

様々な特性を有するフッ素ゴムと その自動車内装への展開について

TECHNICAL REPORT

自動車市場のニーズ変化に対応する素材として、自動車内装への適用の期待が高まるフッ素ゴムについてご紹介します。

1. はじめに

近年、自動車業界は「100年に一度の大変革期」にあるとされ、「CASE」や「MaaS」といったメガトレンドが従来のクルマのあり方を大きく変えようとしている。例えば、CASEの一角を占めるシェアリングに注目すると、同じクルマを不特定多数の人物が利用・共有するサービスや機会が市中で増加している。そのような利用シーンにおいては、内装部材には匂いや汚れが付着し難いこと、付着したとしてもそれらが取り除かれ易いことがこれまで以上に求められている。

また、本稿執筆時点の2020年末において今なお終息の兆しの見えない新型コロナウイルスの世界的な感染拡大は、人々の生活様式を一変させた。マスクの着用だけでなく、手指や身の回りのよく触れるものを消毒することは日常の一部となっている。エタノールや次亜塩素酸ナトリウム水溶液といった各種消毒液に高頻度で接液することで、そこまでの耐薬品性を想定して部材選定を行われていない日用品が変色したり、添加剤がブリードアウトする事例が報告され、メーカー各社がアルコール消毒を控えるよう注意喚起を行うなどしているのを目にすることもあった。本革やプラスチックの使用の多い自動車内装においても、抗菌・抗ウイルスだけでなく、日常的な消毒作業を想定した耐薬品性の高い材料やコーティングのニーズが高まってくものと考えられる。

これらの衛生面でのニーズ変化だけでなく、より大局的にはコロナ禍によってパーソナルモビリティとしての乗用車自体の価値が見直されている。実際に世界各地での都市ロックダウンおよび経済活動の停滞は各国の自動車販売にも深刻な影響をもたらしたが、一部の国におけるロックダウン後の自動車販売の目を見張る回復には、公共交通を避け、マイカーでの通勤・移動へ切り替えた新たな購買行動の影響が小さくないとされている。そのような新たな購買層においては、クルマは単なる移動手段ではなく、パーソナルな空間の延長として捉えられており、自宅や自室さながらに快適で安らげる場であると同時に色調やパターンなど個人の嗜好を反映できるものであることが求められており、自動車内装においてもこれまでにない意匠性を実現する新素材を求める声は少なくない。

これらの衛生・防汚・意匠性といったニーズで先行するウェアラブルデバイスなどの民生分野で新素材として注目され、需要が拡大しているのがフッ素ゴムである。街中で鮮やかな色合いのラバーバンドに彩られた高機能・高級時計を身につけている人々の姿はそれほど珍しいものではなくなっている。フッ素ゴムはその耐熱性・耐薬品性の高さを活かした自動車の内燃機関周りなどの工業分野に適用が長らく限定されてきた。近年、フッ素ゴム調色技術の確立がその制約を廃し、ウェアラブルデバイスのラバーバンドのように、その工業的機能性だけでなく、特異な触感や鮮やかな発色といった意匠面を重んじた用途展開が進んでいる。

本稿では、上述のような自動車市場のニーズ変化に対応する素材として自動車内装への適用の期待が高まるフッ素ゴムについて紹介する。

2. フッ素ゴム製品の製造工程

2-1. フッ素ゴムの製造工程

フッ素ゴムの原料である蛍石は、無機化合物のフッ化カルシウム (CaF_2) を主成分とする天然鉱物である。フッ素は地殻の構成元素としては、他の元素と比較しても比率が多い方の元素である。蛍石からフルオロカーボンガスを経てフッ素系モノマーを合成し、フッ素系モノマーを重合させることにより、フッ素ゴムポリマーを生産することができる。ポリマーに架橋剤などの各種配合剤を混練したフルコンパウンドを成型工程にて加硫することで、ゴムとしての性能を有する各種成型品となる。

