



# 車載フレキシブルフラットケーブルの高耐熱化

High Heat Resistance Flexible Flat Cable for Automotive Applications

福田 豊\*  
Yutaka Fukuda

藤田 太郎  
Taro Fujita

西川 信也  
Shinya Nishikawa

米沢 将栄  
Shoei Yonezawa

佐藤 真  
Shin Sato

松田 龍男  
Tatsuo Matsuda

フレキシブルフラットケーブルは、エレクトロニクス分野で電子機器の配線材として広く利用されているが、近年EV・PHEV車や先進運転支援システム（ADAS）関連装置の装着車の増加により、これらのシステムを構成する電子機器にもフレキシブルフラットケーブルの採用が進んでいる。今回、既存の105℃耐熱、125℃耐熱フラットケーブルに加え、さらに高温となる環境下でも使用できる150℃耐熱フレキシブルフラットケーブルを開発し上市した。

The flexible flat cable has been used for electric wiring of electronic appliances. Along with the increase of electronic equipment installation in automobiles, the application of flexible flat cables has been increasing. Sumitomo Electric Industries, Ltd. has successfully produced a new flexible flat cable for automotive use featuring high heat resistance up to 150°C.

キーワード：フレキシブルフラットケーブル、150℃耐熱

## 1. 緒 言

フレキシブルフラットケーブルは、薄肉、軽量、高密度配線が可能であるという特長を生かしエレクトロニクス分野においてさまざまな電子機器の内部配線として使用されている。当社では自動車分野にも展開し、ドア・ルーフ用フラットハーネスに加え、カーナビ、液晶パネル、カメラなどの車載電子機器の内部配線材として105℃耐熱および125℃耐熱のフレキシブルフラットケーブルを製品化している<sup>(1)</sup>。

近年、自動運転を見据えたセンシングデバイスの増加および、EV・PHEV車両用の駆動系デバイスの増加に伴い、レーダー、カメラ、各種センサーなどの電子機器の搭載が増大している。これらの電子機器への電源供給や信号伝送のためのケーブルの使用量も増加が見込まれている。本報告では、従来よりもさらに厳しい環境下でも使用できる150℃耐熱フレキシブルフラットケーブルを開発したので以下に詳細を述べる。

## 2. 車載フレキシブルフラットケーブル

### 2-1 フレキシブルフラットケーブル

フレキシブルフラットケーブルは、平行に並べた平角導体を上下2枚の樹脂フィルムで挟み、接着剤を介して貼り合わせた図1に示すような構造のケーブルで、厚みが100～300μmと薄いことが特長である。樹脂フィルムは、機械特性、電気特性、価格のバランスが優れたPET（ポリエチレ

ンテレフタレート）フィルムが多く用いられているが、使用環境や要求特性に応じて最適なフィルムが選択できる。接着剤は一般的にはポリエステル系接着剤が使用されているが、当社では用途に応じて適切な特性を有する独自の接着剤を開発している。

また、コネクタを介して基板に接続する際には、取扱性と強度保持のために、端部に補強板を取り付けた構造となっており、その接着剤についても開発を行っている。

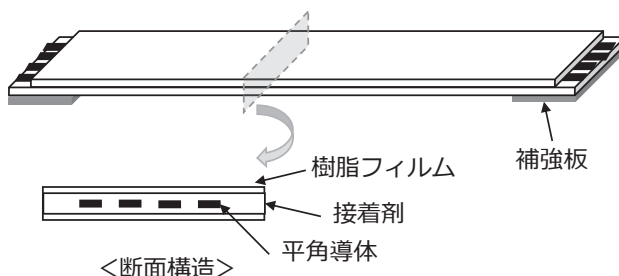


図1 フレキシブルフラットケーブルの構造

### 2-2 ターゲット

当社の車載フレキシブルフラットケーブルは、これまでに105℃耐熱品および125℃耐熱品を製品化しており、代表的な用途を図2にまとめた。カーオーディオ、カーナビ、液

晶メーターなど車室内の電子機器の配線材には105℃耐熱タイプが使用され、より高温にさらされる機器（カメラ、ヘッドアップディスプレイなど）には、125℃耐熱タイプのケーブルが使用されている。

しかし、近年HEV/PHEV車の増加や先進運転支援システム（ADAS）関連装置の装着車の増加により、インバーター／コンバーター、レーダー、各種センサーなど、より高温にさらされる電子機器の内部配線材に使用できるフレキシブルフラットケーブルのニーズが高まってきた。そこで、150℃環境下でも使用可能なフレキシブルフラットケーブルの開発に取り組んだ。

