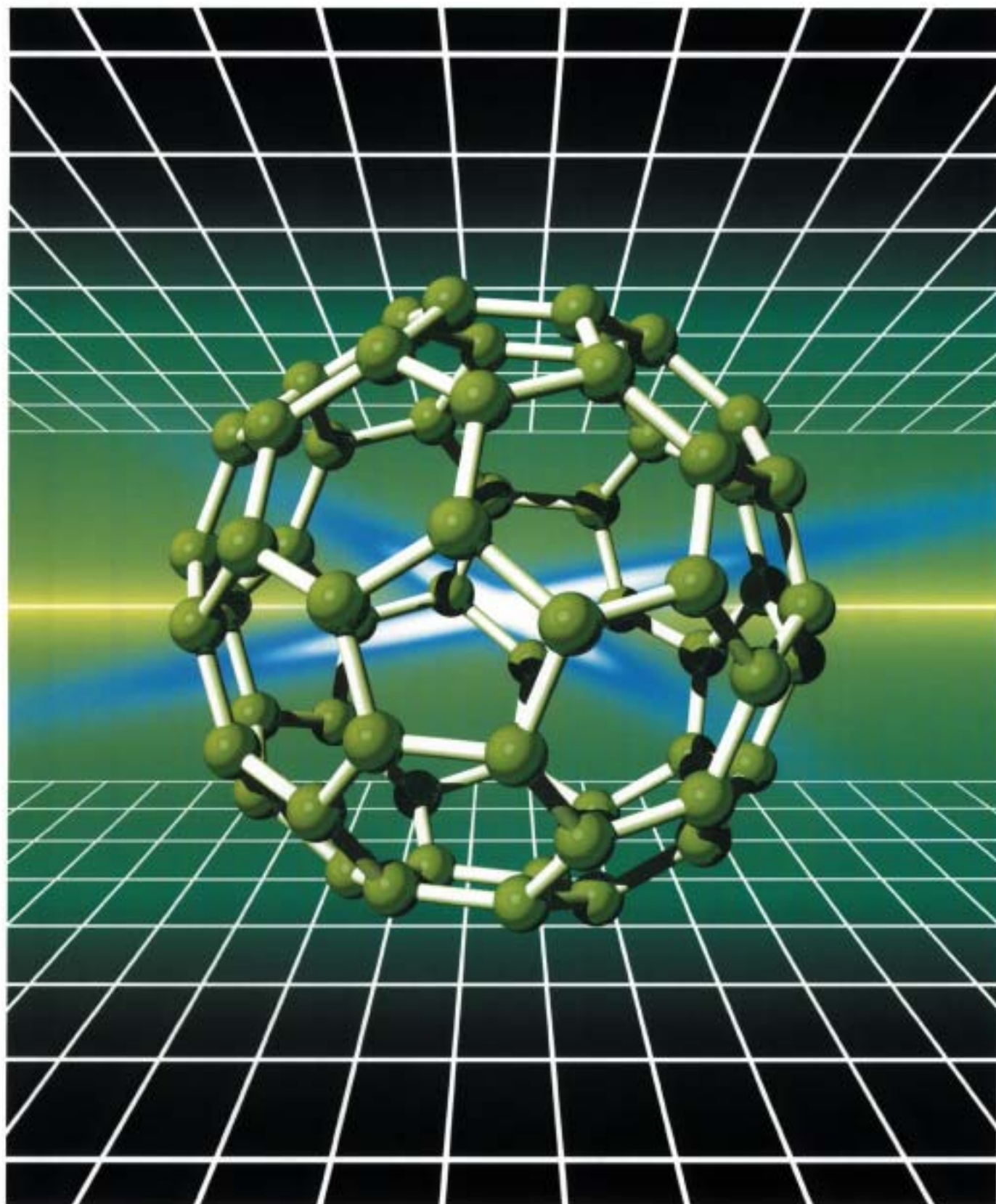


豊田合成技報

 TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

VOL.42 NO.2 2000



総説	自動車用樹脂材料の動向	小泉順二	37
	樹脂製品の表面処理技術	荻巣康彦	45
報告	GaN系高品質多重量子井戸構造の開発と応用	小池正好 他5名	51
	LED色光に対する高齢者視覚特性の研究	山羽和夫 他5名	57
	無反射ダクトの音響解析	広瀬吉一 他3名	63
資料	射出成形における流動複雑屈折の測定 と光学特性ひずみの低減	奥本忠興	70
新製品紹介	軽量ホイールキャップ	日向博実	76
	リサイクルPET製エンジンカバー	小笠原豊 他3名	78
	耐熱ターボエアホース	野田達人 北岡克司	80
	ガラスインナーウェザストリップ一体ガラスラン	後藤輝仁	82
	新TPOガラスラン	稲垣聡 大森仁	84
	1コーナー成形ループ仕様 オープニングトリムウェザストリップ	皆川吉彦 堀田昌利	86
	木目調本皮巻きハンドル	永田篤 林幹根	88
	カップホルダーイルミネーション	帯刀慶真 苗代光博 田辺哲夫	89
	LED光脱臭空気清浄器	高橋俊雄 他3名	90
	車室内イルミネーション	伊藤浩史 三沢明弘 神谷孝行	92
	CD-Rデジタルカメラ用ダンパー	鈴木達雄 山口秀明	94
	社外発表文献一覧表		96

TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW VOL.42 NO.2,2000

CONTENTS

Technical Review

The trend of automotive plastics materials Junji Koizumi..... 37

Coating technology of plastics parts Yasuhiko Ogisu 45

Technical Reports

Development of high-quality GaN based multiple quantum wells
and its applications Masayoshi Koike 51

Visual Characteristics of the aged for the LED Colored Light Kazuo Yamaba..... 57

Acoustic Analysis of unreflective duct Yoshikazu Hirose 63

Notes

Measurement of Flow Birefringence
and Reduction of Residual Deformation for Injection Molding ... Tadaoki Okumoto 70

New Products

Light Weight Wheel Cap Hiromi Hyuga 76

Recycled PET Engine Cover Yutaka Ogasawara 78

Heat-Resistant Turbo Air Hose Takahito Noda 80
Katsusi Kitaoka

Modular G/R with Glass Inner Belt W/S Teruhito Goto..... 82

New TPO Glass Run Satoshi Inagaki 84
Hitoshi Omori

Loop opening trim Weather-Strip with one corner Molding Yoshihiko Minagawa .. 86
Masatoshi Hotta

Leather Wrapped Woody Steering Wheel Atsushi Nagata 88
Mikine Hayashi

Cup-holder Illumination Yasumasa Tatewaki ... 89
Mitsuhiro Nawashiro
Tetsuo Tanabe

Photocatalytic Air Purifier Using Short-Wavelength LED Lamp ToshioTakahashi..... 90
Room Illumination Hiroshi Ito..... 92
Akihiro Misawa

Damper for Digital Camera with CD-R Tatsuo Suzuki 94
Hideaki Yamaguchi

List of Published Papers 96

総 説

自動車用樹脂材料の動向

The trend of automotive plastics materials

小泉 順二*

1. はじめに

樹脂材料は成形加工性、デザインの自由度に優れ、かつ機能向上、軽量化、コストダウンにつながる等の様々な理由から、自動車部品に広く適用されている。日本自動車工業会から発表された普通・小型乗用車における樹脂材料の構成比率の推移と、自動車主要部品の適用例を図-1¹⁾に示す。

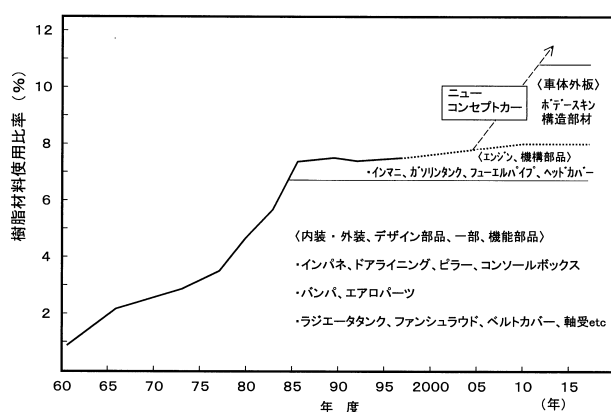


図-1 樹脂材料使用比率の変遷

この結果によると、1980年代後半までには内外装部品の樹脂化が急速に進展し、樹脂材料の構成比率は7%台半ばに到達している。その後の進展は比率としては横這い状態であるが、1990年代に入ると、インテークマニホールド、外板パネル等の機能・構造部品の樹脂化が実用化され、樹脂化の流れは今後益々難易度の高い部品へステップアップしていく姿が伺える。

一方樹脂材料の開発動向に目を向けると、1950年代の石油化学工業の勃興以来、高分子合成技術、コンパウンディング技術の革新も相伴って、新規ポリマー、コンパウンド材料が次々に開発されて

いった。更に昨今では、リサイクル性向上、材料統合のニーズも高まり、従来とは異なる視点での材料開発、および樹脂材料間の置換検討も活発化している。

樹脂材料が自動車部品にどのように適用されているかについては、既に多数の成書で詳細に報告されているので、本報では樹脂材料技術の変遷に軸を置き、その中での自動車部品の関わり、および今後の展望について述べる。

2. 自動車の主材料構成推移

日本における自動車用樹脂材料の需要量は1996年時点で約100万トンであり、そのうち約半分がPPである。(表-1¹⁾) 主要材料の構成推移は表-2に示すように、PPは年々増加傾向にあり、PVC、ABS、ポリウレタンは減少もしくは横這いの方向である。一方PA、PC等のエンジニアリングプラスチック(以下エンプラと略す)は1980年後半から着実に増加している。

表-1 自動車プラスチック需要

樹脂種類	1996年 千トン	構成比 (%)
フェノール樹脂	7	0.7
ポリウレタン	100	10.1
塩化ビニル樹脂(PVC)	95	9.6
ポリエチレン(PE) 計	57	5.8
(HDPE)	38	3.8
(LEPE)	19	1.9
ポリプロピレン(PP)	450	45.6
ABS樹脂	88	8.9
その他合成樹脂 (不飽和ポリエステル樹脂)	27	2.7
(メタクリル樹脂)	7	0.7
(メタクリル樹脂)	20	2.0
汎用樹脂 計	824	83.4
ポリアミド(PA)	72	7.3
ポリカーボネート(PC)	17	1.7
ポリアセタール(POM)	32	3.2
ポリブチレンテレフタレート(PBT)	26	2.6
変性ポリフェニレンエーテル(m-PPE)	16.5	1.7
機能樹脂 計	163.5	16.6
合計	987.5	100.0

* Junji Koizumi 材料技術部 樹脂材料技術室

表-2 小型乗用車における原材料構成比率

年	1980	1983	1986	1989	1992	1997
原材料	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
フェノール樹脂	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
ポリウレタン樹脂	0.8	0.9	1.2	1.0	1.1	0.9
塩化ビニル樹脂	1.4	1.7	1.7	1.6	1.1	1.1
ポリエチレン	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4
ポリプロピレン	0.9	1.2	2.0	2.4	2.5	2.8
ABS樹脂	0.5	0.5	0.7	0.8	0.7	0.6
その他合成樹脂	0.7	0.6	0.4	0.3	0.4	0.3
高機能樹脂	—	0.2	0.7	0.9	1.1	1.3
合成樹脂 小計	4.7	5.7	7.3	7.5	7.3	7.5

一般的に樹脂材料は重合ポリマー単体のニートレジンと、これをベースに加工されたコンパウンド材からなり、更にコンパウンド材はガラス繊維やタルクを充填した強化材料と、エラストマーや異種ポリマーを混合したアロイ材に分類される。自動車部品に適用されている樹脂材料の内訳を見ると、表-3に示すようにニートレジンに比較してコンパウンド材の適用事例が多いことが分かる。

表-3 自動車部品向け樹脂材料の内訳

種類	区分	内装	外装	機能
PP	ニート	ドアトリム、スカッフプレート		タンク、バッテリーケース、ダクト
	強化材	ビラ-ガーニッシュ	ホイールカバー	ヘルムカバー、シェラウドファン
ABS	アロイ	インパネ、インパネ周辺	バンパ、サイドモール	
	強化材	インパネ周辺、ビラ-	ラジエーターリル、スポイラー	
PA	ニート	コネクタ		タンク類
	強化材	ベンチレータフィン	ドアハンドル、ホイールカバー	ヘッドカバー、インマニホルド
POM	アロイ		ホイールカバー	フェューエルキャップ
	ニート	クリップ	クリップ	フェューエルポンプアッシャー
m-PPE	アロイ	インパネ、インパネ周辺	フェンダ、ホイールカバー	コネクタ、レジネータ
	強化材	ルーフライナー	スポイラ、バンパフェイス	ジャンクションボックス
PBT	ニート			コネクタ
	強化材	レジスターフィン	ドアハンドル、ドアミラー	センサー等電装部品
PC	ニート			
	強化材	インパネ、インパネ周辺	窓ガラス、ヘッドランプレンズ	ルーフレール
アロイ			ドアハンドル、フェンダ	

にみえたが、1990年代に入るとメタロセン触媒に代表される高活性触媒の開発により、既存原料で特性が全く異なる新規ポリマーが出現した。その代表例はシンジオタクチックPSやポリケトンである。また新モノマーの開発によりナイロン9T、ポリプロピレンテレフタレートが上市された。これらの新材料は既存材料に比べ耐熱性、耐LLC性等が大幅に向上し、今後エンジン周辺部品や従来樹脂化が困難であった部品への展開が期待される。また地球環境対策材料として生分解性樹脂の動向も注目される。既に農業用フィルムや日用品で実用化されているが、今後分解寿命が任意に制御できる等のインテリジェント材料としての機能を備えた領域へ進化することを期待したい。

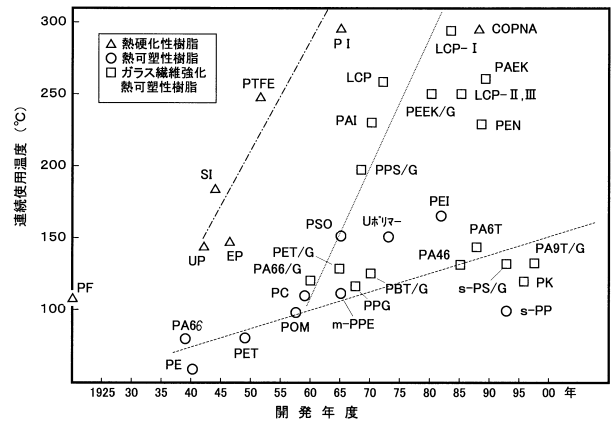


図-2 重合ポリマーの開発年度と連続使用温度

重合ポリマーの開発シーズは図-3³⁾に示すように多岐に渡り、既存材料の限界物性をブレークスルーできる新規重合ポリマーの開発は可能と思われる。ここでの課題は製品側のニーズとコストとの整合性であろう。

3. 重合ポリマー開発の変遷

樹脂材料は1901年にセルロイドが工業化されたのを皮切りに、フェノール樹脂(1909年)、ポリスチレン(1930年)、ポリアミド(1941年)と続き、その後は図-2²⁾に示すように耐熱性の高い樹脂の開発ラッシュとなった。6番目のエンブラとして1971年に開発されたPPS以降も更に連続使用温度の向上が図られ、1980年代には熱可塑性樹脂で実に300℃の連続使用に耐えうる液晶ポリマーが開発され、スーパーエンブラとしての頂点を極めた。新規ポリマーの開発はここで一段落したか

4. コンパウンド材料開発の変遷

4-1. フィラー強化PP

樹脂にフィラーを添加する目的は強度、剛性、耐熱性の向上である。補強効果はフィラーの形状によって異なり、図-4⁴⁾に示すように結晶性樹脂/繊維状フィラーの組み合わせが最強である。この中でコスト面からガラス繊維の適用が最も多い。PC等の非晶性樹脂ではガラス転移点(以下Tgと略す)により耐熱性が支配されるため、フィラーによる熱変形温度の改良効果は少ない。



図-3 新規ポリマーの技術動向

フィラーの補強効果は一般的にフィラーのアスペクト比に依存するが、ガラス繊維の場合は表面処理剤の影響も非常に大きい。表面処理剤は主にシランカップリング剤とガラス繊維を束ねるための集束剤から構成される。樹脂の種類により表面処理剤の処方も異なるが、特に集束剤は樹脂成分であるため、熱劣化後に色調変化（黄変）が生じ

たり、溶剤を伴う環境下で使用した場合には樹脂との密着性が悪化し補強性能が著しく低下するケースもあるので注意を要する。一例として、図-5a、5bにアルカリ溶液浸漬前後の破断面写真を示す。

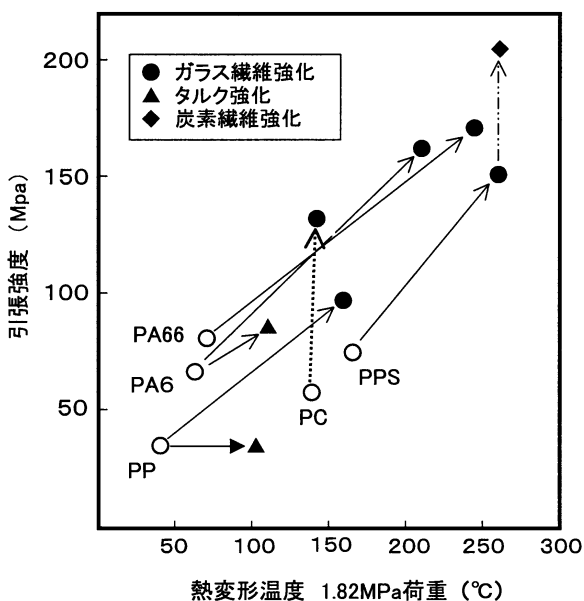


図-4 フィラーの補強効果

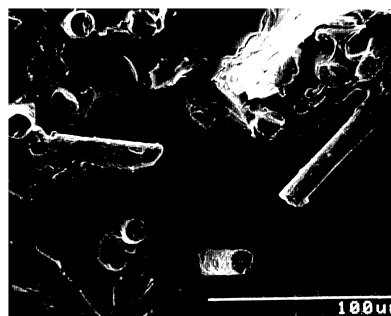


図-5a PP/ガラス繊維破断面写真（blank）

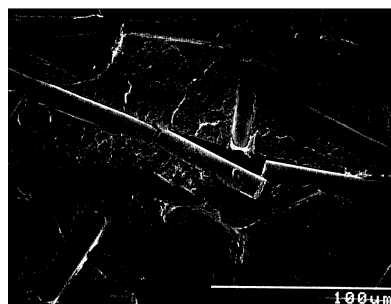


図-5b PP/ガラス繊維破断面写真 (KOH 60°C × 1200Hr 浸漬後)

タルク、マイカ等の板状フィラーは強度面の改良は僅かであるが、剛性、耐熱性の向上効果は大きい。特にタルクは外観品質、コスト面でも有利であることから、内外装部品や低負荷の機能部品に多用されている。その他ワラストナイト、炭酸カルシウム等のフィラーも寸法安定性、外観改良等の目的で使用されている。

上記のフィラーはいずれも粒子径が μm オーダー以上で、樹脂に対する添加量は10重量%以上が一般的であるが、モンモリロナイト等の層状フィラーを nm オーダーに分散させたナノコンポジット材料では、5重量%以下の添加量で優れた補強効果が得られる⁵⁾。同材は10年前に豊田中研/宇部興産がPA系で企業化に成功し、最近では全世界でPP、POM、ABS、TPO等の汎用樹脂への展開が活発に検討されている。衝撃性、寸法安定性に改良の余地はあるが、ガラス繊維強化材に比べ軽量で外観品質、リサイクル性にも優れるため、今後車両への適用拡大が期待される。

する。自動車用PPの半分以上は3元系材料で、インパネ本体・周辺部品、バンパ等の内外装部品への適用が拡大している。

図-6に3元系材料の衝撃性/耐熱性に関する物性領域をHDPE、ABSと比較して示す。

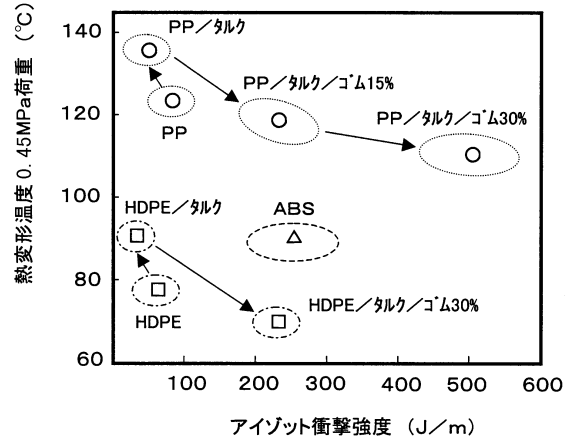


図-6 3元系材料の耐衝撃性と耐熱性の関係

3元系材料は耐熱性の低下を最小限に抑え、かつ衝撃性の大幅な向上が可能であり、ABSに比較して明らかに物性バランスに優れる。PPと同類のオレフィン系樹脂のHDPEをベースにしたゴム/タルク混合系では、HDPEの耐熱性の低さをカバーできず、また衝撃性の改良効果もPPベースに比べ劣る。これはHDPEとゴムの相溶性が高く、ゴ

4-2. PP/ゴム/タルク 3元系材料

PPコンパウンド材として最も代表的なものは、PP/ゴム/タルクから構成される3元系材料である。この系は剛性/耐熱性/流動性/外観等の物性バランスに極めて優れ、また製品の要求品質に応じて配合チューニングも容易にできる特徴を有

表-4 PP複合材料の技術の変遷

		'60	'65	'70	'75	'80	'85	'90	'95	2000	
PP製造プロセス	触媒	第1世代(脱灰・脱APP) ・TiCl ₃ /Al(C ₂ H ₅) ₂ Cl		第2世代(無脱灰・脱APP) ・有機Al還元Ti系			第3世代(無脱灰・無脱APP) ・MgCl ₂ /TiCl ₄ 担持				第4世代(新機能) ・メタセン, 多孔質触媒
	重合法	スラリー法	バルク法		ハイブリット法 (バルク+気相)		気相法				
	その他			多槽シリーズ重合		C ₂ /C ₃ 組成分布制御		分子量・分子量分布制御		モノマー配置制御・非オレフィン モノマー導入	
副資材	ゴム	・汎用ホモ ・汎用ランダム		・高剛性ホモ	・高衝撃ブロック	・高緩和型ブロック	・高流動/耐衝撃ブロック	・高結晶ホモ ・超高流動/高結晶/高衝撃ブロック ・シジフォPP ・超高結晶ホモ			
	フィラー	・GF	・タルク	・ワラストナイト	→ 微粒子化		・EOM, EHM	・EBM	・SEPS	・水添SBR	
コンパウンド法		・ハンパリー	・単軸押出機	・2軸押出機	→ ハイトルク, 高L/D, 高速回転		・特殊単軸	・2段式タンDEM	・インライン混練		
		単純ブレンド		リアクティブ・プロセス(ゴム架橋, 反応変性)							

ムが均一にHDPEマトリックスに溶け込むためと考えられる。即ちゴムは適度な大きさで不均一分散の方が衝撃性/耐熱性のバランス化に有利であり、PP/ゴム/タルク混合材はまさにこの条件を満足した希有なブレンド系と言える。

更に3元系材料を支える原材料、コンパウンディング技術の革新も見逃せない。表-4に示すように、PPでは担持型触媒による立体規則性制御、高結晶化PP、逐次共重合による高流動・耐衝撃性ブロックPPが製造可能となり、ゴムについてもEOR、水添SBR、SEPS等の高機能材が続々と開発された。またプロセス面でも2軸押出機の高トルク・高せん断化により高度なモルフォロジー制御が可能となり、これらの複合化により、従来では考えられなかった高物性の3元系材料が工業化されていった。

一例としてバンパ・サイドモール材配合の流動性/耐熱性に関する変遷を図-7に示す。図中の材料はゴムを約30重量%含有し衝撃性は同等レベルであるが、この相反特性である流動性(MFR)、耐熱性が共に大幅に向上している。この結果、生産性向上、薄肉化、コスト低減が可能となり、3元系材料は自動車材料の中心的存在として益々不動の位置を固めるに至った。

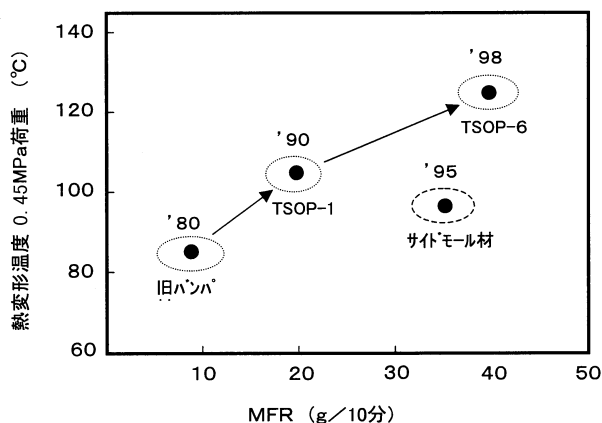


図-7 バンパ、サイドモール材の流動性/耐熱性の変遷

3元系材料の設計処方・メカニズムはTSOP (Toyota Super Olefin Polymer) 材等で最近詳細に検討され⁶⁾、機械物性面ではかなり究極に近い領域に到達していると考えられるが、今後の課題は表面品質(耐傷付き性、表面平滑性、発色性等)の改善や材料統合、低コスト化であろう。特に低コスト化については、ゴムを高濃度に重合したリアクターTPOの適用や、高衝撃ブロックPPと

タルク高濃度マスターバッチからなるコンパウンドレス化が既に実用化されており⁷⁾、材料統合化も兼ねる手法として今後の展開が注目される。またコストを優先させた3元系材料の原料構成の見直しも必要と考える。特に主原料となるPPについては、ブロック成分の機能付加の度合いによりゴムの選択、添加量が異なりコスト変動の大きな要因となる。海外グレードも含めてPPとゴムの機能分担をどのように配分するのがベストか? 3元系材料の検討課題はまだまだ尽きないようである。

表-5 自動車部品へのポリマーアロイ適用例

アロイ構成	相溶パターン	相溶化手法	適用製品代表例
PPE/PS	完全相溶	—	ホイールカバー、インパネ
PC/ABS	部分相溶	AN組成比最適化	ホイールカバー、インパネ
PA/ABS	部分相溶	AN組成比最適化	フェンダ、ビラー
PC/PBT	部分相溶	エステル交換反応	バンパ、ドアハンドル
PA/MXD6	部分相溶	アミド交換反応	ロッカカバー、パソコン筐体
PA/EPDM	非相溶	EPDM酸変性	フューエルキャップ
PA/PPE	非相溶	PPE酸変性	ホデーパネル、ホイールカバー
PA/PP	非相溶	PP酸変性	エンジンカバー、ホイールカバー

4-3. ポリマーアロイ

ポリマーアロイは、異種の高分子鎖同士がミクロに共存した高分子多成分系と定義され、単一のポリマーでは得られない性能・機能を発現させる手法として広く研究されている。組み合わせとしては数百種以上におよび⁸⁾、自動車での代表例と適用部品について表-5に示す。

ポリマーアロイは非相溶系の組み合わせが大部分であるが、GEプラスチックが1967年に開発したPPE/PSアロイ(商標:ノリル)は数少ない完全相溶系の1つである。PPEはTgが約200°Cで耐熱性に優れるが流動性に劣る。PSのアロイ化により流動性は改善されるが、均一にPPE中に溶解するため、耐熱性は加成式式に従いリニアに低下する。

ポリマーアロイでは相溶系よりむしろ非相溶系または部分相溶系の方がアロイ化による相乗効果が発現しやすく、また物性バランスも良好なため工業材料として有用である。ここで問題となるのが異種ポリマー間の接着と多相構造の最適化設計であり、例えば相界面で部分的に相溶化させて所望のサイズに分散させる等のモルフォロジー制御技術がキーポイントとなる。

界面の相溶化手法は図-8に示すように多数あるが、最も代表的な事例はアミノ基とカルボン酸、無水マレイン酸との反応系である⁹⁾。例えばナイ

ロン/EPDMは非相溶であるが、EPDMを無水マレイン酸等の極性モノマーでグラフト変性させると衝撃強度が飛躍的に向上する。この先駆をなすものはデュポンが1972年に開発したスーパータフナイロンである。またボデーパネル等で採用実績のあるPA/PPEアロイも同様の手法が適用されている。

これらのアロイ系は通常2軸押出機でコンパウンドされる。反応を伴うアロイ系では、異種ポリマー間の官能基が反応して中間体が形成されることが報告されている。PA/PPEアロイ系を例にとると、PA・PPE共重合体が押出機内で形成され、これが相溶化剤として作用してPA/PPE間の界面張力を低減させ、PPEを微細分散化させる¹⁰⁾。この一連の作用をリアクティブ・プロセスングと称し、押出機を単なる「搬送機」でなく「反応機」として作用させる画期的な技術として、近年大いに注目を浴びている。TPO等の熱可塑性エラストマーの基盤技術である動的架橋法もこの技術に属する。

PA/PPEアロイ系は剛性/耐熱性のバランスに優れるが、外装部品適用に際しては耐衝撃性の改良が必要であり、第3成分としてSEBS等のスチレン系エラストマー(TPS)がアロイ化される。この場合、PA/PPE/TPSの相溶性の関係からTPSはPPE相内に選択分散し、図-9に示す海・島・湖構造を形成する。

