

軽量インパネ部品の開発

政次美德^{*1}, 乾 修司^{*2}, 山崎邦夫^{*3}, 小島英司^{*4}

松井達也^{*4}, 佐藤宏一^{*5}, 古川欣史^{*5}

Development of Lightweight Instrument Panel Parts

Yoshinori Masatsugu^{*1}, Syuji Inui^{*2}, Kunio Yamazaki^{*3}, Eiji Kojima^{*4}

Tatsuya Matsui^{*4}, Koichi Sato^{*5}, Kinji Furukawa^{*5}

要旨

近年の各国の燃費規制、罰則の強化により、エンジン効率の向上、ボデー金属部品の低比重化に加え、当社の主要部品であるインパネ部品の軽量化も重要性を増してきている。

市場では、トリム部品を中心に既に発泡成形技術を適用した部品が搭載されているが、当社はインパネ部品への適用を目指し開発を進めた結果、プリウス PHV に当社の発泡成形技術を適用したインパネ部品が搭載された。

本稿では、インパネ部品搭載に向けた発泡成形技術の開発概要について報告する。

Abstract

In recent years, each country strengthened fuel economy regulations and penal regulations.

Therefore it is increasing importance of engine efficiency, low density of body metal parts, lightweight of the instrument panel parts which are our main parts.

In the market, the parts which already applied foam-mold-technology mainly on trim parts are equipped with. However, we developed aiming to apply to instrument panel parts. As a result, the instrument panel parts which applied our foam-mold-technology to Prius PHV were equipped with.

Here, we report the development outline of the foam-mold-technology toward equipped to the instrument panel parts.

1. はじめに

近年、エネルギー消費とCO₂排出削減を目的とした自動車の燃費規制の強化(図-1)¹⁾に伴い、エンジンの高燃費化のみでなく、車体の軽量化への要求が高まっている。

達成手段として、ボデー鋼板に対するハイテンあるいはスーパーハイテンといった高強度部材の適用による薄肉化や、金属部品のアルミ化、マグネシウム化、さらには樹脂化といった軽量材料への置換が進められている。

一方で、樹脂製品に対する軽量化手法として、発泡成形技術による低比重化が注目されている。

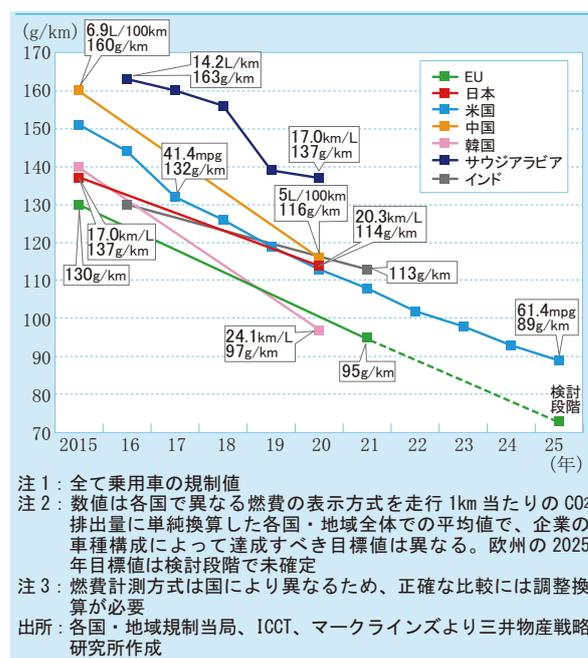


図-1 各国の燃費規制

*1 I E 技術部 機構品技術室

*2 I E 技術部

*3 I E 技術部 第1内装技術室

*4 新製品工法開発部 先行工法開発室

*5 材料技術部 樹脂材料技術室

我々は内装インパネ製品の軽量化開発において、コアバック法による射出発泡成形技術の開発に取り組み、製品として必要な特性を安定的に得られる成形技術と、製品化における設計手法を確立した。

今回、プリウス PHV のインパネブラケット部品に対し、上記技術を適用することで従来比 16% の軽量化と、内装インパネ製品としての性能を両立し量産化したので報告する。

2. 発泡成形の概要

発泡プラスチックは、樹脂の中に気泡を細かく分散させ成形したものである。内装製品で 사용되는熱可塑性樹脂において気泡を発生させる方法は、化学発泡法と物理発泡法に分類される。いずれも射出シリンダ内で発泡性の溶融樹脂を得るが、化学発泡法は、熱分解型の発泡膨張成分とキャリア樹脂を混練したマスターバッチをホッパより内装製品基材の樹脂と一緒に供給し、可塑化混練して発泡性溶融樹脂を得る。物理発泡は、加圧した炭酸ガスや窒素ガス等の発泡性ガスを可塑化中の内装製品基材樹脂に直接注入して、発泡性溶融樹脂を得る方法である。