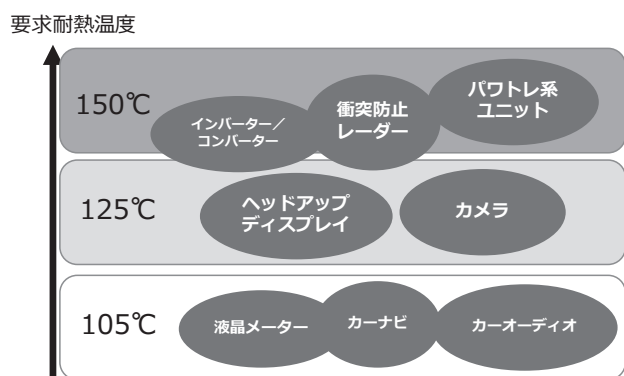


図2 車載機器と要求耐熱温度

### 3. 開発

#### 3-1 開発目標

150℃耐熱フレキシブルフラットケーブルの開発にあたり、車載用絶縁電線の規格であるJASO D611<sup>\*1</sup>やISO6722<sup>\*2</sup>、自動車用コネクタの規格SAE/USCAR-2<sup>\*3</sup>を参考にして、広範な顧客の要求に対応できる製品とすべく当社独自の項目を加え、さらに、車載以外の電子機器用への展開を考えUL規格<sup>\*4</sup>適合を目指した表1に示す開発目標を設定した。

表1 主な開発目標

項目	試験条件	目標
耐熱性	150℃ 3000時間	絶縁抵抗 1000MΩ・m以上 導体-水中間耐電圧 1kV1分
耐湿熱性	85℃ 85%RH1000時間	
耐寒性	-40℃ 1000時間	
耐熱水性	85℃ 熱水840時間	
耐熱衝撃性	-40℃⇄150℃ 1000サイクル	
難燃性	垂直燃焼試験 (VW-1)	合格 (60秒以内に消炎)
デラミネーション <sup>*5</sup>	158℃ 168時間	絶縁剥がれなきこと

#### 3-2 絶縁体用接着剤の開発

フレキシブルフラットケーブルに使用している絶縁体用接着剤はポリエステル系接着剤が一般的であり、60℃95%RHの湿熱環境下で使用は可能であるが、目標の85℃ 85%RHの環境下では図3のような反応でポリエステル分子の加水分解が起こり機械的強度が低下する。

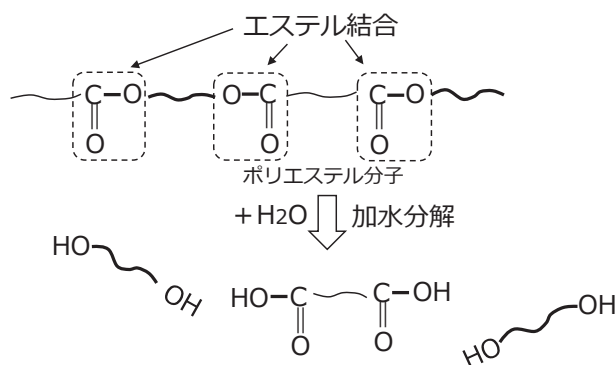


図3 ポリエステルの加水分解反応

ポリエステルは二塩基酸と多価アルコールの共重合体であり、種々の酸とアルコールの組み合わせで多種多様な化合物が合成できるので目的に合った接着剤をつくるのが可能である<sup>(2)</sup>。そこで今回、150℃の耐熱性を有し、85℃ 85%RHでも加水分解を起こしにくい特殊なポリエステルを主成分として使用し、導体との接着力に優れた接着付与成分を組み合わせて用いることにより、耐熱性、耐湿熱、接着力のバランスがとれた当社独自の接着剤を開発した。

この接着剤の構造を透過型電子顕微鏡で観察すると写真1のように、特殊ポリエステル中に接着付与成分が島状に点在する構造であり、マトリックスの特殊ポリエステルで形状を保持し、微分散された接着付与成分で安定した

