

特集：新型車 (CX-5)

21

## CX-5 への発泡成形ドアモジュールの適用 Development of CX-5 Door Module Carrier Using Foam Molding Technology

梶山 智宏\*1  
Tomohiro Kajiyama高橋 知希\*2  
Tomoki Takahashi高橋 信之\*3  
Nobuyuki Takahashi

### 要約

近年のCO<sub>2</sub>排出量削減や原材料費の高騰不安などといった背景から、自動車用プラスチック部品においても更なる軽量化と材料費低減が強く求められている。これを達成する手段として、高強度・高剛性な材料による薄肉化とともに、発泡技術による材料使用量低減が注目されている。しかしながら、発泡に伴う機械物性の低下が著しく、大幅な材料削減が困難であり適用部位も限られていた。

マツダは、超臨界流体を活用しコアバック法と組み合わせた射出発泡成形技術を開発し、微細な気泡構造を有し機械物性を保持した表層と、高発泡化で軽量な中心層を持つサンドイッチ気泡構造によって、機械物性の保持と大幅な材料削減の両立を可能とし、ドアモジュール基材に適用することで 20%以上の軽量化ポテンシャルがあることを確認している。

今回、この技術を CX-5 のドアモジュールに適用し量産化した。

### Summary

The growing need to cut CO<sub>2</sub> emissions and concern about higher prices of raw materials have raised the need for drastic weight reduction and material cost saving for automotive plastic parts. Under such circumstances, in addition to the conventional thickness reduction technique using high-strength and high-stiffness materials, a reduction of material usage by use of foaming technology has drawn attention as a new approach to meet those requirements. The current foaming technology, however, only allows limited applications because of significant deterioration of mechanical properties.

We have developed an injection foam molding technology that uses super critical fluid as a foaming agent, in combination with the core-back process. With use of this technology, we have achieved a multi-layer cell structure, which consists of a micro-cell surface layer that retains mechanical properties and a highly-foamed light-weight core layer. This enabled us to significantly reduce material usage while maintaining mechanical properties. It has been confirmed that a door module carrier molded by use of this technology has the potential of 20% or more weight reduction.

We have applied this technology to the CX-5 door module carrier and made it into mass production.

\*1~3 ボデー開発部  
Body development Dept.

## 1. はじめに

自動車部品の軽量化及びコスト削減を達成する手段として、周辺部品の機能統合や一体化によって VE (Value Engineering) を図る機能統合型モジュール化が進み、モジュール基材も樹脂材料を使用して軽量化の取り組みが多く見られるようになった。マツダではガラス繊維強化ポリプロピレンの高い強度と射出成形の形状自由度を両立する新たな射出成形技術を開発し、2002 年よりフロントエンドモジュール及びドアモジュールの基材として実用化してきた。軽量高強度な樹脂材料の適用から、高い形状自由度を生かしてブラケット類との一体化、防水機能の統合などによって重量低減及びコスト削減を達成している。

しかしながら、近年のCO<sub>2</sub>排出量削減や原材料費の高騰不安などといった背景から、モジュール基材やその他の硬質プラスチック部品の更なる軽量化及び材料費低減が必要となってきている。これを達成するアプローチとして、素材そのもの高強度化・高剛性化による薄肉化とともに、発泡成形技術による低比重化が注目されている。

マツダは、超臨界流体 (supercritical fluid, 以下 SCF) を発泡剤とし、コアバック法と組み合わせる気泡構造をコントロールする独自の射出発泡成形技術を開発し、高発泡倍率で低密度な中心層と、微細発泡によって機械物性を保持した表層を有するサンドイッチ気泡構造を形成することで、ドアモジュール基材において 20%以上の材料削減と実用性を満足する性能を両立させる基礎技術を確立した。今回これを CX-5 のドアモジュール (Fig.1) に採用することを決定し、詳細仕様の確定と検証を実施した。

