

# TECHNICAL REVIEW

Vol. 58 2016

特集：低炭素社会を目指した製品開発



# 目 次

巻頭言	低炭素社会の実現に向けて 橋本 正一	1
特 集	「低炭素社会を目指した製品開発」	
特別寄稿	水素社会実現に向けて トヨタ自動車(株) 深澤 和広	2
総 説	低燃費に向けた軽量化への取組み 向井 浩	7
論 文	樹脂フューエルフィラパイプの開発 三吉 啓司	12
	樹脂ウォーターパイプの開発 木野 等 久保田徳道	16
	軽量発泡ガラスランの開発 三浦 好広 箕浦 秀明 古橋 洋明 高瀬 智宏	21
	軽量ステアリングホイールの開発 村井 孝光 百鬼 聡 三輪 肇	25
	軽量インパネ部品の開発 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	30

一 般	新技術紹介	ダイカスト金型ガス排気部コンパクト化	堤内 昭仁 浅谷 俊彦	35
		凸引き真空金型における表皮型内巻き込み技術	上野 拓哉	37
		レーザ加工による本物感革シボの開発	伊藤 栄樹	39
		低コスト画像処理技術	鈴木裕次郎 矢島 修 浅野 宣方 山田 弘樹	41
		縦型 GaN パワーデバイスを用いた昇圧コンバータ	恩田 敬治 林 伸亮 恒川 雄一	43
		射出成形解析のそり変形予測精度向上	安田 陽	45
	新製品紹介	高意匠立体ミリ波ガーニッシュ	奥村 晃司	47
		LED リアドームランプ	木野 徳人	49
		パナソニック向け加湿空気清浄機の開発	志水 英之 本藤 学 田島 善直	51
		高効率照明用 表面実装型白色 LED	出向井幸弘 甚目 邦博	53
	特許紹介	特許紹介		55

# CONTENTS

<b>Preface</b>		Progress toward a Low Carbon Society	Masakazu Hashimoto	1	
<b>Feature</b>	<b>Development of Products toward the Low-Carbon Society</b>				
	<b>Contribution</b>	Progress toward a Society Based on Hydrogen Energy	Toyota Motor Corporation	Kazuhiro Fukazawa	2
	<b>Review</b>	Efforts to Weight Reduction for Better Fuel Efficiency	Hiroshi Mukai	7	
	<b>Technical Paper</b>	Development of Plastic Fuel Filler Pipe	Keiji Miyoshi	12	
		Development of Plastic Water Pipe	Hitoshi Kino Norimichi Kubota	16	
		Development of Lightweight Foamed TPV Glass Runs	Yoshihiro Miura Hideaki Minoura Hiroaki Furuhashi Tomohiro Takase	21	
		Development of Lightweight Steering Wheel	Takamitsu Murai Akira Nakiri Hajime Miwa	25	
		Development of Lightweight Instrument Panel Parts	Yoshinori Masatsugu Syuji Inui Kunio Yamazaki Eiji Kojima Tatsuya Matsui Koichi Sato Kinji Furukawa	30	

General Article	New Technology	Compacting of Air Vent for Die-casting Molds	Akihito Tsutsumiuchi Toshihiko Asaya	35
		Skin Winding Technology in Mail Vacuum Forming Molds	Takuya Ueno	37
		Development of Leather Texturing with a Genuine Feel by Laser Material Processing	Shigeki Ito	39
		Low-Cost Image Inspection Technology	Yujiro Suzuki Osamu Yajima Norikata Asano Kohki Yamada	41
		Boost Converter Using Vertical GaN Power Devices	Keiji Onda Nobuaki Hayashi Yuichi Tsunekawa	43
		Accuracy Improvement of Warpage Deformation Prediction in Injection Molding Simulation	Akira Yasuda	45
New Products		Stylish Three-Dimensional Millimeter Wave Garnish	Koji Okumura	47
		LED Rear Dome Lamp	Norihito Kino	49
		Development of Humidifying Air Purifier for Panasonic	Hideyuki Shimizu Manabu Motofuji Yoshinao Tajima	51
		Surface Mounted White LED for High-Efficiency General Lighting	Yukihiro Demukai Kunihiro Hadame	53
Patents		Patents		55

## 低炭素社会の実現に向けて



専務執行役員  
橋本 正一

地球温暖化によるさまざまな問題が国際的に議論され始めてすでに20年あまりが過ぎています。その間、CO<sub>2</sub>を中心とする温室効果ガスの排出低減を目的として世界中の国々が議論を重ね、昨年にはCOP21\*において2020年以降の削減のための国際的枠組みを規定する「パリ協定」が採択されました。ここでは産業革命以前からの気温上昇を2℃以内にする目標に加え、これを1.5℃以内とする努力目標が確認されました。発効が確実視される中ですべての国が目標達成の対策を実施することが期待されます。このように国際的な削減に向けた活動が進む中、一方で近年、異常気象によるさまざまな災害が各地で起こり深刻な被害が報告されています。日本でも過去に例のないレベルの集中豪雨による河川氾濫や土砂崩れなどの深刻な災害が起こり国民の安全がおびやかされる事態に至っています。また、身近な体験として狭い地域で起きる激しいゲリラ豪雨などもその影響ではないかと懸念しています。これらは単なる自然災害で済ませることはできず、地球規模の対策の実行が待ったなしの状態であることを気づかせてくれます。

豊田合成は低炭素化社会の実現に向けて今年2月、TG2050環境チャレンジと第6次環境取組みプランを公表し、事業活動での意欲的なCO<sub>2</sub>削減目標に合わせ環境負荷低減、車両の燃費向上や環境対応車に貢献する製品開発の推進などを宣言しました。この中で製品開発による貢献は、CO<sub>2</sub>削減に寄与すべき運輸部門の約9割がバス、トラックを含む自動車による排出である現状からその果たすべき使命は大きいといわざるを得ません。現在、ガソリン、ディーゼルなどの内燃機関による自動車の燃費向上を実現する開発と、PHV、EV、燃料電池車などの環境対応車の開発の2本柱での開発が進められています。車両の燃費改善では動力系本体の効率化に加え軽量化が重要な役割を占めます。豊田合成は樹脂、ゴムの製品適用を開発のDNAとして持ち、車の軽量化の実現で貢献できる幅広い領域を持っています。これまでも小型、軽量化の製品開発に加え、金属部品の樹脂化などの開発を積極的に進めてきました。今回の特集ではその製品開発の現状をご紹介します。豊田合成が進める将来の更なる開発に向けてご理解を深めていただくことを期待しています。

今回の特集にあたり、トヨタ自動車(株)先進技術開発カンパニー常務理事の深澤和広様から水素社会実現と燃料電池車の展開についてご寄稿いただきました。是非ご一読いただき、私達が果たすべき貢献について考える機会としていただければと思います。

\* COP：国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の締結国会議の略称。参加国は195カ国と欧州連合（EU）

## 水素社会実現に向けて

深澤和広<sup>\*1</sup>

### Progress toward a Society Based on Hydrogen Energy

Kazuhiro Fukazawa<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

かけがえのない地球環境を将来の世代に確実に引き継いでいくためには、低炭素社会へと大きく舵を切ることが必要です。私達は今、長期的な視点に立ち、この課題に取り組むことが求められています。

昨年末フランスで開催されたCOP21でパリ協定が採択され、世界中の国々が地球温暖化防止に向かっていく意思を明確にしました。そしてこの協定では「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求する」という共通の目的も規定されました。日本も温室効果ガス排出量を2030年までに26%削減する(2013年比)という大きな目標を掲げています。

温室効果ガス削減に向け今すべきことは、化石燃料に大きく依存した現在の生活から脱却し、低炭素で持続可能な社会を構築することです。その選択肢の一つとして大きな可能性を持つと考えられているのが「水素」です。弊社は2014年に量産型燃料電池自動車(FCV)である「MIRAI」を市場に導入し、水素社会実現に向けた取り組みの第一歩を踏み出しました。本稿では、水素社会実現に向けた弊社の基本的な考え方や、FCV普及に向けた取り組みについてご紹介させていただきます。

#### 2. 地球環境問題と自動車の技術開発

自動車は人や物の移動能力を拡張し、自由・便利さを提供することで、経済・社会・文化の発展に大きく寄与してきました。一方で、地球温暖化、大気汚染といった地球環境問題の一因になったとも言われています。

弊社はこれらの課題を解決すべき大きなテーマと捉え、「省エネルギー」、「燃料多様化への対応」、「エコカーは、普及してこそ環境への貢献」という考えのもと、技術開発を進めています。省エネルギーに向けた取り組みとしては、従来のエンジン車やハイブリッド車(HV)の燃費向上を基盤技術と考えています。石油代替燃料には各々一長一短があり、ひとつに絞り込むことは簡単ではありません。よって弊社は燃料多様化への対応として、ガス燃料やバイオ燃料、電気、水素など様々な代替燃料を利用する次世代自動車の開発に取り組んでいます。中でも「水素」と「電気」を石油代替燃料の有力候補と考えています。

車両サイズや移動距離のニーズで車両を棲み分けてみると、電気自動車(EV)は航続距離や充電時間の観点から近距離用途に適していると言えます。プラグインハイブリッド車(PHV)は、電池切れの不安が無く、安心して近距離も遠距離も移動できることから、弊社はPHVをHVにつぐ次世代環境車の柱と位置づけ、開発を推進しています。そしてFCVは走行中に排出するCO<sub>2</sub>がゼロであることに加え、航続距離が長く、水素充填時間も従来のエンジン車と同様に短いため、中長距離用途で活用することが出来ます。弊社はFCVを究極のエコカーと位置づけており、水素インフラとセットで普及を進めていくことが重要と考えています。

#### 3. 水素社会の利点

水素社会の実現は、化石燃料だけに頼らず、世界中の人々が自然と共存し、豊かな生活を送るための有力な選択肢であると弊社は考えています。ここからは水素の特長について述べながら、水素社会の利点について考えたいと思います。

\*1 トヨタ自動車(株) 先進技術開発カンパニー 常務理事

(1) 使用時 CO<sub>2</sub> ゼロ

水素は使用過程において、CO<sub>2</sub>を一切発生しないエネルギーです。水素は酸素と反応させて電気を作っても、直接燃やしてタービンを回しても、排出するCO<sub>2</sub>はゼロです。

(2) 多様なエネルギー源から製造が可能

水素は石油や天然ガスといった化石燃料から製造される他、化学工場の副産物としても発生します(図-1)。また、現在使われていない資源(褐炭・下水汚泥など)からも水素は製造できるため、資源の有効活用にもつながります。さらには風力や太陽光といった再生可能エネルギーから発電された電気で水を電気分解して製造することも可能で、この場合は製造過程においてもCO<sub>2</sub>フリーな水素になります。多様なエネルギー源から製造可能ということは、エネルギーの安定供給にもつながり、エネルギーセキュリティの観点から見ても大きな利点と言えます。

(3) 地産地消に適したエネルギー

水素は地産地消型のエネルギーであることも特長の一つと言えます。水素を活用すれば、現在電気がない地域や島でも太陽光や風力で発電し、

余った電気は水素という形で長期間貯蔵することができます。そして必要になった時にまた電気として取り出し使用することができます。川崎市と横浜市の京浜臨海部では現在、風力発電により製造したCO<sub>2</sub>フリー水素を利用して水素サプライチェーンを構築する実証プロジェクトが行われています。ここではガソリンを主体とした従来型サプライチェーンと比べ、80%以上のCO<sub>2</sub>削減が可能になると試算されています。

(4) 再生可能エネルギーの変動を吸収

風力・太陽光といった再生可能エネルギーはCO<sub>2</sub>を排出しない、非常にクリーンなエネルギーである一方で、天候などの諸条件により変動するという課題があります。ここに水素をうまく組み合わせ、再生可能エネルギー由来の電気を使って水素を製造、貯蔵し、必要なときにその貯蔵した水素から発電することで再生可能エネルギーの変動を吸収することが出来ます。

これらの水素の特長を活かし、電気グリッドに水素グリッドを融合させた社会を構築することで、低炭素社会の構築をさらに促進することが出来ます(図-2)。

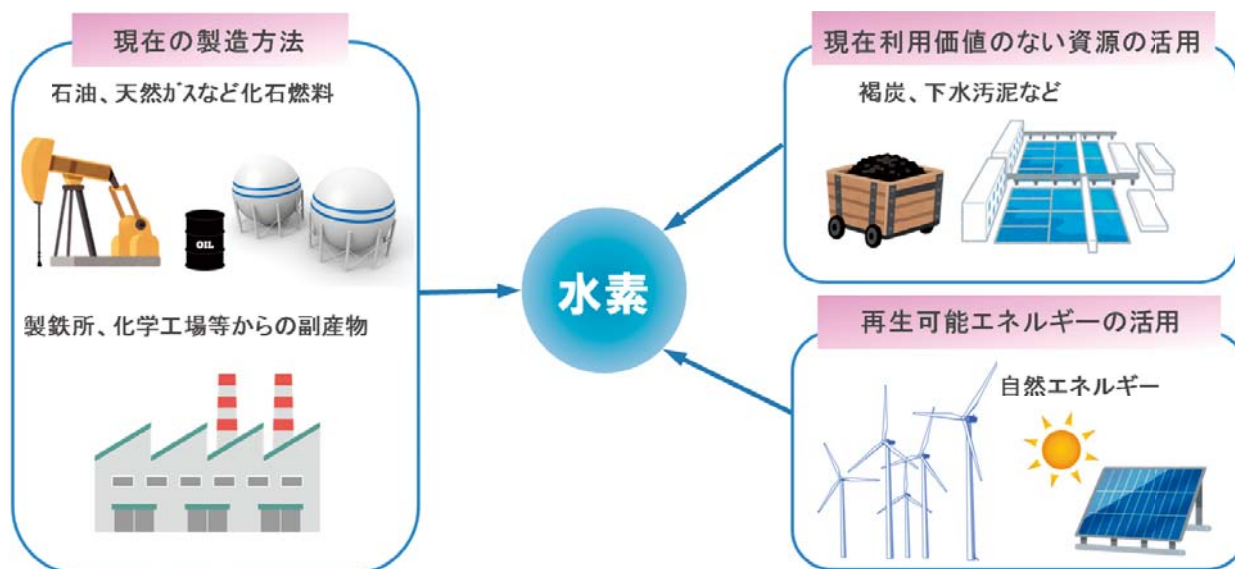


図-1 多様な一次エネルギーから製造される水素





図-2 電気と水素を活用し、多様なエネルギーから成り立っている社会

(5) 日本の国益への貢献

日本は資源国ではないため、一次エネルギーの大半を海外からの輸入に依存しています。そして、石油などのエネルギー資源獲得に年間約20兆円の国富を投じています。水素を再生可能エネルギーなどから製造すれば、自国でのエネルギー資源調達となり、資源獲得のための国費流出を低減することが可能になるので、日本の国益向上にもつながると言えます。

(6) 日本の経済、産業への貢献

ハイブリッド技術と同様、FC技術においても日本には優れた材料/部品メーカーが数多く存在しています。これらのメーカーが持つ技術を世界に先駆けて社会に導入していく、そして進化させていくことは、日本の産業振興にもつながり、国

際競争力の維持、産業の育成、新規雇用創出と言った観点からも非常に有効と考えられます。

4. MIRAI の特長

MIRAIはFCVとして水素社会実現に貢献するというだけでなく、様々なうれしさを持ったクルマです(図-3)。約3分程度の充填時間で約650km(JC08モードトヨタ測定値)の走行が可能となり、航続距離や水素充填時間の点でも、従来のエンジン車と同等の使い勝手の良さを備えています。またMIRAIは、供給電力量約60kWh、最大供給電力9kWと大容量の外部電源供給能力を備えていることも特長です。さらにはモーター駆動により、滑らかな走り、静粛性や加速の良さによる「走りの楽しさ」も実現しています。



図-3 MIRAI のうれしさ

## 5. 水素社会構築, FCV 普及に向けて

経済産業省は2013年に、水素・燃料電池戦略協議会を立ち上げ、今後の水素エネルギーの利活用のあり方について、産学官で検討を行ってきました。本協議会が2014年に策定したロードマップ（2016年改定）の中では、水素社会実現に向けた取り組みをさらに加速することを目的に、FCV普及について2020年までに4万台程度、2025年までに20万台程度、2030年までに80万台程度という台数目標が提示されました。水素ステーションについても2020年度までに160箇所程度、2025年度までに320箇所程度の整備目標が明示されています。民間企業も国と連携し、燃料電池実用化推進協議会（FCCJ：113社・団体で構成）が中心となってシナリオを策定し、この取り組みを促進しています（図-4）。

昨年、日産、ホンダとトヨタの3社が、既設水素ステーションへの運営支援をスタートし、運営費用の補助やお客様へのサービス/利便性向上に取り組み始めました。また、弊社はFCV導入初期段階においては普及を優先し、自動車メーカーやエネルギー会社などと協調した取り組みが重要

であると考え、単独で保有している世界で約5,680件（2015年1月時点）の燃料電池関連特許の実施権を無償で提供することを発表しました。乗用車以外のFC開発についてもグループをあげて推進しています。具体的には日野自動車とはFCバスの開発、豊田自動織機ではFCフォークリフト、アイシン精機では家庭用燃料電池コジェネレーションシステムの開発を行っています。

FCV販売台数としては、2020年頃以降は、グローバルで少なくとも年間3万台以上の販売を目指します。これは、2017年のMIRAI生産規模である約3,000台に対して、10倍程度的大幅なレベルアップとなります。また、FCバスは2016年度中に東京都を中心に導入予定で、東京オリンピック・パラリンピックが開催される2020年には100台以上の台数となるよう準備を進めています。

MIRAIの市場導入は、水素社会実現に向けた一歩を踏み出したに過ぎません。しかし、それは上記で述べたような様々な取り組みと連携することで、50年、100年後の未来に向けた大きな一歩につながると考えています。

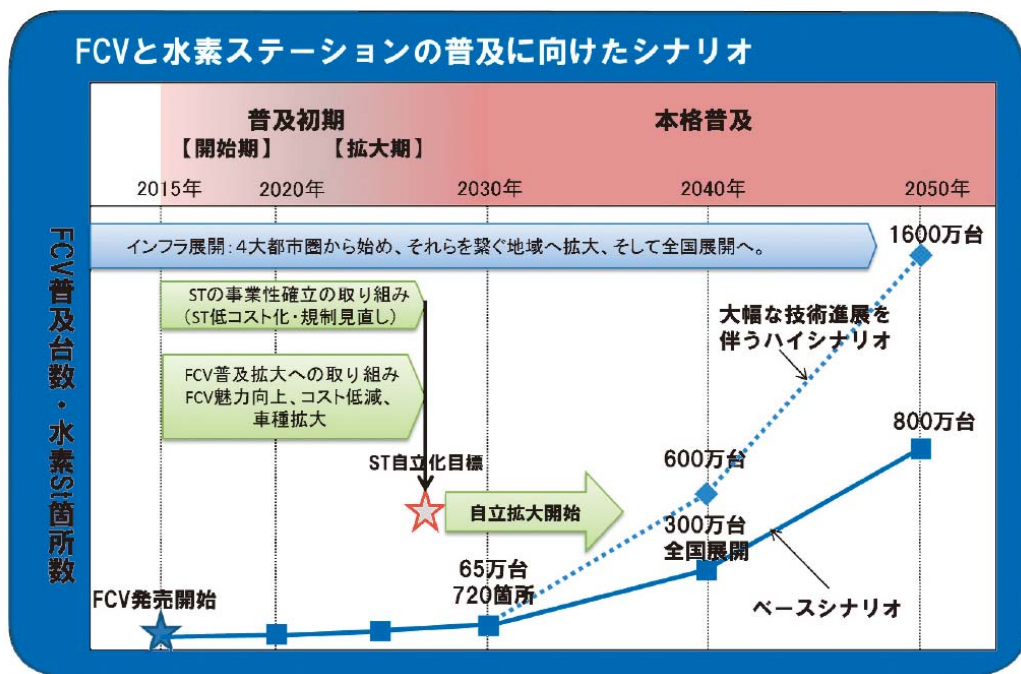


図-4 FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ 2016 (出展：FCCJ)

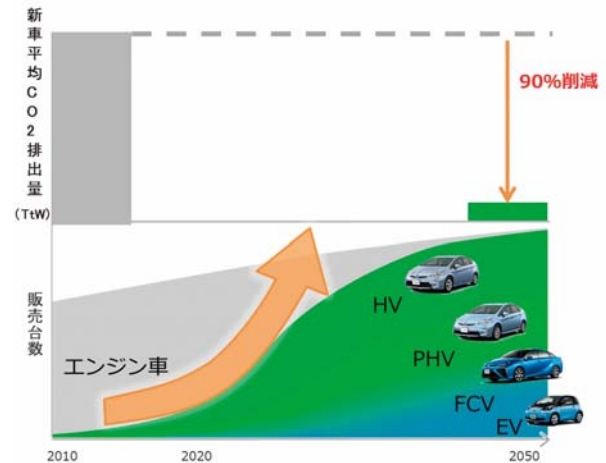
6. おわりに



図－5 トヨタ環境チャレンジ 2050

昨年弊社は、持続可能な社会の実現に貢献するための新たなチャレンジとして「トヨタ環境チャレンジ 2050」を発表しました（図－5）。クルマの持つマイナス要因を限りなくゼロに近づけるとともに、社会にプラスをもたらすことを目指し6つのチャレンジを掲げました。中でも、チャレンジ1では「新車CO<sub>2</sub>ゼロチャレンジ」を掲げ、2050年までにグローバルでの新車平均走行時CO<sub>2</sub>排出量を90%削減（2010年比）することを目標としました。今後は次世代車の開発をより一層加速していきます（図－6）。チャレンジ3では「工場CO<sub>2</sub>ゼロチャレンジ」として、2050年までにグローバル工場におけるCO<sub>2</sub>排出をゼロにすることを目指します。

人とクルマと自然が共生する社会を目指して、関係する多くのステークホルダーの皆様のお力添えを頂きながら取り組んでまいりたいと思います。貴社には、MIRAI 開発時に賜ったご尽力に感謝申し上げますと共に、今後とも一層密なご協力をお願い申し上げます。



図－6 新車CO<sub>2</sub>ゼロチャレンジと今後の次世代車開発

著者



深澤和広

## 低燃費に向けた軽量化への取組み

向井 浩<sup>\*1</sup>

### Efforts to Weight Reduction for Better Fuel Efficiency

Hiroshi Mukai<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

社会に多大な影響をもたらす地球温暖化の緩和を目的として、その原因である温室効果ガスのうち、大きな割合を占める二酸化炭素の排出が少ない社会を構築することが、世界的な課題となっている。

2015年のCOP21のパリ協定では、条約に加盟する196ヶ国・地域が参加する国際的枠組みとして、「産業革命前からの気温上昇を2℃未満に抑えることを目指し、1.5℃未満も努力目標とする。」といった数値目標が初めて盛り込まれ、世界全体で今世紀後半には、人間活動による温室効果ガス排出量を実質的にゼロにしていく方向を打ち出した。そのために、全ての国が、排出量削減目標を作り提出することが義務付けられ、その達成のための国としての対策をとっていくことも義務付けられた。

自動車業界においても、二酸化炭素排出量の抑制は最大の課題である。二酸化炭素排出量の低減のため、アメリカ、欧州をはじめとし世界的な燃費規制が強化されつつある。自動車は、二酸化炭素排出量低減、燃費向上のために、ガソリン車からハイブリッド車、更にPHV、EVやFCVへとシフトしている(図-1)。また、ガソリン車やディーゼル車においても、車両全体の重量低減や空力向上、内燃機関の効率化等の取組みがなされている。

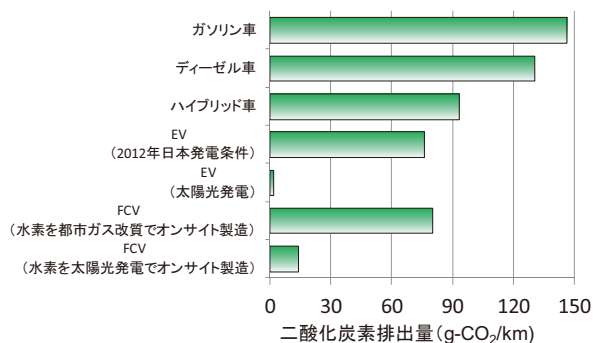


図-1 車両タイプ別二酸化炭素排出量<sup>1)</sup>

本総説では自動車の燃費規制の動きと燃費向上のための軽量化への取組み動向についての概論を報告する。

#### 2. 自動車の燃費規制<sup>2)</sup>

##### 2-1. 燃費規制の歴史

自動車の燃費規制は、1970年代のオイルショックに始まる。

米国では1975年に「エネルギー政策法」(Energy Policy and Conservation Act)を制定、乗用車と小型トラックに対して1985年までに燃費を2倍にするという企業別の平均燃費の改善目標を設定し、1978年モデルの新車からCAFE (Corporate Average Fuel Economy) 規制がスタートした。更に、原油高騰、また地球温暖化対策として、2012年から2016年まで、毎年5%ずつ段階的に規制が強化され、2016年までに乗用車と小型トラックの合算で自動車メーカー平均燃費目標は15.1km/ℓ以上となった。

日本では1979年に「エネルギーの使用合理化に関する法律」(以下、省エネ法)に基づいてガソリン乗用車の燃費基準が策定された。1999年には改正省エネ法の下で、乗用車と小型貨物車にその時の最高の性能を持つ車両の燃費を目標値と設定、更新されて現在に至っている。

欧州では、1997年の気候変動枠組条約に関する京都議定書を受け、1998年にEUと欧州自動車工業会の間で自動車からの二酸化炭素排出量に関する自主規制の合意が行われ、2008年までに欧州で販売される乗用車からの二酸化炭素排出量を平均140g/kmまで削減する目標が設定された。

しかしながら2008年までに目標値に達成しなかったため、2015年までに各自動車メーカーに対して二酸化炭素排出量を平均130g/km以下(ガソリン換算で17.8km/ℓ以上)とするCAFE規制を導入した。

このように、日米においては、オイルショックがもとになり原油を中心とするエネルギー消費削減を目的に燃費規制が行われ、欧州では、地球温

\*1 新製品工法開発部

暖化防止のために二酸化炭素の排出量を規制した結果、日米同等の燃費規制となった。

## 2-2. CAFE 規制

CAFE 規制は、車種別ではなく自動車メーカー全体で出荷台数を加味した平均燃費（過重調平均燃費）を算出し、規制をかける方式である。

平均燃費値が規制値を上回っていなければペナルティが与えられることになる。ある特定の車種では燃費基準を達成できなくても、そのほかの車種の燃費を向上させることでカバーできている。

米国や EU では既に採用されており、日本でも 2020 年度燃費基準に採用されることが決定している。

## 2-3. 燃費規制の世界的動向

米国は、2012 年 10 月に成立した法案で、2017 年から 2025 年にかけて、乗用車と小型トラックのそれぞれに対して基準を設け、2025 年までに乗用車と小型トラック全ての平均燃費が 23.2km/l 以上となる目標を設定している。

