

## 電動車の進化を支えるシール技術 非シリコン系FIPGの開発

### はじめに

自動車業界における SDGs への取り組みとして電動化が加速しており、部品メーカー・原料メーカーにおいても電動車の要求特性に合わせた商品展開が求められています。

スリーボンドは、内燃機関に用いられるオイルや冷却液のシールを目的として、FIPG (Formed In Place Gasket : 液状ガスケット) を提供しています。FIPG は液状のシール剤で、部品の合わせ面に塗布して組み付けた後、硬化させることでシール性能を得られる材料です。

電動車においても、シール性能が求められる箇所へ FIPG を適用可能です。スリーボンドでは、電動車特有の要求特性や欧州化学物質管理規則 (REACH) に対応する電動車市場向けの商品群をラインアップしています。

本稿では、電動車の多様なニーズに対応した FIPG として、ThreeBond 1160 及び各種商品を紹介します。

以下、ThreeBond を TB と略します。

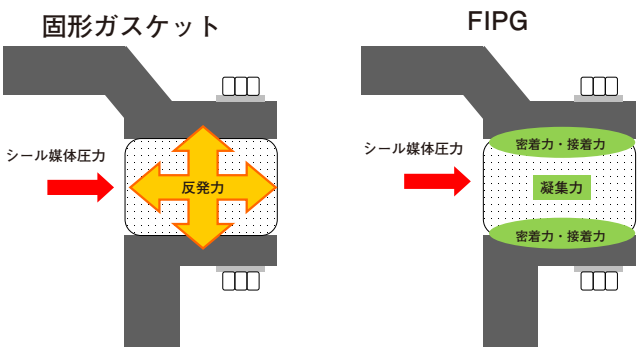
目	次
はじめに.....1	5. 電動車向けFIPGのラインアップ .....5
1. FIPGとは.....2	5-1. 耐熱性向上グレードTB1161の紹介 .....5
2. 内燃機関におけるFIPG用途.....2	5-2. 樹脂接着性向上グレードTB1163の紹介.....5
3. 電動車におけるFIPG用途 .....2	5-3. 放熱性向上グレードTB1165の紹介 .....6
4. 一液性湿気硬化型樹脂TB1160の紹介 .....3	5-4. 難燃性向上グレードTB1167の紹介 .....6
	おわりに.....8

1. FIPGとは

FIPG とは、Formed In Place Gasket の略で、液状ガスケットに分類されます。FIPG を合わせ面に塗布し、硬化させることでシール性能を得られる材料です。<sup>1)</sup>

固形ガスケット及びFIPG でシールする工法を図－1 に示します。固形ガスケットは反発力によりシール性能を得られるのに対し、FIPG は密着力・接着力・凝集力によりシール性能を得られるため、低い面圧で使用可能です。また、硬化前のFIPG は液状であるため、1 種類のFIPG で様々なフランジ形状に適用させることができ、在庫管理の簡便化が可能となります。加えて、塗布装置を導入することで自動化が可能となり、生産性の向上・品質の安定・人件費の低減にも繋がります。

1, 2)



図－1 固形ガスケットとFIPGのシール工法

2. 内燃機関におけるFIPG用途

内燃機関にはオイルや冷却液などをシールする箇所が複数存在し、それらの液体の漏れ対策としてFIPG が使用されています。

FIPG に求められる重要な特性として、想定される使用環境に応じた耐熱性（～200℃）や耐薬品（油）性、走行中の振動や部材の熱膨張・熱収縮による合わせ面の動きに対する追従性などが挙げられます。このような要求特性を満たすため、耐熱性・耐薬品性が良好かつ追従性に優れるシリコン系 FIPG が使用されています。