井上らはFEM解析によりTPSの分散形態と耐

熱性の関係について検討し、海・島・湖構造が海・島・島構造(TPSがPA相内に分散)に比較して、耐熱性の高いPPE相への応力集中が高いため、結果的に熱変形量が少ない、即ち耐熱性に優れると結論している¹¹⁾。(図-10)このように高度にアロイ化されたPA/PPEアロイ系はオンライン塗装可能な耐熱性を有し、衝撃性にも優れるため、近年ボデーパネル、ロッカパネル等の外装部品への適用が拡大している。

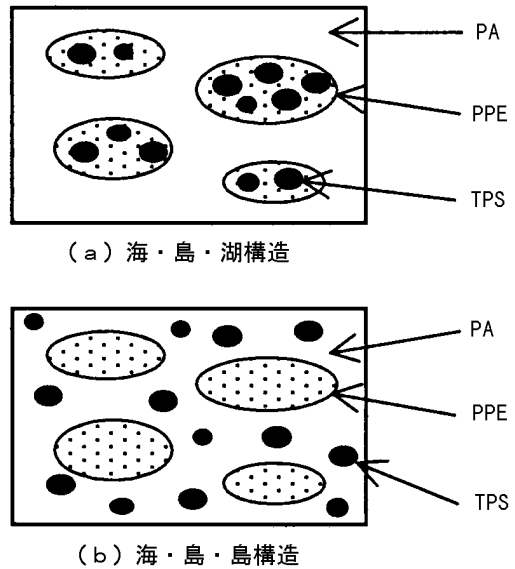


図-9 PA/PPE/TPSのモルホロジー

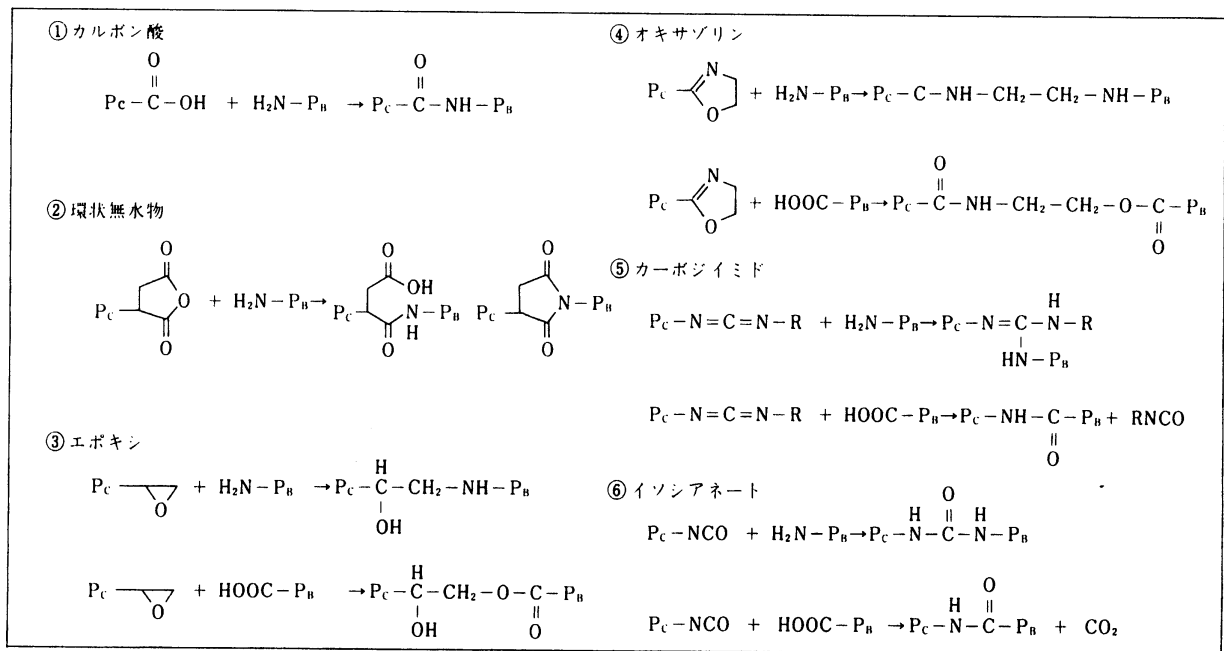


図-8 ポリマーアロイの相溶化手法

他のポリマーアロイとしてPC/ABS, PC/PP, PA/ABS, PA/PP, PP/PPE等があげられ, 衝撃性, 耐薬品性, 吸水性, 耐熱性の向上が図られている. また導電性, 制振性, 伝熱性, 制電性等の本来樹脂にない機能を付加したアロイ材料の開発も活発であり, ポリマーアロイは今後特にこれら高機能材料の開発の分野での活躍が期待される.

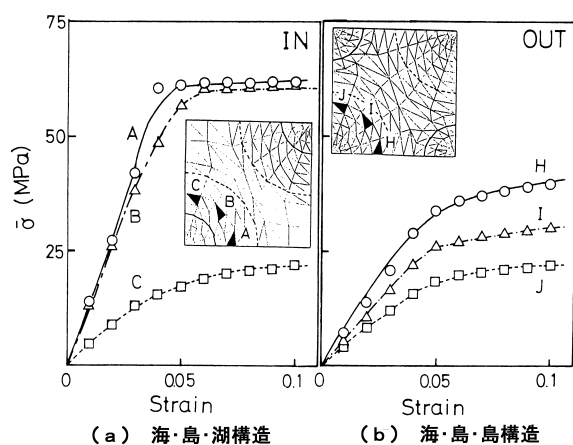


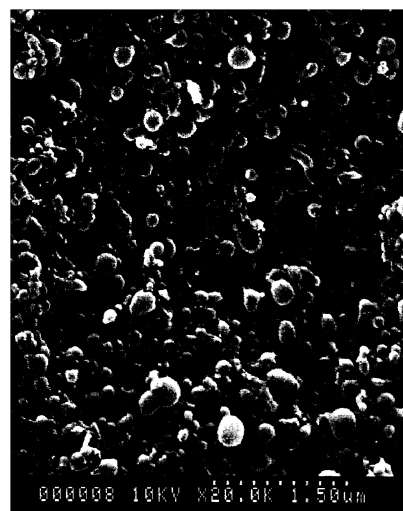
図-10 PA/PPS/TPSアロイの応力解析

5. 成形加工技術による高性能化

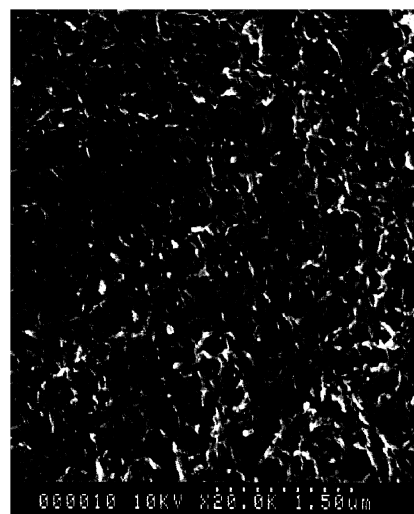
一般に高分子材料は分子量に分布があり, それ自身完全な均一材料ではない. 更に成形加工した場合配向の影響を受け, 結晶性ポリマーではスキン層とコア層で結晶化度が異なる. 従って単一材料であってもその成形加工品は不均一な構造の集合体である. ポリマーアロイではこの傾向が更に顕著であり, テストピースと製品の性能が一致しないこともしばしば発生する.

最近の研究によると, 非相溶系の材料においても温度とせん断速度の作用により均一に相溶する領域があり, スピノーダル分解が実際の成形工程で起きていることが報告されている¹²⁾. 射出成形工程を例にあげると, 熔融樹脂がキャビティー内に充填される際, 高せん断が付加されて相溶化状態となり, 充填完了後せん断がゼロになると急速に相分離が始まり, 共連続構造を経て海島構造へと転換する, 即ち成形条件により容易にモルフロジーが変化するというものである. 実際我々の検討においても, PC/PBTアロイにおいて成形条件によりモルフロジーが変化し, これが塗装性能に大きく影響することを確認している. 現状ス

ピノーダル分解との因果関係は断定できないが, 図-11の電子顕微鏡写真ではそれに類似した構造が観察されている. このように成形条件により材料本来の特性が発揮されないケースもあるので注意を要する.



(a) 相分離初期



(b) 相分離後期

図-11 PC/PBTアロイの相分離構造

一方逆に相分離挙動を巧く活用した事例を紹介する¹³⁾. PPE/HIPSに第3成分として結晶性樹脂αをアロイ化した射出成形品は, 図-12に示すように海島構造が交互に反転した多層構造を形成する. これはキャビティー内で生ずる温度勾配とせん断勾配により, 厚み方向で成分間の粘度の大小関係が逆転する現象を応用したものである. α成分にPE, PA等を選択することにより耐水分透過

性、ガスバリア性等の機能を付与することができる。

ポリマーアロイと成形加工プロセスを組合わせて、積極的にモルフォロジー制御する手法は、樹脂材料の高性能化の新規キーテクノロジーとして注目したい。またこの技術を更に発展させて、成形加工プロセスで汎用樹脂をも高機能化させる「夢の成形加工技術」も近い将来実現可能かもしれない。

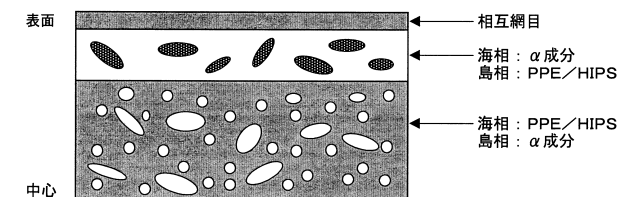


図-12 多層反転構造形態 (PPE/HIPS/ α)

6. おわりに

現状の樹脂材料の課題である低コスト化と高機能化に対して、これをバックアップする材料シーズは本文で述べたように豊富に揃っていると思われる。しかし今後の材料開発においては、グレード統合、グローバル展開、リサイクル性を視野に入れたアプローチが必要であり、従来にも増して材料開発の環境は厳しくなったと言える。一方分析・構造解析技術や可視化技術の進歩により、従来ブラックボックスであった高分子特有のファジーな特性や物性発現メカニズムが徐々に解明されつつあり、これは樹脂材料だけでなく成形加工技術にとってもブレークスルーの鍵となりうる。樹脂材料を含め高分子材料は今後もなくてはならない材料であり、これからも世界規模で力強く発展していくものと確信する。21世紀も樹脂材料が、ユーザーに喜ばれ地球環境にも優しい車両開発の中心的役割を果たすことを期待する。

参考文献

- 1) 「これからの自動車技術」, 大成社(1998)
- 2) 坂本, 機能材料, 10, No.2, 7(1990)
- 3) 井上ら, プラスチックエージ, 46, No.1, 100(2000)
- 4) 「高分子新素材」エンジニアプラスチック, 共立出版(1987)
- 5) 中條, プラスチックス, 48, No.5, 64(1997)
- 6) 野村ら, 高分子論文集, 56, No.10, 693(1999)
- 7) 鈴木ら, 自動車技術会 学術講演会前刷集, No.51, 1(2000)
- 8) 平林, プラスチックエージ, 43, No.2, 125(1997)
- 9) 矢崎, プラスチックス, 48, No.9, 40(1997)
- 10) 高山ら, プラスチックエージ, 43, No.2, 110(1997)
- 11) T.Inoue et al., Polymer Engineering and Science, 32, [24], 1863(1992)
- 12) 井上, プラスチックス, 48, No.9, 16(1997)
- 13) 西田ら, 高分子論文集, 54, No.4, 244(1997)

≡ ≡ ≡ 総 説 ≡ ≡ ≡

樹脂製品の表面処理技術

Coating technology of plastic parts

荻 巢 康 彦 *

1. はじめに

表面処理技術はあらゆる分野で利用され自動車産業においても生産から製品に至るまで多くの表面処理技術が使われている。

当社においても樹脂材料をはじめゴム材料、金属材料へと広く活用されている。

本報では特に樹脂材料への表面処理技術の係わりについて社内での適用例を紹介しながら今後の技術動向と抱える課題とそれを具現化する為の最近の取組み状況について総説する。

2. 樹脂表面処理技術の変遷

表—1に当社の樹脂材料へと適用した表面処理技術の変遷についてまとめた。

以下に当社固有の代表的な開発事例について2, 3紹介する。

2-1 部分めっき技術¹⁾

自動車樹脂装飾めっきの部分めっきニーズに対応した技術開発で、必要な部分のみにめっき処理し不必要な部分はABSの成形肌とすることにより後塗装の塗料との付着性についても安価な汎用塗料が使える、また他法に比べてめっき見切りの外観を飛躍的に向上させようとする技術である。

本技術はABS成形素材に一条のV溝を形成する(パテント登録済み)ことによりV溝を境にして無電解めっきが切断され、これにより電解めっきを遮断するという原理を用いた部分めっき技術である。

写真—1は溝きり法によってフロントグリルに部分めっきを適用した事例である。

表—1表面処理技術の変遷

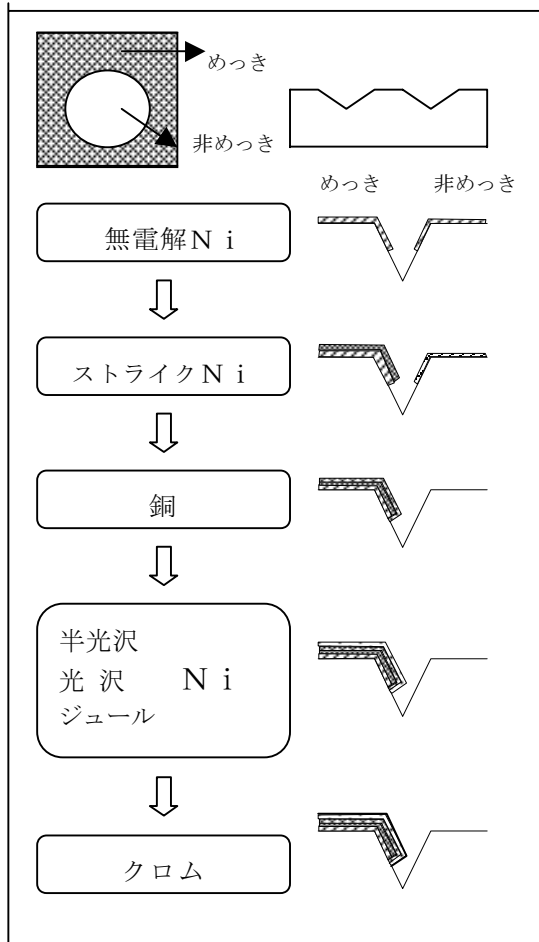
年度	技術・塗料開発の変遷
1964	真空蒸着技術(内装)
1965	樹脂めっき技術(外装)
1970	マイクロ-ラスめっき技術
1975	外装トップコート塗料
1977	TPE塗料 PP0めっき技術 RIM塗装技術
1979	スパッタリング技術 静電植毛技術
1980	UV硬化処理技術
1981	プラズマ処理技術 多色スパッタリング技術
1985	ポッティング技術
1986	SEBS塗料
1987	カウンターコロナ放電処理技術
1989	TCEレス洗浄技術
1992	D席A/B/パッド1コート塗料
1995	金型イオン窒化処理技術
1996	V溝部分めっき技術
1997	PWT処理技術
1998	軟質光輝処理技術
1999	1液/2液塗料



写真—1 部分めっきグリル

* Yasuhiko Ogisu 材料技術部 表面処理開発G

図—1に溝切り部分めっきのメカニズムを示す。円周状の一条の溝により溝の底部にて無電解が切断され、以降の電解めっきが溝部に切断され通電部のみめっき膜が成長し、非通電部に残った無電解Ni膜は電解めっき浴の酸により溶解し消失するというメカニズムにより部分めっきが完成する。



図—1 部分めっきメカニズム

2-2 PWT 処理技術

PWT (Primerless Water Treatment) 処理技術とは塗装前処理技術である。バンパー、インパネ等に使用されているTSOP (Toyota Super Olefin Polymer) に代表されるオレフィン系材料は、成形等の利便性はあるものの塗装性等は著しく阻害され通常はプライマーを塗布したり焼付温度を高温化するなどして処理されるが、いずれも工程的には負担増となり望ましくない。そこで前処理洗浄の水系化(脱TCE)に合せて水系洗浄工程の中で表面を強力な酸化力をもつオゾンを経由させたオゾン水によってシャワーする(特許登録済み)ことによってオレフィン表面を改質しプライ

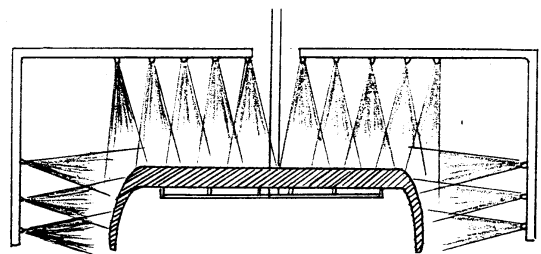
マーなしで1コートで上塗り塗装をしかも低温焼付(80℃×30分)にて可能とした技術である。写真—2はフロントバンパーに適用した事例である。



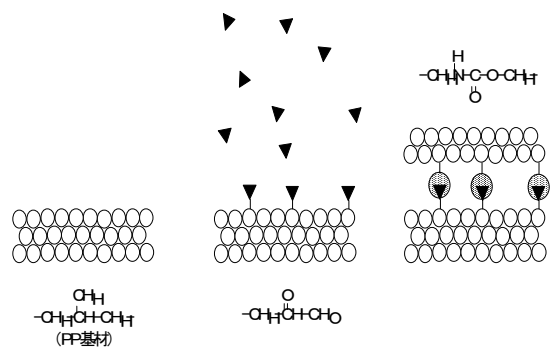
写真—2 PWT処理バンパー

PWT処理の概要と原理について説明する。PWT処理は水系洗浄工程のゾーンにオゾン水をバンパーにシャワーリング(図—2)するステージを数槽設けて行う。

ポリプロピレン表面に塗料と結合し易いカルボニル、カルボキシル基(図—3)といった官能基をオゾンにより生成させるという原理によりポリプロピレンの表面が改質される。



図—2 PWT処理



図—3 PWT処理の原理

2-3 軟質光輝処理技術²⁾

米国5マイル規制および歩行者保護といった観点より、衝突しても割れない光輝膜ニーズに対応した技術開発でスパッタリングという手法を用いて軟質基材(TPO)に亀甲構造(USパテント登録済み)を持つ光輝膜を成膜し(写真-3)、この亀甲構造により変形を吸収する割れない光輝膜を実現した。

写真-4は、フロントグリルに適用した光輝膜が捻りを加えても光輝膜が割れることなく変形に対して耐え得ることを証明する。

図-4に、軟質光輝膜を製膜する今回用いたスパッタリング装置の概要を示す。円筒型のスパッタリング装置によりワークがターゲットの周りを自公転しながら光輝膜が成膜される。

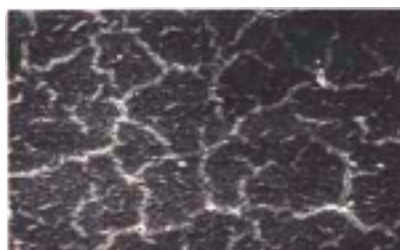


写真-3 軟質スパッタ膜



写真-4 軟質光輝グリル

以上、当社独自に考案した各種表面処理技術を中心に紹介してきたが、この他にも製品セット治具にカウンター電極(対向電極)を埋設し主電極のボール電極を3次元に操作することによって3次元成形品の処理を可能にしたカウンター方式のコロナ放電処理技術(パテント登録済み)とか、あるいはPVD(Physical Vapor Deposition)を用いたイオン窒化処理により金型表面に微細な凹凸を造り、これによって背反事象の明度を上げること

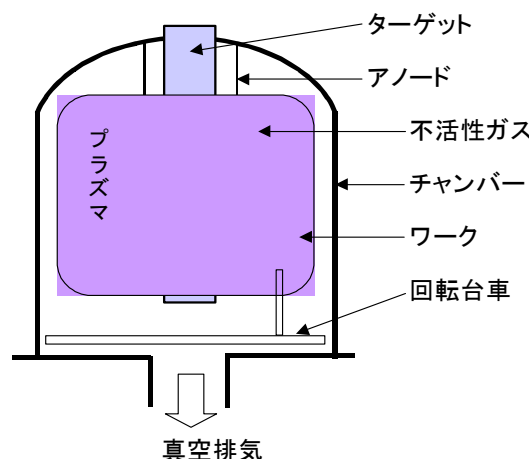


図-4 スパッタリング装置

なく樹脂成形品の表面光沢(グロス)を1.0程度まで下げることが可能となった防眩材着金型処理技術(パテント登録済み)とか、あるいは塗料の統合化に向けて外装用塗料のサイドモール、バンパー、マッドガードといった軟質素材に持ちいられる2液ウレタン系塗料を先ずは統合すべく、サイドモール塗料よりプライマレス1K(1液)/2K(2液)化を可能とした1K/2K塗料・塗装技術の開発とか、これまでに培われた先人達の技術を石杖に更に進化、発展させて色々な表面処理に係わる技術開発を進めて来た。

今後とも後述する金属調塗装の技術開発にも見られる様にその歩みを留めることなく技術開発を継続して行く。

3. 表面処理技術のトレンドと課題

後半の誌面を使って表面処理技術の現在抱える課題とその取組み状況について総説する。

以下に説明する表面処理技術の課題は、顧客要求の変化あるいは社会情勢の変化により大きく左右されるものである。現時点における課題としては新意匠・新加飾、新たな機能付与(機能発現)、循環型環境対応の大きく3つである。

3-1 新意匠・新加飾

自動車内外装部品に要求される本ニーズについては「より本物らしく」「斬新さ」「奇抜さ」とか言った言葉がデザイナーから異口同音に発せられる。

確かに我々が世に出してきた塗装に代表される各種表面処理製品を振り返れば、例えばメタリッ

ク調とか木目調とかあるいはスウェード調とか必ず〜調と称してフェイクを自認してきた。もっとも木質感で言えば、削り出しの本木とか漆といった様な言わば工芸品の手間暇掛けたものとは自ずと工業品が故の限界がある。

一般的に人が木とか金属とかセラミックスとか物質を識別する思考回路は、感性豊かな人ほど5感をフルに活用していると言われている。

これまでの我々の開発はどちらかというと視覚情報に訴える、意識した偏ったものであったと反省される。「より本物らしく」見せる為にはもっと視覚以外の5感に対しても訴える様な着想が必要である。また、「斬新さ」「奇抜さ」といった指摘については前段の「より本物らしく」と関連しており、本来は車格に応じた加飾の住み分けがしたいにも拘らず、品揃えが不足しているため、住み分けが出来なくなった結果、差別化出来なくなった一つの要因となっている。専門メーカーとして車格に応じた加飾技術の品揃えを準備しPRしていくことが賢明である。

3-2 新たな機能付与（機能発現）

塗料を例にしてその考え方を示す。図-5は塗装工学（1998）からの引用である。本誌の内著者、日本油脂（株）中道氏は「塗料の要素技術とは何かを明らかにすることによって周辺分野、境界領域への活用の可能性の大きさが自ずと見えてくる」と結んでいる。

各種技術は、様々な技術蓄積の結果が新たな要素技術となって実を結ぶものであり、その要素技術の整理により新たな機能付与、発現が見えてくるはずである。

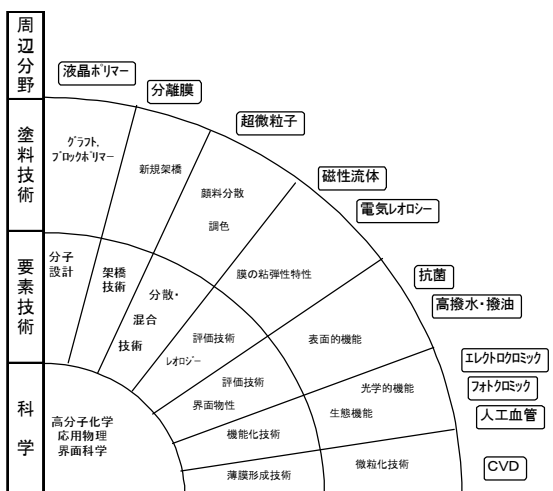


図-5 塗料の要素技術と他分野展開³⁾

3-3 循環型環境対応

昨年7月PRTR（Pollutant Release and Transfer Register）法が成立し、日本語では環境汚染物質排出移動量登録と呼ばれており、2001年からの施行が決定した。これは事業所が、大気や河川などの環境へ化学物質を排出する量や廃棄物として事業所外へ移動する量を行政へ届け出ることを義務化し、行政は届出を整理集計し情報公開する制度である。

このPRTRの制度化で廃溶剤を発生する事業者は、354種の特定化学物質に関して排出、移動の登録および管理が義務付けられる。

この354種の内に塗料あるいは接着剤等に用いる主剤、硬化剤に含まれる内添シンナーおよび希釈シンナーに多く使用されているトルエン・キシレンが含まれている。

近年の溶剤の使用量は270万トン、この内再利用は20万トン程度と確認されている。図-6は排出量上位10物質の排出量を示す。

当社においても塗料、W/S表面処理剤、ゴム加硫接着剤あるいはウレタンハンドル共糊、離型剤などに多くのトルエン・キシレンを洗浄用、希釈用、主剤/硬化剤内添用として使用しており、社外加工メーカーまでの総使用量まで含めると単なるPRTR対象物質の置換のみではなくてVOC規制に立脚した水性化あるいは無溶剤化に向けた本格的な見直しが必要となる。

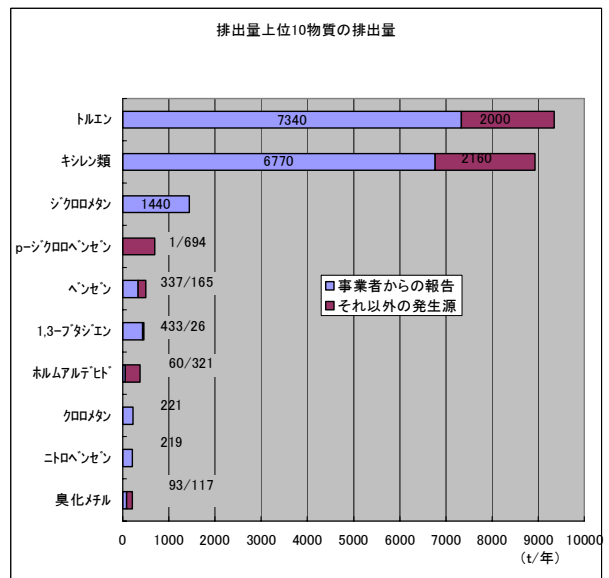


図-6 排出量上位10物質

現状ではこうした廃溶剤は焼却処分され有効成分が再利用されているケースは極めて少ない。廃棄物をもう一度使い直したり他の用途として使うなどの環境循環型経済社会への対応として、取組みを変えていかなければならない。

4. 最近の表面処理技術

前述の大きな3つの課題に対してそれを具現化する最近の表面処理技術開発事例についてトピックスとして以下に紹介する。

4-1 新意匠

4-1-1 高干渉色塗装

代表的なものに日本ペイント製のMAZIORAや南米モルフォ蝶の発色機構を利用したモルフォトーンなどが上げられる。

これらは、いずれも見める角度によって色相が大きく変化するのを特徴とした塗色である。

いずれも既に自動車外板色あるいは内装部品色として車両実績があり、その塗膜構成の1例を図-7に示すが、この塗膜構成からして容易に大幅なコスト高となるにも拘らずその採用が増えて行く傾向が見られる。図-8はモルフォトーン塗装の分光分布（入射角45°のブルーの発色）を示す。

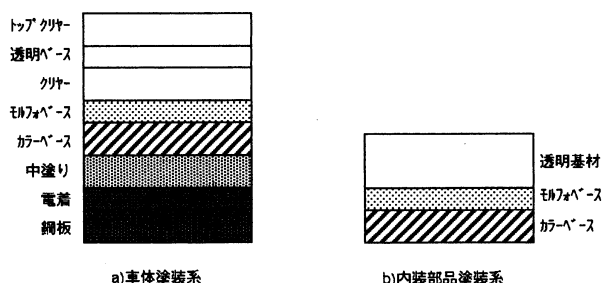


図-7 モルフォトーン塗装塗膜構成⁵⁾

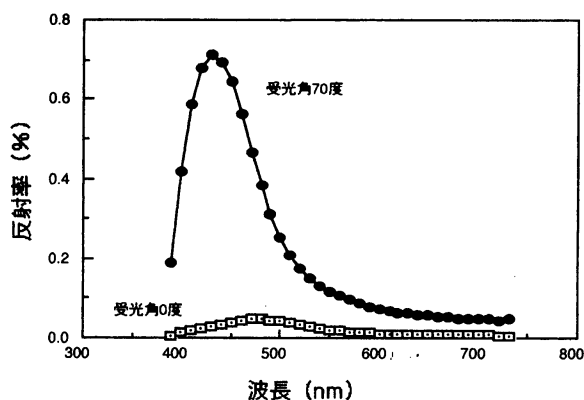


図-8 モルフォトーン塗装分光分布⁶⁾

図-8から受光角(0°と70°)によって分光波長のピークが移動しており色が見る角度によって変わることがわかる。これら開発の着想はやはり蝶、貝殻、昆虫といった生物や植物であり自然界への回帰を改めて痛感する。