また、発泡膨張手段の違いによって発泡成形方法は、ショートショット法とコアバック法に分類される。ショートショット法は、金型キャビティ内への発泡性溶融樹脂の射出充填をショートショット充填とし、発泡膨張力を利用して残りの空間部を充填する。コアバック法は、金型キャビティ内への発泡性溶融樹脂の射出充填をフルパック充填した後、金型キャビティ容積を拡張させることで発泡膨張させる²⁾。

今回の開発に当たり我々は、成形外観の優位性から化学発泡法を選択し（図-2）、比較的高い軽量化効果が得られるコアバック法と組合せ、発泡状態を制御する技術開発に取り組んできた。

以下では、内装インパネ製品の中でも、非意匠部品（乗車中に見えない部品）に対し、上記手法を適用し、軽量化に取り組んだ事例を示す。

工法概要		発泡力	外観	セル径
発泡方法	設備			
化学発泡	 化学発泡剤 樹脂 化学発泡剤により発泡	中	塗装レスに有利	
物理発泡	 樹脂 CO ₂ /窒素 物理発泡	大	スリマーク目立つ	

図-2 化学発泡と物理発泡の比較

3. 非意匠部品の発泡成形による軽量化

3-1. コアバック発泡成形の制御

化学発泡剤を含む溶融樹脂を金型に射出充填するとともに、樹脂内部に微小な気泡を形成する。その後金型を開き（コアバックし）厚み方向にキャビティ容積を拡大することで溶融樹脂に対する圧力を低下させ気泡を拡大させる。

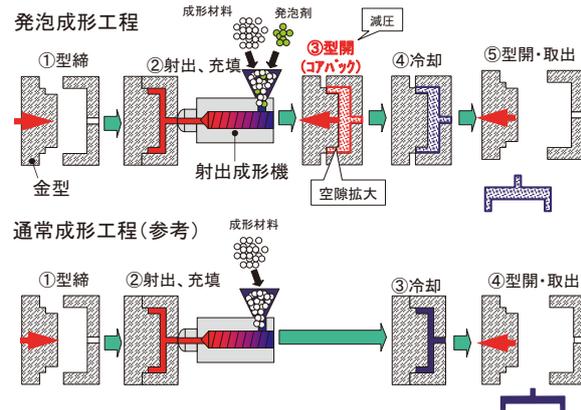


図-3 工程概略図

発泡成形品の断面を図-4に示す。表層は気泡が存在せず（スキン層）、板厚中央部は気泡を多く含む（発泡層）。この発泡層により低比重化されると同時に、板厚が増加する効果で剛性を確保する。

発泡成形品の曲げ剛性は、スキン層および発泡層の厚みと弾性率により式-1で表される。

$$\text{曲げ剛性} = \frac{E_1 b (h^3 - h_1^3) + E_2 b h_1^3}{12} \quad \dots \text{式-1}$$

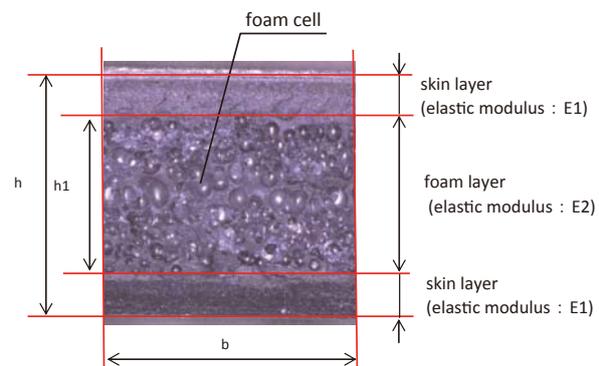


図-4 発泡成形品断面

また、セル径（気泡の大きさ）が部分的に肥大化あるいは、気泡が破裂・結合すると、機械物性に大きく影響することが分かっている。

従って、発泡状態を安定的に形成し軽量化を図るためには、以下の2つの特性値をコントロール

することが重要である。

- 1) スキン層の厚み
- 2) セル径 (気泡の大きさ)

前記の特性値に対する、コアバックタイミング (充填完了からコアバックまでの時間)、コアバック速度、金型温度、樹脂温度等のプロセス制御因子の影響を実験的に確認した (図-5)。

