

環境対応に向けた軽量化取り組み

藪谷 茂*¹

Lightweighting Action for the Environmental Correspondence

Shigeru Yabuya*¹

要旨

将来、クルマの主流はガソリン車から環境負荷の少ないハイブリッド車（HV）や電気自動車（EV）、燃料電池車（FCV）へと大きく変化しようとしている。この市場の動向を背景に豊田合成では2009年6月、将来の豊田合成商品を発掘する為に豊田合成製EVの開発プロジェクトを立ち上げた。テーマは「ミニマム駆動力で走行性能を満たすクルマ（EV）」を造る事。

なぜ高分子系自動車部品メーカーである豊田合成がEVに挑戦したのか。そのカギは豊田合成の基盤技術にある。車両の燃費（電費）を向上させるには、部品の軽量化、省エネがキーワードになる。豊田合成が得意とするのはゴムやプラスチックなど樹脂製部品の開発・量産に関わる技術。ボディ、シャーシなど主要部品の多くは金属系素材だが、これを樹脂化する事で、大幅に車両重量を軽くする事ができる。また、豊田合成は省電力・高寿命が特徴のLED製品を数多く手がけており、環境保護対応に技術力を発揮できる利点がある。この一連の「車一台物造り」取り組み状況を、第1ステージ（物造り）、第2ステージ（試走検証）、第3ステージ（具現化；新領域である樹脂外板の開発）の順で、市場動向も含め報告する。

Abstract

Mainstream of vehicles is about to undergo a great change from current gasoline-powered vehicles to more environmentally-friendly hybrid vehicles (HV), electric vehicles (EV), and fuel cell vehicles (FCV). Eyeing this market trend, Toyota Gosei started an EV development project in June 2009 to discover Toyota Gosei products for the future. The project theme is to make a “car (EV) with satisfying running performance using minimum motive force.”

Why did Toyota Gosei, a manufacturer of polymer automobile parts, take up this challenge of making an EV? The key is Toyota Gosei’s fundamental technology. Lighter-weight, and energy-saving parts are critical to improving the fuel efficiency (electricity costs) of vehicles. Toyota Gosei’s expertise is in technology related to the development and mass production of rubber, plastic, and other resin parts. Metal materials are used in vehicle bodies, chassis and many other main components, and vehicle weight could be reduced dramatically by making these components with plastics. Toyota Gosei also produces many LED products, which are characterized by low energy consumption and long life. These advantages can be put to use as technical strengths for environmental protection. I report, in order, the status of this series of efforts “to make a compete vehicle” in three stages: first stage (production), second stage (verifying driving performance), and third stage (realization; developing plastic outer panels, a new field). Market trends are also reported.

*1 商品開発部

1. はじめに

19世紀末に発明された自動車は、20世紀の100年間で一大発展を遂げ、現在では自動車なくして我々の生活は成り立たない状況に至っている。

一方で近未来の自動車に対しては「温暖化防止などの地球環境保護対策」と「枯渇資源保護・延命化対策」が緊急の課題となっている。

ところで、自動車を構成する材料に関しては、自動車の発明当初から1940年代までは鉄を主体とする金属材料が採用されていた。その後、種々のプラスチックが発明・製品化されるたびに、その優れた軽量性と成形性を活かして自動車部品に適用する開発努力がなされ、現在の国産車では重量にして9~10%の採用レベルにまで成長した。¹⁾


2013年、BMW i3は工場エネルギー低減も含め環境保護を目的にボディ骨格、外板を樹脂化した。今後は樹脂の優れた特性を活かした軽量化と走行抵抗を低減した高意匠でかつ安全な「もっといいクルマ」が期待されている。

2. 自動車の樹脂化動向

日本における自動車部品のプラスチック化は、PPなどの汎用プラスチックの本格生産が始まった1960年代の内外装部品からであったが、本格的なプラスチック化は、乗用車のバンパーにRIMポリウレタンが搭載され始めた1977年ごろからである。

国内では、プラスチック製外板は1957年ごろよりFRPが試験的に採用され始め、その後熱硬化性プラスチックが、さらに成形性に優れた熱可塑性プラスチックであるABSやPPE・PAなどのアロイが採用されてきた。21世紀になってから、複数の自動車メーカーが、プラスチック製バックドアパネルを装着し始めて、一つのトレンドになってきている(表-1)。¹⁾