2-2. フッ素ゴムの成型工程

ゴムとして実用的な特性を発揮するために、加硫（架橋）が必要である。ポリマーに加硫剤などさまざまな薬品を配合した未加硫ゴム（フルコンパウンド）に、熱と圧力をかけることにより加硫が進行する。フッ素ゴムの代表的な加硫系として、以下の二つを挙げることができる。

- ・ポリオール加硫
耐熱性、耐圧縮永久歪性(シール性)に優れている。
- ・パーオキサイド加硫
機械的性質、耐屈曲性、耐酸性、耐スチーム性に優れている。

また成型方法としては、圧縮成形、押出成形、射出成型等が用いられる。

- ・圧縮成形
未加硫ゴムを圧縮成型機の金型キャビティに入れ、金型を加熱された加硫プレス機の熱板の間で加圧して、ゴム製品を成型・加硫する方法。操作が簡単で広く用いられている。
- ・押出成形
押出機を用いシリンダー内で予熱した未加硫ゴムをスクリューにより可塑化して押出し、ダイを通して連続的にチューブなどの形状に成型する方法。押出後に加硫反応を進行させるため、スチーム加硫が実施されることが多い。
- ・射出成型
押出機内で予熱された未加硫ゴムを、加硫温度に設定された金型内へ高速で充填し、短時間でゴム製品を成型、加硫する成型方法。

3. フッ素ゴムの物性と用途例

3-1. フッ素ゴムの特性

フッ素ゴムは、主に炭素原子とフッ素原子から構成されている。炭素原子とフッ素原子の結合は、一般的な樹脂やゴムを形作る炭素原子と水素原子の結合よりも結合エネルギーが極めて大きく、分極率が小さい。それらに起因して以下のような多様な特性を有する。

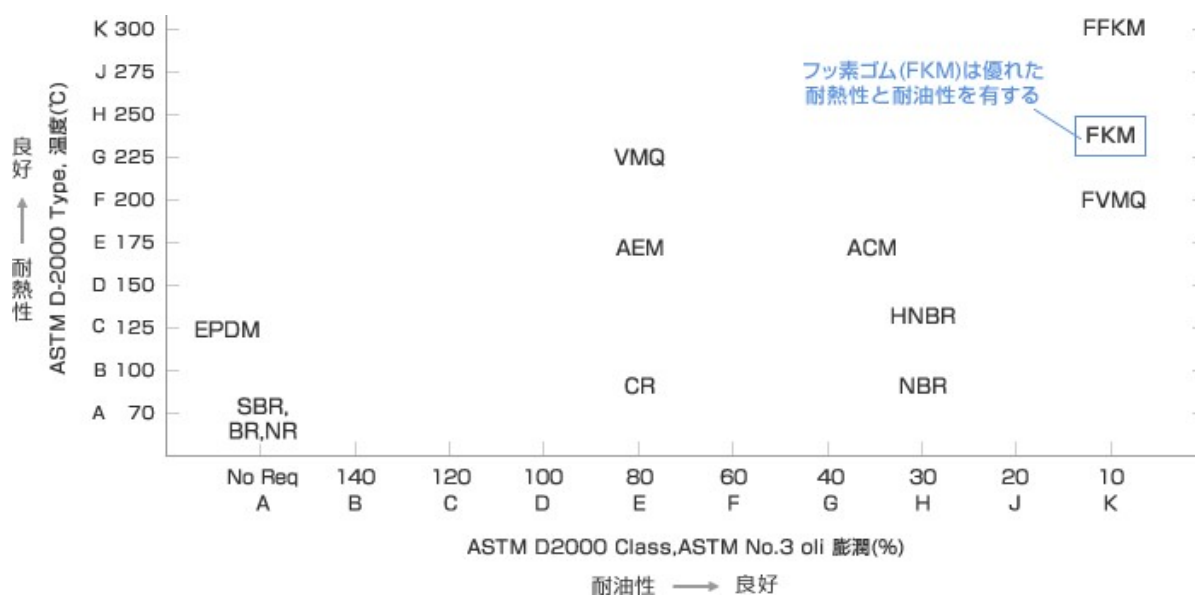
耐熱性、耐薬品性、難燃性、耐オゾン性・耐候性、低誘電性・電気絶縁性、撥水性・耐水性、撥油性・耐油性