4-1-2 新光輝塗装

新規光輝材の開発が活発であり、AlをMgとCrでサンドイッチした5層構造の新規パール顔料とか、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により10μ程度の酸化鉄の薄膜をコーティングした着色アルミ顔料とか、マイカに代わってアルミナフレークやシリカフレークを基材とした干渉パール顔料、といった新規光輝材が開発され、塗料化されて外板塗装や部品塗装にも今まさに使われ出した。

図-9はその概略図である。

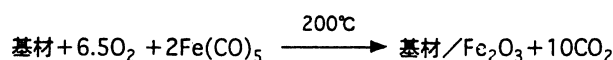
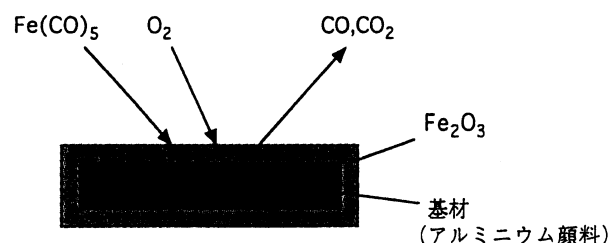


図-9 着色アルミ顔料 (CVD)⁷⁾

写真-5に当社の金属調塗装に用いる光輝材の顕微鏡写真を示すが、これ自身も従来のメタリック塗装に用いられるアルミよりは偏平率が高く粒径も揃った光輝材を用いており、光輝性の高いより金属に近づいた質感が得られ顧客に人気が高い。

という様にこの領域の開発は言い換えれば光輝材の開発という事になり依存度が高い。

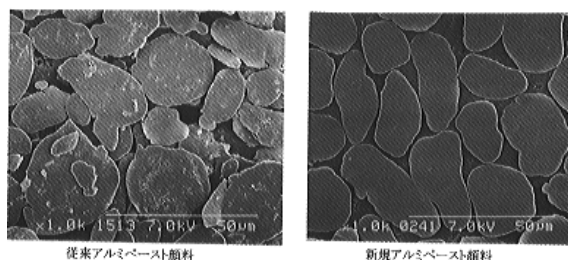


写真-5 金属調塗装光輝材

4-2 機能付与

4-2-1 ナノマテリアル

走査トンネル顕微鏡・STMや分子ビーム、原子レーザーなどの発展によりナノメータ程度の粒子（一粒子あたり百個以下の原子を含む粒子）の製造が可能となった。この粒子はナノマテリアルと呼ばれ特に金属原子において、例えば物質固有の物性値とされる融点が大きく変化したり、磁気的性質も常磁性のものが強磁性変化したり、という様に学術的にも非常に興味深い現象、挙動を示す。

また水より比重の大きいアルミや鉄の酸化物が水中に浮くといった様な特長を利用すると面白い機能が付与される。バルクに分散して使用する樹脂、ゴム材料へ添加するよりは、塗料などの液体の中に添加した方が更に面白い表面特性のみが変えられる。現状、高価なものであるが色んな分野に用途開発され使用量が増えれば一気にコストも下がるであろう。これまでに考えられない様な機能発現が期待される。

表-2に市販されるナノマテリアル材の一例を参考に示す。

表-2 ナノマテリアル

材 質	平均粒子径 nm (μ)	比表面積 m^2/g
Al_2O_3	33(0.033)	50
TiO_2	30(0.030)	50
Fe_2O_3	21(0.021)	55
ZnO	31(0.031)	35
CeO_2	11(0.011)	74
Y_2O_3	28(0.028)	44
SiO_2	26(0.026)	110

1 nm = 1/1000 μ

4-3 環境

4-3-1 バイオリクター

微生物によるめっき廃液の浄化あるいは塗料スラッジの分解といった研究が盛んに進められており、特に海外においてラボレベルの基礎研究を終えて実用段階の検討に移行しており、日本においてもパイロットプラントでの試行生産が開始されだしている。その安全性と維持管理が最大のポイントであるが、近い将来、めっき廃液設備やある

いは塗装ブースの異臭やスラッジが全く無くなり大きく様変わりするであろう。

パーカー・アレスター社の提案する微生物による塗料スラッジ処理技術について紹介する。

「PBTシステム（パーカーバイオトロンシステム）」と称してセラミックスの特殊容器を用いたリアクターに微生物を高密度に培養し、効率的に分解する。ここで用いる微生物は自然界の無害な物で石油類を分解するタイプで散気管を通じてリアクター内に常時空気を吹き込むことにより微生物の活動、培養に必要な溶存酸素を供給するといったもので、スラッジとして残るのは塗料中の顔料等無機物および微生物の排出物、死骸等で量として1/10~3/10となるというシステムである。

5 おわりに

以上、当社の樹脂表面処理技術の変遷から現状の課題と最新技術について解説してきた。

新意匠、新加飾について言えば顧客の自動車内装部品のBRID（Business Revolution Interior Design）活動に見られるように、例えばインパネモジュール ティア1メーカーとして内装部品の加飾をシステムとしてトータルコーディネート出来るようなシステムサプライヤーとしての資質を今まさに試されている。

となると今までのような各社の単品による加飾・技術の提案ではなくてシステムサプライヤーとしてティア2各社の現行ならびに開発技術を理解し（技術の棚卸が出来ていなければならない）、顧客の要求に応じて品質、コスト、外観といった技術の断面をタイムリーに提示できる様に日頃の整理と良い物を見抜く眼力を持つこともシステムサプライヤーとしての大事な役割となる。

また、環境対応については日本の場合、経済性を重視するがあまり欧米に比べると消極的な取組みであったが、産官一体となって世界に先駆け循環型社会をいち早く構築することが「技術立国」としての役目であり世界への役割である。

参考文献

- 1) 高橋, 萩巣; 豊田合成技報, VOL.39, NO.1(1996)
- 2) 長谷川, 萩巣; 豊田合成技報, VOL.40, NO.2(1998)
- 3) 中道敏彦; 塗装工学, VOL.33, NO.1(1998)
- 4) 工業塗装; NO.163(2000)
- 5) 山中雅彦; 表面技術, VOL.51, NO.5(2000)
- 6) 山中雅彦; 表面技術, VOL.51, NO.5(2000)
- 7) 有馬, 浜田; 表面技術, VOL.51, NO.5(2000)

報 告

GaN系高品質多重量子井戸構造の開発と応用

小池正好^{*1}, 永井誠二^{*1}, 山崎史郎^{*1},
手銭雄太^{*1} 小島彰^{*1}, 岩山章^{*1}

Development of high-quality GaN based multiple quantum wells and its applications

Masayoshi Koike^{*1}, Seiji Nagai^{*1}, Shiro Yamasaki^{*1}, Yuta Tezen^{*1},
Akira Kojima^{*1}, Sho Iwayama^{*1}

要 旨

紫外～赤色の発光が可能な窒化ガリウム (GaN) 系化合物半導体は、青／緑色発光ダイオード、青紫色短波長レーザを実現するための材料として有望である。発光効率の高い高品質の発光層を実現するために、GaInN/GaN多重量子井戸構造 (MQW: Multi Quantum Wells) 発光層の開発を進めてきた結果、原子層厚レベルで制御可能な成長技術を確認でき、高品質のMQW発光層の開発に成功した。この高品質MQWを用いて短波長半導体レーザを作製し、室温連続発振を実現できた。その寿命は約300時間でありほぼ実用化のめどがたった。

現在のデジタルビデオディスク (DVD: Digital Versatile Disk) には赤色 (670nm) 半導体レーザが使用されているが、短波長にすることにより記録容量の飛躍的増大が可能である。発振波長を400nmにもつGaN系短波長レーザが実現すれば、大容量の次世代DVDが可能となる。

Abstract

III-V nitride compound semiconductors are potential materials for high efficient optical devices in the ultraviolet to red region. High-efficient active layer can be realized by newly developed high-quality GaInN/GaN Multi Quantum Wells.

We have achieved continuous operation (CW) of high-quality GaInN/GaN MQW-laser diode at room temperature, and the lifetime reached 300 hours which is almost practical for super-DVD.

Current DVD systems consist of red laser diodes as light sources. The shorter a wavelength is, the larger memory size is. Accordingly bluish-violet laser beams by GaN based laser diodes realize the super-DVD.

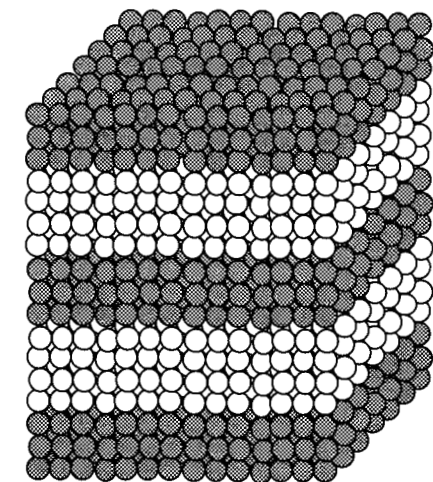
^{*1} オプトE事業部 第1技術部

1. はじめに

窒化ガリウム (GaN) 系化合物半導体は紫外～赤色の領域で高輝度発光ダイオード (LED :Light Emitting Diode) , 及び短波長レーザが可能な材料であり, 各種ディスプレイ, 高密度光メモリ用光源への応用が期待されている。

高品質GaN結晶成長法として, 有機金属気相成長法 (MOVPE : Metalorganic Vapor-Phase Epitaxy) によりサファイア上に低温成長窒化アルミニウム (AlN) バッファ層を用いて, 均一で結晶性の良いGaN及びその混晶が得られており¹⁾, 今日のTGブルー, TGグリーン等の高輝度LEDはこれらの技術を基盤とした高効率MQWの実現によって可能になった。

半導体レーザ (LD :Laser Diode) では, 特性を向上させるために活性層には多重量子井戸構造 (MQW :Multi Quantum Wells) が用いられており, その概念図を図-1に示す。MQWは異なる物質を原子層オーダーで交互に積層させた構造になっている。この周期構造のバンドギャップエネルギーの小さい方の層 (井戸層 窒化ガリウムインジウム : GaInN) 中に電子が閉じ込められて量子サイズ効果が現れる。



○ : GaN ● : InGaN

図-1 MQWの概念図

量子井戸レーザは, 1) 最大利得値が増大し, レーザの発振しきい値の低減が可能である, 2) 温度特性が良好である, 3) 導波路の損失を低減

できる, 等の特徴を有している²⁾³⁾。

またGaN系レーザでは, レーザ発振波長を制御するためにGaNと窒化インジウム (InN) の混晶であるGaInNが必要であるが, 組成比の均一な高品質GaInNの厚膜の結晶成長が困難であるため, 活性層に量子井戸構造を採用する検討を進めてきた。

以上のような理由から, GaN系レーザ実現のポイントは, 量子井戸構造の高品質化である。

本報告では, GaN系レーザダイオードに関して,

- 1) MQWの作製
- 2) MQWの最適化
- 3) GaN系MQWレーザの特性

について報告する。

2. 実験方法

2-1 成長方法

GaNの結晶成長は, III族原料として有機金属ガスであるトリメチルガリウム (TMG : $(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$), トリメチルアルミニウム (TMA : $(\text{CH}_3)_3\text{Al}$), トリメチルインジウム (TMI : $(\text{CH}_3)_3\text{In}$), V族原料としてアンモニア (NH_3) を用いたMOVPEにより行った。p型ドーパントの原料ガスにはビスシクロペンタジエニルマグネシウム ($\text{Cp}_2\text{Mg} : (\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$) を, n型ドーパントの原料ガスにはシラン (SiH_4) を用いた。各種原料ガスのキャリアガスには水素 (H_2), 窒素 (N_2) を使用した。

まずサファイア基板上に低温成長AlNバッファ層を形成した後, 成長温度700~1100°CにおいてIII族原料, NH_3 , ドーパントガスを供給して所定の層構成の結晶成長を行った。

2-2 評価方法

結晶膜の評価は, カソードルミネッセンス (CL : Cathode Luminescence), 窒素ガス (N_2) レーザを励起光源とした光励起実験, 2次イオン質量分析 (SIMS : Secondary Ion Mass Spectroscopy), 電流注入による発光特性を行った。図-2にその概念図を示す。

3. 結果および考察

3-1 MQWの作製

図-3にAlGaNクラッド層上に形成したMQWの断面図 (1例) を示す。MQWはGaInNからなる井

戸層とGa₂Nからなる障壁層から形成されている。井戸層の厚さは量子サイズ効果を顕著にするためには10nm以下の数原子層オーダーの厚さに設定する必要がある。この10nm以下の薄膜の積層構造を作製するためには、成長速度、成長温度、ガスの切換等が重要なポイントとなる。作製したGaInN成長層中のIn組成の急峻性を確認するため、SIMSによる深さ方向分析を行った。図-4にInの深さ方向プロファイルを示す。GaInN井戸層の厚さが7nm、Ga₂N障壁層の厚さが9nmで界面が急峻に形成されていることが確認でき、GaInN/Ga₂N MQWの結晶成長に世界で初めて成功した。

3-2 MQWの最適化

3-2-1 低励起状態の特性

LED, LD等の発光素子において、電気エネルギーを直接光エネルギーに変換する発光層（活性層）に用いているMQWの室温におけるCLスペクトルを図-5に示す。CLは結晶への電子線照射による励起発光であるが、この発光強度が高いほどLED, LDの効率が低い。MQWの発光強度は同一組成のバルクGaInNより約30倍強く、ピーク波長はバルクGaInNより2nm、短波長であった。このことから、高品質のGaInN/Ga₂N MQWが作製されていることが実証された。

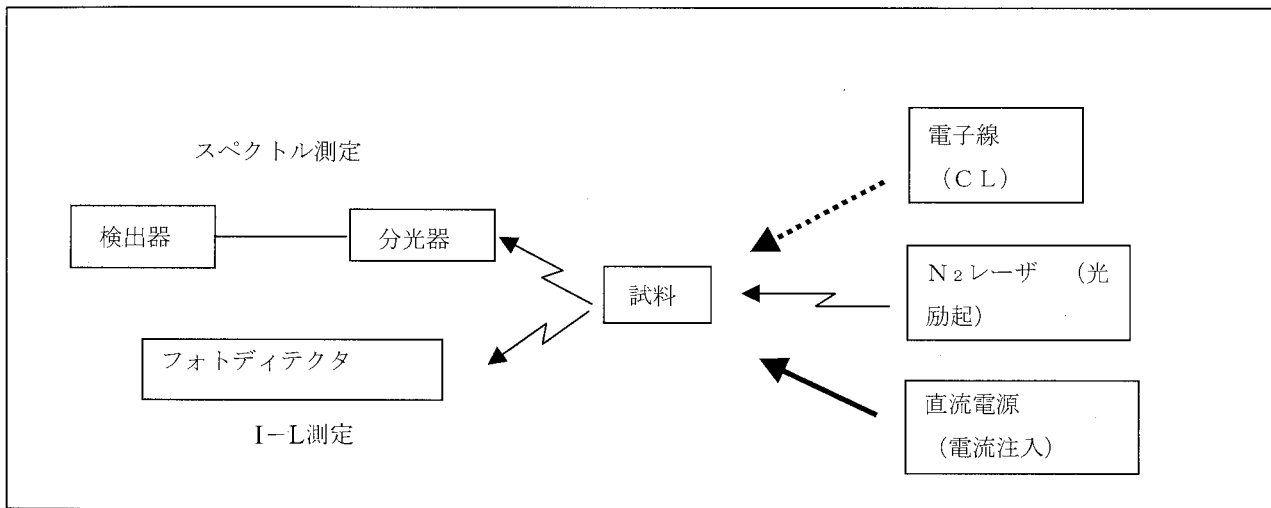


図-2 評価装置概念図

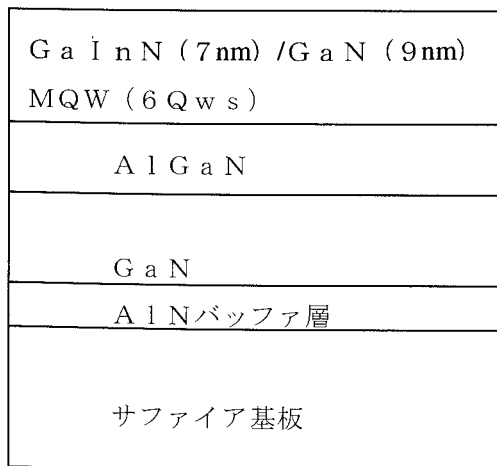


図-3 AlGa₂N クラッド層上に成長したMQWの断面図(例)

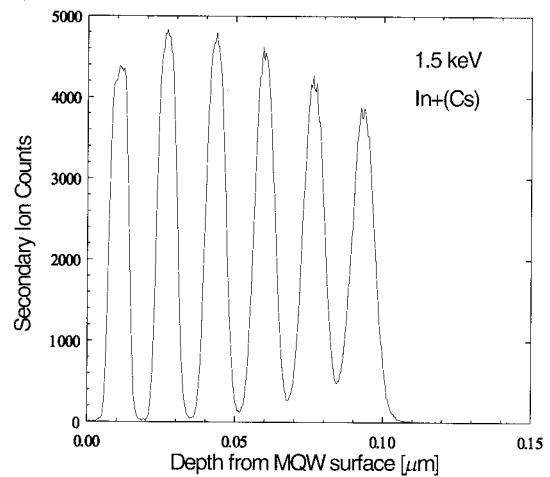


図-4 SIMS分析によるInの深さ方向プロファイル

さらに、量子サイズ効果、ピエゾ効果による発光効率の増大のため、井戸層厚を薄くする検討を行った。図-6に井戸層厚と発光スペクトルの関係を示す。障壁層の厚さはすべて9 nmである。井戸層の厚さが10 nmから3 nmまでの範囲では、井戸層の厚さが薄いほどピーク波長は短波長側へシフトし、発光強度が飛躍的に増大することを発見した。

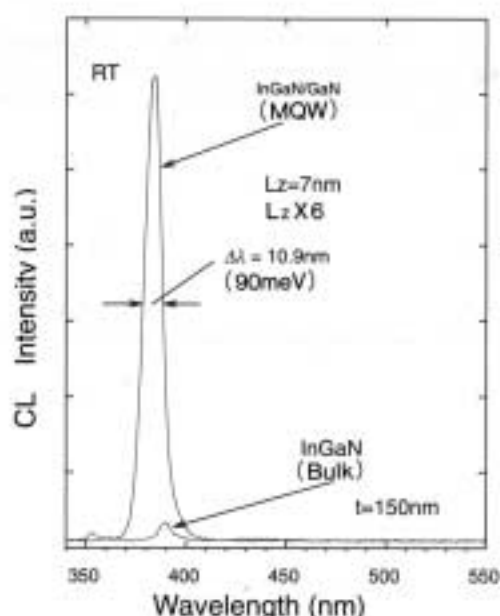


図-5 MQWとバルクGaInNのCLスペクトルの比較

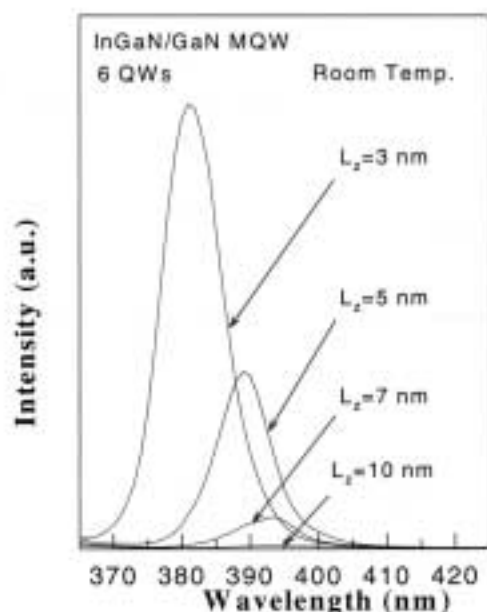


図-6 MQWの井戸層厚 (L_z) を変化させた時のCLスペクトル

図-7にMQWを発光層とした応用例の短波長LEDの発光スペクトルを示す。MQWのバンド端発光により、TGブルー、TGグリーンが実現した。

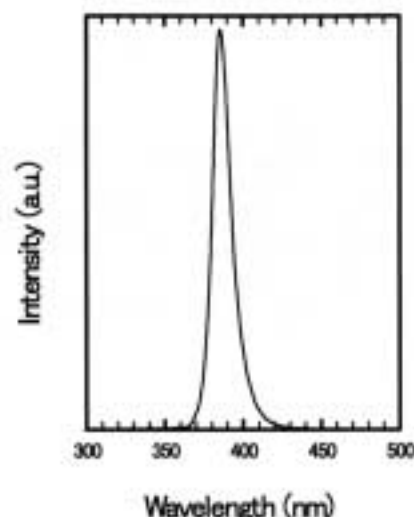


図-7 短波長LEDの発光スペクトル

3-2-2 高励起状態の特性

前述のCL特性において述べたように低励起状態で良好な発光特性が得られたが、レーザの活性層としては高励起状態でのレーザ発振特性が不可欠である。そのため、高励起が可能な窒素ガスレーザを励起光源とした光励起発振実験を行った。レーザ発振状態では特にMQWの井戸層と障壁層の界面の急峻性、活性層内の欠陥の低減が重要である。従って、成長温度、III族ガス供給量を中心にさらに検討を行った。

光励起実験は図-1のMQW層を、アルゴンと塩

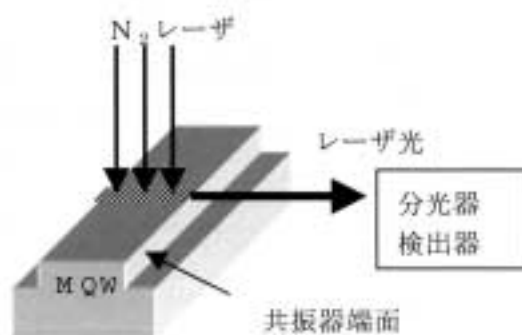


図-8 端面発光型光励起の概略図

素を用いた反応性イオンビームエッチング (RIBE: Reactive Ion-Beam Etching) により共振器端面を形成し、端面発光型の光励起実験を行った。端面発光型光励起実験の概略図を図-8に示す。共振器長は700 μm である。励起強度 (P) - 発光強度 (L) の特性を図-9に、発光スペクトルを図-10に示す。各スペクトルはP-Lグラフ (図-9) の各測定点に対応する。励起強度がしきい値に達したところからスペクトル半値幅が狭くなり、発光強度が急激に増大し、レーザ発振が確認できた。

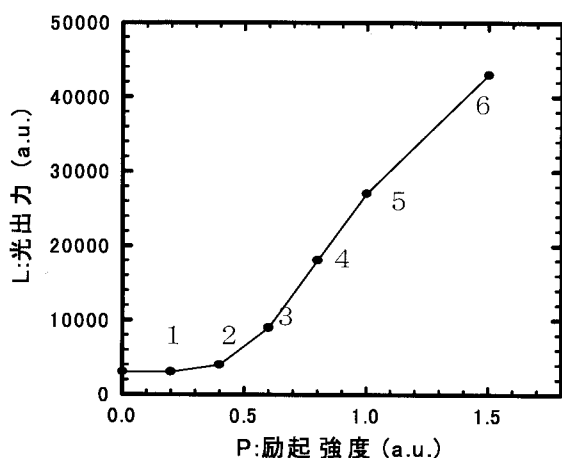


図-9 光励起発振実験における励起強度と光出力の関係

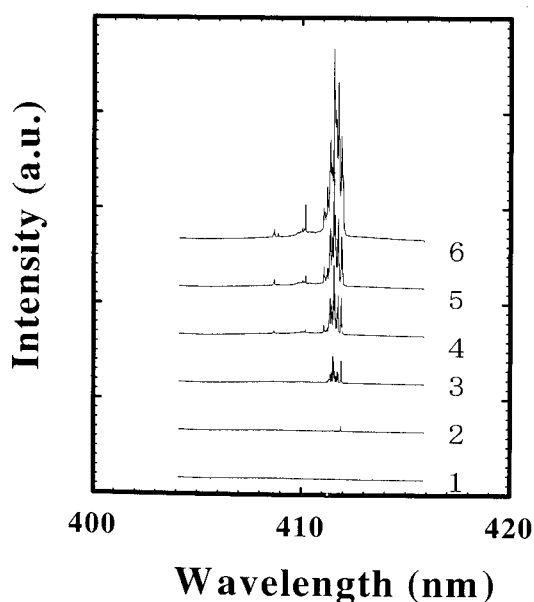


図-10 光励起による発振スペクトル

3-3 GaN系MQWレーザの特性

窒素ガスレーザを用いた光励起によって世界初の高品質MQWレーザが発振可能であることが証明できた。半導体レーザの実用化のためには電流を流すこと (電流注入) によって、レーザ発振を実現しなければならない。レーザ構造 (1例) は図-11に示すとおり、レーザ発振を可能とする光共振器内に電流と光を別々に閉じ込める分離閉じ込め型 (SCH) 構造を採用した。レーザダイオードの層構成は、n型GaNコンタクト層、n型AlGaInクラッド層、n型GaInN/GaN光ガイド層、MQW活性層 (井戸層は2~5層)、p型GaInN/GaN光ガイド層、p型AlGaInクラッド層から成る。

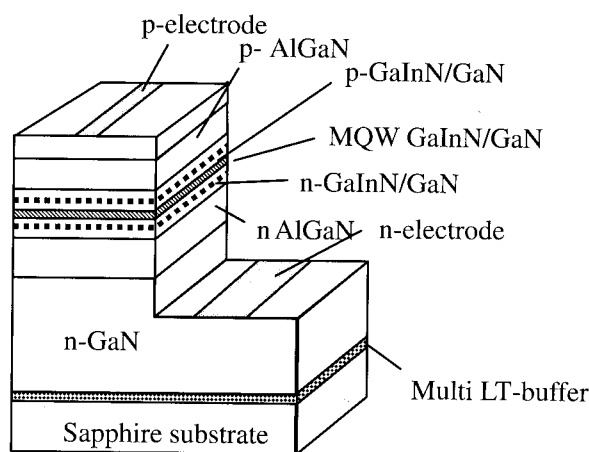


図-11 SCH-MQWのレーザ構造 (例)

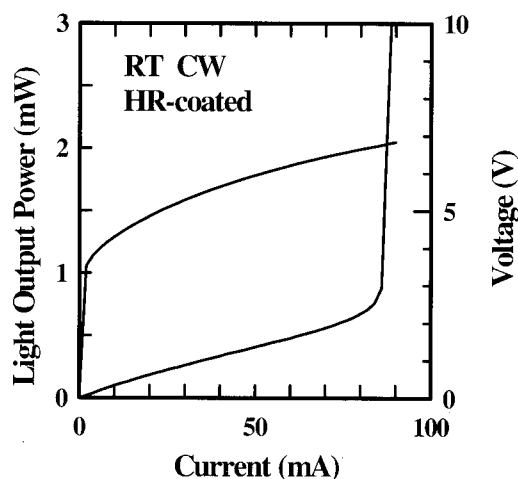


図-12 室温連続動作におけるMQWレーザのI-L、I-V特性

また、バッファ層を複数層形成したマルチ低温成長バッファ層により、欠陥を低減した⁴⁾。共振器長、ストライプ幅は300~700 μm, 2~5 μmである。共振器端面には反射率を上げるために誘電体多層膜からなる高反射膜をコーティングした。

室温 (RT : Room Temperature) -連続動作 (CW : Continuous Wave) における電流-光出力 (I-L), 電流-電圧 (I-V) 特性を図-12に示す。レーザ発振のしきい電流値, しきい電流密度, しきい電圧, スロープ効率は, それぞれ86mA, 5.7kA/cm², 6.8V, 0.8W/Aであった。

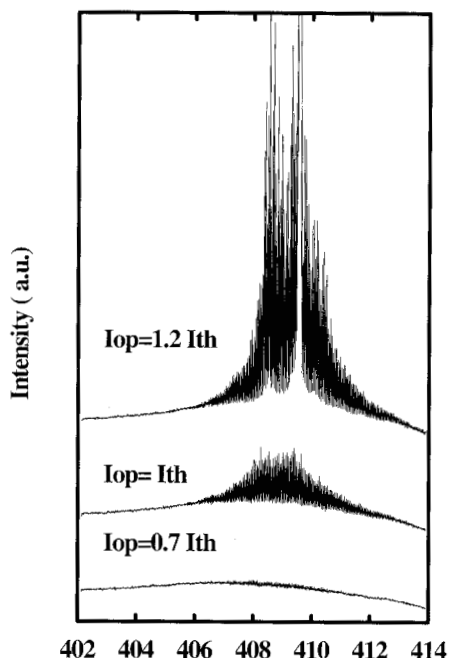


図-13 しきい値前後における電流注入による発光スペクトル

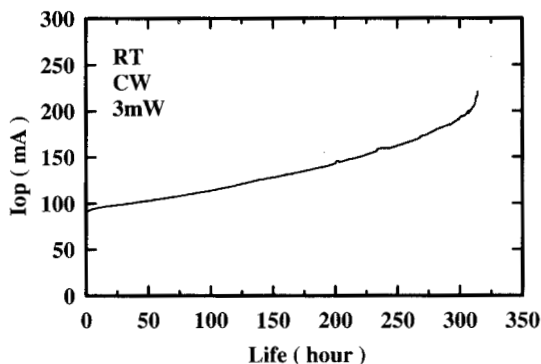


図-14 レーザの寿命特性

CW駆動における発光スペクトルを図-13に示す。発振波長は409.6nmで, しきい値以上では間隔0.048nmの縦モードが観測できた。RT-CW, 3mW一定出力におけるレーザの寿命特性を図-14に示す。室温において300時間以上の連続動作が達成できた。

4. むすび

GaN系化合物半導体による原子層厚レベルのMQWを高品質に作製でき, そのMQWを用いた青色/緑色MQW-LEDが実用化され, 短波長LDにおいては室温連続発振が実現できた。今後, 青色/緑色等LED及び短波長LDのさらなる高品質化を行うためには, 井戸層におけるIn組成のゆらぎのコントロール, 結晶欠陥の低減が課題となる。さらには量子細線, 量子ドット等の多次元量子井戸構造の開発が必要である。

謝辞

最後に本開発に並々ならぬご指導を頂きました名城大学赤崎教授, 天野助教授, 及び多大な御援助を頂いた科学技術振興事業団, (株)豊田中央研究所 デバイス部, 分析部の皆様に厚く感謝いたします。

また, 結晶成長, プロセスにおいてオプトE事業部第1技術部 平松敏夫氏, 伊藤優氏, 梅崎民代氏, 山下弘氏, 大橋雅浩氏, 木村昭彦氏, 佐藤光雄氏, 大口欽也氏, 浅見慎也氏に協力して頂きました。

参考文献

- 1) H. Amano, N. Sawaki, I. Akasaki and Y. Toyoda: Appl. Phys. Lett. 48 (1986) 353
- 2) 岡本紘, 超格子構造の光物性と応用, コロナ社, (1988)
- 3) 日本物理学会, 半導体超格子の物理と応用, 培風館, (1993)
- 4) M. Koike, S. Yamasaki, Y. Tezen, S. Nagai, S. Iwayama and A. Kojima: Mater. Res. Soc. Symp. Vol. 595 (2000) W1.2.1

報 告

LED色光に対する高齢者視覚特性の研究

山羽和夫^{*1}、柴田未央^{*2}、倉知あゆみ^{*3}、

永田雅典^{*3}、久保千穂^{*3}、林幸絵^{*3}

Visual Characteristics of the aged

for the LED Colored Light

Kazuo YAMABA^{*1}, Miho SHIBATA^{*2}, Ayumi KURACHI^{*3}

Masanori NAGATA^{*3}, Chiho KUBO^{*3}, Yukie HAYASHI^{*3}

要 旨

超高齢化の進む21世紀の社会においては、元気な高齢者が街を歩く機会がさらに増えることなどから、バリアフリー・ユニバーサルデザイン化の進展が期待されている。しかしながら、街の中にある交通標識、案内、掲示板、ディスプレイ、切符の券売機など表示物に対して、必ずしも誰にでも読みやすいとは言えないことが指摘されているのが現状である。

本研究では、高齢者に見やすい表示物を探索するための評価技術の向上を目指し、フルカラーディスプレイなどの表示物の構成要素である赤、緑、青および黄色のLEDを用いて視覚実験を行うとともに、その結果の比較と高齢者視覚の模擬メガネを用いた視覚実験を進めた。

その実験結果より、各LED色光に対する視覚特性を確認するとともに、フルカラーディスプレイなどの表示物に対する見やすさを計る手法について新しい知見が得られた。

Abstract

It is reported to gradually deteriorate visual function human in receiving the effect of yellowing of crystalline lens which is generated with the aging, etc.. In this study, experiments for visual sense of non-aged people was carried out using light emitting diodes of blue, green, yellow and red by direct comparison method. Next, experiments for visual sense of the non-old people using the aged visual simulation material was carried out. In addition, experiments for visual sense of the aged people was carried out, and it was compared with the experimental results of non-aged people. It was possible to obtain various suggestion for simulate material and new ideas such as aged people visual performance and individual difference of the cataract from experimental results.

