

バイオ燃料低透過性エラストマー FUELOCK®

New Elastomer Improved Impermeability for Bio-fuels, FUELOCK®

石化事業部 機能性エラストマー部／機能高分子研究所 高分子材料開発室／
株式会社エラストミックス 材料開発部

「FUELOCK」はJSR株式会社の登録商標です。

1 はじめに

NBR(ニトリルゴム)は、ゴムの中でも耐燃料油性に優れていることから、燃料周りの部品、特にホースやガスケット等に使用されている。また、NBRにPVC(ポリ塩化ビニル)を熔融混合することによって耐候性を向上させた高機能ポリマーアロイも同様に幅広く使用されている。近年、環境意識の高まりからインド含む東南アジア諸国を中心にバイオエタノール含有ガソリン(以下バイオ燃料)の需要が増加している(Figure 1)。

しかし、従来のNBR/PVCアロイではガソリンからバイオ燃料に変更すると、E20(ガソリン:エタノール=80:20 vol%)をピークに燃料油透過量が現行ガソリン対比で2.3倍まで増大する(Figure 2)。そのため、バイオ燃料用材料として耐燃料油性に優れるFKM(フッ素ゴム)が使用されているが、高価であること、成型加工に制約が多い等の課題がある。

そこで、上記課題を解決するために新規な分子構造を有するNBRを設計し、更に独自のアロイ化技術により耐燃料油透過性及び成形加工性に優れた新規高機能ポリマーアロイ材料を開発した。本稿では、実際にインドで自動車用燃料ホースに採用実績がある「FUELOCK®」について紹介する。

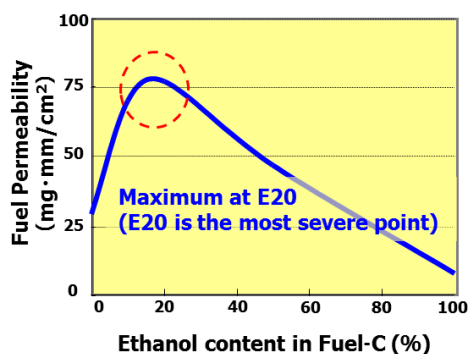


Figure 2 Fuel Permeability for Conventional NBR/PVC Alloy

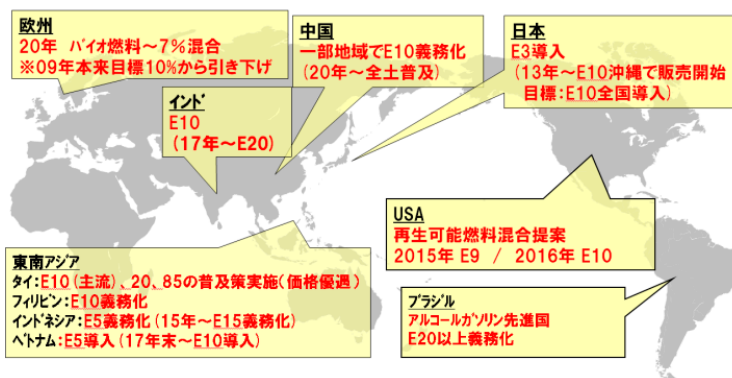


Figure 1 Global Environmental Regulations and Incentives for Bio-fuels

2 FUELOCK® の材料設計

一般的にNBRの燃料油透過量は、ポリマー中のAN（アクリロニトリル）含有量を増加させることにより材料を高極性化し、燃料と材料の親和性を低下させることで抑制できることが知られている。FUELOCK®に使用している新規NBRは、新たに開発した重合技術により、従来の極高NBRよりも更に極性を高めるとともに、ガス透過性を抑制する分子構造を導入することにより、バイオ燃料の透過性を抑制することに成功した。

FUELOCK®は、上記新規NBRを使用し、さらに独自のポリマーアロイ化技術により樹脂との相溶性を高めることにより開発された新規ポリマーアロイ材料である。通常のカソリンに対しても低透過性を示すとともに、特にバイオ燃料に対する燃料ホース用のエラストマーとして好適に使用できる。