特徴的なのは、規制値を設ける車両の区分が重量ではなく、投影面積（Footprint：左右両輪間の距離と前後軸の距離の積）によって設けられていることである。2007 年から導入されたものであるが、この制度では、重量さえ軽くすれば、車体が大きくても燃費規制値が低くて済むため、車両サイズを維持しつつ、より軽量化を進める方向に働く。大型車志向の米国自動車需要を反映した制度となっている。

EU は、世界で最も厳しい規制を敷いている。燃費目標値は、乗用車に対し 2015 年で 17.8km/l 以上（規制は、二酸化炭素排出量で 130g/km 以下）、2021 年では、24.4km/l 以上（95g/km 以下）

となっている。なお、2014 年の EU 全メーカーの乗用車平均二酸化炭素排出量は、127g/km となり 2015 年目標は達成できている。

日本においては、1999 年に改正省エネ法に基づく燃費目標値（ガソリン車の 2005 年度目標、ディーゼル車の 2010 年度目標）が導入されたのち、2007 年に 2015 年度目標、2013 年には 2020 年度目標へと順次改訂されてきた。ガソリン乗用自動車の 2015 年度の基準相当平均燃費は 17.0km/l、2020 年度は 20.3km/l に達すると見込まれている。また、2020 年度基準からは、自動車メーカーが低燃費化技術の選択や車種構成を柔軟に行えるよう CAFE 方式が採用される。

新興国においても自動車の普及に伴い、燃費規制の動きが広がっている。

中国では、乗用車に対して 2005 年に第 1 段階、2008 年に第 2 段階の燃費規制が導入され、同時に小型商用車に対しても導入された。2012 年からは第 3 段階の乗用車燃費規制が施行され 2015 年の乗用車の平均燃費目標は 14.5km/l 以上、2020 年には、更に 30% 厳しい 20km/l 以上を目標とする第 4 段階の規制導入が提案されている。この規制では、平均燃費の規制が強化されるだけでなく、マニュアル車だけだった範囲をオートマ車や SUV にも適用し、更にこれらの車両はマニュアル車と比較して 3～5% 余分に燃費を改善するように求めている。また、第 4 段階の規制においては車両重量区分が上がっても燃費規制は緩くならないため、重量の大きい車両に、より厳しい規制になっている。

インド、メキシコ、ブラジル、サウジアラビアなどの新興国でもここ数年の間に燃費規制が導入され、今や世界市場の 8 割以上の国で何らかの規制の動きが進んでいる。

各国・地域の燃料規制値を図-2 に示す。

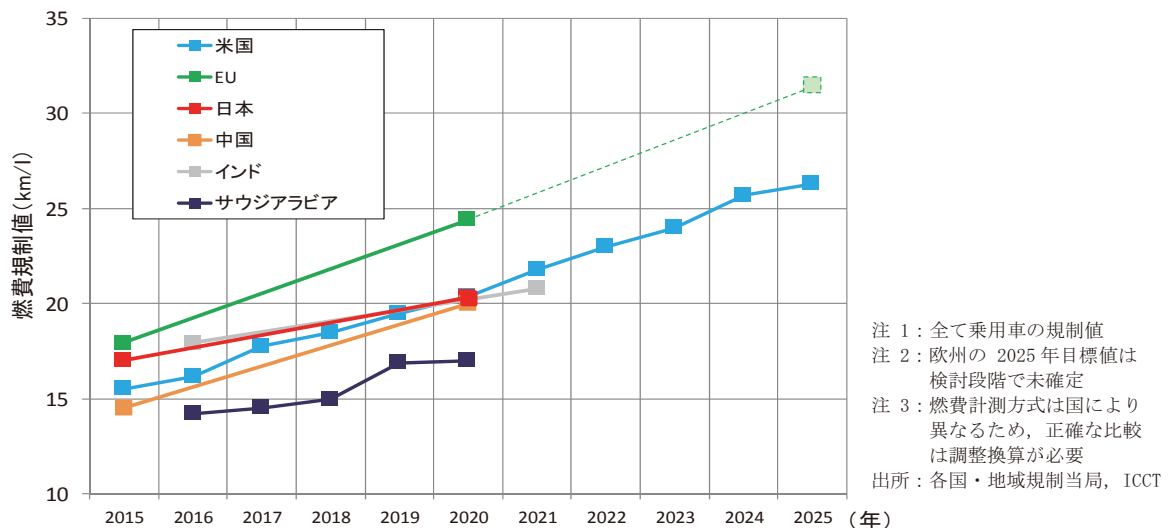


図-2 各国・地域の燃費規制値（全て乗用車の規制値）

注 1：全て乗用車の規制値  
 注 2：欧州の 2025 年目標値は検討段階で未確定  
 注 3：燃費計測方式は国により異なるため、正確な比較は調整換算が必要  
 出所：各国・地域規制当局、ICCT

### 3. 自動車の軽量化動向

#### 3-1. 自動車メーカー、部品メーカーの軽量化の取組み<sup>3)</sup>

自動車メーカーはこれまでもさまざまな方策によって燃費を改善してきた。今後5～10年の間に規制地域が増えることに加えて規制強化の足取りが早まり、既に良い燃費をさらに大きく改善しなければならなくなるため、改善のハードルが上がってくる。また、CAFE方式によって車両群全体に規制の網をかけられることにより、EVやFCVなどを開発するだけでなく、台数で大部分を占めるガソリン車やディーゼル車の燃費底上げを求められる。先に記したように米国においては、車両重量を低減することで燃費規制値に有利に働くため、軽量化の取組みが必須となる。

軽量化を実現させるために、大きく3通りの方法が考えられる。

- 1) 従来と異なる材料を適用する。代表的な取組みとしては、ボデー鋼材をアルミ合金や樹脂に置き換える。
- 2) 従来材料をベースに部品板厚の薄肉化や発泡などで材料の使用量を減らす。
- 3) モジュール化などで接合のための部品を無くす。

が上げられる。

これらを用いた自動車メーカーや部品メーカー、材料メーカーの軽量化取組み事例を紹介する。

#### 1) 金属の樹脂化による軽量化

<トヨタ>

カラーフィールダーのバックドア（図-3）の構造部品の一部にリサイクル性にすぐれた熱可塑性樹脂 TSOP を採用し、デザイン変更は加えつつも、鋼板バックドアと比べて約 2.5kg（従来比約 10%）の軽量化を実現した。



図-3 カラーフィールダー バックドア

シエンタでは、ドアレールカバー（図-4）を鋼材から樹脂化することで 35%軽量化した。



図-4 シエンタ ドアレールカバー

（株）カネカのポリカーボネートとポリエチレンテレフタレート（PET）のポリマーアロイ材を使用している。この材料は、剛性を確保するとともに鋼の線膨張係数に近づけることで温度変化による反りや収縮をボデーに合わせ、優れた外観デザイン性を備えている。加えて、成形時の流動性を高めることで、大型品や薄肉品にも対応できる。今回の形状は、側面後方が湾曲しながら上端面は折れ曲がるという複雑な形状であるため、鋼板のプレス加工では成形が難しい。樹脂化することで軽量化と意匠性を実現した。

<ダイハツ>

2013年10月発売のタントでは、ボンネット、フロントフェンダー、バックドア、フューエルリッド、ドアレールカバーを樹脂化し、また、樹脂にすることでバックドアとリアスポイラーとを一体化し、鋼材部品に比べ約 10kg の軽量化を実現した。

<日産>

ラフェスタでは、日立化成工業（株）がバックドアを樹脂化した。材料は PP を使用し、バンパ部分も一体化することで、鋼板製に比べて約 11% 軽量化した。

<BMW>

BMW i3（図-5）は量産車では初めてとなるカーボン・ファイバー強化樹脂（CFRP）を採用し、



図-5 BMW i3 CFRP モノコック

車両重量をわずか1,260kgに抑えた。この素材はアルミニウムより約30%も軽量ながら高い強度を持っているため、車両の軽量化だけでなく、航続可能距離の延長にも貢献している。CFRPは生産プロセスに再利用が可能で、素材の95%をリサイクルできている。

## 2) 薄肉化や発泡による軽量化 〈積水テクノ成型株〉

ドアトリムをPP発泡成形で約35%軽量化する開発を進めている。発泡倍率を高めると発泡痕が残り外観に支障がでるが、発泡添加剤などの材料配合技術とカウンタープレッシャーなどの工法、金型技術により外観を確保する。

## 3) モジュール化 〈富士重工株〉

耐熱性エアダクト（図-6）を樹脂化することで、従来の仕様に比べて約40%の軽量化を実現している。東洋紡株の材料を使用している。

従来は、本体に鋼管を使い、両端の結合部には振動を吸収するためのゴム管を使用していた。これら2つの部品を金属製締結部品で連結していた。



図-6 エアダクト

これに対し、新しい耐熱性エアダクトは、本体部をガラス繊維強化PBTで、両端部をポリエステル・エラストマーで構成した。従来構成は、1.3kgに対し、今回の構成は0.8kgとなり約40%の軽量化も実現している。

また、この構成を可能にしたのが、エクセル株が開発したブロー成形法である。この工法は、特性の異なる2つの樹脂を一体化できるブロー成形である。

## 〈株エフテック〉

ブレーキペダル（図-7）を材料置換と中空形状の組み合わせで52%軽量化した。中空断面部品をPPSで作る、両側からアルミニウム合金板のプレス成形品で挟んだ構造。PPSとアルミニウム合金の接合には、大成プラス株の異種材料接合技術

を用いている。化成処理を施したアルミ合金のプレス成形品を金型にセットし、PPSを射出しインサート成形し製造する。従来の鋼製部品を溶接して製造するのに対し、部品点数が増えコストは高くなるが、軽量化効果が高い。

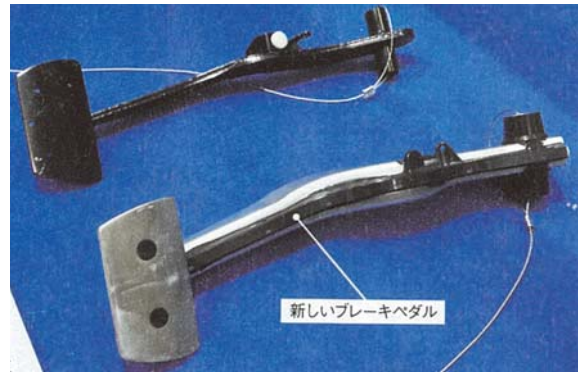


図-7 ブレーキペダル 外観

これらは、あくまで事例の一部であり、他のカーメカ、部品メカ、材料メカも軽量化に積極的に取り組んでいる。

## 3-2. 豊田合成の軽量化の取組み<sup>4)</sup>

豊田合成においても、自動車の燃費向上、地球温暖化対策のため、長年輕量化に取り組む、量産化してきた。既存製品であるウエザストリップ製品、機能部品、セーフティシステム製品、内外装部品に加え、新規領域を対象に、更なる軽量化につながる技術革新に取り組んでいる。今回は豊田合成の軽量化の取り組み事例を紹介する。

### 1) 金属の樹脂化（材料置換）を支える材料技術

機能部品において、金属から樹脂にすることによりフューエルファイラーパイプで50%、ターボダクトで30%の大幅な軽量化に成功した。これは、単に材料を置き換えるだけでなく、製品に求められる品質を考え、例えば、ファイラーパイプには燃料のバリア性が厳しく問われるし、ターボダクト部には耐熱性と耐久性の両立が求められる。これら品質を確保するため、長年培ったノウハウをもとに最適な材料とする材料技術が活かされている。

### 2) 発泡技術

ハンドルのウレタンやウエザストリップのゴムにおいて、発泡技術を早くから取り入れ軽量化に貢献してきた。更に、内装部品においても、PP材の発泡技術を進め、量産化している。まずは、ブラケット（図-8、図-9）などの非意匠部品に適用するが、新たな工法開発により意匠部品にも適用していく。

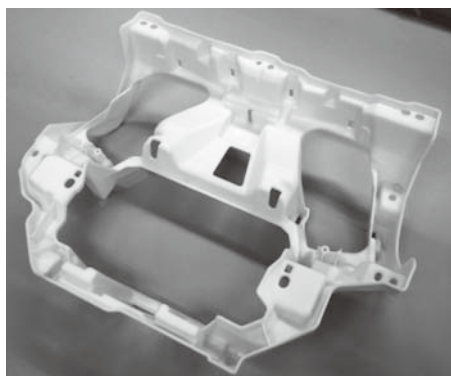


図-8 ブラケット 外観

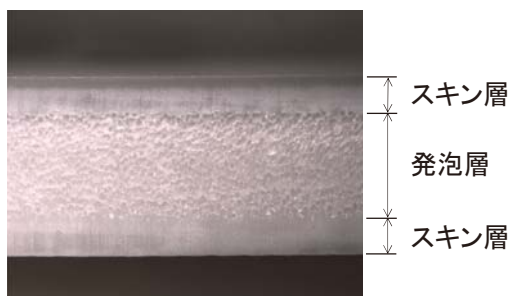


図-9 ブラケット断面

### 3) 新規領域

先に述べたようにバックドアやフェンダーなど自動車の外板の樹脂化が着実に進んでいる。豊田合成においても、大型の射出成形技術を用いたこれら部品の開発に取り組んでいる。単純に金属を樹脂に置き換えるだけでなく、樹脂だからできる様々なデザインの表現やLED照明なども取り入れた新たな付加価値のある高意匠提案を進める。

金属部品の樹脂化や発泡技術の詳細は、後の論文にて報告する。

## 4. おわりに

豊田合成の経営理念には「環境との調和」がうたわれており、我々は、環境保全のための商品提供を通じ、住みよい地球と豊かな社会づくりに貢献する技術開発に取り組んでいる。今回は軽量化に注目して記載したが、豊田合成は、低消費電力につながる車載LED製品などの燃費向上に貢献できる要素技術を数多く持っている。これら要素技術を活かした製品開発に取り組むことは、企業としての責務であり、大きなビジネスチャンスでもある。豊田合成の技術力を結集し、環境改善に貢献して、社会からの期待に応えていく。

## 参考文献

- 1) (一財)日本自動車研究所：総合効率とGHG排出の分析報告書、2011
- 2) 西野 浩行：世界で強化される自動車燃費規制とその影響
- 3) 近岡 裕，木崎健太郎：日経ものづくり，739，P.75-81（2016）
- 4) 社内報（TG TIMES 2015 Autumn）

著 者



向井 浩



## 樹脂フューエルフィラパイプの開発

三吉啓司<sup>\*1</sup>

## Development of Plastic Fuel Filler Pipe

Keiji Miyoshi<sup>\*1</sup>

## 要旨

環境や燃料資源の問題は、企業にとって取り組むべき重要な課題である。フューエルフィラパイプを樹脂化することで軽量化を実現し、車両燃費向上に貢献し、CO<sub>2</sub> 排出量を削減する。ここでは樹脂フューエルフィラパイプの開発概要について報告する。

## Abstract

Environment and fuel resource problems are important issues companies should be tackled.

We contributed CO<sub>2</sub> emission reduction by improving vehicle fuel economy through realizing lightweight of the fuel filler pipes by using resin.

Here, I report the development outline of a plastic fuel filler pipe.

## 1. はじめに

各自動車メーカーは、従来のガソリン車から環境負荷の少ないハイブリッド車（HV/PHV）、電気自動車（EV）、燃料電池車（FCV）といった次世代車の開発を促進し、更なる普及の加速を図っている。

しかしCO<sub>2</sub>フリー車（EV/FCV）の普及にはインフラ整備や車両価格等の課題があり、今後急速に普及していく事は考えにくく、短・中期的にはハイブリッド車を中心とした低燃費化が主流となると予測される（図-1）。よって低燃費化に対し、燃料システム部品においても樹脂化による軽量化が進められている。

燃料システム部品の中で最もボリュームが大きい燃料タンクは、1990年代後半、国内において

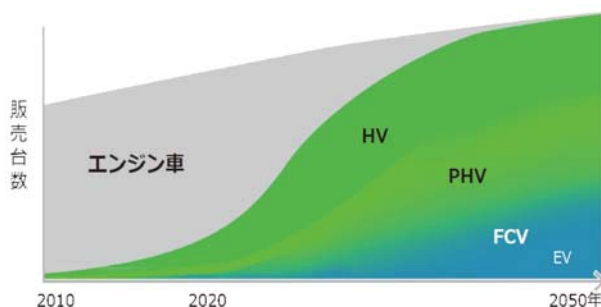


図-1 今後の次世代車両推移(予測)

出展：トヨタ自動車 HP 新車 CO<sub>2</sub> ゼロチャレンジ

殆ど金属製であったが、今や乗用車の大半は樹脂製になっている。近年はフューエルフィラパイプに対し、樹脂化による軽量化ニーズが非常に高まっている。

## 2. フューエルフィラパイプの樹脂化動向

1990年代欧州では既に樹脂タンクメーカーが台頭し、ブロー成形による樹脂燃料タンクと樹脂フューエルフィラパイプが主流となっていた。

一方国内では一部の車種にブロー成形の樹脂フューエルフィラパイプが採用されたが普及には至っていない。その原因としてブロー成形は軽量化のメリットを出しにくい事が挙げられる。

ブロー成形の樹脂フューエルフィラパイプは、金属フィラパイプと同じく、樹脂パイプ部とゴムホースで構成されており、ゴムホースを金属クランプで締結する構造であるため、部品数が多く質量が大きくなる（図-2）。



図-2 ブロー成形品の構造例

\*1 FC 技術部 フィラパイプ技術室

更にブロー成形は肉厚バラツキが大きく最低肉厚を確保する為に全体的に厚肉になり、最適な均肉化による軽量が困難である。よって樹脂パイプ部は質量が大きくなる。

豊田合成はブロー成形の課題を克服する為に、均肉化に有利な押出成形による樹脂フィラパイプを開発した。2008年トヨタ「iQ」で量産化し、「Vitz」「AQUA」「Yaris」等に順次展開し、現在トヨタ、ホンダ、日産へと国内外でシェアを拡大している。図-3は各仕様の質量を比較したものであり、押出成形は金属フィラパイプに対し40%以上の軽量化を実現している。

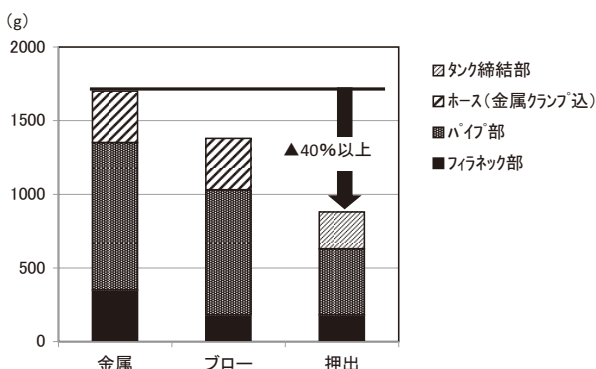


図-3 各仕様の質量比較

### 3. 耐衝撃性と低透過性を確保した軽量化

#### 3-1. 製品概要と機能

豊田合成が生産している押出樹脂フューエルフィラパイプ(図-4)は、コルゲート成形することで、ゴムホースを廃止し、均肉化(肉厚バラツキ低減)する事で大幅な軽量化を実現しブロー品との差別化を図った。



図-4 樹脂フィラパイプ(豊田合成製)

フューエルフィラパイプに要求される機能は、給油性、耐衝撃性、低透過性、耐腐食性、車両搭載性等様々であるが、その中でも耐衝撃性は樹脂化をするにあたり最も重要な開発要素となる。

その理由として、フューエルフィラパイプは車両後方のボデーとタイヤ(ホイール)の隙間に配置される為、衝突時のボデー変形による挟み込み等の衝撃に対しても気密性を保持し、燃料洩れを防ぐ必要があるためである。

#### 3-2. フィラネック部の軽量化

フィラネック部は、図-5に示す様に、挿入口、フィラネック本体、樹脂パイプ締結部であるファーツリーで構成されている。

挿入口は、フューエルキャップとの気密性を保持する必要がある。その為挿入口のみ金属部品を採用し、給油ガン挿入の際に、給油ガンの先端がシール部に接触して傷が付く事を防止し気密性を保持している。

樹脂パイプの締結部は、ブロー成形品で多く用いられている溶着結合ではなく、樹脂パイプをファーツリーに圧入する結合を採用している(図-5)。

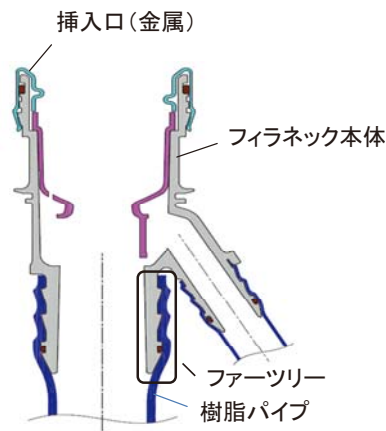


図-5 フィラネック構造

比較的軟質のPE材ファーツリーに太径で厚肉の樹脂パイプを圧入する為、ファーツリーの剛性不足による変形が発生しないよう、ファーツリーの形状(図-6)と樹脂パイプの肉厚を最適化し、

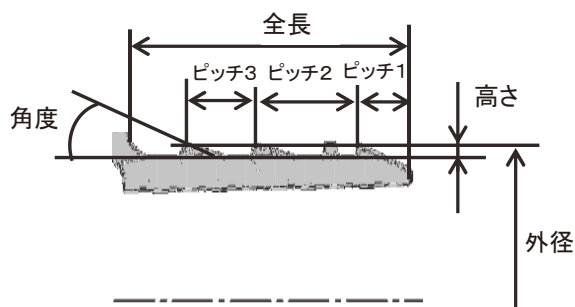


図-6 ファーツリーの形状

更に製造因子である圧入条件を見直し引き抜き強度を確保した。

### 3-3. 樹脂パイプの軽量化

樹脂パイプ部は、耐衝撃性を確保するためにPE（ポリエチレン）を主体としている。更にバリア材であるEVOH（エチレン・ビニルアルコール共重合体）を配置することで、HC（炭化水素）の排出を低減しエバポ規制（燃料蒸発量規制）にも適合する（図-7）。

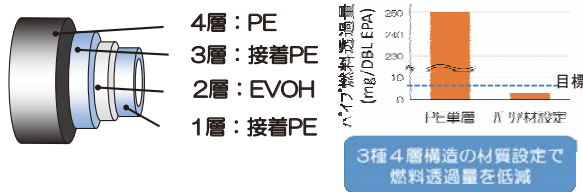
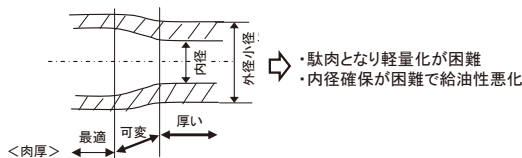


図-7 多層樹脂パイプ構造と燃料透過性能

図-8の様に押出工法を変更する事で樹脂パイプの直径を従来より2mm縮小し均肉化する事で、樹脂パイプは従来比25%の軽量化を実現した。

これにより外径は金属パイプ同等となり車両搭載性も向上した。

#### 【従来】外径サイズにより肉厚変化



#### 【開発】外径サイズに関わらず肉厚一定

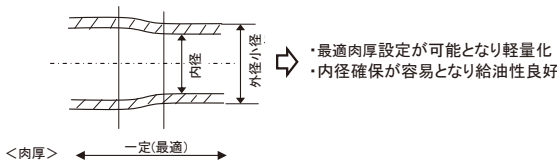


図-8 樹脂パイプ押出工法比較

樹脂フューエルフィラパイプは金属フィラパイプ同様、金属パイプに相当する剛体部とゴムホースに相当する柔軟部が必要である。

まず金属パイプに相当する剛体部は、金属パイプ同等の耐衝撃性を確保する為、パイプを厚肉にする必要がある。そして曲げ部は衝撃力緩和と加工性を考慮した硬蛇腹形状とし、給油性に影響が大きい部位は、内面を平滑化（蛇腹レス）にする事で給油性を確保した。

一方ゴムホースに相当する柔軟性が必要な部位は、衝撃変位吸収と車両組付け性に適した柔軟蛇腹形状とし、衝突時の高変位でも切断や締結部の損傷を生じさせない柔軟性を確保した（図-9）。

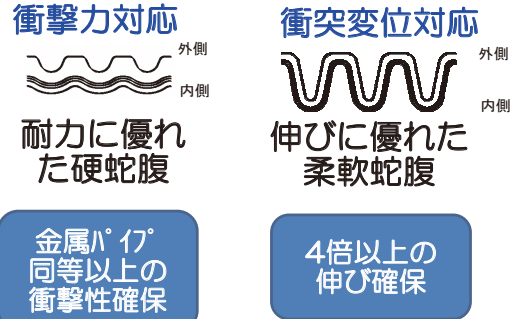


図-9 蛇腹形状と機能

この硬蛇腹と柔軟蛇腹の2つの異形蛇腹を連続押出成形することで、金属フィラパイプ同等の機能を確保し軽量化を実現した。

次に樹脂パイプの肉厚であるが、パイプ軽量化に最も有効なのは薄肉化であるの言うまでもないが、先に述べた様に、耐衝撃性に対しては金属フィラパイプ同等の耐衝撃性が必要でありパイプの厚肉化が必要となる。

実車衝突の形態は様々である為、耐衝撃性のモードを分類し、それぞれの衝撃モードにおいて、金属に対する樹脂のメリット、デメリットをベンチ評価にて明確にし肉厚を設定した（図-10）。

<金属フィラパイプ比較>  
◎:優位 ○:同等 ×:劣る

モード	試験状態	樹脂パイプ	
		隙なし(たわみ無し)	隙あり(たわみ有り)
潰し		○	—
刺す		◎	◎
切創		×	○

図-10 衝撃モード別比較（代表事例）

図-11は切創モードのたわみ有り（隙あり）の事例である。金属が剛体で受けているのに対し、樹脂はパイプ全体のたわみでエネルギーを吸収する。この樹脂のたわみ特性を利用して金属パイプ同等の耐衝撃性を確保している。一方金属パイプより劣るモードは、プロテクタ等の設定が必要となる。

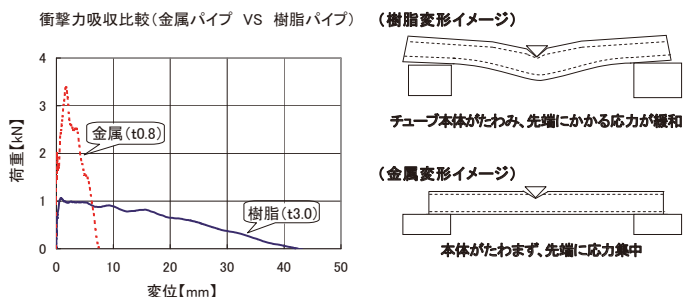


図-11 パイプの耐衝撃特性

#### 4. キャップレス化の開発

近年軽量化だけでなく、高機能化に対するニーズも高くなっている。その一例として、2016年8月に日産「セレナ」で量産化したキャップレス式フューエルフィラパイプがある (図-12)。



図-12 キャップレス式フューエルフィラパイプ

フューエルキャップの機能をフューエルフィラパイプに取り込み、フューエルキャップを廃止することで、給油時の煩わしい燃料キャップの開閉操作をなくし利便性向上のうれしさを提供し、キャップの閉め忘れのリスクを低減できる。そのキャップレス式フューエルフィラパイプの構造を図-13に示す。

給油ガン差し込み時や衝突時に受ける衝撃力の入力に対し、他社は金属製フラップを採用しているが、本製品は樹脂製フラップを採用し軽量化を図った。

2枚のフラップで構成し、給油ガンを差し込む事によりフラップが開き給油可能となり、給油後に給油ガンを抜くとスプリングの反力により自動的にフラップが閉じる為、フューエルキャップで必要だった開閉作業が不要となる。

第1フラップは給油口内部へのダストや水の浸入防止機能を有する。

第2フラップは燃料タンク内圧調整弁の機能を有し、通常時は燃料洩れを防止するシール性を確保し、燃料タンク内圧が規定圧を超えた場合、安全弁として機能する。

また2枚のフラップはスプリングにより保持されており、開閉力はスプリング荷重で決まる。シール性を確保する為にはスプリングの荷重を高く設定する必要があるが、その場合フラップの開閉力が高くなり、給油ガンを差し込みにくくなる。その為、第2フラップのシール機構は単純なヒンジ機構ではなく、ヒンジ軸に独自の軸受け形状を採用する事により、低いスプリング荷重でシール性を確保している。これにより給油ガンの差し込みに必要な荷重を低減し、スムーズに給油ガンを差し込む事が出来る。

今後このキャップレス式フューエルフィラパイプは日本、北米、欧州を中心とした地域での拡大が期待される。

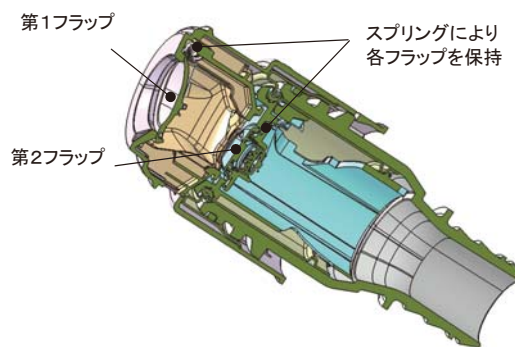


図-13 キャップレス式給油口断面

#### 5. おわりに

軽量化のアイテムとして樹脂フューエルフィラパイプのニーズは今後更に高くなると考えられる。よって軽量化は勿論のこと、低コスト化や高機能化といった商品力向上を目指し、より一層開発・生産体制を強化し顧客に喜ばれる製品を提供していきたい。

#### 参考文献

- 1) トヨタ自動車 HP 新車 CO<sub>2</sub> ゼロチャレンジ

著 者



三吉啓司

## 樹脂ウォーターパイプの開発

木野 等<sup>\*1</sup>, 久保田徳道<sup>\*1</sup>

## Development of Plastic Water Pipe

Hitoshi Kino<sup>\*1</sup>, Norimichi Kubota<sup>\*1</sup>

## 要旨

エンジン冷却システム・HVユニット冷却システムなどの冷却配管に用いられる自動車用樹脂ウォーターパイプについて紹介する。

従来の冷却配管の一部に金属ウォーターパイプが使用されていたが、軽量化・低コスト化・搭載自由度向上などが求められている。

そのニーズに対応する為、ウォーターアシストインジェクション工法を適用した樹脂ウォーターパイプを開発し、量産化を実現させたので、その開発事例を紹介する。

## Abstract

Here, we introduce the automotive resin water pipes used in the cooling piping such as used for the engine cooling systems and the inverter unit cooling systems for hybrid vehicles.