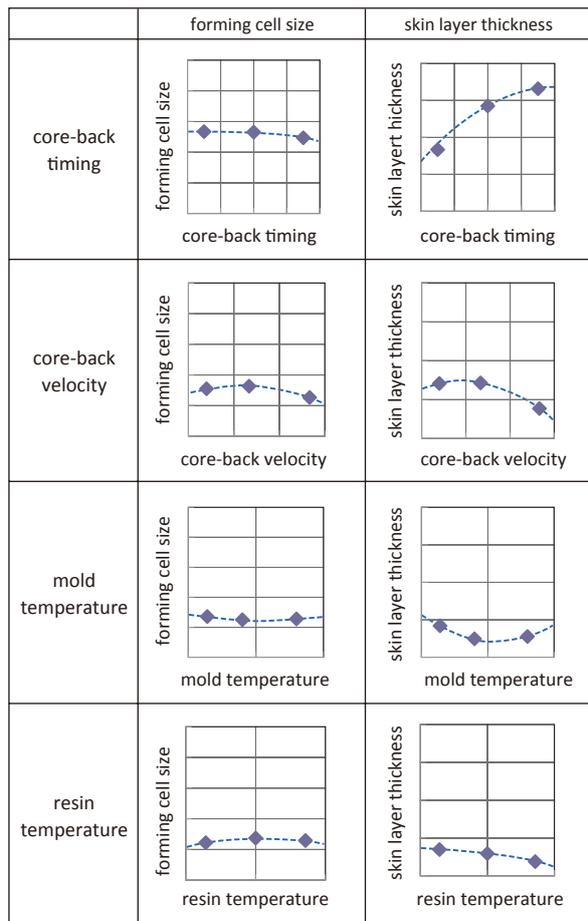


図-5 成形プロセス因子の影響

スキン層厚みに対して特に顕著な影響を持つコアバックタイミングとの関係を図-6に示す。

コアバックタイミングを遅くするとスキン層厚みは大きくなる。金型キャビティに充填された溶融樹脂は、金型面に接した部分は金型温度と同等となり冷却されることでスキン層を形成する。金型による冷却時間を長くすることで、スキン層厚みを増加させることができる。