図1 各種ゴムの特性比較

ゴム種類 特性	FKM フッ素	VMQ シリコン	ACM アクリル	NBR	EPDM	フッ素ゴム (FKM) の特長 (特性を発現する理由)
比重	1.8	1.0	1.0	1.0	0.9	水素に比べてフッ素原子は重い
耐熱	◎	◎	○	△	○	主鎖に二重結合がない、C-F結合エネルギーが高い
耐寒	△	◎	○	◎	◎	主鎖が動きにくい
電気特性	○	○	△	△	◎	C-F結合は双極子モーメントをもつ (-CF ₂ -CH ₂ -は非対称で極性があると誘電率が高くなる)
耐溶剤	◎	◎	○	△	○	似たものには膨潤する (フッ素系溶剤など特定の溶剤では大きく膨潤する)
難燃性	◎	○	▲	▲	▲	C-F結合エネルギーが高い
耐スチーム	◎	○	×	△	○	配合にも依存するが、基本的に耐熱性が高い方が良い
耐酸	◎	○	△	○	◎	C-F結合エネルギーが高い
耐塩基	△	◎	△	○	◎	厳しい条件ではVdf部で脱HF反応が起こる
耐油	◎	△	○	○	×	HC系の溶剤には親和性が低い
耐燃料透過	◎	▲	○	○	△	HC系の溶剤には親和性が低い、分子運動が悪い

優秀 ◎>○>△>▲>× 不適

図2 各種ゴムの耐熱性・耐油性の比較



3-2. フッ素ゴムの用途例

フッ素ゴムはその機能の高さから、オイルシール、バルブステムシール、ベアリングシール、燃料ホース、ターボチャージャーホース、Oリング、ガスケット、圧力調整膜のダイヤフラムなどで使用されている。自動車向け部品が多いが、その他でも、建機、製鉄、食品、半導体、エネルギー、OA関連などの幅広い業界で、工業製品として多く用いられている。

4. 新しいニーズに応えるフッ素ゴムの特性

これまで主として工業用品として使用されてきたフッ素ゴムだが、新たなニーズを満たす観点で見直すと次のような特性が挙げられる。

4-1. 耐久性、耐薬品性

フッ素ゴムが熱、水、油、薬品、紫外線、スチームに対して優れた耐性があることは前述したとおりであるが、このことは、長期間様々な環境で使用しても、見た目や質感に変化が生じにくいということである。また、消毒液などの薬品による物性の変化も少なく、ゴム素材で懸念される加水分解による突然の切れ・変色・べたつき等が起こりにくく、触感の良さが持続し快適に使用し続けることができる。

4-2. 低着香性

日常で使用することを想定し、匂い移りへの耐性を調べるために、フッ素ゴムとシリコンゴムの着香性の違いを試験した。フッ素ゴム片とシリコンゴム片をそれぞれ、マスタードとカレーに 1 時間浸漬した後、取り出して食器用洗剤で洗浄した後の臭気指数を計測した。それぞれの結果を表に示す。

フッ素ゴムとシリコンゴムでは臭気濃度は 10 倍以上の違いとなり、フッ素ゴムはほとんどにおいがせず、シリコンゴムにはにおいが移ってしまうという結果になった(参考「環境省 水・大気環境局 大気生活環境室 においの評価パンフレット」)。フッ素ゴムであればゴム特有のにおい移りという課題を解決することができる。