3 FUELOCK® の特性

3.1 原材料特性

FUELOCK®の原材料特性をTable 1に示す。シート状の外観を有し、通常NBR/PVCアロイと同様の取扱いが可能である。

3.2 配合物性

Table 2に示す配合のうち加硫剤以外を250 ccラボプラストミルで130℃、60 rpmの条件で3分間混練（A練り）した後、80℃に設定した6インチロールにてF/B = 22/20 rpmの条件にて加硫剤を加え7分間混練（B練り）し、加硫

Table 1 Raw Material Properties of FUELOCK®

		FUELOCK®
Specific Gravity		1.15
Mooney Viscosity	MS (1 + 4) 100 °C	45
Appearance		Sheet
Weight		20 kg/Bag

Table 2 Compounding Recipe of FUELOCK® for Evaluation

A-Compounding	FUELOCK®	120
	Carbon Black (SRF)	45
	Platicizer (RS-107)	20
	Antioxidant-1 (3C)	2.5
	Antioxidant-2 (RD)	1.5
	ZnO	5
	Stearic acid	-
B-Compounding	Accelerater-1 (CZ)	2
	Accelerater-2 (TET)	1.5
	Sulfur	0.5
TOTAL		203

プレスにて150℃×30分間加硫した後試験を行った。得られた物性を、比較材料として極高ANベースのNBR/PVCアロイを含めTable 3に示す。既存NBR/PVCアロイと比較して、力学的特性に遜色がなく、特に優れたバイオ燃料低透過性を示す。これについては後の章にて詳述する。

4 耐燃料油透過性

FUELOCK®のエタノール混合燃料に対する透過性（カップ法、40℃×72 hrs.）をFigure 3に示す。Fuel-Cとエタノールの混合比にかかわらず従来のNBR/PVCアロイの約半

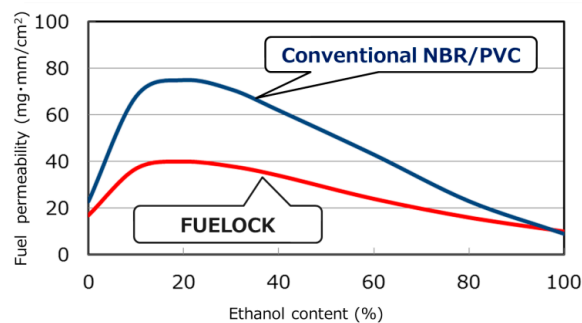


Figure 3 Fuel Permeability of FUELOCK® for Fuel-C/Ethanol Mixture

Table 3 Cured Compound Performances of FUELOCK®

			NBR/PVC	FUELOCK®
Physical Properties	Modulus at 100 % Elongation	(MPa)	4.3	4.8
	Tensile Strength at Break	(MPa)	16	18
	Elongation at Break	(%)	530	550
	Hardness Duro-A	(point)	71	71
	Compression Set (100 °C × 72 hrs.)	(%)	56	65
Low Temperature Properties	Brittleness Temperature	(°C)	- 25	- 30
Fuel Resistance	Fuel Permeability Test (Fuel-C/EtOH = 80/20, 40 °C × 72 hrs.)	(mg·mm/cm²·day)	75	40