Metal water pipes, which have been used for some conventional cooling piping, have been requiring such as lightweight, cost reduction and mounting flexibility improvement.

To meet these needs, we developed the resin water pipes applied a water-assist injection method and realized the mass production, so we introduce a case of development.

## 1. はじめに

近年、環境対応意識の高まりから法的な燃費規制の強化を背景に、燃料電池車、電気自動車が注目されている中で、ハイブリッド車、ガソリン車、ディーゼル車も同様に更なる低燃費化が求められている。

その対応のアイテムの1つとして、車両全体の軽量化・部品レベルでの軽量化が挙げられており、金属部品の樹脂化技術が実現に向けた1つの鍵となる。

一方、燃費向上技術として、ガソリン乗用車では、直噴化とターボを組み合わせたエンジン小排気量化（ダウンサイジング）がトレンドとなっている。

エンジン小排気量化や低燃費仕様で、背反となる動力性能の低下をターボ適用によりレベルアップ・補完させるものである。

課題として、ターボ適用に伴い過給器やインタークーラーなどの部品追加が挙げられ、エンジン質量及びコストが増加し、搭載スペースも減少する傾向にある。

本稿ではレクサス NX 向け水冷式インタークーラー冷却用配管（図-1）をウォーターアシストイ

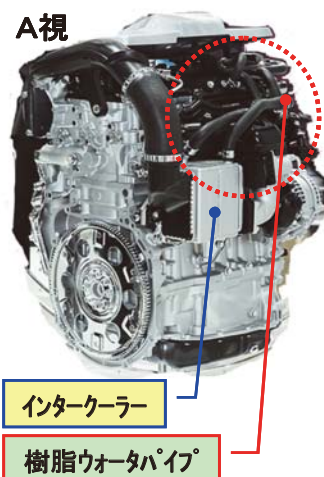
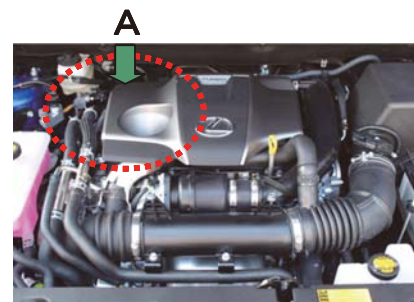


図-1 搭載位置

\*1 FC 技術部 エンコパ部品技術室

ンジェクション工法（以下、WAI工法）の適用にて樹脂化し、金属ウォータパイプの場合と比較して約25%の軽量化を図った開発品（図-2）を紹介する。

WAI工法を適用し量産化した自動車用樹脂ウォータパイプとしては、日本初の製品となる。

## 2. 樹脂ウォータパイプの概要

### 2-1. 製品概要

図-2に示す樹脂ウォータパイプは、ターボの吸気冷却用水冷式インタークーラーへ冷却水を供給・循環させる為の配管であり、WAI工法を適用し成形したものである。

図中の矢印方向は冷却水の流れ方向を示す。

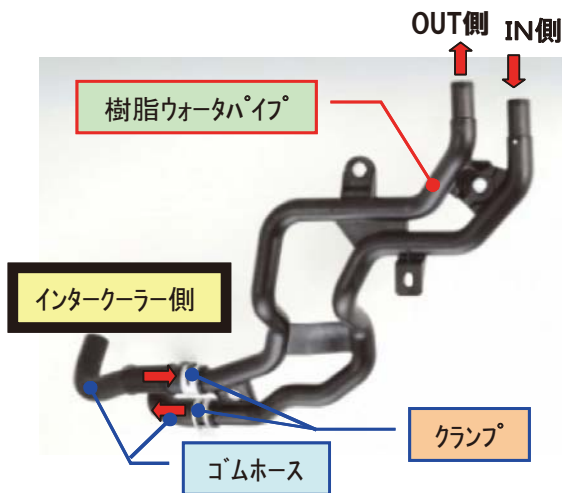


図-2 樹脂ウォータパイプ

樹脂ウォータパイプの要求品質項目と設計のポイントを下記に示す。

- (1) 長期劣化後の目標パイプ強度
  - ・耐 LLC 劣化性・耐水蒸気劣化性に優れた樹脂材料の適用
  - ・部位別の外力付与・LLC 内圧付与に耐えうる部位別の目標パイプ肉厚確保
- (2) 目標圧損特性
  - ・目標最小断面積確保（パイプ薄肉化）
- (3) 目標コンタミ規制
  - ・初期状態から長期劣化までのパイプ内面の樹脂剥がれ防止（内面状態）
  - ・耐 LLC 劣化性・耐水蒸気劣化性に優れた樹脂材料の適用
- (4) 軽量化
  - ・低比重大な樹脂材料の適用
  - ・パイプ部の薄肉化，偏肉・偏芯の抑制
- (5) 低コスト化
  - ・低コストな樹脂材料の適用
  - ・パイプ部の薄肉化，偏肉・偏芯の抑制

### 2-2. 工程概要

WAI工法の概略を図-3に示す。初めに、一般的な樹脂射出成形機を用いて金型のキャビティー内に溶融樹脂を射出・充填する。

次に、ウォータアシスト制御装置にて金型内に設置されたバルブを開閉制御し、キャビティー内

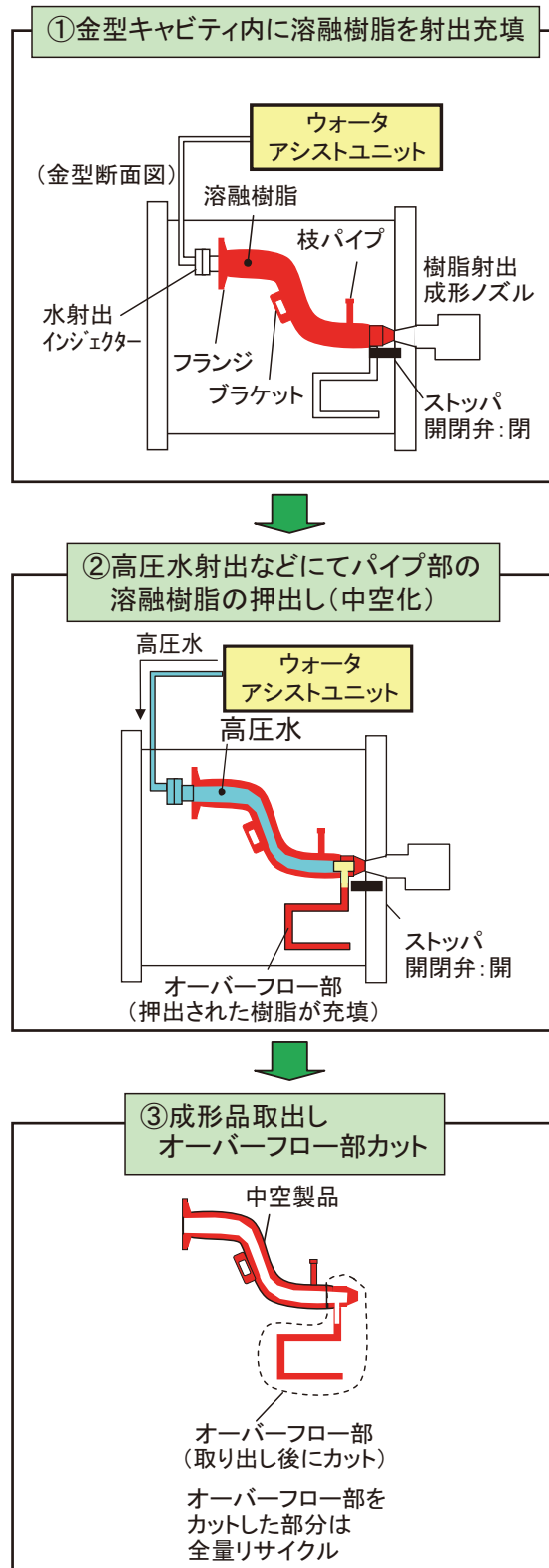


図-3 WAI工法の工程概要

に高圧水を注入する事で、熔融樹脂の一部をオーバーフロー側へ押し出し製品部を中空状にする。

最後に、キャビティから成形品を取り出し、製品以外の部分を切断し、製品部を形成させる。製品以外の切断された部分は、粉碎工程を経てリサイクル材として活用され、適用製品に求められる目標材料強度を確保可能な範囲内のバージン材とリサイクル材との配合比率に設定した樹脂材料で成形工程へ循環供給する。

### 2-3. 適用材料

冷却用水系配管に適用する樹脂材料は、使用環境条件下での長期劣化後の強度保証を確保する為、低吸水性（耐LLC封入劣化性・耐水蒸気劣化性）・リサイクル材配合状態での強度低下特性・耐熱性・耐塩化カルシウム性・耐薬品性に優れている必要がある。

同時に、量産化の為に成形性・材料コストなども考慮して、最適なバランスが取れた樹脂材料を選定する。

図-2にて示したWAI工法樹脂ウォーターパイプでは耐熱性・材料剛性・成形性に優れ、比較的安価なナイロン66材と低吸水性・耐塩化カルシウム性を考慮して長鎖脂肪族ナイロン材を配合したベースポリマーに、更に材料剛性を確保する為ガラス繊維も含有させた樹脂材料を適用した。

### 2-4. 設計自由度

WAI工法の適用による樹脂化により、金属ウォーターパイプでは加工困難な複雑形状に成形する事が可能となる。

例えば、WAI工法の適用にて三次元形状に曲がったパイプ部と枝パイプ部とブラケット部を一体同時成形が出来て部品点数削減が図れる(図-4)。

更に、パイプ部の断面形状を相手部品との搭載隙が狭い部位においては、制約条件付きではあるが部分的な異形(楕円形状・拡張管など)への対応も可能(図-5)であり、設計自由度向上が図れる。

狭いエンジンルーム内の金属パイプで困難だった配索が、WAI工法の適用により搭載可能となる場合が増える。

但し、WAI工法において大径パイプの場合や、パイプ曲がり角度が90°以上の場合や、偏平率が大きい場合には、パイプ肉厚が厚肉傾向や偏肉傾向にあり、低コスト化・軽量化・圧損・成形収縮変形などに対して背反項目が発生する為、適用を避けることが望ましい。

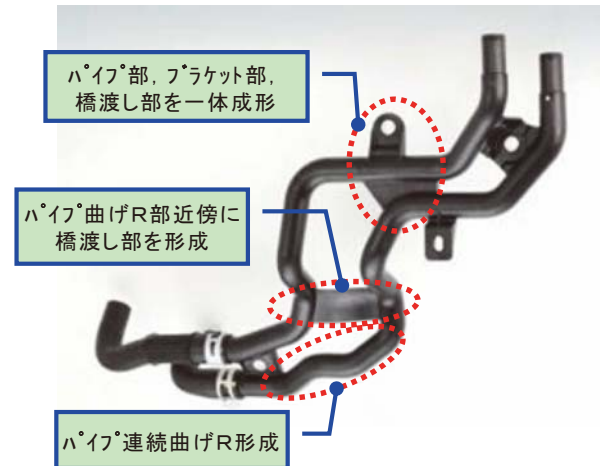


図-4 WAI工法の設計自由度の特徴(事例1)

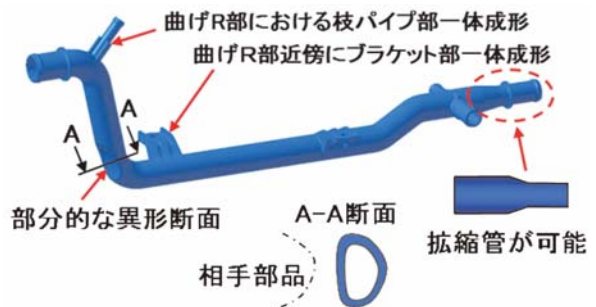


図-5 WAI工法の設計自由度の特徴(事例2)

### 2-5. WAI工法のパイプ肉厚形成

図-6では、WAI工法におけるパイプ肉厚の形成される過程での概略内容について各ステップ毎に説明する。

【STEP 1】金型キャビティ内に、通常の樹脂射出成形と同様に、熔融樹脂を充填した直後から、金型による冷却によりキャビティに接触した熔融樹脂面が固化し、外側スキン層が形成される。

【STEP 2】金型キャビティ内に水射出インジェクターから高圧水を同時に押し込み、熔融樹脂をパイプ先端に向かって押し出され、高圧水に接触した熔融樹脂面が固化しつつ、内側スキン層が形成される。

【STEP 3】同時に高圧水の水圧にてパイプ外周に向かって拡張され、パイプ肉厚がより薄肉化傾向になる。

【STEP 4】パイプ肉厚部が完全に固化し、パイプ形状が形成される。

熔融樹脂の射出状態条件、熔融樹脂の外側スキン層・内側スキン層を形成させる条件などを制御させる事により目標パイプ肉厚が設定通りになるようにしている。

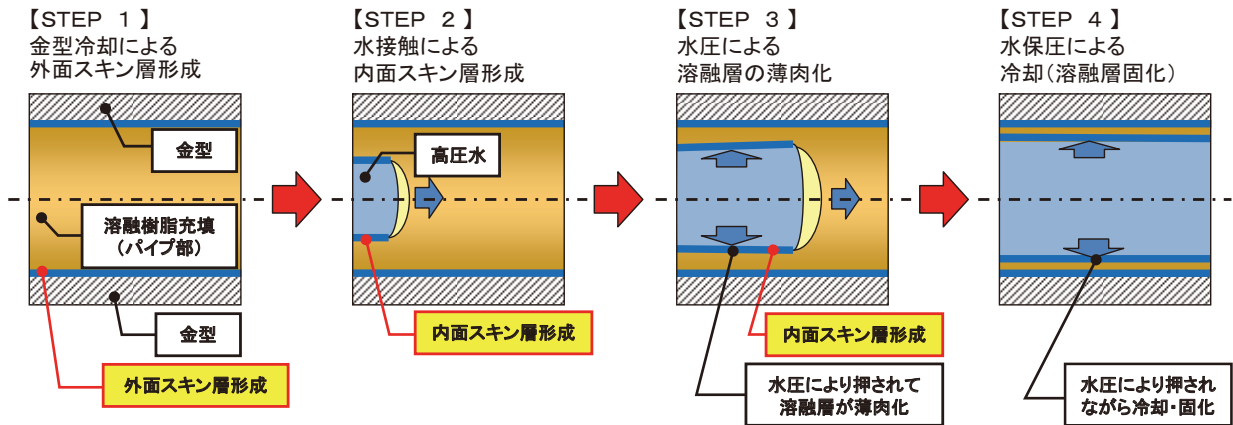


図-6 WAI工法のパイプ肉厚形成の過程

### 2-6. WAI工法水射出条件とパイプ肉厚

樹脂ウォーターパイプのパイプ肉厚設定においては、強度と圧損の要求性能を満足させる事が求められる。

強度面では、応力目標を満足出来る必要なパイプ肉厚以上を確保させる必要がある。

一方、圧損面では、通水抵抗目標を満足出来る必要なパイプ断面積以上を確保するため、必要なパイプ肉厚以下を満足させる必要がある。

つまり、強度と圧損の双方はパイプ肉厚としては背反関係にあり、両方を満足させる為にパイプ肉厚において上下限の範囲設定をする事となる。

パイプ肉厚の目標設定範囲内に収まるようにパイプ肉厚の特性要因と関係する成形条件因子を制御する必要がある。

成形条件を変えるとパイプ肉厚とパイプ内面の状態は図-7に示すように変化する。

樹脂ウォーターパイプにおいて、初期状態から長期劣化後までにLLC流速・LLC圧力・LLC封入劣化などによりパイプ内面から樹脂屑やガラス繊維が剥離しないようにして、その異物が冷却配管回路中に循環・堆積する事で車両へ悪影響を及ぼさないようにしなければならない。

また、パイプ内面に凹凸部は存在するが圧損へ影響しないレベルの内面粗度以下に設定する必要がある。

図-8にパイプ内面状態の事例を示す。

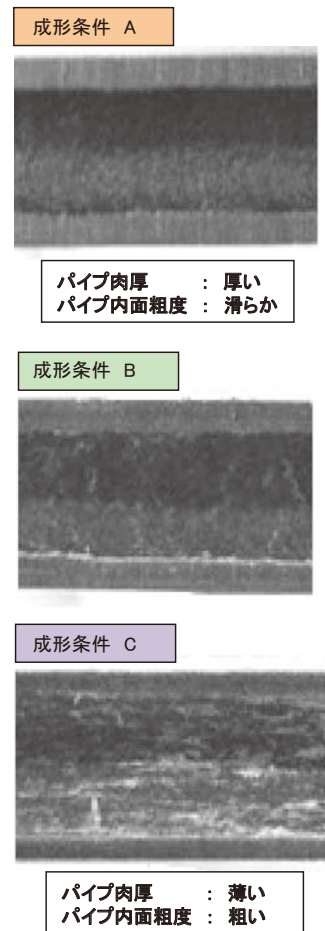


図-7 成形条件別のパイプ内面状態の事例

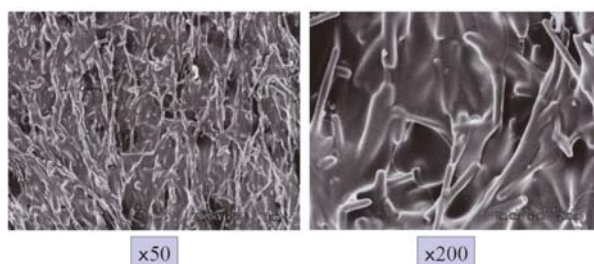


図-8 パイプ内面状態の事例



### 3. 技術の概要

#### 3-1. 性能

WAI工法樹脂ウォーターパイプにおける冷却性能に影響する圧損特性の一例を図-9に示す。

樹脂ウォーターパイプの内径（肉厚）を制御する事で金属ウォーターパイプと同等レベルの流量性能を確保している。

強度面において、CAE解析にてパイプ最小肉厚目標を設定し、製品での強度評価にて要求強度を満足する事を確認した。

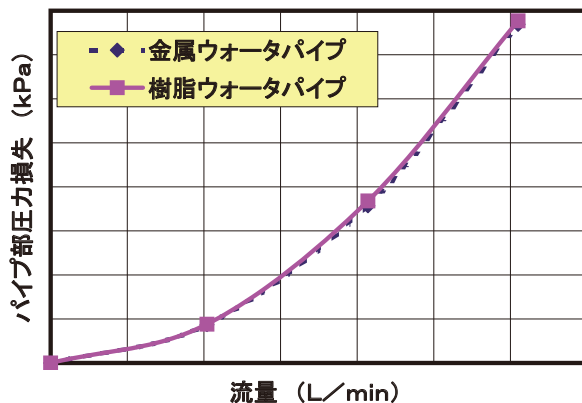


図-9 金属ウォーターパイプとの圧損特性比較

#### 3-2. パイプ肉厚状態

パイプ肉厚は前記で述べたように強度面、圧損面で重要な因子である。そのパイプ肉厚状態の一例として、図-2に示す樹脂ウォーターパイプ部のX線撮影写真を図-10に示す。

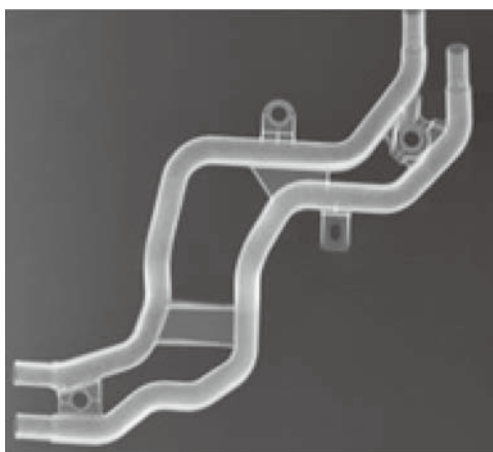


図-10 X線撮影によるパイプ肉厚状態の事例

### 4. おわりに

今回紹介したWAI工法樹脂ウォーターパイプは、レクサスNXにて量産化に成功した。今後、他車種にも適用拡大して行く予定である。

最後に、本製品の開発、量産化に際し、御支援・御指導頂いたトヨタ自動車株式会社 エンジン設計部の皆様に、お礼を申し上げます。

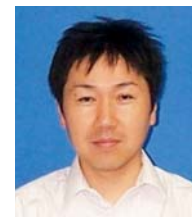
#### 参考文献

- 1) 久保田徳道, 木野等: 豊田合成技報, vol.56, p.94 (2014)
- 2) 大聖泰弘: 自動車技術, vol.70, No.9, p.4 (2016)
- 3) 前田義男: 自動車技術, vol.70, No.8, p.92 (2016)
- 4) 光森清富, 早崎悟, 棚橋朗: 自動車技術, vol.70, No.8, p.141 (2016)
- 5) 中田浩一: トヨタ・テクニカル・レビュー, vol.60, No.230, p.15 (2014)

#### 著者



木野 等



久保田徳道

## 軽量発泡ガラスランの開発

三浦好広<sup>\*1</sup>, 箕浦秀明<sup>\*2</sup>, 古橋洋明<sup>\*3</sup>, 高瀬智宏<sup>\*4</sup>,

### Development of Lightweight Foamed TPV Glass Runs

Yoshihiro Miura<sup>\*1</sup>, Hideaki Minoura<sup>\*2</sup>, Hiroaki Furuhashi<sup>\*3</sup>, Tomohiro Takase<sup>\*4</sup>

#### 要旨

近年、自動車の燃費向上やCO<sub>2</sub>削減による環境対策が進んでいる中、ウエザストリップ製品においても、軽量化や生産工程での低エネルギー化が求められている。

軽量化の取組みとして、オープニングトリムウエザストリップのソリッド<sup>\*</sup>材の微発泡化や、金属インサート薄肉化により、軽量化製品を開発・量産化してきた一方で、ガラスランについては、EPDMから熱可塑性エラストマーの採用により軽量化製品を開発・量産化してきたが、それ以降の軽量化については遅れていた。

また、生産工程では、従来のEPDMソリッドゴムの押出ラインをTPVライン化する事でライン長を大幅に短縮し、すでに低エネルギー化を実現してきている。

ここでは、今後拡大が見込まれる軽量発泡ガラスランについて、その概要を紹介すると共に、低炭素社会を目指したウエザストリップ製品での貢献について考え方を述べる。

#### Abstract

In recent years, environmental measures have been progressing by improving fuel economy of vehicles and reducing CO<sub>2</sub> emissions. In those situations, the weather strip products also have been required lightweight and energy reduction at production processes.

As the measures for lightweight, regarding opening trim weatherstrips we developed the lightweight products by changing the micro foamed materials from the solid materials and by being thinner for the metal carriers, and have mass produced. On the other hand, regarding glass runs we developed lightweight products by using thermoplastic elastomer instead of EPDM, and are mass produced. However, it has been delayed further development for lightweight. At the same time, in the production processes, we shortened drastically length of the production lines by switching to TPV lines from existing EPDM dense rubber extrusion lines and have already achieved energy reduction.

