 76 (2001).
- 8) Sumitomo Chemical Co., Ltd., U. S. Patent 6565795 (2003).
- 9) 中井 翔, 瀧 健太郎, 木原 伸一, 大嶋 正裕, 辻村 勇夫, 成形加工シンポジウム'05, 39 (2005).

PROFILE



南部 仁成
Jinsho NAMBU
住友化学株式会社
樹脂開発センター
主席研究員



大村 吉典
Yoshinori OOMURA
住化プラスチック株式会社
産業資材部 市場開発チーム
チームリーダー



広田 知生
Tomoo HIROTA
住友化学株式会社
樹脂開発センター
主席研究員



坂本 昭宣
Akinobu SAKAMOTO
住化プラスチック栃木株式会社
技術部
次長



魚谷 晃
Akira UOTANI
住友化学株式会社
樹脂開発センター
研究員