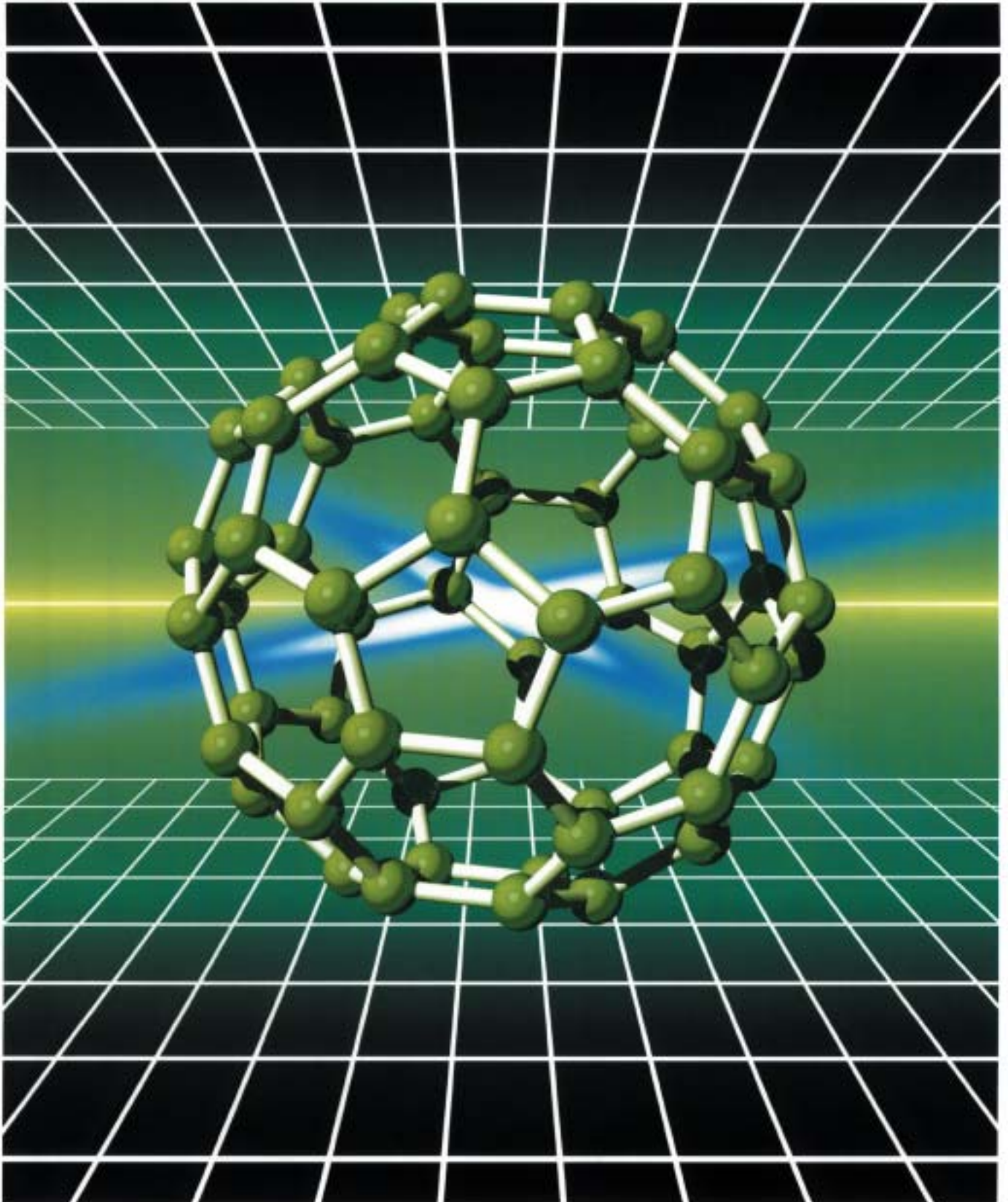


# 豊田合成技報

 TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

VOL.45 NO.1 2003



<b>巻頭言</b>	真のグローバルサプライヤーを目指して……………大坂邦明……………1
<b>報告</b>	熱分解ガスクロマトグラフィーによる 硫黄/チアゾール系促進剤加硫 エチレン-プロピレン-ジエン共重合ゴム (EPDM) の架橋構造および加硫過程解析……………山田 隆男……………2
	樹脂多層ホース・インライン肉厚計測技術……………加藤 武彦……………8 須原 克洋
	2色成形によるオープニングウェザストリップの開発……………大森 仁……………13 有竹 祐則
<b>資料</b>	豊田合成における計測技術の展開……………小川 元……………17 牛田 洋子
<b>計測技術紹介</b>	車両下回り部品の石はね音評価技術……………榊原 康雄……………22 日向 博実
	非接触3次元測定器を用いたリバースエンジニアリング……………大島 将宏……………24 井村 公俊 岩田 貴吉
	共焦点走査型レーザ顕微鏡による表面形状計測……………中根 正一……………26 松浦 元司 小松 勇
	金型 PL 隙間計測……………栗木 大次……………28 三瓶 敏久 上野 晃一
	塗装乾燥炉における温度計測……………広沢 邦和……………30
<b>新技術紹介</b>	レーザ溶着技術……………倉内 敬史……………31 千崎 恭史
<b>新製品紹介</b>	TPO 表皮インビジブルインパネ……………山田 達夫……………33 上野 樹広
	低コストクリップ締結サイドモール……………真辺 晴高……………35 年永 幸一 川島 大一郎 竹田 和生
	コーナ部外観向上 (コーナ成形レス) , 新加飾 (ファブリック調) オープニングトリム W/S……………葛谷 弘志……………37 岡島 庫人 大森 仁
	家庭用空気清浄機……………山口 秀明……………39

---

# TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW VOL.45 NO.1. 2003

---

## CONTENTS

<b>Foreword</b> .....	Kuniaki Osaka .....	1
<b>Technical Reports</b>		
Structural Characterization by Pyrolysis Gas Chromatography of Ethylene-Propylene-Diene Rubbers Cured with Sulfur/Tiazole Accelerator .....	Takao Yamada .....	2
In-line Thickness Measurement of Multi-layer Plastic Hose .....	Takehiko Kato .....	8
	Katsuhiko Suhara	
New Body Mount with Dual Injection Molding Corner .....	Hitoshi Omori .....	13
	Masanori Aritake	
<b>Technical Note</b>		
Evolution of Measurement Technology in TOYODA GOSEI .....	Hajime Ogawa .....	17
	Yoko Ushida	
<b>Measurement Technologies</b>		
Evaluation of Chipping Noise from Under Protector .....	Yasuo Sakakibara .....	22
	Hiromi Hyuga	
Reverse Engineering using Non-Contact 3-D Measuring System .....	Masahiro Oshima .....	24
	Kimitoshi Imura	
	Takayoshi Iwata	
Measurement of Surface States using Confocal Scanning Laser Microscope .....	Masakazu Nakane .....	26
	Motoshi Matsuura	
	Isam Komatsu	
Methods to Measure the Clearance between the Parting Faces of Metal Mold .....	Daiji Kuriki .....	28
	Toshihisa Sanbei	
	Koichi Ueno	
Method of Temperature Measurement for Paint Dry-off Oven .....	Kunikazu Hirozawa .....	30
<b>New Technologies</b>		
Technology of Laser Welding .....	Takashi Kurauchi .....	31
	Yasushi Senzaki	
<b>New Products</b>		
Invisible Instrument Panel with TPO Skin .....	Tatsuo Yamada .....	33
	Shigehiro Ueno	
Low-Cost Side Molding with Clips .....	Harutaka Manabe .....	35
	Koichi Toshinaga	
	Daiichiro Kawashima	
	Kazuo Takeda	
Improvement at Corner Appearance and Decoration Lip Surface Appearance (Fabric Like) of Body Mount W/S .....	Kuzuya Hiroshi .....	37
	Okajima Kurato	
	Omori Hitoshi	
Air Purifier for Home Use .....	Hideaki Yamaguchi .....	39

## 巻 頭 言



セーフティシステム事業部長  
常務取締役 大坂 邦明

### 真のグローバルサプライヤーを目指して

今我々は企業としての生き残りをかけた競争に挑んでいる。特に自動車部品事業にあつては自動車を取りまく大きな世界市場のうねりの中で終わりのない競争に勝ち残るため、モジュールサプライヤー、システムサプライヤー、フルサービスサプライヤー、さらには真のグローバルサプライヤーとなるべく大きく脱皮しようとチャレンジしているところである。

そのためにはまず顧客からそれぞれの市場で期待される品質・コストの達成は当然であるが、さらにそれ以上の期待に応えるための取り組みが必要である。例えば我々の顧客の対象は世界中に広がろうとしているが、それぞれの顧客はそれぞれの市場毎に多種多様な要望を持っている。何故ならそれぞれの市場のエンドユーザーに対して顧客自身が他社との競争に勝ち残るべく、差別化のために独自のブランド強化で生き残りをかけようとしているからである。そうであるからこそ我々自身もまたそれぞれの市場において顧客の向う側にいるエンドユーザー及び社会の動向を意識した商品開発・技術開発を強化していかなければ、顧客からは見向きもされなくなるのではなからうか。

顧客からの市場動向・要望を聞きながら商品開発・提案していた時代は終わったと自覚すべきである。それぞれの顧客が要望するブランド強化にふさわしい商品を提案出来るビジネスモデルを構築できないとトップ企業にはなれない。特に真のグローバルサプライヤーを目指す以上、顧客によっては数年先のみならずもっと先を見据えた商品開発・技術開発（生産技術も含む）が必要になってくる。短期開発への対応も重要だが、それに加えて我々の直接の競合相手の一步先を行く先行技術開発がより重要になってくる。そのためには事業部のみならず営業等機能部門も含めた全体のアンテナ機能を出来るだけ高くしかつ感度を高め、入ってくる情報が価値あるものかどうかを判断できる個々人のセンスを上げることを早急に進めなければならない。

まさにスピードが大事であるが、そのための決め手は何といっても人の質の向上である。計画は立てても実行がともなわなければ成果は出ない。実行するのは人である。グローバル企業を目指す以上、グローバルで活躍できる多くのエンジニア、マネージャーを育てていかないと伸びていけないのは明白である。しかしそのための即効薬はない。各自の自己研鑽を基に地道な職場での OJT で鍛え上げ、一人一人の力を上げていくしかない。全員がそれぞれの持ち場でその役割・実力をフルに発揮出きてこそ明日に向かっての企業は伸びていける。それを通じてさらに自分を磨き、自分の価値を高めることに励んで欲しい。

## 報 告

## 熱分解ガスクロマトグラフィーによる硫黄/チアゾール系促進剤加硫エチレン-プロピレン-ジエン共重合ゴム(EPDM)の架橋構造および加硫過程解析

山田 隆 男 \*<sup>1</sup>

## Structural Characterization by Pyrolysis Gas Chromatography of Ethylene-Propylene-Diene Rubbers Cured with Sulfur/Tiazole Accelerator

Takao Yamada \*<sup>1</sup>

## 要 旨

水素炎イオン化検出器 (FID) および炎光光度検出器 (FPD) を備えた熱分解ガスクロマトグラフィーにより, 硫黄およびチアゾール系加硫促進剤で加硫したエチレン-プロピレン-ジエン共重合ゴム(EPDM)の架橋構造および加硫過程の解析を試みた。その結果, EPDM架橋部の硫黄が熱分解の際, エチリデンノルボルネンのエチリデン残基と環化反応して生成したと推定される二つの硫黄化合物が検出され, 質量スペクトルにより分子式 $C_7H_6S$ で示される熱分解成分と同定された。この成分は加硫の進行とともに, ピーク強度が増大することが確認された。また, ポリマー分子のENBにペンダント的に化学結合した2-メルカプトベンゾチアゾール促進剤残基に特徴的な熱分解成分としてベンゾチアゾールも観測された。これらの結果に基づき, 加硫進行過程についても考察した。

## Abstract

EPDM cured with sulfur and some accelerators were characterized by Py-GC with both a flame ionization detector (FID) and a sulfur-selective flame photometric detector (FPD). For curing with sulfur and 2-mercaptobenzothiazole accelerator, two kinds of sulfur-containing products, such as  $C_7H_6S$  isomers and benzothiazole, are typically observed in the pyrogram. The former is supposed to be formed from sulfur bridges to ethylenenorbornene residue in the polymer chain through cyclization, while the latter is considered to be derived from the pendant accelerator residue. The vulcanization process for the EPDM rubber is discussed on the basis of the relationships between the peak intensities of the characteristic products and cure time.

\*<sup>1</sup> 材料技術部

## 1. はじめに

エチレン-プロピレン-ジエン共重合ゴムは硫黄加硫ができるようにジエン成分を第3成分として共重合させたものであり、耐候性、耐熱性に優れ、自動車部品などに広く使用されている。

加硫ゴムの分析法として、赤外吸収スペクトル法 (IR) はカーボンブラックによる強い光吸収が障害となり、溶液NMR法は加硫ゴムが溶媒に溶けないため測定困難である。また固体NMR法は検出感度面で課題を残している。一方熱分解ガスクロマトグラフィー (Py-GC) は前処理不要で、試料形態の制約を受けず、微細構造の高感度検出が可能のため加硫ゴムのキャラクタリゼーション手法として有効である。

Py-GCの手法は、その特徴を生かして加硫して不溶化したゴム試料のさまざまな構造解析に用いられてきた。初期のPy-GCによる加硫ゴムの解析は、主にポリマー組成や、同定に関する研究に限られていた<sup>1) 2)</sup>が、その後のシステムの高性能化に伴って、架橋構造などの化学構造の解析にも、その適用範囲が拡大されてきた。例えば、Jinら<sup>3)</sup>はポリイソプレンの加硫物をPy-GC/MSにより、またHäuslerら<sup>4)</sup>は放射線架橋したcis-1,4-ポリブタジエン加硫物をPy-GCにより測定し、両者とも架橋度に応じて特徴的に生成する炭化水素化合物のピーク強度比を調べ、架橋構造を論じている。また、著者らは、イオウ加硫したEPDMを高分離能のPy-GCで測定し、エチレン / プロピレン連鎖の解析やジエン成分の定量ができることを述べた。<sup>5) 6)</sup>

これらのPy-GCによる加硫ゴムの研究では、水素炎イオン化検出器 (FID) や質量分析計 (MS) を検出器に用いて熱分解生成物を検出しているが、硫黄架橋構造については、イオウを含む熱分解生成物が重要な情報を与えると考えられるので、硫黄化合物に対して選択的かつ高感度に応答する炎光光度検出器 (FPD) を用いることが有効である。Andersonら<sup>7)</sup>は、FPDを用いたPy-GCの手法を、天然ゴム加硫物の解析に適用し、硫黄を含む熱分解物の生成率は加硫促進剤の種類や架橋度によってかなり変化することを見出している。しかし、この研究では、用いた充填カラムの分離能が低く、またカラム温度も十分高温まで昇温していないため、解析に用いたのは比較的沸点の低い分解物に限られ、検出された含硫黄化合物をもとの架橋構造に結び付けて解析するには至っていなかった。

一方、FPDとともにキャピラリー分離カラムを備えた高分離能のPy-GCを用いれば、原料ゴムと硫黄との架橋構造を反映した、特徴的なチオフェン類を観測し、NR、BRおよびNBRなどのジエン系ゴムについて、硫黄によるゴムの加硫機構をかなりの程度まで解析できることが報告された<sup>8)</sup>。

そこで、本研究では、FIDおよびFPDを併用したPy-GCを用いて、硫黄および代表的な含硫黄加硫促進剤である2-メチルメルカプトベンゾチアゾール (MBT) により加硫したEPDMの架橋構造や、加硫の進行過程を考察した。

## 2. 実験

### 2-1. 配合および未加硫コンパウンドの作製

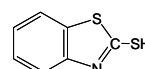
本実験に用いた2種類の加硫EPDM試料の配合内容および加硫条件を表-1に示す。EPDMポリマーには市販のJSR (株) のEP33 (エチレンノルボルネン: ENB含量8.1wt%, E/P/D比:2/1/0.1) を用いた。加硫促進剤2-メルカプトベンゾチアゾール (MBT)、ステアリン酸および酸化亜鉛 (ZnO、亜鉛華3号) は市販品をそのまま用いた。ここでは、4インチロールを用いて予めEPDMポリマーを素練りしながら、硫黄および加硫促進剤を添加して混練し、ロール混練後、継続して薄通しを5回行い、分出して、未加硫ゴムコンパウンドとした。これらのコンパウンドを160°Cで所定時間プレス成形し、厚さ2mmの加硫ゴムシート試料を作製した。なお、加硫の進行過程を調べるために、試料No.1と同一の配合で、160°Cで2 minまたは6 minだけ加硫した試料も調整した。Py-GC測定に先立ち、アセトン-クロロホルム (30/70) 混合溶媒にてソックスレー抽出器を用いて80°Cで8時間抽出し、更に抽出後室温にて24時間真空乾燥した。

表-1 試料の配合表および加硫条件

Material	No.1	No.2
EPDM*	100	100
酸化亜鉛	3	3
ステアリン酸	1	1
硫黄	1.5	8
促進剤 MBT**	1.5	-
加硫温度 (°C)	160	160
加硫時間 (min)	20	60

\*E/P/D=20/10/1 mol

\*\* MBT



## 2-2. 熱分解ガスクロマトグラフの測定条件

熱分解装置には高周波誘導加熱型（日本分析工業製；JHP-3）を用い、ガスクロマトグラフ（島津製作所製；GC-15A）の試料注入部に直結して用いた。このGCは検出器として水素炎イオン化検出器（FID）と硫黄化合物を選択的に検出する炎光光度検出器（FPD）の両方を備えておりPyGCの操作条件を同一にしてカラムを必要な検出器にその都度接続して検出を行った。分離カラムには、架橋型ポリジメチルシロキサンを塗布した溶融シリカキャピラリーカラム（J&W社製；DB1:0.25mmi.d.x 60m ;1.0 μ m film thickness）を用いた。試料約300 μ gをキューリー一点590℃の強磁性体ホイルに包んで、ヘリウム気流中で3秒間高周波を照射して熱分解した。カラム温度は7℃/minの速度で40から300℃まで昇温し、パイログラム上の成分の同定は標準物質の保持時間との比較およびPy-GCに直結した質量分析計（島津製作所製；QP-5000）による質量スペクトルの測定により行なった。

## 3. 結果と考察

### 3-1. 硫黄/メルカプトベンゾチアゾール加硫EPDMの硫黄架橋構造に特徴的な熱分解成分の検出

図-1に硫黄とともに2-メルカプトベンゾチアゾール（MBT）を用いて、20分間加硫したEPDM試料のFIDおよびFPDにより検出したパイログラムを示す。試料から前もってソックスレー抽出により、加硫反応に寄与しなかった加硫剤および加硫促進剤を除去しているため、パイログラム上の分解物はEPDMの主鎖骨格あるいは架橋構造に由来するものであると考えられる。FIDにより検出したパイログラム上には、EPDMのエチレン-プロピレン連鎖の主構造を反映する一連の特徴的な炭化水素である2-メチルオレフィン、1-オレフィンおよびパラフィンなどや、ENB単位に由来する特徴的な分解成分（Dn：D1～D4）が観測された。またENB単位へ促進剤MBT残基がペンダント結合した構造からの分解物であるベンゾチアゾールも観測された。