図 3 着香性試験の結果

着香性試験の結果

	カレー	マスタード
フッ素ゴム	12.6	16.7
シリコンゴム	25.7	22.5

※臭気指数を表す。臭気指数とは、人の嗅覚を用いてにおいの程度を数値化したものであり、次のように定義される。

臭気指数 = $10 \times \log(\text{臭気濃度})$ 臭気指数21以下であればにおいを感じない。

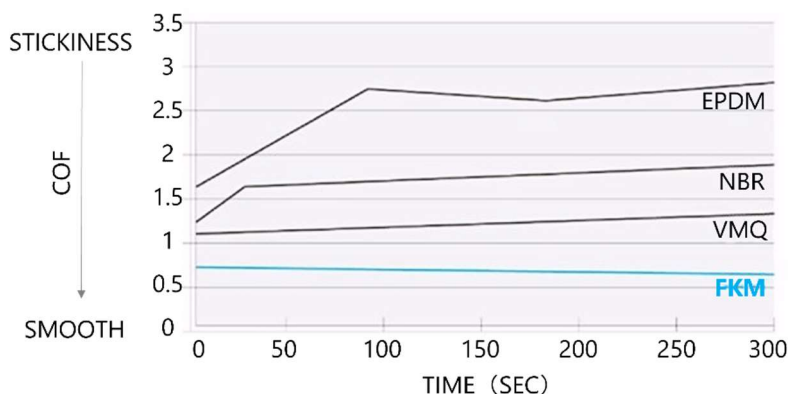
臭気濃度：もとのにおいを何倍に希釈すれば、においを感じなくなるかで示す。

例えばもとのにおいを100倍に希釈してにおいを感じなくなれば臭気濃度は100である。

4-3. 触り心地

鏡面、梨地など金型のシボを変えることで、添加剤を使うことなく様々な触感を発現することができる。触れて気持ち良いと感じ、ゴムらしからぬ触感で高級感を演出することができる。また外部からの影響に左右されることなく、しなやかな肌触りが持続する。図 4 に EPDM(エチレンプロピレンジエンゴム)、NBR(ニトリルゴム)、VMQ(シリコンゴム)、FKM(フッ素ゴム)のゴムシート表面の摩擦係数の変化を示す。荷重 60g、回転数 69rpm で 300 秒間の試験条件にて摺動試験を実施した結果、FKM のゴムシート表面は他のゴムシート表面と比較して摩擦係数が小さく、摺動試験による摩擦係数の変化も少なかった。

図 4 各種ゴムの摩擦係数の違い



<Test Condition>

- Load : 60g
- Ratio : 69rpm
- Time : 300sec

EPDM = エチレン・プロピレン・ジエンゴム

NBR = ニトリルゴム

VMQ = シリコンゴム

FKM = フルオロエラストマー

また、発泡剤を配合することにより、スポンジ状の成型体を得ることもできる。通常の成型体よりも軽量で、クッション性がある。SUS やアルミなどの他材との接着も可能で、希望する箇所にフッ素ゴムの機能と触感を付与することも可能である。

4-4. 抗菌・防カビ配合

新型コロナウイルスの世界的な感染拡大による衛生的なニーズの高まりと、カーシェアリングにより自動車により不特定多数が使用することになり、自動車内装においても、抗菌・抗ウイルスへのニーズが高まっていくものと考えられる。耐薬品性に優れたフッ素ゴムは各種消毒液での清掃に耐久性があると考えられるが、さらに抗菌性・防カビ性についても検討を行ったので、結果を以下に示す。

粉末状で容易にゴムに配合でき、厳しい安全性基準をクリアしている抗菌・防カビ剤をフッ素ゴムに配合して、試験を実施した。

抗菌試験は、JIS Z2801:2000 に則って実施した。大腸菌と黄色ブドウ球菌のそれぞれについて抗菌活性値を算出した。防カビ試験は任意で選択した 71 種類のカビを一定条件の下、一定期間培養した後の発育状況を目視にて評価した。