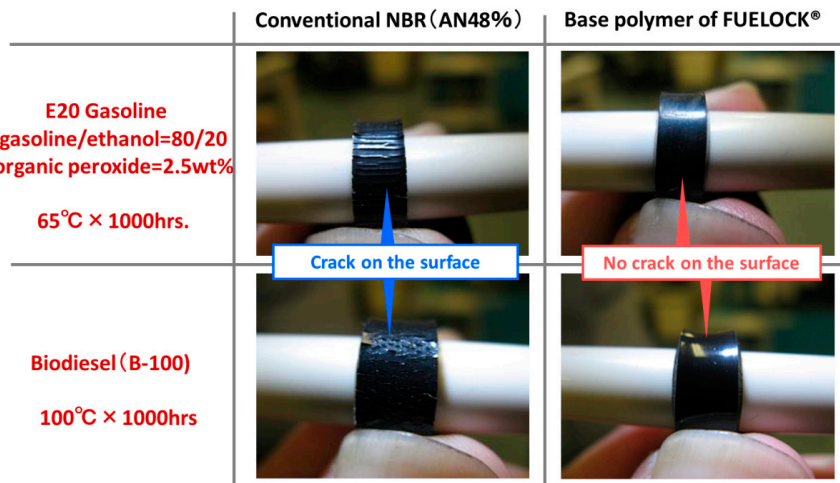


Figure 4 Immersion Crack Resistance of FUELOCK® in Sour-fuel and Bio-diesel

分の透過性を示し、特に燃料油透過性が極大を示すE20 (エタノール含有量20 vol%) にて優れた低燃料油透過性を示す。

Figure 4にFuel-C/エタノール=80/20の混合物に有機過酸化物を添加した劣化燃料油およびバイオディーゼル油に対する耐燃料油性を示す。尚、ここでは材料の特性をより精度よく評価するためにベースポリマーのみの比較評価を行っている。

加硫シートをR = 10 mmの棒に巻き付け、表面に応力を加えた状態で各燃料油を、それぞれ65 °Cと100 °Cにて1000 hrs浸漬した後の表面状態を示す。極高NBRでは表層に細かいクラックが発生する一方、FUELOCK®に使用している新規NBRではクラックが発生しておらず、エタノールを混合した劣化ガソリン、バイオディーゼルに対しても優れた耐燃料油性を示すことが判る。



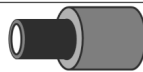
5 燃料ホース用途における軽量化、生産性および経済性メリット

以上に述べたように、FUELOCK®はバイオエタノール含有ガソリン、バイオディーゼル等のバイオ燃料に対して優れた耐性、低透過性を示す。近年の環境規制に対応したバイオ燃料用のホース材料として優れた材料である。さらに、既に同用途にて使用されているフッ素ゴムを使用した複層のホースと比較することにより、FUELOCK®をホース部材として使用した場合の具体的なメリットについて考察してみたい。

5.1 軽量化

通常、バイオ燃料用ホースにはエタノールの混合による燃料透過性の増加を抑制しつつ材料費を低減するため、

Table 4 Comparison of Specific Gravity of Fuel Hoses

	Hose Structure	Sp. Gr.
FUELOCK® Single-layered		1.3
NBR / PVC Single-layered		1.3
FKM / ECO Multi-layered		1.5

内層/外層をフッ素ゴム (FKM) /ヒドリンゴム (ECO)の構成とした複層ホースが用いられる。その際、内層の厚みを燃料油透過性の許容できる範囲まで薄肉化する設計が用いられることが多い。50 mm外形のホースのTOTAL厚みを一定(4 mm)として、FKM/ECOの厚み比率を0.5/3.5 mmとした場合のホースの平均比重をTable 4に示す。

FUELOCK®はバイオ燃料の透過性が低いため、燃料ホースを単層で構成することができる。比重換算でFKM/ECO複層ホース対比約15%の軽量化が可能であり、自動車のCO₂削減に有効であり、加えてホースの単位体積あたりの材料費低減が可能である。長さ200 mm×外形50 mm×厚み4 mmのホースでは、配合物1 kgによりFKM/ECO複層ホース5.8本に対しFUELOCK®ホースが6.7本生産できる試算になる。これは前者のフッ素ゴムの材料費も含めると経済性に優れているものと考えられる。