一方、FPDによるパイログラム上にはベンゾチアゾールに加えてENBと硫黄との架橋構造を反映する二つの分解成分が保持時間23min付近に観測された。これらは、PyGC-MSにより、両者とも図-2に示す質量スペクトルが得られたこ

とから、図-1に構造を示した分子式C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>S（分子量=122）で示される二つの異性体、(I)2,4-シクロペンタ[2,3]チオフェンおよび(II)2,5-シクロペンタ[2,3]チオフェンであると推定された。これらの分解成分は、FIDで検出したパイログラム上にも微小なピークとして観測されているが、炭化水素の群ピークと重なっており、十分な分離はなされていない。

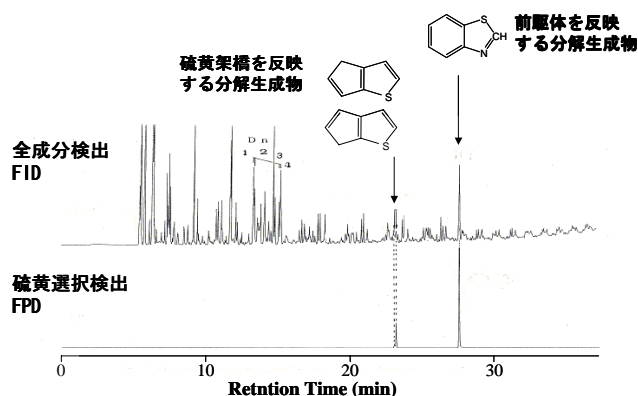


図-1 硫黄/チアゾール系促進剤加硫EPDMのFIDおよびFPD検出パイログラム

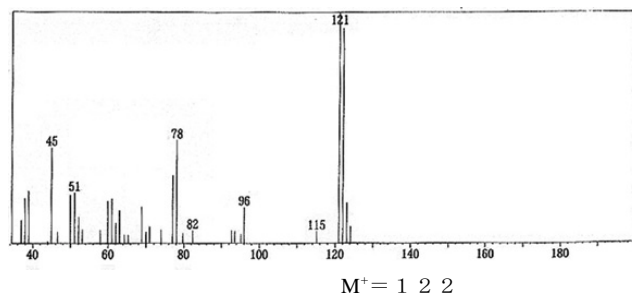


図-2 硫黄架橋構造を反映する熱分解成分のMSスペクトル

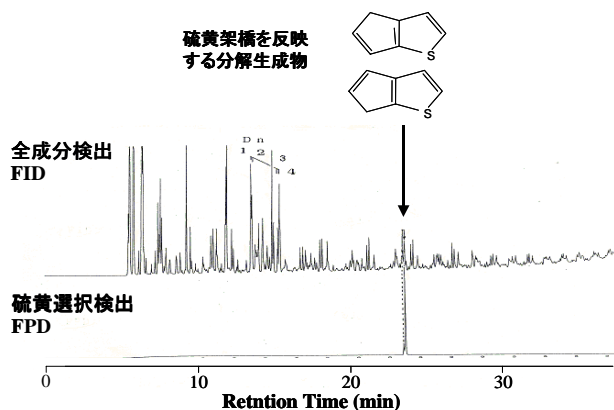


図-3 硫黄単独加硫EPDMのFIDおよびFPD検出パイログラム

次に、**図-3**に酸化亜鉛 (ZnO) 存在下硫黄単独で加硫したEPDMのFIDおよびFPDにより検出したパイログラムを示す。一般に、硫黄単独での加硫速度は遅いため、ここでは加硫時間を60minと長くするとともに、配合量を多くし、残留加硫剤を抽出処理したものを試料とした。FID検出器によるパイログラムでは、**図-1**と同様にエチレン-プロピレン骨格を反映する各種炭化水素類、およびENB単位に由来するD1~D5の成分とともに、炭化水素類に重なってC<sub>7</sub>H<sub>6</sub>Sの2本の異性体ピークが観測された。

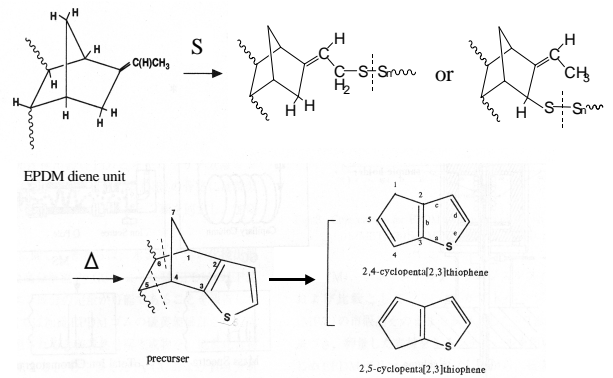
一方、FPDのパイログラム上にはC<sub>7</sub>H<sub>6</sub>Sの2本のピークのみが観測された。しかしながら、いずれのパイログラム上にもベンゾチアゾールのピークは観測されなかった。この硫黄単独加硫の試料では、加硫促進剤を併用した試料No. 1よりも硫黄配合量が多く、加硫時間を長くしたため、両試料のパイログラム上で観測されるピーク強度を単純に比較することはできないが、この化合物はどちらの試料にも共通して観測されることから、硫黄架橋部分から生成した分解成分とみなすことができる。

**図-4**は、これらの特徴的な複素環状化合物が、加硫したEPDMのイオウ架橋構造から生成する過程を推定したものである。これまでに、エチリデンノルボルネンをイオウ加硫して二量化した化合物を、EPDMのイオウ架橋構造のモデルとして解析した結果、イオウ架橋はエチリデンノルボルネンの二重結合に対して二ヶ所のβ位の炭素上で形成していることが報告されている<sup>9) 10)</sup>。したがって、**図-4**に示すように、一般的にEPDMのイオウ架橋も、ジエン単位の二重結合に対してβ位に位置する炭素上で形成されていると考えることができ、EPDMポリマーラジカルの電子スピン共鳴測定を行った報告例からもそのことが示唆されている<sup>11)</sup>。イオウ加硫したEPDMの熱分解に際しては、この架橋点に最も近いS-S結合間で開裂が起こったのち、環化反応により形成される**図中**に示すような中間体を経て、この部分がENB単位の一部とともに分解脱離することによって5員環骨格からなる二つの含イオウ複素環化合物(C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>S)、(I) 2,4-シクロペンタ[2,3]チオフェンおよび(II) 2,5-シクロペンタ[2,3]チオフェンが生成すると推定することができる。また、イオウ加硫したEPDMの熱分解によるこれらの化合物の生成は、

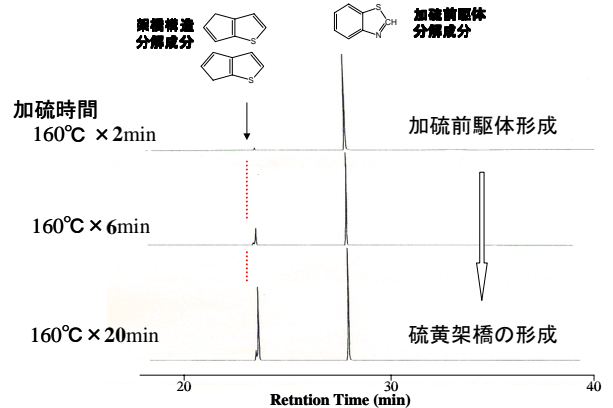
**図中**に示したように、ジエン単位の二重結合のβ位炭素上でイオウ架橋が形成されているとする従来の仮説<sup>12)</sup>を裏付けていることにもなる。

### 3-2. 加硫の進行過程と加硫機構の解析

次に、イオウ加硫したEPDMをPy-GC測定し、FPDで検出したパイログラム上に観測される含イオウ化合物について、加硫に伴う当該ピーク強度の変化を追跡して、加硫の進行過程を調べてみた。ここでは、加硫促進剤にMBTを用いる試料1と同一の配合で、160℃での加硫時間を2、6および20分と変えて調製した試料について、未反応物を抽出除去した後、FPD検出によりPy-GCを測定した。その結果測定されたパイログラムを**図-5**に示す。2分間加硫したEPDMのパイログラム上で、すでにベンゾチアゾールのピークが明確に観測され、加硫のかなり初期の段階で、MBTとイオウとの反応により生成したポリスルフィド化合物が開裂して、ジエン成分とのペンダント結合を形成していると考えられる。さらに加硫が進むにつれ、イオウ架橋の形成を反映するC<sub>7</sub>H<sub>6</sub>Sの異性体ピーク強度が次第に大きくなっており、イオウ架橋が形成されていく過程をはっきり追跡することができる。



**図-4** C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>S 複素環状化合物の生成過程

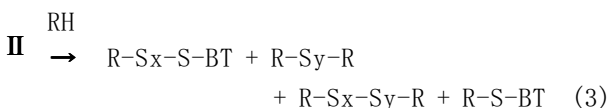
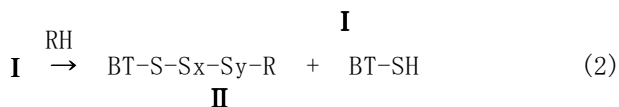
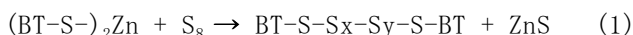
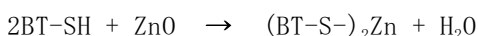


**図-5** 加硫時間によるパイログラム変化 (FPD)



そこでこれらの観測結果から、MBTを促進剤に用いるEPDMのイオウによる加硫反応を推定してみた。

一般的に、架橋剤としてイオウのみを用いてゴムを加硫すると長時間を要し、得られた加硫ゴムの物性も良くない場合が多いが、有機加硫促進剤と促進助剤としての酸化亜鉛（亜鉛華；ZnO）との併用によりこれらの欠点は著しく改良されることが知られている。イオウと有機加硫促進剤を用いた系による加硫機構には不明な点が多いと言われてきたが、有機加硫促進剤としてMBTを用いた天然ゴムの加硫促進については、従来から以下の機構が提唱されている<sup>10)</sup>。



ただし、BT：ベンゾチアゾール残基、BT-SH：メルカプトベンゾチアゾール、RH：ゴム分子である。

(2)式に示したBTがペンダント結合した加硫ゴムの前駆体（II）から、(3)式に示すように、順次ゴム分子の分子間架橋が形成される。このように提唱されているゴムの一般的な加硫機構と

今回Py-GCで測定して得られた結果をもとに、EPDM試料について推定される加硫反応過程を図-6に示した。

加硫操作の初期段階で、まず、促進剤MBTがZnOを触媒として、活性化されたイオウ分子S<sub>8</sub>と反応し、ポリスルフィド化合物（I）を形成する。この化合物はS-S結合で開裂した後、生成した含イオウラジカルが、EPDMのENB単位にあるオレフィン性二重結合のβ位に位置する炭素上で、水素引き抜きによって生成したポリマーラジカルと反応してペンダント結合を形成し、加硫ゴムの前駆体を形成する。次に、この前駆体のS-S結合がさらに開裂して二つの含イオウラジカルを生成し、一方は別のEPDM分子のENB単位と同様に反応し、イオウ架橋を形成する。もう一方はEPDM分子のENBとペンダント結合を形成しイオウを取り込んだ前駆体を再生する。もう一方はEPDM分子のENBとペンダント結合を形成しイオウを取り込んだ前駆体を再生する。これら一連の反応が繰り返される過程で、イオウ連鎖を徐々に短くしながら、イオウ架橋が形成されていくものと考えられる。また、この反応過程と、図-5示したように、パイログラム上にベンゾチアゾールのピークが常時かなりの強度で観測されていることを合わせて考慮すると、ENBにペンダント結合したMBT残基の量そのものは、加硫反応の進行過程を通じて、全体として顕著な増減はしていないと考えられる。

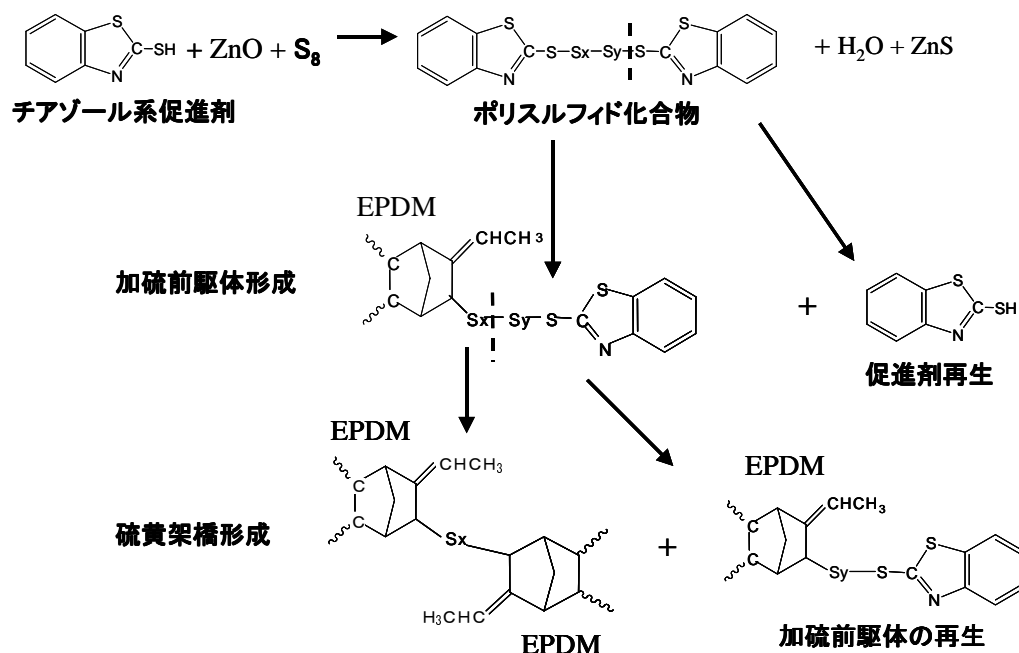


図-6 硫黄/チアゾール系促進剤加硫EPDMの加硫反応過程

#### 4. まとめ

以上のように、FPDを備えたPy-GCで検出された含硫黄成分は、EPDMの硫黄架橋構造またはその前駆体から熱分解により切り出されたものであり、そのピーク強度は架橋状態を反映する一つの指標となり、加硫過程を追跡することができた。FPDを用いるPy-GCは硫黄加硫したEPDMの架橋構造および加硫過程を解析する有力な手段となることができ、今後さらに幅広い分野への応用が期待される。

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、御指導を頂いた愛知工業大学工学部の柘植 新教授、名古屋大学工学研究科の大谷 肇助教授に深甚な謝意を表します。また、適切な御指導と御協力を頂いた豊田工業大学の奥本忠興客員教授に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) J. B. Pausch, R. P. Lattimer, :*Rubber Chem. Technol.* : **56**, 1031 (1983)
- 2) 平柳滋敏,木村和代,佐藤峰雄,原田都弘 : 日本ゴム協会誌, **55**, 112 (1982)
- 3) X. Jin, H. Li : *J. Anal. Appl. Pyrol.* **3**, 49 (1981)
- 4) K. G. Häusler, E. S. Schröder, B. Huster : *J. Anal. Appl. Pyrol.* **2**, 109 (1980)
- 5) T. Yamada, T. Okumoto, H. Ohtani, S. Tsuge : *Rubber Chem. Technol.* **63**, 191 (1990)
- 6) T. Yamada, T. Okumoto, H. Ohtani, S. Tsuge : *Rubber Chem. Technol.* **64**, 708 (1991)
- 7) E. M. Anderson, I. Ericsson, L. Trojer : *J. Anal. Appl. Pyrol.* **27**, 2527 (1982)
- 8) H. Nakagawa, S. Tsuge, K. Murakam : *J. Anal. Appl. Pyrol.* **10**, 31 (1986)
- 9) J. H. M. van den Berg, et al. : *Rubber Chem. Technol.* **57**, 265 (1987)
- 10) E. F. J. Duynstee, *Kautsch. Gummi Kunst.* **40**, 205 (1987)
- 11) 三宅泰治,森内修二,増田嘉弘,山田文一 : 日本ゴム協会誌, **59**, 568 (1986)
- 12) Coran, A. Y. : *Rubber Chem. Technol.* **37**, 679 (1964)

# 報 告

## 樹脂多層ホース・インライン肉厚計測技術

加藤 武彦<sup>\*1</sup>, 須原 克洋<sup>\*2</sup>

### In-line Thickness Measurement of Multi-layer Plastic Hose

Takehiko Kato<sup>\*1</sup>, Katsuhiko Suhara<sup>\*2</sup>

#### 要 旨

樹脂多層ホース（エバポ規制に対応するため、2層構造の内層にフッ素樹脂を採用したホース）において、製品の重要特性である内層肉厚を保証する必要がある。

ここでは内層肉厚であるフッ素樹脂部肉厚を超音波計測方式にてインラインで計測できる技術を開発したので報告する。

#### Abstract

For the quality insurance of multi-layer resin hose (using fluoroplastics for inner layer in order to meet Evaporative Emission Standard), it is necessary to assure the thickness of inner layer which is one of the most important specification of the product.

Therefore, we developed and applied the ultrasonically measuring system in the production line to measure the thickness of inner layer automatically.