表-1 バックパネル樹脂化動向

年度	2005		2012	
カーメーカー	日産	マツダ	トヨタ	ダイハツ
車種	ムラーノ	プレマシー	カローラフィールダー	タント
製品				
アウター 材質	PA/GTX(フラー20%)	PC/ABS(9/15%)	PPタルク	TSOP-6相当
インナー 材質	GMT(GF40%)	PP(LGF40%)	PPタルク	PP-GF2%~3%

2013年に国内市場において一部の車両では、前述のバックドアパネルも含め、フェンダー、エンジンフードも熱可塑性樹脂(PP複合材)を採用している(表-2, 3)。

表-2 フェンダー樹脂化動向


年度	2007		2013	
カーメーカー	三菱	BMW	BMW	ダイハツ
車種	デリカD5	X5	i3	タント
製品				
材質	PA/GTX(PA+PPE)	PP+EPDM+TD30	PP+EPDM+TX30	PP+EPDM+T35

表-3 フードの樹脂化動向

年度	2007	2013	
カーメーカー	ダイムラー・クライスラー	BMW	ダイハツ
車種	SMART	i3 (EV)	タント
製品			
アウター 材質	PP	PP+E/P+TX30	PP+E/P+T35
インナー 材質	PP	PP+E/P+TX30	熱硬化材(GF40%)

海外では国内より早い1950年代より、自動車外板のプラスチック化が始まり、1953年のGMシボレー・コルベットがFRPで外板を量産化している。また、PP複合材採用の外板は2007年にはスマートがエンジンフード、フェンダーを、BMW X5は大型フェンダーを市場投入している。2013年にはBMW i3はエンジンフード、フェンダー、ドアアウターにPP複合材を採用している(表-2, 3)。

3. 第1ステージ； 「車一台物造り」取り組み状況

「これからの部品メーカーはベンチ検証から自ら車に載せて自ら走る実証」というカーメーカーからの助言もあり、高分子・LED部品メーカーとしての豊田合成の強みを活かせる「車一台物造り」プロジェクトを2009年6月に結成して「現地現物」「商品が主人公」を合言葉に軽量化・省エネ化に対応した豊田合成の将来を支える商品の発掘を目指した。

3-1. 開発プロジェクト開始

開発プロジェクトには当時の開発部門、自動車部品関連の4事業部を中心にデザイン、材料開発、電気・電子系、生産技術、製造、CAE評価など幅広い分野から20代～50代までの技術者が参加し、総勢30名のチームが発足した。開発は4年計画で、従来の部品を軸にした発想から、車両全体を軸とした発想へと切り替えて着手した。第一段階ではオール樹脂製ボディを採用した走れる試作車の完成が目標であった(図-1)。経営トップからは「失敗を恐れずに、チーム一丸で、将来の飯の種を発掘して欲しい」と指示があった。

・ チーム目標 下記4年計画を立案

- 1) 2010年；車1台開発の年，1年後展示会へ出品
- 2) 2011年；開発テーマの発掘
- 3) 2012年；開発テーマ具現化の初年度
- 4) 2013年；刈り取りの初年度

3-2. オール樹脂ボディに向けて

・ チーム目標 車両重量半減

軽量化でポイントとなったのは次の通りである。

- 1) シャーシの強度と安全性・操安性
- 2) 外板の強度・耐久性(温度依存性)

車体の基礎となるシャーシフレームはCFRPパイプを採用した。豊田合成の特徴は各パイプを繋ぐ継ぎ手構造にある。このフレームに各パーツ接合するときは、メンバー総出の手作業で一声に組み立てた。ところが実走テストでフレームが撓み、強度の改良を実施し、樹脂外板の内部は強度と軽量化の両立ができるハニカム(蜂の巣)構造とした。この構造はエネルギー吸収にも有利であり、フロントウィンドーはアクリル製樹脂を深絞り意匠構造にして剛性と軽量を確保した。2009年6月着手から2010年3月までの9ヵ月で完成した(図-1)。



図-1 TGEV車検前(車両重量680kg)

3-3. 省エネ化に向けて

・ チーム目標

ミニマム駆動力で航続距離500km以上
省エネ化でポイントとなったのは次の通りである。

- 1) 走行抵抗の低減(Cd値0.3以下)
- 2) 室内空調，表示，照明類のエネルギー低減

ボディの空気抵抗低減に向け、Frウィンドーは樹脂の成形性を活かした流線形意匠でランプカバーを一体化し、ボディエッジライン、電子ミラー化など整流化・剥離防止の工夫とCAEを駆使してCd値0.224を達成した(トップクラス；図-2)。