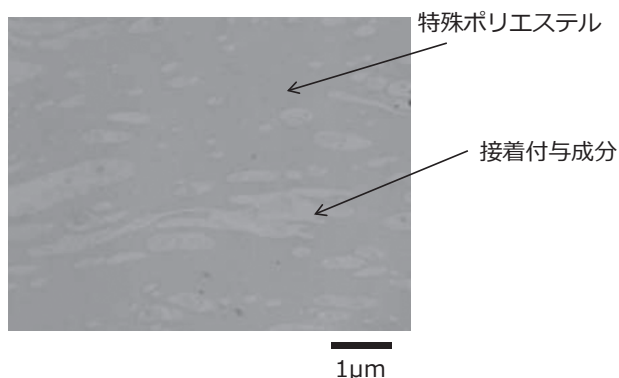


写真1 新規開発接着剤の透過型電子顕微鏡写真

接着力が得られていると考えられる。

導体に対する接着力の高温環境下および湿熱環境下での変化は図4のように、150℃3000時間後でも初期接着力を維持し優れた耐熱性を示し、85℃85%RH1000時間後でも接着力の低下は観察されず耐湿熱性にも優れた接着剤であることを示している。

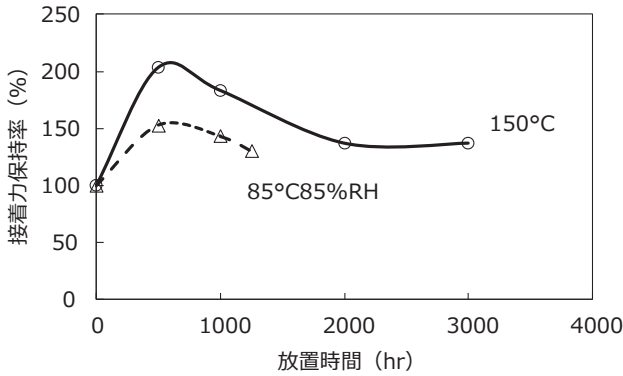


図4 高温および湿熱環境放置時間と導体接着力変化

### 3-3 補強板用接着剤の開発

フレキシブルフラットケーブルは基板との接続にコネクタを使用することが多く、コネクタ嵌合部の強度を上げるためにフラットケーブルの端末に樹脂板（補強板）を貼る必要がある。補強板とフラットケーブルはホットメルト接着剤を介して貼り合わせているが、従来の補強板用接着剤ではコネクタに嵌合した状態で150℃に放置すると、この接着剤が軟化するためコネクタ端子の接圧が低下し安定した接続ができなくなる。

そこで、上述の絶縁体用接着剤同様にポリエステルを主原料に用いた補強板用耐熱接着剤を開発した。図5は温度

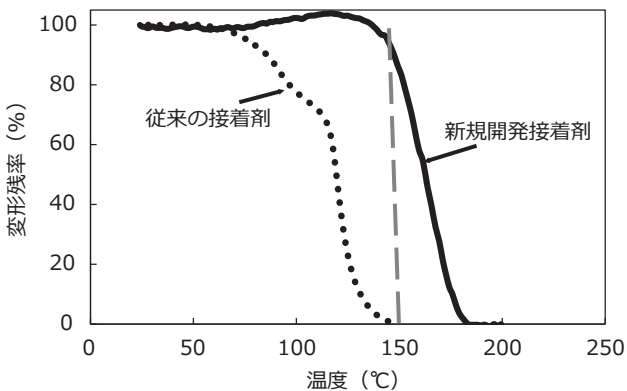


図5 補強板用接着剤の熱変形性

を変えたときの接着剤の変形残率を示したもので、開発品は150℃でも熱変形が小さいことを示している。

さらに、この接着剤の温度特性にマッチするようコネクタメーカーと共同で端子設計を最適化した結果、図6に示すように補強板用接着剤の変形もなく、接圧が安定した信頼性の高い接続状態が実現できた。

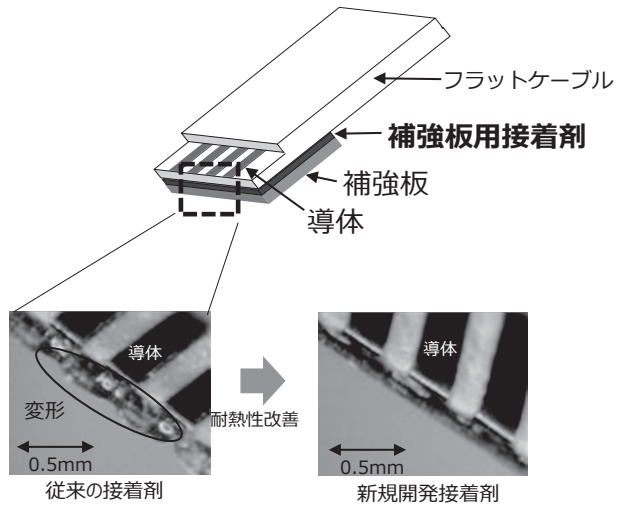


図6 コネクタ嵌合試験後 (150℃) の様子

## 4. 開発ケーブルの特性

上述の絶縁体用接着剤に難燃剤を加えた難燃性接着剤を基材となる耐熱フィルムに積層して絶縁フィルムを作製した。平角導体 (0.035mm厚0.3mm幅) を絶縁フィルムで挟み込んで熱ラミネートしてフレキシブルフラットケーブルを作製し各種特性を評価した。