<sup>\*1</sup> Takehiko Kato 開発部 生技開発室

<sup>\*2</sup> Katsuhiko Suhara 開発部 生技開発室

## 1. はじめに

今回の対象製品である樹脂多層ホースは、エバポ規制対応のためフッ素樹脂を内層とした2層構造の燃料ホース（図1）であり、内層肉厚の保証を行う必要がある。

現状の肉厚保証方法は人による破壊検査にて実施しており、これをインラインにて非破壊計測できる技術の確立ができたので報告する。

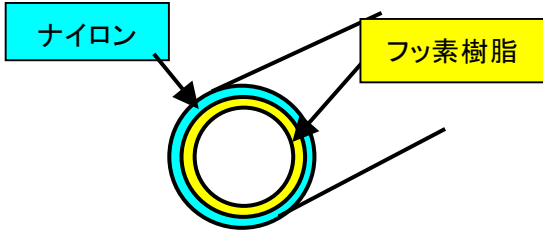


図1. 燃料ホース

## 2. 計測箇所

計測箇所は偏肉の状況も把握するために、フッ素樹脂層の円周方向の4箇所を計測する（図2）。

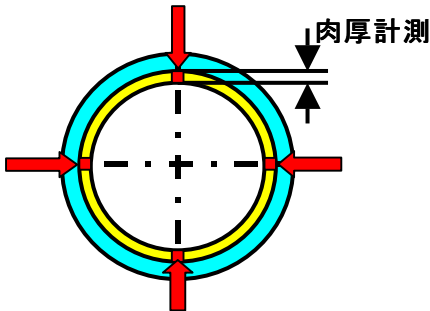


図2. ホース断面図

## 3. 開発目標

計測対象肉厚 $200\mu\text{m}$ を4点計測する場合の開発目標は下記（表1）のように設定した。

表1. インライン計測の開発目標

計測分解能	$2\mu\text{m}$ 以下
計測誤差	$\pm 5\mu\text{m}$ 以下
計測時間	1 sec以下

## 4. 非破壊計測方式の事前検討

非破壊計測手法について、いくつかの事前検討を実施した。

### 4-1. X線透視計測方式

内層肉厚が測定できるレベルでの透過画像が得られることが確認できた。しかし、4点計測するには透視計測方式では2台の装置が必要となる。

### 4-2. X線CT計測方式

全断面の画像を得ることができたが、計測時間や設備コストの面で実用化は難しいと判断した。

### 4-3. 超音波計測方式

超音波計測方式は設備コストが安く抑えられる利点がある反面、全ての材質の肉厚が計測できるとは限らない。そこで、対象ワークにて反射パルスを測定したところ、 $20\text{MHz}$ の水浸式の超音波センサを用いることで、外管層、境界面、内管面の3つの反射波が得られ、計測の可能性が確認できた。

### 4-4. 計測方式の選定

事前検討結果を下記の表2に示す。事前検討結果により、超音波計測方式を採用し計測装置の開発を実施することにした。

表2. 事前検討結果

	X線透視	X線CT	超音波
計測精度 $\pm 5\mu\text{m}$ 以下	$\pm 5\mu\text{m}$ ○	$\pm 10\mu\text{m}$ ×	$\pm 5\mu\text{m}$ ○
計測時間 1sec以下	約1 sec ○	約2 min ×	1sec以下 ○
設備コスト	約2500 万円 ×	約5000 万円 ×	約500 万円 ○
評価	×	×	○

## 5. 超音波計測方式

### 5-1. 機器構成

超音波センサ（以降センサと呼ぶ）とは超音波の発射と反射波の検出を行うための圧電素子であり、超音波パルスを発射、検出するためのパルサーレーザと共に構成する。今回は4点計測のため、パルサーレーザ1台で4個のセンサをチャンネル切替器にて処理する方式とした。また検出した波形データを処理するため、A/D変換器を通した後、パソコンを用いて処理する。（図3）

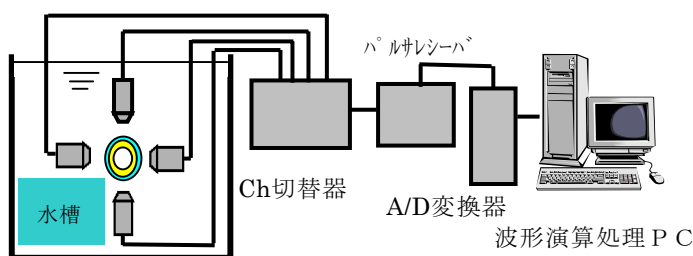


図3. 超音波計測機器構成図

### 5-2. 計測原理と肉厚計測方法

センサから対象ワークに向けてパルスが発せられ、パルスは表面、境界面、内管面でそれぞれ反射波が戻ってくる。その反射波をセンサにて検出すれば、反射波の時間差からそれぞれの層の肉厚を求めることができる。図4はワークの反射波波形であり、 $\Delta t_1$ はフッ素樹脂層肉厚の時間差である。フッ素樹脂肉厚を求める式を(1)式に示す。

$$\text{フッ素樹脂肉厚} = \text{音速(m/s)} \times \Delta t_1 \div 2 \quad \dots (1)\text{式}$$

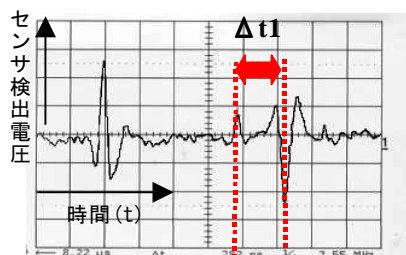


図4. ワークの反射波形

## 6. フッ素樹脂の音速値算出

材料の物性値から導く音速値を求める方法として公式(2)式がある。あるロットでの物性値から音速値を求めると1580(m/s)となり、もう一つの求め方として、既知の肉厚のテストピースを用いて超音波の反射時間から(1)式により、逆算して求めてみると1574(m/s)となった。どちらの方法でもほぼ同じ結果を得ることが確認できた。

$$\text{音速} = \sqrt{\frac{\text{弾性率} \times (1 - \sigma)}{\text{比重} \times (1 + \sigma)(1 - 2\sigma)}} \quad \dots (2)\text{式}$$

## 7. 分解能と計測精度（静止状態）

### 7-1 分解能

超音波による肉厚計測の技術的なポイントは反射波の時間間隔計測が要であり、目標分解能である2μmを実現するには、2.6ns以下のサンプリング周期での検出電圧計測が必要となる。そこで、今回は500MHzの高速なA/D変換器を採用し、1.5μmという分解能を実現した。

### 7-2 静止状態での繰返し精度

同一ワークによる繰返し精度(n=30)を表3に示す。繰返し精度=±2.6μm（片側3σ）。

表3. 繰返し精度

	フッ素樹脂層
平均	212 μm
Range	3 μm
σ	0.88 μm

## 8. ノイズ対策による信頼性確保

実際の波形は図5に示すようにナイロン層とフッ素層の境界面波形がノイズにより、識別できない状況がまれに発生していた。そこで、ノイズ対策によりS/N比を高めるため、次に示す項目について対策を実施した。

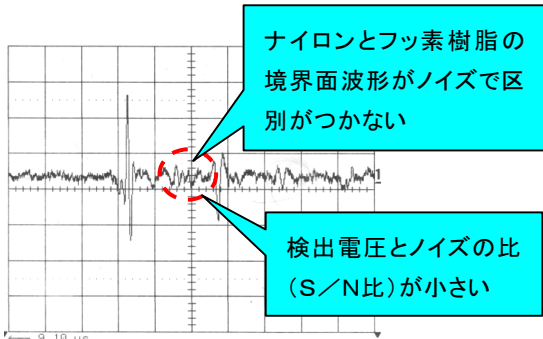


図5. ノイズ発生時の波形

- ①計測BOX内の発生ノイズ対策
- ②電源ライン, 信号線のノイズ対策

8-1. ノイズ対策結果

ノイズ対策を実施した結果, 図6に示すように対策前と対策後のS/N比は2倍以上に向上し, 反射波ピークの検出が確実になった.

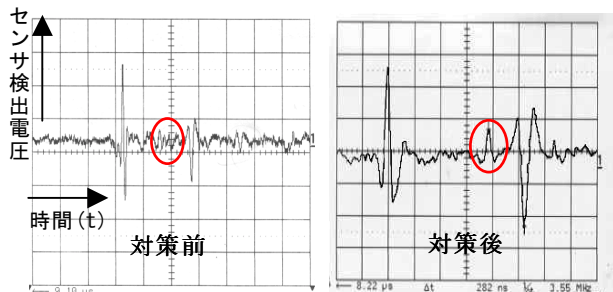


図6. ノイズ対策結果

9 インライン計測実施時のばらつき測定

実際にインライン計測を実施した場合に予想される下記項目について, ばらつきを測定した.

- ①温度影響による計測ばらつき  
設置工程での温度影響による肉厚計測ばらつきは±2.0 μmであった.
- ②ワークぶれによる計測ばらつき  
縦ぶれ, 横ぶれ合わせて計測ばらつきは±1.0 μmであった.

10. 机上計測精度まとめ

各計測影響のばらつきをまとめ (表4), 計測ばらつきが目標計測精度に入っているかを正規分布累積法にて確認をおこなった. その結果, 総合計測精度は±3.4 μm (目標計測精度±5.0 μm)となり, 机上での計測精度は目標を満足することが確認できた.

表4. 各計測影響のばらつき

計測影響の因子	ばらつき
繰返し精度	±2.6 μm
温度影響	±2.0 μm
ワークぶれ	±1.0 μm

<正規分布累積法による精度確認>

$$\sqrt{2.6^2 + 2.0^2 + 1.0^2} = 3.4$$

総合計測誤差 ±3.4 μm (開発目標 ±5.0 μm)

11 計測時間

1断面の計測に要する計測時間 (表5) は, 450 msであり目標計測時間1 secを満足することが確認できた.

表5. 1断面あたりの計測時間

超音波送受信時間	50 ns
演算処理時間	200 ms
チャンネル切替時間	250 ms

## 1 2 インラインでの計測精度検証

インラインでの計測精度を確認するため、計測装置を生産工程（押出工程）に設置し、計測箇所はワーク寸法が一番安定していると思われる水冷槽の最後部にて実施した

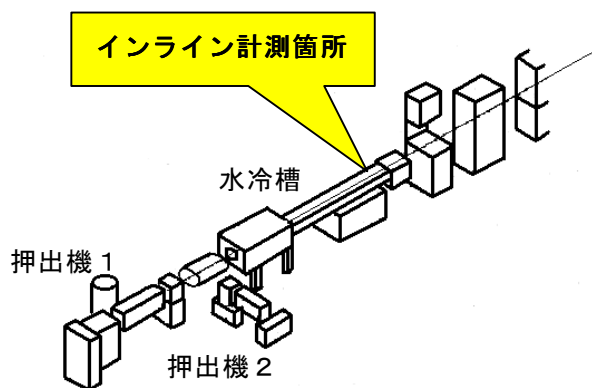


図 7. 押出工程での計測箇所

### 1 2-1 検証方法

押出工程にて超音波によるインライン計測を行うと共に、計測したポイントを切断して断面から読取顕微鏡で測定する（図 8）。そして、超音波計測値と読取顕微鏡の実測値を比較し計測精度（計測誤差）を検証した。

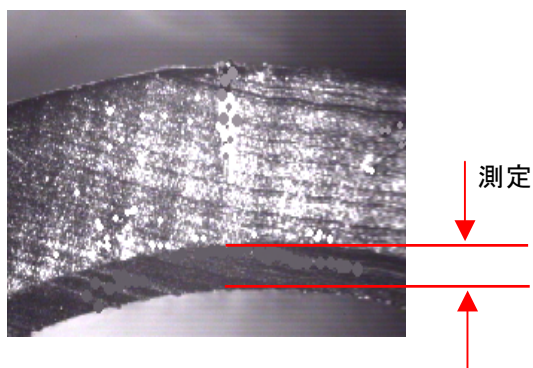


図 8. 読取顕微鏡の画像

### 1 2-2 検証結果

インライン計測値と読取顕微鏡の実測値の差を図 9 に示す。

計測精度  $\pm 3\sigma = \pm 3.9\mu\text{m}$  となり、インライン計測でも目標計測精度  $\pm 5\mu\text{m}$  を満足することが確認できた。

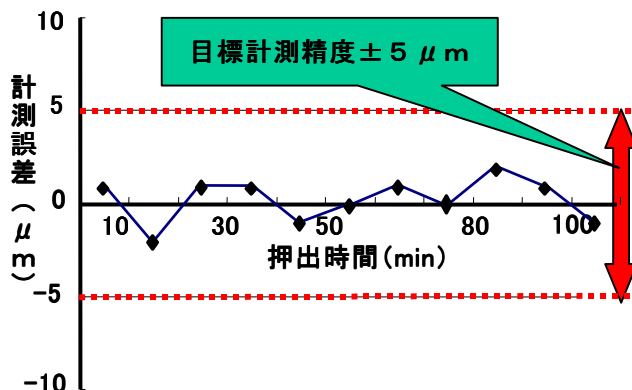


図 9. インライン計測での計測誤差

## 1 3 まとめ

超音波によるインライン計測で目標の計測精度、計測時間を満足する計測技術の確立ができた。

# 報 告

## 2色成形によるオープニングトリムウェザストリップの開発

大森 仁<sup>\*1</sup>, 有竹 祐則<sup>\*2</sup>

### New Body Mount Seals with Dual Injection Molding Corner

Hitoshi Omori \* , Masanori Aritake \*

#### 要 旨

オープニングトリムウェザストリップとは乗用車のボデー側ドア開口部に取り付けられ、車外からの音の侵入を防止するシール部品である。本製品において確実なシール性能を確保する為には、型接続によりループ仕様にすることが有効となる。一般的に、この型接続成形部はEPDMゴムにより型成形される。その為、加硫時間がかかる、バリ仕上げが必要であるといった問題点がある。さらに熱可塑性樹脂からなる意匠部を持った製品の場合、加硫成形工程での熱による加飾部の溶融、変色を防ぐ為に、複雑な工程となっている。

近年、EPDMゴムの置換材料として、熱可塑性エラストマー（TPO）の利用が広がってきている。我々はこのTPOを用いた新しい接続成形工法を開発した。この工法を用い、一つのコーナーをシール性の必要な部位には軟らかいTPOを、加飾部は硬質の着色TPOで同時に成形した新しいオープニングトリムウェザストリップを開発した。この画期的な工法により、シール性能、ボデーフランジへの保持性能、意匠性が向上した。この工法によりプレスドア、サッシュドア両方に適用できる製品設計も合わせて達成したので、その概要について報告する。

#### Abstract

The Body Mount Seals are required to seal between body and door panels. The sealing performance is improved to make a loop specification by joint molding. Generally, the molded parts are made from EPDM. They need curing time and trimming of flash. Furthermore, the product with decorated parts, which adjust an interior color made from thermoplastic, need complex device to prevent a discoloration on decorated surface at curing molding process.

Thermoplastic polyolefine elastomer (TPO) has expanded an application of material to automotive parts as the substitution for EPDM. We have developed a new jointing molding method by using TPO. The new Body Mount Seal is molded only at a tight corner with two TPO materials at once. The molded sealing part where is required flexibility is made by a soft TPO. And the molded decorating trim part is made by a hard colored TPO. As the result of this innovation method, a sealing performance, a maintaining performance and a decorative performance are improved. And this molding method accomplishes an advanced product design, which can be applied to both panel door and frame door.

\*1 Hitoshi Omori ボディーシーリング開発室

\*2 Masanori Aritake ボディーシーリング開発室



### 1. はじめに

近年、EPDMゴムの置換材料として、熱可塑性エラストマー（TPO）の利用が広がってきている。我々はこのTPOを用いた新しい接続成形工法を開発した。この工法を用い、1つのコーナーをシール性の必要な部位には柔らかいTPOを、加飾部は硬質の着色TPOで同時に成形した新しいオープニングトリムウェザーストリップを開発した。この画期的な工法により、シール性能、ボデーフランジへの保持性能、意匠性が向上した。この工法によりプレスドア、サッシュドア両方に適用できる製品設計も合わせて達成したので、その概要について報告する。

### 2. 製品の概要

#### 2-1. 製品の機能

本製品は、乗用車のボデー側ドア開口部に取り付けられ、車外からの音の侵入を防止するシール部品である。本製品の従来仕様をFig.1 に示す。

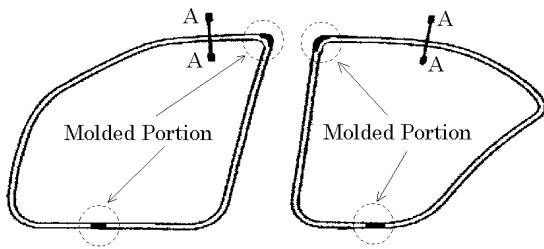


Fig.1 Body Mount Seal

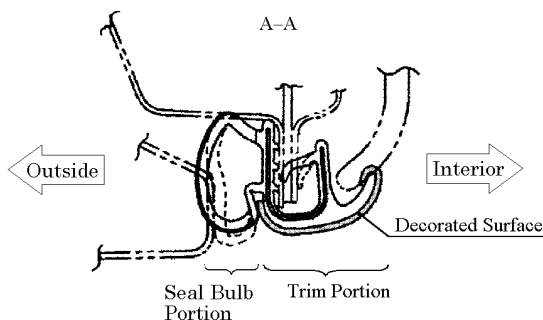


Fig.2 Cross Section of Body Mount Seal

オープニングトリムウェザーストリップは Fig.2 に示す様に、金属インサート入りのソリッドゴム

からなるトリム部とスポンジゴムからなる中空部からできている。中空部はドア閉時のシール性能とドア閉まり性能を両立させる為に、柔らかいスポンジゴムからできている。トリム部は、ボデー板金にしっかりと組みつけられ保持するという性能が要求される。さらに意匠性を向上する為に熱可塑性樹脂やファブリック等からなる加飾部を有する製品も多くなってきた。

#### 2-2. 従来品

従来品をサッシュドアに用いる場合、コーナー角度がきつい為、センターピラー上部コーナーでの組付時の中空シール部変形・シワ・シール切れを防止する為に型成形をする必要があった。Frドアオープニングウェザーストリップを例に従来品の型成形部の仕様についてFig.3 に示す。

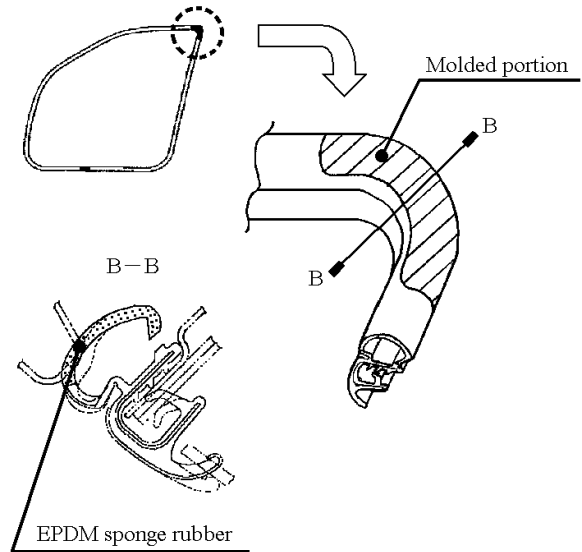


Fig.3 Current Product

この型成形部は一般的にEPDMゴムにより成形される為に着色が難しく、加飾部を成形することは困難である。この為コーナー部の型成形は中空部のみを成形することになる。またシール性能を向上する目的でループ仕様にすることが有効であり、通常目につきにくいロッカー部にて接続成形をしている。これらのEPDMゴム成形では加硫時間がかかることと、バリ仕上げが必要であることからコストアップの要因となる。さらに熱可塑性樹脂からなる意匠部を有する製品の場合、型成形工程での加硫熱による加飾部の熔融、変色を防ぐ為に、複雑な工程が必要となる。

### 2-3. 開発品の仕様

本製品ではセンターピラー上部コーナーを硬質加飾TPO（加飾部）と軟質TPO（中空部）の2種類の材料で同時に型成形することにより、1ヶ所の型成形部にて加飾部の見栄えを損なうこと無くシール部を成立させ、同時にループ接続を行なうことが可能となった。開発品の仕様についてFrドアオープニングウェザーストリップを例にFig.4に示す。

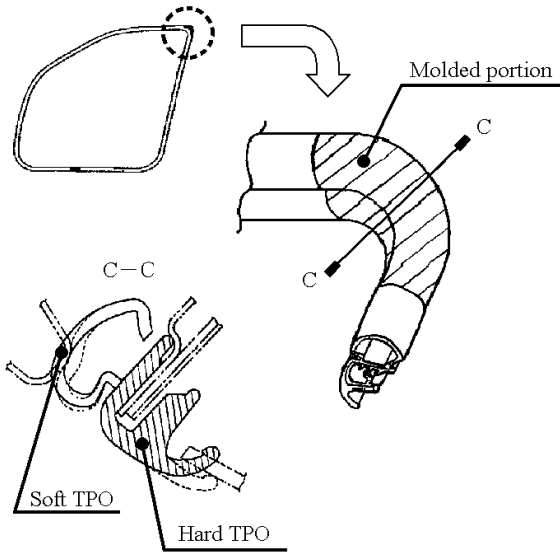


Fig.4 Developed Product

### 3. TPO接続成形技術

従来TPOとEPDMゴムの接着は非常に困難とされていた。TPOとEPDMゴムの接着は、成形時に溶融したTPOがEPDMゴムとの接続面に到達したときに微細な凹凸によるアンカー効果によると推定される。その為、一般的なTPO材料ではEPDMゴムに対して微細な凹凸が形成されず、十分な接着力を得ることができなかった。しかしながら成形加工時の射出スピード、保圧時間、樹脂温度、材料の熔融粘度を調整することにより加硫ゴム同士の接着に匹敵する接着力を得ることができた。Fig.5に軟質TPO部の成形条件を、Fig.6に硬質TPO部の成形条件を示す。また、型成形部と押出成形部の接続強度を、Fig.7に示す。