Here, we introduce outline regarding the lightweight form glass runs which are expected to be used widely in the future, and describe our concept regarding contribution by weatherstrip products aiming to a low-carbon society.

## 1. ウエザストリップ製品の軽量化

ウエザストリップの軽量化手段としては、主に以下の3つが挙げられる。

- 1) 形状変更（断面小型化）
- 2) 材質変更（ゴム→樹脂化）
- 3) 材料の低比重化（発泡化）

### 1-1. 形状変更による軽量化

極端な話ではあるが、断面積を半分にすることが可能であれば質量を半分にする。

但し要求品質を満足した上でかつ相手部品との関係を保ちながら断面を小型化する事は容易ではない。

そこが技術者の腕の見せ所である。

断面薄肉化の一例を図-1に示す。

\*1 WS技術部 WS技術統括室

\*2 WS技術部 WS開発室

\*3 WS生産技術部 WS第1生技室

\*4 新製品工法開発部 先行工法開発室

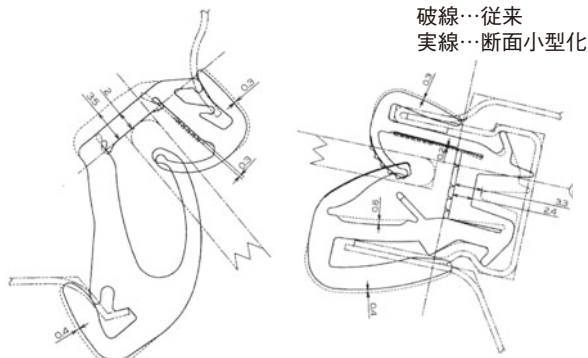


図-1 断面薄肉化の一例

### 1-2. 材質変更による軽量化

従来のウエザストリップ製品はEPDM ソリッドゴムとEPDM スポンジゴムを主流として使われていたが、近年ではEPDM より比重の軽い樹脂材料への置換も積極的に進めている。

ウエザストリップ製品への適用としては、ガラスラン等の窓周り製品に対して、熱可塑性エラストマー（TPO/TPV）の採用が増えてきており、現在では主流の材料となっている。

- 1) EPDM ソリッド : S.G. 1.2-1.4
- 2) TPV : S.G. 0.9-1.0

### 1-3. 低比重化による軽量化

近年、さらなる軽量化を狙いソリッド材の発泡化やスポンジ材の低比重化が積極的に行われるようになってきた。

EPDM ソリッドゴム部位については材料剛性を維持しながら発泡させることで軽量化を実現し、既に発泡しているEPDM スポンジゴム部位については、より発泡量を増加させることで軽量化を実現してきた。

- 1) ソリッド材 : S.G.1.2 → 0.7 前後
- 2) スポンジ材 : S.G.0.7 → 0.4 前後

### 1-4. 軽量化への課題

ウエザストリップ製品の軽量化を推し進める上で大きな課題となるのが剛性の低下である。

剛性が低下すると初期品質はもとより、耐久性に影響を与え、品質劣化が顕著に現れるからである。

技術者は剛性の低下を補うべく、材料配合、形状工夫等により課題解決を図っている。

なお、ウエザストリップ自体をすべて軽量化したとしても車両一台あたりの効果は2kg 前後となっており、構造変更を含めた大胆な変更を行わない限り、今後大幅な質量低減は見込めない。

## 2. 軽量化の状況

コンパクトカーの軽量化効果の一例を図-2に示す。

10年前に比べ約25%（一台当たり約2kg）の軽量化が実現できている。

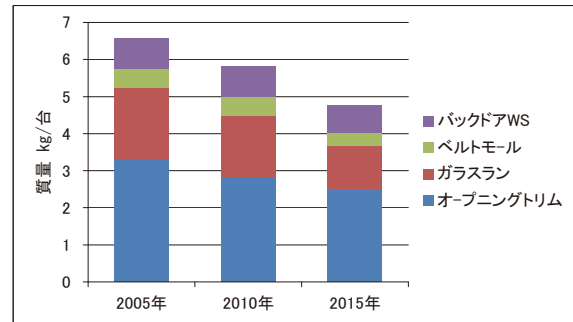


図-2 軽量化効果の一例（コンパクトカー）

## 3. 軽量ガラスランの開発

### 3-1. 製品概要

ガラスランの基本性能は、車内外のシール（雨・埃・音の進入防止）およびドアガラスのスムーズな昇降である。

図-3に装着部位、図-4に断面形状を示す。

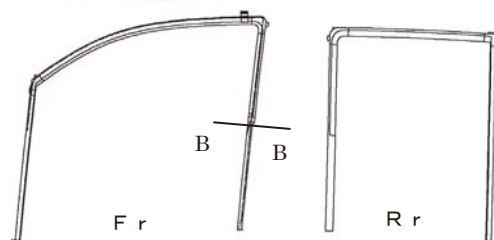
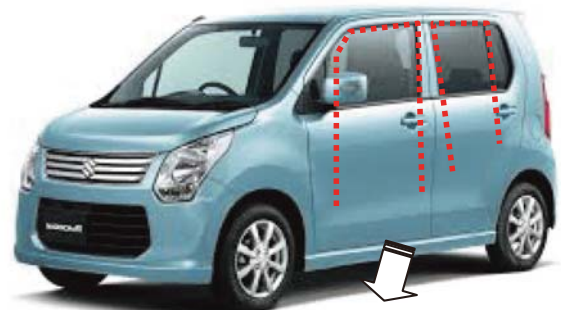


図-3 装着部位

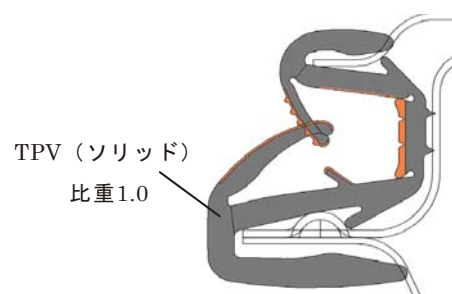


図-4 断面形状

### 3-2. ガラスラン開発の歴史

従来、ガラスランの多くは基材に EPDM ゴムを使い、ガラスとの接触面にはシリコン系の表面処理を施すことで生産されてきた。しかし 1990 年代後半からカーメーカーからの軽量化ニーズにより、A セグメント車から順に EPDM ゴムから TPV に代表される樹脂への置き換えが始まった。

ガラスランの樹脂化は簡単な道のりではなく、ガラス摺動時の異音やガラスランの外れ等の市場不具合やブツや押出成形時の形状のバラツキなどの工程内不具合を徐々に解決しながら現在に至っている。

その結果、トヨタ車で樹脂化されていない車両はレクサス LS を残すのみとなった。

### 3-3. 更なる軽量化への取組み

北米の CAFE 規制をはじめとした燃費規制は欧州、中国などでも強化されてきている。そのため、カーメーカーから更なる軽量化要求が高まってきている。それに対応すべく、ガラスランを軽量化する手法としては、断面形状の小型化や材料の低比重化が考えられる。断面形状の小型化については、ガラスの昇降性を阻害しない程度に小さくするために、形状および加工性を考慮しつつドアパネルの変更を必要とする。今回、パネル変更を必要としない発泡 TPV 材料を適用したガラスランを量産化したので紹介する。

### 3-4. 開発のポイント

ガラスランへ発泡 TPV 材料を適用する場合、単に発泡させれば良いというわけではない。当然、シール部品としての機能を維持しつつ発泡化する必要がある。

今回は、断面形状の中で部位別の機能分解し、シール性への影響を極小化するために機能性の低い嵌合部への適用を実施した(図-5)。

嵌合部の機能としては、ドアパネルへの固定性や組付性などがある。その機能を確保するため、TPV 材料を発泡化させた時の材料の剛性低下を

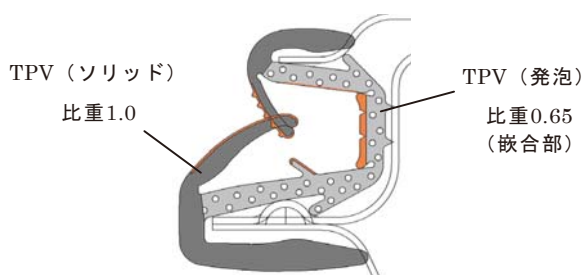


図-5 断面形状

補強するための補強材を材料に配合した。

### 3-5. 効果

発泡 TPV 材料の適用による効果を図-6 に示す。

対 EPDM ゴム比で▲ 38%、対 TPV ソリッド比で▲ 25% 質量低減できる。

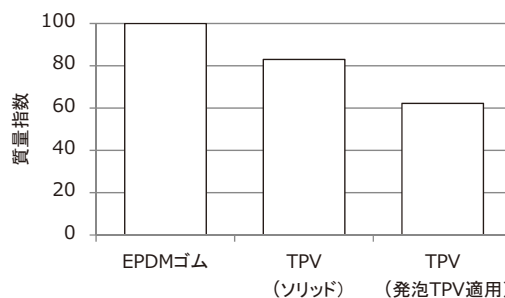


図-6 軽量化効果

## 4. 製造工程

### 4-1. 押出工程の概要

配合されたペレット樹脂を押出機のホッパーに投入し、押出機の先端に取り付けられたダイスの形状に押出される。押出された直後に冷却され形状を保持し、定尺に裁断する。押出工程の流れを図-7 に示す。

破線部は、今回の変化点。

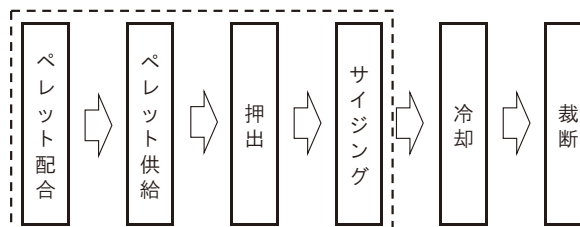


図-7 押出工程の流れ

### 4-2. 材料(ペレット)配合

発泡 TPV ガラスランを形成させるために基材に 3 種類の材料をバッチブレンドする。

材料配合は、ペレットの大きさ・形状・比重によりブレンド後再分離することがある。そのため、均一分散するように図-8 の装置を使い加熱されないように注意し十分攪拌する。配合量は製品性能に大きく影響するため、注意が必要である。目標の発泡比重より小さくなれば、材料剛性が低下しガラスランのドアへの固定性に影響し、発泡比重が大きくなれば、本来の軽量化の目的を達成できなくなると同時にドアへの組付性も悪化する。

攪拌時間の目安は、約 3 分間とする。



図-8 攪拌機

#### 4-3. ペレット供給

バッチブレンドされたペレットを専用容器に移し替え容器の底から押出機に自動供給するため、ローダー装置を使用する。

#### 4-4. 押出

ペレット材料を押出機に投入し、スクリーンで送られる過程で加熱しながらミキシングゾーンで分散させる。材料は押出機の前端付近で発泡するようにバレル温度を設定する。

図-9は、押出機の概要を示す。

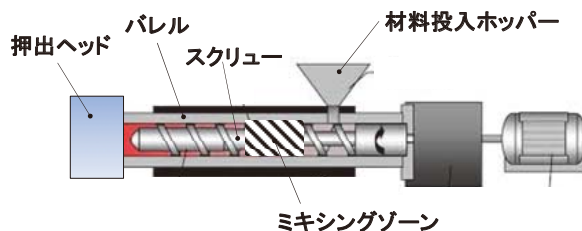


図-9 押出機の概要

#### 4-5. サイジング

発泡しながら押出された材料は、冷却された形状ガイドによって正規の形状に整えられる。

形状ガイドは、10℃以下の冷水にて冷却される。

#### 4-6. 工程管理上のポイント

発泡材料の適用により、断面形状のバラツキに対して懸念があったが、上下限評価を重ね、管理ポイントを明確化し、検査法に落とし込むことで品質確保を確実なものとした。

#### 4-7. リサイクル

従来のガラスラン用TPV材料のリサイクルは可能であり、すでに実施しているが、発泡TPV材に

おいては課題があり、現在リサイクルができていない。今後の課題として発泡TPV材料のリサイクル化に取り組んでゆく。

### 5. まとめ、おわりに

将来に向けて、さらなる軽量化・低エネルギー化に取り組んでいかなければならない。

ウエザストリップ製品のさらなる軽量化として断面の超小型化、超軽量材料の適用、さらなる高発泡化の実現が不可欠ではあるが、実際は限界があるのも事実である。

これからのウエザストリップ製品開発の焦点は、製品の高機能化による付加価値向上に取り組み、相手部品を軽くする(例:ガラス、パネル等)事で、軽量化に貢献出来ればと考えている。

また生産工程においては、TG 2020 VISION達成に向け粛々と工程改革・改善を進めていき、さらなる低エネルギー化を一丸となって進めていきたいと考えている。

#### 著者



三浦好広



箕浦秀明



古橋洋明



高瀬智宏

## 軽量ステアリングホイールの開発

村井孝光<sup>\*1</sup>, 百鬼 聡<sup>\*2</sup>, 三輪 肇<sup>\*2</sup>

### Development of Lightweight Steering Wheel

Takamitsu Murai<sup>\*1</sup>, Akira Nakiri<sup>\*2</sup>, Hajime Miwa<sup>\*2</sup>

#### 要旨

近年、車両の燃費向上のニーズが高まる中、車両の軽量化は燃費向上に対して有効な手段のひとつである。ステアリングホイールについても軽量化が求められており、今回その軽量化技術を開発した。具体的には主要構成部品であるグリップ部と芯金について検討を行い、グリップ部についてはポリウレタンフォームの低比重化を材料配合から開発し、現行量産品同等の硬度や耐久性といった性能を確保した。また芯金についても、薄肉化により、剛性を維持したまま軽量化を達成した。

#### Abstract

In recent years, vehicle lightweight has come to be considered one of the most effective means of improving fuel efficiency. Lightweight steering wheels are also demanded, and we have developed technology for lightweight steering wheel. We investigated the grip section and spokes, respectively. Low density polyurethane foam for the grip was achieved by formulation of technology that maintains performance and durability equivalent to existing mass products. A thin spoke structure that maintains stiffness was also achieved.

## 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おり、温暖化を防止するためにCO<sub>2</sub>排出量の削減が望まれている。

輸送機におけるCO<sub>2</sub>排出量では、乗用車やトラック、バスなどの自動車が90%程度を占めており、自動車のCO<sub>2</sub>排出量の削減と燃料消費の抑制が非常に重要であり、自動車の燃費を向上させる取り組みが行われている。そのひとつとして、自動車を軽量化することは燃費向上に非常に有効な手段である。

## 2. ステアリングホイールの軽量化

ステアリングホイールは自動車部品の中でも古くからある部品であり、マンーマシンのインターフェースとしての重要度も高いため、今後もあり続ける部品のひとつである。そのため、その軽量化は自動車全体の軽量化への重要性も高いと考える。

ステアリングホイールの基本的な構成としては、**図-1**に示すように強度部材としての芯金、操舵部としてのグリップ部、意匠としてのロアカバーである。

初期のステアリングホイールは、銅板や鉄中空パイプ等を溶接で組合わせた芯金に、ポリ塩化ビニルやポリプロピレン等の樹脂でグリップ部を構成したものであった。

その後、グリップ部の材質としてより軽量、高触感なポリウレタンフォームが登場し、近年は芯金材質としては軽量のAl合金やMg合金のダイカスト製が主流となっている。

\*1 セーフティシステム技術部 セーフティシステム第1技術室

\*2 材料技術部 樹脂材料技術室

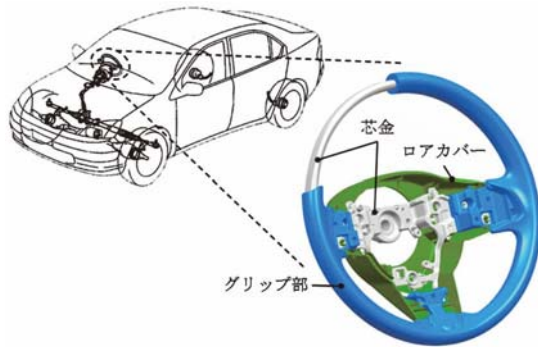


図-1 部品構成

以前からステアリングホイールにも軽量化のニーズはあったものの、一方でステアリングホイールの重要特性のひとつである慣性モーメントは操安性確保の観点から大きく下げることができなかった。

慣性モーメントは芯金やグリップ部の重量により大きく影響を及ぼされる。そのため軽量化には制約があった。

しかしながら近年、EPS（電動パワーステアリング）等の車両側の改善により、ステアリングホイールの慣性モーメント低減が可能になったため、軽量化開発に着手した。

### 3. ステアリングホイールの材料、工法

#### 3-1. グリップ部

ステアリングホイール用ポリウレタンフォームは、RIM（Reaction Injection Molding）工法で成形されるインテグラルスキンフォームである。

図-2はRIM工法の概要図である。インテグラルスキンフォームは表層部に高比重なスキン層、中心部では低比重なコア層が形成される。この構造により、重要品質である耐摩耗性の発現と弾性のある触感を表現している。

ポリウレタンフォームの主原料はポリオールとイソシアネートである。ポリオールとイソシアネートはともに液体で、この2液を混合攪拌すると、直後からポリマーの重合と発泡反応が同時に進行し、硬化が完了してポリウレタンフォームが得られる。重合と発泡の化学反応式を図-3に示す。

次にステアリングホイールの製造工程について概要を以下に記述する（図-4）。

- ① 金型に離型剤と塗料を塗布する（インモールドコート）
- ② 芯金をセットし、金型を閉じる
- ③ ポリオールとイソシアネートをミキシングヘッドで衝突混合し、型内に注入する
- ④ 所定時間の硬化後、金型を開けて製品を取り出す

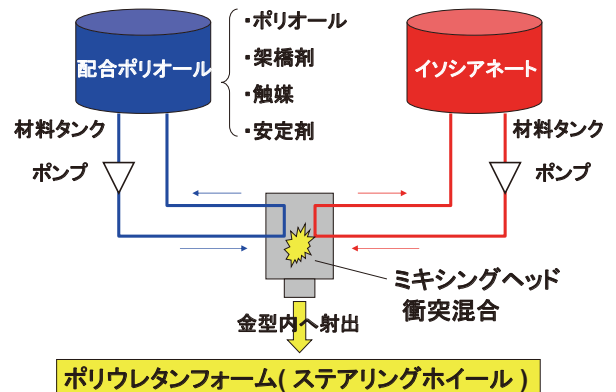


図-2 RIM工法の概要図

#### 重合反応



#### 発泡反応

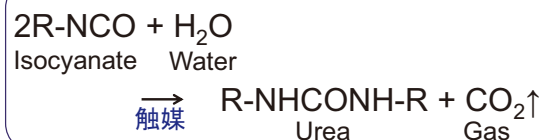


図-3 ポリウレタンの重合と発泡の反応式

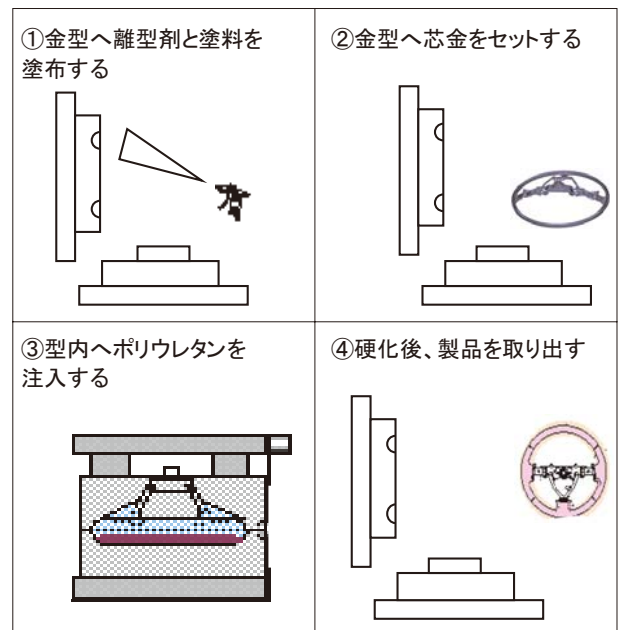


図-4 ステアリングホイールの製造工程

ポリウレタンフォームの発泡は、かつてはフロン、代替フロンなどを発泡剤に用いる手法が用いられた。しかし環境保全の目的から代替発泡剤へシフトし、他にも様々な発泡方法が開発されてきた。主な発泡方法を表-1に示す<sup>1)</sup>。現在では多くの場合、水発泡が用いられており、豊田合成でも、この手法を採用している。

表-1 ポリウレタン発泡手法

考え方	発泡方法	発泡助剤
化学反応により気体を発生させる (化学発泡)	NCOと水の反応によるCO <sub>2</sub> が発泡	水
	NCOとアミン炭酸塩の反応によるCO <sub>2</sub> が発泡	アミン炭酸塩
	POLに添加した化学発泡剤が発泡	重曹など
気化する成分を添加する (物理発泡)	POL中に溶存したガス成分が発泡	空気
		CO <sub>2</sub>
	POLに添加した物理発泡剤が発泡	フロン、代替フロン
		カプセルビーズ

### 3-2. 芯金

芯金には通常操舵時には容易に変形しないことや、疲労破壊しないことが求められる。一方で、車両衝突時には適切に変形することにより、乗員へあたえる衝撃荷重をやわらげたり、その際の衝撃により容易に折損しないという特性が求められる。

そのため、豊田合成では芯金材質としてAl合金やMg合金を中心に使用しており、ダイカスト成形により製品形状を形成している。

## 4. 開発のコンセプト

本開発では、世界トップクラスの軽量ステアリングホイールを実現するため、現行量産比10%以上の質量低減を目標とした。

グリップ部は意匠デザインにより材料使用体積が決まるため、材料であるポリウレタンフォームの低比重化を手法とし、芯金は形状見直しによる軽量化をコンセプトとした。

ポリウレタンフォームの低比重化における開発課題を以下に述べる。ステアリングホイールは常に運転者の手に触れ、またフロントガラス近傍にあるため高温や直射日光など、過酷な環境下に曝される部品である。すなわちグリップ部の硬度(触感)、外観、操舵性ととも、経年劣化への耐久性が求められる。

ポリウレタンフォーム樹脂部分の骨格には、ポリオールに由来するソフトセグメントと、イソシアネートや架橋剤に由来するハードセグメントが存在し、この構造が硬度、強度や耐久性をはじめとした材料物性と密接に関係している。

以上から、現行量産材同等の物性、耐久性を目標とした本開発の配合設計コンセプトを図-5に示す。

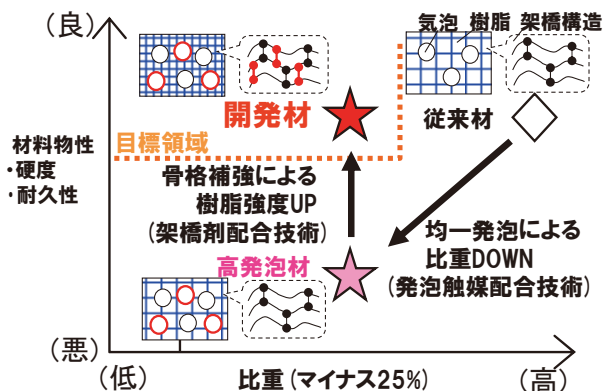


図-5 配合設計コンセプト

現行量産材の高発泡低比重化は発泡配合設計により達成可能であるが、樹脂部分の減少により硬度、強度、耐久性いずれも低下するため、これらの改良を検討した。

また、インテグラルスキンフォームのスキン層確保による耐摩耗性、耐久性の確保も実施した。

評価指標としては、一次性能に硬度、グリップ強度、耐摩耗性を、また耐久性として耐熱、耐湿、耐光劣化を用いた。

次に、芯金形状の見直しによる軽量化には、主要特性のひとつである剛性を確保したまま軽量化することが必要となる。そのため、曲がりにくさを示す指標である断面二次モーメントを維持したまま、薄肉化を実施することが重要となる。芯金には、運転席エアバッグや各種スイッチ、ダンパー等が取り付けられるため、それらの取付けのための構造やスペースも考慮しながらの対応検討を行った。

## 5. ポリウレタンフォームの低比重化

本開発では、ポリウレタンフォームの高発泡低比重化手法として、従来の水発泡技術の応用展開を行った。

ポリウレタンフォームの代表的な配合を表-2に示す。樹脂主骨格はポリオールであるポリプロピレングリコールとイソシアネート、架橋剤から

表-2 代表的なポリウレタン配合

ポリウレタン配合材料	配合量 (部数)
ポリオール (PPG など)	70 ~ 90
グリコール系架橋剤	5 ~ 25
アミン系触媒	0.5 ~ 2.0
シリコーン整泡剤	0.5 ~ 1.5
水	0 ~ 2.0
顔料	10 ~ 20
MDI系イソシアネート	60 ~ 80



なり、さらに、これらの重合、および水との発泡反応を促進するための触媒、発泡セルを安定化させるための整泡剤などが添加される。

発泡反応を促進させる触媒は様々な種類があり、検討に使用した代表的な触媒を表-3に示す<sup>2)</sup>。これらを適切に組み合わせることによって、イソシアネートと水を選択的に反応させることに成功し、比重として現行量産比マイナス25%を達成した。

表-3 検討触媒一覧

触媒種類	反応定数 (×10 <sup>3</sup> )		
	樹脂化	泡化	泡 / 樹脂比
BDMEE	4.79	18.7	39
PMDETA	7.39	27.6	37.3
DMAEE	2.45	3.4	13.9
TMAEEA	4.23	6.33	15
TEA	1.17	0.61	5.18

低比重化による硬度、強度低下は、樹脂部分のハードセグメント増強により補強した。

フォームのスキン層については、ポリウレタン重合反応の配合設計、金型温度など成形条件の最適化により、目標性能を満足するスキン層密度、厚みを確保することに成功した。

得られたポリウレタンフォームの断面を図-6、7に示す。

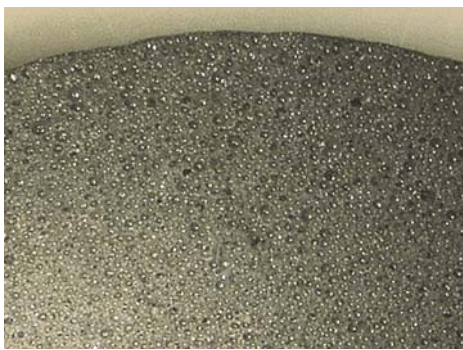


図-6 ポリウレタンフォームの断面写真 (実体顕微鏡)

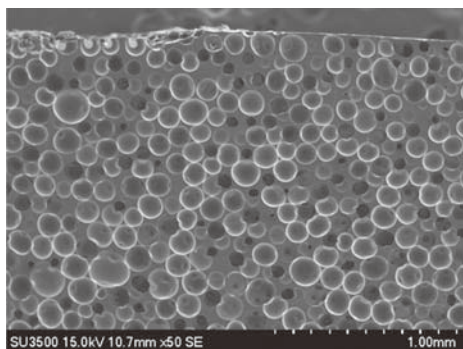


図-7 ポリウレタンフォームの断面写真 (電子顕微鏡)