3. 電動車におけるFIPG用途

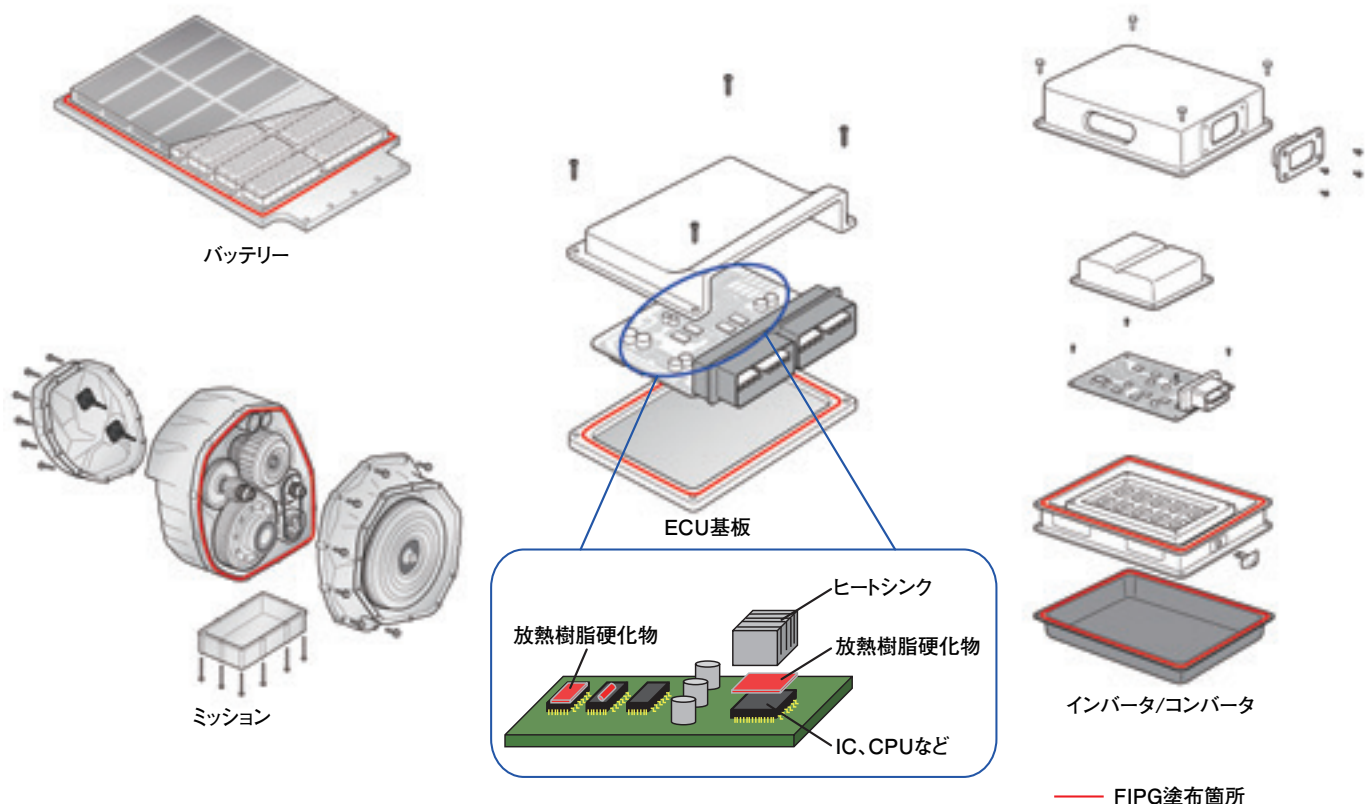
内燃機関と電動車の大きな違いは、エンジンの代わりにバッテリーやモータが搭載されている点です。バッテリーを外部環境（水、ホコリなど）から保護するためのシール用途にFIPG が注目されています。

FIPG の使用箇所を表－1、図－2 に示します。バッテリーやモータだけでなく、自動運転をはじめとする近年の電動車の進化に伴って、搭載される電装部品が増えたこともあり、FIPG の採用事例が増加しています。

スリーボンドではこれらの市場動向に対応すべく、様々な特長を持ったFIPGをラインアップしています。本稿では、電動車向け非シリコン系FIPGの開発背景と、種々の特長を有する商品群を紹介をします。

表－1 FIPG使用箇所

使用箇所	バッテリー ケースシール	ミッションケース シール	インバータ コンバータ ケースシール	ECU基板 ポッティング
FIPG 要求特性	耐熱性：～120℃ 耐湿性：85℃, 85%RH 難燃性：UL94規格V-0	耐熱性：～150℃ 耐油性：～150℃	耐熱性：～120℃ 耐湿性：85℃, 85%RH 樹脂部材への接着性	耐熱性：～120℃ 耐湿性：85℃, 85%RH 放熱性： 2.0W/m・K以上