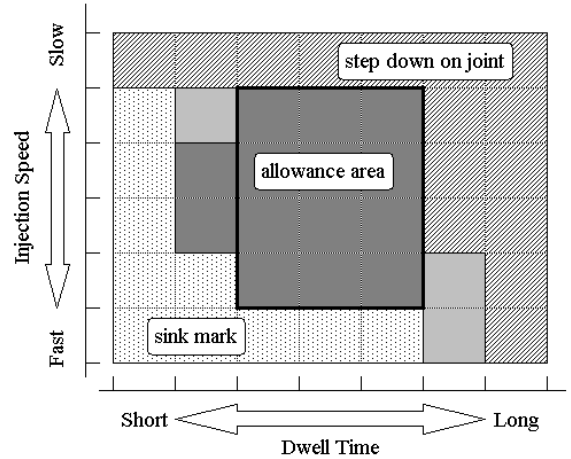


Fig.5 Effect of Injection Speed and Dwell Time (Soft TPO Injection Molding)

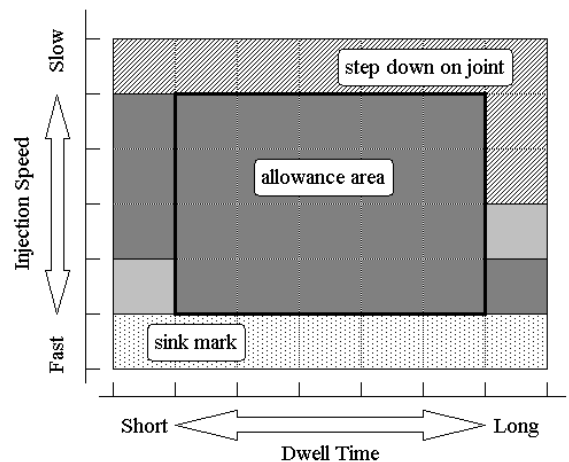


Fig.6 Effect of Injection Speed and Dwell Time (Hard TPO Injection Molding)

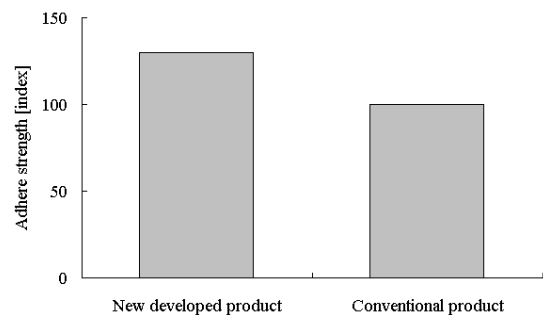


Fig.7 Adhere strength

## 4. 製品性能試験

### 4-1. シール性能

従来品ではコーナー部での成形の他に、シール性能を向上させる為にループ仕様とする手法が取られている。成形を行わない仕様の場合、両端末の突合せ部位にスキが発生し、遮音性が低下する。開発品は、コーナー部の成形で同時にループ品とするのでロッカー部の成形は無い。これら3種類の製品のシール性能比較結果をFig.8 に示す。

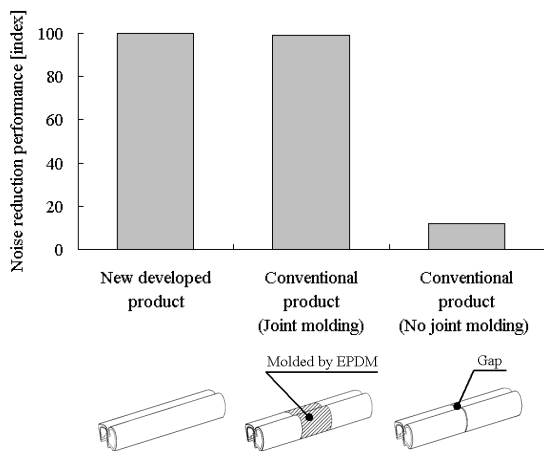


Fig.8 Sealing performance at lower portion

### 4-2. コーナー成形部保持性向上

従来品はコーナー部の中空部のみを型成形し、トリム部をゴム弾性を利用しボデーR・角度に変形させて装着している。その為、装着後も外れ方向に残留応力が存在する。

これに対し開発品は、ボデーコーナー部とコーナー成形部を同一R・角度で成形することにより、コーナー部での保持性を向上させることができた。評価方法をFig.9 に、結果をFig.10 に示す。

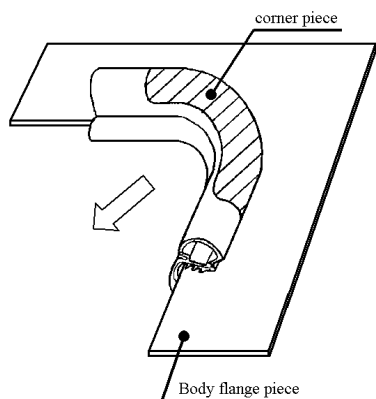


Fig.9 Test Method of corner maintaining performance

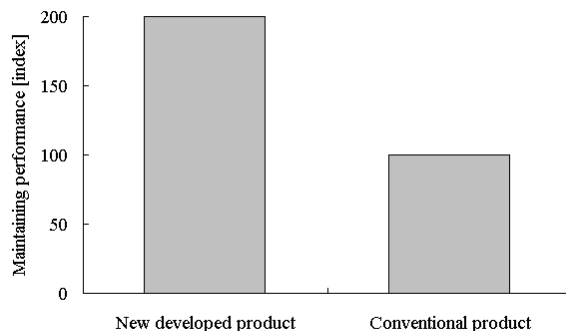


Fig.10 Maintaining performance at tight corner

## 5. 結論

2種類のTPO材料を用いたオープニングウェザーストリップの接続成形技術により接続成形サイクルタイムが長い、バリ仕上げが必要という問題点をクリアすることが可能となった。この技術を用いることにより、オープニングウェザーストリップに要求される、トリム部の保持性能、中空部のシール性能を同時に達成することができた。本技術を用いることにより、シール性能、見映え性能等向上させプレスドア、サッシュドア両方に適用できる製品設計も同時に達成した。

# 資 料

## 豊田合成における計測技術の展開

### －計測技術情報システムづくり－

## Evolution of Measurement Technology in TOYODA GOSEI

### -Construction of IT System for measurement technology-

小川 元\*1 牛田 洋子\*2

#### 1. はじめに

昨2002年に小柴，田中両氏がノーベル賞を受賞されました。お二人の受賞は計測技術法開発の原点に対するアイデア，理論の確立であり，科学技術の進歩は，この計測行為なくしては，無いと改めて認識させられる受賞でした。我々が何かを作るとき，あるいは，何かを見つけようとする時，意識，無意識にかかわらずこの計測のお世話になっている。「当たり前と思いついでいる事象でも計測する事で，意外な事実を知り，課題解決に繋がった」あるいは「なるほど，納得！と感激」することも，しばしば経験することである。

今回の紹介は，基盤技術である計測技術の共有化のあり方を考え，その効用を知り身近な存在として利用でき，更には計測技術の伝承を狙いとし，ここ数年活動してきた当社における計測技術情報の展開についての報告である。

技術情報の展開には，近年どこでも誰でも利用できるITを利用して進めることにした。当社には幸い社内にイントラネットが設置されている。この有効活用を試み，多くの人に気軽に利用してもらえるシステム構築を念頭において進めてきた。この展開状態を以下に報告する。

#### 2. 計測技術連絡会と 計測情報共有化のシステムづくり

##### 2-1. 計測技術連絡会とその活動経緯

1998年7月に，開発部の数人でワーキンググループを作り，計測技術の共有化方法，計測技術の伝承のあり方についての試行をスタートさせ

た。2000年4月より全社的な活動組織として計測技術連絡会を立ち上げ，各年度毎に活動計画を持って活動し，現在に至っている。（表-1）

計測技術連絡会は，生産品に対応した7つの事業セクションと，開発部等の機能セクションの全社横断的な組織として設立した。この連絡会活動は，1回/月の会議開催を持って推進しており，今回報告する計測技術の展開「計測情報共有化のシステムづくり」は，この連絡会活動の中でつくり上げてきたものである。

#### 3. 開かれた計測情報システムづくり

##### 3-1. システムのありたい姿

「計測情報共有化のシステムづくり」のありたい姿として次の点を基本とした。

- 1) 社内にかかれたシステムをつくりあげる。
- 2) 計測技術が系統立てて整理されており，探索し易いシステムとする。

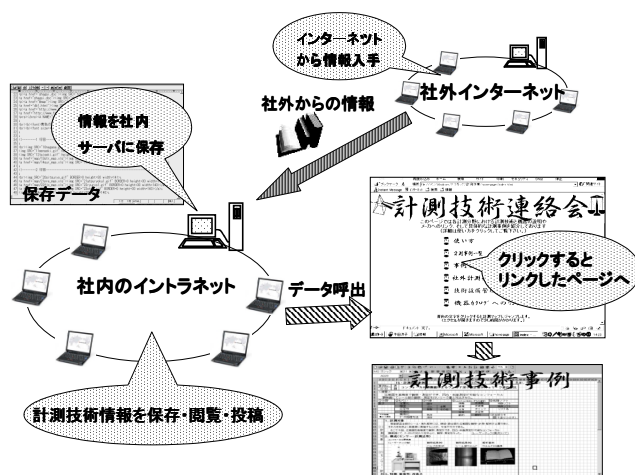


図-1 イントラによる情報検索システム

\*1 Hajime Ogawa 開発部生技開発室

\*2 Yoko Ushida 開発部

表－1 豊田合成における計測技術の展開経緯

		'98年度	'99年度	'00年度	'01年度	'02年度
主 な 活 動	活動	7月発足 (開発部内ワーキンググループ →開発部、材技、1事業部) → ・該当の範囲を決め活動開始 (物理量の分類実施) ・MAP作成開始 (目標:若年技術者の パイプたりうる レベルを狙う) ・計測事例収集開始	<一部事業部に拡大> (開発部、材技部、2事業部) → ・8月イントラに ホームページ開設 (全社へ計測技術を 紹介のため) 外部計測メーカ へのアクセス追加	<全事業部に拡大> (開発部、材技、7事業部) ・計測技術連絡会発足 → ・5月TGタイムスへ掲載 ・7月質問・困り事 相談コーナー開設	← ・4月計測技術連絡会 運用要領書作成 ・社外計測事例収集開始 ・7月TGタイムスへ掲載 ・3月計測展示会	← ・5月TGタイムスへ掲載 ・事例メンテナンス ・事例のキーワード 検索試行
	結果	MAP作成:2件 計測事例収集:17件	MAP作成:1件 計測事例収集:30件	MAP作成:6件 計測事例収集:42件 (累計89件) 困り事相談:14件	MAP作成:1件(累計10件) 計測事例収集:38件 社外計測事例収集:5件 (事例累計132件) 困り事相談:11件	計測事例収集:36件 社内計測事例累計143件 社外計測事例累積:15件 困り事相談:12件

- 3) 計測技術の対象としては、主として当社特有の特色ある計測法を対象とする。  
 (ノギス等一般的な汎用計測や製品規格・試験法・検査法で規定されている製品固有の評価法は除外)
- 4) 計測機器メーカーの機器情報や有用な社外計測情報を取り込む。
- 5) 困った時のガイドとなる、さらにはお助けマン的な機能を持つ。

3-2. システムの概要

前項に基づき以下のようなシステムを構築した。

1) 開かれた計測情報システム

欲しい計測技術情報が全社で共有化されて、身近な存在として利用出来る状態にしたいと考え、社内のどこからでも呼び出し可能な社内イントラネットを利用したシステムとした。(図-1)

この社内イントラネットでは「計測技術連絡会のページ」から、利用目的に応じた計測技術情報にアクセスが出来る。(図-2)

2) 系統立てて整理された計測技術

図-3は計測方法を探索するステップを想定し

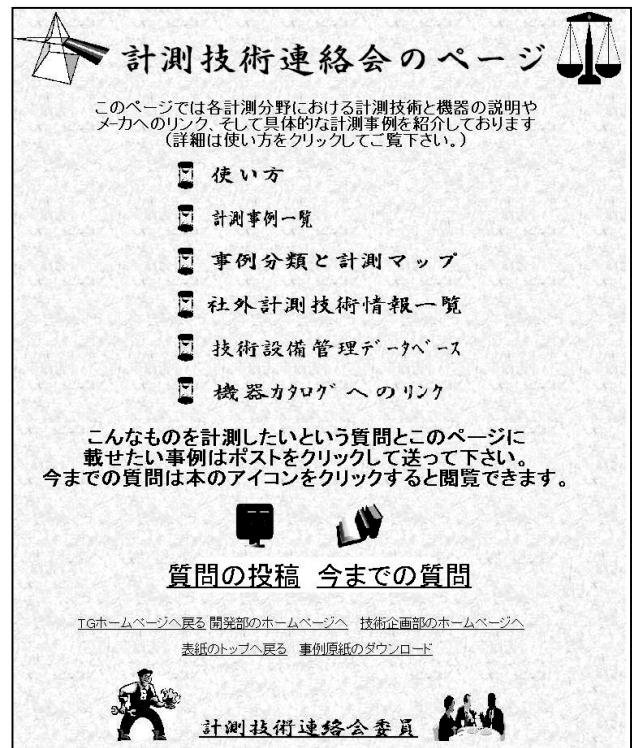


図-2 ホームページの内容

作成したものであり、計測情報共有化のシステムづくりの基とした関連情報である。

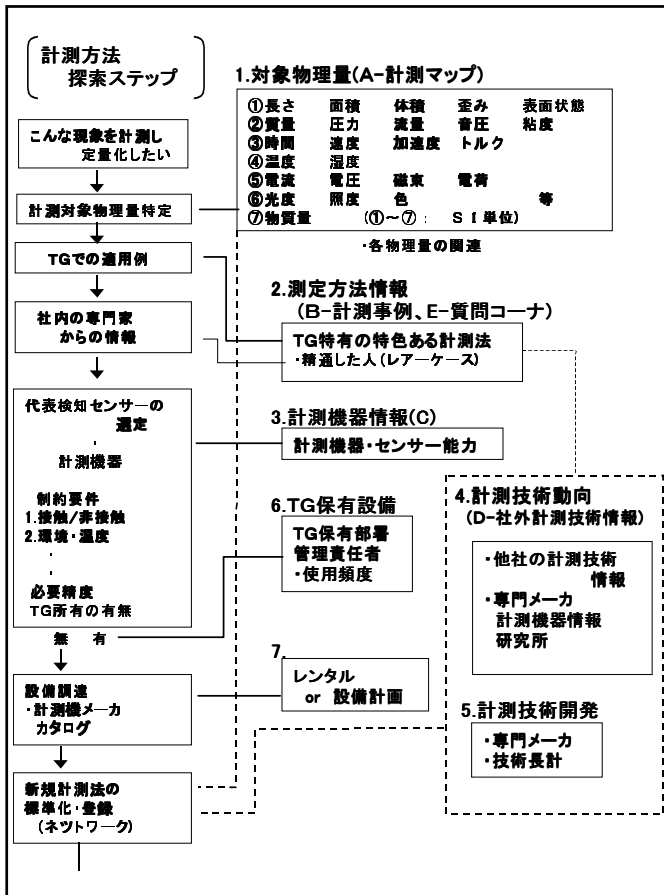


図-3 計測法の探索ステップと計測関連情報

図中の計測情報A～E（社内イントラネットに掲げる項目）について、事例を用いて順次以下に紹介する。

i) 計測マップ(図-3中のA)

図-4は「温度計測マップ」の事例である。

温度、歪み、応力計測等の物理量単位で、計測マップが順次整備されてきており、現時点で計測対象9分野がマップ化できた。

この中では、計測対象である物理量の計測方法が分類されており、その各々に対しての精度、使い方等の適用要件、更には当社の所有計測機器・個別計測事例情報との関連付け等をマップ化してある。これは、利用者が計測方法を選択していく時のガイドとして活用できるものである。

ii) 計測事例(図-3中のB)

個別事例は主に連絡会委員を通し各部門から提案されるもの、全社からホームページを通して提案されるものの両者がある。ちなみに1998年のスタート時点から2003年の現時点までに、144件の計測事例が提案されている。新事例は3事例/月のペースで継続的に登録されてきた。

図-5に示すように計測事例は、ねらい、特徴、工夫している点等々の情報データが内容になっている。特色としては、更に詳細を知りたい場合、

温度計測 物理量分類:40 計測法MAP				98/7/7 作成														
大分類	中分類	小分類	接非 触触	設定範囲	対象の相			対象状態			要求事項				TG所有状態			
					固体内部	液体表面	気体	小さい場	分布の変化	運動物体	測定精度	感度	応答性	安価	特徴・使用上の留意点	所有の有無	計測器メーカー	保管部署
膨張式	ガラス製温度計	水銀封入 有機液体封入	○ ○	-50 ~ 650 -200 ~ 200	○ ○	○ ○	○ ○								○ ○			
	バイメタル式温度計		○ ○	-50 ~ 500	○ ○	○ ○												
起電力式	熱電温度計 (熱電対温度計) (JIS C 1602)	B	○	600 ~ 1700	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		R, S	○	0 ~ 1600	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		K(CA)	○	-200 ~ 1200	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		E(CRC)	○	-200 ~ 800	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		J(IC) T(CC) その他	○ ○ ○	-200 ~ 800 -200 ~ 350 ~	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○		
熱放射式	光高温計 狭帯域放射温度計	シリコン	○	700 ~ 3000	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		ゲルマニウム	○	400 ~ 3500	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	広帯域放射温度計	PbS	○	250 ~ 1000	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		その他 サーモパイル ボロメータ 焦電形	○ ○ ○ ○	150 ~ 1000 -50 ~ 1000 -50 ~ 1000 -50 ~ 3500	○ ○ ○ ○		○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○
二色温度計 サーモグラフィ装置	ミラー走査型 CCD型	○ ○	100 ~ 3500 -20 ~ 2000	○ ○		○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○			
蛍光式光ファイバ温度計	マグネシウム	○	600 ~ 450 -195 ~ 450	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
発振式 その他	水晶圧電式温度計 トランジスタ・IC		○ ○	-80 ~ 250	○ ○										○ ○			

図-4 マップの例

あるいは直接指導を受けたい場合は、事例の作成者・コンサルタントまでたどり着ける様に、配慮している点である。

3) 計測技術の対象

計測事例の対象としては、当社特有の特色ある計測技術とした。

図-6は計測技術の対象領域の概念図を示すものである。当社が生産活動している分野、工程すべてを対象としているが、製品固有の評価・計測技術は、製品規格、製品試験法あるいは検査法の中で規定されており除外とした。またノギス等の汎用計測も対象外とした。

4) 社外計測技術情報の取り込み

i) 計測機器メーカーの機器情報(図-3中のC)

機器情報に対しては、社外インターネットへのリンクを可能としたシステムとした。

ii) 社外計測技術情報(図-3中のD)

2001年より、有用と思われる社外計測情報の取り込みをスタートした(表-1)。具体的には、連絡会構成員からの提案に基づき、社内計測事例の書式と同様に整理して、システムへ登録している。