## 6. グリップ部の性能

低比重化したポリウレタンフォームからなるグリップ部は、前述のとおり樹脂部分のハードセグメント成分を増強して骨格構造を強化し、硬度として Shore A 58 を達成した。

その他、耐久性を含めた性能についても目標を満足した。グリップ強度は現行比10%向上し、耐摩耗性および耐久性は現行量産品と同等性能を確保した。結果を表-4に示す。

表-4 低比重ポリウレタングリップの性能

製品性能	開発材	高発泡材
硬度	ShoreA58	ShoreA45
グリップ強度	110(指数: 現行 100)	50
耐摩耗性	摩耗痕なし 	摩耗痕あり 
耐温度劣化	劣化なし	劣化やや著しい
耐湿度劣化	劣化なし	劣化やや著しい
耐光劣化	劣化なし	劣化やや著しい

## 7. 芯金薄肉軽量化

芯金形状の見直しにあたっては、断面二次モーメントを維持したまま軽量化を実施することが重要である。そのため、グリップ部の芯金断面形状の事例(図-8)のように、従来に対し製品肉厚


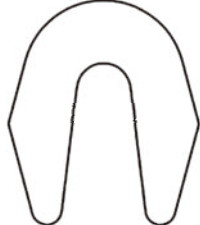
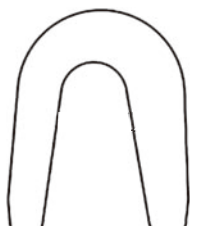
	断面形状 	断面二次モーメント	断面積
従来芯金		100	100
軽量芯金		100	90

図-8 芯金軽量化

を薄肉にし、高さを確保することで断面二次モーメントを維持しつつ軽量化することで、現行量産品と同等の剛性を確保（図-9）した。

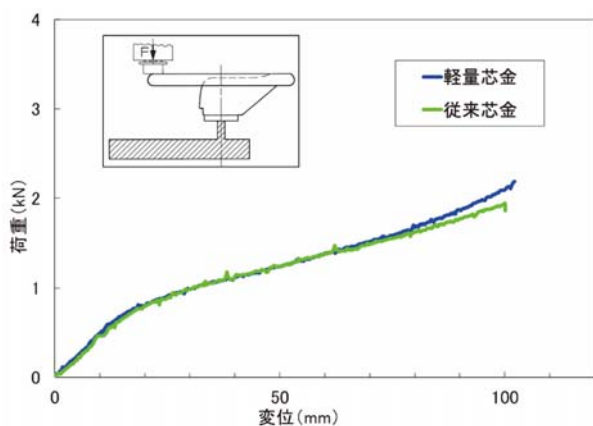


図-9 ステアリングホイール剛性

但し、芯金を薄肉にすると一定体積に対して金型に接する面積が増えるため、ダイカスト成形時の溶湯温度が下がりやすい。そのため材料の流動性が悪化するという背反があり、材料の充填不足の原因となる。それを解消するために製品形状と成形面の2つの観点で対策を行った。

製品形状ではゲートから溶湯の最終到達部までを可能な限り均一肉厚設計とすることで、溶湯の流動抵抗を減らし流動性の悪化を防止する（図-10）。

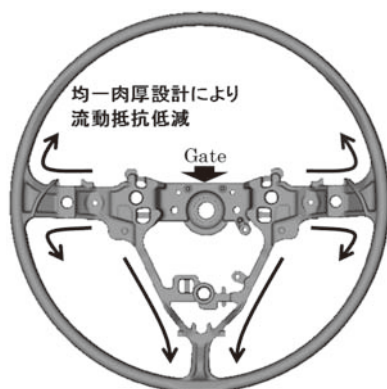


図-10 芯金の均一肉厚設計

一方、成形面では体積あたりの表面積が増加することによる熱損失増加の差分だけ射出時の溶湯温度を上げる必要があるが、溶湯汲み出し時の温度を変えずに射出時溶湯温度を上げるような工夫をすることで、流動性悪化の背反を解決した。

以上より、性能と成形性を両立したまま質量マイナス10%を達成した。

## 8. まとめ

今回の開発では、ウレタン材料の比重を25%、芯金の質量を10%低減することにより、耐久性や触感、剛性を現行量産品同等レベルを維持したままステアリングホイールの質量を現行量産品比で約14%低減した（図-11）。

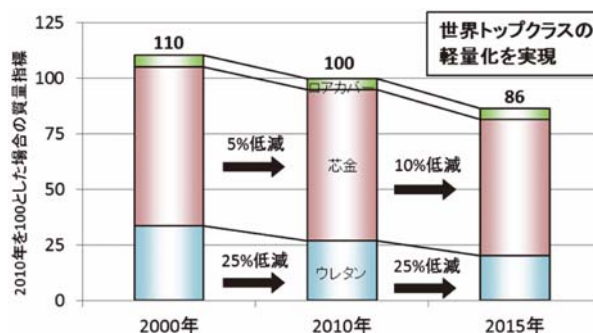


図-11 軽量化結果

今回開発した技術は豊田合成のグローバル製造拠点で適用可能なものである。今後、主力ステアリングホイールとして適用拡大していく。

## 謝辞

本技術開発に関わって頂いた多くの関係者の皆様に深謝致します。

## 参考文献

- 1) 松永勝治：ポリウレタン創製への道－材料から応用まで－，シーエムシー出版，2005，p.90-94
- 2) 岩田敬治：ポリウレタン樹脂ハンドブック，日刊工業新聞社，1987，119p
- 3) 今井嘉夫：ポリウレタンフォーム，高分子刊行会，1987，141p

## 著者



村井孝光



百鬼 聡



三輪 肇

## 軽量インパネ部品の開発

政次美德<sup>\*1</sup>, 乾 修司<sup>\*2</sup>, 山崎邦夫<sup>\*3</sup>, 小島英司<sup>\*4</sup>

松井達也<sup>\*4</sup>, 佐藤宏一<sup>\*5</sup>, 古川欣史<sup>\*5</sup>

### Development of Lightweight Instrument Panel Parts

Yoshinori Masatsugu<sup>\*1</sup>, Syuji Inui<sup>\*2</sup>, Kunio Yamazaki<sup>\*3</sup>, Eiji Kojima<sup>\*4</sup>

Tatsuya Matsui<sup>\*4</sup>, Koichi Sato<sup>\*5</sup>, Kinji Furukawa<sup>\*5</sup>

#### 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.

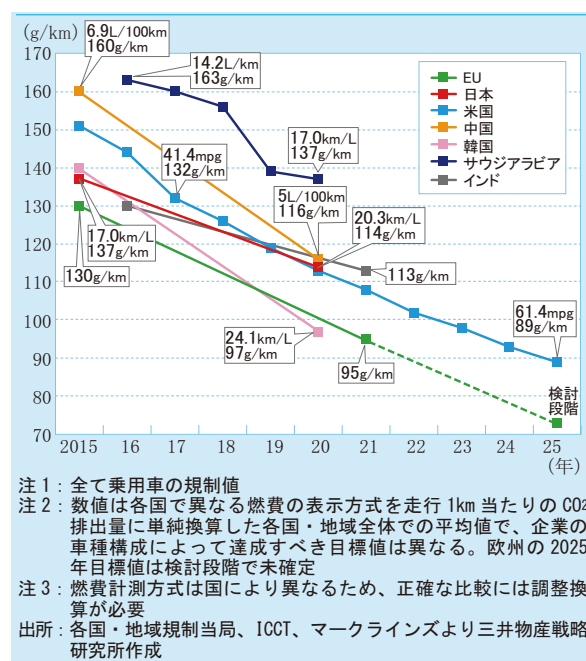
Here, we report the development outline of the foam-mold-technology toward equipped to the instrument panel parts.

### 1. はじめに

近年, エネルギー消費と CO<sub>2</sub> 排出削減を目的とした自動車の燃費規制の強化(図-1)<sup>1)</sup>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。



注1: 全て乗用車の規制値  
 注2: 数値は各国で異なる燃費の表示方式を走行1km当たりのCO<sub>2</sub>排出量に単純換算した各国・地域全体での平均値で, 企業の車種構成によって達成すべき目標値は異なる。欧州の2025年目標値は検討段階で未確定  
 注3: 燃費計測方式は国により異なるため, 正確な比較には調整換算が必要  
 出所: 各国・地域規制当局, ICCT, マークラインズより三井物産戦略研究所作成

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<sup>2)</sup>。

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 <sub>2</sub> /窒素 樹脂 窒素にCO <sub>2</sub> 窒素を注入	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。

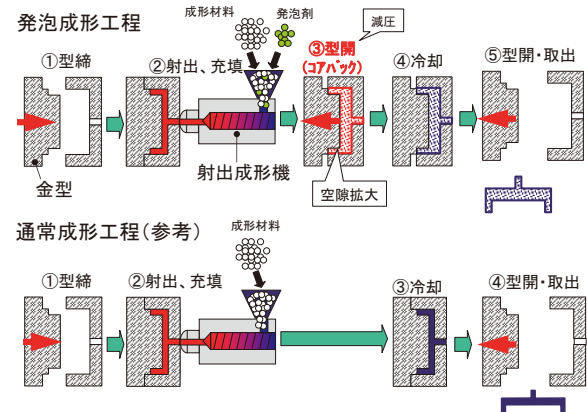


図-3 工程概略図

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。

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

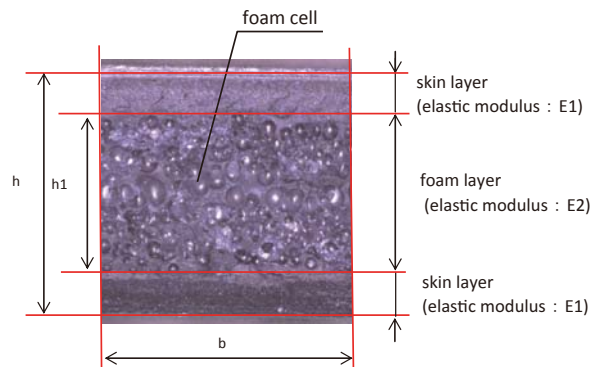


図-4 発泡成形品断面

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)。

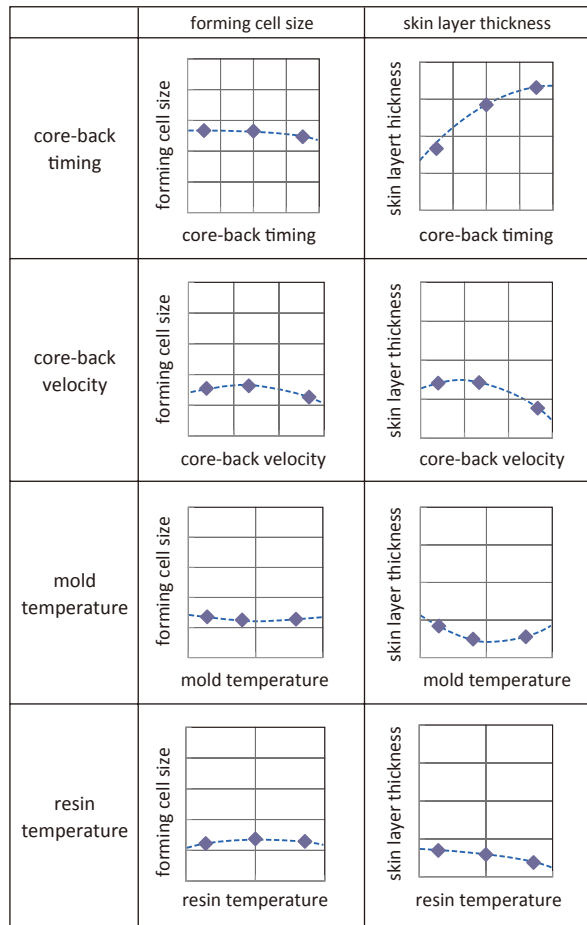


図-5 成形プロセス因子の影響

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熔融樹脂は、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

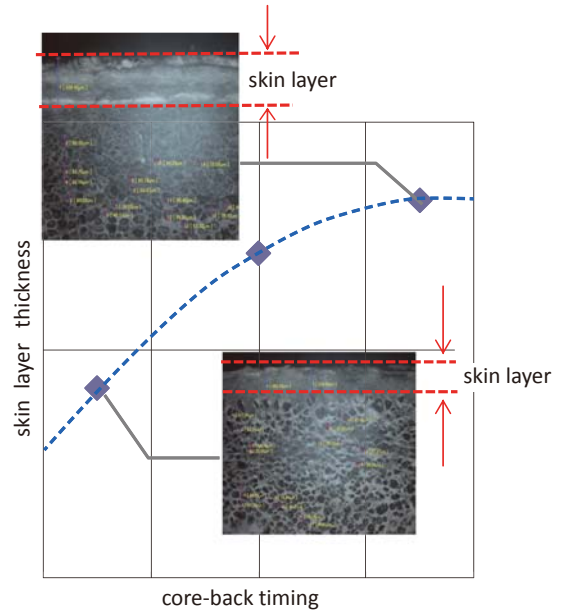


図-6 コアバックタイミングとスキン層厚み

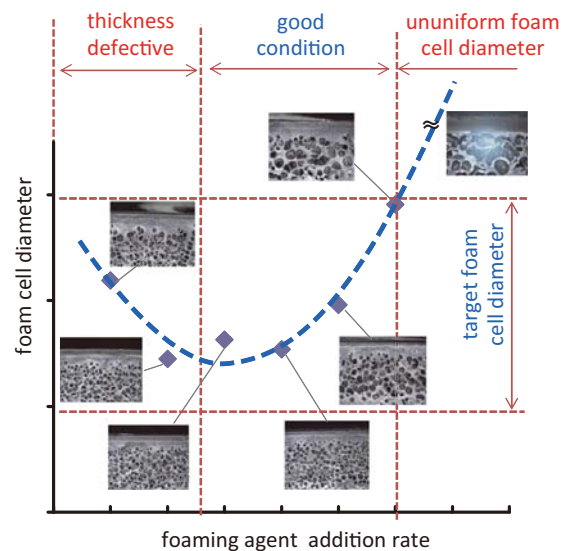


図-7 セル径と発泡剤添加率

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。

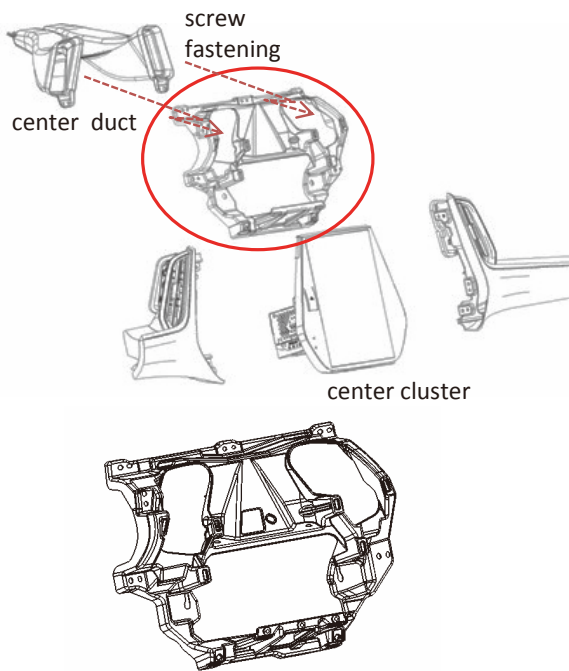


図-8 ブラケット製品図

### 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。

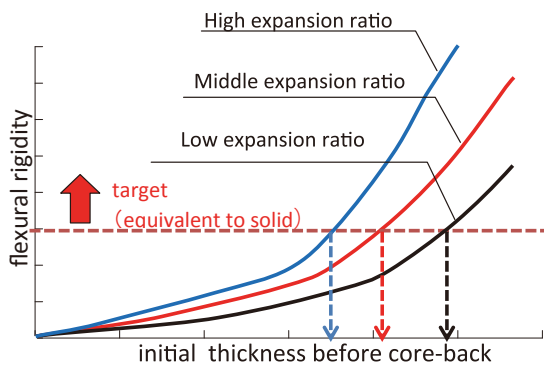


図-9 コアバック前の初期板厚と曲げ剛性

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。

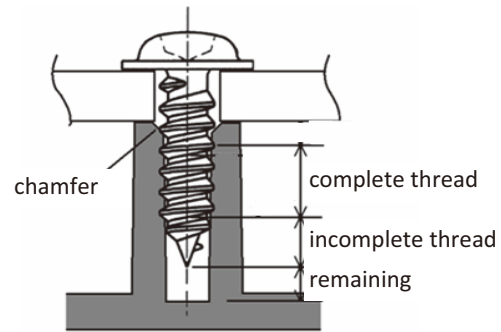


図-10 締結部断面

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。

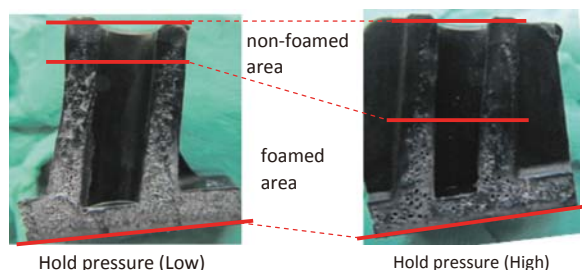


図-11 保圧による発泡状態の違い

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。

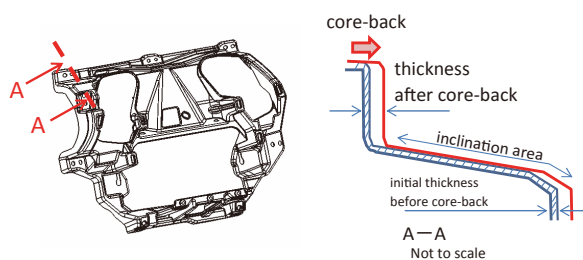
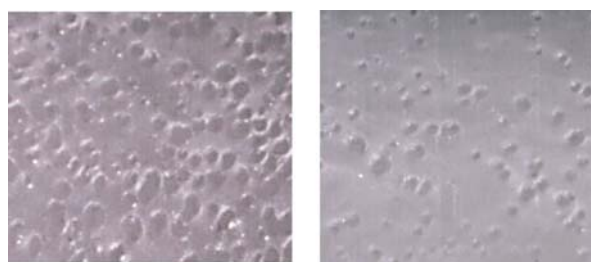


図-12 コアバック方向と製品勾配の関係



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

## ダイカスト金型ガス排気部コンパクト化

堤内昭仁<sup>\*1</sup>, 浅谷俊彦<sup>\*1</sup>

### Compacting of Air Vent for Die-casting Molds

Akihito Tsutsumiuchi<sup>\*1</sup>, Toshihiko Asaya<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

豊田合成ではハンドル用芯金をダイカスト成形にて生産している。ダイカスト成形とは「精密な金型に、溶融合金を高温で圧入して高精度で、鋳はだのすぐれた鋳物を、短時間に大量生産する鋳造方式」<sup>1)</sup>である。つまり、型内の空気を短時間で排気し、溶融合金へ置換する成形法である。

近年、金型費低減・省スペース化のために金型小型化のニーズが高まっている。

今回、ダイカスト金型で金型小型化の阻害要因のひとつであるガス排気部についてコンパクト化技術を確立し、量産適用を行ったので紹介する。

#### 2. ガス排気部コンパクト化の課題

ガス排気部は、ダイカスト鋳造欠陥の大半である鋳巣と湯まわり不良の予防方案であり、金型内に設置される。ここから空気および離型剤・潤滑剤から発生するガスを逃がし、湯流れを改善している。

一般的にガス排気は金型割り面（以下、PL）での冷却により金型内で材料流動を停止させ、ガスをPLから金型外へ排出するチルベント方式が採用されている。チルベントは製品の外側に設置するため金型面積を拡大させてしまう。豊田合成でもこの方式を採用しているため、金型が小型化できていない（図-1）。

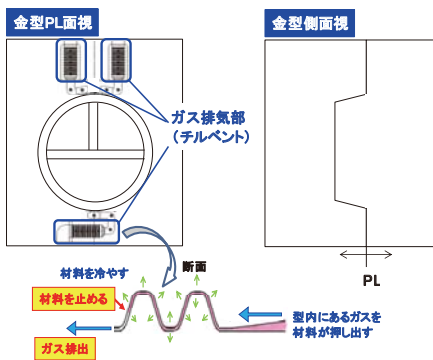


図-1 金型外観およびチルベント断面

つまり、金型小型化の課題は、チルベントの機能をコンパクト化したガス排気部の仕様設定である。チルベントの機能は以下の2点である。

- 1) 材料を停止させる
- 2) ガスを金型外へ排出させる

#### 3. 方策の選定

チルベントの機能をコンパクト化する方策として急冷・スキマ止め・背圧を検討し、背圧方式を選定した（表-1）。

表-1 チルベント機能コンパクト化方策

方策	略図	コンセプト	背反・懸念事項	判定
1 急冷		強冷却により急速に材料を固化停止させる	チラー増強などの投資大	△
2 スキマ止め		ガスのみを排出できるスキマで材料を停止させる	鋳造品質の低下	×
3 背圧		流動する材料に対し反対から圧力をかけ材料を停止させる	仕様設定に時間がかかる	○

背圧方式とは流動する材料に対し、背圧をかけ、流動停止させるものである。

次に背圧制御方法について電気制御・容積制御・自己背圧を検討し、サイズ・コストから自己背圧式を採用した（表-2）。

表-2 背圧制御方策

方策	略図	コンセプト	背反・懸念事項	判定
1 電気制御		センサーで材料を検知し背圧発生装置へ入力し背圧をかける	センサー位置設定が困難	△
2 容積制御		一定容積を金型内に設置し、ガスで充填されることで背圧をかける	金型内スペース大により小型化できない	×
3 自己背圧		ガス流路に絞りを設置し、ガス流入に伴う内圧上昇で背圧をかける	材料を停止させる寸法設定が困難	○

\*1 SS生産技術部 SS第1生技室



自己背圧式は、材料停止部とガス抜き部の寸法を設定することで、背圧を発生させ材料を停止させる仕様とした（図-2）。

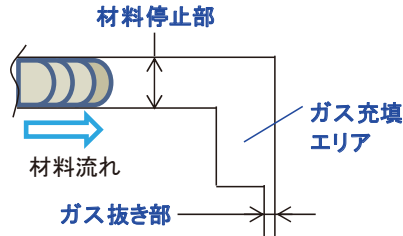


図-2 自己背圧式仕様

自己背圧式のメカニズムを図-3に示す。

- 1) 型内で材料が流動
- 2) ガス充填エリアの内圧が上昇
- 3) ピーク背圧に達し材料流動が停止
- 4) 高圧ガスがガス抜きエリアから排出

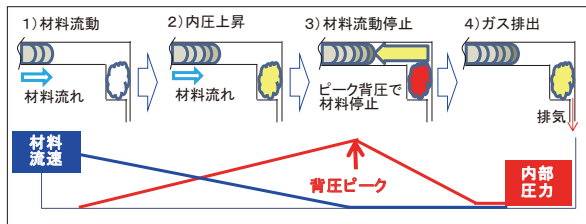


図-3 自己背圧式メカニズム

## 4. 結果

自己背圧式ガス排気部の材料停止部とガス抜き部の寸法を設定した。

### 4-1. 材料停止部

材料停止部ではガスはスムーズに排気され、かつ材料は流れにくい寸法設定が必要である。下記理論式から材料停止部寸法  $a$  を導き出した。

材料停止部寸法：

$$a = V_a / (L \times v \times t)$$

$V_a$ ：排気能力、

$L$ ：材料停止部周長

$v$ ：ガス流速、 $t$ ：排気時間

$$V_a = V_n$$

$V_n$ ：排気必要量

$$V_n = V_c \times \text{安全率}$$

$V_c$ ：キャビティ容積

### 4-2. ガス抜き部

ガス抜き部では材料流動停止のための背圧を発生させ、材料流動停止後には高圧ガスを排気する寸法設定が必要である。実験により湯まわり不良・バリが発生しない背圧の良品範囲を求め、ガス抜き部の寸法を設定した（図-4）。

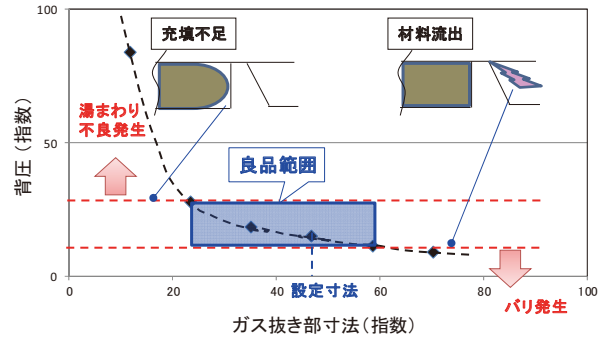


図-4 ガス抜き部寸法と背圧の関係

以上より、コンパクト化ガス排気部寸法を設定し、金型面積を現行比約 20% 低減することができた。

## 5. おわりに

今回自己背圧式を採用することでガス排気部をコンパクト化した。量産にて生産性を確認した結果、現行金型同等以上を達成することができた。

最後に、本件にご協力頂いた金型メーカー関係者、関係部署の皆様へ、厚く謝意を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 菅野友信, 植原寅藏：ダイカスト技術入門, 日刊工業新聞社, 1971, p.1

著者



堤内昭仁



浅谷俊彦

## 凸引き真空金型における表皮型内巻き込み技術

上野拓哉<sup>\*1</sup>

### Skin Winding Technology in Mail Vacuum Forming Molds

Takuya Ueno<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

豊田合成では内外装部品事業を中心に表皮を樹脂基材に被せた製品の生産を手掛けている。

これらの製品は、真空成形工程、トリミング工程および巻き込み工程の順を踏んで製造される。

本報告では、真空成形工程から巻き込み工程までを金型内で完結した事例について紹介する。

#### 2. 従来工法

現工程を図-1に示す。

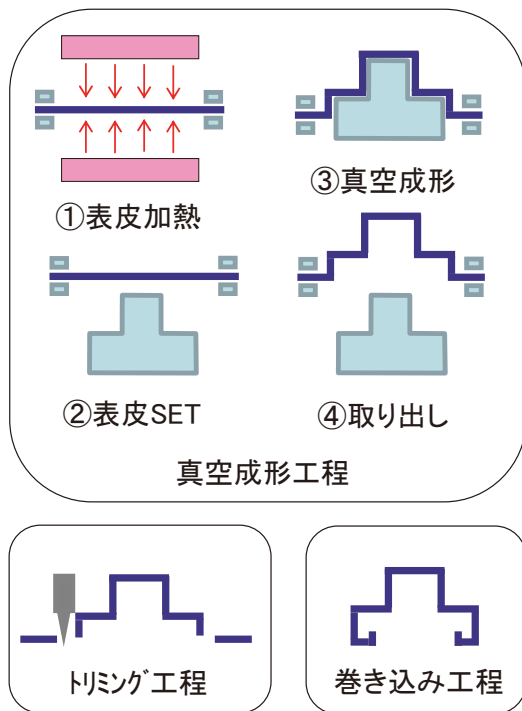


図-1 現工程

真空成形、表皮トリミング後、人の手によって表皮を折りたたみ、治具を用いて表皮を基材に巻き込んで製造している。

凸引き真空金型の構造について図-2に示す。基材を形状に沿った下型に装着し、熱せられた表皮を被せ、外周をシールして負圧による真空状態を作り、表皮を密着させる。一定の冷却時間を設け、製品を取り出す。