図ー2 FIPG使用箇所

#### 4.一液性湿気硬化型樹脂TB1160の紹介

創業以来、スリーボンドでは内燃機関のオイルをシールする材料として、耐熱性や耐薬品性を有するシリコン系FIPGを提供しています。既存技術を応用し、電動車の要求特性に適合した非シリコン系FIPG (TB1160) を上市しました。以下①～③に特徴を示します。

##### ①低分子シロキサン対応

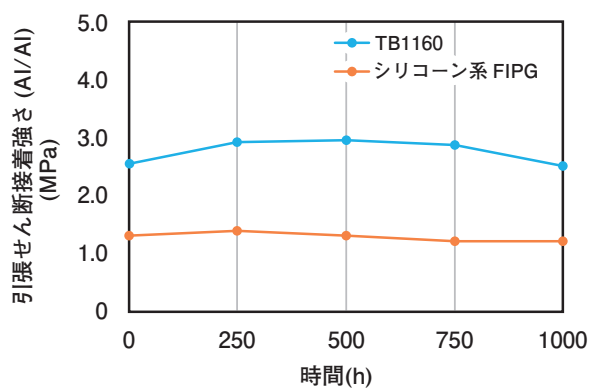
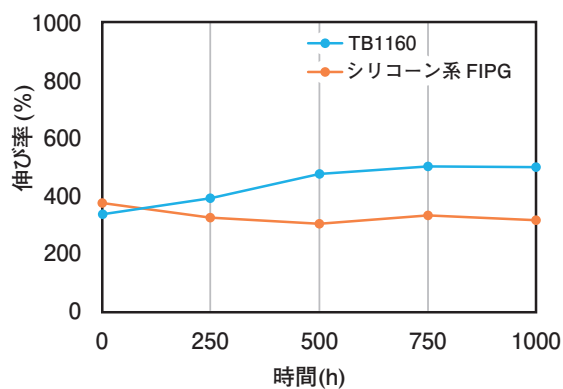
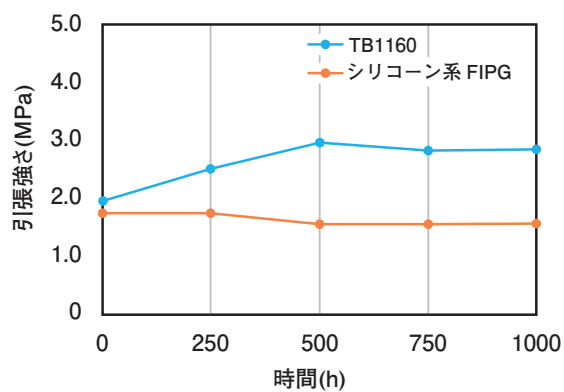
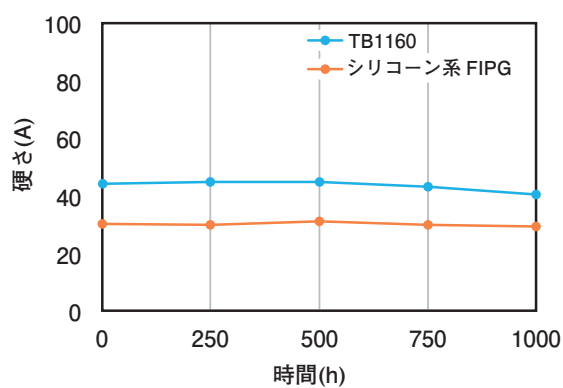
バッテリーやインバータなどの電装部品では、シリコン原料が含有する低分子シロキサンによる影響が指摘されています。低分子シロキサンとは、Si-O-Si 構造をもつシリコン化合物で、分子量が低く揮発性があるため、スイッチング動作などのアーク放電により低分子シロキサンが分解し、電気絶縁性の二酸化ケイ素皮膜を形成します。二酸化ケイ素皮膜が、スイッチの接点不良の原因となるため、TB1160 は非シリコン系原料を用いています。

##### ②欧州化学物質管理規則 (REACH) 対応

従来のFIPGには錫化合物を使用している商品もありますが、錫化合物はREACHの対象となっております。作業者の安全と環境残留性の観点で、用途による使用制限があるため、TB1160 は非錫系化合物を用いています。