最近の例では「成形ノズル部での流動材料温度計測」「ナノ粒子の粒度分布計測」等の提案があり、有用な事例として登録された。

5) お助けマン的機能を持った

計測困り事相談コーナーの開設

i) 「質問できるコーナー」(図-3中のE)

連絡会発足時点では前述のA計測マップ、B個別の計測事例、C、Dの各計測関連情報を持って「困った時のガイド」になり得ると考えていた。しかしその後の連絡会活動で、相談コーナー開設の要望があり、2000年度にこの機能をシステムの中に持つ事とした。

具体的には図-2「計測技術連絡会のページ」のホームページから、図-7の書式を用いて質問を直接受け付けられるようにした。それを受けて、連絡会構成員から2日程度のスピードで回答が行なわれる仕組みとしている。

このコーナーの利用は、年10件程度の相談が持ち込まれており、この企画は有用であったと考えている。

**TG・計測技術事例** 発行: 1998年 9月 9日 見直

事例No 40-1	表題 積層表皮の層間温度測定用センサ準備法 (コンソールリッド)	<標準> 真空成形中の多層表皮の内部温度推移を測定するため、温度センサーを表皮製造中に縫い込み準備した。		
(1)分野	②ねらい	③対象	④condition (左のいずれか指定)	⑤処理ソフト
温度	定量化	固体	接触	市販ソフト
	精度	ゴム 金属	破壊 非破壊	特殊ソフト
	応答性	樹脂 その他	分布	ポイント
	可視化		定常 非定常	ソフト名
下の物理量より測定	簡易化	気体	動的	静的
	データ処理方法	液体		[該当部分を塗りつぶす]

1. 計測対象  
表皮(三層)の真空成形中、表皮の中(PEFやPP)がどの位温度が上昇しているか、またどんな温度推移をしているかを測定した。

2. 構成(センサー・計測法等)  
(1)熱電対 K (CA)型の素線使用  
①素線形: 0.1mm  
②熱電対は、熱電対素線溶接機で素線を溶接し作製。  
(熱電対素線溶接機: 開発部成形技術G所有、最大0.2mmまで使用可)  
(2)計測: 計測方法は、一般計測同等、処理はパソコン使用

3. 特徴・新規性・改善点  
三層表皮の積層内部温度を計れるように、センサーを表皮製造中に縫い込み準備した。

標準書、報告書番号  
計測場所  
計測器の移動の可否  
管理部署等  
製造メーカー  
作成者  
コンサルタント

データ  
ロガー

ファブリック(4mm)  
PEF(PP, PE:2mm)  
パライヤ(PP:0.5mm)

物  
理  
量

10長さ 11面積 12体積 13歪み 14表面積  
20質量 21圧力 22流量 23音 振動 24粒度  
30時間 31速度 32加速度 33トルク  
40温度 41湿度  
50電圧 51電流 52抵抗 53電荷  
60光量 61光度 62照度 63輝度  
70物質量 71成形物性 80分析 81内部観察  
80その他

図-5 計測事例の例

・重点: TG特有の特色ある計測技術

工程	製品開発 設計・試作	生産技術開発・生産準備 試験・評価 設備・型 設計	生産 生産条件 検査 設定
分野	重点: TG特有の特色ある計測法		
車 両 ニ ット	除外 (1)ノギス等一般的な汎用計測・機器 (2)製品規格・試験法・検査法で規定されている製品固有の品質特性		
材 料			
製 部 品 品			
設 ブ ロ セ ス			

図-6 計測技術の対象領域の概念図

3-3. 計測情報の開示に対する留意点

全社に開かれたシステムであるが故の、機密性に対しての懸念も考えられる。この点に対しては、1回/月開催する計測技術連絡会で社内公開の可否判断、あるいは修正を加えた上で公開する仕組みをつくり運用している。

🕒

## 計測技術連絡会への質問・投稿

🕒

質問は下記のフォームに記入し左下の送信ボタンをクリックして下さい。  
事例の投稿はワードかエクセルを選んでその右の文字をクリックしてください。

エクセルの帳票 <http://tges01nt/rd/keisoku/form/exell.xls>  
 ワードの帳票 <http://tges01nt/rd/keisoku/form/word.doc>

あなたのご氏名: 姓名   
 内線番号: (半角数字で)   
 6 x x - x x x x

あなたの工番: (半角数字で)   
 あなたの部署:  部or室

分野: (物理量を選択)   
 題名: (簡単に題名を付けてください)   
 希望回答納期: 半角で"/"で  年/月/日  
 区切る

詳細説明:

図-7 質問コーナ

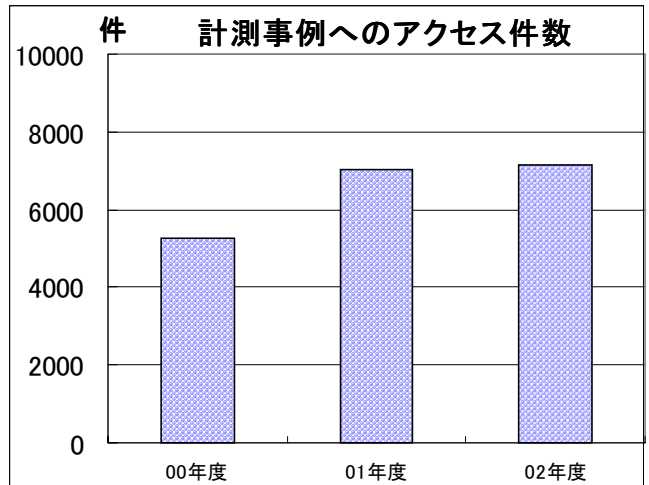


図-8 ホームページへのアクセス推移

## 4. システム活用と今後の展開

### 4-1. システムの利用状況

システムの活用の目安として、計測事例へのアクセス件数を調べてみると、図-8の推移となっている。

年度毎にアクセス件数は増加している。また利用件数は、2002年度において当社の技術スタッフの数から類推すると6.4件/年・人のアクセス頻度になっており、当システムの利用は思いのほか多いと考えている。

### 4-2. 今後の展開

#### 1) システム改善/「キーワード」検索方法追加

計測事例の増加に伴い、事例検索時間の短縮化の必要性が出てきた。この対応には「キーワード」検索方法を追加することとした。

この追加により「・・・のシールを計測したい」といった、計測目的や測定物の性能・機能の点からも検索が可能となり、より利用し易くなると考えている。

### 2) 計測情報のメンテナンス

利用者に信頼される情報システム、情報データベースとして存続していくため、次の視点で計画的なメンテナンスを実施していく。

- ・内容の陳腐化による見直し、抹消
- ・事例作成者・コンサルタントの異動等による変更
- ・計測設備更新・廃棄への対応

### 3) 利用者の拡大

アクセス件数から数多くの利用者の支持を得ていると考えられるが、内容の充実と並行し以下の活動を実施し、さらに幅広く利用されるシステムに進化させていく考えである。

- ・定期的な社内計測技術展示会
- ・社内情報誌への投稿
- ・社内教育材料としての活用

## 5. まとめ

ワーキンググループによる活動開始以来5年が経過した。ここで紹介した計測技術共有化の情報システムは、当初のねらいである「現場が困った時のガイドとなる」に答えられる内容と進化し、仕組みと呼べるものになりつつある。また一方で、計測の必要性の原点に立ち返り、計測を確実にやるという考え方の定着に少なからず寄与できたと考える。

しかしながら、センサ、センシング方法、データ処理方法等の技術進歩もめざましく、基盤技術としての計測技術展開の停滞は許されない。当社の良きDNAの一つになることを目指して！この展開を継続していく考えである。



## 計測技術紹介

### 車両下回り部品の石はね音評価技術

#### Evaluation of Chipping Noise from Under Protector

榊原 康雄<sup>\*1</sup> , 日向 博実<sup>\*2</sup>

#### 1. はじめに

石はね音低減を狙いに、不織布を用いた車両下回り部品の開発を行っている。製品単体の落球試験では大きな効果が見られ、これは実車走行にて官能評価を行っても差が認められる。しかし、従来の方法で実車走行音を計測しても有意差が得られないことが多い。

従来の計測法では室内騒音について数秒間の音エネルギー平均値を計測している。この方法で実車走行時の石はね音を計測すると、対象製品以外の部位（ロッカーモール等）からの音や、石はねが生じていない時の音も含まれてしまうため、正しく定量化することができない。このため、対象製品で生じた音のみを抽出して計測する技術が必要となる。その技術について本報で報告する。

#### 2. 計測の考え方

実車走行時の音から、対象製品より散発的に生じる音を抽出して計測するため、以下の点に留意した計測法を考案した。

##### 1) 対象製品の振動を同時計測

対象製品からの発生音を抽出するため、従来の室内騒音計測に加え、対象製品の振動を同時計測し、室内騒音との照合を行った。これにより、対象製品への石はねにより生じた音のみを抽出することが可能になり、より適切な評価が可能になる。

##### 2) 時間軸分析

散発的に生じる音のピーク値を把握するため、時間軸分析を適用し、室内騒音および製品振動の時間変化を可視化した。これにより、製品振動が生じたタイミングにおける室内騒音のピークレベルを明確かつ容易に把握できるようになった。

#### 3. 計測方法

図1に計測の概略を示す。マイクを運転席耳元位置、振動ピックアップを対象製品表面に設置し、走行時の騒音と振動をリアルタイムアナライザで時間軸分析した。

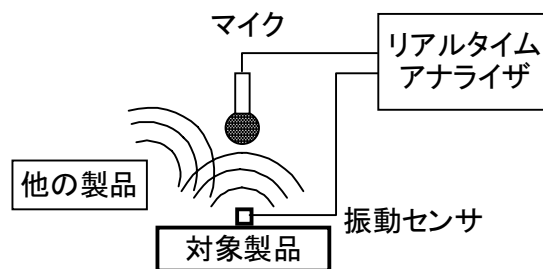


図1 計測器セットアップ

図2にリアルタイムアナライザにより解析を行った結果を示す。振動の波形に注目して石はね音の発生を判定し、同じタイミングで生じた音のピークを抽出して周波数分析を行っている。

\*1 Yasuo Sakakibara 開発部 開発室

\*2 Hiromi Hyuga 内外装事業部 外装技術室

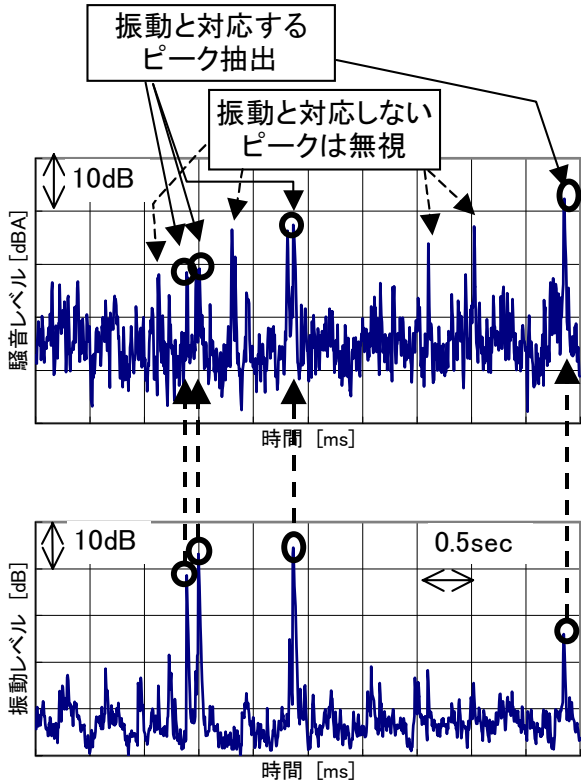


図2 音・振動の時間軸分析

### 4. 計測結果

製品単体の落球試験結果を図3に示す。現行品と開発品の差は明確であり、実車走行においても官能では差が認められる。

図4に従来の騒音計測法による悪路走行時の結果を示す。製品単体の落球試験で見られた現行品と開発品の明確な差がここでは認められない。

図5に今回の騒音計測法による結果を示す。製品単体の落球試験と同様、現行品と開発品の差が明確に見られる。

### 5. まとめ

象製品の振動を室内騒音と同時計測し、時間軸分析を適用することにより、対象製品から生じる石はね音の解析を正確に行うことが出来た。

この方法は石はね音のほか、内装品の異音にも適用できると考えられ、現在検討を進めている。

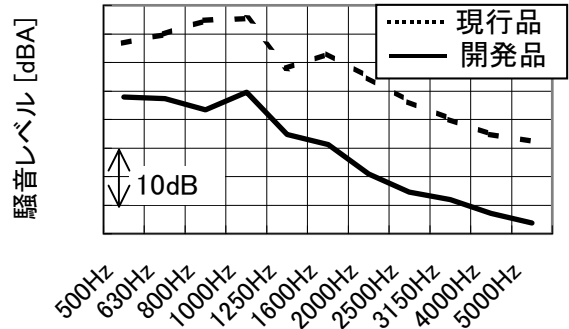


図3 製品単体の落球試験

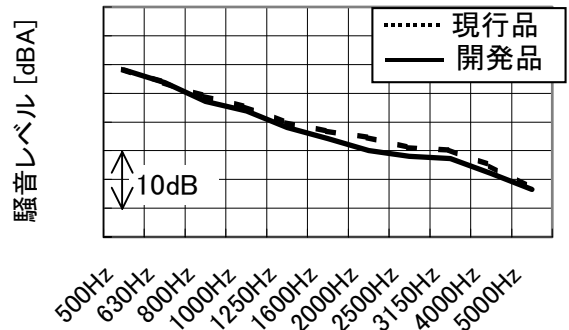


図4 悪路走行時の室内騒音（従来の方法）

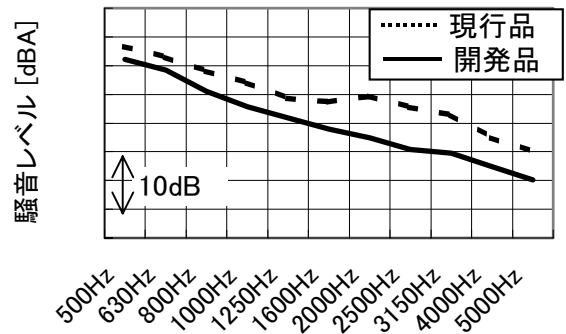


図5 悪路走行時の室内騒音（今回の方法）

## ≡≡≡ 計測技術紹介 ≡≡≡

### 非接触 3次元測定機を用いたリバースエンジニアリング

## Reverse Engineering using Non-contact 3-D Measuring System

大島 将宏 \*1 , 井村 公俊 \*2 , 岩田 貴吉 \*3

### 1. はじめに

近年、3次元CADに代表されるデジタルエンジニアリング技術が急速に進化している。

そこで、当社は製品の測定・評価に非接触3次元測定機を活用し、製品の品質向上とリードタイム短縮に役立てている。今回、測定データを設計・金型技術者へフィードバックさせる技術＝リバースエンジニアリングの活用事例を中心に紹介する。

### 2. 非接触3次元測定機を用いた測定

今回、使用した測定機の仕様を図-1に示す。

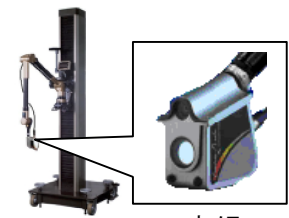
測定機	Vectron(本体) + Perceptron(カメラ)
イメージ	 測定機本体      カメラ
測定形式 (スキャン速度)	レーザー式(22,000点/秒)
精度	±0.2mm
測定範囲	3,100 × 2,950 × 3,615mm
点間距離	0.05mm

図-1 非接触3次元測定機仕様

Vectron+Perceptronは、製品に沿ってスキャンすることで必要部位の形状測定が可能で、短時間で製品全体形状を3次元点群データとしてPC上に取得することができる。この点群データは、

数十万～数百万点の大容量点群データであり、通常のCAD/CAMシステムでは処理不可能なため、専用のソフトウェアを用いて評価を行う。

### 3. リバースエンジニアリング活用事例

#### 3-1. CADデータを用いた形状検査での活用

本測定機にて取得した3次元点群データは、専用ソフトウェアを用いてCADデータと誤差演算を行なうことにより、誤差カラーマップ作成(誤差の色階調表示)、任意箇所における誤差値測定および断面比較が可能である。これにより、製品の成形時変形量と変形起点の把握が短期間で容易に行なえるようになった。この手法は製品単体での評価はもちろん、各製品の測定点群データをPC上でデジタルアッセンブルすることで建付け評価時の合わせ品質(隙・段差)の確認としても活用可能である。図-2は当社製品であるインパネモジュールのデジタルアッセンブルしたものの誤差カラーマップ表示したものである。

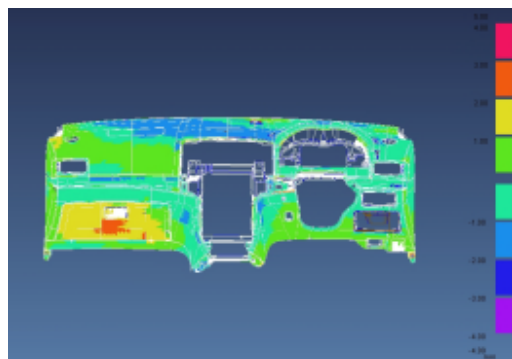


図-2 誤差カラーマップ  
(製品データとCADデータとの比較結果)

\*1 Masahiro Oshima 技術企画部 技術電算室

\*2 Kimitoshi Imura 内外装部品事業部 技術部 技術生準室

\*3 Takayoshi Iwata 機能部品事業部 技術部 実験グループ

### 3-2. 耐熱試験での活用

樹脂製品の耐熱試験における変形量の評価では、耐熱試験前の製品形状を測定し、点群データから面作成（ポリゴン化）処理を施したものと耐熱試験後の点群データと誤差演算することで、耐熱試験による変化量・変形起点の把握が可能となる。

図-3は当社製品であるグリルラジエータの耐熱試験による変形量を誤差カラーマップ表示したものである。

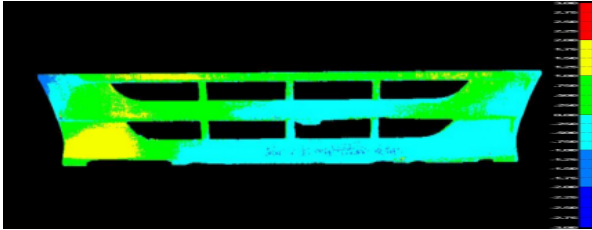


図-3 誤差カラーマップ  
(耐熱前と耐熱後の比較結果)

### 3-3. 軌跡測定での活用

ホース取り廻し軌跡の測定では、測定点群データからホース中心線の作成が必要である。そこで、汎用ソフトウェアをカスタマイズし、測定点群データから中心線の作成を行なっている。図-4に作成したホース中心線を示す。現在は汎用ソフトウェアの処理を自動化（マクロ化）することにより、さらに短時間で処理できるよう検討中である。