これらの検討により、製品化において必要となるスキン層厚み、およびセル径を確保するための成形条件を設定した。

次に発泡剤の添加量とセル径の関係を調査した結果を図-7に示す。発泡剤添加率が低すぎると気体発生量が足りず発泡不足となり、結果とし

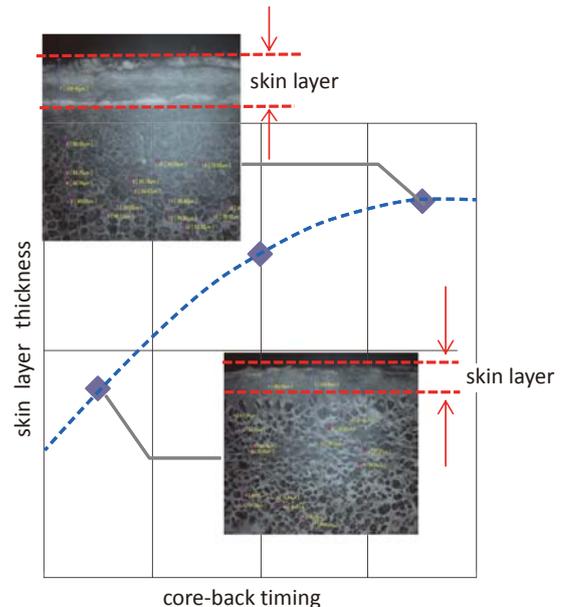


図-6 コアバックタイミングとスキン層厚み

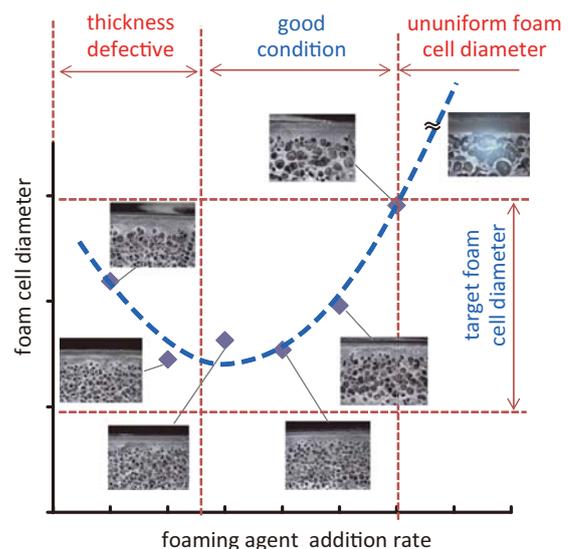


図-7 セル径と発泡剤添加率

てコアバックに追従できず板厚不良となる。発泡剤添加率が高すぎると、セル径が不均一・過大となり安定した発泡状態が得られない。

この検討結果に基づき、発泡剤の最適配合比を設定した。

3-2. 製品への適用

3-2-1. 製品概要

ここでは、開発した射出発泡成形技術の適用例として、プリウス PHV のインパネブラケット (ブラケット) の軽量化について報告する。

製品の概要を図-8に示す。ブラケットはセンタークラスパネル裏面に配され、周辺部品を締結保持する機能を持つ。従って、一般的な内装製品に求められる強度・剛性に加え、締結部 (ボ

ス部)の強度に対し要求値を満たすことが重要となる。

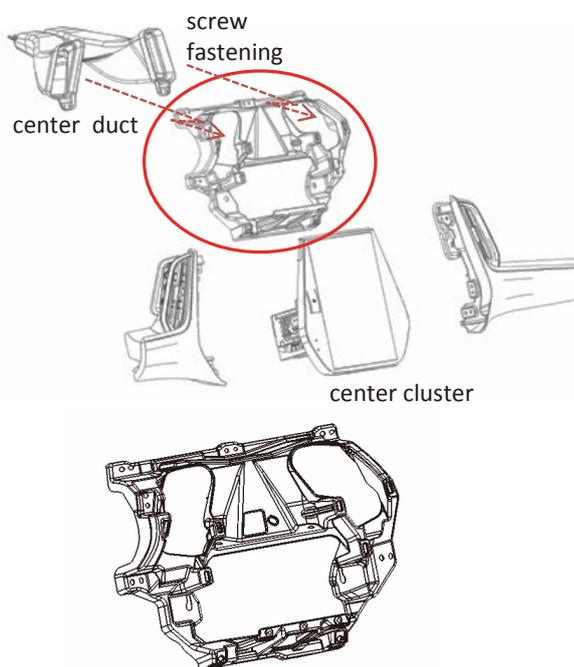


図-8 ブラケット製品図

3-2-2. 板厚設計 (剛性)

前述の様に、コアバック発泡成形では、低比重な気泡層をコアバックすることで生成し、その板厚効果で剛性を確保する。

そこで、従来射出成形品(ソリッド成形品)と同等の剛性を確保できる板厚設計のデータベースをテストピースにより構築した。

曲げ剛性とコアバック前の初期板厚との関係を、発泡倍率ごと(コアバック後の板厚をコアバック前の板厚で割った値)に整理したものを図-9に示す。

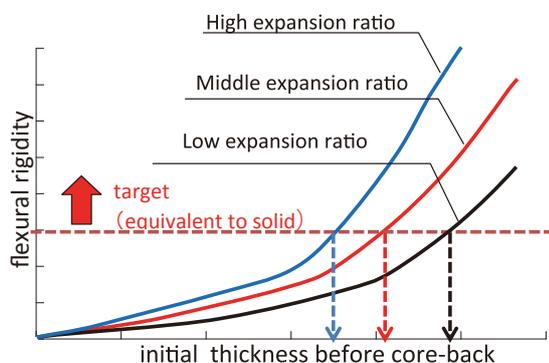


図-9 コアバック前の初期板厚と曲げ剛性

この関係から、目標とする軽量化率を達成し且つ従来ソリッドと同等の剛性を確保できるコアバック前後の板厚を設定した。

3-2-3. ボス設計 (強度)

本製品は周辺部品を締結保持する機能を持つ。そのためボス部の破壊強度(破壊トルク)は、スクリュタッピングによる締付けトルクに、所定の安全率を見込んだ値以上が必要であり、図-10に示す締結部断面において、完全掛かり部にて強度を確保することが重要となる。