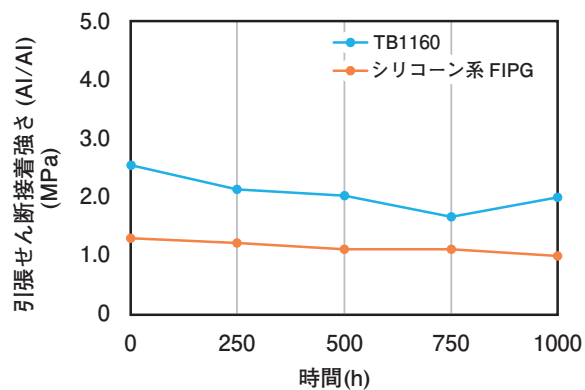
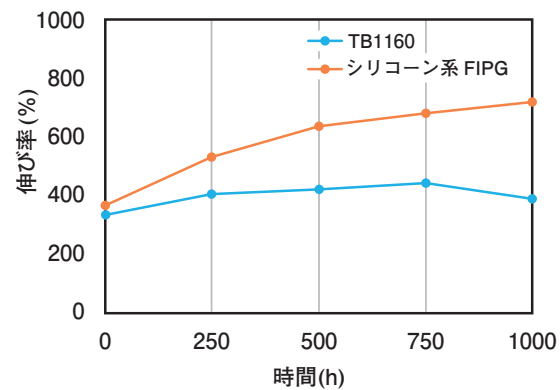
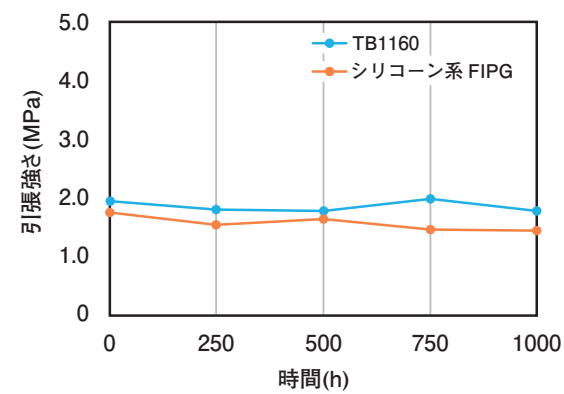
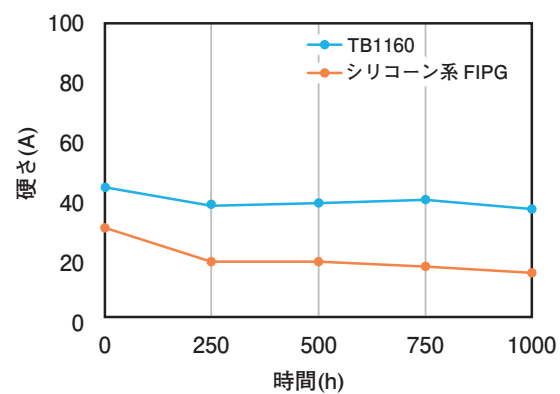
##### ③TB1160の信頼性

電動車では、走行中のバッテリーやモータの発熱により 80 ～ 120℃ の高温環境や雨天時の高湿環境が想定されるため、TB1160 はこれらの要求特性に適合した原料を選定しました。図ー3、図ー4に示すように長期にわたって密着力・接着力が低下せず、市場実績のあるシリコン系FIPGと同等の信頼性を実現しています。