### 4-1 耐熱性評価

短期耐熱性評価として158℃168時間でのデラミネーション、長期耐熱性評価として150℃3000時間後の絶縁抵抗および耐電圧試験を行った結果、デラミネーションは起こらず、絶縁抵抗、耐電圧試験もクリアした。

### 4-2 耐湿熱性、耐熱水性評価

耐湿熱性として85℃85%RH1000時間、耐熱水性として85℃840時間熱水浸漬を行い、絶縁抵抗および耐電圧試験を実施した結果、いずれも問題なく合格した。

### 4-3 耐寒性評価

-40℃1000時間放置後、室温に戻し絶縁抵抗、耐電圧試験を行い、合格することを確認した。

### 4-4 耐熱衝撃性

-40℃30分放置と150℃30分放置を1000回繰り返した後の絶縁抵抗および耐電圧試験も問題なく合格した。

### 4-5 難燃性

難燃性は厳しい評価方法であるUL規格の垂直燃焼試験

(VW-1) を行い、合格することを確認した。

#### 4-6 コネクタ嵌合試験

上述の補強板用高耐熱接着剤を用いた補強板を用いて、コネクタメーカーと協業で開発した150℃耐熱のコネクタに嵌合し、SAE/USCAR-2 rev.6に基づき評価を実施した結果、Class T4 (150℃) の試験に合格することができた。

表2 150℃耐熱フレキシブルフラットケーブルの特性

項目	試験条件	目標	開発品
耐熱性	150℃ 3000時間	絶縁抵抗： 1000MΩ・m以上 耐電圧： 1kV1分	絶縁抵抗： 1000MΩ・m以上 耐電圧： 1kV1分で破壊なし
耐湿熱性	85℃85% RH 1000時間		
耐寒性	-40℃ 1000時間		
耐熱水性	85℃熱水 840時間		
耐熱衝撃	-40℃⇔150℃ 1000サイクル		
難燃性	垂直燃焼試験 (VW-1)	合格 (60秒以内に消炎)	合格
デラミネーション	158℃168時間	絶縁剥がれなきこと	剥がれなし

## 5. 結 言

150℃の耐熱性を有する絶縁体用接着剤および補強板用接着剤を開発し、自動車絶縁電線の規格であるJASOやISO規格の耐熱性、耐寒性、耐熱水性および自動車用コネクタ規格であるSAE/USCAR-2規格を満たす車載用高耐熱フレキシブルフラットケーブルを開発した。現在、国内の車載機器メーカーのみならず、欧米の顧客に対しても海外営業拠点を經由してスペックイン活動を展開中である。

また、UL規格を満たしUL Style5556 (125℃90V定格) も取得できた結果、車載以外でも用途が拡大している。

### 用語集

#### ※1 JASO規格

Japanese Automotive Standards Organization：日本自動車技術協会が定める規格。

#### ※2 ISO規格

International Organization for Standardization：国際標準化機構が定める規格。

#### ※3 SAE/USCAR-2

Society of Automotive Engineers, Inc.が定める車載用コネクタに関する規格。

#### ※4 UL規格

Underwriters Laboratories Inc. (アメリカ保険業者安全試験所) が定める規格。

#### ※5 デラミネーション

樹脂フィルムと接着剤間や接着剤同士の接着面が剥がれること。

### 参 考 文 献

- (1) 福田豊、早味宏、中村謙介、奥達司、松田龍男、「車載用フレキシブルフラットケーブルの開発」、SEIテクニカルレビュー第179号、pp.38-41 (2011)
- (2) 鹿島俊弘、江藤国臣、「テレフタル酸系共重合ポリエステル分子量と結晶性の関係」、高分子論文集、Vol.38、No.8、pp.547-553 (1981)

### 執 筆 者

福田 豊\*：エネルギー・電子材料研究所 主幹



藤田 太郎：エネルギー・電子材料研究所 グループ長



西川 信也：エネルギー・電子材料研究所 部長



米沢 将栄：SEI Interconnect Products (Hungary) KFT.



佐藤 真：住友電工電子ワイヤー(株) 部長



松田 龍男：住友電工電子ワイヤー(株) 技師長



\*主執筆者