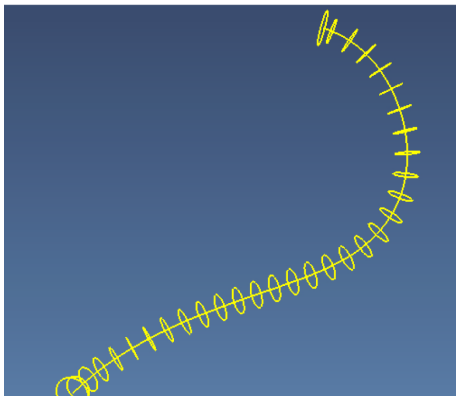


図-4 ホース中心線作成

また、前述の手法活用により車両組付け時の様々な条件での測定に活用でき、組付け時の干渉確認精度向上が計れた。図-5は、ブレーキホースの加圧条件を変化させたときの軌跡変化（ホース中心線）の測定結果である。

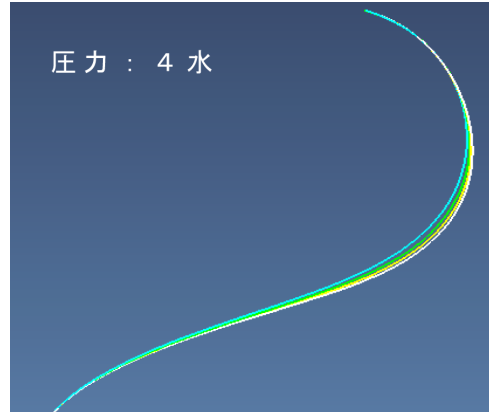


図-5 加圧時のブレーキホース軌跡変化

## 4. おわりに

以上のような活用により、成形後、組付け後の形状把握が容易に行なえるため、その評価結果を設計・金型技術者へフィードバックすることにより適確で迅速な判断が可能となった。

今回紹介した内容以外にもCAE結果検証への適用など現在取組み中である。

# 計測技術紹介

## 共焦点走査型レーザー顕微鏡による表面形状計測

### Measurement of Surface States using Confocal Scanning Laser Microscope

中根 正一<sup>\*1</sup> , 松浦 元司<sup>\*2</sup> , 小松 勇<sup>\*3</sup>

#### 1. はじめに

自動車用部品の表面粗さ、段差、隙間、長さなどの表面形状計測の機会が多い。従来、このような計測には表面粗さ計、金属顕微鏡、走査電子顕微鏡などが目的に応じて使用されてきたが、それぞれの方法で一長一短があって、計測目的に叶った結果を得ることができないことがしばしばあった。

共焦点走査型レーザー顕微鏡は、通常の光学顕微鏡に比較して高解像度および高コントラストの画像を得ることができ、そのうえ共焦点型光学系を採用していることによって、表面の形状、段差などのX、Y、Z軸方向の三次元計測ができる。

共焦点走査型レーザー顕微鏡はこのような優れた特長を持つために、表面形状計測に威力を発揮する。今回、自動車用樹脂部品への適用例を紹介する。

#### 2. 計測事例

##### 2-1. 樹脂成形品のウェルドラインの深さおよび幅の計測

樹脂の射出成形品では、樹脂流動の合流部にウェルドラインと称する筋状模様が生成する。成形品の外観品質の面から、ウェルドラインは目立たないことが必要である。このため、ゲート位置および数を操作することによってウェルドラインの発生位置を目立たない位置にしたり、

樹脂材料の変更または成形条件の最適化を図ってウェルドラインの程度（深さ、幅）を軽減したりする。このウェルドラインの程度を評価するために、従来は切断面を走査電子顕微鏡観察するなどで行っていたが、切断が難しい、時間がかかるなどの問題があった。この点、共焦点走査型レーザー顕微鏡は試料を非破壊で測定できるうえに、短時間に任意の箇所あるいは多数個測定が可能である。

図-1は、ウェルドラインの三次元プロファイルおよび断面曲線の例を示す。この図から、ウェルドは深さ：5.9  $\mu\text{m}$ 、幅：約20  $\mu\text{m}$ であることが分かった。

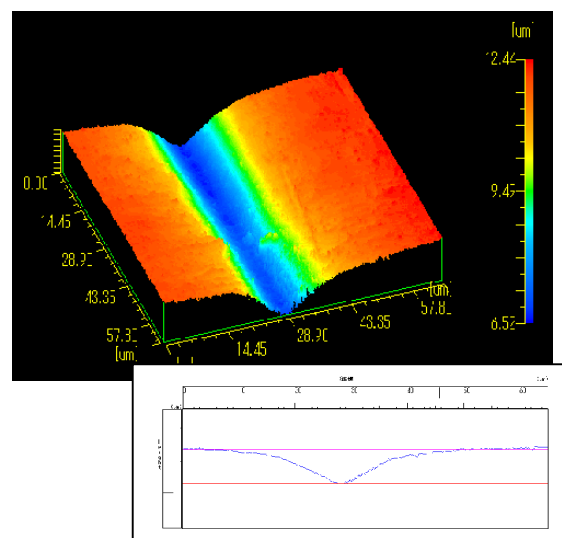


図-1 ウェルドラインの計測

\*1 Masakazu Nakane 材料技術部

\*2 Motoshi Matsuura 材料技術部

\*3 Isamu Komatsu 開発部

## 2-2. 樹脂成形品の金型転写性の評価

特定の樹脂成形品においては、機能付与または意匠性向上の観点から精密成形が行われている。精密成形においては、樹脂の金型転写性が重要である。従来、成形品の評価は形状測定器や走査電子顕微鏡などで行っていたが、測定精度および迅速性の面で問題があった。この点、共焦点走査型レーザー顕微鏡はこれらの問題点を解消できる。

図-2は、楔型模様の転写性を評価した三次元プロファイルおよび断面曲線を示す。この図から、転写率（樹脂成形品の山の高さ／金型の山の高さ）は98%と評価できる。

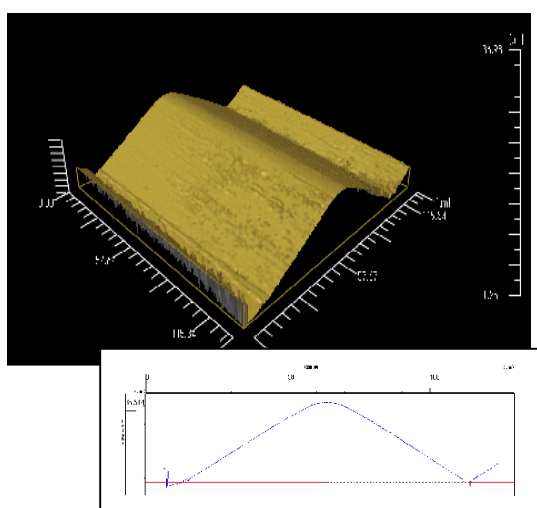


図-2 樹脂成形品の楔型形状の計測

## 2-3. 樹脂光輝製品の虹現象の解析

樹脂金属スパッタコート製品の繰り返し熱衝撃試験を実施したところ、金属スパッタコート表面に虹色の箇所が部分的に生じた。この発色のメカニズムを明らかにするために共焦点走査型レーザー顕微鏡で観察した。図-3は虹発生部スパッタコート表面の凹凸像および断面曲線を示す。この図から、表面には、高さ： $0.2\mu\text{m}$ 、ピッチ： $3\mu\text{m}$ の比較的規則的な波状模様が形成されている。この波状模様は反射回折格子とみなすことができ、これによる光の回折現象のために虹色に見えるものと推察する。この事例は、可視光の波長よりも短い高さが計測できた事例で、この顕微鏡が持つ高い解像度を有効に活用できたことを示している。

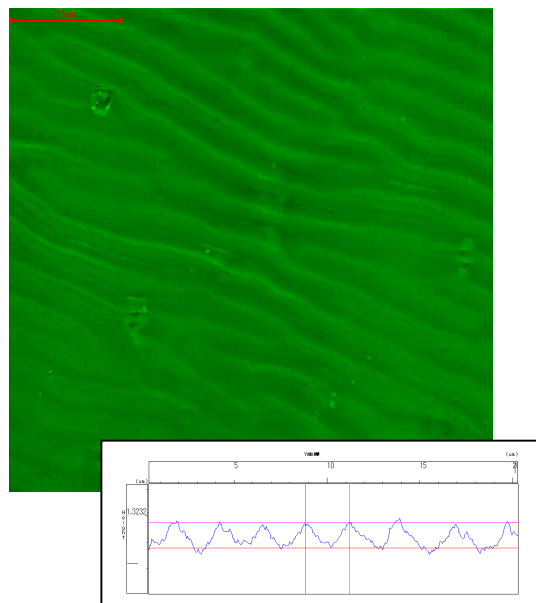


図-3 虹発生部表面の観察

## 2-4. PC/ABS（ポリカーボネート/アクリロニリブ/ビニルイソブレン共重合体）のモルフォロジー観察

ポリマーアロイ材料は自動車用部品として多く使用されており、このような材料においてはモルフォロジーの観察が重要である。図-4はPC/ABS材料の凹凸像を示し、明るい相がABS、暗い相がPCである。試料の作り方は、断面をマイクロトームで切削し、水酸化ナトリウム水溶液でPC成分をエッチングした。その結果、モルフォロジーを鮮明に観察できる。

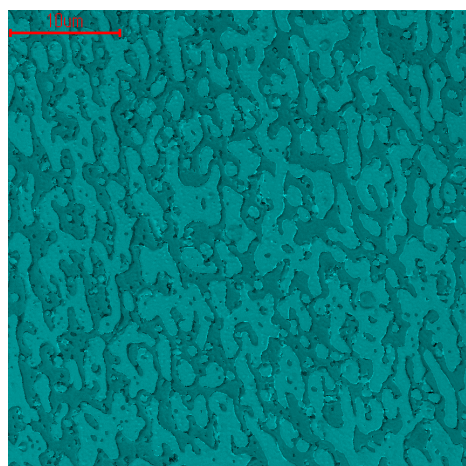


図-4 PC/ABSのモルフォロジー観察

# 計測技術紹介

## 金型PL隙間計測

### Methods to Measure the Clearance between the Parting Faces of Metal Mold

栗木 大次 \*1, 三瓶 敏久 \*2, 上野 晃一 \*3

#### 1. まえがき

製品に要求されるレベルが年々高まる中で、外觀品質に関する各現象の原因追求が進められている。中でもバリに関するメカニズムの解明は過去にも報告されており、その関係は次式で表される。

$$Q = f(P, H, \eta) \quad (1)$$

{

Q : 流量

H : 隙間

P : 圧力

η : 材料の粘度

式(1)より、型締め時の隙間はバリに対する大きな要因の一つであり、その低減がバリレスを目指す上で重要なポイントとなる。

バリが発生する隙間のレベルは材料の粘度により大きく異なり、樹脂型では数十ミクロン、ゴム型ではミクロンレベルが、バリの有無に影響すると考えられる。

表1に隙間計測方法とそのレベルの関係を表す。

表1, 隙間レベルと計測方法

		隙間レベル(μm)				
		40	30	20	10	0
隙間レベルの把握	スキマゲージ	→				
	ブリュー	←		→		
隙間量の把握	プラスチックゲージ	→				

従来より、30μm以下の隙間を計測する方法は、明確には定まっていないことより、以降にてこの隙間レベルでの計測方法を提案する。

#### 2. 計測方法

##### (1) 隙間レベルの計測方法 〈超極薄アルミ箔による方法〉

金型のPL部に、媒体を挟み込み、その当りの状態より隙間のレベルを定量化する方法は、従来より幾つか行なわれている。

今回はその媒体を出来るだけ薄くすることにより、微小な隙間レベルを計測する方法を検証した。一般に用いられる家庭用アルミ箔は12μm。今回用いたアルミ箔は、市販品としては、最も薄い6μmの日本製箔(株)製のアルミ箔(相当合金:A1235類似)を調査・購入し、隙間計測が可能なレベルを調査した。

図1に示すように、最小3μmの溝をPLに意図的に作成した金型にアルミ箔を挟み、高温状態(200℃)にて型締めし、アルミ箔が圧縮により白く見える部分を確認する。

図2に表すように、3μmの段差においても溝部は白色化していないことより、型締めにより潰される量も含め、隙間量が3μm以上ある部位の計測が可能であると判断する。

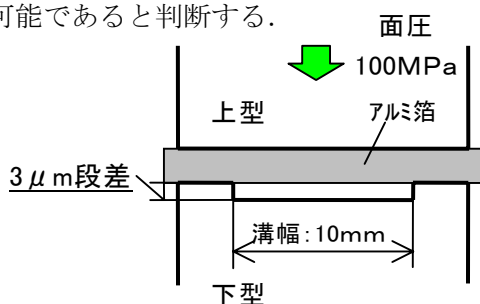


図1 型締め概要

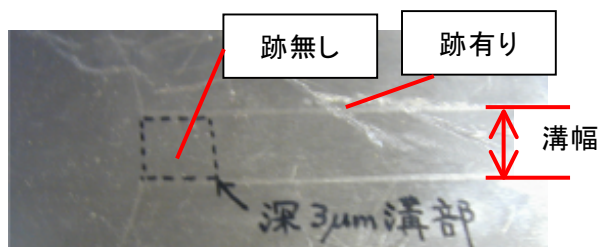


図2 型締め後アルミ箔

\*1 Daiji Kuriki 金型機械事業部企画部技術室  
 \*2 Toshihisa Sanbei 金型機械事業部企画部技術室  
 \*3 Koichi Ueno 金型機械事業部企画部技術室

(2) 隙間量の計測方法

〈酢酸セルロースによる方法〉

表1に表すように、プラスチックゲージのように潰された幅を計測し隙間を推測する方法があるが、更に微小な隙間への計測方法として、酢酸セルロースによる隙間計測を提案する。

この方法は、膜厚約0.08mmの酢酸セルロースをアセトンに浸透させ、計測する部位に張り付け、型締めする方法である。

薄膜が乾燥、固化するまで(約5~10秒)、型締めした後取り出し、その厚みを計測する。

検証方法を図3に表す。潰された薄膜を今回は図4に表す(株)尾崎製作所製リニアゲージにて計測した。計測値とスキマゲージの厚みの関係を図5に表す。

膜厚の計測方法には、リニアゲージ以外に、レーザー顕微鏡等、隙間のレベルに合わせた計測方法の選択により、更なる微小な隙間の計測が可能になると考える。

この方法は、(1)の方法とは違い、隙間の計量化が可能となることより、(1)と(2)の使い分けにて、より効率的な評価が可能になると考える。

3 まとめ

金型の30μm以下の微小な隙間量を定量化する方法を提案し、その検証評価を行い、正当性を確認した。

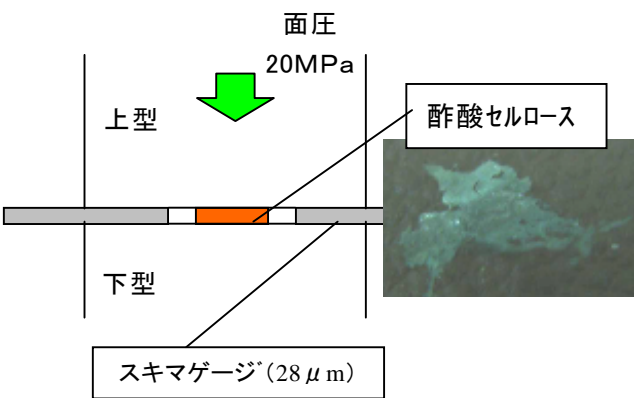


図3 検証方法



図4 膜厚計測方法 (リニアゲージにて)

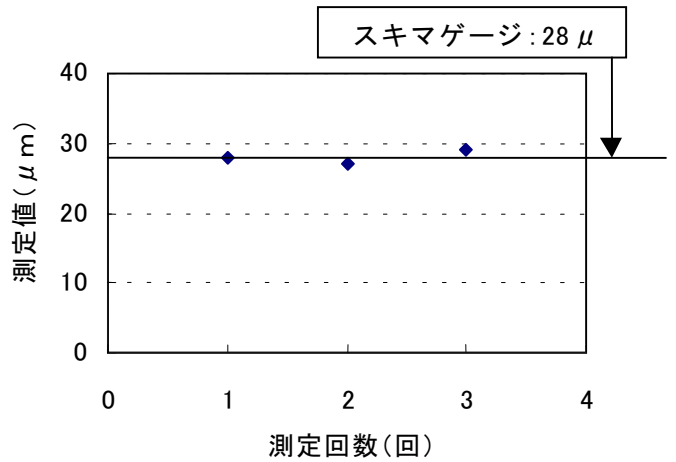


図5 検証結果



# 計測技術紹介

## 塗装乾燥炉における温度計測

### Method of Temperature Measurement for Paint Dry-off Oven

広 沢 邦 和 \*1

#### 1. はじめに

携帯電話の筐体を受注生産している。この筐体は樹脂成形品に2コート塗装を施し生産している。この塗装品の塗装品質は塗装乾燥条件により大きく左右されるため、乾燥炉内の温度設定が重要な管理項目となっている。

一方携帯電話の塗装ラインとしてはスピンドルの連続ラインが主流であるが、この工程は塗装ブースから乾燥炉へ回転しながら複雑に移動する連続ラインである為、筐体の表面温度を直接測定することが非常に困難であった。

そこで、今回塗装乾燥炉内を通る筐体の温度推移を測定する方法を考え出したのでその方法を紹介する。

#### 2. 測定方法

塗装品の測定部位に熱電対を取り付け、ラインに流す。乾燥炉を流れていく間、計測温度出力をデータコレクタにて取り込んでいく。

塗装品およびデータコレクタは乾燥炉内を回転しながら移動していくため、炉内に干渉しないよう設置する。またデータコレクタは熱的に弱いため発泡スチロールとアルミホイルにて断熱保護した。(図-1)

#### 3. 計測例

図-2は測定例である。熱電対は1個の筐体に4ヶ所に取り付け、10秒おきに温度を計測し、データコレクタに取り込んだ。測定終了後にデータを読み出し、パソコンにて温度推移のグラフを作成した。

本測定結果より乾燥炉内における筐体温度を

把握、乾燥炉内の最適温度条件の設定をすることができ、塗装品質の向上に役立った。

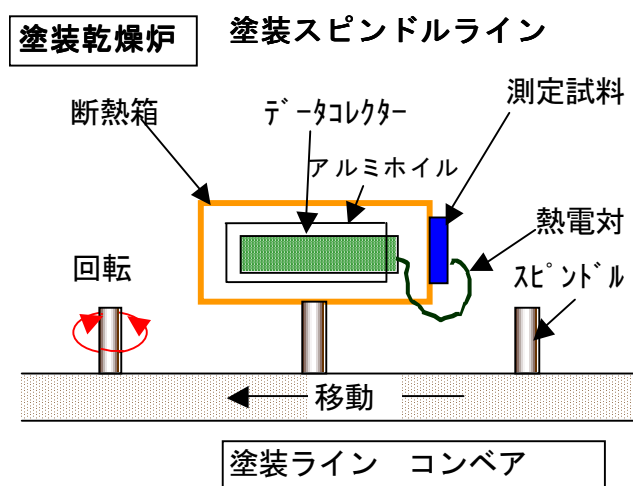


図-1 測定方法

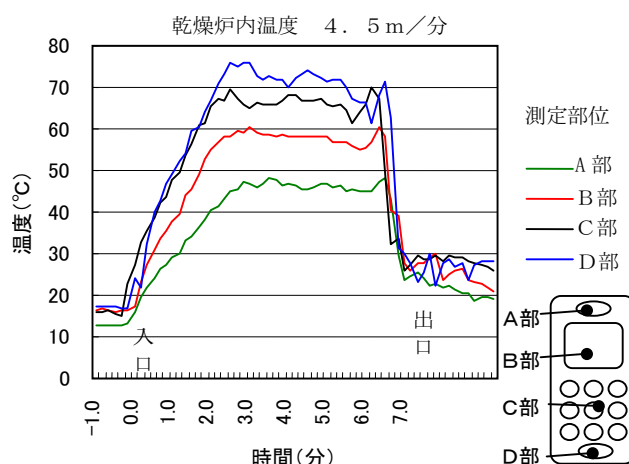


図-2 携帯電話筐体の表面温度測定結果

\*1 Kunikazu Hirozawa 特機事業部 技術部 生技室

# 新技術紹介

## レーザー溶着技術

### Technology of Laser welding

倉内敬史\*1, 千崎恭史\*2

#### 1. はじめに

最近の自動車部品の市場動向としてモジュール化, 低コスト化, 樹脂化が求められ, その中で樹脂部品の溶着技術の重要性が増してきている. 当社では既知の樹脂部品の溶着技術として超音波, 熱板, 振動溶着を適用しているが, 最近新たな溶着技術としてレーザー溶着技術が注目されている. そこで当社でレーザー溶着設備を導入し, 500N ROV (500N シリーズの Roll Over Valve) の量産化適用を目的とした樹脂部品レーザー溶着技術開発を行ったので報告する.