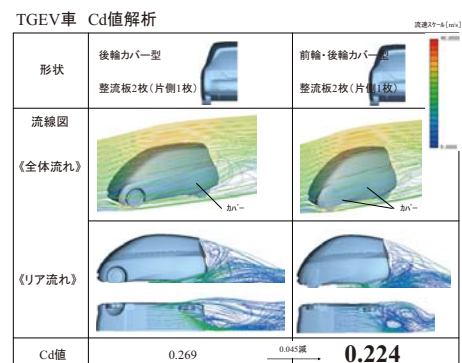


図-2 Cd値解析結果(TGEV)

内装部品では表示モニターに豊田合成製高輝度LEDを採用し、軽量かつ省スペースなヘッドアップディスプレイ構造を搭載した。

省エネ空調設計などにも工夫をした高意匠・高アスペクトエアフローを提案した(図-3)。



図-3 省エネLED表示とエアフロー構造

外装部品では法規をクリアしたヘッドランプ、テールランプに豊田合成製LED光源モジュールを搭載（図-4）するなど要所に豊田合成技術を活用しカタチにした。



図-4 LED光源モジュール

3-4. 結果

車両および部品の性能評価も幅広い分野におよんだ。車の静的な性能評価はCAEを駆使し、動的な評価は実車（テストコース）データを収集して分析した。部品造りの豊富な経験を活かしながら、2010年3月に自社技術によるオール樹脂製ボディのTGEV（原理モデル）は誕生。さらに、2011年春には原理モデルの改良とともに一般走行向けの装備を加え、同年6月に車検取得（組立車）する事が出来た（図-5）。



図-5 TGEV車検後（車両重量800kg）

車両重量は約800kg、モーター定格10kw仕様で、走行性能は最高速度100km/h、航続距離139km（10Kwh）、Cd値0.3以下を達成した。加速性も当時の国内EVに匹敵する性能を実現した。但し操安性に関してはさすがに未熟である事を痛感できた。

4. 第2ステージ； 「車一台試走検証」取り組み状況

環境に優しいTGEV初代とその技術は、社外でも高く評価された。ミニマム駆動力で航続距離を稼ぐコンセプトは中部国際空港の対環境方針にも合致し、ヴィッツの車両本体を使ったコンバージョンEVを開発する事となった。同車はエンジンや燃料タンクをモーターと、2次電池に交換したEV仕様である（TGEV 2号）。またボディ外板のフード、フェンダーを樹脂製にして長期実証検証も兼ねた。フードは具現化に向けて射出成形したオレフィン材・ハニカム製品を搭載した（図-6、7）。

また、自社製LED光源モジュールの省エネ効果の実証をした（図-8）。

2011年夏より空港内の誘導車として2013年春まで実証試験を実施した。中部国際空港は強風もあり、樹脂製品にとっては不利な夏の炎天下での検証ができた。樹脂外板製品の破損、亀裂、熱変形等の問題はなく、カーメーカーからも軽量化効果の大きい大型樹脂外板での開発を要望され2012年11月より豊田合成の自主開発として具現化に向けスタートした。

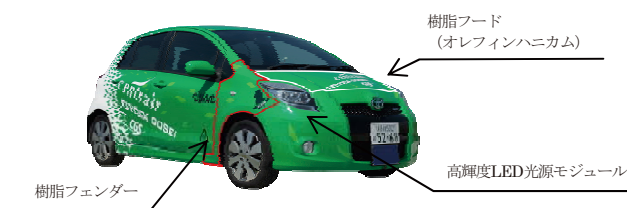


図-6 中部国際空港で試走したTGEV 2号

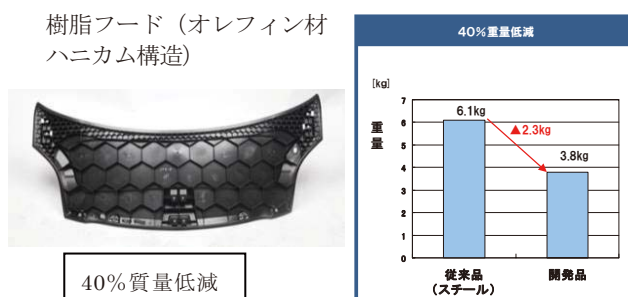
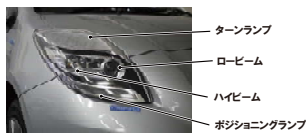


