

# 環境を配慮した地球に優しい新しいケーブル用材料

環境・エネルギー研究所 直江 邦浩<sup>1</sup>

## New cable materials compatible with the environment

K. Naoe

メタルケーブルには使用環境に応じて様々な特性が要求されます。特に近年は、種々の分野で環境への配慮が強く求められており、RoHSやREACHなどの規制への対応はもちろん、ノンハロゲン化などの環境負荷低減に加え、省エネルギーやリサイクルを考慮した材料のニーズが高まっています。環境に配慮した最近のケーブル材料開発の取り組みについて紹介します。

Various characteristics are required to a metal cable depending on the operating environment. In recent years, consideration to environment is strongly demanded in various kinds of fields. So, cable materials should satisfy a variety of criteria such as conformance to ROHS or REACH, low environmental load, energy saving at the production or usage stage, and easy recycling. This paper reports recent development of the eco-friendly cable materials.

### 1. ま え が き

メタルケーブルは、電力、通信、電子機器、自動車などの車両やロボット等、広い分野で活躍しており、人間に例えれば血管や神経のような働きをしています。メタルケーブルは主に電気を伝える導体材料と電気を遮断する絶縁体とから成り立っており、導体材料には高い導電性、絶縁材料には高い絶縁性があることが求められます。従来から、これらの電気的特性に加え、強度や伸び、また疲労などの機械的特性を併せ持つような研究がされてきました。最近では、これらの特性に加え、環境的特性を備えることが求められており、小型化や軽量化による省エネルギー、有害物質の除去やリサイクル性の向上による環境負荷低減が、重要な特性の1つになっています。今回は環境に配慮した導体材料、絶縁材料への取り組みについて紹介します。

## 2. 環境配慮型ケーブル材料

### 2.1 軽量化導体材料

導体材料は銅、アルミ、およびそれらの合金が代表的であり、導体には高強度かつ高導電率な材料が求められています。最近では加えて省エネルギーを見据えた軽量化、細径化の動きも著しく、新しい合金材料の開発を行っています。また、2種類以上の材料を組み合わせる新たな機能を発現する複合材料の開発も行っており、軽量、高導電率で高周波特性が良好な銅覆アルミ線、高導

電率で超高強度、高疲労特性を同時に達成する銅覆鋼線など、合金材料では成し得ない特性を有しています。一例として、自動車における省エネルギー化を狙い、車重の軽量化を目指して新しいアルミ合金を開発した成果を紹介します。現状、ワイヤハーネス用導体材料として使用されている材料は銅・銅合金ですが、その代替として優れた機械特性と高い導電率を兼ね備えたアルミ合金を開発しました。また、強度や接続抵抗の面で優れた特性と信頼性を持つアルミ電線用の端子接続技術の開発も行ないました。試験車載実験で長時間の安定性が得られており、従来のワイヤハーネスに比べ、30%程度の軽減を達成しました。

### 2.2 ノンハロ絶縁材料およびカーボンニュートラル材料

絶縁材料は、ポリエチレン、ポリプロピレン、ゴムなどが代表的であり、耐電圧や誘電損失などの電気特性はもちろん、伸びや強度、引裂性などの機械特性が長期間にわたって要求されます。さらに耐熱性、難燃性、耐水性、耐候性など使用環境への耐久性が求められるほか、RoHSやREACH等の規制への対応に加え、環境負荷低減への対応として、ノンハロ、ノンリン化などが必要となってきます。また、小型軽量化に対応した低比重化や材料のライフサイクルを考えたリサイクル性などにも取り組んでいます。今回は2つの材料開発について紹介します。1つ目はエンジンと電気モーターとの共存や大電流化のニーズが高まっているHEV向けの高耐熱電線です。エンジンルーム内での取り回しが容易なように高耐熱で柔軟性が高いケーブルを完全ノンハロゲンかつ安価な材料で達成することに成功しました。2つ目は、将

<sup>1</sup> ケーブル技術研究部部長

来的な取り組みとして行っている生分解性やカーボンニュートラルを配慮したポリ乳酸を絶縁体に用いた電線の研究です。ポリ乳酸は電気的特性には申し分なく、課題であった成形性も可塑剤や添加剤等の開発により、電線形状への加工ができるようになってきました。我々は耐使用環境についても既に研究を行っており、熱的安定性について新しい知見が得られました。

### 3. 製品紹介

#### 3.1 アルミ合金および端子接続技術の開発

省エネルギーのために車重の軽量化を目指し、従来の銅電線  $0.5 \text{ mm}^2$  をアルミ合金電線  $0.75 \text{ mm}^2$  に置換することを目標として、新しいアルミ合金と端子接続技術の開発を行ないました。

強度、導電率および伸びの目標を満足するアルミ合金を開発するため、Fe晶出物による分散強化とMg、Cuおよび第5元素による固溶強化を行ないました。図1に示すFe晶出物を微細分散させる技術と第5元素の添加により、表1のように目標値を大きく上回る特性を達成

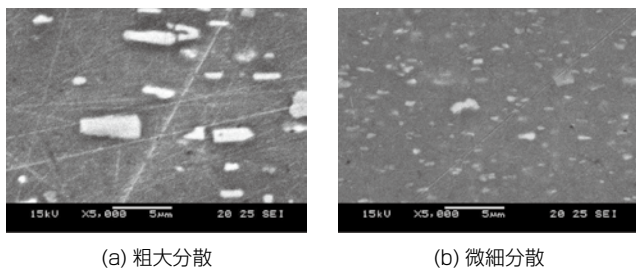


図1 Fe晶出物の分散状態  
Fig. 1. Condition of Fe particle dispersion.