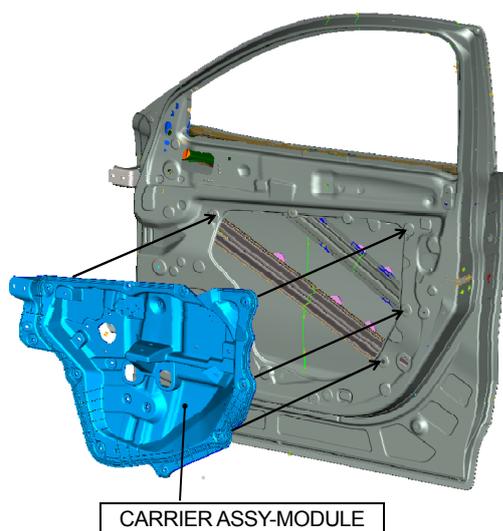


Fig.1 CX-5 Door Module

## 2. 詳細仕様の決定

### 2.1 ガラス繊維含有量の決定

従来の成形法によるドアモジュールでは、必要な剛性・強度を確保するため、ガラス繊維を 25~30%程度

混合させている。一般的に、ガラス繊維の含有量が多いほど、剛性・強度は高くなる。一方で、製品質量や原材料費が高くなり、成形時の流動性や成形後の寸法精度が悪化することが知られている。

これまでの開発経過から、発泡成形技術を用いた場合、剛性・強度いずれも従来品同等以上の性能を得られることを確認している。発泡成形技術を採用するにあたり、その軽量化と原材料費低減効果を最大化するため、ガラス繊維含有量を従来比以下とすることを目標として、これまでの検証結果を踏まえ、ガラス繊維の混合率を 23%に決定した。

### 2.2 非発泡領域の設定

発泡成形技術を用いた場合、板厚方向の寸法は従来品より大きくなり、またその精度も出し難い。ウィンドレギュレータなど、モジュールに装着する装備品で従来成形のモジュール板厚に合わせて寸法が標準化されている締結部や、高い寸法精度が求められるシール面など、発泡成形技術と同時に適用することが困難な部位が存在する。

そこで、1 つのドアモジュール内に発泡させる領域とさせない領域を設定することとした。具体的には、コア型を 2 分割した上で、コアバックさせる領域とさせない領域を設定することにより、必要な部位において従来品と同等の寸法と精度を確保した。

## 3. CX-5 採用に向けた検証

### 3.1 側面衝突性能の適合性検証

#### (1) 基本物性からの影響予測

材料強度やシャルピー衝撃値の物性値が変化すると割れる部位や大きさが変わり、側面衝突性能に影響する。しかし、材料の物性値は、曲げ弾性率、曲げ強さ、シャルピー衝撃値においていずれも等価以上になることを確認しており、側面衝突性能には大きく影響しない見通しを得ていた。

一方で、等価以上になると、側面衝突時の破壊モードによるモジュールの破断箇所などが変わり、トリム破壊へ影響を及ぼし、衝突ダミーへのエネルギー入力が大きくなるなどの懸念があった。

#### (2) 試作品による先行検討

従来成形品と発泡成形品でユニット評価を実施し、比較評価を行なった結果、発泡成形品ではモジュール締結部の座面が抜け、従来品よりも低い荷重で破壊が発生するため、締結部の周辺形状の剛性アップと応力集中させない形状への変更が必要となった (Fig.2)。

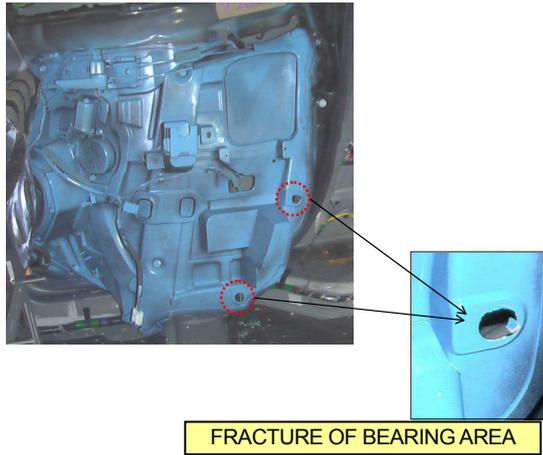


Fig.2 Fracture of Bearing Area

3.2 CAEによる解析検討

(1) CAEによる机上予測

先行評価の結果を受けて、LS-DYNA（構造解析ソフト）を用いて詳細CAE解析を実施し検討・検証活動を行った。縮結部では、従来と同じ構造・剛性（未発泡）であるため、着想するポイントとして、取り付け部周辺の剛性アップを検討した結果、縮結部中心より放射状に細かいリブ形状を設定する、リブ形状に大きく形状差をつけないなどの工夫をすることで、応力集中させないことと、剛性アップということを同時に実現した（Fig.3）。