硬化条件: (23±2)°C, (50±5)%RH、168h

図-3 耐熱性(120°C)比較データ



硬化条件: (23±2)°C, (50±5)%RH、168h

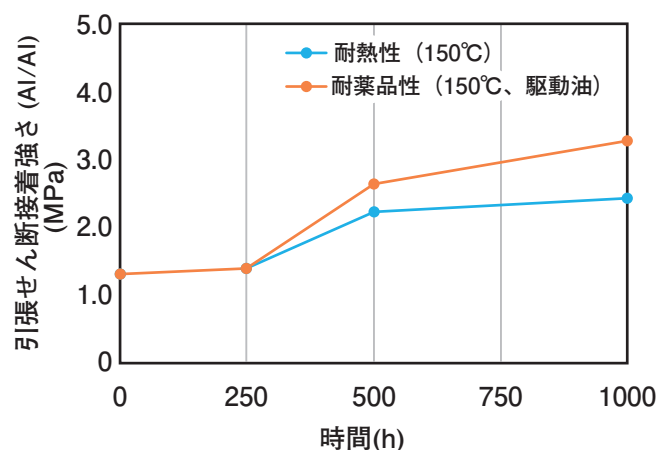
図-4 耐湿性(85°C,85%RH)比較データ

## 5. 電動車向けFIPGのラインアップ

スリーボンドでは、電動車の多様なニーズに対応したFIPGとして、耐熱性向上グレード、樹脂素材への接着性向上グレード、放熱性向上グレード、難燃性向上グレードを取り揃えており、表-3には各商品の諸物性を示しております。1項に示したようにFIPGは密着力・接着力・凝集力によってシール性能を得られるため、以降の各商品紹介においては引張せん断接着強さの耐久試験結果を一例として提示します。

### 5-1. 耐熱性向上グレード TB1161 の紹介

TB1161は、高い耐熱性・耐薬品性を有しています。図-5に示す通り、耐熱性試験（150℃）及び耐薬品性試験（150℃、駆動油）において、長期にわたって接着力が低下せず、性能を保持します。



※硬化条件：(23±2)℃、(50±5)%RH、168h  
耐薬品性評価使用オイル：駆動油

図-5 耐熱性・耐薬品性評価結果

### 5-2. 樹脂接着性向上グレード TB1163 の紹介

TB1163は、車載部品に使用される樹脂素材への接着性を有しています。

FIPGが十分な性能を発揮するには、凝集破壊（CF）（図-6）であることが求められます。表-2に示すように、TB1163は各樹脂部材に対してCFとなります。また、図-7に示すように、耐熱性試験（120℃）及び耐湿性試験（85℃、85%RH）において長期にわたって接着力が低下せず、性能を保持します。

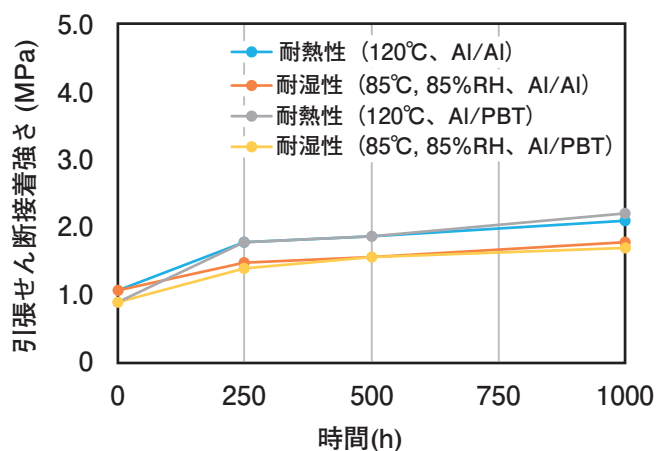


図-6 せん断破壊面

左：凝集破壊(CF) 右：界面破壊(AF)

表-2 材質別引張せん断破壊面比較

材質	従来品	TB1163
アルミニウム	CF	CF
PET	AF	CF
PMMA	AF	CF
PPS	AF	CF
PBT	AF	CF
PC	AF	CF
ABS	AF	CF
軟質塩化ビニル	AF	CF
硬質塩化ビニル	CF	CF
6 ナイロン	CF	CF
66 ナイロン	CF	CF
9T ナイロン	CF	CF
エポキシガラス	CF	CF



※硬化条件：(23±2)℃、(50±5)%RH、168h

図-7 耐熱性・耐湿性評価結果



### 5-3. 放熱性向上グレード TB1165 の紹介

TB1165は、放熱性と柔軟性を有しています。熱伝導率が $3.0\text{W/m}\cdot\text{K}$ と高く、優れた放熱性を実現しています。図-8、図-9に示すように塗布工程を考慮した揺変性を有し、柔軟性の高い硬化物を得られるため、多様な形状への適用が可能です。また、図-10に示すように、耐熱性試験（ $120^{\circ}\text{C}$ ）及び耐湿性試験（ $85^{\circ}\text{C}$ ,  $85\%\text{RH}$ ）において長期にわたって接着力が低下せず、性能を保持します。