図-7 樹脂フード軽量化効果

高輝度LED光源モジュール



1.5% 電費向上

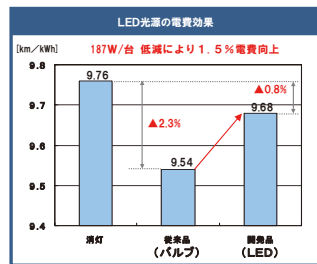


図-8 LED光源省エネ効果

5. 第3ステージ；
具現化に向けた取り組み状況

第1ステージでは車両重量半減を目指したが、車検をクリアする為には安全、操縦安定性に必要な剛性が不足であった。強度が必要な部位は樹脂と金属のハイブリッド構造、接合技術が大事である。第2ステージでは夏冬2年間の貴重なデータ収集と社外へのアピールが出来た。

前述した大型樹脂外板製品の具現化に向けた開発プロジェクトを2012年11月に発足した。開発目標は第1ステージ、第2ステージから得た実証データ、技術課題より設定した。

- 1) 樹脂の特性を活かした高意匠化の実現と軽量化の両立および重点性能の確保
 - ①高意匠化, ②軽量化率, ③低重心化,
 - ④重点性能 (剛性, 耐熱, 歩行者, 正突)
 上記重点項目の目標値を定量化。
- 2) コスト競争力の確保
 - ①大型成形機のクラスダウン
 - ②樹脂の成形性を活かした機能統合
 - ③機能に適応した材料の自前配合技術

デザイン, 設計, CAE, 材料, 成形, 金型, 塗装, 原価企画の各チームが一貫工程で活動できる全社プロジェクト体制で活動をスタートした。

本報告では重点性能の1つである歩行者保護について取り組み状況を報告する。

5-1. 樹脂外板の歩行者保護

前述のTGEV 2号 (ヴィッツ) は2012年1月東京ビッグサイトの軽量化技術展へ出品した。この時の歩行者保護評価結果は、法規の目標であるHIC

値1000以下に対しては満足しているが、レイティングの目標であるHIC値650以下は大幅未達となり (図-9), また成形性にも課題があった。

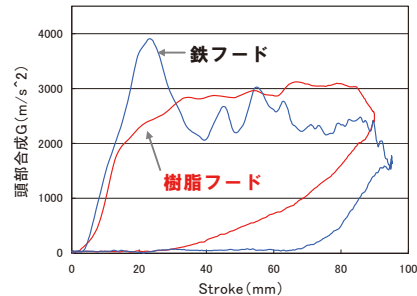


図-9 TGEV 2号の歩行者保護
インパクト社内評価結果
HICの目標: 1000以下達成 (実力値 940)

今回の開発品は設計, 材料, 工法の三位一体活動により豊田合成独自のハニカムクラッシュブル構造を改良し, 材料の工夫と構造解析, 流動解析を駆使して成形性の良いスライドコアレス金型構造を開発した。この開発品の評価結果はHIC目標値の650以下をクリアした (図-10)。

またこの構造は低周波領域の吸音にも寄与している。もちろん本来の目的である軽量化と3次元意匠曲面にも対応可能であり, 成形性も問題ないものである。

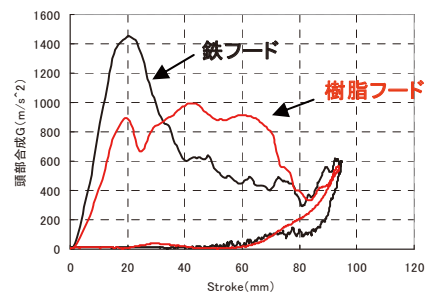


図-10 改良品の歩行者保護
インパクト社内評価結果
HICの目標: 650以下達成 (実力値 585)

なお, 図-9, 図-10の豊田合成で開発した樹脂フードの製品の外郭, 製品の厚みは現行スチールフードと同サイズである。

6. おわりに

TGEV初代の開発開始から5年半を振り返ると、部品メーカーが車両開発することは、豊田合成社内はもちろん社外の反響が予想以上に大きく、具現化に向けた引き合いを頂き、貴重な体験ができた事に対し、あらためまして関係方々に深く感謝いたします。

当初は事業部制であり各々考え方に異なる面があり社内に戸惑いがあったが、開発が進むにつれ結束ができ、チーム力の強さが改めて感じられた。

また豊田合成初の車一台造りに挑戦し成功体験ができた事は各メンバーの大きな自信となった。

今後もこの成功体験を次なる世代へ展開できるよう「車一台造り」を継続して、誰もが目を輝かせる喜びのシーンを分かちあっていきたい。

ここ5年半で構築した開発技術を活用して「もっといいクルマ、もっといい商品造り」を目指して地球環境保護に貢献していく。

参考文献

- 1) プラスチックの自動車部品への展開 日本工業出版(株) 2011年 p1, p2, p80, p82

著 者



藪谷 茂