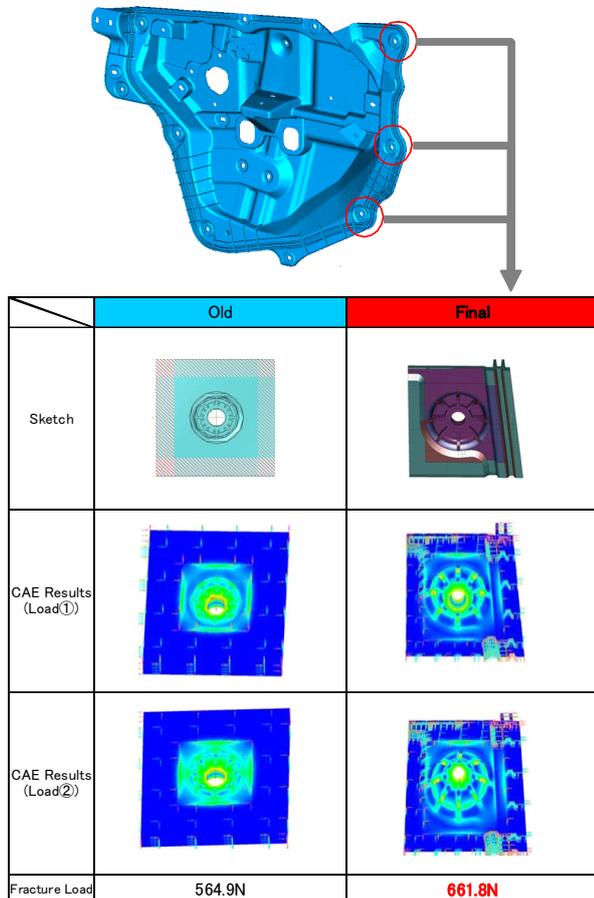


Fig.3 Bearing Area CAE

一方、トリムの側突パットとラップしているモジュール縦壁部分の剛性が高すぎて、衝突時に潰れず、狙いのEA（Energy Absorption）ストロークが確保できず、ダミー傷害値が高くなるという懸念があることが分かった（Fig.4）。本部位は縮結部とは逆に剛性を低下させる必要があり、縮結周りとは排他的な要件を両立する必要があった。

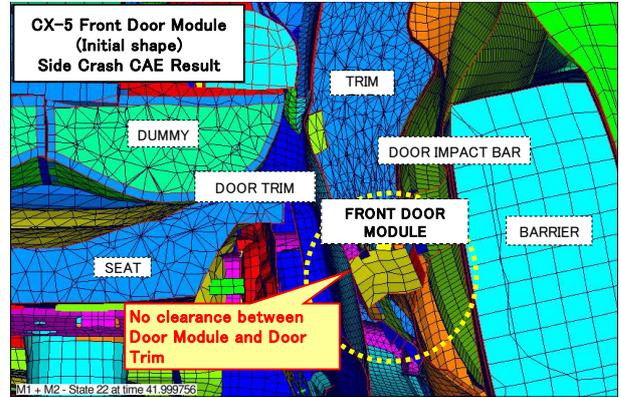


Fig.4 Side Crash CAE Results

従来、本部位は、モジュールを一部カットし剛性の低い別パーツを設定するという手段を取ったが、本部位付近に縮結されるウィンドレギュレータ取り付け剛性を低下させる、部品が増えてコストアップとなるなどの理由から、カットせず、また縮結周りのリブ形状も変更することなく、モジュール縦壁部形状を変更し、衝突（バリア侵入）方向に対してのみ剛性が落ちるような形状とした（Fig.5）。

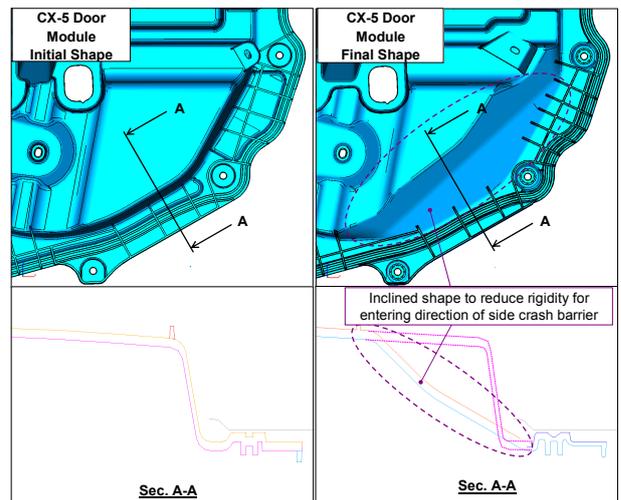


Fig.5 Shape for Side Crash

(2) 部品ユニット評価の結果と解析との比較

CAE 検証の検討結果を織り込んだ製品を、ユニット評価した結果、解析の狙い通りで問題は発生しなかった。

Fig.6 にユニット評価結果と、解析結果の比較を示す。ユニット評価結果と解析結果から、応力集中位置・割れ発生起点など相関が取れることが確認でき、今後の車種開発でも有効であることが分かった。