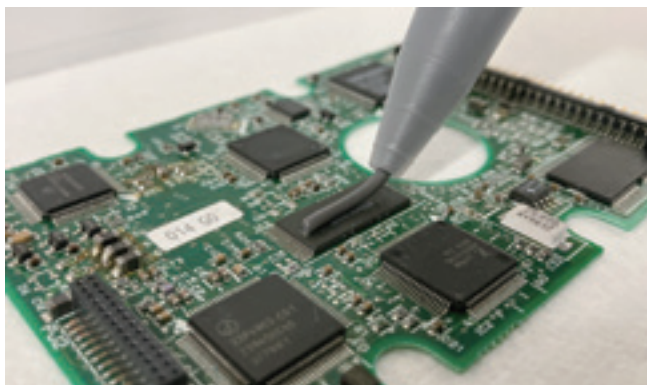


図-8 TB1165塗布イメージ

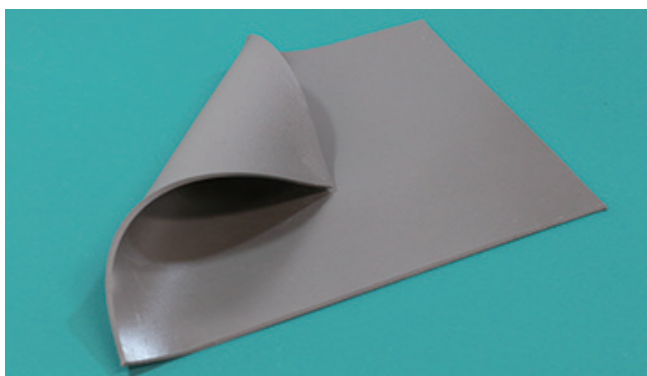
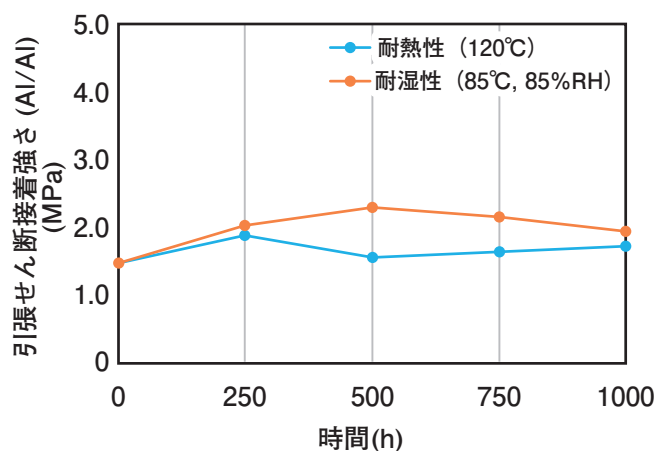


図-9 TB1165硬化物写真



※硬化条件:  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ,  $(50\pm 5)\%\text{RH}$ 、168h

図-10 耐熱性・耐湿性評価結果

### 5-4. 難燃性向上グレード TB1167 の紹介

TB1167は、難燃性（UL94 V-0相当）と高伸張性を有しています。UL94規格のV-0相当とは自己消火性を有していることを示しています。（図-11）一般的に、難燃性を有するFIPGは不燃性の原料を多く含むため伸び率が低い傾向にありますが、TB1167は図-12に示すように高い伸び率を有しています。加えて、図-13に示すように、耐熱性試験（ $120^{\circ}\text{C}$ ）及び耐湿性試験（ $85^{\circ}\text{C}$ ,  $85\%\text{RH}$ ）において長期にわたって接着力が低下せず、性能を保持します。