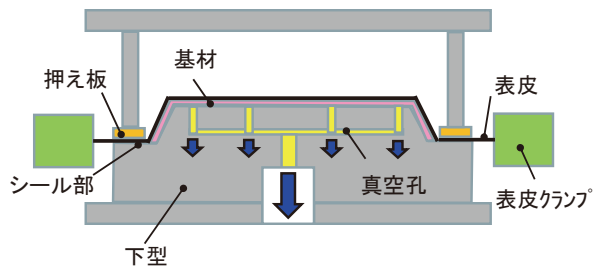


図-2 凸引き真空金型

#### 3. 新技術概要

従来の真空金型に、次に記載する機能を金型内に付加した。

##### 3-1. 表皮トリミング

基材が真空金型に装着された状態に維持されつつ、表皮材のうち基材に密着していない余剰部分(A)と基材の裏面側(B)に巻き込む表皮端末部(C)をトリム刃によってトリミングする(図-3)。

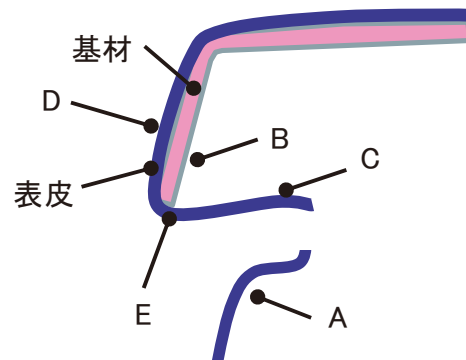


図-3 トリミング状態

\*1 金型設備製造部 金型技術室

トリム刃は、基材の裏面（B）が表面（D）との境界面（E）に水平方向に往復する機構を用いて切断する。

基材を保持している一部を基材の境界面に直交する方向へ往復移動する機構（プラグ）を用いトリム刃が表皮を切断する位置へ作動した際、刃と干渉しない位置までプラグを移動させることでトリミングを可能とし、作動の繰返し精度と強度については従来比で2倍とした。

従来の工法では基材の境界面（E）に直交する方向に作動させるトリム刃のため、シールした表皮の末端部の長さ（F）を調整することが非常に難しくなる（図-4）。

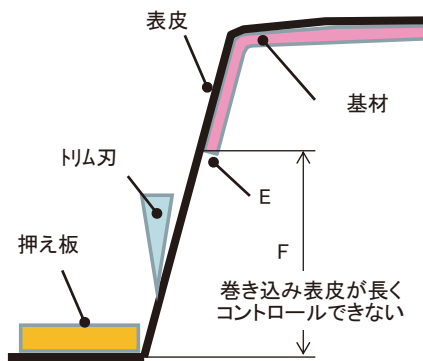


図-4 直交トリム工法

そのため、切断方向を水平方向としてトリム刃を直交する方向に多段で調整できる機構を採用し、表皮の切断位置を自在にして巻き込み長さを調整できるようにした。

### 3-2. 巻き込み

基材の境界面に直交する方向に切断された表皮はなんらかの機構で巻き込みを実施しなくてはならないが、基材全周を刃で囲まれた状況ではその刃の外側に巻き込み機構を設置する必要がある。これでは金型外郭が大きくなってしまい対象の成形機で製造できない可能性がある。

また基材裏面に表皮を巻き込まなくてはならないが、境界面に水平方向からの巻き込みは非常に困難であり2方向以上の巻き込み機構が必要になるため、本技術では3-1項で述べたトリム刃で表皮を切断し、原点復帰させた後、プラグを基材の境界面に直交する方向に作動させ、基材の境界面を含む裏面に密着するように変形させることで表皮を巻き込み、圧着できる機構とした。

表皮巻き込み方向を垂直にして1方向で巻き込みを可能にすることで、複雑な機構を避け、金型サイズの低減を図った。

従来工法同様に真空成形前に接着剤の塗布が必要となるが、本工程ではプラグを上昇させ表皮を基材に圧着させるため、人の手や治具を必要としない。そのため、表皮が基材から剥がれないようにプラグに必要な圧着力を定量化する必要があった。

表皮の収縮量によって発生するせん断応力と、接着力を実験から算出し、プラグの駆動源を決定した（表-1）。

表-1 表皮圧着条件

接着条件				剪断接着強度[N/cm]	
接着剤塗布量	表皮温度	プレス圧力	プレス時間	常態時	熱間中
g/m <sup>2</sup>	℃	MPa	秒	RT	80℃
20 (下限)	55 (下限)	0.1 (下限)	5 (下限)	60.8	27.2
	65 (上限)	0.2 (上限)	10 (上限)	62.2	29.8

これによって表皮が基材から剥がれることなく、自動化による品質が安定供給できることになった。

## 4. 最後に

本技術を同一金型内で実施することにより、真空成形、表皮トリミング、表皮巻き込みの3工程を1工程にすることが可能となった。

現在は適用製品が少ないため、さらに技術を応用し、適用製品群の拡張を図っていく。

最後に、本技術を確立させる上で、ご協力いただいた方々へ厚く謝意を表します。

著者



上野拓哉

## レーザー加工による本物感革シボの開発

伊藤 栄樹<sup>\*1</sup>

### Development of Leather Texturing with a Genuine Feel by Laser Material Processing Shigeki Ito<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

近年シボ加工において、CAD/CAMなどのデジタル技術とレーザー加工による機械加工を組み合わせた、レーザーシボと呼ばれる新工法が注目を集めている（図-1参照）。本報告では、レーザー加工を活用したシボの開発について取り上げる。

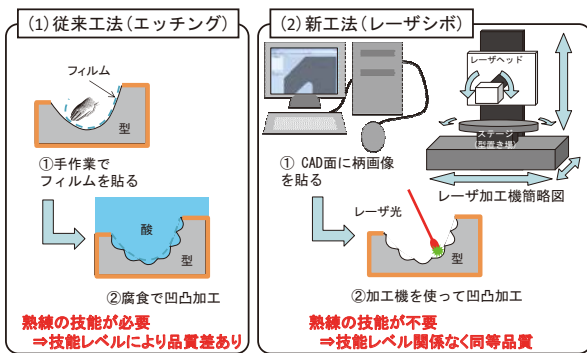


図-1 従来工法と新工法

#### 2. 本物感革シボの開発経緯と目標

##### 2-1. 開発経緯

シボには外観の向上以外に触感、耐傷付き、汚れ防止などの効果があり、大きく分けて革シボ、幾何学シボ、梨地などがある。その中で革シボは本革を模した柄であり、自動車の内装製品への使用頻度も高い。従来の革シボは本革に比べてグロスが高い（艶がある）ことから、高級感に欠け質感が低いと感じられている。これにより、内装製品において革シボの低グロス（艶なし）化のニーズは高まっており、そのニーズを満たすため、低グロスである本物感革シボの開発を目指した。

##### 2-2. 開発目標

本物感革シボの開発をするにあたり、低グロス化が必須ではあるが、グロスを低くすると製品に

付く傷が目立ち易くなるという課題が生じる。そのため、耐傷付き性もクリアする必要がある。

よって本物感革シボの開発において、

- 1) 低グロス化
  - 2) 耐傷付き性の向上
- の2項目を両立させることを目標とした。

#### 3. 低グロスと耐傷付きの両立

##### 3-1. グロスの高くなる要因

グロスが高くなる要因は材質の違いも挙げられるが、エッチング加工により加工面がだれることでシボ表面が滑らかになり正反射し易くなるからである。

##### 3-2. 傷付きメカニズム

傷が見える要因は、革シボ表面が削られることで発生する平面部が正反射領域となり、未削部とのグロス差が生じるためである。傷付き部の周辺が低グロスであればあるほどコントラストが大きくなり、傷が見え易くなる。

##### 3-3. 低グロスと耐傷付き両立方法

低グロス化するには、正反射を抑える必要がある。これは革シボの面を粗くすることで解決できる（図-2参照）。

次に、耐傷付き性が向上する方法として、シボ上に凸形状を密に付与する。それにより、抵抗が増してスティックスリップ現象が発生し、

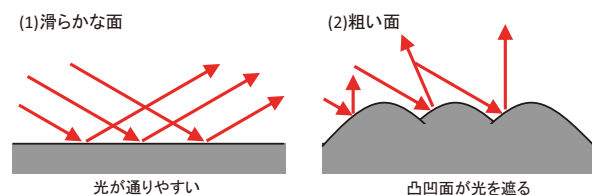


図-2 凸形状による正反射抑制

\*1 生産技術統括部 基盤生技室

局所的な傷付き方になる (図-3 参照)。通常の傷付き方だと、削れることで広範囲に正反射領域が生じるが、局所的な傷付き方だと、正反射領域が小さくなり傷付きが見え難くなる効果が得られる (図-4 参照)。

以上より、低グロスと耐傷付き性を両立させる方法として、革シボ上への凸形状付与が考えられる。

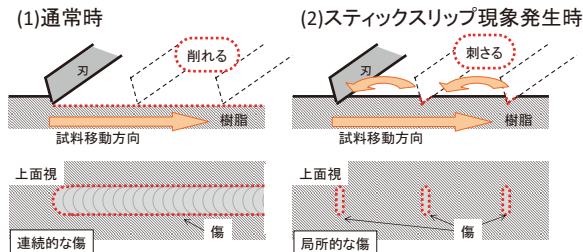


図-3 スティックスリップ現象

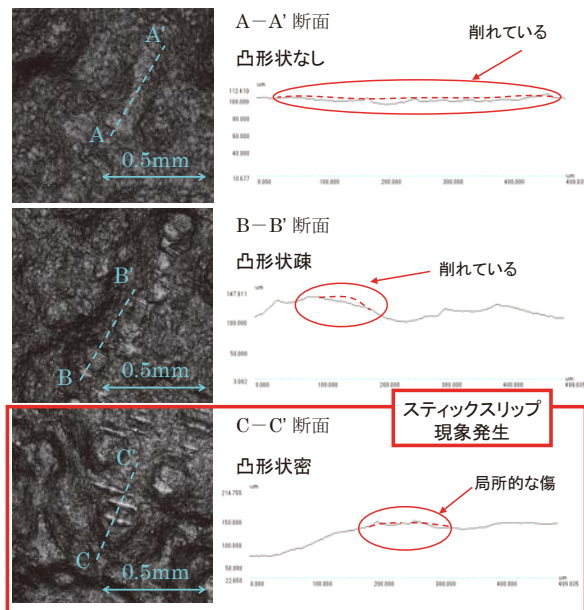


図-4 各条件下でのシボの傷付き方

#### 4. 本物感革シボとレーザ加工

耐傷付き性向上と低グロス化を両立させるため、革シボの上面部に凸形状を付与した。しわ部は傷付きの影響もなく範囲も狭いことから微細凸形状を付与した。(図-5 参照)。

以上の仕様は、従来のエッチングでは以下の理由で極めて難しい。

- 1) 高度な技能が必要
  - 2) 部位ごとに異なる凸形状の付与は不可能
  - 3) しわ部の微細形状の加工が不可能
- しかし、レーザシボであれば、
- 1) 柄位置の制御化 (デジタル技術)
  - 2) レーザ加工による微細加工 (機械加工)

により低グロスと耐傷付き性の両立を満たす仕様の革シボを加工することが出来る。

以上から、低グロスと耐傷付き性を両立した本物感革シボ開発を実現することが出来た。開発結果を図-6 に示す。

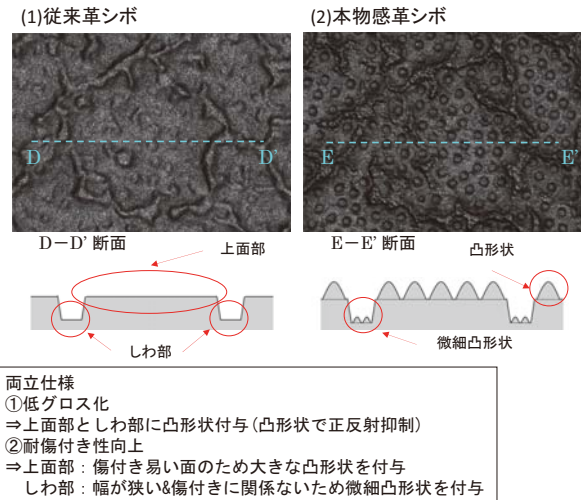


図-5 従来革シボと本物感革シボ

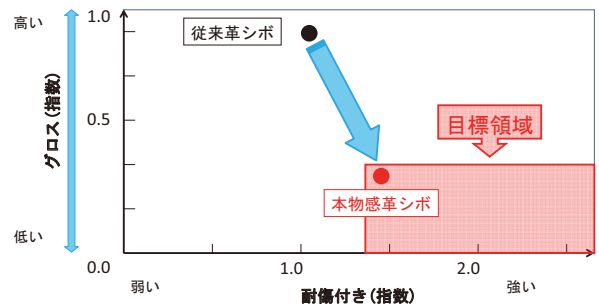


図-6 低グロス & 耐傷付き両立結果

#### 5. おわりに

レーザシボは、今後のシボ表現を大きく変えることが可能で、活用の幅も非常に広く重要な技術である。最後に、本技術の開発に際してご協力を頂いた関係会社、部署の方々に厚く謝意を表します。

著者



伊藤栄樹

## 低コスト画像処理技術

鈴木裕次郎<sup>\*1</sup>，矢島 修<sup>\*1</sup>，浅野宣方<sup>\*2</sup>，山田弘樹<sup>\*2</sup>

### Low-Cost Image Inspection Technology

Yujiro Suzuki<sup>\*1</sup>，Osamu Yajima<sup>\*1</sup>，Norikata Asano<sup>\*2</sup>，Kohki Yamada<sup>\*2</sup>

#### 1. はじめに

豊田合成では、樹脂射出成形による成形品同士をスクリューで組み付けた製品や、クリップなどの複数の部品を組み付けた製品を生産している(図-1)。

その組み付けられた部品は正しく組み付いているか、一つずつ作業者によって検査されているが、人による検査では環境の変化や集中力の低下などにより正しく検査できない可能性がある。

そのため、短時間で安定的に検査可能な自動検査のニーズが高い。しかし、市販の画像検査装置(以下、市販装置)は様々な検査に対応するために高機能になり、高価となっている。

今回、投資額の低減のために安価な Web カメラを用いて、部品の有り無しを判定することに特化したシステム開発を行ったので紹介する。



図-1 部品組み付け後の製品

#### 2. 低コスト化事例

一般的な市販装置は、大きく分けて下記構成に分類できる。

- 1) 撮像部 (カメラ・レンズ)
- 2) 画像処理部 (CPU)
- 3) 筐体 (コントローラ)

それぞれの項目についての、低コスト事例について紹介する。

#### 2-1. 撮像部の低コスト化

撮像部に必要な機能は、対象物を鮮明に撮像することである。そのために市販装置では、移動している検査対象を撮像するために高速撮影に対応し、位置測定、寸法測定を行うために歪みの少ないレンズを使用しているため高価となっている。

しかし本技術の対象は、固定された製品である。そのため高速撮影に対応している必要はなく、多少の歪みがあっても問題は無い。そこで家電量販店でも売られている数千円で購入できる Web カメラ (200 万画素) を使用し開発を進めた。

#### 2-2. 画像処理部の低コスト化<sup>1), 2)</sup>

撮像に USB 接続の Web カメラを使用するため、画像処理部は Windows 上で動作するソフトを内製開発することにより対応した。画像処理の一部については無償のオープンソース・ソフトウェア (OpenCV ライブラリ) を使用している。

#### 2-2-1. 色味のある部品の検査手法

部品がある場合と、無い場合において、同サイズの画像の色情報 (色相、彩度、明度) を比較すると、図-2、3 のヒストグラムのように、画素の分布に大きな違いが見られる。その違いを抽出し数値比較できるように、フィルタリング後 2 値化を行うアルゴリズムを導入した。2 値化された画像の画素数を比較することにより、部品の有り無しを判定可能とした (図-4)。

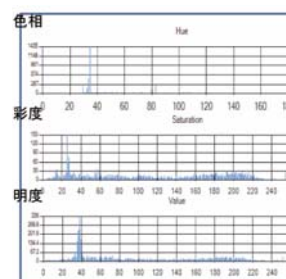


図-2 部品がある画像のヒストグラム

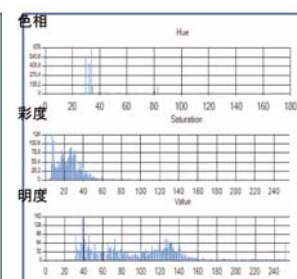


図-3 部品が無い画像のヒストグラム

\*1 IE 生産技術部 IE 第1生技室

\*2 IT 推進部 IT 企画室

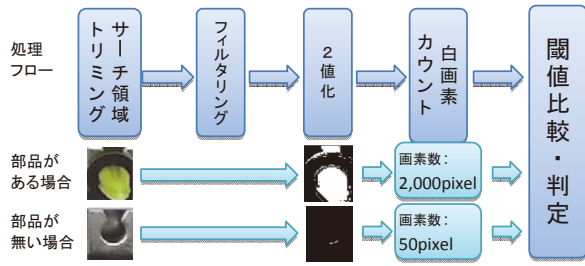


図-4 画素数判定処理フロー図

2-2-2. 色味が無く、明暗が不明確な部品の検査手法

部品に色味が無く、明暗が不明確な部品の場合、ヒストグラムで比較しても色情報に大きな違いが見られず、2-2-1項の手法では判定が難しい。そこで画像の近似度により評価するパターンマッチング手法を導入した。部品が組み付けられた正しい状態をマスター画像として登録し、その画像とどれくらい似ているかを数値で取得し、数値比較を行うことにより判定を可能とした(図-5)。

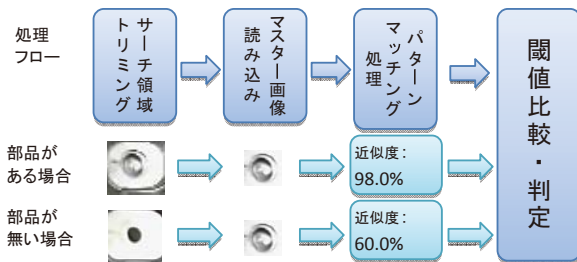


図-5 パターンマッチング処理フロー図

2-3. 筐体の低コスト化

コストパフォーマンスを重視し、OA用のWindowsPCを採用した。そのことによりHDDへの履歴画像保存、周辺機器との連動など様々な効果が得られている。

品種変更の場合に必要な、バーコード読み取り機能もWebカメラを使用して行うことにより、投資の抑制も行うことができている(図-6)。

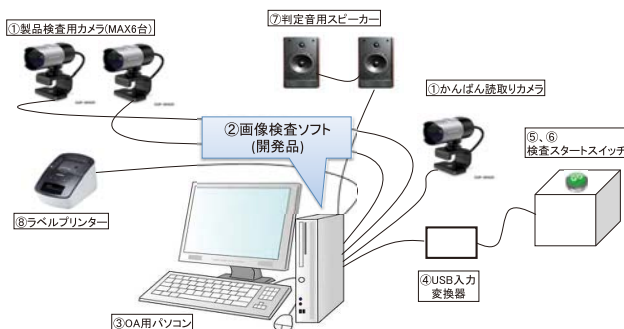


図-6 システム構成

3. まとめ・謝辞

図-6に示すシステム構成を用いることにより、200万画素のカメラを6台同時使用しても総額15万円を下回る低コストでの自動検査を実現できた。

2013年度から開発を進め、現在グローバルで269台導入し、2016年度には合計600台を超える設置を計画している(図-7)。

最後に、本開発においてご協力頂きました関係各部署の方々に厚く謝意を表します。

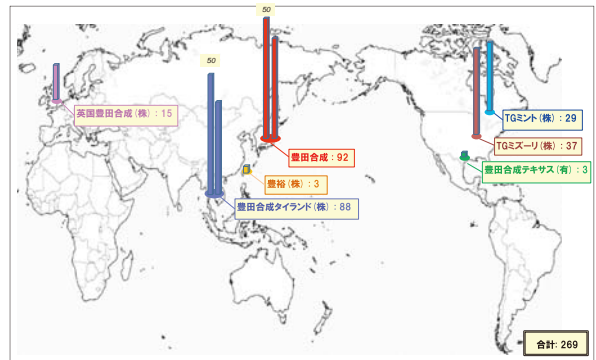


図-7 導入台数

参考文献

- 1) Gary Bradski, Adrian Kaehler: 詳解 OpenCV, 株式会社オライリー・ジャパン, 2010, 609p
- 2) OpenCV2プログラミングブック製作チーム: OpenCV2プログラミングブック, 株式会社マイナビ, 2011, 278p

著者



鈴木裕次郎



矢島 修



浅野宣方



山田弘樹

## 縦型 GaN パワーデバイスを用いた昇圧コンバータ

恩田敬治<sup>\*1</sup>, 林 伸亮<sup>\*1</sup>, 恒川雄一<sup>\*1</sup>

### Boost Converter Using Vertical GaN Power Devices

Keiji Onda<sup>\*1</sup>, Nobuaki Hayashi<sup>\*1</sup>, Yuichi Tsunekawa<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

近年、SiC や GaN などのワイドバンドギャップ半導体の実用化が進められている。縦型構造の GaN パワーデバイスは従来の Si パワーデバイスと比較し、高周波スイッチング回路において低損失化や電磁ノイズ低減などの効果が期待できる。

豊田合成で開発中の縦型 GaN パワーデバイスを用いた高周波の昇圧コンバータを設計開発した。今回その省エネ性や電磁ノイズの低減効果について紹介する。

#### 2. 昇圧コンバータと計測方法

回路を図-1に、外観を図-2に、回路定数を表-1にそれぞれ示す。制御方式は、電圧フィードバック型 PWM 制御である。回生用ダイオード D には、縦型 GaN-Schottky Barrier Diode (SBD)<sup>1)</sup> 又は Si-Fast Recovery Diode (FRD) を使用した。スイッチング周波数を 500kHz ~ 800kHz の範囲で変化させた。高周波化による損失増加を抑えるため、高周波特性の良い部品を選定し、回路インピーダンスを下げる工夫をプリント基板設計に盛り込んだ。

動作モードは回生用ダイオード D の逆回復性能差を分かり易くするために、コイル電流を連続モードでハードスイッチングさせた。ダイオード電流の測定はカレントプローブ (Tektronix 社: TCP0030A) を、電力の測定にはパワーメーター (横河電機 (株): WT1800) を使用した。

放射ノイズレベルは、CISPR25 (車載機器の放射妨害波測定法) に準拠して測定した。図-3は、電波暗室内において昇圧コンバータを 500kHz のスイッチング周波数で動作させた時の放射ノイズの測定風景である。

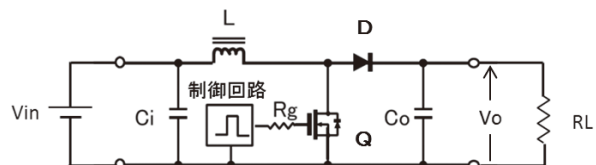


図-1 回路

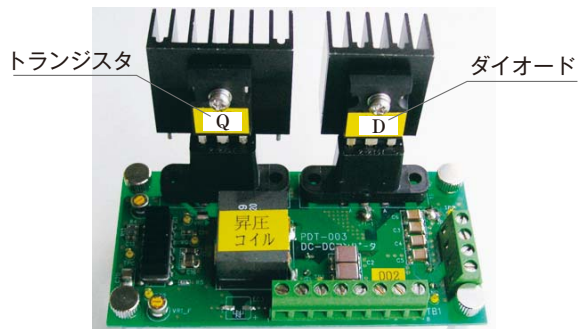


図-2 外観

表-1 回路定数

項目	定格・仕様	
入力電圧	$V_{in}$	DC12 ~ 100V
出力電圧	$V_o$	DC150 ~ 500V
昇圧コイル	L	29 $\mu$ H
ゲート抵抗	$R_g$	10 $\Omega$
トランジスタ	Q	1200V/20A
ダイオード	D	600V/50A
周波数	f	500kHz ~ 800kHz

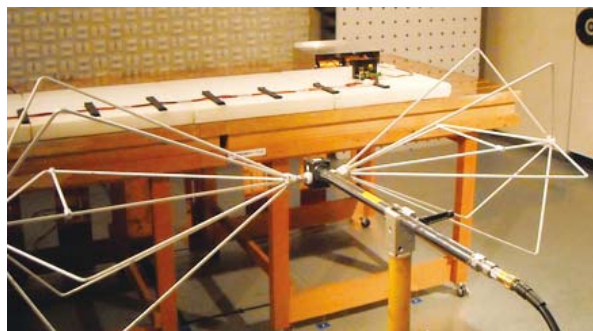


図-3 放射ノイズ測定

\*1 商品開発部 電子技術室



### 3. 計測結果

図-4 にスイッチング動作時のダイオード D の電流波形を示す。逆回復特性の計測条件は、 $di/dt = -500A/\mu s$ ,  $T_a = 25^\circ C$  である。GaN-SBD は Si-FRD と比べて、リカバリー電流  $I_r$  のピークが  $-10.4A$  に対して  $-3.8A$  と約 60% 低くなっている。逆回復時間  $t_{rr}$  も  $28ns$  に対して  $16ns$  と約 50% 短くなっている。GaN-SBD の逆回復電荷  $Q_{rr}$  は Si-FRD と比べて約 80% 少ない。いずれも GaN-SBD の高速性が良いことを示す結果になっている。

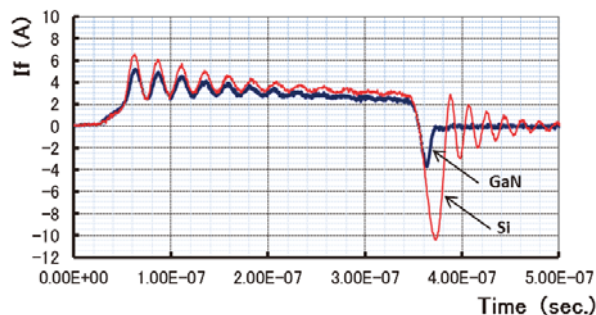


図-4 ダイオード電流波形

図-5 に、GaN-SBD 又は Si-FRD を使用した場合の昇圧コンバータの電力損失を示す。GaN-SBD を搭載した回路は Si-FRD を搭載した場合と比べて、スイッチング周波数  $500kHz \sim 800kHz$  の範囲において、電力損失が約 35% ~ 50% 低減している。これは、リカバリー電流  $I_r$  に起因するダイオード D のリカバリー損失低減と、リカバリー電流  $I_r$  がスイッチングデバイス Q に流れることにより発生するスイッチング損失の低減効果が大きいことを示している。