*1 日本福祉大学情報社会科学部 教授、工学博士

*2 日本福祉大学 (現在、ソフテックインターナショナル)

*3 開発部

1. はじめに

高齢化が進むなかで目の水晶体が白く濁る白内障の患者が増え、2000年8月14日付けの日本経済新聞によると、白内障の治療は眼科医療費のいまや約4割を占めるともいわれている。この白内障の原因については紫外線が影響するという説（金沢医科大学佐々木一之教授）があるが実のところはまだ分っていない。このように加齢につれて起こる白内障や水晶体の黄変による光の透過率の変化は視力の低下や色の見えなどに影響を及ぼす。

また、最近では高齢者の一人暮らしや老夫婦だけの生活が増加しており、高齢者の目の衰えからくる家庭内での転倒事故や屋外での交通事故も増加の一途をたどっている。

水晶体の濁りからくる白く濁った状態（白内障）や水晶体の黄変からくる光の透過率の変化などは同じ表示であっても違った見えとなる。人間の眼に関する色の見えや明るさの知覚に関しては、高齢者を含めてこれまでいくつかの報告^{1), 2), 3)}があるが、これらは生理心理物理学を念頭においた視覚計測の分析が目的であり、街の中にあるような一般の表示物の見えを対象とした研究事例はまだない。

本研究では、赤、緑、青および黄色の各LEDを用いて、高齢者・非高齢者の視覚実験を行い、両者の比較をするとともに、それらを踏まえて高齢者視覚の2種類の模擬メガネを用いた視覚実験を行った。

それを基に、久保らが行ったLEDランプの視覚特性⁴⁾からのデータを参照して、高齢者にとって過ごしやすい生活空間を創造することを目的に、赤色、緑色、青および黄色の各LEDに対する視覚特性を評価する手段について新しい指針を得たので報告する。

2. 実験概要

本研究では次の2種類の実験を行っている。

1つは高齢者にとってLEDの色の感じ方やどのように見えるかといった探究のための実験（以下実験Aと表記する。）、もう1つは高齢者模擬メガネを用いた場合の諸問題の追究などのための実験（以下、実験Bと表記する。）である。



図1 実験状況

図1に実験Aおよび実験Bの実験状況の写真を示す。

今回の実験では被験者として60歳以上の高齢者21名（男14名、女7名、年齢は62～75歳、平均67.2歳）20歳前後の非高齢者20名（男9名、女11名、年齢20～23歳、平均21.6歳）を無作為に選定した。

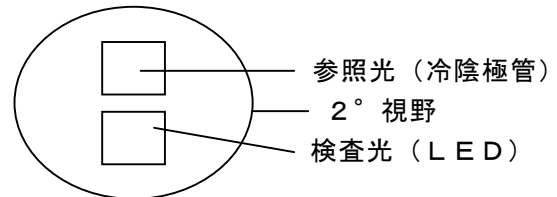


図2 サンプル配置図

実験は暗室内においた暗箱で行う（図1写真参照）こととした。図2に示すように10mm角の検査光（テスト光）と同じ10mm角の参照光が2°視野内に入るようにし、また、左右の利き目の影響を防ぐ目的で検査光と参照光を縦方向に並べた。

実験では参照光として冷陰極管白色ランプを採用した。また、あご台に被験者が、あごをのせることで、目から検査光と参照光の中心位置までの距離を70cmに固定した。

今回、検査光には、各色毎にLED 6個を用いた。これらのLEDには輝度ムラを防止する目的で表面に拡散フィルムを貼り付け、また、暗箱内の照明があたったときに拡散フィルムが白っぽく見えてしまうのを防止する目的で検査光と参照光全体にNDフィルタを重ねた。

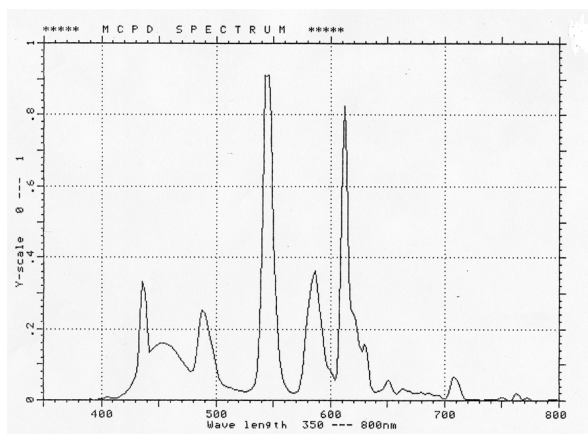


図3 冷陰極管白色ランプの分光分布特性

図3に冷陰極管白色ランプの分光分布特性を示す。図に示すように545nmと610nm付近にピークを持っている。このピークについて人間の目にはピーク波長を持つように見えるのではなくフラットの特性的に見える。

(実験で使用したLEDの概要)

今回の実験で使用した中心波長640nm、半値幅約20nmの赤色LED、中心波長590nm、半値幅約15nmの黄色LED、中心波長510nm、半値幅約40nmの緑色LED、中心波長480nm、半値幅約40nmの青色LEDを用いた。各LEDの詳細な分光分布特性については前々巻の豊田合成技報⁴⁾に掲載されているのでここでは割愛する。

3. 実験方法

実験Aでは被験者が白色参照光に対し、検査光の明るさを増減して両者が同じ明るさになるよう調整(直接比較法)していった。このとき明るい側から調整してゆくいわゆる下降的系列と暗い側から調整してゆくいわゆる上昇的系列の2方向から合計10回、連続で行った。

被験者自身の学習効果を避ける意味で、乱数を発生させ、それが奇数か偶数で2つの系列のうちどちらから近づけるかを決定し、また、3回以上同一方向から連続しないようにして実験を行った。以上の実験を、赤、緑、青および黄色の各々のLEDについて全て行った。

実験Bでは高齢者視覚模擬メガネとして以下の2つのメガネを非高齢者に着用させた。1つは(図4に示すような分光透過率を有する)白内障模擬メガネ、もう1つは(図5に示す眼球の黄変

を模擬するメガネ)黄変模擬メガネを使用した。

また、ここでの予備実験として、高齢者体験用(シルバーシミュレータ)として市販されてきた「うらしまろう」の黄変メガネを使用して、そのおおまかな傾向を把握し、考察した後、本実験を進めた。

図4に実験に使用した白内障模擬メガネの分光透過率を示す。また、図5に黄変模擬メガネの分光透過率を示す。図4、図5において縦軸は透過率T(%), 横軸は波長(nm)を示す。

白内障模擬メガネはかすみ、明るさ、色が考慮されており、かすみについては白内障の手術者が感じる「霧が晴れた感じ」「テレビとか新聞がよく見えるようになった」「人の顔がよく見えるようになった」「汚れや埃、顔のしわなどまでよく見えるようになった」といった感じを手術前の状況に戻すようなフィルタ構成がとられている。

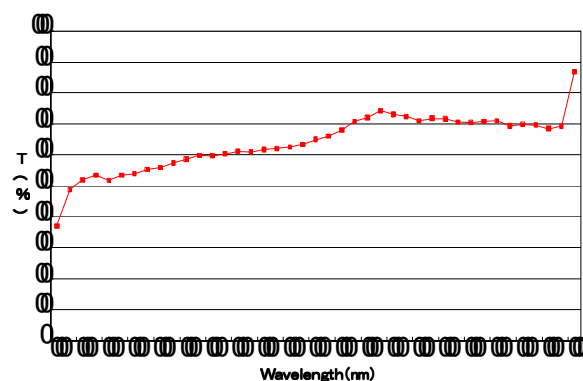


図4 使用した白内障模擬メガネの分光透過率

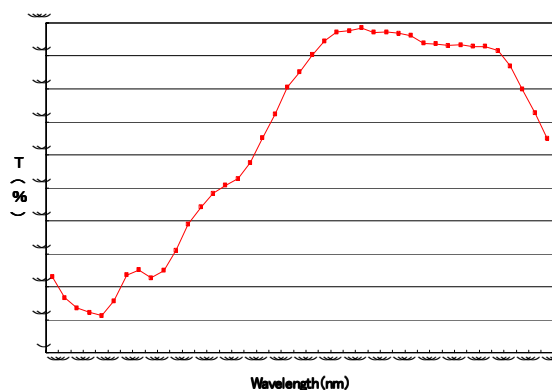


図5 使用した黄変模擬メガネの分光透過率

図4からこのメガネを通した場合の透過率は計算から赤色LEDが73%、黄色LEDが66%、緑色LED60%、青色LEDが59%と読み取ることができ

る。

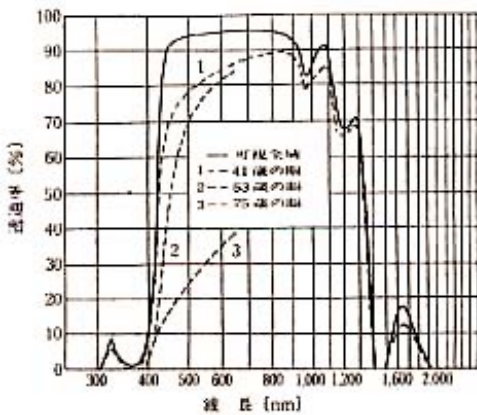


図6 加齢による水晶体の透過率の変化^{5) 6)}

図6にBoettnerらが測定した水晶体の透過率を示す。図6において実線は可視光全域の特性を示し、破線1は41歳の眼を、破線2は53歳の眼、破線3は75歳の眼をそれぞれ示す。この図について石原らは次のように述べて⁵⁾いる。「加齢に伴って視力全般が減退していくが、高齢者の視覚の特徴としては次のようなことが知られている。水晶体がそれ自体で成長し続けることに伴って厚みを増すために、柔軟性が減少し、透過率が減少する。瞳孔の大きさを調整する筋肉が弱まるために瞳孔の面積が小さく、照度の変化に対する調節スピードも遅くなる。水晶体の厚みを変えるための筋肉である毛様体が動作しにくくなり、遠近調節力が低下、特に近くのものが見えにくくなる。

この瞳孔の面積現象と透過率の低下により、網膜に到達する照度は50歳の人では20歳の人⁵⁾の50%減少し、60歳では66%減少するといわれている。さらに水晶体の厚みが増すにつれて黄色味を帯びていき、短波長の光の透過率が低くなる。図6に示すように青色や紫色の光の伝達が減少し、結果として視界が黄色味を帯びてみえることになる。

このような見え方の変化は普通の若者にとっては経験したことのない、想像できない現象であろう。したがって、若いデザイナーが設計したものの中には、高齢者にとってかなり異なった見え方をすることも起こりうる。

吉田らは高齢者の水晶体の黄色変化を模擬したレンズやフィルターを使って生活環境に使われている色⁷⁾が変化して見えること⁷⁾安全・警告に使われる色⁸⁾の変化と安全上の問題⁸⁾、駅や病院など公共施設の案内標識などで文字が見えなくなることを指摘している^{9), 10), 11)}。このほか、生活の中

の、様々な場面で黄変化の影響による誤認や不安全行動が起こることが考えられる。また、高齢者と若者がともに生活するなかで起きる行き違いやトラブルの原因の1つにもなっている。」

以上のような背景から、通常では体験できない加齢に伴う視覚機能の変化について体験する工夫がなされているが、これはあくまでも図6のような変化についての正確な測定データのもとで作成された擬似メガネで試されるべきで、この図から外れたメガネでは体験したとは言いがたくなるのは容易に想定できよう。

余談になるが筆者らも三年ほど前になるが、シルバーシミュレータを用いてウエルフェアテクノハウス調布で介護住宅内の表示文字の読み取り実験をしたことがあり、このときも色々の問題点の提示を行っている¹²⁾。

前ページまでの結果をBoettnerらが発表した水晶体透過率のグラフ(図6)と比較すると、どの色も75歳より53歳の透過率に近いことが分る。

4. 実験結果と考察

表1に実験Aの結果を示す。表1より、どのLEDとも高齢者の平均値が非高齢者のそれよりも高いことが分る。赤色と黄色LEDに関してそれほど差はないが、青色LEDに関しては約24cd/m²の差があった。これは水晶体の黄変によるものと判断されよう。

表1 実験Aの測定結果 (log/log表示)

	高齢者	非高齢者
赤色LED	0.78	0.75
黄色LED	0.95	0.93
緑色LED	1.00	0.97
青色LED	0.94	0.89

実験Aから次のことが分った。

1. 高齢者、非高齢者に共通している点
 - ・赤色LEDに対する感度が良い。
 - ・緑色LEDに対する感度が悪い。
2. 緑色LEDに関して
 - ・個人差が大きく現われた。
 - ・緑色LEDのピーク波長が冷陰極管のピーク波長と似ているため感度が低下した。

実験Bについて白内障メガネでの測定結果を図

7に示す。黄変模擬メガネでの測定結果を図8に示す。

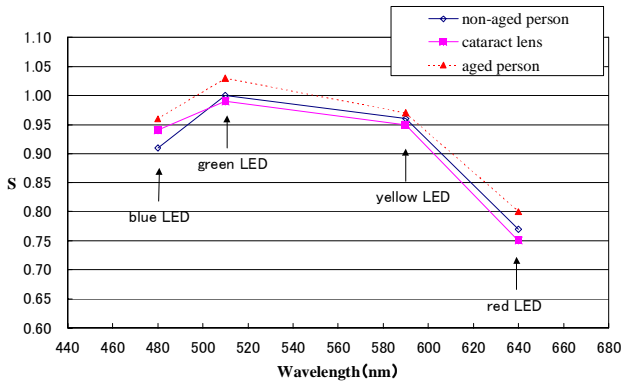


図7 高齢者 (aged person) と 非高齢者 (non-aged person) および白内障レンズ (cataract lens) を着用したときの計測結果 (log/log表示)

図7, 図8において縦軸は輝度を感覚尺度Sに換算した値を示す。ゼロに近い(下にいく)ほど感度がよく, 上にいくほど感度が悪くなることを示している。横軸は波長 (nm) を示す。図7, 図8について図の理解を容易にする目的で直線, 波線などで結んだが, 実験の性格上, その途中の値については意味を持つものではない。

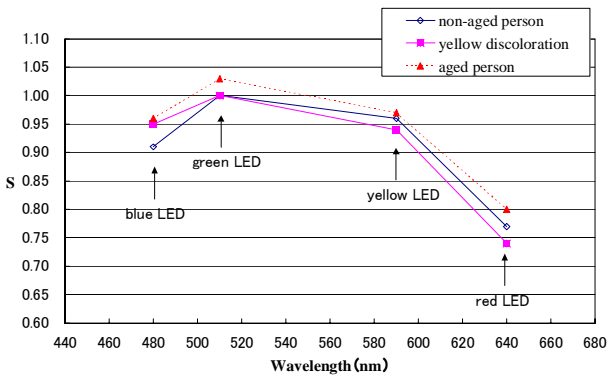


図8 高齢者 (aged person) と 非高齢者 (non-aged person) および黄変模擬メガネ (yellow discoloration lens) 着用時の計測結果 (log/log表示)

実験Bからは次のことが分った。
白内障模擬メガネを用いた考察においては, 比較する材料としては高齢者の被験者で白内障と実験前に申告があった4名の平均値と模擬メガネを用いた非高齢者の値を比較した。

その結果, 用いた白内障模擬メガネは白内障高齢者の見え方に近いことが分った。(高齢者全体との差は大きいもので 20cd/m^2 以上(緑色LED), 小さいものでも 10cd/m^2 以上の差が見られたが, 白内障高齢者との差は, 緑色LEDでほとんどなく, 青色LEDで 5cd/m^2 , 黄色LEDで 3cd/m^2 , 最も差の大きかった赤色LEDで 8cd/m^2 の差しか見られなかった。)

黄変模擬メガネに関しては青色LEDに対しては高齢者に近い値が得られたが緑色LEDに対しては高齢者より非高齢者の値に近く, また, 黄色LEDと赤色LEDに対しては中~高波長領域の透過率が上がったことにより, より明るく見えるようになり, 非高齢者の値より感度が良いという結果になった。

このことから, 本実験で使用した黄変模擬メガネをさらに黄色を強くすると, 黄変模擬メガネの値は全体として高齢者の値に近づくものと考えられよう。

5. おわりに

本研究では高齢者の初期視覚を対象に実験を進めてきた。

本実験からは高齢者にとって過ごしやすい生活空間を創造することを目的として, 赤色, 緑色, 青色および黄色のLEDを基としたフルカラーのディスプレイや各種グラフィック表示板では特に高輝度ということで緑色LEDの分光分布特性を若干変化させることで高齢者ばかりでなく非高齢者にも優しい(さらに見やすい)カラー表示ができるものと思われる。

現在, われわれが入手できる高齢者視覚模擬メガネを若干の修正を施せばさらに高齢者が見ている状況に近い模擬メガネが得られることも分った。

この視覚模擬材料の今後の方向として, 高齢者は黄変だけでなく, 白内障, 視力低下なども同時に起こっており, こうした複合的な老化現象も当然考察していく必要もあり, こうした考察でより高齢者の見え方に近い模擬メガネを探索できるきっかけとなるであろう。

(謝辞)

本研究は1999年度より開始された日本福祉大学情報社会科学部山羽和夫研究室と豊田合成株式会社開発部の共同研究契約のもとで行われた。豊田

合成株式会社の関係各位および、長時間にわたり実験に被験者として協力していただきました多くの高齢者並びに学生諸君に心よりお礼申し上げます。また、実験の途中、心理学の立場から貴重な助言をいただきました日本福祉大学秋田宗平教授、色彩工学の立場から多くのご意見を賜りました工業技術院生命工学工業技術研究所の佐川賢博士に併せて謝意申し上げます。

参考文献

- 1) 竹内徹二, 『色の知覚』, 照明学会誌, vol.81, No.6. pp.500-505.1997.
- 2) 竹内徹二, 『明るさの知覚』, 照明学会誌, vol.81, No.6. pp.493-499.1997.
- 3) 岡嶋克典, 『高齢者の色の見えと照明効率』, カラーフォーラムJAPAN'98,3-1, pp. 37-44, 1998.
- 4) 久保千穂, 中森幸絵, 永田雅典, 『LEDランプの視覚特性—視環境と加齢からの研究—』, 豊田合成技報, Vol.40, No.2, pp.86-91,(1998).
- 5) 石原恵子, 長町三生, 大崎紘一, 石原茂和, 辻 昭夫, 『加齢に伴う水晶体黄変化による日常生活への影響』, 人間工学, 日本人間工学会 vol. 34, No.1. pp. 9-16, Feb. 1998.
- 6) Boettner, E. A. and Wolter, J. R., "Transmission of the Ocular media", Investigative Ophthalmology, vol.1, No.6. pp.776-783.1962.
- 7) 吉田あこ, 橋本公克, 『高齢化による視界の黄変化—その1 生活環境色—』, 日本建築学会大会概要集 D. 811-812, 1989.
- 8) 橋本公克, 吉田あこ『高齢化による視覚の黄変化—その2 安全環境色の識別—』, 日本建築学会大会概要集 D. 813-814, 1989.
- 9) 吉田あこ, 橋本公克, 『高齢化視界の黄変化の視認性—その1 病院外来の案内標識の見え易さ—』, 日本建築学会大会概要集 D. 643-644, 1990.
- 10) 吉田あこ, 橋本公克, 『高齢化視界の黄変化の視認性—その2 公共交通機関の案内標識の見え易さ—』, 日本建築学会大会概要集 D. 645-646, 1990.
- 11) 吉田あこ, 橋本公克, 『消える案内標識と水晶体の透過率—高齢化視界黄変化の研究—』, 日本建築学会大会概要集 D.669-670, 1991.
- 12) 山羽和夫, 池田喜一, 『シルバーシュミレーターを用いたウエルフェアテクノハウス(WTH)体験実験』, 日本福祉大学情報社会科学論集, 第2巻, p.33-44.,1998.

本報告関連の口頭発表 (Proceedingsを含む)

1. Yamaba, Nagata, Kubo and Hayashi, "Visual Characteristics using Red, Yellow, Green and Blue Light Emitting Diodes", Proc. of the 2000 Spring Conference ESK and International Ergonomics Smposium. P.309-312, April 2000.
2. 永田, 久保, 林, 山羽, 『赤、黄、緑、青色発光ダイオードを使用した視覚特性』 日本人間工学会東海支部大会, 1A, 平成12年10月21日.
3. Yamaba, Shibata, Kurachi, Nagata, Kubo, Hayashi, "Visual Characteristics of the aged", Int. Workshop on Gerontechnology, (AIST, STA), Tsukuba, March 2001(Submited).

報 告

無反射ダクトの音響解析

広瀬 吉一^{*1}, 古森 敬博^{*2}, 石原 秀俊^{*3}, 木野 等^{*4}

Acoustic Analysis of unreflective duct

Yoshikazu Hirose^{*1}, Takahiro Komori^{*2}, Hidetoshi Ishihara^{*3}, Hitoshi Kino^{*4}

要 旨

エンジン吸気系システムの低騒音化の手段として共鳴を利用したレゾネータと呼ばれる消音器が配設されている。レゾネータはエアダクト内で発生する気柱共鳴を抑制するために2～3個取り付けられることがあり、省スペース・コストダウン及び軽量化の要求から削減が求められている。

これら要求に対し、新たな吸気騒音低減アイテムとしてエアダクトを多孔質材にて形成し、エアダクト内に発生する気柱共鳴を抑制させて低騒音化をはかる無反射ダクトがある。しかし、無反射ダクトは通気抵抗と音とのバランスを取ることが課題であることが報告されており、通気抵抗を少なくするためには多孔質部の面積を最小にすることが望ましい。

そこで本報告では多孔質材の面積、配設位置などと音響特性の関係を明らかにさせ、多孔質部を小面積化しても低騒音化が実現できることを確認したので報告する。

Abstract

Resonator is a kind of silencers that absorbs noise of engine air intake system. Two or three resonators are used to reduce the resonance noise in the air duct. The number of resonators should be decreased because of saving space, cost and weight.

Unreflective duct is one of the new items to reduce air intake noise, which applies porous materials to the air duct to reduce the resonance noise in the air duct. But it is reported that unreflective duct has a problem of balancing sound with airflow resistance, and it is necessary to minimize the area of porous part to reduce airflow resistance.

This report describes the relation between the size, position etc. of the porous part and sound characteristics, and states that we can obtain sufficiently low noise level even if the area of porous part is small.