着火後10秒以内に自己消火

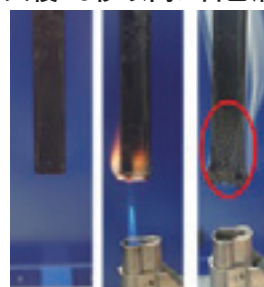
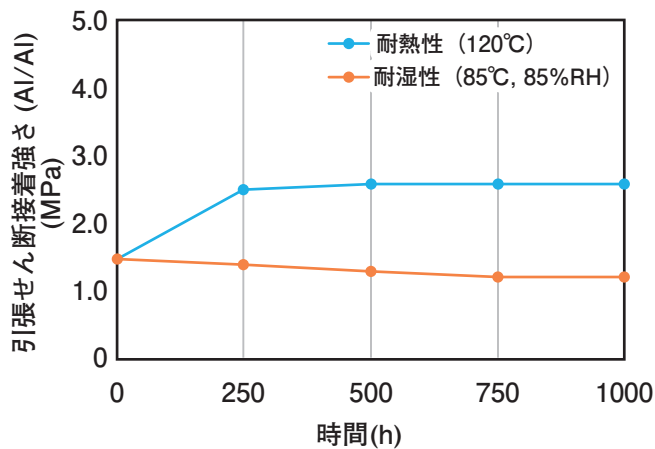


図-11 TB1167難燃性試験








図-12 伸び比較



※硬化条件:  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ,  $(50\pm 5)\%\text{RH}$ 、168h

図-13 耐熱性・耐湿性評価結果

表-3 紹介商品諸物性

項目	単位	TB1160	TB1161	TB1163	TB1165	TB1167	備考
使用箇所	-	 バッテリー	 ミッション	 インバータ コンバータ	 ECU基板	 バッテリー	
外観	-	黒色	黒色	黒色	灰色	黒色	
粘度	Pa・s	125	150	105	250	175	
比重	-	1.46	1.30	1.42	2.80	1.40	(23 ± 2) °C
タックフリータイム	min	45	65	45	2	45	
厚膜硬化性	mm	2.3	1.5	1.7	1.8	2.2	(23 ± 2) °C、24h
硬さ	-	A46	A22	A27	A83	A45	
引張強さ	MPa	2.0	1.3	1.4	2.2	2.3	
伸び率	%	460	300	350	43	295	
引張せん断接着強さ	MPa	2.4	1.2	1.1	1.5	1.4	Al/Al
低分子シロキサン	ppm	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	D4 ~ D10
体積抵抗率	$\Omega \cdot \text{cm}$	$3.2 \times 10^9$	$2.2 \times 10^{10}$	$8.9 \times 10^8$	$1.0 \times 10^{10}$	$1.2 \times 10^9$	
表面抵抗率	$\Omega$	$8.5 \times 10^9$	$1.8 \times 10^{10}$	$1.9 \times 10^{10}$	$1.3 \times 10^{10}$	$5.9 \times 10^9$	
誘電率	-	8.5	10.0	9.5	10.0	9.9	1kHz
	-	7.6	8.5	7.3	8.7	7.9	1MHz
誘電正接	-	0.180	0.049	0.562	0.160	0.506	1kHz
	-	0.033	0.075	0.040	0.027	0.045	1MHz
絶縁破壊強さ	kV/mm	17	17	9	14	10	
熱伝導率	W/m・K	0.5	0.4	0.5	3.0	0.5	
難燃規格 UL94	-	HB 相当	HB 相当	HB 相当	HB 相当	V-0 相当	
REACH 対応	-	○	○	○	○	○	

硬化条件: (23 ± 2) °C, (50 ± 5) %RH、168h

## おわりに

本稿では、電動車市場の多様なニーズに対応した FIPG として TB1160、TB1161（耐熱性向上グレード）、TB1163（樹脂接着性向上グレード）、TB1165（放熱性向上グレード）、TB1167（難燃性向上グレード）を紹介しました。

スリーボンドは、今後も電動化技術の発展に伴う多様なニーズに対応可能なシール剤を提供し続け、次世代モビリティの発展を支えるパートナーとして、技術革新を通じて社会の持続可能な成長に貢献します。

### <参考文献>

- 1) 井上正雄 小山昭広, スリーボンドテクニカルニュース, No.89 (2017)
- 2) 井上正雄 渡辺陽介, スリーボンドテクニカルニュース, No.85 (2015)

株式会社スリーボンド 研究開発部開発一部

輸送開発一課

杉本 茉莉花  
館岡 祐季



企画 株式会社 URC 編集室  
編集 東京都渋谷区恵比寿1-18-15  
スリーボンドビル2F  
電話 03(5447)5333  
発行 株式会社スリーボンド  
東京都八王子市南大沢4-3-3  
電話 042(670)5333 (代)