5.2 ホース成形加工工程における生産性

Figure 5にバイオ燃料対応のホース部材の製造工程を

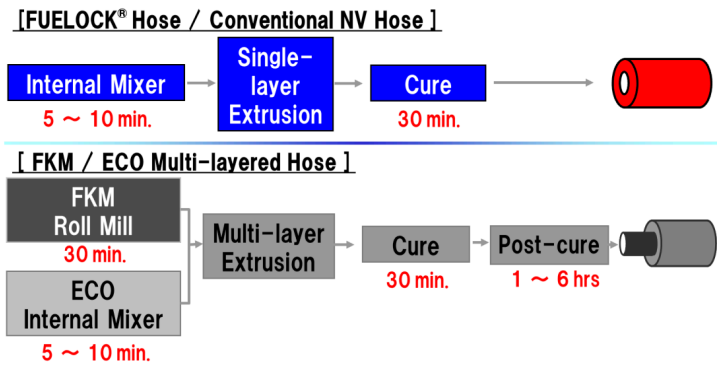


Figure 5 Comparison of the Manufacturing Process for Fuel Hoses

比較したものを示す(弊社推定)。FUELOCK®は従来のNBR/PVCアロイと同様に、単一の混練工程～単層のホース押出工程～加硫工程で生産可能であり、生産性に優れる。一方、現状使用されているFKM/ECOの複層ホースは、二種の材料を取り扱う必要があり、より工程が煩雑になる。複数の材料の混練工程が必要であること、複数の配合物の押出成形条件の調整、また二次加硫の必要性等から製造コストがより高くなるものと推定する。

以上のように、燃料ホース用途を想定した場合、FUELOCK®はシンプルな製造工程で生産が可能であり、重量面だけでなく生産性、成形加工性にも優れた材料である。

6 競合材料・現行材料との比較まとめ

以上、バイオ燃料油応のホース用材料としてFUELOCK®の性能および競合材との相対的優位性について述べた。Table 5に相対的な比較をまとめたものを示す。FUELOCK®は力学的特性および耐燃料油性が良好でホースの軽量化・生産工程の簡略化に貢献できるバランスが取れた材料であると考えられる。今後、バイオ燃料油対応材

Table 5 Comparison of Materials for Bio-fuels

	NBR / PVC	FKM / ECO Multi-layered	FUELOCK®
Fuel Impermeability	×	◎	○
Productivity	○	△	○
Physical Properties	○	○	○
Specific Gravity	○	×	○

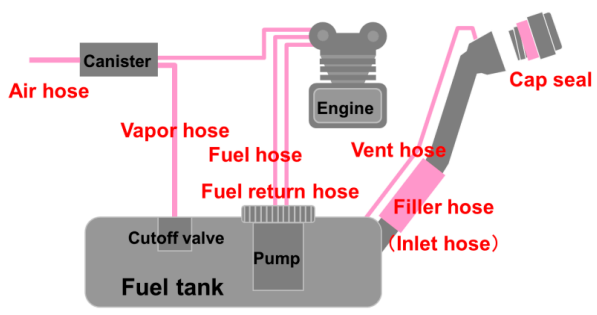


Figure 6 Possible Applications of FUELOCK® for Automotive Parts Suitable for Bio-fuels

料としてFigure 6に示したような種々の燃料系の自動車部品への適用が期待される。

7 おわりに

世界的な環境意識の高まり、CO₂排出削減(カーボンニュートラル)および燃料蒸散への規制の強化により、バイオ燃料に対応した新たなエラストマー材料が求められている。JSRではバイオ燃料透過性を抑制する新規な分子設計のNBRを開発、(株)エラストミックスの協力を得てポリマーアロイ化技術、配合設計技術を駆使し、耐バイオ燃料油性に優れかつ加工性及び生産性に優れた新規材料FUELOCK®を開発した。

既にインドを中心に採用が始まっているが、今後も各国の環境規制の強化に伴いバイオ燃料が普及するに従ってFUELOCK®へのニーズが高まるものと期待している。また、本材料のグローバルな供給を通じて地球環境に貢献していきたい。