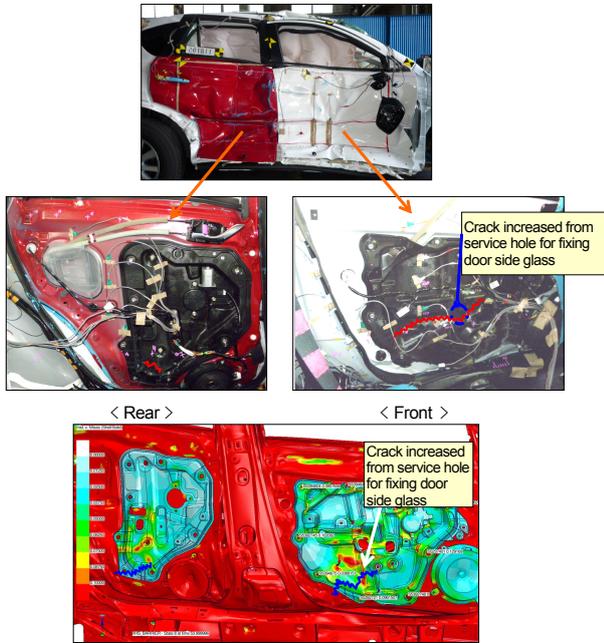


Fig.6 Comparison of CAE and Unit Test Results

3.3 その他検証・育成

(1) 締結部の強度検証・育成

ドアモジュール自身の締結部や、ウィンドレギュレータ等ドアモジュールに装着する装備品の締結部強度について、CX-5 の本型品を使用し評価・検証を実施した。評価の際は各部位の規定締結トルクに留めず、破壊に至るトルクとその破壊状況を、従来成型品と比較する形で実施した。

初期評価の結果、ウィンドレギュレータのガイドレール BRKT 下部締結の逃がし穴において、部品バラツキ最大状態を模擬した場合に、シールリップの白化を認めた。対応として、部品公差を詰めた上で逃がし穴を小径化し、部品バラツキ最大状態におけるボルトフランジとシールリップのラップ量を増やす修正を行い、応力レベルを緩和させることで解決した。これにより全ての締結部において従来成型品と同等以上の強度を確保した。

(2) 寸法精度の評価・育成

従来成形によるドアモジュールでは、成形時の反り等により、外形形状やシール面の精度出しのために何度も型修正や条件修正を実施していたが、今回の発泡成形ドアモジュールにおいては、成形時の流動性や成形後の剛性が改善している効果もあり、より少ない修正回数にて狙いの精度を出すことができ、短期間で育成が可能となった。

4. まとめ

発泡成形技術を用いたドアモジュールを適用することで以下の結果を得ることができた。

- (1) 軽量化：従来車種比 フロント 19%、リア 25%低減  
投影面積辺りの質量を図に示す (Fig.7)。
- (2) コスト：材料費 27%削減、成形加工費 20%削減  
各々の削減量を図に示す (Fig.8)。
- (3) 製品育成：型修正回数半減  
育成に要した型修正回数を図に示す (Fig.9)。