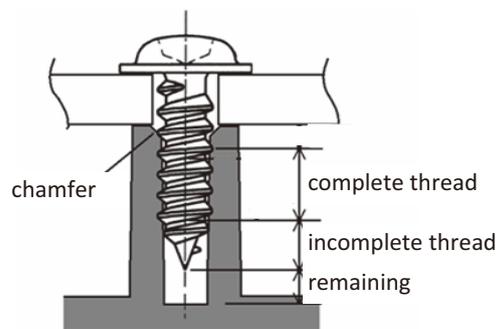


図-10 締結部断面

本製品ではコアバックによる発泡領域が、一般平面部に加えボス部にまで及ぶことが予想され、それによる締結部の破壊強度低下が懸念される。

コアバック成形した製品ボス部の破壊強度を確認すると、従来の射出成形品(ソリッド成形品)に対し20~30%強度低下していることが確認された。

そこでボス部の発泡領域を抑制するために、成形パラメータとしての保圧を高める対策を検討した。対策前のボス部断面を図-11の左に、保圧を高める対策を実施したボス部断面を図-11の右に示す。

図-11の左の断面では、発泡している領域は平面部からボス部にまで広がっていることが確認できる。コアバックによる体積変化に伴う圧力低下の影響が、平面部からボス部にまで達したため発泡し、これによりボス部の破壊強度が低下したと考えられる。

一方、図-11の右の保圧UP後においては、ボス先端の完全掛かり部への発泡層生成が保圧UP前に比べ抑制されており、これによりボス部破壊強度の要求値を確保することができた。

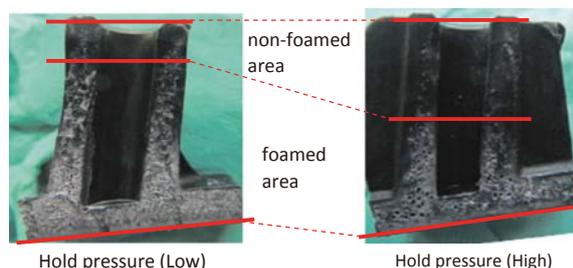


図-11 保圧による発泡状態の違い

保圧については、成形後の変形や製品重量増の背反事項に配慮した上で設定した。

3-2-4. 製品での軽量化結果

図-12に示すように、製品にはコアバック方向に対し傾斜している部分がある。一方前述のように発泡している領域は、平面部に加えコアバックによる体積変化が少ないボス部等の傾斜部にも存在しており(図-13)、発泡倍率は平面部より下がるものの、軽量化に寄与していることが確認された。

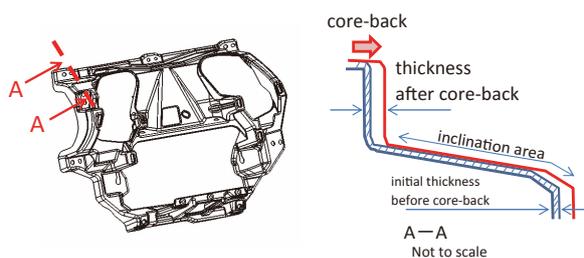
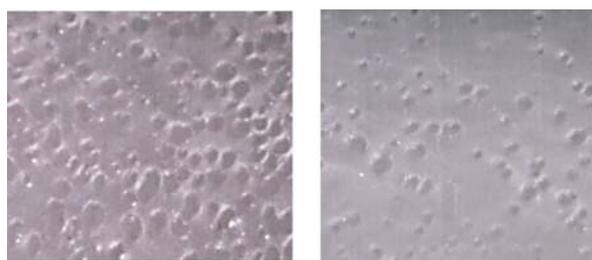


図-12 コアバック方向と製品勾配の関係



flat area inclination area
図-13 平面部と傾斜部の発泡状態

このことと、図-9にて設定したコアバック前の初期板厚と発泡倍率により、製品として軽量化率16%を達成した。

また、合わせて内装インパネ製品として求められる耐環境性に対する信頼性等も確保できていることを確認した。

4. まとめ

本稿では、化学発泡とコアバック法を組合せた射出発泡成形技術への取り組みと、その技術を実際の製品であるインパネブラケットに適用し16%の軽量化を達成した事例について報告した。

発泡成形は低比重化による軽量化手法として有効な手段であるが、成形品表面にスワールマーク(図-14)と呼ばれる成形品全体に筋が現れる外観不良が生じる。



図-14 スワールマークの例

今後は、スワールマークを抑制する技術の開発に取り組み、発泡成形の適用領域を、意匠性が求められる製品まで広めることで、さらにクルマの軽量化に寄与していく考えである。

参考文献

- 1) 西野浩介：三井物産戦略研究所 レポート、世界で強化される自動車燃費規制とその影響、(2015)
- 2) 岡本昭男：成形加工、25、9、400p (2013)

著者



政次美徳

乾修司

山崎邦夫



小島英司

松井達也



佐藤宏一

古川欣史