1. はじめに

エンジン吸気系システムの低騒音化の手段として共鳴を利用した消音器を配設する方法がある。また、その他にエアダクトを多孔質材にて形成し、エアダクト内に発生する気柱共鳴を抑制させて低騒音化をはかる無反射ダクトを使用する方法もある。

無反射ダクトにおいては通気抵抗と音とのバランスを取ることが課題であることが報告されており、通気抵抗を少なくするためには多孔質部の面積を最小にすることが望ましい。

そこで本報告では多孔質材の面積、配設位置などと音響特性の関係を明らかにさせ、低騒音化が実現できることを確認したので報告する。

2. 無反射ダクトの音響特性

エアダクトの一部を多孔質材にて構成することによるエアダクトの音響特性の変化を実験にて解析した。

2-1 エアダクトの音響特性

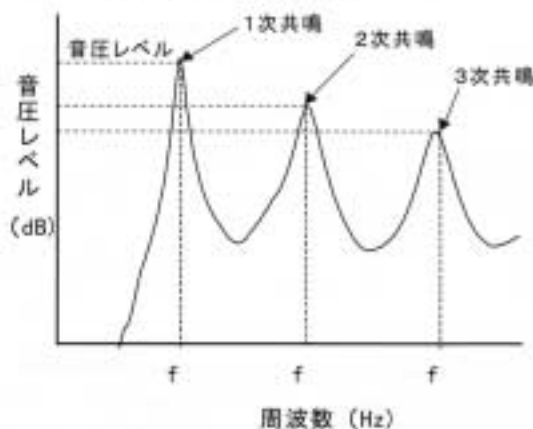


図-1 周波数特性

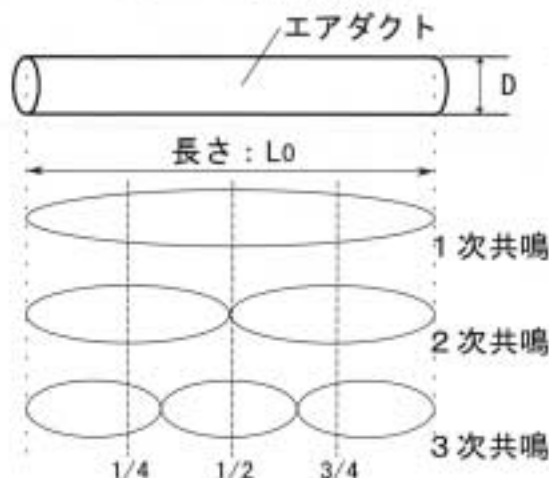


図-2 ダクト内音圧モード

エアダクトにより発生する気柱共鳴周波数はエアダクト長： L_0 、内径： D とした場合、図-1に示すような周波数特性を示し、その共鳴周波数： f は次式にて表される。

$$f = nc / (2(L_0 + 0.8D)) \quad (1)$$

(n は共鳴次数、 c は音速)

また、両端開放状態のエアダクト管内の音圧分布は図-2に示される音圧モードとなる。

2-2 実験方法およびエアダクト諸元

エアダクトの音響特性を測定する実験方法を図-3に、エアダクト諸元及び名称を図-4に示す。実験は他からの音が入らないように無響室内にて実施し、エアダクトの片側からスピーカにて音響加振を行いエアダクトから放射される音を測定する。また、スピーカからの音がダクト開口部、多孔質部へ周りこまないように遮音板にて遮音した。音の測定点はダクト開口部10ミリ位置、これをダクト開口部近傍音、そして、多孔質部壁面から10ミリ位置、これを多孔質部透過音と呼ぶ。このとき、エアダクトは両端開放状態とする。

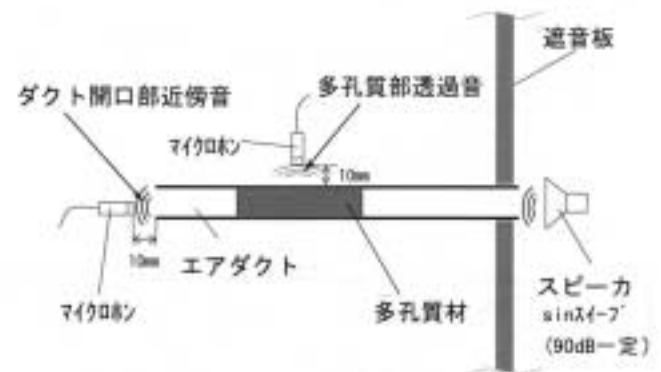


図-3 実験方法

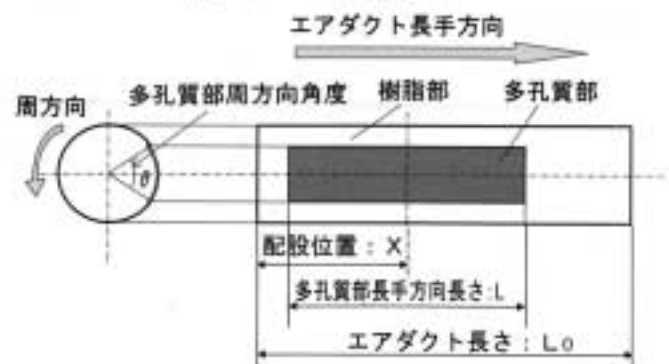


図-4 エアダクト諸元

2-3 通気量と音響特性

無反射ダクトの音響特性はエアダクト管壁の通気量に影響を受ける。まず、エアダクト全体を多孔質材にて構成し、通気量とエアダクトの音響特性との関係を確認した。その結果を図-5に示す。

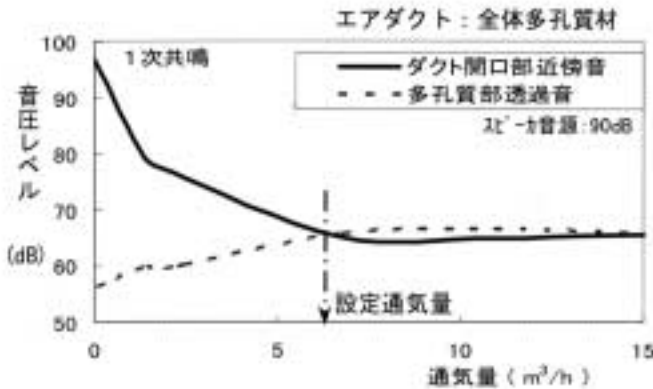


図-5 通気特性と音響特性との関係

通気量の増加に従い、ダクト開口部近傍音は減少し、多孔質部透過音は増加する傾向を示し、通気量により音響特性は大きく変化することがわかる。

2-4 多孔質部位置と音響特性

エアダクト管壁の一部を多孔質材にて構成する場合、多孔質部の配設位置と音響特性との関係を明らかにさせる必要がある。そこで、多孔質部の通気量一定、面積一定条件にて、多孔質部の配設位置を図-6に示すケース1、2、3とし、その音響特性の変化を調べた。

ケース1 ($L=L_0, \theta=360^\circ, S/S_0=1$)



ケース2 ($L=L_0, \theta=60^\circ, S/S_0=1/6$)



ケース3 ($L=L_0/6, \theta=360^\circ, S/S_0=1/6$)



図-6 多孔質部配設図

ここで、多孔質部面積: S 、エアダクトの表面積: S_0 としたとき、面積比は、 $S/S_0=1/6$ とした。その結果を図-7に示す。

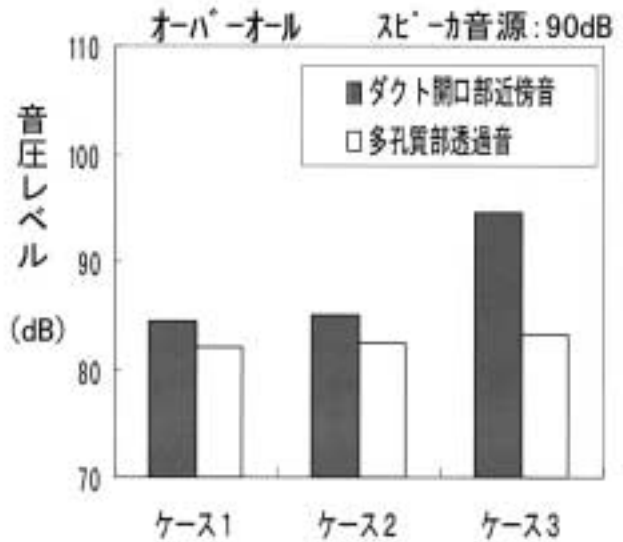


図-7 多孔質部形状と音響特性

- 1) ケース3のようにエアダクトの全周に多孔質部を配設するよりケース2のようにエアダクト長手方向に配設する方が音圧レベルは下がる。
- 2) 全体の1/6の面積であってもケース2のように配設すれば、オール多孔質ダクトとほぼ同等の音響特性である。

次になぜ、図-7の結果となったのか確認するため、それぞれの1、2、3次共鳴の音圧レベルを確認した。その結果を図-8、多孔質部の配設位置とダクト内音圧モードの関係を図-9に示す。

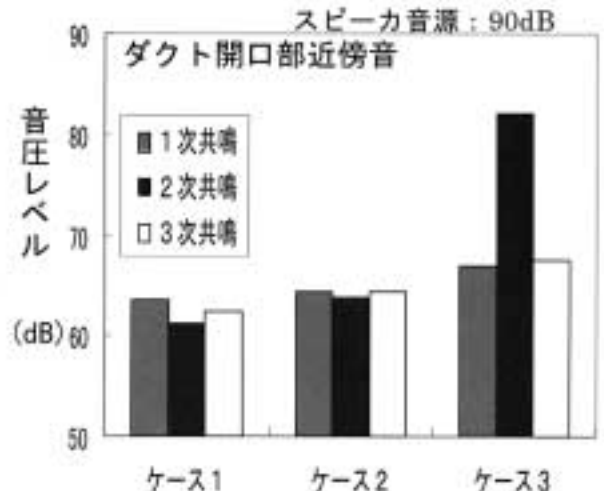


図-8 多孔質部形状とダクト開口部近傍音

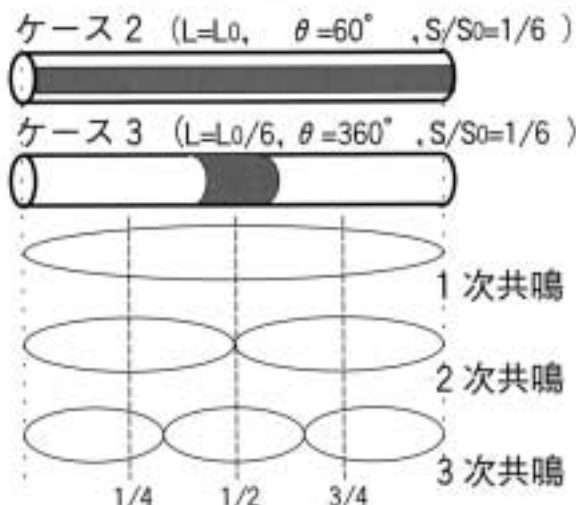


図-9 多孔質部形状と音圧モード

ケース 2 は 1, 2, 3 次共鳴ともケース 1 とほぼ同等の音圧レベルである。その理由として多孔質部は 1, 2, 3 次共鳴の腹の位置にあり、また通気量一定条件のためダクト内の気柱共鳴がケース 1 と同等だけ抑制されたと考えられる。

ケース 3 では 2 次共鳴が突出して大きくなっているのがわかる。ケース 3 の配設位置が 1, 3 次共鳴では腹の位置にあるのに対し、2 次共鳴では節の位置であるため、2 次共鳴が十分に抑制されず、音圧レベルが 1, 3 次共鳴に比べて大きくなったと考えられる。

このことから、ダクト開口部近傍音はエアダクト長手方向の管内共鳴音圧モードの影響を受けていると考えられる。

2-5 エアダクト長手方向の多孔質部配設位置と音響特性

エアダクト管内共鳴音圧モードの影響を確認するため、ケース 3 の多孔質部の形状にて構成を変えず、エアダクト長手方向の多孔質部配設位置と音響特性の関係を明らかにさせた。図-10 に示すようにエアダクト長手方向の多孔質部長さは $L_0/6$ に行った。その結果を図-11 に示す。

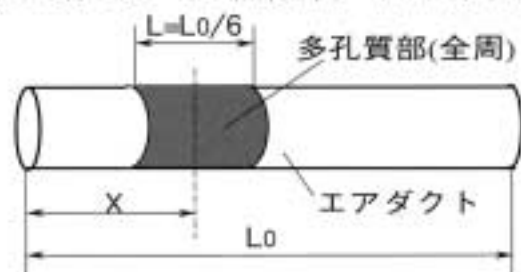


図-10 多孔質部配設位置(長手方向)

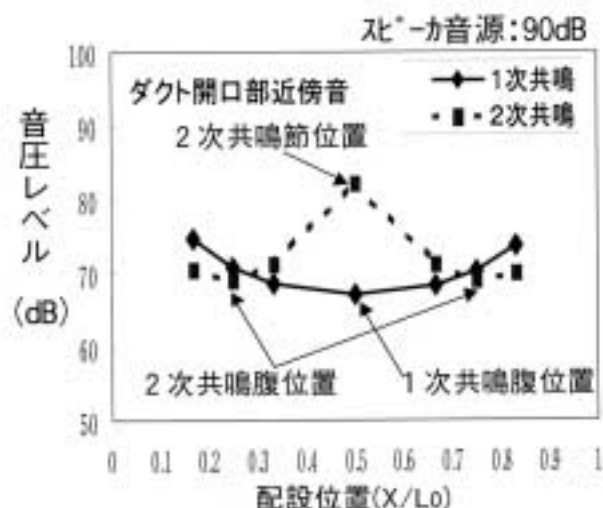


図-11 多孔質部配設位置と音圧レベル

無反射ダクトの音響特性はエアダクト長手方向の多孔質部配設位置により影響を受け、エアダクト管内共鳴音圧モードの腹位置に多孔質部を配設すると節位置への多孔質部配設に比べ音圧レベルは小さくなる。

このことから、配設位置により音圧レベルが変化するのはエアダクト管内共鳴音圧モードによる影響であることがわかる。

2-6 エアダクト周方向の多孔質部面積比と音響特性

ケース 2 のように配設した場合、面積比 $1/6$ にてオール多孔質ダクトと同等の音響特性となることがわかった。そのためエアダクト全長に多孔質部を配設した場合、多孔質部面積と音響特性との関係を明らかにする必要がある。そこで通気量一定にて図-12 に示す θ を変えることによりダクト開口部近傍音の音圧レベルを測定した。その結果を図-13 に示す。

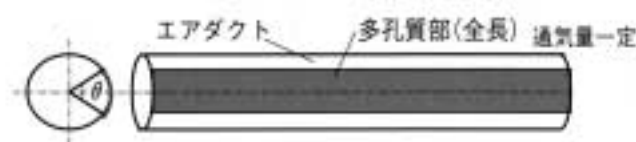
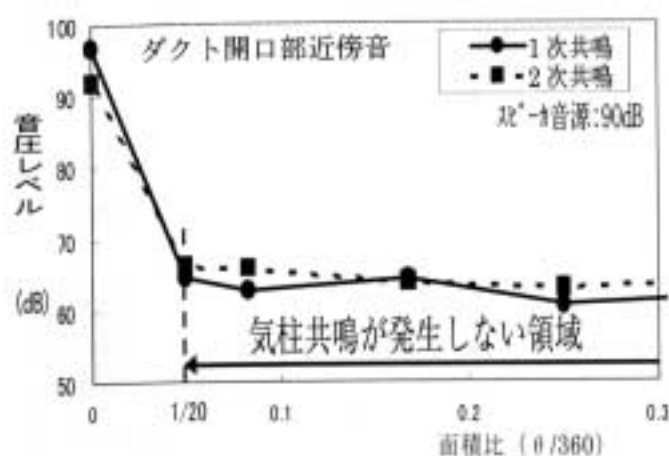


図-12 多孔質部配設位置(周方向)

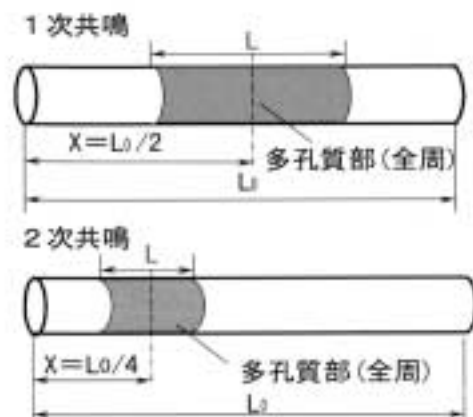


図—13 多孔質部面積比と音圧レベル(周方向)

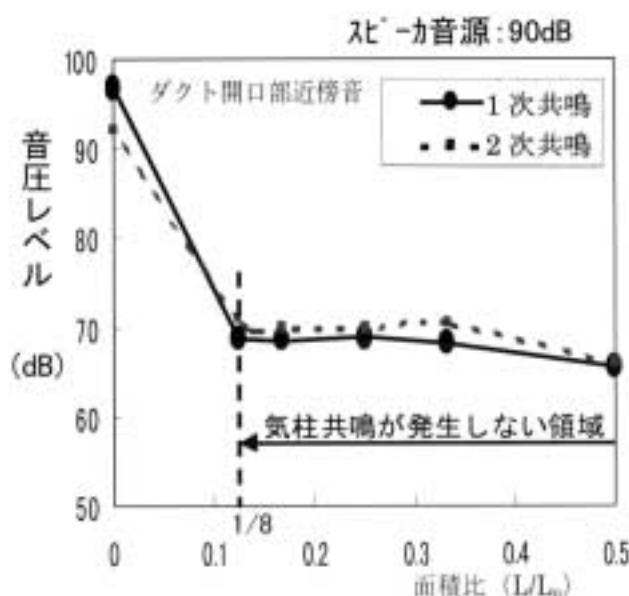
通気量一定で面積比 1/20以上であれば、ダクト内気柱共鳴が抑制され、音圧レベルがほぼ同じであることがわかる。このことから、エアダクト全周を多孔質材にしなくとも全周の 1/20 に多孔質材を配設すれば全周多孔質材のエアダクトと同等の音響特性となることを示している。

2-7 エアダクト長手方向の多孔質部面積比と音響特性

ダクト全長に多孔質部を配設することが良いが、実際にはエアダクトの組み付けや製造の制約により全長に多孔質部を配設することは難しい。そのためケース3のように多孔質部を配設したエアダクトにて、エアダクト長手方向における多孔質部の面積と音響特性の関係を明らかにする必要がある。そこで、図—14に示す1、2次共鳴とも多孔質部をダクト管内音圧モードの腹位置に全周で配設したダクトにて、Lを変えてダクト開口部近傍音の音圧レベルを測定した。その結果を図—15に示す。



図—14 多孔質部配設位置と面積



図—15 多孔質部面積比と音圧レベル(長手方向)

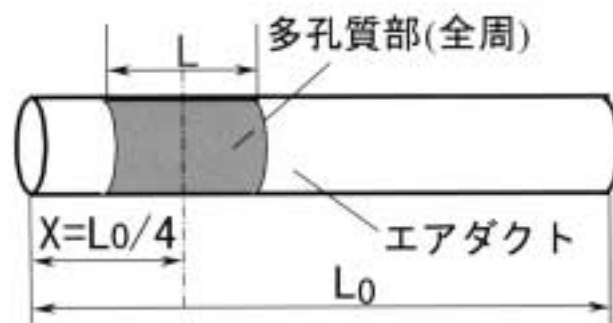
ダクト内音圧モードの腹の位置に多孔質部を配設すると、面積比1/8でもオール多孔質ダクトと同等の音響特性となることがわかる。

2-8 多孔質部を配設した無反射ダクトの効果

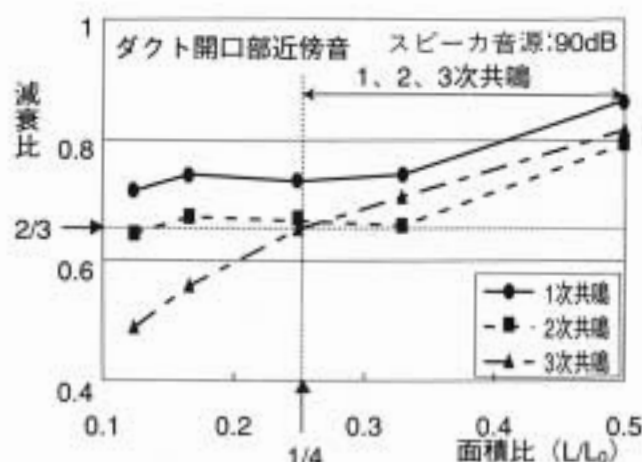
以上述べてきた結果を応用して最適な面積を決定するため、1、2、3次共鳴のダクト管内音圧モードの節以外で腹に近い位置 $L_0/4$ に多孔質部を配設(図—16)し、音響特性を確認した。面積比と減衰比の関係を図—17に示します。ここで、減衰比: r は(2)式で表わされ、p1は樹脂ダクト、p2はオール多孔質ダクト、p3はエアダクト両端から $L_0/4$ に多孔質部を配設したダクトの音圧レベルである。

$$r = (p1 - p3) / (p1 - p2) \quad (2)$$

すなわち、オール多孔質ダクトは減衰比1、オール樹脂ダクトは減衰比0となる。



図—16 多孔質部面積 ($L_0/4$ 位置)



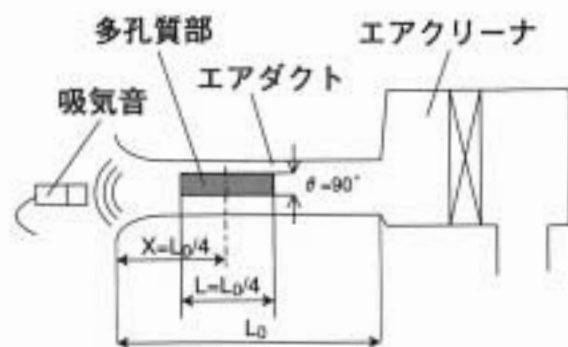
図—17 無反射ダクトの効果

図17に示すように例え面積比を1/4にしたとしても、1, 2, 3次共鳴とも減衰比が2/3以上得られることがわかる。このことから、配設位置を最適化することにより、多孔質部を小面積化でき、高次成分まで吸気騒音が低減できることがわかる。

3. エンジン台上試験での評価結果

3-1 無反射ダクトの吸気騒音

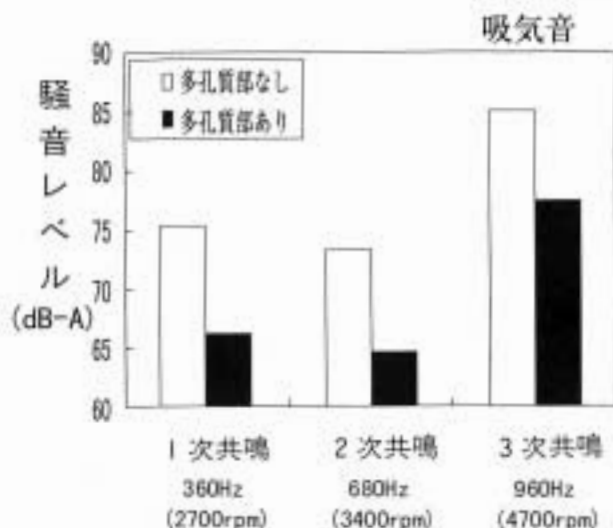
ここでは、管壁の一部を多孔質材にて形成した無反射ダクトをエンジンのエアダクトに適用した事例について述べる。このときのエアダクト諸元を図—18に示す。



図—18 エアダクト諸元

エアダクトの多孔質部はエアダクト全長の1/4、全周の1/4、配設位置は吸気口から1/4であり、エンジンの吸気音の測定はエンジン台上試験にて実施し、このときの条件はスロットル全開状態である。この試験結果を図—19に示す。

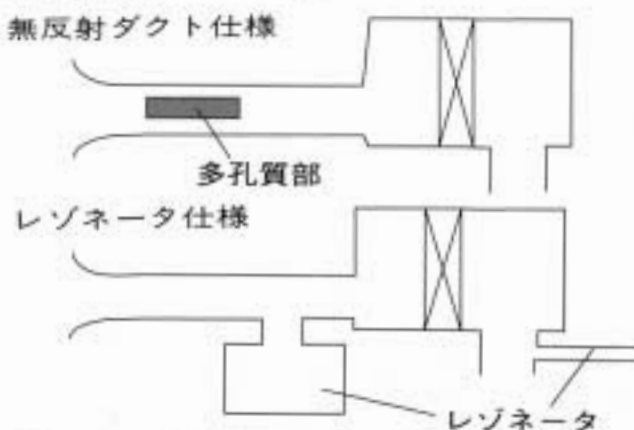
エアダクト管壁の一部に多孔質部を配設することにより7db以上吸気音が低減できた。また、このとき多孔質部の有無による吸入負圧の差はなかった。



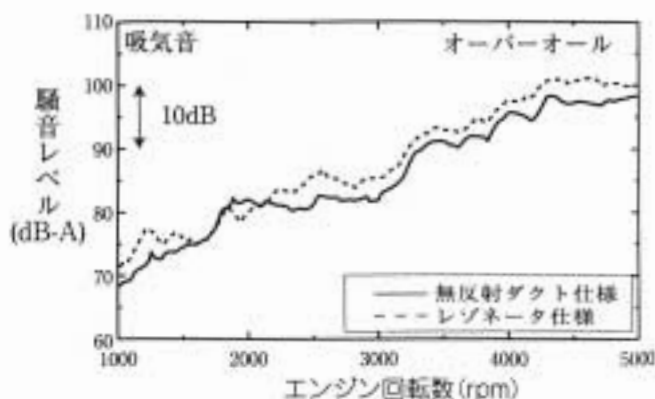
図—19 無反射ダクトの吸気騒音

3-2 従来仕様のエアダクトとの性能比較

従来の消音器を用いた吸気系システムとエアダクト管壁の一部に多孔質部を配設した無反射ダクトを用いた吸気系システムにおいて吸気騒音の比較を行った。吸気系諸元を図—20に、試験結果を図—21に示す。



図—20 無反射ダクト仕様とレゾネータ仕様



図—21 無反射ダクトの効果 (エンジン試験)

エアダクト管壁の一部に多孔質部を配設した無反射ダクトの吸気音は従来の消音器仕様と比べ、同等以下の騒音レベルを得た。

本技術は2000年春から生産を開始した車両にて採用されている。

4. まとめ

エアダクトの管壁の一部に多孔質部を配設した無反射ダクトにおいて、その多孔質部の諸元と音響特性との関係を実験的に明らかにした検討結果から以下の知見を得た。

- 1) より音響特性は影響を受ける。この原因はエアダクト長手方向の多孔質部配設位置にダクト管内共鳴音圧モードである。
- 2) 全周の1/20が多孔質材であれば全周多孔質部のエアダクトと同等の音響特性となる。
- 3) 面積、配設位置を最適化することにより、高次成分まで吸気騒音を低減でき、多孔質部面積を小さくできる。
- 4) 無反射ダクトの多孔質部の面積、配設位置を最適化すると、通気抵抗同等で吸気音が低減できる。
- 5) 無反射ダクトの適用にて7db以上の騒音低減ができ、従来のレゾネータ仕様に対し同等以上低減できる。

5. 謝辞

なお、本報告はトヨタ自動車(株)第2機能設計室、第21パワートレーン設計室殿と共同にて開発を行った内容の一部であり、関係者の皆様の御助言、御助力に深く感謝致しますと共に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 北原ほか, 無反射ダクトによる低騒音吸気系の開発(第1報), 自動車技術会春季学術講演会前刷集NO.10-00(2000)
- 2) 広瀬ほか, 無反射ダクトによる低騒音吸気系の開発(第2報), 自動車技術会春季学術講演会前刷集NO.10-00(2000)
- 3) 白木, 騒音防音設計とシミュレーション, 応用技術出版(1991)

資 料

射出成形における流動複屈折の測定 と光学特性ひずみの低減

Measurement of Flow Birefringence and Reduction of Residual Deformation for Injection Molding

奥本忠興*

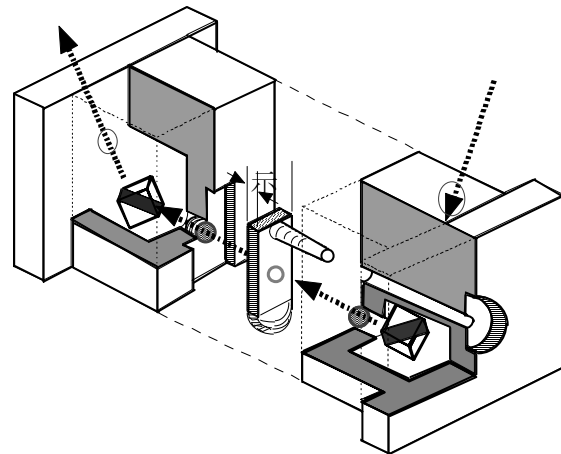
1. はじめに

情報機器，映像機器の進歩に伴って透明樹脂は光学レンズ，光ディスク基盤，光ファイバーなどの光学部品の材料として，広範囲の分野に広く用いられるようになってきた．それに伴い，加工性の良さ，高強度，低複屈折性などの多くの特性が要求される．成形面からも形状安定性，転写性などの高度な寸法精度や透過率，屈折率，複屈折率などの光学特性に関する低ひずみ化への要求特性もますます厳しくなっている．例えば，光ディスク基盤においては表面深さ，形状を精度よく転写するとともに，基盤のひずみを極めて小さく抑えることが重要となっている¹⁾²⁾．本資料では射出成形における金型内流動時および流動停止後の高分子鎖の変形の流動複屈折による測定および光学部品の残留ひずみの低減について述べる．

2. 樹脂成形における複屈折とひずみ

一般に透明樹脂射出成形品の複屈折は大きく二つに分けられる．一つは成形物中の残留応力による分子配向ひずみに起因して発生する複屈折であり，もう一つは冷却過程における熱ひずみに起因して，発生する複屈折である¹⁾²⁾³⁾．前者の分子配向複屈折は，射出成形時に流動による応力によって，変形した高分子鎖形態が，金型に充填後，元の平衡状態に戻ろうとするが，戻り切らないうち

にガラス転移点以下に冷却され，変形した状態で凍結されるため，発生する．一方，後者の熱ひずみによる複屈折は，高分子鎖形態はすでに平衡状態に戻っているにしても，不均一冷却などに起因する局部的応力によるものである¹⁾²⁾³⁾．成形品の複屈折を低減するために，熱処理（アニール）が用いられるが，この方法は熱ひずみによる複屈折は除去できるが，分子配向ひずみによる複屈折は除去するのが非常に困難である¹⁾²⁾．したがって分子配向複屈折の低減は成形条件を厳しく制御する必要がある．表—1に射出成形品の複屈折とひずみの関係を示した．



図—1 金型内複屈折装置の配置の概要

* Tadaoki Okumoto 開発部

表－1 射出成形品の複屈折とひずみ発生の原因と対策

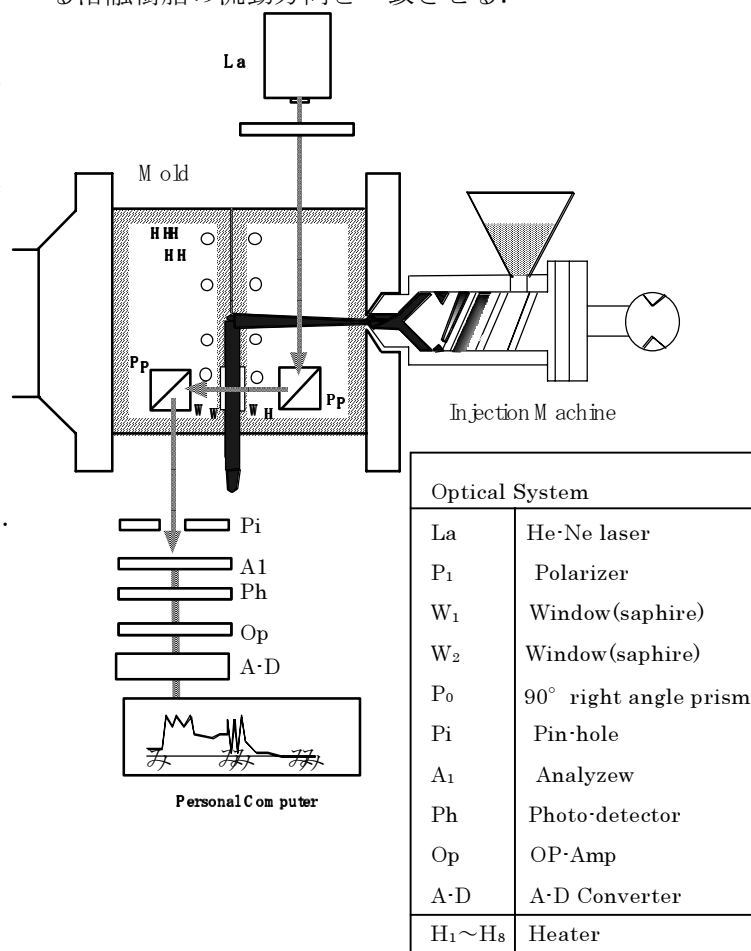
複屈折発生の原因	ひずみ発生の要因	ひずみの要求特性への影響	残留ひずみ除去対策
成形物中の残留応力による分子配向ひずみ (凍結ひずみ)	射出成形時に流動による応力によって、変形した高分子鎖形態が、金型に充填後、元の平衡状態に戻ろうとするが、戻り切らないうちにガラス転移点以下に冷却され、変形した状態で凍結されるため、発生する。 (分子内の変形)	光学的特性 複屈折 透過率 屈折率	アニーリング (熱) 処理 効果は小。
冷却過程での熱ひずみ	高分子鎖形態はすでに平衡状態に戻っているにしても、不均一冷却などに起因する局部的応力によるものである。	機械的特性 寸法精度、 形状安定性、 転写性 (変形、へこみ)	アニーリング (熱) 処理 効果は大。