#### 2. 原理

##### 2-1. レーザー溶着原理

樹脂を透過する波長 (800~1000nm) を有する半導体レーザー発振機を用いて, レーザーを透過する材料とカーボン等のレーザー吸収体を有する材料をあわせ, レーザーが透過材料を透過し, 吸収材で吸収し発熱する. この熱が透過材に伝熱し材料同士を熔融し圧力をかけることで接合する.

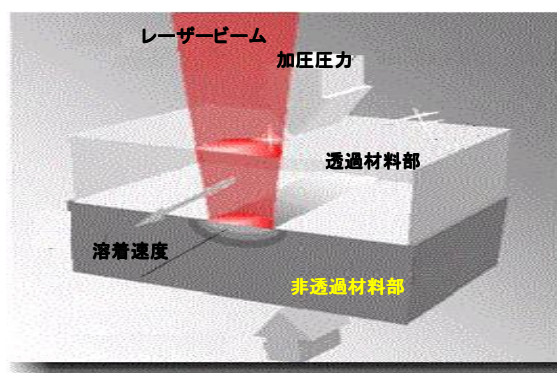
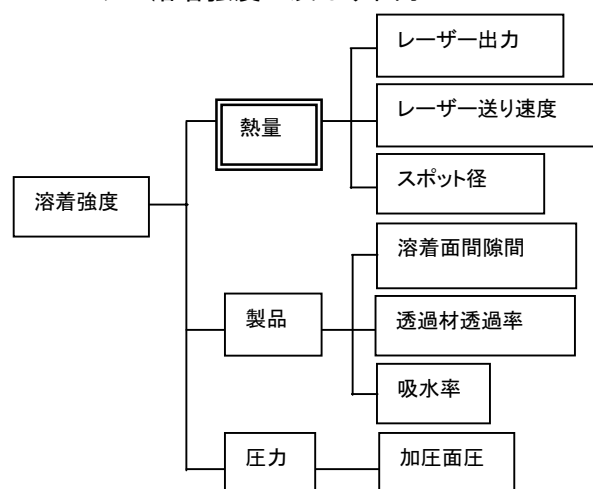


図 - 1 レーザー溶着原理

##### 2-2. レーザー溶着強度に及ぼす因子



#### 3. 製品概要

今回の対象製品である 500N ROV は従来品と異なり, Oリングが溶着部に近接している. またバルブのシール面も溶着部に近接している. その為, 局部的に発熱し溶着することが出来るレーザー溶着を採用した.

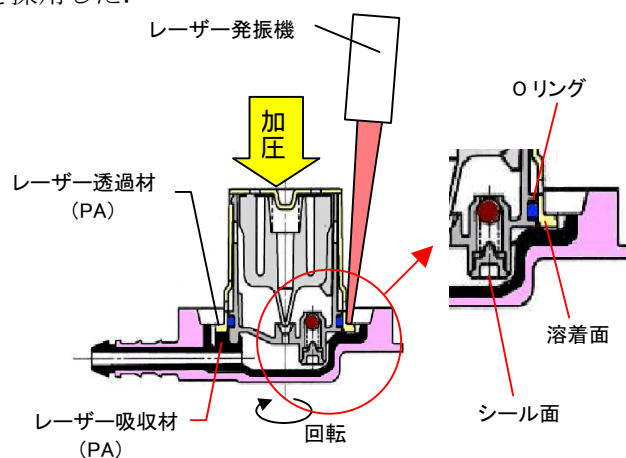


図 - 2 溶着部周辺図

\*1 Takashi Kurauchi 第1機能部品生技室 機部生技1G

\*2 Yasushi Senzaki 第1機能部品生技室 開発G

### 4. 実験

#### 4-1. レーザー溶着手法

吸収材としてカーボンを含む PA と PE からなる 2 色のカバーと、透過材として PA からなるケースを合わせて、透過材上面を加圧する。その後ワークを回転させながら、レーザーを一定の部位に照射させ溶着する。なおレーザー溶着機の仕様を以下に示す。

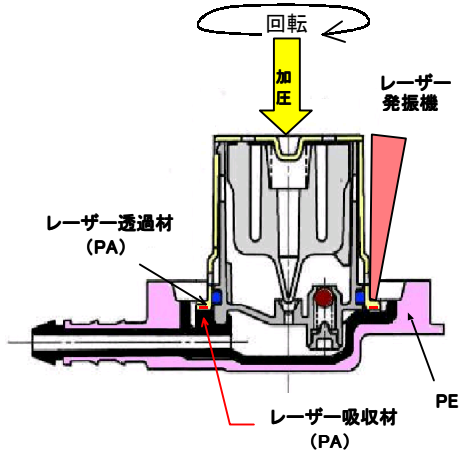


図 - 3 レーザー溶着手法

Laser line 社製 (LDL 40 - 250)

- 1) 最大出力 250 (W)
- 2) 最小レーザースポット径 □1.6×1.6 (mm)
- 3) 送り速度 1.0~5.0 (m/min)

#### 4-2. 溶着強度測定方法

- 1) 製品を図 - 4 のように 8 等分し、テストピース形状 (図 - 5) にする。
- 2) テンシロンにて溶着部の上下をクランプし、引張り破断強度を測定する。
- 3) 溶着破断面をマイクロスコープによって、レーザーが照射された面積を測定する。
- 4) 溶着強度 (=引張り破断強度/面積) を算出する。

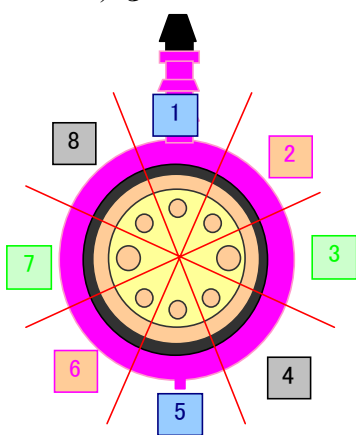


図 - 4

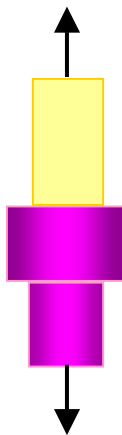


図 - 5

### 5. 結果

#### 5-1. 熱量と溶着強度の関係

レーザー溶着強度に及ぼす因子の中で最も影響があると考えられる熱量と強度の関係を調査した。ここで熱量は次式から算出した。

$$\text{熱量}[\text{J}/\text{mm}^2] = \frac{\text{レーザー出力}[\text{W}]}{(\text{レーザー送り速度}[\text{mm}/\text{sec}] \times \text{スポット径}[\text{mm}])}$$

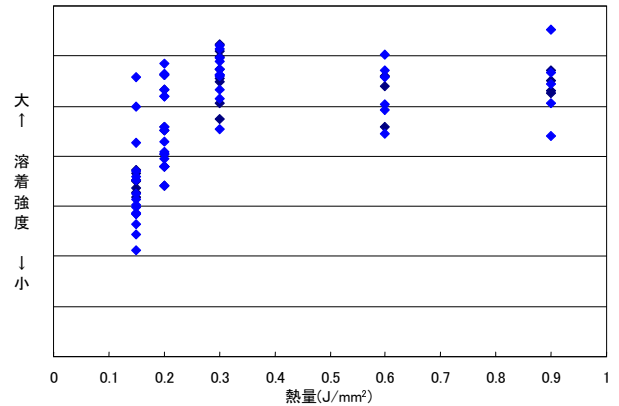


図 - 6 熱量と強度の関係

熱量 0.3J/mm<sup>2</sup> 以上で溶着強度は安定し、かつ十分な強度が得られることを確認できた。

#### 5-2. 熱量とオリゴマー発生レベル

レーザーの熱により昇華するナイロンなどの低融点物質であるオリゴマーが発生する。そのため、熱量とオリゴマーの発生レベルの関係について調査した。(オリゴマーは目視により確認)

熱量とオリゴマー発生レベルとの相関

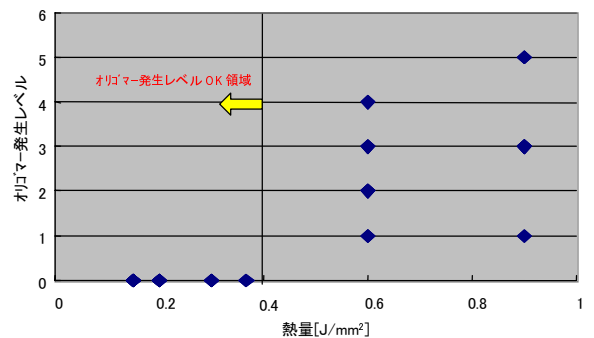


図 - 7 熱量とオリゴマー発生レベル相関

オリゴマーの発生を防止する為、熱量の設定範囲は 0.4J/mm<sup>2</sup> 以下にする必要がある。

### 6. まとめ

レーザー溶着の条件として、今回の検討事例では安定した十分な溶着強度を確保し、かつオリゴマーの発生を防止するためにはレーザー出力とレーザー送り速度から算出する熱量を一定の範囲 (0.3~0.4J/mm<sup>2</sup>) にコントロールする必要があることがわかった。

## 新製品紹介

### TPO表皮インビジブルインパネ

#### Invisible Instrument Panel with TPO Skin

山田 達夫 \*1 上野 樹 広 \*2

#### 1. はじめに

近年、ソフトインパネに対して、①表皮の脱PVC化（環境対応）、②意匠性向上（フロントガラスへの写り込み回避など）のため助手席エアバッグドアの見切り線を表面に出さない構造（インビジブル化）が求められている。

今回①、②のニーズに対応したインパネを開発することができた（写真1）ので本報でその概要を紹介する。

#### 2. 製品の概要

##### 2-1. 表皮の脱PVC化

従来のソフトインパネで主流であったPVC表皮の代替としてTPO表皮を採用した。エアバッグ展開の使用環境下において破断しやすくするために通常のTPO表皮より伸び特性を改良した。その特性の一例を図1に示す。

また高意匠化に伴い、表面の高沢を落とし、コーナーRを小さくするため凹引き真空成形工法を適用した。図2にその概要を示す。

この工法は意匠面側の型から真空引きを行ない、シボ転写と形状賦与を同時に加工するものである。

##### 2-2. インビジブル化

従来の助手席エアバッグ部は破断線上的見切り線が起点となって展開する構造となっており、見栄えとフロントガラスへの写り込みの改善ニーズがあった。図3に従来品の製品構成を示す。

破断見切り線を表面に出さない（インビジブル化）でエアバッグの展開性能を満足するために、



写真1. 開発品

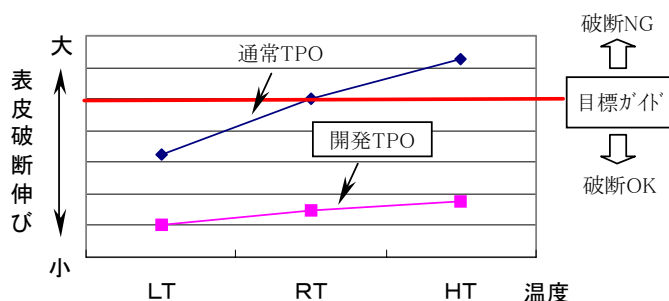


図1. TPO表皮材の伸び特性

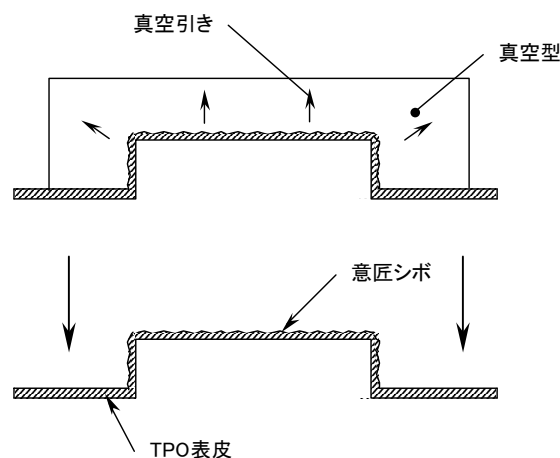


図2. 凹引き真空成形工法の概要

\*1 Tatsuo Yamada 内外装システム技術部 モジュール生技室

\*2 Shigehiro Ueno 内外装システム技術部 モジュール生技室

表皮の裏面にティアラインと呼ばれる薄肉加工を行う構造が必要となる。図4に開発品の製品構成を示す。

このティアラインの加工精度が外観見栄えと展開性能に影響を及ぼすため、精度管理が必要となる。従来は表皮成形後にレーザー加工、熱刃加工等の方法で実施されていた。

本開発品では前述の加工方法と同等の加工精度を達成、かつ真空成形とティア加工の工程を同期化することができた。これによって加工コストの低減を図ることができた。

### 2-3. 製品性能

製品として必要な性能評価は全項目とも満足した。開発品の主な製品性能について表1に示す。

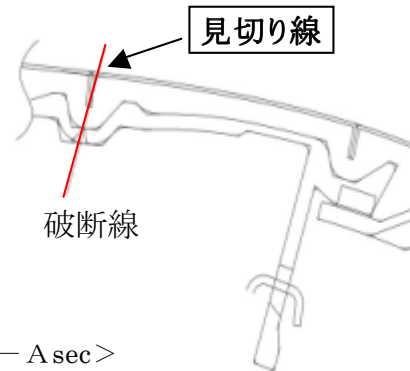
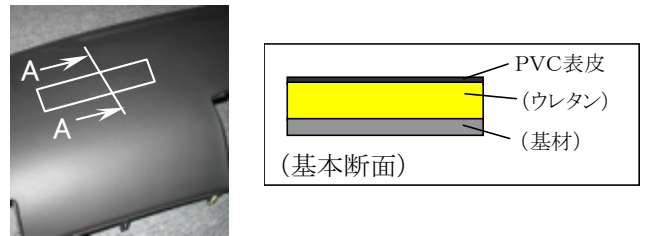
表1. 開発品の特徴

項目	開発品 (従来品比)	
ティアライン 外観	常温	◎
	耐熱後	◎
展開性能	初期	○
	耐久劣化後	○
環境	脱PVC化	◎

### 3. おわりに

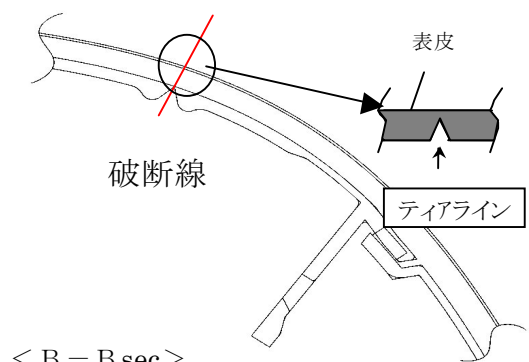
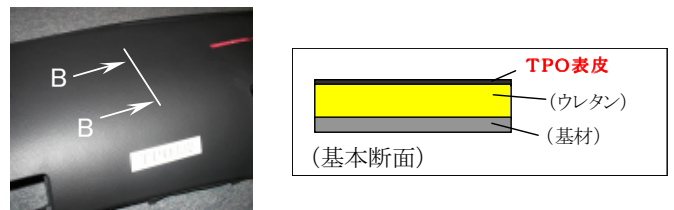
今回紹介したTPO表皮インビジブルインパネの開発を通じて様々な要素技術開発を実施することができた。更には今後の内装製品への技術展開の可能性が期待される。

最後にこの製品開発、量産化にあたり多大なご支援、ご指導頂き関係者の方々に厚く感謝の意を表します。



< A - A sec >

図3. 従来品



< B - B sec >

図4. 開発品

# 新製品紹介

## 低コストクリップ締結サイドモール

### Low-Cost Side Moldings with Clips

真辺 晴高<sup>\*1</sup> , 年永 幸一<sup>\*2</sup>

川島 大一郎<sup>\*3</sup> , 竹田 和生<sup>\*4</sup>

#### 1. はじめに

サイドモールは、車両のドア部にサイドプロテクタとして装着されている。ボデーへの締結は、両面テープまたはクリップが一般的である。

近年の軽量化、低コスト化とプロテクタ機能の両立のニーズに対応すべく、今回クリップ締結サイドモールドを量産化した。

本報ではその概要について紹介する。

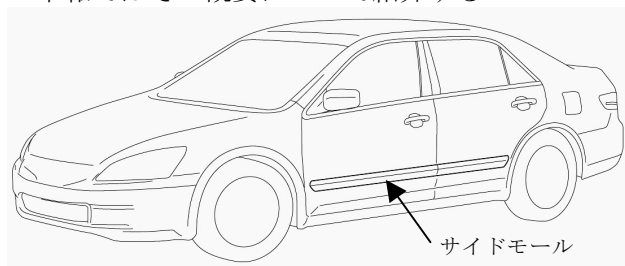


図-1 サイドモールの車両取付け状態

#### 2. 製品の概要

##### 2-1 設計構成

開発品のクリップ締結サイドモール（図-2）と、従来品（図-3）の断面図を示す。

##### 2-1-1 塗装設計

開発品では、表面処理に高抗張力タイプのクリアを開発、適用し、2コートタイプでドア衝突時の耐傷付き性とびっかり感を両立している。また、従来品である3コートタイプ、フィルムタイプと比較して低コスト化を達成できた。

##### 2-1-2 構造設計

従来品では、やぐら構造や、ガス中空チャンネル上の差込構造によりクリップ締結をしているが、これらの方法では、重量が重くなったり、ヒケが発生したりといった問題があった。今回開発品では、クリップをリブ締結することにより、軽量化とヒケレス、低コスト化を達成できた。また、ハイサイクル多数個取り成形も適用して、更に低コスト化を達成できた。