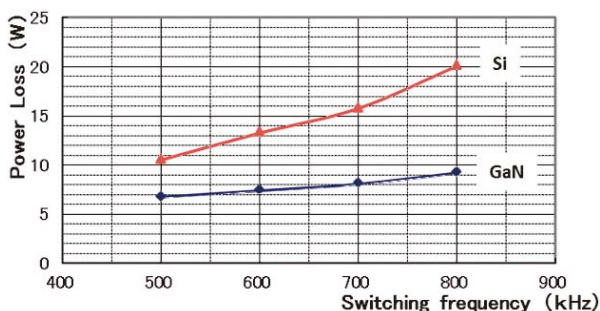


図-5 回路の電力損失

図-6 に周波数  $30MHz \sim 200MHz$  の放射ノイズの計測結果を示す。GaN-SBD を搭載した回路は、周波数  $30 \sim 50MHz$  及び  $60MHz$  近辺で約  $5 \sim 10dB \mu V/m$  放射ノイズが低減している。放射ノイズ面においても GaN-SBD が有利である

ことがわかる。これは図-4 に示すように、Si-FRD のリカバリー電流が  $13.5A_{p-p}/20 \sim 40MHz$  の減衰振動をしながらゼロに収束しているのに対して、GaN-SBD のリカバリー電流がほぼ振動無くゼロに収束しているため、この帯域の放射ノイズが低減したものと推測される。また、この電流振動の低減は、GaN-SBD の接合容量と回路インピーダンスとの整合によるものである。

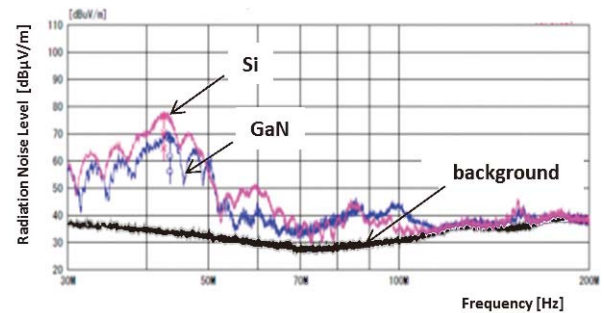


図-6 放射ノイズ

### 4. まとめ

縦型 GaN パワーデバイスを用いた昇圧コンバータの性能評価を行った。その結果、省エネ性能と放射ノイズ性能が Si パワーデバイス比べて良好であることを確認した。

### 謝辞

パワーデバイスをご提供頂いた研究開発部の皆様に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) Nariaki Tanaka, Kazuya Hasegawa, Kota Yasunishi, Noriaki Murakami, Tohru Oka : "50A vertical GaN Schottky barrier diode on a free-standing GaN substrate with blocking voltage of 790V", Applied Physics Express 8, pp.071001 (2015)

### 著者



恩田敬治



林 伸亮



恒川雄一

## 射出成形解析のそり変形予測精度向上

安田 陽<sup>\*1</sup>

### Accuracy Improvement of Warpage Deformation Prediction in Injection Molding Simulation

Akira Yasuda<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

バックドアガーニッシュやラジエータグリルなどの外装部品は、高い外観品質が求められる。

外観不良の原因の一つにそり変形がある。射出成形品が予定の形状でないことを意味し、車両組付け時に見栄えが悪くなるため、そり変形が大きいと設計変更・金型修正が必要となる。

そこで、射出成形解析というシミュレーション技術を用いて、金型製作前にそり変形を予測することで設計変更を減らしている。ただし、**図-1**のように予測しきれないケースもあり、更なる予測精度の向上が必要となっている。

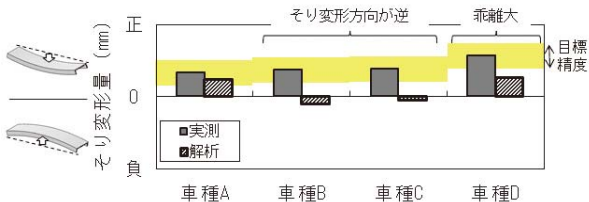


図-1 バックドアガーニッシュのそり変形量 実測と解析の比較

詳細分析のため、バックドアガーニッシュのそり変形量を**図-2**のように長手方向の位置で実測と解析を比較した。その結果、フランジ長さが短い箇所（A-A断面部）で乖離が大きく、フ

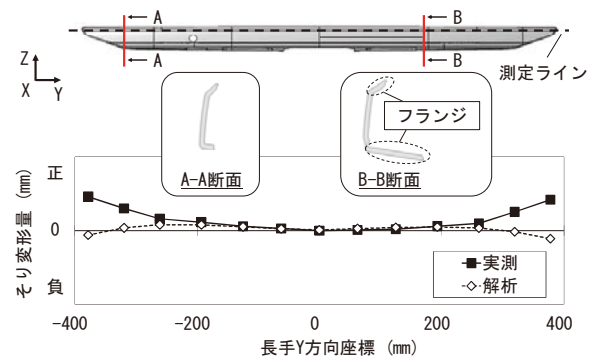


図-2 そり変形状態の比較

ランジを有する形状に着目する必要があることが判った。

本報では、射出成形解析において、フランジを有する形状のそり変形に対し、実測データに基づいた手法で予測精度を向上したので紹介する。

#### 2. 原理と課題

##### 2-1. そり変形の原理

そり変形は、射出成形品が部位ごとに不均一に収縮することで生じる。

例として**図-3**に示す単純形状を考えると、

- ・全体が同じ収縮 → そり変形なし
- ・上下で異なる収縮 → そり変形あり

となり、収縮分布によりそり変形の挙動が決まる。したがって、そり変形を予測するには、製品内の収縮分布を予測することが重要となる。

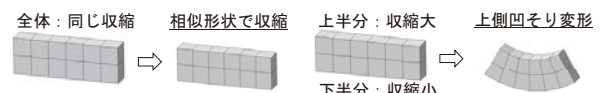


図-3 そり変形の原理

##### 2-2. 収縮分布の発生要因と射出成形解析の課題

収縮分布の発生要因には、配向・圧力・温度要因がある<sup>1)</sup>。豊田合成では各要因に対して、予測精度の向上に取り組んできたが<sup>2)~7)</sup>、**図-4**に示す、端部の温度要因に対しては未着手であった。

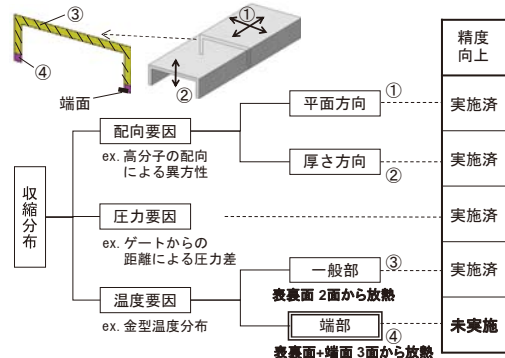


図-4 収縮分布の発生要因

\*1 実験部 開発実験室

その理由として、外装部品のような大物品の射出成形解析は、解析時間が膨大になるためソリッド要素の適用が難しい。そのため、平面形状のシェル要素を使用しているが、**図-5**に示すように、端面の放熱を考慮できないため端部が一般部と同様に冷え収縮分布が発生しない。

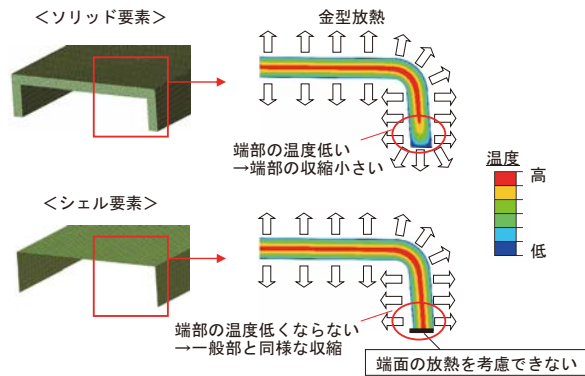


図-5 ソリッド要素とシェル要素の違い(端部の温度)

この問題により、フランジを有する形状では、実製品はそり変形が発生するのに対し、射出成形解析(シェル要素)ではそり変形が発生しない。

### 3. 開発概要

#### 3-1. 考え方

端部の収縮率を数式化して射出成形解析(シェル要素)に組み込む。そのために、フランジを有するコの字断面形状のテストピース(以下、TP)を用い、そり変形量を基に端部の収縮率を求めた。収縮率は製品形状で変化するため、製品と同等のサイズ・曲率とした(**図-6**)。

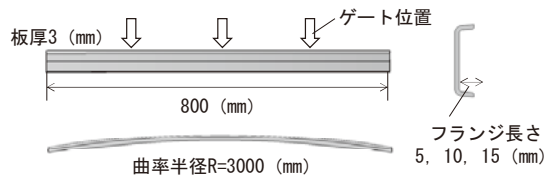


図-6 テストピースの概形

#### 3-2. 実施事項

ABS樹脂にてTPを成形し端部の収縮率を求めたところ、標準の成形条件では一般部の収縮率に対して91%の値であった。これより、一般部と端部に収縮分布があることが確認できた。

製品開発に使えるように、樹脂材料や形状(フランジ長さ等)、成形条件を変えた条件でも、同様に端部の収縮率を求めた。その一例を**図-7**に示す。

得られた結果を基に、端部の収縮率を数式化して射出成形解析に組み込んだ。

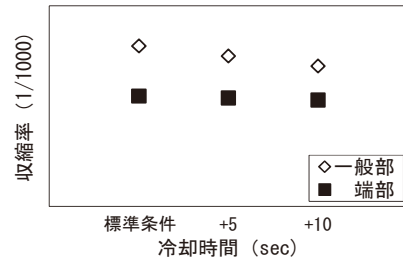


図-7 端部の収縮率(冷却時間の違い)

#### 3-3. 開発結果

バックドアガーニッシュ4車種のそり変形量を検証した結果、そり変形方向が一致し、実測との誤差も改善された(**図-8**)。

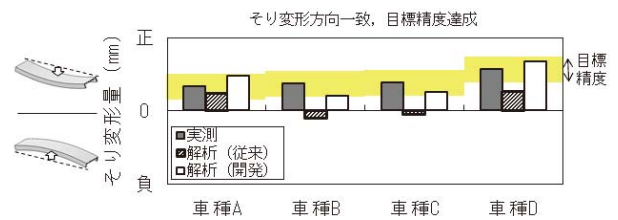


図-8 そり変形量検証結果

### 4. まとめ

TPの実測を基に、端部の収縮率を数式化して射出成形解析に組み込んだ。その結果、そり変形予測精度の向上をバックドアガーニッシュで確認した。

今後は、同様なフランジを有する形状のラジエータグリルにも開発手法を横展開していく。

### 参考文献

- 1) プラスチック成形加工学会編：流す・形にする・固める，シグマ出版，1999，95p
- 2) 井ノ山ら：成形加工'06，p.261-262 (2006)
- 3) 西郷ら：成形加工'06，p.263-264 (2006)
- 4) 小山ら：成形加工'06，p.265-266 (2006)
- 5) 浅野ら：成形加工'06，p.267-268 (2006)
- 6) 高原ら：成形加工'06，p.269-270 (2006)
- 7) 西郷，松葉：豊田合成技報 Vol.54，p.49-50 (2012)

著者



安田 陽

## 高意匠立体ミリ波ガーニッシュ

奥村晃司<sup>\*1</sup>

### Stylish Three-Dimensional Millimeter Wave Garnish

Koji Okumura<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

近年将来の自動運転化を見据え、自動車の安全性を高めるために予防安全システムが普及している。欧州の自動車アセスメント (Euro NCAP) では、14年の自動緊急ブレーキに加えて、16年からは歩行者検知の対応を評価項目に追加した。北米法規 (NHTSA) でも、2022年までに、大手カーメーカー 20社が製造する新型車の全車種に AEB (自動緊急ブレーキ) の標準搭載が発表された。このように、予防安全システム市場は今後とも拡大していくと予想される。

予防安全システムの1つとして期待されているのが、相対速度の精度かつ耐環境性に優れているミリ波レーダーである。ミリ波レーダーは、機能上エンブレムの位置が最も適しているため、レーダー透過するミリ波ガーニッシュが求められている。図-1にミリ波ガーニッシュを示す。ミリ波ガーニッシュはエンブレムとグリルとの意匠性のつながりを有するため、ミリ波を透過する機能だけでなく、高意匠性 (加飾ニーズ) が求められている。



図-1 ミリ波ガーニッシュ

#### 2. 製品の概要

ミリ波ガーニッシュの構成を図-2に示す。ミリ波ガーニッシュは、ミリ波透過要件により、透明材で形成された意匠部と取付け部で構成される。意匠部の裏面は、デザインを表現するための形状、加飾層で形成されている。加飾層は、主にクロム外観が求められるが、フロントグリルに使用されるクロムめっきではミリ波透過を悪化させるため使用できない。そのため、ミリ波を透過する In 金属膜で形成されている。

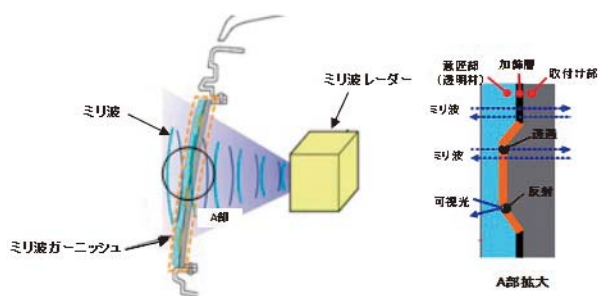


図-2 ミリ波ガーニッシュ構成図

#### 3. ニーズ

加飾ニーズの拡大に伴い、立体感のあるロゴマークへの対応が必要とされている。図-3にスクリーン印刷した現行品とレーザー剥離工法を使った開発品を示す。レーザー剥離技術により、立体感を向上したミリ波ガーニッシュを実現した。



図-3 日産向けミリ波ガーニッシュ CG 画像

\*1 新製品工法開発部 加飾製品開発室

## 4. 製品の特徴

### 4-1. レーザー剥離工法について

NISSAN 文字部にレーザー剥離を施した(図-4)。In 加飾後 NISSAN 文字部をレーザー剥離し、その後の黒押さえ塗装にて NISSAN 文字を表現する工法である(図-5)。



図-4 レーザー剥離部

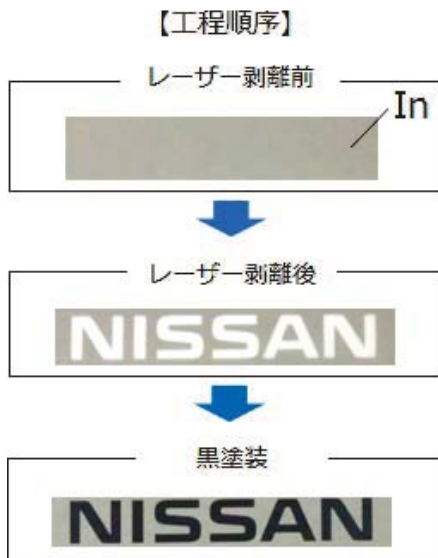


図-5 レーザー剥離工法

### 4-2. レーザー剥離技術

立体感は図-6に示すように「意匠高さ」で決まる。スクリーン印刷では、一定曲率でしか加飾できないため、意匠高さが制限されるが、レーザー剥離を用いることによって、部分的な加飾が可能となり、意匠面が高くなる。更に、図-7に示すようにCG解析技術による、映り込みの原理を用いて、レーザーの加工ばらつき範囲を立ち面で吸収させることで、シャープな意匠を実現した。

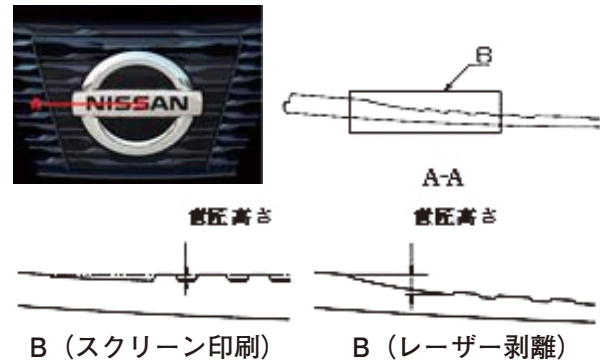


図-6 日産ミリ波ガーニッシュの工法別断面形状

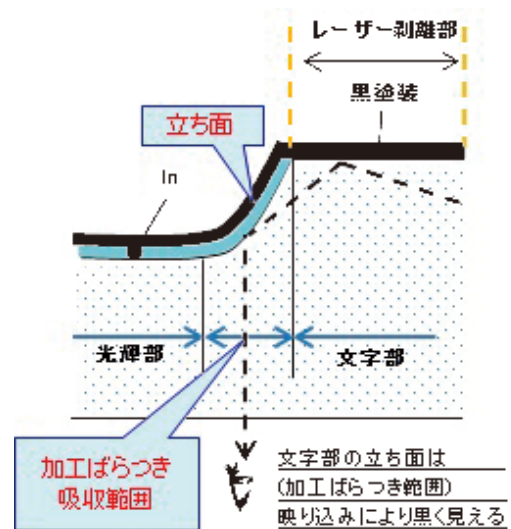


図-7 加工ばらつき吸収設計

## 5. おわりに

今回紹介した「高意匠立体ミリ波ガーニッシュ」は2016年9月に量産化に成功した。

最後に今回の開発にご尽力頂きました関係部署の皆様へ厚く御礼申し上げます。

著者



奥村晃司

## LED リアドームランプ

木野徳人<sup>\*1</sup>

## LED Rear Dome Lamp

Norihito Kino<sup>\*1</sup>

### 1. はじめに

自動車のドアを開いた瞬間、運転者はあらゆる部分に使用されているLEDを目にする。昨今のエコ意識の高まりや、環境保護の観点により、住宅やオフィスといった一般照明のLED化は急速に進み、今や自動車にも波及している。車室内においては、近年のLEDの高光度化に伴い、ルームランプ、マップランプといった、機能照明製品にもLEDが採用され、今後の採用拡大が期待されている。

本製品はリア席天井に配置されるドームランプにて、ドームランプとマップランプの機能を兼ね備えたASSY製品としては、豊田合成が初めて開発、量産化したので、その概要について紹介する。

### 2. 製品の概要

本製品は車室内のリア席天井に配置され、主に後席エリアの照明用途として使われる（図-1）。



図-1 リアドームランプの搭載位置と外観

リアドームランプの機能として、室内全体を明るく照らすドームランプと、手元のみをスポット的に照射するマップランプを内蔵し、必要に応じ照明を使い分けることが可能となっている。またこれらのランプを点灯消灯させるスイッチを備えている（図-2）。

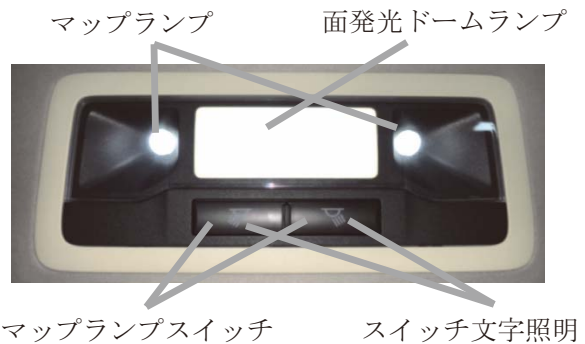


図-2 リアドームランプの機能

### 3. 開発のポイント

今回の開発品はレクサスシリーズの3車種に適用が決定しており、個々の車両における搭載位置の違いをカバーすることが必要である。その結果、現行品より広い照射範囲と明るさが要求される。ここでは、その要求事項と要求値達成のための光源開発、レンズ設計について紹介する。

#### 3-1. 要求事項

各車両には天井別、シート別に、明るさの要件がある。図-3に明るさ要件の例を示す。

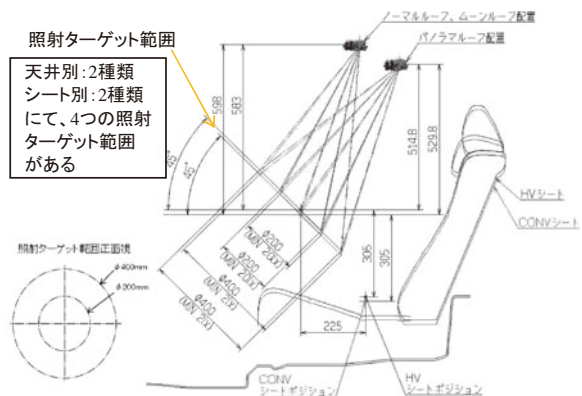


図-3 マップランプの明るさ要件の例

図-3にある各グレードの明るさ要件などが3車種に各々あることから、本製品では、1つのラ

\*1 光源デバイス開発部 光源デバイス技術室

ランプで7つの照射エリアを満足させる必要があり、現行品の照射エリアに対して1.6倍以上の範囲、また2倍以上の明るさが必要となる(図-4)。

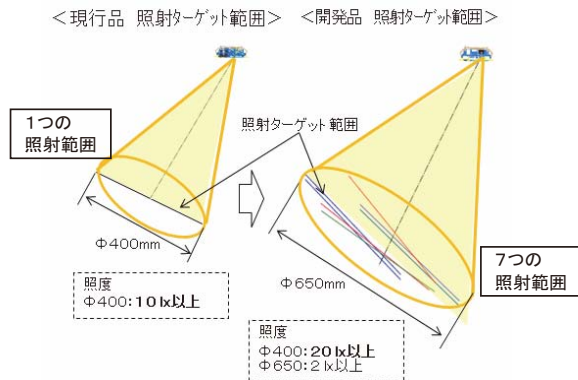


図-4 現行品、開発品の照射エリアと明るさ

### 3-2. 光源開発

前述のように、LEDに求められる明るさが従来の2倍以上必要であることから、今回、本製品にあわせて、新規に高光度なLEDパッケージを開発した。パッケージ内部にLEDチップを2個搭載するマルチチップ仕様となっている。また、高効率LEDチップ開発、最適ナリフレクタ形状設計を実施する事で、発光効率においても業界最高レベルのLEDパッケージとなり、従来のレギュラーパッケージに対して、発光効率1.6倍、明るさ8倍の高出力化に成功した(図-5)。

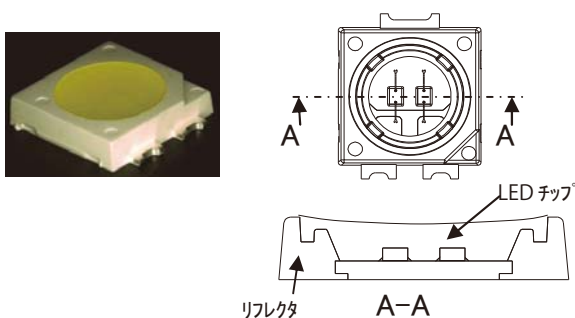


図-5 新規開発LED(4554パッケージ)

LEDの高効率化は発熱量の削減となり、放熱機能を担うプリント基板の小型化、さらには製品の小型化を実現し、天井内の省スペース化による室内空間拡大化に大きく貢献する。

### 3-3. レンズ設計

本製品のマップレンズにおいて、レクサスのこだわり意匠として、顧客から現行品の凸レンズ形状とは異なるフラットなレンズ意匠を求められた。

凸レンズの機能として、光源の光を集光する働きがあるが、今回フラットレンズとの組み合わせでも、既存品の凸レンズと同等のレンズ集光性能、出力効率を持つレンズ設計を行った。これらの要求事項を実現するために、光シミュレーションを駆使し、LED光源の光出力を目標ターゲットエリアに最大限照射できるレンズ設計を実施した(図-6)。さらに凸レンズを使用する事によって発生する色ムラ削減も同時に実現した。

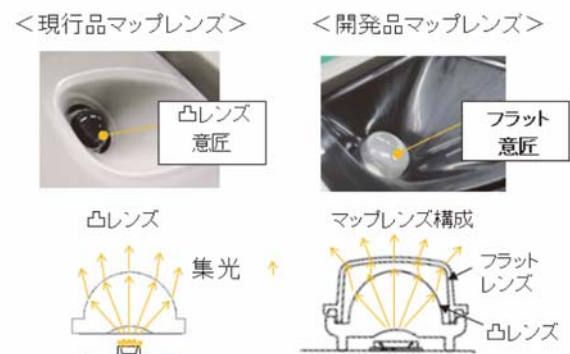


図-6 マップレンズ構成

## 4. まとめ

今回量産化したリアドームランプは今後のレクサス車種の多くに、展開して頂く予定である。

最後に、この製品の開発・量産化に際し、ご支援・ご指導頂きましたトヨタ自動車株式会社 レクサスポデー設計部、林テンプ株式会社 第1設計部、並びに各仕入先の皆様に厚く御礼を申し上げます。

著者



木野徳人

## パナソニック向け加湿空気清浄機の開発

志水英之<sup>\*1</sup>，本藤 学<sup>\*1</sup>，田島善直<sup>\*1</sup>

### Development of Humidifying Air Purifier for Panasonic

Hideyuki Shimizu<sup>\*1</sup>，Manabu Motofuji<sup>\*1</sup>，Yoshinao Tajima<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

空気清浄機は、現在国内出荷台数約 300 万台にもおよぶ市場を持つ家電製品である。

グローバル市場においても普及が進み、特に近年中国においてはPM2.5の影響もあり空気清浄機は注目されている。

日本の市場においては、各メーカーとも健康志向と室内空気環境意識の向上から、加湿機能が付いた加湿空気清浄機が主流となっている。

豊田合成が十数年にわたる空調事業の経験から得た設計・生産ノウハウを基盤に、新規でパナソニックより加湿空気清浄機の生産委託（開発，調達，製造，完成品出荷まで）の受注を頂くことができたので、その商品を紹介する。

#### 2. 製品概要 (図-1)

本商品は、パナソニックより性能の異なる2機種（「F-VX501」と「F-VE40XL」）がラインナップされており、集塵，脱臭に加えて，加湿機能を持った国内主流の加湿空気清浄機である。

また本開発コンセプトは、家電量販店以外に、TV 通販やGMS（総合スーパー）ホームセンターなどの販路拡大を目指した機種となっている。



図-1 製品

豊田合成は、開発当初より構造設計に参画することで、完成品品質を確保しつつ、部品点数削減などの構造面での原価低減をパナソニックと推し進めた。

#### 3. 製品構造設計

##### 3-1. 機能レイアウト (図-2)<sup>1)</sup>

本商品は、製品前面より吸気し、製品内にある集塵，脱臭，加湿の各フィルターにて改質された風に加えて，除菌，アレル物質（花粉）やカビ菌抑制，脱臭の効果がある「nanoe（ナノイオン）<sup>注1</sup>」イオンを製品上部より吹き出す基本構造である。