3. 流動複屈折の測定

3-1. スリット金型と測定装置

高分子配向ひずみによる複屈折はアニール処理しても除去が困難であることを先に述べたが、その発生原因となる高分子融体における分子配向ひずみの測定法を述べる。図－1に流動複屈折測定装置の金型内の配置の概要を示す。この装置は豊田工業大学高分子材料研究室の流動複屈折測定装置である。射出成形機の駆動により溶融樹脂はノズルを通過して一端開放型の金型のスリット内を流動し、スリットの片端から流出する。射出成形機は住友重機械工業(株)製の射出成形機ネスター47/28を用いた。スリットの形状のキャビティー寸法は厚さ3mm、巾20mm、長さ100mmである。また金型には2つの全反射プリズムP₀を組み入れている。注入口(ゲート)より50mmの位置にレーザー光が通過するサファイア窓がある。図－2に流動系と光学系の装置の概要を示す。光学系の装置は図－3に示すような光弾性測定装置を組み込んだ配置となっている⁴⁾。ここで用いたHe-Neレーザー光源は直線偏光を発振するタイプのものであるが、その精度を増すためにレーザー光の照射窓部に偏光子P₁を設置している。直線偏光レーザー光(波長=632.8nm)は固定用金型の斜め45°上方から入射され、キャビティー窓の直前においた全反射プリズムP₀でキャビティー内に垂直に入射される。

光の偏光面は金型の中心から真下に向けて、流れる溶融樹脂の流動方向と一致させる。



図－2 流動系と光学系の装置の概要

試料を通過した光はもう1つのキャビティー窓を出て、全反射プリズムP₀によって可動金型の斜め45°上方に取り出される。透過したレーザー光は余分な拡散光を除くためのピンホールP₁を通り、検光子A₁を介して、フォトダイオードP_hによって光の強度が測定される。フォトダイオードからの電流はOPアンプで増幅されるとともにOPアンプで電圧信号に変換された後、A-Dコンバーター (Model 121 autodigitizer; Autonics Co.,Ltd.:12 bits)を介してデジタル信号として、パーソナルコンピュータ (NEC PC-98IVX21)に読み込まれる。

3-2. 試料並びに流動複屈折の測定

射出成形に供した試料は市販のポリマーのポリスチレン (PS) を用いた。PSは市販のトーポレックス550-51 (三井東圧 (株) , 重量平均分子量 Mw=2.3×10⁵) を用いた。測定開始前に射出成形機の樹脂温度は所定のポリマー熔融温度に保ち、金型温度は射出成形機内の樹脂温度と同一に保持した。予め、熔融ポリマーをキャビティーに満たして十分に緩和しておいて、レーザー光を入射さ

せる。この状態で検光子を固定したあと回転ステージを回転させて、直線偏光ビーム光の振動方向と検光子の方向とが直交する (入射偏光との相対角度が90°)位置に予め、調整し、固定した。

射出成形における射出開始前の静止状態では、透過光強度は検出されないが、射出を開始すると、透過光が観察される。これは熔融ポリマーが流動することにより分子配向し、異方性が発生し複屈折を示すためである。図-3に示したように、キャビティー内のP1を通過した直線偏光は金型のスリットに入射し、互いに垂直な二方向に振動する二つの平面偏光に分かれ、それぞれの速度で試料を通過し、遅れδ (位相差δとする)が発生する。検光子を介して光の強度Iを検出すれば、光の強度Iと二主応力方向の光の位相差δとの間には次の関係がある。

$$I = A^2 \sin^2 2\phi \sin^2 \left[\frac{\delta}{2} \right] \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta n = \frac{\delta \lambda}{2 \pi d} \dots\dots\dots (2)$$

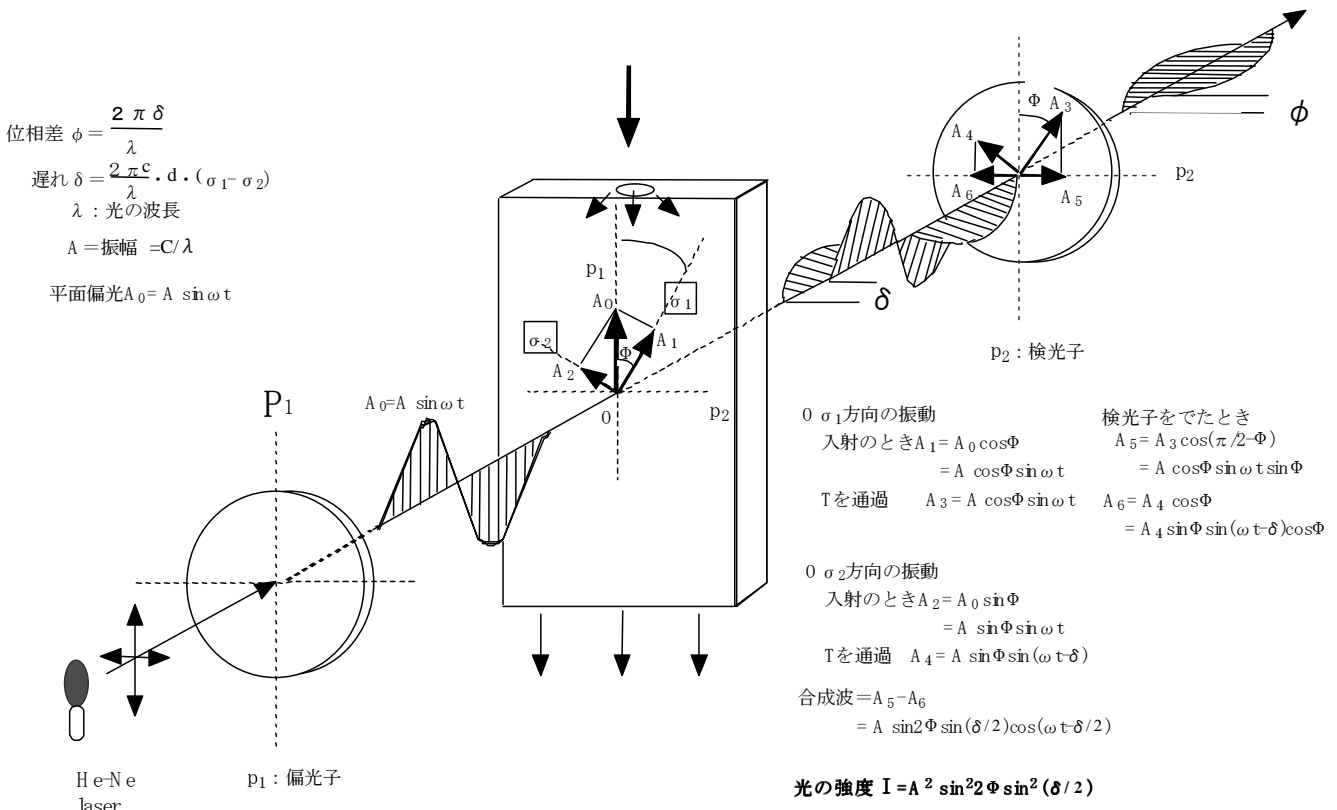


図-3 直交偏光子の場に試料を挿入したとしての平面偏光器

ここでAは光の振幅、 ϕ は偏光子と第1主応力となす角である。 $A^2 \sin^2 2\phi$ は定数であるから光の強度Iは $\sin^2[\delta/2]$ に比例する。この式から明らかのように、Iは δ が $2n\pi$ ($n=0, 1, 2, \dots$)のとき最小、 $(2n+1)\pi$ ($n=0, 1, 2, \dots$)のとき最大を示す。しかし(1)式を用いてIより計算される位相差は0から π の範囲であって、真の位相差 δ はこれに、射出成形の流動停止後の測定したパターンの極大、極小の繰り返しnを読みとり、 $n \times \pi$ を加えたものである。この得られた δ を用いて、複屈折(Δn)を(2)式から計算できる。

λ はレーザー光の波長(632.8nm)、 d はスリットの厚さ(3mm)である。

また流量Q (cm^3/sec)は射出成形時間をストップウォッチを用いて計測し、また金型スリットからの吐出量を秤量して、密度補正して算出した。このときPSの密度は熔融時の温度に換算し、補正值を用いた。

ここで測定される流動複屈折はスリット厚さ方向の中心からの距離における1, 3面の複屈折である。 Δn_{13} のスリット厚さ方向の複屈折値の総計 Δn_{13} >、樹脂温度200°Cにおける射出を開始してからの

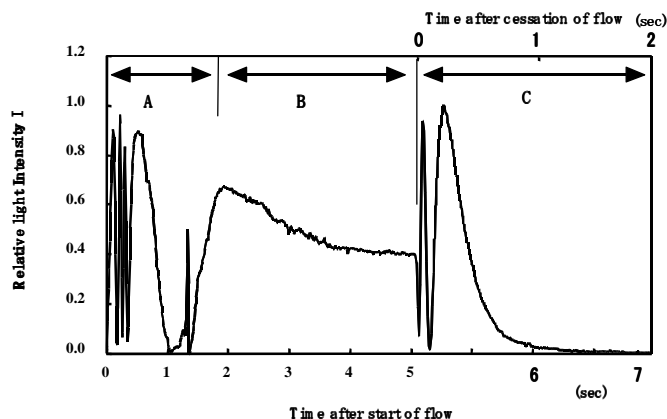


図-4 相対透過強度の時間変化

光の相対強度Iの時間変化の一例を図-4に示した。非常に複雑な変化を示すが、基本的なパターンとしてA部領域は射出が開始されてせん断応力が成長し、高分子鎖形態並びに配向が大きく変形する過程であり、光の強度は時間と共に大きくなる。B部領域は流速も一定になり、高分子鎖形態のせん断応力による変形と元に戻ろうとする弾性力が釣り合って一定の変形を保ちながら光の強度も安定した状態である。C部領域は射出が完了し

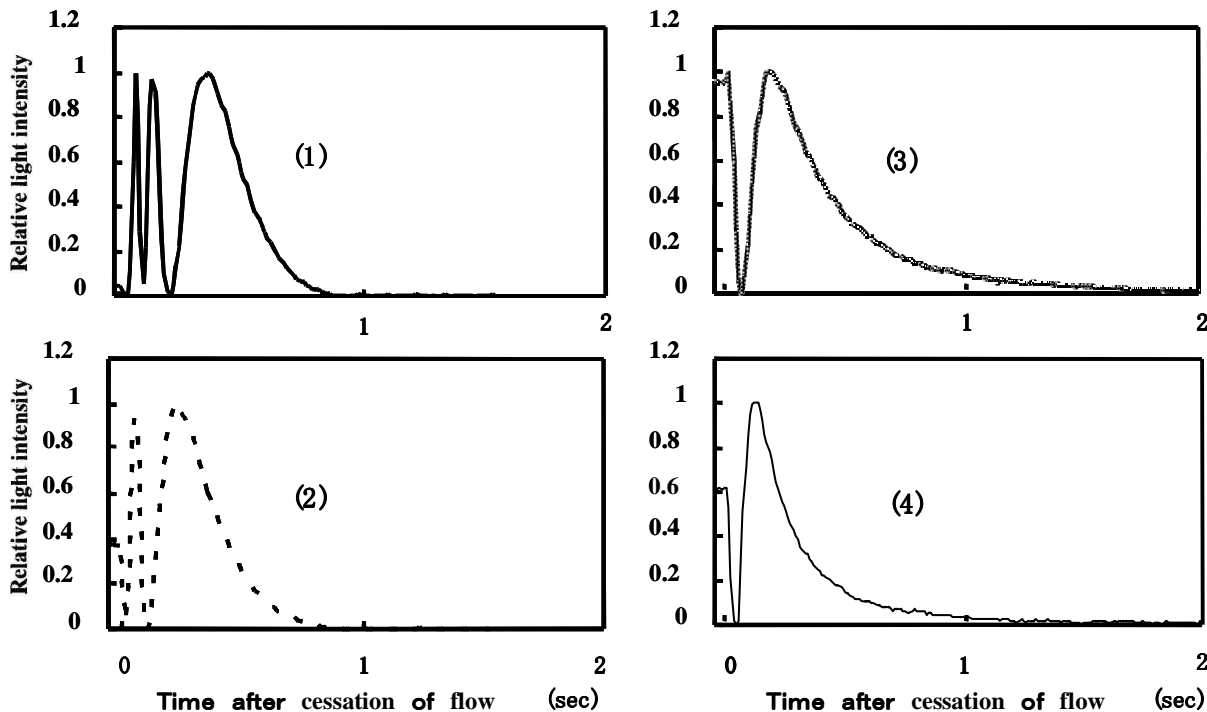


図-5 停止後の光強度の時間変化

(1)185°C, Q= 3.61 cm^3/sec , (2)200°C, Q= 3.3 cm^3/sec , (3)210°C, Q=3.36 cm^3/sec , (4)225°C, Q=3.78 cm^3/sec

て、せん断速度が0になって変形した高分子鎖が元の状態に戻ろうとする緩和の過程であり、光の相対強度は極大、極小を繰り返して、0に減少する。

図-5はほぼ流量が同じであるときの各種熔融温度条件での光強度の時間変化を示す。流量が同じであるとして、PSの熔融温度は低いほど、光強度の極大、極小の繰り返し変化は多くなる。これはせん断応力が大となるため、高分子鎖の変形が大となることによる。

4. 流動複屈折と流量の関係

4-1. 流動複屈折

図-6にPSの樹脂温度185,200,210,225°Cにおける流量Qと1, 3面の平均の流動状態での複屈折値 $\langle \Delta n_{13} \rangle$ との関係を示す。この $\langle \Delta n_{13} \rangle$ は流量の増加と共に大きくなる。これはせん断応力が流量の増加と共に大きくなることによるためである。またPSの熔融温度の低い方(185°C)が $\langle \Delta n_{13} \rangle$ は大きくなる。これは樹脂温度が低いほど粘度は大となり、せん断応力による高分子鎖の変形量が大きいことによると考えられる。

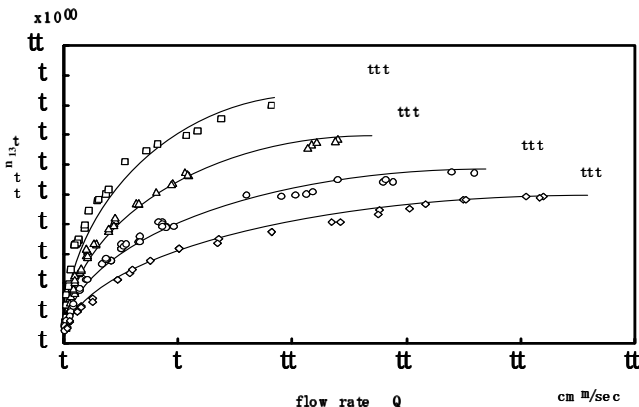


図-6 複屈折 Δn と流量 Q の関係

樹脂温度 (1) 185, (2) 200, (3) 210, (4) 225°C

5. 流動時のひずみ解析と無ひずみ成形金型

図-7に樹脂温度200°Cにおいて、せん断速度を変えた場合の射出完了してからの時間 t に対する複屈折の時間変化 $\Delta n_{13}(t)$ の例を示す。温度一定では流速が大きいほどせん断応力による高分子鎖形態の変形が大きいため、流動停止直後の複屈折 $\Delta n_{13}(0)$ は大きく、経過時間 t とともに急速に減少する(図-7(1), (2))。一方、流量 Q が少いとき複屈折 $\Delta n_{13}(t)$ はおだやかな減少を示す(図-7(3), (4))。これは流量が小さいほどせん断応力は小さいため、高分子鎖の変形が小さいことによる。

よる。射出完了直前の流速の大小にかかわらず、いずれの複屈折値の減少(緩和)曲線においても、射出完了後1秒を過ぎればほぼ零に達する。このことは変形した高分子鎖が元の状態に戻る速度は流量に関係なくほぼ零に達する。

各種条件を変えた実験結果から実用的には、射出成形において金型の表面温度をガラス転移点以上の高温に短時間(1秒以内)保持した後、冷却すれば、複屈折を減らすことができ、成形品の内部ひずみを除去することが分かった。すなわち、樹脂射出成形品の金型に接する面を1秒間樹脂温度に保っておいて、冷却すれば、射出成形品にひずみ(光学)が発生しないことを示唆している。

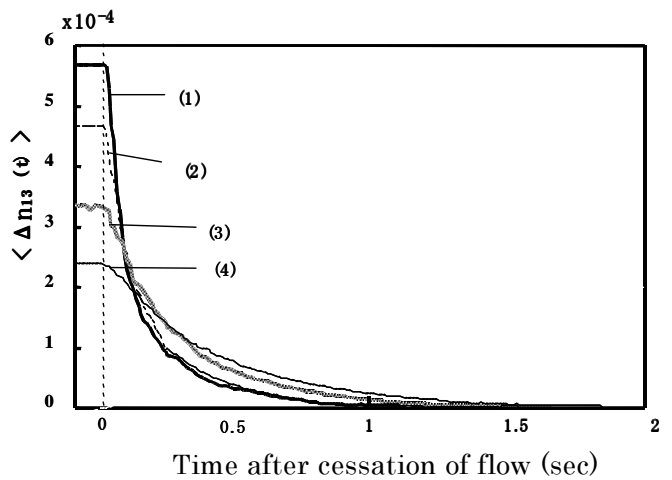


図-7 200°Cにおける流動停止後の複屈折の緩和変化

(1) $Q=5.45\text{cm}^3/\text{sec}$, (2) $Q=3.30\text{cm}^3/\text{sec}$
(3) $Q=1.43\text{cm}^3/\text{sec}$, (4) $Q=0.70\text{cm}^3/\text{sec}$

図-8は射出成形用金型の断面図を示す。この金型の特徴は固定型と可動型の型面近傍には薄膜状の面ヒータが埋没されている。面ヒータの背面にはアスベストなどの断熱層が設けられている。

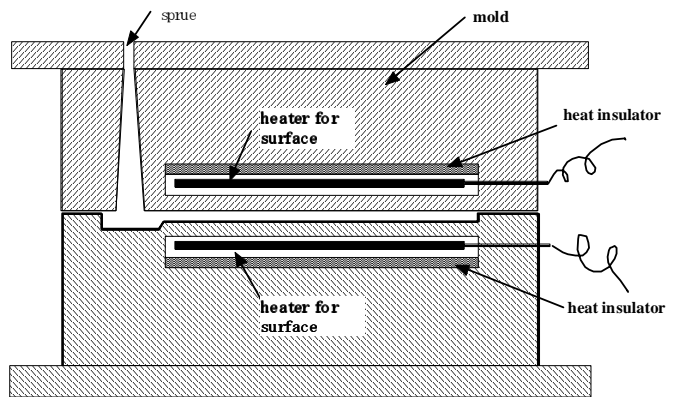


図-8 無ひずみ射出成形用金型の例

この金型を用い、ポリスチレン樹脂から光学部品を成形するとき、キャビテイに熔融樹脂が充填された直後、面ヒータを通電して、熔融温度に1秒間保持し、その後冷却する。またガラス転移点以上の型温に保持しても無ひずみ成形は可能である。

得られた成形品は従来アニール処理では完全に除去できなかった光学ひずみを除去でき、複屈折のない成形品を得ることができる。しかも成形サイクルはほとんど従来と変わっていない。この成形金型により、光学ひずみの無い透明樹脂製品を成形することは可能であろう。

引用文献

- 1) 金井 俊孝, 柴田 康雅: 成形加工, 2 (2), 2 (1990)
- 2) 吉井 正樹, 蔵本 裕樹, 金田 愛三: 成形加工, 2 (4), 301 (1990)
- 3) 奥村 雅彦, 永澤 満: 日本レオロジー学会誌 20 (3), 146 (1992)
- 4) 最新・応力・ひずみ測定・評価技術 (河田 幸三 監修), p.49 (平成4年5月25日発行) 株式会社総合技術センター出版
- 5) 村井 六郎: 高分子測定法—構造と物性—, (高分子学会編) p.372 (1973) 培風

新製品紹介

軽量ホイールキャップ

Light Weight Wheel Cap

日向博実*1

1. はじめに

近年自動車の低コスト化，デザイン意匠性の向上はもちろんのこと軽量化に対するニーズは非常に高くなっている．特に車両の軽量化は燃費性能向上に貢献し，中でも足回り部品の軽量化の寄与率は高いと言われている．今回，これらのニーズに応えるべく「軽量ホイールキャップの開発」を行ない量産化した．（写真－1）

開発目標値は14インチサイズ製品重量で350g／個以下と設定した．

本報ではその概要について紹介する．



軽量ホイールキャップ

写真－1 軽量ホイールキャップ装着状態

2. 製品の概要

2-1. 設計構成

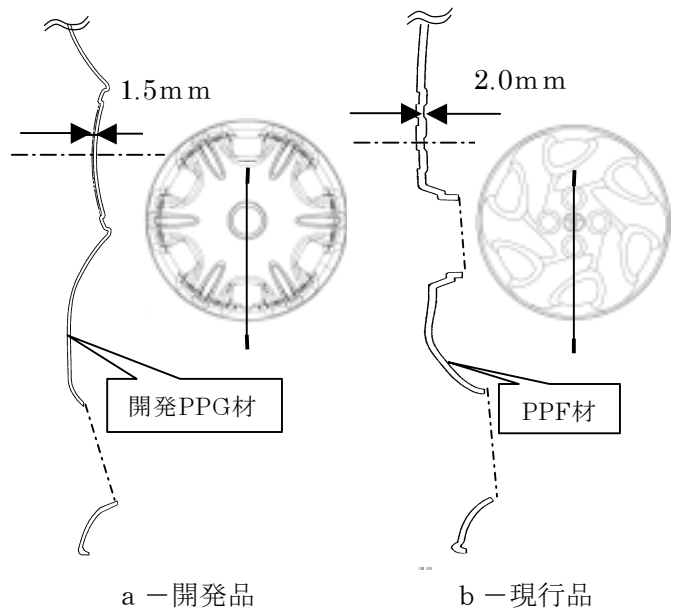
本製品の設計構成の特徴は，①薄肉設計（一般肉厚1.5mm）と，薄肉設計を可能とした②低比重高剛性材料の採用である．

2-2. 材料

材料は現行使用材のフィラー入りPP（PPF）からガラスにより剛性をアップさせたガラス繊維強化PP（PPG）を基本とした開発材に変更した．

ガラスの含有量，繊維長の最適設計により低比重高剛性材料を成立させた．

製品基本断面図を（図－1）に示し，また比較のため現行品も示す．



図－1 製品断面

3. 製品の特徴

低比重高剛性材料の開発により，製品一般肉厚1.5mmまで薄肉化が達成でき，現行品はもちろん他社品と比較しても最も肉厚が薄いものとなった（BMC結果）．この薄肉設計を可能としたのは低比重高剛性材料開発によるところが大きく，この材料配合設計には困難を要した．今回開発した材料は剛性をアップさせるガラス繊維と，衝撃性を向上させる衝撃吸収剤の特殊配合設計により，曲げ弾性率で1.2倍，アイゾット衝撃値（低温条件）で2.2倍の物性値が得られた．

*1 Hiromi Hyuga 内外装部品技術部 外装技術室

しかしながら、製品開発当初より、PPGを採用するに当り最大の課題は、ウェルド隆起の解消であった。この解消技術としてCAE解析を用いたウェルド隆起低減技術を確立し、目標値を達成することができた。今後、このウェルドシミュレーション技術の活用により設計段階でウェルド発生位置、隆起量を予測し、最適肉厚の設計が可能となった。また、この技術はいかなる意匠のホイールキャップでも対応でき、従来号試段階で何回も実施していた金型修正も不要になり、生産準備期間の短縮にも貢献できる。(図-2)

以上の開発により目標値である製品重量350g/個以下を達成することができ、重量低減約30%を可能とした。(車両での重量低減472g) 14インチでは世界一の軽量ホイールキャップとなった。他社品との重量比較を(図-3)に示す。

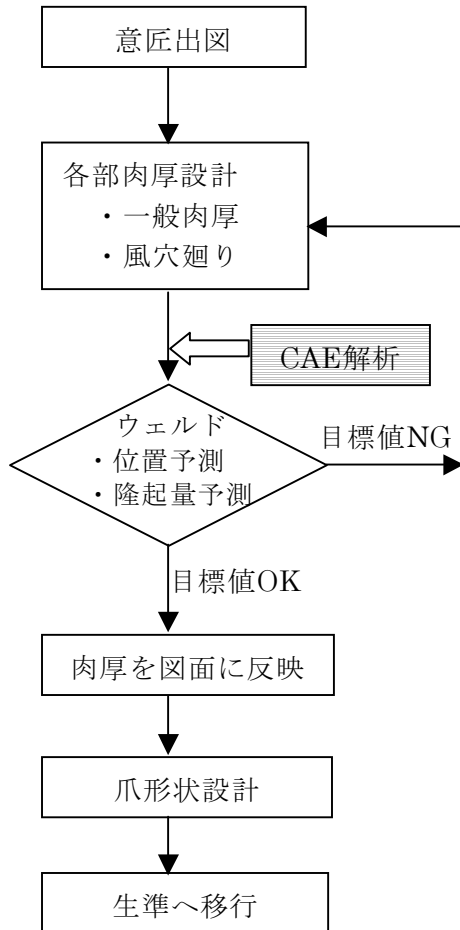


図-2 製品設計の流れ

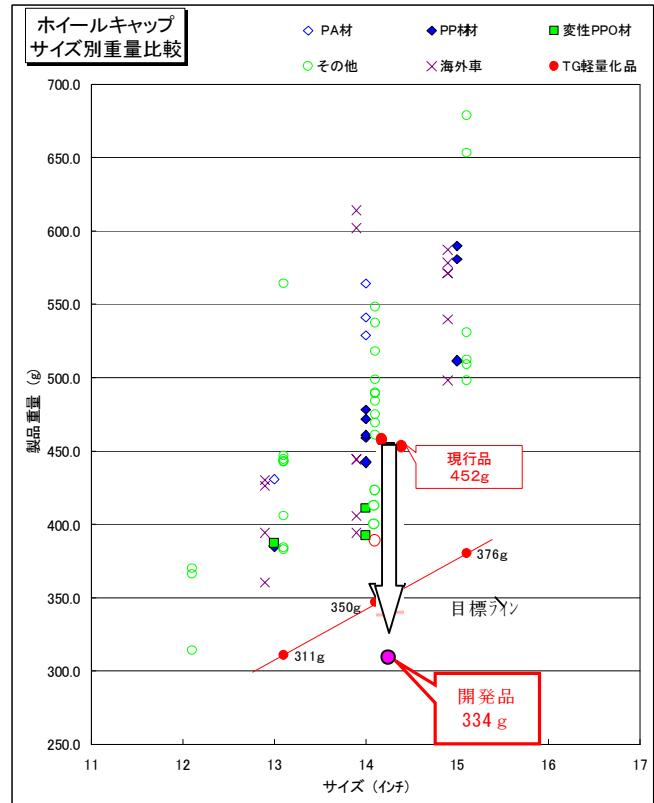


図-3 重量比較

4. おわりに

今回紹介した「軽量ホイールキャップ」は、トヨタ「カローラ」2000年モデルに採用されている。

本ホイールキャップ技術を他車種へも適用拡大していくとともに、今後更なる軽量化をめざし開発を進めていきたい。

最後に、この製品開発に際し御支援、御指導をいただいたトヨタ自動車株式会社の関係各部の方々に厚く謝意を表します。

≡≡≡ 新製品紹介 ≡≡≡

リサイクルPET製エンジンカバー

Recycled PET Engine Cover

小笠原 豊^{*1}，渡辺 悟^{*2}，平澤利廣^{*3}，岩田保生^{*4}

1. はじめに

欧米，日本の車外騒音規制の強化や車内音低減による商品性向上の為，エンジン上部に意匠性を兼ねたエンジンカバーの搭載が増加している。

従来エンジンカバーにはナイロンが使用されていたが，今回環境保護を狙いにPETボトルのリサイクル材適用を検討し，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