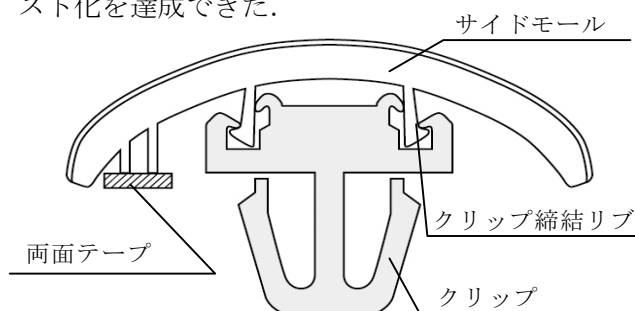


図-2 開発品

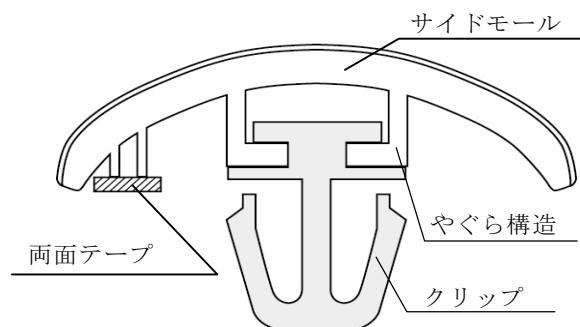


図-3 従来品

*1	Harutaka Manabe	内外装部品技術部	外装生技室
*2	Koichi Toshinaga	内外装部品技術部	外装技術室
*3	Daiichiro Kawashima	内外装部品技術部	外装技術室
*4	Kazuo Takeda	内外装部品技術部	外装技術室

### 3. 製品の特徴

クリップのリブ締結では、製品側のリブを樹脂流動方向に平行に設定し（図-4）流動変化を制御することで、ヒケ解消が実現できた。

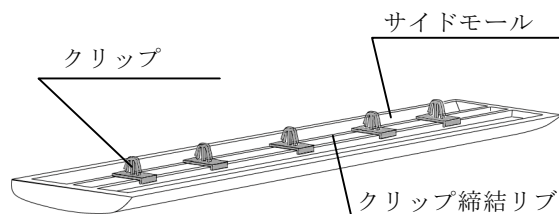


図-4 製品図

更に、デザイン性向上と関係の深い、製品の薄肉化も可能となった。

当製品の特徴について（表-1）にまとめた。

表-1 開発品の特徴

項目	開発品
耐傷付き性	○ (高抗張力2コート塗装)
表面凹凸	○
軽量化	◎ (製品板厚適正化)
薄肉化	◎ (クリップ締結省スペース化)
生産性	◎ (ハイサイクル多数個取り成形)
コスト	◎ (高抗張力2コート塗装)

○：従来品と同等レベル

◎：従来品より優れている

### 4. おわりに

今回紹介した「低コストクリップ締結サイドモール」は、ホンダ アコードに採用され、好評を得ている。今後、クリップ締結をスタンダードとしている他車種サイドモールへも適用拡大していきたいと考えている。

最後に本製品開発・量産化にあたり、多大なご支援、ご指導を頂いた関係者の方々に厚く感謝の意を表します。

## 新製品紹介

コーナー部外観向上（コーナー成形レス），新加飾（ファブリック調）

オープニングトリムW/S

### Improvement at Corner Appearance and Decoration Lip Surface Appearance (Fabric like) of Body Mount W/S

葛谷 弘志\*1，岡島 庫人\*2，大森 仁\*3

#### 1. はじめに

近年、自動車の高級感を演出するために、自動車部品に要求される機能も多様化してきており、シール部品においても外観品質の向上が強く求められている。加えて低コスト化についても求められている。

今回はオープニングトリムW/Sに対し、シール部、トリム部両面の外観品質を向上した製品を開発・量産化したのでその概要について報告する。

#### 2. 製品の概要

オープニングトリムW/Sとは自動車のボデー側ドア開口部に取り付けられ、車外からの音の侵入を防止するシール部品である。本製品はシール機能の為に中空部と、ボデーにしっかりと組付け保持する機能のトリム部から出来ている。その装着部位を図-1に示す。

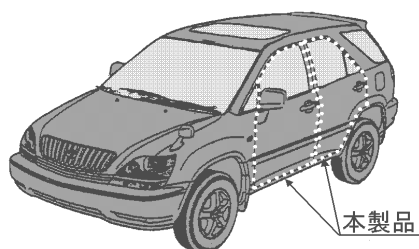
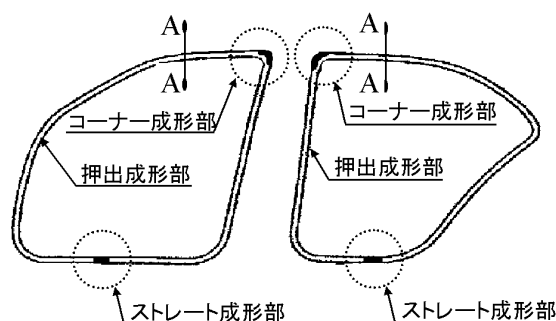


図-1.装着部位

トリム部においては、内装品と色、質感を合わせるための意匠リップが設けられ、その意匠面を着色したTPO、ファブリックにより加飾した製品が主流となっている。従来製品仕様を図-2に、A-A断面での車両への装着状態を図-3に示す。



コーナー成形部詳細

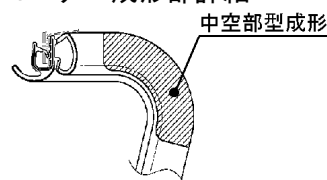


図-2. 製品仕様

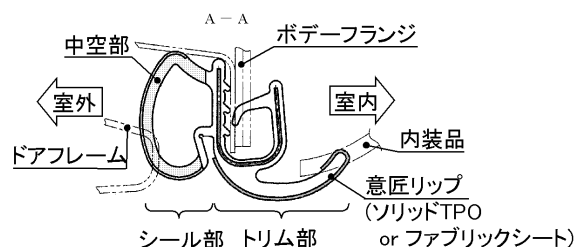


図-3. 一般断面装着状態 (A-A)

\*1 Kuzuya Hiroshi ボディシーリング技術室

\*2 Okajima Kurato ボディシーリング開発室

\*3 Omori Hitoshi ボディシーリング開発室



従来品は、センターピラー上部のようにコーナーRが小さい部位で、組付け後の中空シール部変形・シワを防止する為に、中空部を型成形することによりコーナーを追従させている。その為に押出成形によって得られる一般部との色艶の差、型成形による接続線があり外観上好ましくなかった。

また高級車等で内装品にファブリックが用いられている場合、従来のTPOで加飾した意匠リップ表面では、内装品との質感が異なる為、高価なファブリックシートにより加飾した製品が用いられている。

本製品では、一般断面形状を新規に開発することで、押出断面でコーナーを追従させ型成形を廃止することが出来た。またTPO加飾部を微発泡させることによりファブリックに近い質感を得ることができ、外観品質を向上することが出来た。

### 3. 製品の特徴と効果

#### 3-1. コーナー部外観向上

開発断面では中立軸位置に対し断面上最も離れている部位にソリッド材を設定し剛性を確保すると共に、中立軸近辺に中空頂点を設け外形傾斜角を約45°に設定することにより、コーナー追従時の変形量を低減可能としている。現行品、開発品の断面を図-4、効果を表-1に示す。

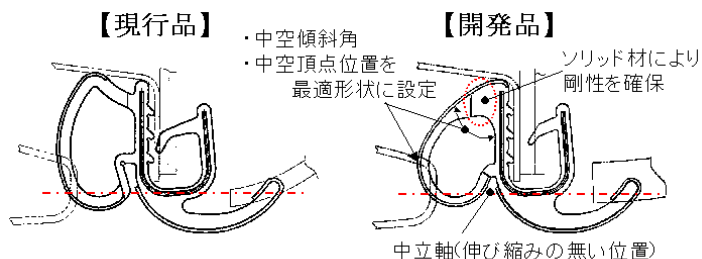


図-4 断面仕様

開発断面を用いることにより、 $R=35$ 、 $\theta=75^\circ$ まで折れジワなく追従可能となり、コーナー部での型成形を廃止することが出来た。

#### 3-2. 新加飾（ファブリック調）

従来、ソリッドTPOにより加飾されていた

表-1. 現行品との比較結果

項目	現行品	開発品
コーナー部の外観		
	接続線有り 色艶の差有り	接続線無し 色艶の差無し
中空変形量 { R=35 }	折れジワ発生 (押出部の場合)	折れジワ無し 高さ変化量 :1.6mm
質量 (指数)	100	100
コスト (指数)	100	90

意匠リップ表面を、発泡TPOで加飾することで色の濃淡、発泡セルによる凹凸によりソフト感、奥行き感を持たせ、ファブリックシートより低コストにてファブリックに近い質感を持つオープニングW/Sを得ることが出来た。現行品、開発品の仕様を図-5、効果を表-2に示す。

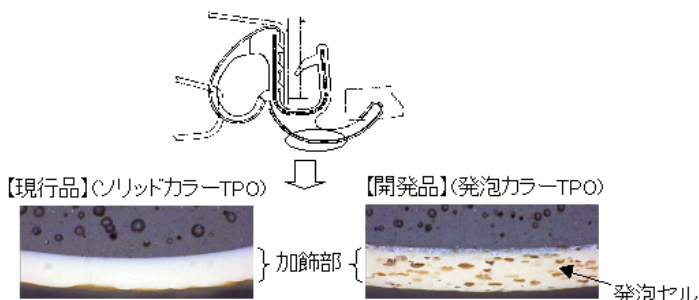


図-5. 加飾部仕様

表-2. 現行品との比較結果

項目	現行品		開発品
	TPE加飾品	ファブリック加飾品	
外観	○	◎	◎
質量 (指数)	100	100	100
コスト (指数)	100	150	100

### 4. おわりに

今回紹介した「コーナー部外観向上，新加飾オープニングトリムW/S」は、トヨタハリアーで採用され量産化した。今後、本製品仕様を他車種へも適用拡大していきたいと考えている。

最後に本製品の量産化に際しご支援、ご指導頂いたトヨタ自動車株式会社、トヨタ自動車九州株式会社の関係各部署の方々に厚く謝意を表します。

# 新製品紹介

## 家庭用空気清浄機

### Air Purifier for Home Use

山口 秀明 \*1

#### 1. はじめに

現在、花粉、たばこの臭い、カビ等日常生活における不要素を除去しクリーンな空気に換える空気清浄機が、各家電メーカーから発売され大きな市場となっている。

今回ダイキン工業殿から発売された空気清浄機『光クリエール』（写真-1）の設計～組立・梱包出荷（OEM生産）までを受注し国内・中国にて約40万台生産してきたので紹介する。

#### 2. 製品概要

『光クリエール』の空気清浄機能を写真-2に示す。4方向から吸込まれた空気が電気集塵を核にした3層の集塵部、光触媒からなる脱臭部を通り製品裏面上部からクリーンな空気を吹き出す構造になっている。

次に製品の概略部品構成を写真-3に示す。総部品点数107点（樹脂：16点、板金：6点）の組立を行っている



写真-1 空気清浄機『光クリエール』

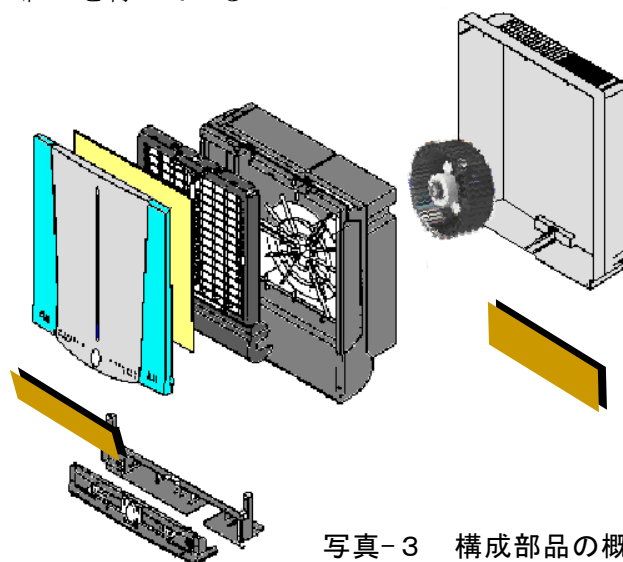


写真-3 構成部品の概要

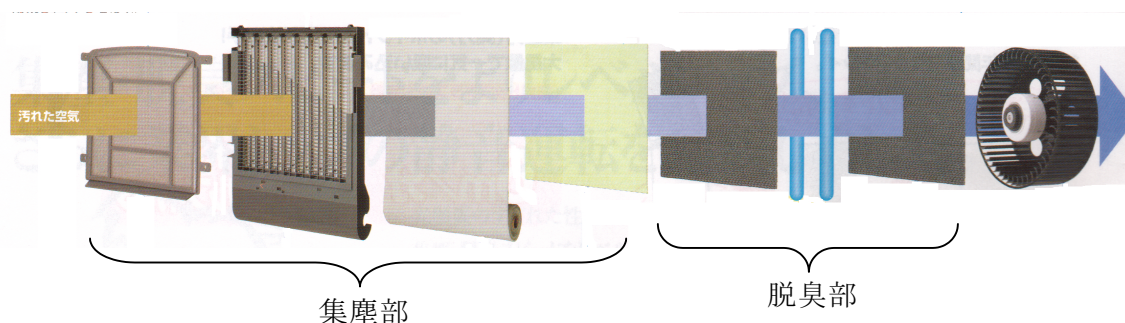


写真-2 『光クリエール』空気清浄機能の概要

\*1 Hideaki Yamaguchi 特機事業部 技術部 技術室

### 3. 技術概要

#### 3-1. 製品設計

##### 3-1-1. 部品点数

組立性を考慮し設計的に部品点数の低減を実施。樹脂部品の一体化をメインに部品点数低減を実現した。(樹脂全体：18点→16点)

##### 3-1-2. 大きさ(体積低減)

製品のコンパクト化を目指し設計的に製品体積低減を図った。

強度、風通路確保をしながら製品厚み12mmダウンを達成し製品のコンパクト化を実現した。

(写真-4)

#### 3-2-2. 作業者

形状的にSubASSY可能領域を拡大することにより、メインラインにおける要素作業数を低減し(38工程)ライン作業者数の最適化を図った。

#### 3-2-3. 生産ライン

本製品は、日本国内に1ライン、中国に2ラインの計3ラインにて生産している。

両ラインとも垂直的な立上りが必要であった。

日本のラインにおいて、全ての不具合を出しきり、不具合対策を確立しその内容を中国ラインに反映することにより短納期中(メーカ調査～生産：7ヶ月)、大きな問題も無く中国生産を開始することが出来た。

### 4. おわりに

本製品は冒頭にも書いたがダイキン工業殿から'03モデルとして発売され、最終ユーザ(購入者)からも高い評価を得ており数ある空気清浄機の中でも人気商品となっている。

豊田合成はダイキン工業殿より'04モデルの受注も受けており現在開発を進めている。

'03モデルで得た知識・経験を十分に発揮し、更に良い空気清浄機を生産していきたいと思う。

最後に本製品の開発にあたりご協力頂いたダイキン工業株式会社の関係部署及び成形加工・組立部門の方々に深く感謝致します。

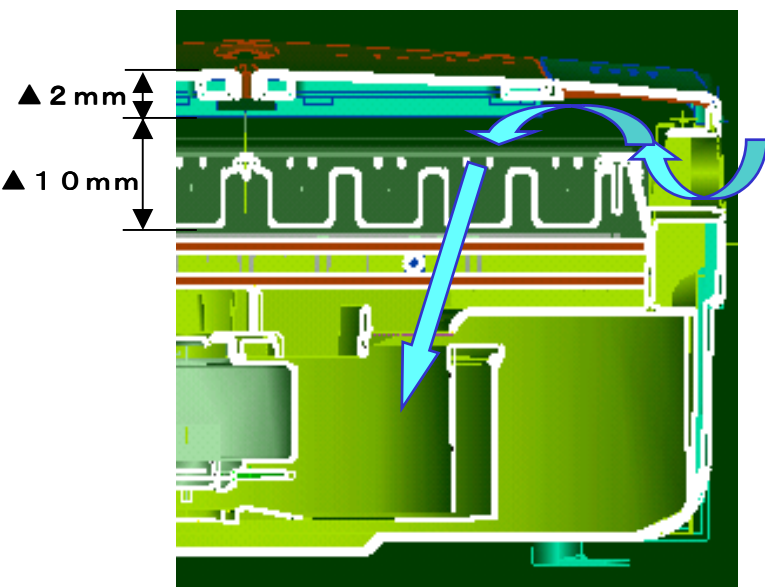


写真-4 風通路を確保した体積低減

#### 3-2. 組立工程設計

##### 3-2-1. 組立CT

年間40万台の生産を確保するため組立易さを形状的に考慮し設計した。製品締結方法等を工夫することにより、組立時反転回数を低減し組立CTの短縮を実現した。

## 編集後記

イラク戦争がやっと終わったと思ったら今度は SARS で世の中は大騒ぎです。お隣の中国、台湾で猛威を振るっており、松下電器の北京の工場では SARS 感染者が出て工場閉鎖になったとのニュースが出ていました。隣国での流行で日本への上陸は何時かとみんな戦々恐々としています。先日は台湾からの旅行者が帰国直後に SARS と診断され、いよいよ日本上陸かと心配されましたが、幸い感染者は確認されず今回は無事に済んだようです。日本に上陸することなく早く終息することを願ってやみません。

中国での流行について、情報の隠蔽や情報の把握体制に問題があるのではないかということが言われましたが、問題に立ち向かうには全員が同じ認識をもって戦うことが必要であり、情報の収集と共有化は欠かせません。

技術の世界でも同様であり、当社でも社内に蓄積された技術を IT を利用して共有化を進めています。今回その一事例として共通技術である計測技術について紹介させていただきました。(Y)

(非 売 品)

<b>豊田合成技報編集委員会</b> 編集委員長 小澤功 (技術企画部) 編集委員 牛田洋子 (開発部) 小泉順二 (材料技術部) 馬場宣芳 (金型機械事業部) 磯村博恭 (施設環境部) 川島大一郎 (内外装部品事業部) 前野 隆 (機能部品事業部) 小林裕之 (セイテシステム事業部) 野崎政博 (ホテイスリーク事業部) 山中 修 (オプトE事業部) 安井誠志 (特機事業部)	<b>豊田合成技報 第45巻 第1号</b> (禁無断転載)  2003年 6月 25日印刷 2003年 6月 30日発行 発行所 豊田合成株式会社 発行人 田中 裕 印刷所 竹田印刷株式会社
--	---

# 豊田合成株式会社

本社・春日工場	〒452-8564 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地	Tel (052) 400-1055
技術センター	〒492-8540 愛知県稲沢市北島町西の町30番地	Tel (0587) 34-3303
稲沢工場	〒492-8542 愛知県稲沢市米屋境1番地	Tel (0587) 36-1111
西溝口工機工場	〒492-8452 愛知県稲沢市西溝口町第二沼1番地の1	Tel (0587) 36-5761
森町工場	〒437-0213 静岡県周智郡森町睦美1310番地の128	Tel (0538) 85-2165
尾西工場	〒494-8502 愛知県尾西市明地字東下城40	Tel (0586) 69-1811
平和町工場	〒490-1312 愛知県中島郡平和町大字下三宅字折口710	Tel (0567) 46-2222
東京営業所	〒100-0005 東京都千代田区丸の内二丁目2番1号岸本ビル308号	Tel (03) 3213-5681
大阪営業所	〒532-0003 大阪市淀川区宮原四丁目1番45号新大阪八千代ビル3階	Tel (06) 6391-2691
広島営業所	〒732-0805 広島市南区東荒神町3番35号広島ホイスセンタービル3階	Tel (082) 264-3887
宇都宮営業所	〒321-0953 栃木県宇都宮市東宿郷三丁目1番9号USK東宿郷ビル7階	Tel (028) 610-8846