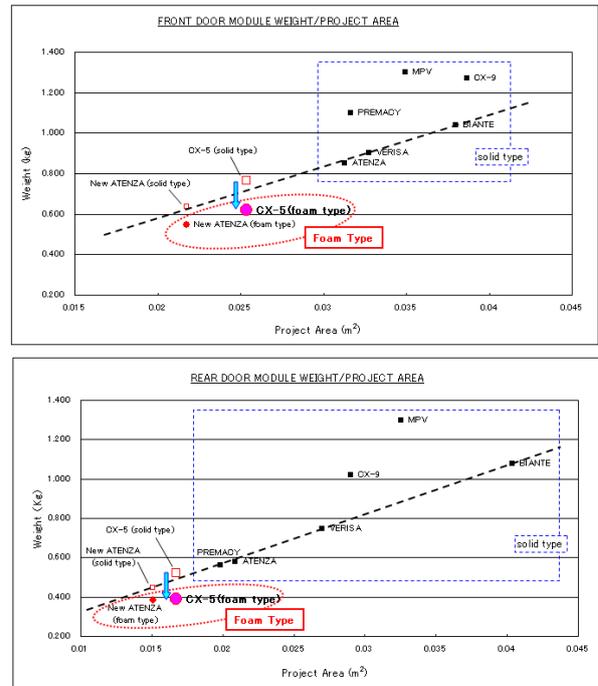


Fig.7 Module Weight-Project Area Fr-Rr

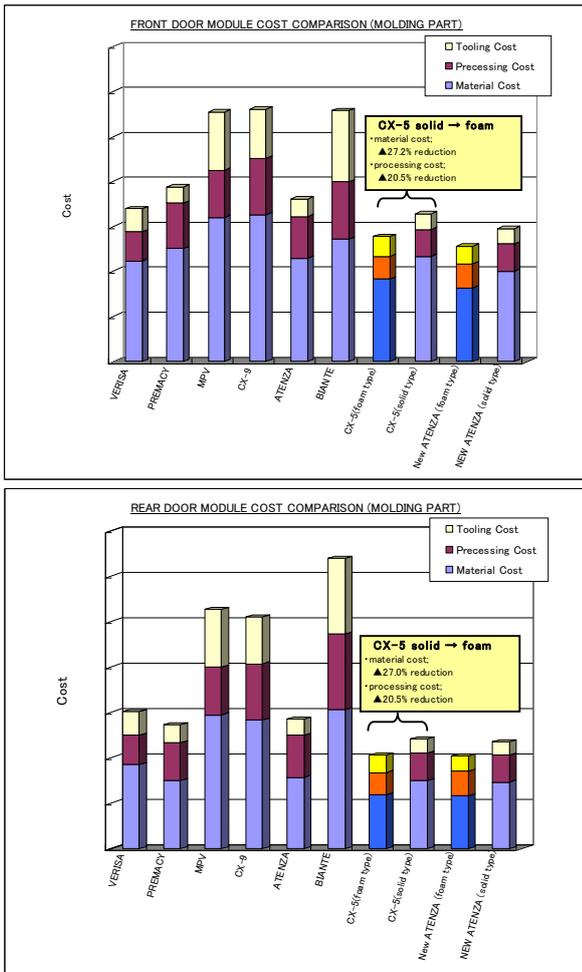


Fig.8 Cost Comparison

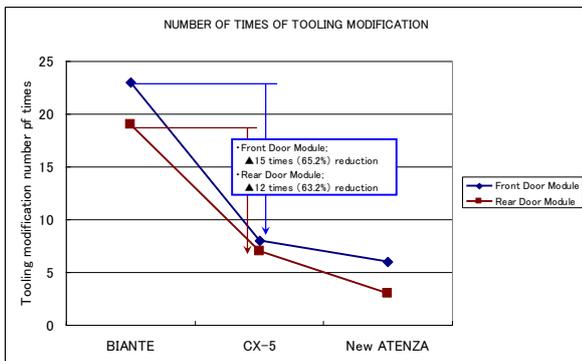


Fig.9 Number of times of Tooling Modification

### 5. おわりに

この技術を適用したドアモジュールを今後開発する各車種に標準採用するとともに、今回未発泡領域とした、締結部、シール面など更に発泡領域を拡大して軽量化を進めていく予定である。また、ドアモジュール基材以外の樹脂部品にも広く応用展開することによって、樹脂使用量削減と部品の軽量化を進め、サステイナブルな自動車作りに貢献していく。

最後に、この開発にあたり多大なご指導とご協力をいただいたダイキョーニシカワ㈱の皆様にご感謝の意を表します。

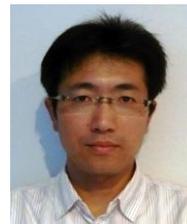
### 参考文献

- (1) 小川ほか：発泡成形技術を用いたドアモジュール基材の開発  
マツダ技報, No.27, pp21-25 (2009)
- (2) 吉田ほか：ドアモジュールの開発,  
マツダ技報, No.20, pp.103-107 (2002)

### ■ 著 者 ■



梶山 智宏



高橋 知希



高橋 信之