当製品は，エンジンのシリンダヘッドの上に装着して意匠性と防音性の向上を図るものである。

車両搭載状態を写真—1に示し，当製品を写真—2に示す。



写真—1 車両搭載状態



写真—2 エンジンカバー

3. 製品の特徴

3-1. 樹脂材料

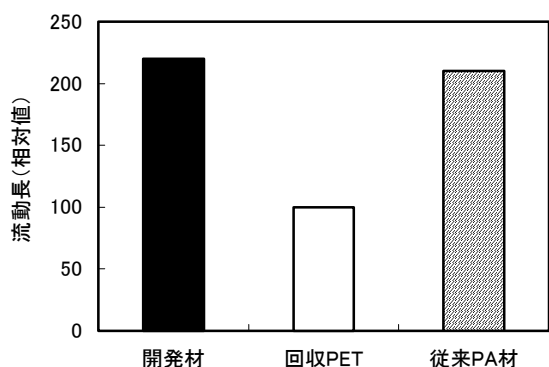
PETボトル用材料は，高圧空気で膨らませるブロー成形材料であり，射出成形する場合，熱で溶かした状態での粘度が高いため流れにくく，熱変形しやすい等の欠点があった。

今回，このPETボトルのリサイクル材料を射出成形用に以下の①～③の項目の改質を実施した。

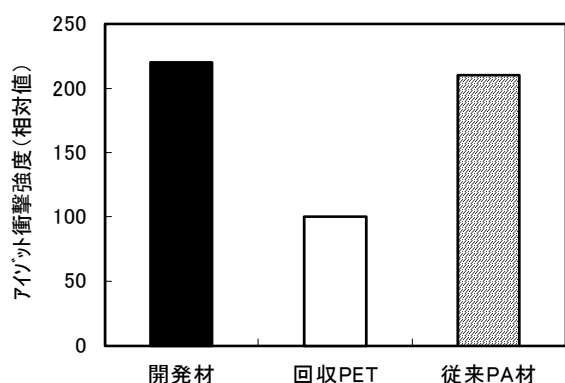
- ①分子量の調整
- ②流動性向上剤の添加
- ③衝撃強度改質剤の添加

②，③の材料比較を図—1，2に示す。

*1 Yutaka Ogasawara 機能部品技術部 PF部品技術室
 *2 Satoru Watanabe 材料技術部 樹脂材料技術室
 *3 Toshihiro Hirazawa 機能部品技術部 機能防振生技室
 *4 Yasuo Iwata 内外装技術部 表面処理技術室



図一1 流動長比較



図一2 衝撃強度比較

3-2. エンジンカバー

エンジンカバーについては、リサイクルPETの射出成形品にエンジンとの取付け部（2ヶ所）にカラーを圧入カシメした仕様とし、裏面には、リサイクル再生PET繊維吸音材を取付けて防音性の向上を図った。

本体と吸音材の両方をリサイクルPETとすることでこの部品のリサイクルもし易くなった。

又、文字意匠面には、シルバー色のホットスタンプを施した。

3-3. ホットスタンプ箔

リサイクルPET材への密着性と作業性の向上の為に箔の膜厚等を最適なものとした。

4. 性能

今回の開発したエンジンカバーは従来のPA（ポリアミド）材と同等以上の性能を有し、様々な使用環境条件において、目標性能を満足している。

評価項目	PA材	リサイクルPET材
耐熱性（℃）	○	◎
耐振動耐久性	○	○
耐冷熱リサイクル性	○	○
耐薬品性	○	○
ホットスタンプ密着性、作業性	○	○

又、本エンジンカバーはリサイクル材を50%以上使用している為に、エコマークの表示が可能であり、エンジンカバー1個当たり一般的な500ml入りの清涼飲料用PETボトル9本分を使用し、リサイクルの推進に貢献している。

5. おわりに

リサイクルPETの適用により、エンジンカバーの性能向上とコストダウンができた。今後は適用車種の拡大を図っていきたい。

最後に、この製品の開発・量産化に際し、御支援、御指導いただいたトヨタ自動車株式会社の各関係部署の方に厚く感謝の意を表します。

新製品紹介

耐熱ターボエアホース

Heat-Resistant Turbo Air Hose

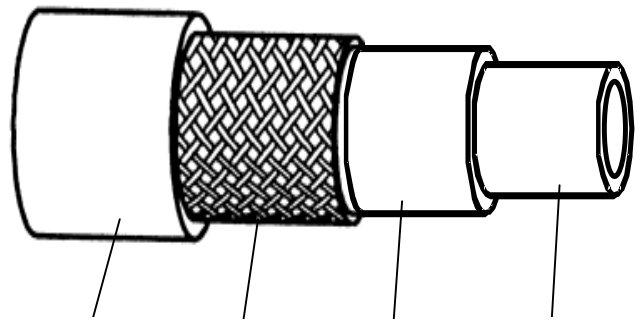
野田 達人^{*1} , 北岡 克司^{*2}

1. はじめに

近年, RV車および1BOX車等に搭載されているディーゼルターボエンジンは, 高出力化のため過給圧が上昇している.

それに伴ない, 吸気温が上昇しターボエアホースには高い耐熱性が必要とされる.

ここでは, 耐熱性はもちろんのこと低コストでかつオイル透過性にすぐれたホースを開発・量産化したので紹介する.



シリコンゴム アラミド糸 シリコンゴム フッ素ゴム

図-1. 開発ホースの構成

2. 製品の概要

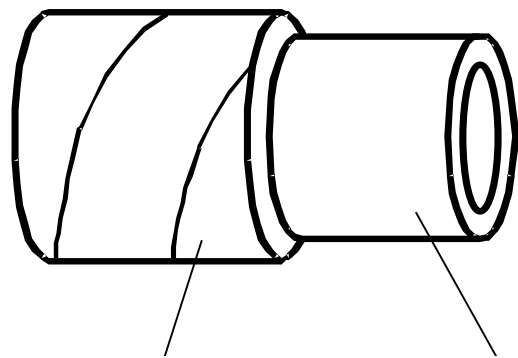
開発したホースの構成を図-1に示す.

フッ素ゴムとシリコンゴムの接着技術を確立したことにより, 内管内側層には耐熱性, 耐オイル透過性に優れたフッ素ゴムを薄層で用い, 内管外側層・外皮及び糸層には, 耐熱性のよいシリコンゴム及びアラミド糸を用いた.

また, ホース構成は低コスト化を図るために生産性のよい中間ブレードタイプとした.

従来ホースの構成を図-2に示す.

従来ホースは, 布巻き構成であり手加工による生産が主要となっていた.



エチレンアクリルゴム エチレンアクリルゴム
積層アラミド布巻き

図-2. 従来ホースの構成

*1 Tatsuhito Noda 機能部品技術部 ホース技術室

*2 Katsusi Kitaoka 機能部品技術部 ホース技術室

3. 製品の特徴

3-1 耐熱性とオイル透過性

ターボエアホースに使用している材料の耐熱性と耐オイル透過性の関係を図-3に示す。

一般の耐熱ターボエアホースに使用されているエチレンアクリルゴムよりさらに高い耐熱要求を満足する材料としてシリコンゴムとフッ素ゴムがあるが、シリコンゴムはオイル透過量が多いので単層では使用できない。

そこでオイル透過量の極めて少ないフッ素ゴムを内管層へ適用したことで、開発ホースは従来ホースに比べ約30℃の耐熱性向上とオイル透過量を1/4以下に低減できた。

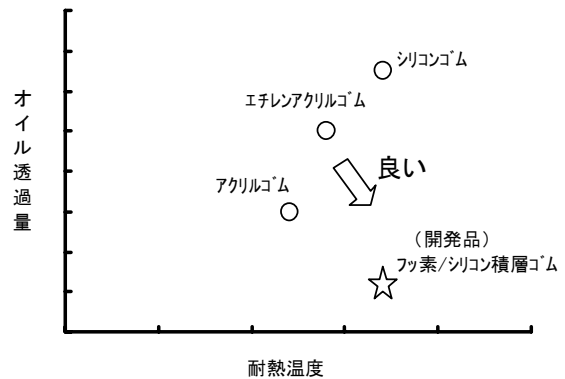


図-3 材料の耐熱性と耐オイル透過性の関係

3-2 コスト

比較的安価なシリコンゴムを主体とし内管をフッ素ゴムの薄層構成にすることにより材料費を低くおさえた。

また、未加硫時に剛性の高いフッ素ゴム層を内管に使用することにより後工程でのシリコンゴムの変形が防止できるので、従来の様に布巻き加工ではなく生産性の優れた中間ブレード構成にすることができた。

製品の耐熱性と設計コストの関係を図-4に示す。

開発ホースは中間ブレード構成としたことで従来品の布巻き構成より大巾なコストダウンが可能となった。

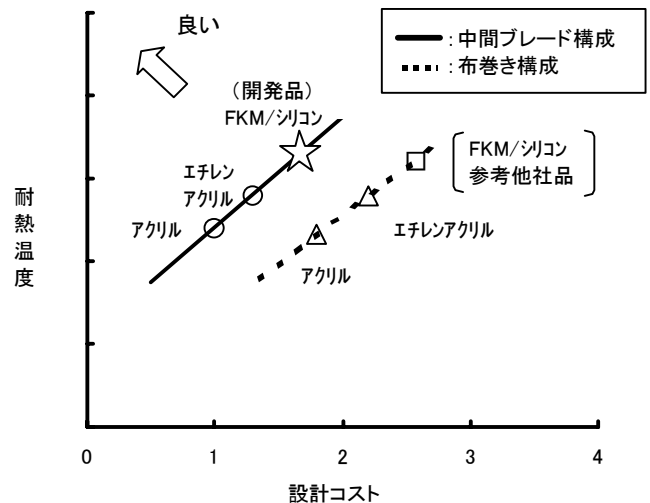


図-4 製品の耐熱性と設計コストの関係

4. おわりに

当開発により、耐熱性及び耐オイル透過性に優れかつコストパフォーマンスの高いターボエアホースの開発ができました。

当開発品の適用拡大を図るため「顧客ニーズ」を十分に調査しながら車両への展開を進めていきたいと考えております。

最後に、この製品の開発・量産化に際して御支援、御指導をいただきました関係の方々に厚く感謝の意を表します。

新製品紹介

ガラスインナーウェザストリップ一体ガラスラン

Modular G/R with Glass Inner Belt W/S

後藤 輝仁 *1

1. はじめに

高級乗用車に求められる品質の1つとして、走行時の車室内静粛性が挙げられる。従来からその向上には音の発生源対策や遮音対策が実施され効果を上げてきた。しかし、静粛性向上に伴い局所的な音洩れの存在を無視することができなくなって来た。

静粛性の更なる向上にはその音に対する遮音対策が不可欠であり、「ガラスインナーウェザストリップ一体ガラスラン」を製品開発・量産化したので紹介する。

2. 製品の概要

本製品は自動車のドアガラス周辺部に取り付けられ(図-1)、ガラスをスムーズに昇降させるガイド機能とガラスとドアパネルの間をシールする機能を持ったウェザストリップである。

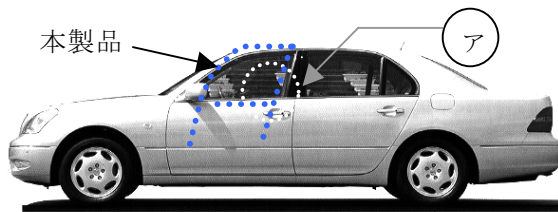


図-1 取り付け部位

従来、ガラスインナーウェザストリップはドアトリムにサブアッシーされた状態でドアに取り付けられる為、ガラスランとの合わせ部に僅かな隙間が出来てしまう(図-2)。ここを通過してドアパネル内の騒音が車室内へ侵入する。そこで、その隙間を塞ぎガラスとシールさせるようにガラスインナーウェザストリップとガラスランを型成形

部でつなぎ一体化した(図-3)。開発品の製品略図を(図-4)に示す。ガラスラン

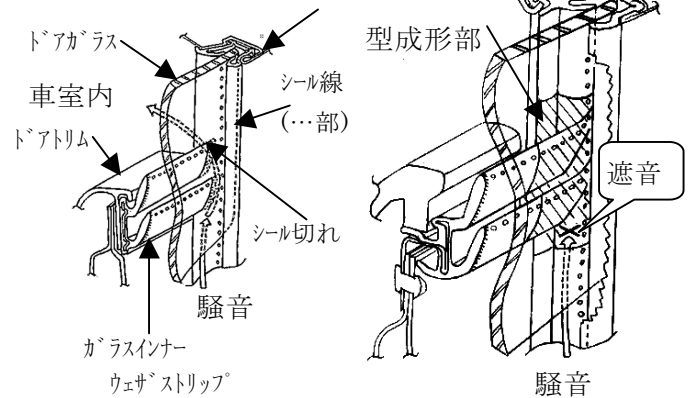


図-2 従来品 (ア)部 図-3 開発品 (ア)部

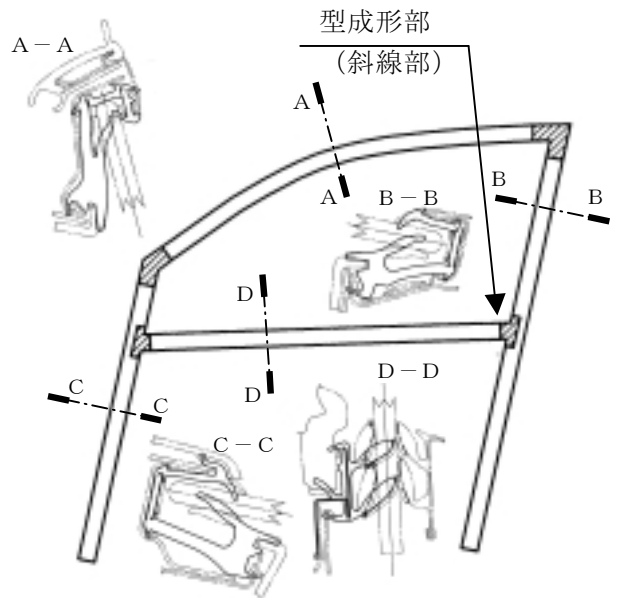


図-4 製品略図

*1 Teruhito Goto ウェザストリップ技術部 ウェザストリップ技術室

3. 製品の特徴

3-1. 遮音性の確保

ガラスとシールして遮音できるように型成形部の3次元形状を、CAE解析を行うことによって設定した。解析に使用したモデルを図-5に示す。

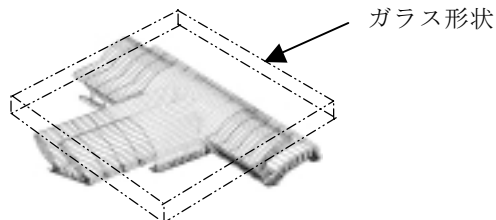


図-5 3次元モデル

解析によって得られた形状で作製された製品を、超音波リーク試験(図-6)で代用し遮音性能を検証した。結果を図-7に示す。

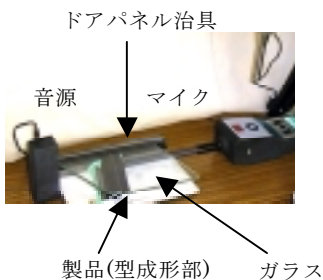


図-6 試験要領

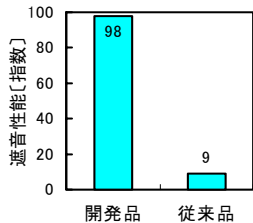


図-7 結果
[*粘土で隙間埋めし
た時を100とする]

また実車における検証は、図-8に示す部位で騒音計にて行った。開発品取り付け時は、従来品に比べて表1に示すような音圧低減が確認できた。



図-8 測定部位

表1 音圧低減量 [dB]

	周波数帯		
	1kHz	2kHz	4kHz
100km/h走行時	0.4	0.6	3

3-2. ガラス摺動耐久性向上

型成形部のシール性と背反する耐久性の向上には、摺動面が極力平滑であることが重要な条件となる。本製品の金型では、有害なバリを発生させるPL(型割り面)を摺動面から遠ざけて配置した(図-9)。

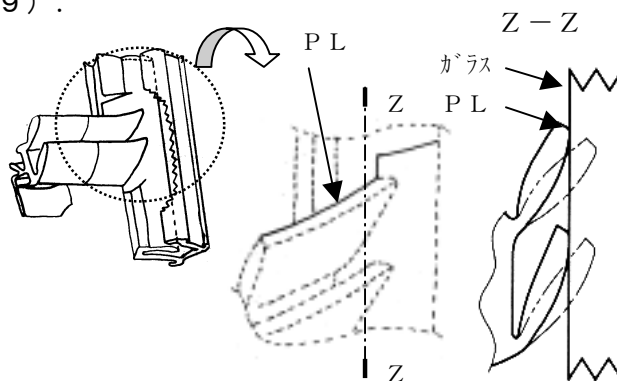


図-9 PL配置

性能の検証は、図-10の要領でベンチ試験にて実施した。結果は表2に示す。

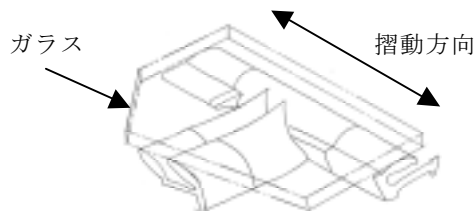


図-10 試験要領

表2 結果

項目	結果
異音	試験中、異音無し
耐摩耗	著しい摩耗無し

4. おわりに

今回紹介した「ガラスインナーウェザストリップ一体ガラスラン」は、3代目セルシオに採用され量産化した。今後この技術を他車に展開して、車室内の静粛性向上に貢献していきたいと考えている。

最後に、この製品の量産化に際し、ご指導いただいたトヨタ自動車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

新TPOガラスラン

New TPO Glass Run

稲垣 聡^{*1} , 大森 仁^{*2}

1. はじめに

近年，自動車産業の動向として，コスト面での商品力向上と同時に地球環境を配慮した製品造りが強く求められている。

上記要求に基づきガラスのシール部品であるガラスランにおいても，リサイクル性に優れたTPO（オレフィン系熱可塑性エラストマー）を使用した製品の市場が拡大傾向にある。

今回，従来のTPO品に比べ更に性能向上させた新TPOガラスランを開発・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

本製品は自動車のガラス周辺部に取付けられ，車外からの雨，風，音などの侵入を防止すると共に，ガラスの昇降をガイドする部品である。

その装着部位を図-1に示す。

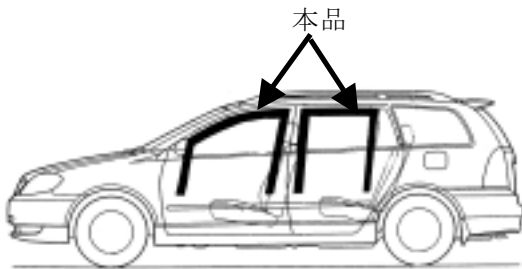


図-1 装着部位

ガラスランは図-2に示す様に，押出成形部と型成形部から構成される。

今回，TPOガラスラン押出成形部の材料を新たに開発することにより，性能を向上することができた。

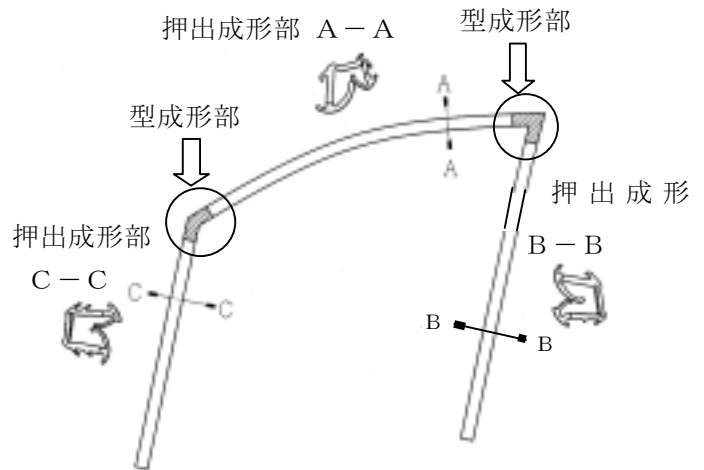


図-2 製品仕様

3. 技術の概要

開発のポイントは，ガラス開閉時の摺動性と，ガラス閉時のシール性向上である。

摺動性とシール性の関係については，次式を用いて考えることができる。

^{*1} Satoshi Inagaki ウェザーストリップ 技術部 ウェザーストリップ 技術室
^{*2} Hitoshi Omori ウェザーストリップ 技術部 ウェザーストリップ 開発室

$$F = \mu (f_1 + f_2)$$

F:摺動抵抗

f₁+f₂:リップ反力

μ:摩擦係数

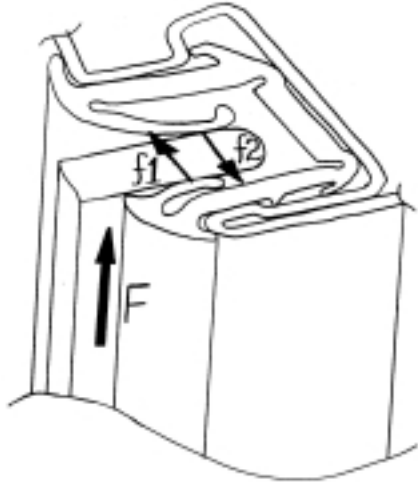


図-3

図-3に示す通り、摺動性向上とは摺動抵抗Fを小さくすることであり、シール性向上とはリップ反力(f₁+f₂)を大きくすることである。

今回、この背反する要求品質の向上を可能とするため、ガラスラン表面に押出と同時に皮膜される摺動材の摩擦係数μを小さくした材料を開発することにより解決した。

又、リップ部に今回開発したへタリ性向上材を適用する事により、経時へタリによるリップ反力(f₁+f₂)の低下を減少させ、更にシール性を向上することができた。

図-4に今回開発品の材料適用部位を示す。



図-4 開発断面仕様

従来品と開発品の摩擦係数比較を図-5、摺動抵抗とリップ反力の比較を図-6、へタリ性能比較を図-7に示す。

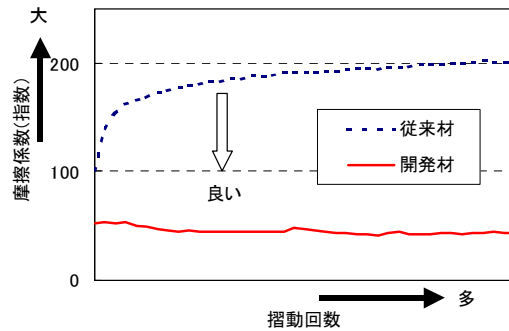


図-5 摩擦係数比較

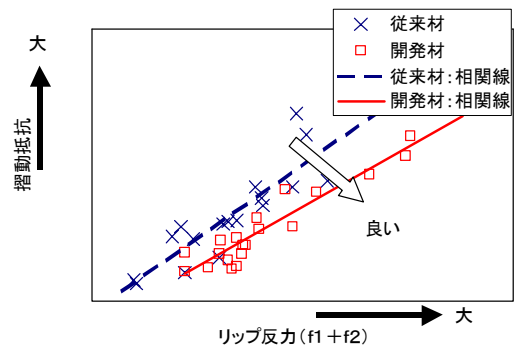


図-6 摺動抵抗とリップ反力比較

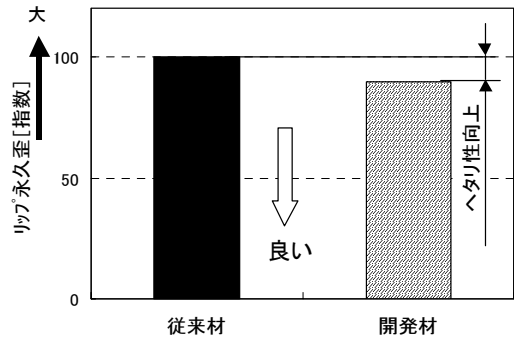


図-7 へタリ性比較

4. おわりに

今回紹介した新TPOガラスランはトヨタカローラに採用され量産化した。今後、他車種へも適用拡大していく予定である。

最後に本製品の開発・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の関係部署の方々ならびに社内外関係部署の方々に厚く謝意を表します。

新製品紹介

1 コーナー成形ループ仕様オープニングトリムウェザーストリップ

Loop opening trim Weather-Strip with one corner Molding

皆川 吉彦^{*1} , 堀田 昌利^{*2}

1. はじめに

近年自動車産業の動向として、コスト低減を配慮した製品造りが強く求められている。

今回その要求を満足するドア廻りの部品であるオープニングトリムウェザーストリップを製品開発・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、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。

その装着部位を図-1に、製品仕様を図-2、一般断面装着状態(A-A)を図-3に示す。

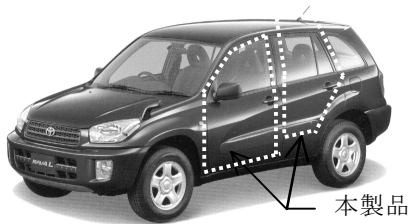


図-1 装着部位

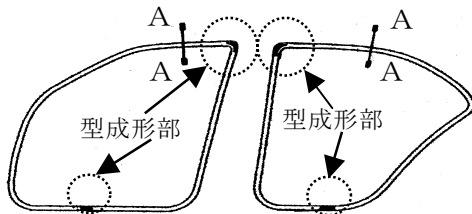


図-2 製品仕様

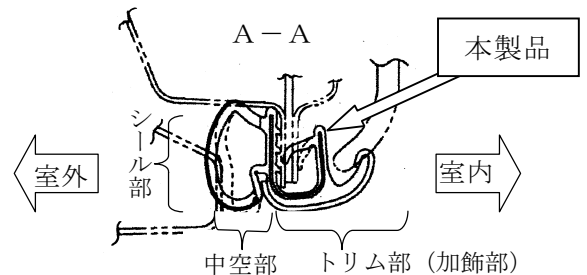


図-3 一般断面装着状態 (A-A)

従来品は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の中空部のみ成形と、ループ仕様にする為の接続成形との2ヶ所の型成形部が必要であった。

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なくシール部を成立させ、同時にループ接続を行うことが可能となった。

従来品と開発品の仕様比較をFrドアオープニングウェザーストリップを例に図-4、図-5に示す。

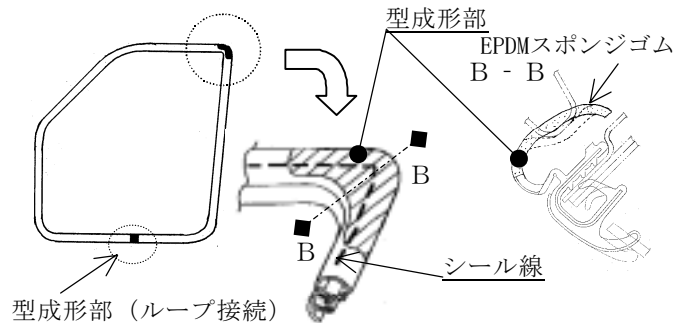


図-4 従来品仕様

*1 Yoshihiko Minagawa ウェザーストリップ事業部 技術部 ウェザーストリップ技術室

*2 Masatoshi Hotta ウェザーストリップ事業部 技術部 ウェザーストリップ生技室

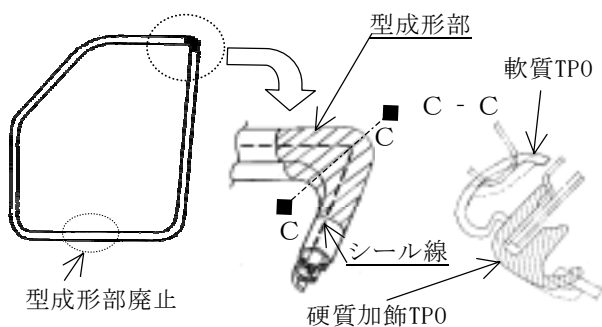


図-5 開発品仕様

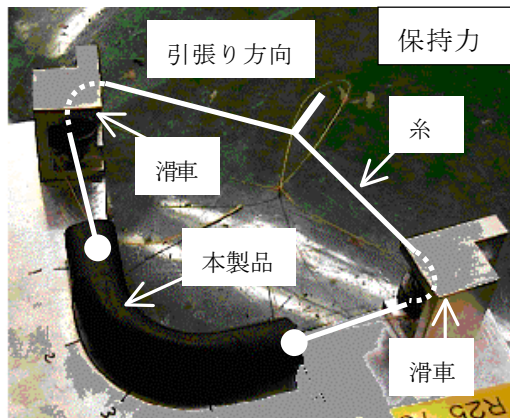


図-6 評価方法

3. 製品の特徴と効果

3-1. 低コスト化

従来品はコーナー成形部及びループ接続成形部の2ヶ所型成形を行っていたが、開発品はコーナー部1ヶ所の型成形仕様とする事で型成形部を1ヶ所廃止し、コスト低減する事が出来た。

効果を表-1に示す。

表-1 コスト比較

	従来製品	開発製品
型成形ヶ所	2ヶ所	1ヶ所
コスト指数	100	95

3-2. 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。

評価方法を図-6に、結果を表-2に示す。

表-2 評価結果

	従来製品	開発製品
コーナー成形部保持力指数	100	200

4. おわりに

今回紹介した「1コーナー成形ループ仕様オープニングトリムウェザーストリップ」は、トヨタRAV4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、ご指導いただいたトヨタ自動車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 ≡≡≡