抗菌・防カビ剤を配合することにより、加工性や一般的なゴムの物性を損なうことなくフッ素ゴムに抗菌・防カビ作用を付与できることが分かった。

図 5 抗菌力試験・防カビ試験の結果

抗菌力試験（JIS Z2801:2000）の結果 ※1

	大腸菌	黄色ブドウ球菌
フッ素ゴム	0	0
フッ素ゴム+A ※2	4.7	3.6

※1 抗菌活性値を示す。2.0以上であれば抗菌効果あり（99%以上の死滅率）とみなされる。

※2 抗菌・防カビ剤であるAをフッ素ゴムに配合して試験した。

防カビ試験の結果 ※1

	培養日数			
	7	14	21	28
フッ素ゴム	1	2	2	4
フッ素ゴム+A ※2	0	0	0	0

※1 カビを温度28～30℃、湿度85%RH以上で培養し、目視にて発育を評価した。

0：全く発育しない、1：10%以下の発育、2：10～30%の発育、

3：30～60%以下の発育、4：60%以上の完全発育

※2 抗菌・防カビ剤であるAをフッ素ゴムに配合して試験した。

4-5. 調色配合

当社では調色の難しいフッ素ゴムの調色技術を確立した。クリアで鮮やかな色からシックな色まで種々のカラーを発現させることが可能である。様々なカラーは視覚に訴求し、多様な商品展開が可能になる。

図6 豊富なカラーバリエーション



5. 新たな用途展開

前述のようにこれまでフッ素ゴムといえば、高温やオイルの雰囲気下という自動車の内燃機関周辺のような「目に見えない」分野での使用がその需要の大部分を占めてきた。しかしながら、近年ウェアラブルデバイスといった新分野では従来からフッ素ゴムを選定する主要因である化学的安定性に加えて、その高比重に起因する独特の触感が「ゴム＝安物」という固定観念を覆し、高級感を演出する新素材として支持されている面がある。新型コロナウイルスの感染拡大を受けた衛生ニーズの高まりは、その適用をファッション、インテリア、キッチン、ヘルスケアといった分野へも拡大する動きを加速させている。

また、上記のトレンドは生活雑貨に限った傾向ではなく、直近は自動車関係での問い合わせの増加という形で当社では自動車内装におけるニーズの高まりを認識している。そこで、当社では自動車内装への適用の具体的イメージを提供し、また直接握ってもらうことでフッ素ゴムの特徴をより直感的に理解いただくことを目的として、ハンドルカバーの試作品を製作した。

図7 カラーフッ素ゴム製ハンドルカバー試作品（オレンジと赤色部がフッ素ゴム）



ハンドルカバーは自動車内装の中でも最も操縦者の手が触れる箇所であり、運転席における視界に占める割合という点でもインパクトが大きく、市場からのフッ素ゴム適用を期待する声が最も大きい内装部材である。しかし、その工業的な大量生産に向けては、ハンドルに追従させて固定するための安定かつ安価した加工方法の確立などの課題を解決する必要がある。その点ではシフトレバーや各種スイッチ、ボタン類における検討がより量産化に近いと考えられる。

また、対象市場という観点では新車市場だけでなく、より多種多様なデザインと色調のニーズがあるアフターパーツ市場や、マイカー以上に衛生ニーズが高いと想定されるシェアリングなどの各種サービスにおけるカスタムパーツとしての展開も視野に入れている。

当社は自動車内装分野においてもますます高まる衛生面および意匠面でのニーズに対して、豊富なカラーバリエーションに対応できるフッ素ゴムを活用したソリューションを提供すべく、技術開発、品質改善、安定供給に努める所存である。

注：当製品は工業製品として開発されたもので、医療用途、食品用途に開発されたものではない。また、フッ素ゴムで腕時計型のウェアラブル等の人体接触する用途に使用される場合は、その生体適合性を確認する必要がある。

* 本稿はマテリアルステージ誌 2021 年 3 月号に「様々な特性を有するフッ素ゴムとその自動車内装への展開について」として掲載された内容です。

* 記載の数値や成形例は代表であり、本製品の品質や特性を保証するものではありません。
また、本製品は一般産業用であり、医療機器の適性や安全性を保証するものではありません。

For more information, visit our website.

DAIKIN INDUSTRIES, LTD.

<https://www.daikinchemicals.com/jp/>

report-fluoroelastomer-for-automotive-interior-J_ver01_Jun_2022

Copyright (C) DAIKIN INDUSTRIES, LTD., 2022