(注1) 空気中の水に高電圧を加えることで生成され、様々な物質に作用しやすいOHラジカル(高反応成分)を含んだナノサイズの微粒子イオン<sup>2)</sup>

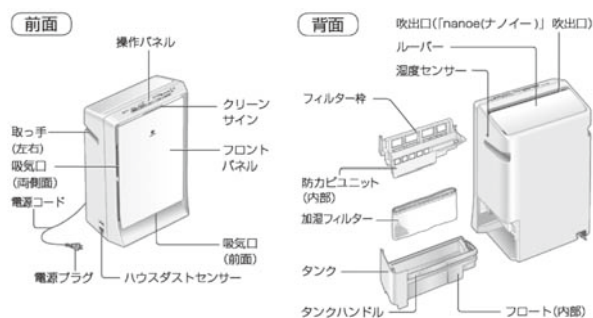


図-2 機能レイアウト

##### 3-2. シャッター構造 (図-3)

本商品は、空清モードと加湿モードの運転切替に連動してシャッターが開閉する構造を取り入れることで、加湿モードでは、積極的に加湿フィルターへの流路を設けており、各運転モードでの风量および加湿モードでの加湿性能を確保している。

豊田合成は、風路切替構造に対し、自動車分野の構造を参考にしたシャッター機構をルーバー式、スライド式など数パターン考案 (図-3) した。3D プリンターによる試作機検討した結果、安全面および信頼性、コストなどの総合判断から最終的に回転式の構造をパナソニックへ提案し、採用された。

\*1 特機部 特機技術室



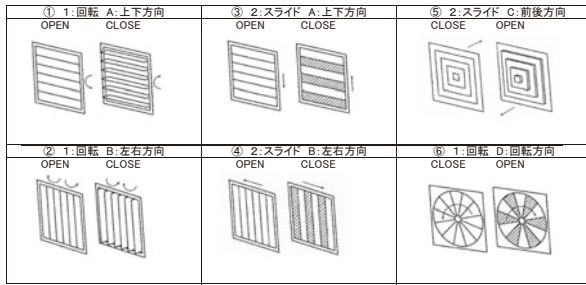


図-3 シャッター構想

### 3-3. トップルーバー構造 (図-4)<sup>1)</sup>

パナソニックの過去機種は、ステッピングモーターで開閉制御する構造であったが、本商品ではルーバーシム (軸受) と呼ばれる樹脂成形部品を用いることで、ユーザーが手でトップルーバーを動かし、用途に合わせて風向きを調節する機構が可能となっている。

豊田合成は、CAEによる変形解析と3Dプリンターによる試作を駆使し、心地よいクリック感と、ターボ運転時の風量に耐える保持力確保の両面を達成する形状設定を実現した。

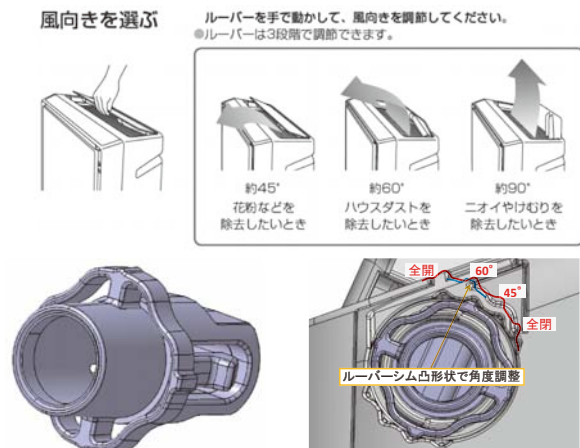


図-4 トップルーバー構造

## 4. 生産準備

### 4-1. 金型構造 (タンク一体化)

従来の加湿空気清浄機では、タンク部品の外観面にタンク内の水位を確認できる窓が設定された製品となっている。本商品は、前述の水位窓を廃止し、意匠部分と機能部分を一体化したタンク部品 (図-5) を開発した。

開発にあたり、製品形状が非常に複雑であったことから、ゲート位置やスライド機構・冷却管配置などの金型構造 DR 期間が2週間に渡った。検討を重ねた結果、難易度の高い金型構造 (図-6) となったが、量産までの3.5ヶ月の間に製作・条件設定・チューニングを完了し、顧客品質を満足した製品の量産化を達成することができた。

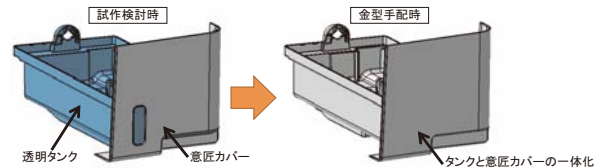


図-5 タンク部品

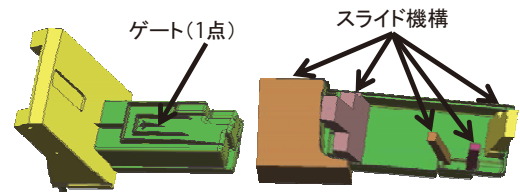


図-6 タンク金型構造

### 4-2. 超短納期生産準備

本商品は、3.5ヶ月 (出図～L/O) の中で生産準備対応が必要であった。

綿密なマスタープラン (設計 DR, 金型起工・整備, 新規組立ライン設計・整備, 新規検査設備導入, 品質管理体制整備等) を立案し、定期的な節目管理の下、QCDの観点で進捗が見える化しながら、フロントローディング型 (後戻りの無い) 生産準備を達成することができた。

## 5. まとめ

今回紹介した加湿空気清浄機では、開発チームの総力を結集し、この3.5ヶ月という超短期間で成し遂げた事で、顧客に喜ばれ高い評価を得ることができた。今までに得た知識・経験を活かし、今後の継続受注へ結びつける努力をしたい。

最後に、この製品の開発・量産化に際し、多大なるご支援を頂きましたパナソニックエコシステムズ株式会社、ご協力を頂きました成形加工・完成品組立等、各仕入先の皆様に厚く御礼を申し上げます。

## 参考文献

- 1) パナソニック株式会社「F-VX501」の取扱説明書の図より
- 2) パナソニック株式会社のホームページより

## 著者



志水英之



本藤 学



田島善直

## 高効率照明用 表面実装型白色 LED

出向井幸弘<sup>\*1</sup>, 甚目邦博<sup>\*1</sup>

### Surface Mounted White LED for High-Efficiency General Lighting

Yukihiro Demukai<sup>\*1</sup>, Kunihiro Hadame<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

近年、照明用途の白色 LED パッケージ市場は大きく拡大しており、先進国だけでなく、これまで LED 化率の低かった新興国でも、製品単価の下落や国策を背景に LED 照明が普及し始めた。一方で日本においては、白色 LED パッケージとして高品質なものが求められる独自の市場が形成されている。

これらに対応するため、従来品よりも性能を向上させた白色 LED パッケージを開発したので紹介する。

#### 2. 製品概要

白色 LED パッケージのアプリケーションとしては、電球タイプ、直管蛍光灯タイプ、ダウンライト、シーリングライト、ベースライトなどがある。本製品はこうした器具の光源に使われており、要求特性も多岐にわたる (図-1)。

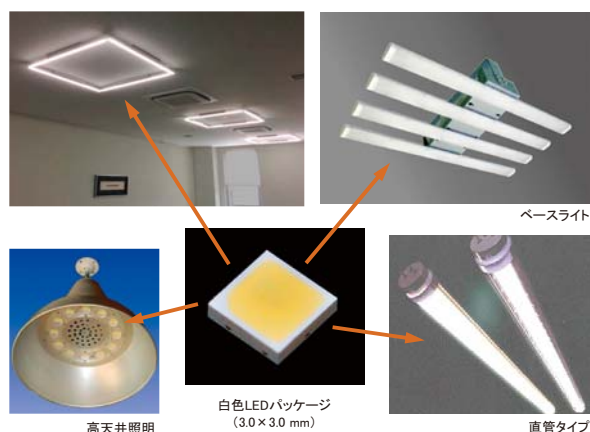


図-1 製品使用例

照明器具の効率はユーザーの消費電力コストに影響するので、商品性の重要なポイントとなって

\*1 オプト E 照明ユニット

いる。ほとんどのアプリケーションは、多数個の LED パッケージを使用するため、LED 自体の高効率化に対して要求が高い。今回、色温度 5000K において、汎用タイプは 185lm/W、ハイエンドタイプは 200lm/W の LED パッケージを開発した。ハイエンドタイプは電流を落とすと効率が良くなる特性を用いて、2in1 の並列接続としたものである (図-2, 3)。

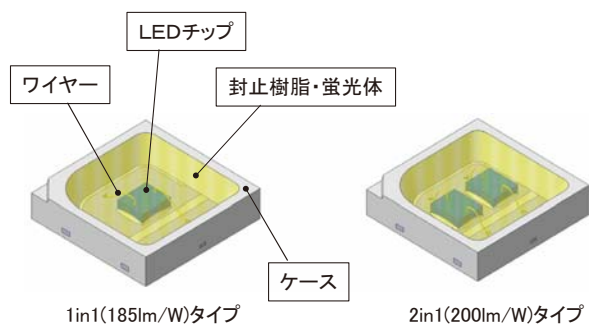


図-2 パッケージ構造

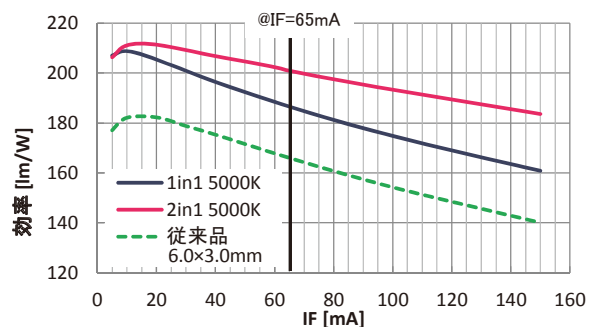


図-3 効率比較

#### 3. 製品の特徴

##### 3-1. チップ効率向上

効率向上は、主に、結晶品質の改善による発光強度向上と電極の最適配置による低 VF 化技術を組合せることで実現した。同時に、本製品

での要求性能が確保できるサイズまで縮小することでコスト低減にも貢献したチップとなっている(図-4)。

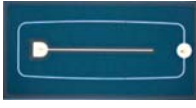

	従来品	開発品
LEDチップ形状		
面積比	1.00	0.94
発光効率比	1.00	1.03

図-4 LEDチップ

### 3-2. 信頼性

従来品は投入電力0.5W程度を想定した設計仕様となっていたが、本製品ではアプリケーション拡大を見据えて、将来的には投入電力1Wの使用でも対応できるような設計とした。投入電力が大きくなるとジャンクション温度は上昇し、パッケージ構成部材への熱と光ダメージが大きくなる。そこで、十分な信頼性を確保するため、樹脂は耐熱性の高い材料を採用した。これによって、搭載チップの高出力化と、パッケージサイズの小型化も可能になり、パッケージサイズは、従来品に比べて半分の3.0×3.0mmとなっている。

### 3-3. 色バリエーション展開

アプリケーションの要求に応じて、色温度は2700K~6500Kの6色をラインナップした(図-5)。

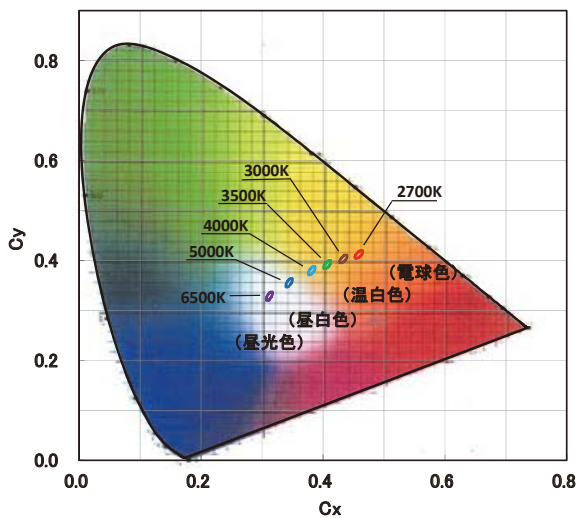


図-5 色バリエーション

色のばらつきは、器具上での色ムラ等、見栄えを左右するので色度範囲の狭い光源が要求される。従来品のばらつきが、MacAdam 5-step相当であったのに対し、開発品はより狭いMacAdam 3-stepでの提供が可能である。MacAdamとは、人が色の差を感じない範囲の指標である。本製品では、今まで積み重ねた生産技術力により、歩留りを下げることなく実現できている(図-6)。

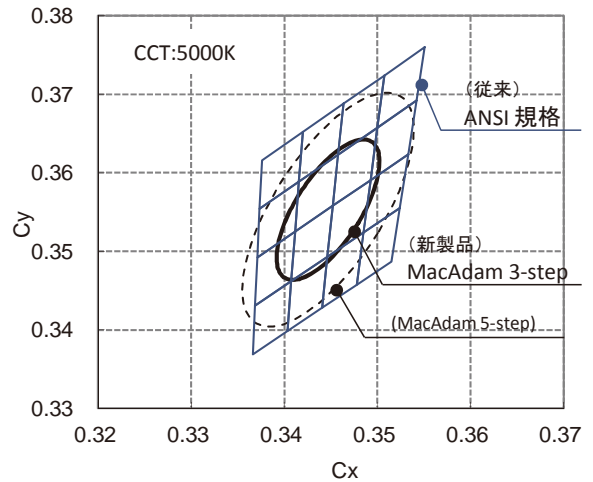


図-6 色度範囲

## 4. おわりに

最後に、本製品の開発、量産化に際し、ご尽力頂きました関係者の皆様に厚くお礼を申し上げます。

著者



出向井幸弘



甚目邦博

## カップホルダ

特 許 No 5721657

発明者 小玉易広, 福井直行, 中野大一郎\*<sup>1</sup>, 横田 誠\*<sup>1</sup>

[発明の属する技術分野]

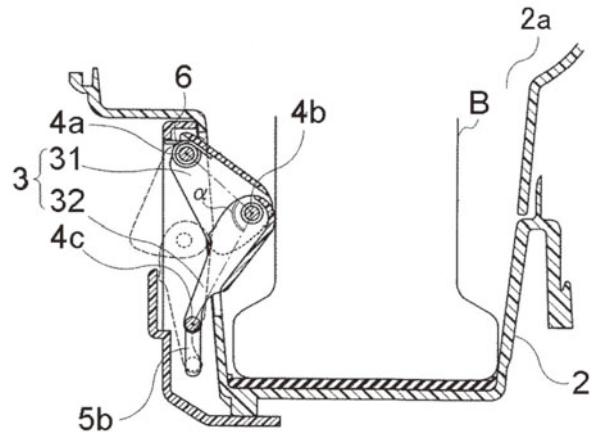
本発明は、飲料容器等を安定状態で保持するためのカップホルダに関する。

[発明の概要]

本体の収納部 2a へバネ 6 により突出し容器 B を支持する支持部材 3 は、上端が本体 2 に回転中心 4a で連結された第一支持片 31 と、その下端に上端が回転中心 4b で連結された第二支持片 32 とからなり、本体 2 には第二支持片 32 下端の回転中心 4c を案内・規制する規制部材 5b が設けられており、各回転中心 4a, 4b, 4c を結ぶ直線のなす角度  $\alpha$  が鈍角となっているカップホルダ。

[発明の効果]

側面に凹凸形状を有する容器 B でも、収納部 2a から円滑に取り出すことができる。



\*<sup>1</sup> 株式会社コジマ (本特許は同社との共同出願)

## ガラスラン

特 許 No 5130658

発明者 高瀬智宏, 岩佐則正, 有竹祐則, 土岐 智

[発明の属する技術分野]

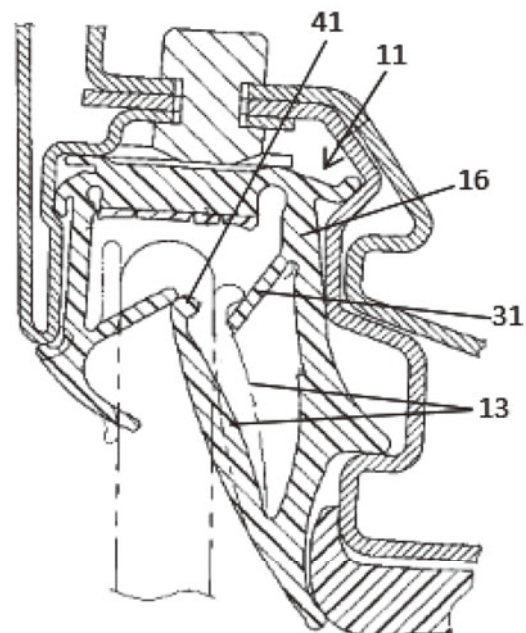
本発明は、自動車のガラス開口部周縁に取付けられるガラスランに関する。

[発明の概要]

ガラスランの少なくとも縦辺部を構成する部位の車内側側壁 16 には、本体部 11 の内側に向けてガラス開口部内周側に傾斜しつつ延び、先端部において車内側シールリップ 13 と接触可能に設けられたサブリップ 31 が設けられている。車内側シールリップ 13 には、サブリップ 31 の先端と最初に接触する部位よりも先端部側において、車内側側壁部 16 側に突出する規制突起 41 が設けられている。規制突起 41 の突出長は、サブリップ 31 の厚みの 0.5 倍以上 1.8 倍以下に設定してある。

[発明の効果]

ドアガラスが車内側に変位しようとした場合、車内側シールリップ及びサブリップが協働してドアガラスを支持することで、ドアガラスのたつきを抑制することができる。



## 燃料供給装置

特 許 No 5321444

発明者 関原敦史, 加藤哲史, 三吉啓司, 平松義也  
[発明の属する技術分野]

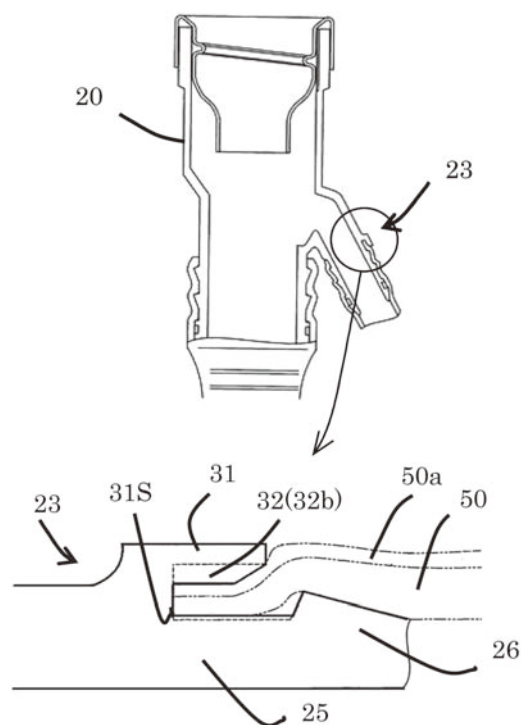
本発明は, 燃料パイプとアース経路を構成する燃料供給装置に関する。

[発明の概要]

燃料供給装置は, パイプ接続部 23 を有するファイラネック 20 と, 導電性の外層 50a を有する燃料パイプ 50 とを有する。パイプ接続部 23 は, 拔止突起 26 と, アース接続部 31 とを備える。アース接続部 31 は, 断面ほぼ L 字形に突設され, 接続本体 25 の外周面との間で挿入間隙 31S を形成する押圧部 32 を有する。押圧部 32 の接続用突起 32b は, 挿入間隙 31S に圧入された燃料パイプ 50 の外層を押圧する。

[発明の効果]

アース接続部の押圧部の接続用突起が, 燃料パイプの導電性の外層に食い込むことで, 電氣的接続を確実に行う。



## インフレーター製造方法

特 許 No 5098841

発明者 浅沼準一, 榎谷宜孝, 森 圭介, 荒木 孝  
[発明の属する技術分野]

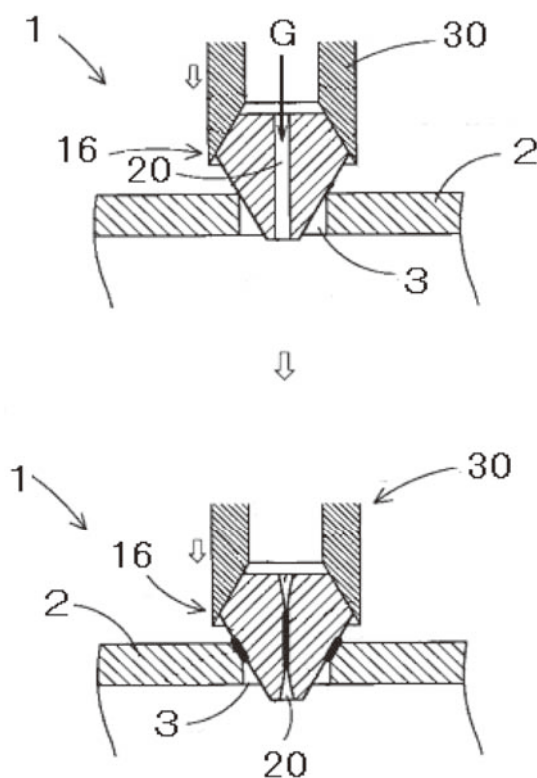
本発明は, エアバッグ膨張用のガスが充填されたインフレーター製造方法に関する。

[発明の概要]

インフレーター 1 のハウジング 2 壁面の開口 3 に, 流路 20 を設けた閉塞体 16 を, 充填ノズル 30 で押し当て, 充填ノズル 30 から加圧ガス G を流路 20 を経てハウジング 2 内に充填する。次いで, 充填ノズル 30 から閉塞体 16 を介してハウジング 2 に電流を通电して, 流路 20 の内周面を抵抗溶接すると同時に閉塞体 16 をハウジング 2 の開口 3 の周縁に溶着固定する。

[発明の効果]

充填ノズルを加圧ガスの充填と閉塞体への通电に併用することでインフレーターを容易かつ安価に製造することができる。



### Ⅲ 族窒化物半導体発光素子およびその製造方法

特 許 No 5668647

発明者 宮崎敦嗣, 奥野浩司, 新田州吾

[発明の属する技術分野]

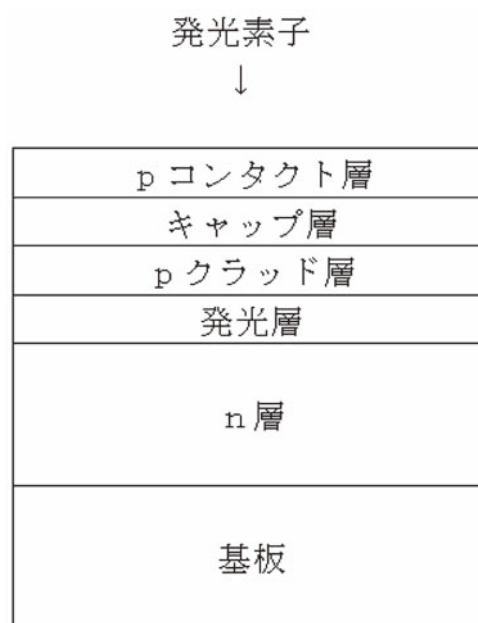
本発明は、p型層の形成方法に特徴を有したⅢ族窒化物半導体発光素子の製造方法であり、特にpクラッド層の特性悪化を防止することができる製造方法に関する。

[発明の概要]

発光層の上に、Alを含有する窒化物半導体からなるpクラッド層を形成し、その上に、同温でノンドープもしくはMg濃度が $5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 以下でGaNまたはInGaNからなるキャップ層を形成し、昇温後、pコンタクト層を形成する。

[発明の効果]

pクラッド層の特性悪化が防止されるため、発光効率の向上や素子の信頼性向上などを図ることができる。



## 編集後記

今号は、トヨタ自動車 常務理事 深澤様に特別寄稿を執筆いただき、特集「低炭素社会を目指した製品開発」として発刊いたしました。

豊田合成は、CO<sub>2</sub>削減に向け、材料技術と工法を軸とした製品の軽量化やFCV製品の技術開発を推進しており、本誌では特集テーマとして5つの論文を掲載しております。

また、一般テーマにおいては、生産技術・解析技術・設計技術の新技术6テーマと、外装製品・LED関連製品・特機製品の製品4テーマを紹介しておりますので、是非ご覧ください。

最後にお忙しい中、原稿の執筆に尽力いただいた執筆者各位、ならびに原稿の編集に取り組んでいただいた編集委員各位にお礼申し上げます。

## 表紙デザインコンセプト

豊田合成の技術と、社会や自然が交わっていく未来をイメージしながら制作しました。

ピクトグラムで表した数多くの製品開発群がベースとなり、大地に根付く姿と、技術開発の波が重なりながら自然と共生し、森を創るといった低炭素社会に貢献するストーリーを表現しております。また、社員それぞれの個性やアイデアが交わり、豊かな社会を実現していきたいという想いをこめながら、明るくさわやかなトーンでまとめております。

ぜひ、表紙と裏表紙を広げてご覧ください。

デザイン企画部



中村 恵奈

## 豊田合成技報編集委員会

編集委員長	可児 雅康	(技術管理部)
編集委員	守山 実希	(研究開発部)
	大野 芳生	(材料技術部)
	佐々 道成	(知的財産部)
	深谷 真啓	(デザイン企画部)
	永田 篤	(商品開発部)
	井上 正樹	(光源デバイス開発部)
	関谷 隆	(新製品工法開発部)
	大竹 正起	(IE技術部)
	鈴木 憲優	(SS技術部)
	岡田 雅康	(WS技術部)
	杉崎 智弘	(FC技術部)
	安藤 康司	(実験部)
	前田 亨	(金型設備製造部)
	伊藤 孝幸	(生産技術統括部)
	杉原 洋	(生産技術統括部)
	大野 聡	(IE生産技術部)
	久保 孝夫	(SS生産技術部)
	勝村 軍平	(WS生産技術部)
	田中 克巳	(FC生産技術部)
	千田 昌伸	(オプトE事業部)
	中野 伸二	(特機部)
事務局	中村 正	(技術管理部)
	三輪 聡彦	(技術管理部)
	岩本 真由美	(技術管理部)
	田代 忠	(技術管理部)
	家田 与一	(技術管理部)
	迎 ひとみ	(技術管理部)

## TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

豊田合成技報 Vol. 58 2016 (禁無断転載)

2016年12月1日発行

発行所 豊田合成株式会社  
〒452-8564  
愛知県清須市春日長畑1番地

発行人 橋本 正一

編集人 豊田合成技報編集委員会

事務局 〒492-8540  
愛知県稲沢市北島町西の町30番地  
Tel 0587-34-3295  
Fax 0587-34-3309

印刷所 竹田印刷株式会社

Copyright(C) TOYODA GOSEI CO., LTD. All rights reserved.



**TOYODA GOSEI**

**TECHNICAL REVIEW**

Vol. 58 2016

<http://www.toyoda-gosei.co.jp/>