木目調本革巻きハンドル

Leather Wrapped Woody Steering Wheel

永田 篤^{*1} , 林 幹根^{*2}

1. はじめに

近年、車室内の高級感を目的とした木目柄に対するニーズが向上し、本木及び木目調の内装製品が増加している。

今回、ドライバーが最も見て触るハンドルにトリニティ工業株式会社と共同で、内装パネルと同じ木目柄を施した木目調本革巻きハンドルを開発・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

製品の外観を写真-1、写真-2に示す。

構成は木目調部と本革巻き部の組合せにより、高級感の向上と良好な操作フィーリングを両立させたものである。

木目調部ではオレフィン系樹脂の上に密着する表面処理技術の確立をし、水圧転写ではリング裏面にまで一度に高級木目柄を施す生産技術を開発した。革巻き部はウレタンの上に本革を接着縫製した。

3. 製品の特徴

3-1 内装部品との統一感

室内の一等地ともいえるハンドルに木目柄を付与し、インストルメントクラスターやパワーウィンドウスイッチ周辺に用いられている木目柄と同柄にすることで、室内の統一感が得られ高級感を増すことができる。

3-2 バリエーション

部品共通化を推進していく上で、開発品は素材を変えることなく水圧転写のフィルム柄のみの変更で違った外観（木目柄、石目柄他）が得られ、特別限定車などの新柄、新色のニーズにも迅速に



写真-1



写真-2 (エスティマ)

応えることができる。

4. さいごに

今回紹介した「木目調本革巻きハンドル」は現在トヨタ ウィンダム、ハイエース、エスティマ等の車種に採用されており、今後もこの技術を応用し、他車種に展開していきたいと考えている。

*1 Atsushi Nagata エアバッグ・ハンドル技術部 エアバッグ開発室

*2 Mikine Hayashi エアバッグ・ハンドル技術部 エアバッグ開発室

≡≡≡ 新製品紹介 ≡≡≡

カップホルダーイルミネーション

Cup-holder Illumination

帯刀 慶真^{*1} , 苗代 光博^{*2} , 田部 哲夫^{*3}

1. はじめに

夜間および黄昏時、車室内空間にムーディーな雰囲気をかもし出す、カップホルダーのイルミネーションを開発した。

2. 製品の概要

「カップホルダーイルミネーション」は、コンソール内カップホルダーの裏底面に取り付けられ、カップホルダーに置かれたペットボトル等を、幻想的に照明させるイルミネーションである。

ペットボトルをセットした場合にはペットボトル自体を発光体として利用し、幻想的なイルミネーションとなる。

光源には赤・緑・青の3色のLEDを使用し、スイッチ操作により計8色の色変わりと、時間と共に自動的に発光色が変わっていく自動色変わりモードを2種類内蔵している。

3. 主な構成部品

発光ユニット：LED、基板、レンズ、
ケース等で構成
ECU : 発光色の制御
スイッチ : 発光色の切り替え用スイッチ

4. 製品の特徴

カップホルダーにセットした市販のペットボトル自体が発光体になるという意外性

を持っており、他にも乳白色のガラス瓶・クリスタル調の置物等を置いてもそれ自体を発光体として利用することが可能である。



図-1. 取り付け位置

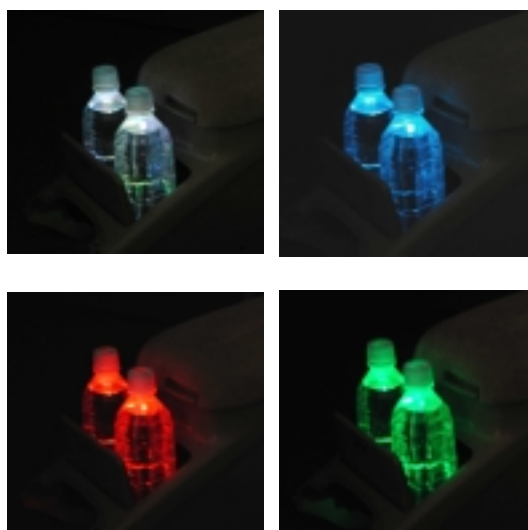


図-2. 点灯状態

*1 Yasumasa Tatewaki オプトE事業部 第2技術部

*2 Mitsuhiro Nawashiro オプトE事業部 第2技術部

*3 Tetsuo Tanabe オプトE事業部 第2技術部

新製品紹介

LED光脱臭空気清浄器

Photocatalytic Air Purifier

Using Purple LED Lamp

高橋 俊雄^{*1} , 向川 隆夫^{*2} , 酒井 和宏^{*3} , 水谷 知生^{*4}

1. はじめに

近年、健康指向の高まりにより空気清浄器市場が拡大傾向にある。この傾向は自動車においても車室内空間の快適化ニーズへと広がりつつある。

今回、こうしたニーズに対応して、新開発の紫色LEDと光触媒を組み合わせた世界初のLED光脱臭空気清浄器を開発したので紹介する。

2. 製品の概要

「LED光脱臭空気清浄器」は、ルーフライニング内に収納される本体と、ルーフライニングを本体との間にはさみこんで取り付ける車室内意匠部品のグリルで構成される、天井ビルトインタイプの空気清浄器である。(図-1)

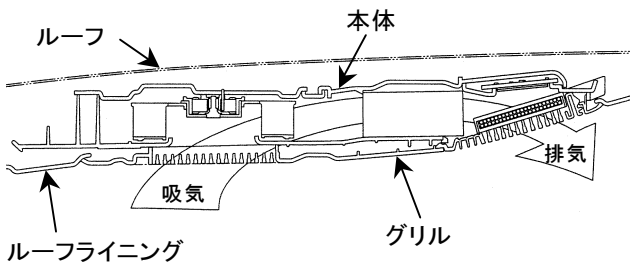


図-1 LED光脱臭空気清浄器 断面

2-1. 空気清浄器本体

空気清浄器本体は、ファンユニット、大気塵、煙草の煙等を除去する粉塵フィルタ、光触媒用光源のLED ASSYといった主要構成部品及び、ボリュームスイッチ、制御回路などの制御部品で出来ている。車両天井のリーन्हースにクリップ2個

とスクリユー2個によって固定され、その後ルーフライニングが車両天井に取り付けられる構造になっている。(図-2)

2-2. グリル

グリルは吸気グリルと排気グリルに分かれた構成になっている。吸気グリルはクリップにより本体に固定される。排気グリルはユーザーによる取り外しが可能であり、臭気を除去する光触媒の保持と粉塵フィルタ交換のためのメンテナンススリッドを兼ねている。(図-2)

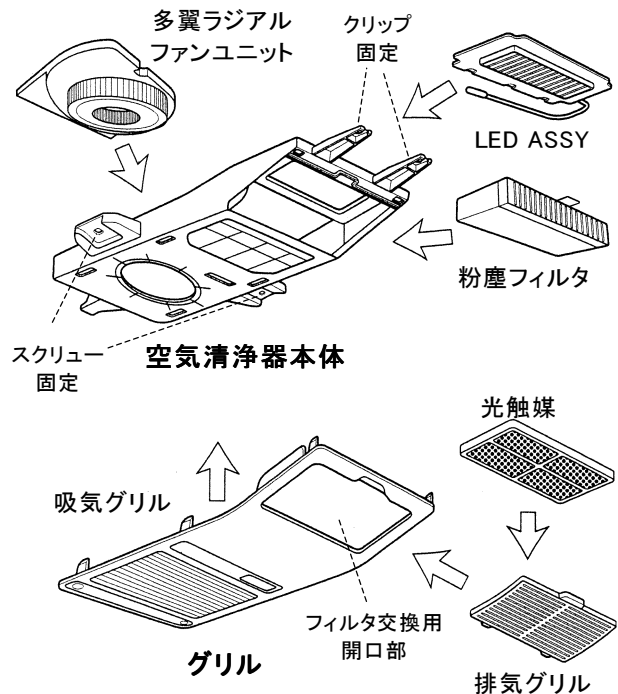


図-2 空気清浄器 主要構成部品

*1 Toshio Takahashi オプトE事業部 第2技術部
 *2 Takao Mukougawa オプトE事業部 第2技術部
 *3 Kazuhiro Sakai オプトE事業部 第2技術部
 *4 Tomoo Mizutani オプトE事業部 第2技術部

3. 製品の特徴

3-1. 脱臭性能

より脱臭する。(図-3)

分解脱臭であることから、幅広い種類の臭気ガス成分に有効で、特に従来の活性炭による吸着脱臭では除去し難い臭気(アセトアルデヒド等)を除去出来るようになった。(図-4)

本製品ではこの触媒用光源としてLEDを適用している(世界初)。一般的に光源として用いられる冷陰極管と比較してコンパクト化が可能であり、清浄機の薄型化に寄与した。さらにノイズの発生源となりうる高電圧回路が不要、低環境負荷(水銀フリー)というメリットがあり、車載用として最適な光源である。

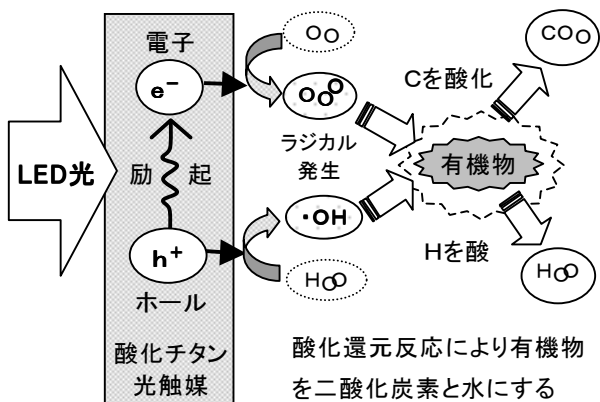


図-3 光触媒脱臭原理

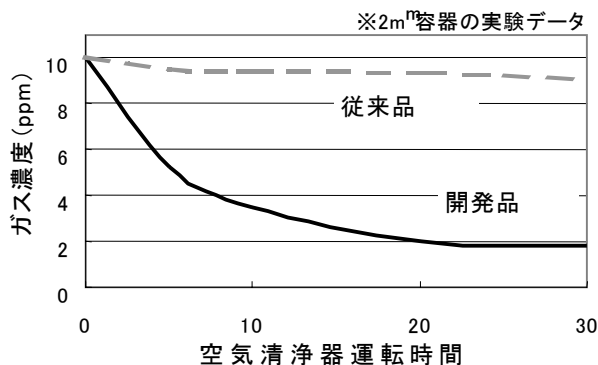
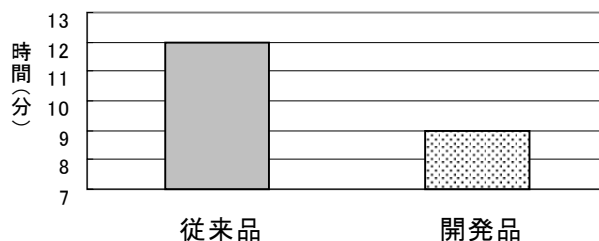


図-4 アセトアルデヒド除去性能

3-2. 集塵性能

粉塵フィルタは、高捕集率濾材の適用と最適風量設定により集塵速度を向上させた。(図-5)

また、脱臭速度の向上と臭気の再放出抑制の為に、活性炭繊維脱臭剤を追加した。



※車室内において、煙草1暴分の煙が10%以下(目視で全く確認できないレベル)になるまでの空気清浄器運転時間を比較

図-5 集塵性能

3-3. 風量-騒音特性

本製品は天井ビルトインタイプであるため、乗員の耳元に近い位置にある。そのため、ファンは多翼ラジアルファンを適用する事で、必要な風量を確保しながら低騒音を実現させた。(図-6)

さらに、ユーザーの好みにより風量-騒音レベルが選択出来る様に、スイッチはマニュアル操作による無段階変速ボリュームスイッチを適用した。

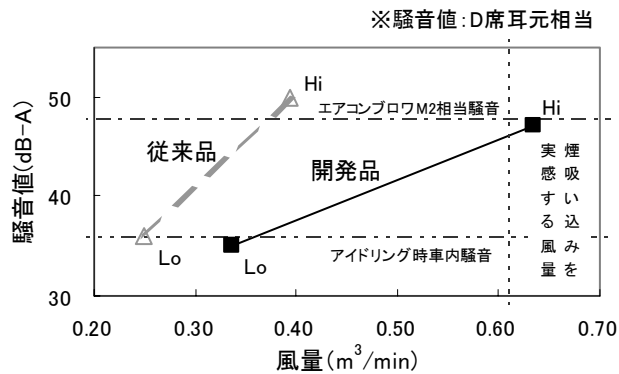


図-6 風量-騒音特性

4. おわりに

今後、本製品の他の車種への展開を図ると共に、更なる性能向上、新機能付加の検討を実施する考えである。

最後に、本製品の開発、量産化に際しご支援、ご指導を頂きましたトヨタ自動車株式会社ならびに社内外関係部署の方々に厚く謝意を表します。

新製品紹介

車室内イルミネーション

Room Illumination

伊藤 浩史^{*1}， 三沢 明弘^{*2}， 神谷 孝行^{*3}

1. はじめに

これまで、車室内に設置される照明としては、夜間でも物体を十分に視認できるといった機能的な照明が殆どである。しかしながら、電球は、長時間点灯において発熱の点から構造的制約が大きく、車両部品への隙間的な搭載設計は困難である。

今回、低発熱で省スペース設計可能であるLEDの特徴を活かし、さらにインテリアライティング手法を取り入れた間接照明を用い、高級感を演出するためのLED照明製品を開発したので紹介する。

2. 製品の概要

車室内イルミネーションには、運転席および助手席の足元照明，前席および後席のインサイドドアハンドル照明，コンソールボックス照明，Grabボックス照明，クーラーボックス照明がある。

これらのランプは、LED光源を柔らかなアンバー色に統一することで、車室内をコーディネートしている。特に、足元およびインサイドドアハンドルの照明は、LED点灯率制御に伴う減光モードの設定によって、走行時の車室内演出も配慮されている（図-1）。

3. 製品の特徴

2-1. 足元照明

電球形状に設計を行い、ロアパネルに設けられた取付穴に組み付けるタイプである（図-2）。フロア面への照射ムラを抑制するために、製品先端部に拡散レンズを装着し、照明品質を確保している。



図-1 車室内イルミネーション



図-2 足元イルミネーションランプ

2-2. インサイドドアハンドル照明

取付部位の限られた空間を考慮し、導光レンズとLEDとを組み合わせ平板状に設計を行い、インサイドドアベゼルに取り付けて開口穴からベゼル内を照射する（図-3）。

*1 Hiroshi Ito オプトE事業部 第2技術部

*2 Akihiro Misawa オプトE事業部 第2技術部

*3 Takayuki Kamiya オプトE事業部 第2技術部



図-3 インサイドハンドルベゼルランプ

2-3. コンソール, グラブ, クーラー照明

取付位置と配光方向を考慮した樹脂レンズとLEDとを組み合わせることで, 正面から下方向にかけて指向性を有する設計を実施している. 照明品質を確保するうえで, 各種ボックス類への照射時の照度均斉度の向上, さらにコンソールボックスにおいては運転席または助手席からのグレアを防止するため, 光学シミュレーションを用い, レンズ形状の設計を実施している (図-4).



図-4 コンソールボックスランプ

4. まとめ

本開発により, 夜間の車室内を演出する照明製品を具現化することができた. 今後, 他車種への適用展開を図るべく, 更なる検討を実施していく考えである.

最後に, 本製品の開発および量産化に際し, ご支援, ご指導を頂きましたトヨタ自動車株式会社ならびに社内外関係部署の方々に厚く謝意を表します.

≡≡≡ 新製品紹介 ≡≡≡

CD-Rデジタルカメラ用ダンパー

Damper for Digital Camera with CD-R

鈴木 達雄^{*1} , 山口 秀明^{*2}

1. はじめに

新聞紙上などでよく耳にするようになったIT. そのアイテムの1つでもあるデジタルカメラも市場のニーズによってさまざまなタイプの物が各メーカーから発売されている。

従来メモリー媒体として採用されていたフロッピーディスク、メモリーカード等に変わる記録容量にすぐれたCD-Rを使用したデジタルカメラが発売されることになった。

今回そのCD-Rドライブユニット部の防振を行うことを目的にダンパーの開発をおこなった。

2. 製品の概要

今回開発したダンパーを搭載したデジタルカメラの本体及び、本製品が取付けられているCD-Rドライブユニット部の構成を写真-1に示す。

デジタルカメラは、その性質上いろいろな使用環境が予想される。カメラ本体はあらゆる角度で使用されても撮影できなくてはならない。また、使用温度においても暑い場所、寒い場所と様々である。本製品は、それらすべての使用環境下においてCD-Rユニット部の防振をし、書き込み機能を確実にを行うことを可能にしている。

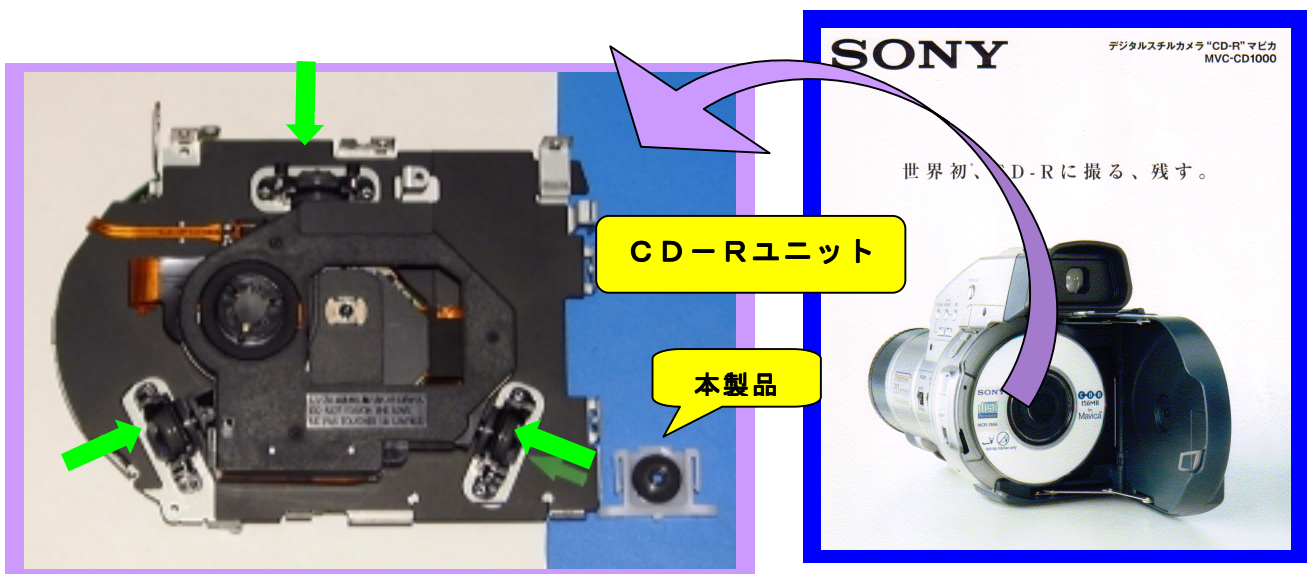


写真-1 CD-RデジタルカメラとCD-Rユニット部

*1 Tatsuo Suzuki 機能部品事業部 防振技術室

*2 Hideaki Yamaguchi 特機事業部 技術室

3. 製品の特徴と性能

3-1 あらゆる入力方向の防振

デジタルカメラの使用環境上、さまざまな振動入力に対し防振をし、確実なCD-Rドライブユニットの書き込みを可能にする必要がある。

本製品は写真-1でも示したように3点の支持構成及び、形状にてあらゆる入力方向に対し、機能上必要な防振領域をすべて防振している。

図-1に各振動入力方向での防振領域と効果の関係を示す。

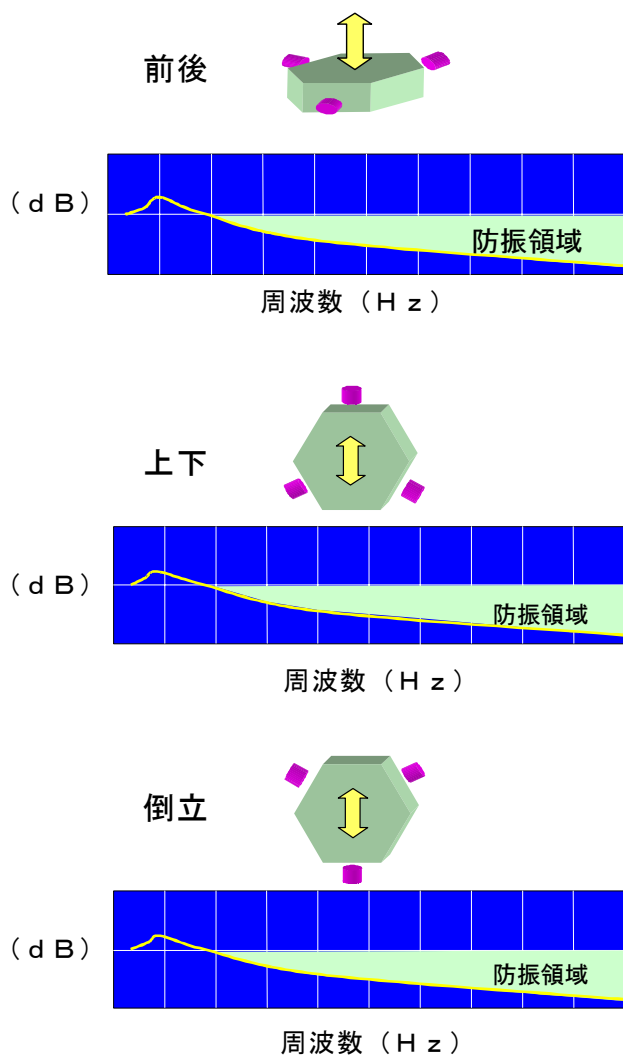


図-1 各入力方向での防振効果

3-2 温度依存性の少ない材料開発

デジタルカメラの使用環境温度、本体からの機械熱等本製品は広い温度範囲での影響が考えられる。

そこで温度依存性の少なく広い温度範囲内で特性変化が少ない防振ゴム用高減衰シリコンゴムを開発した。

図-2に本製品の温度と共振周波数の関係を示す。

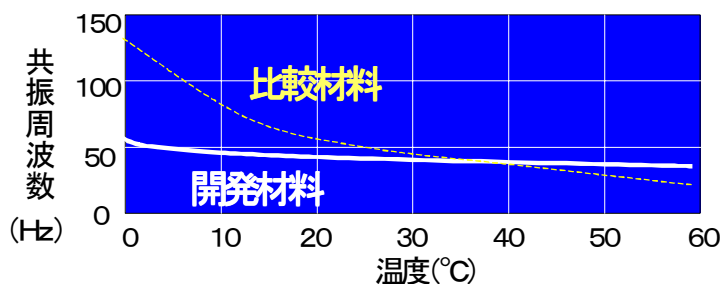


図-2 温度と共振周波数の関係

3-3 残留シロキサン量の管理

カメラ本体の電子部品へ悪影響をおよぼす低分子量シロキサン（分子量10以下のもの）に対し、本製品は機器への影響を与えることのない規定量を設定し、その値以下に管理している。

4. おわりに

本製品の搭載されているデジタルカメラは、SONYから発売された世界初CD-Rデジタルスチルカメラである。従来のデジタルカメラに比べ記録容量が非常に優れているため報道関係の撮影用途に多く用いられているようである。

最後に本製品の開発にあたりご協力頂いたSONY株式会社の関係部署の方々に深く感謝致します。

社外発表文献一覧表 (1)

List of Published Papers (1)

(1999年11月~2000年10月発表分)

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
Room Temperature CW Operation of GaN-based Blue Laser Diodes	M.Koike S.Yamasaki Y.Tezen S.Nagai S.Iwayama A.Kojima	Material Research Fall '99Meeting (99.11.29)
高輝度青色、緑色LED の応用製品	山中 修 高橋 祐次	ディスプレイ・アンド・イメージン グ No.29 (1999)
センタモジュール・ハンドル モジュールの技術動向	永野 昭義	日経メカニカル No.545 (2000)
自動車業界の製品データ品質 ガイドライン	松井 靖 多賀 和春*	日経デジタルエンジニアリング No.25 (2000)
自動車用高分子部品 ＝現状と課題＝	吉村 直樹	東海・材料の力学懇話会 (00.1.21)
GaN-based MQW light emitting devices	M.Koike S.Yamasaki Y.Tezen S.Nagai S.Iwayama A.Kojima T.Uemura A.Hirano H.Kato	Photonics West Opto electronics 2000 (00.1.26)
高輝度青色系 LED	平野 敦雄 加藤 久善 高橋 祐次	月刊ディスプレイ Vol.6 No.3 (2000)
黒色ゴム表面の光沢感と明度感 に関する解析	永田 雅典 安井真由美 仁科 健* 槇野 雄介*	日本色彩学会誌 Vol.24 No.3 (2000)
内装パネル端材のリサイクル技術	七田 裕章 伊藤 敏安 堀場 幸彦	プラスチックエージ Vol.46 臨時増刊号 (2000)
GaN-based light emitting devices	M.Koike S.Yamasaki S.Nagai Y.Tezen A.Kojima S.Iwayama	The ECS 197 th Meeting (00.5.16)

社外発表文献一覧表（2）

List of Published Papers (2)

(1999年11月～2000年10月発表分)

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
使用済み自動車のEPDMゴム製 ウェザーストリップのリサイクル 技術	杉本 正俊 河西 純一* 加藤 公一* 里田 秀敏* 濱田 裕* 安藤 真彦* 中村 公紀* 坂田 勲* 樋口 和夫* 今津 哲史* 山本 洋* 外山 式一* 藤 和久	自動車技術会論文集 Vol.31 No.2 (2000)
無反射ダクトによる低騒音吸気系 の開発（第2報）	広瀬 吉一 古森 敬博 石原 秀俊 木野 等 五味 孝一* 神永 晃一* 横橋 克己*	自動車技術会春季大会（00.5.24）
材料着色とサンドイッチ成形 による無塗装化技術	小泉 順二 向井 浩	日本レオロジー学会高分子加工 技術研究会 第43回講演要旨集 （00.6.2）
カスインジェクション成形過程 におけるガス流路形状制御	岩田 弘 横井 秀俊*	プラスチック成形加工学会年次 大会（00.6.6）
自動車用内装表皮材 のリサイクル技術開発	七田 裕章 伊藤 敏安 堀場 幸彦	自動車技術会中部支部研究発表会 （00.6.6）
窒化物半導体による高性能 発光デバイス	小池 正好	窒化物半導体研究センター 成果発表シンポジウム（00.6.23）
GaN系LEDの開発	柴田 直樹	日本学術振興会第69委員会 （00.7.13）
わが社の特許活動	糟谷 敬彦	知的財産 Vol.50 No.10 (2000)
赤、黄、緑、青色発光ダイオード を使用した視覚特性	永田 雅典 久保 千穂 林 幸絵 山羽 和夫*	日本人間工学会東海支部研究会 （00.10.21）

社外発表文献一覧表 (3)

List of Published Papers (3)

(1999年11月～2000年10月発表分)

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
模擬霧環境下でのLED視認性研究	久保 千穂 林 幸絵 永田 雅典 藤田 晃弘* 山本 源治* 小川 敏彦* 池田 典弘*	日本人間工学会東海支部研究会 (00.10.21)
RT-CW Operation of GaN-Based Laser Diodes Improved by GaN/GaInN Optical guiding Layers	M.Koike S.Yamasaki S.Nagai Y.Tezen S.Iwayama A.Kojima T.Hiramatsu T.Umezaki M.Itoh H.Yamashita M.Ohashi A.Kimura M.Sato K.Ohguchi	International Workshop Nitride Semiconductor 2000 (00.9.24)

編集後記

製品開発を支える重要な要素技術に材料技術があります。また自動車の内外装部品のような意匠部品では塗装、めっきなどの表面処理技術も非常に重要な役割を果たしています。新しい材料あるいは新しい表面処理技術の開発と、その機能を旨く使った製品設計によりコストダウン、軽量化、新意匠、さらに高性能、高機能の部品を創り出すことができます。

そこで、今回は樹脂材料および樹脂製品の表面処理技術について最近の動向を小泉、荻巣両名に解説してもらいました。

本誌が20世紀最後の豊田合成技報となります。21世紀を迎えて、次号からは更に内容を充実し、皆様のお役に立つ技報にしていきたいと思っておりますので、よろしくお願い申し上げます。(Y)

(非売品)

豊田合成技報編集委員会 編集委員長 古森敬博(技術企画部) 編集委員 牛田洋子(開発部) 伊藤敏安(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) 向井 浩(内外装部品事業部) 前野 隆(機能部品事業部) 坂根勝信(エアバッグ・パドル事業部) 野崎政博(ウエグストリップ事業部) 山中 修(ワトE事業部) 安井誠志(特機事業部)	論文審査員 奥本忠興(開発部) 伊藤敏安(材料技術部) 杉浦 弘(品質保証部) 豊田合成技報 第42巻 第2号 (禁無断転載) 2000年12月22日印刷 2000年12月28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
---	--



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
北島物流センター	〒492-8541 愛知県稲沢市北島町西の町10番地	Tel (0587) 36-3111
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号広島ワイヤセンタービル3階	Tel (082) 264-3887