表1 開発したAl合金電線の特性  
Table 1. Properties of Al alloy wire.

	引張強さ (MPa)	伸び (%)	導電率 (% IACS)
目標値	140 以上	10 以上	58 以上
開発電線	145.9	13.0	59.4

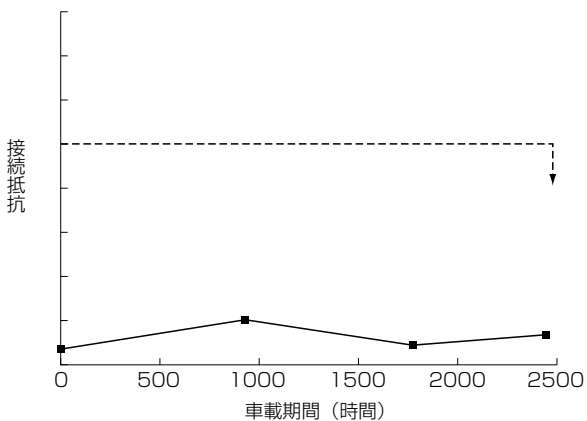


図2 車載軽量化ワイヤハーネスの接続抵抗  
Fig. 2. Connection resistance of light weight wiring harness.

しました。

接続部は、強度や接続抵抗および異種金属接触による腐食が課題ですが、圧着端子の圧着条件の最適化や独自の防水処理により、図2に示すように試験車に搭載し行った約2500時間の長時間実験でも接続抵抗に変化は見られません。

開発したアルミ合金電線と銅覆アルミ線を組合せて作製したワイヤハーネスは、従来の銅ワイヤハーネスと比較して20%の軽量化を達成しています。今後の自動車における省エネルギーへの貢献および他分野への用途拡大を期待しています。

#### 3.2 高耐熱電線

HEVではエンジンとモーターの位置関係から、耐熱性の優れた材料が必要になります。また狭いスペースを有効利用するために取り回しの良い柔軟なケーブルが求められます。自動車用途で多く用いられているフッ素ゴムは高耐熱性と高柔軟性を合わせ持っていますが、非常に高価であり、またハロゲン原子を含有していることから廃却時の環境への負荷が問題でした。そこで我々はシリコンゴムに着目し開発を行ないました。シリコンゴムの課題は耐薬品性、特にガソリンや軽油による劣化ですが<sup>1)</sup>、独自の添加配合剤を開発することにより、図3のように課題を克服しました。

図4に軟化特性試験の結果を示します。従来品は80

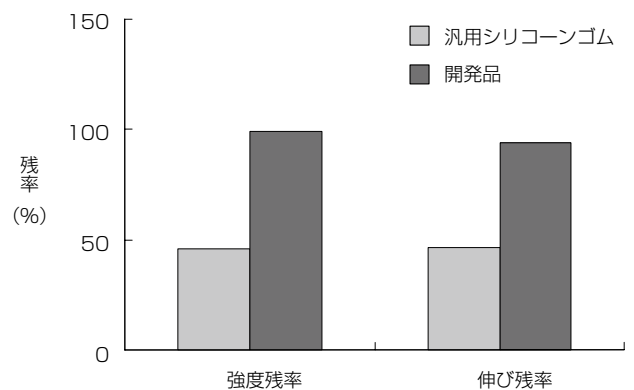


図3 耐薬品性の改善効果  
Fig. 3. Improvement of chemical resistance.

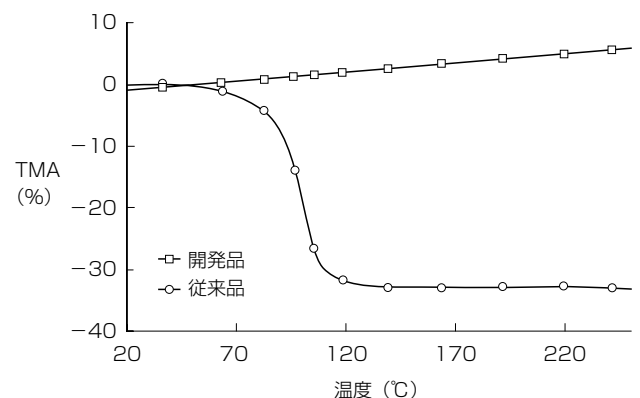


図4 熱機械分析による軟化特性  
Fig. 4. Softening properties measured by thermo-mechanical analysis.



図5 シリコンゴムパワーケーブル  
Fig. 5. Silicone rubber power cable.

℃前後で大きく軟化していますが、開発品は 150℃を超える高温域でも高い安定性を有しており、強度低下を生じません。また、その他の特性も自動車用電線規格である ISO 6722 Class D に合格することを確認しました。

このように高耐熱かつ柔軟で、さらに耐薬品性にも優れた完全ノンハロゲンの電線を安価な材料で開発することに初めて成功しました(図5)。これらの特性を活かし、今後HEV用途への展開に加え、耐熱性の必要な幅広い用途への展開を行っていきます。

### 3.3 ポリ乳酸電線

植物由来ポリマであるポリ乳酸(PLA)は、その生分解性を活かして繊維化、フィルム化した農業用品として、また成形品としてトレイなどで実用化されています。加えて、化石資源の節約や「カーボンニュートラル」の考えに基づくCO<sub>2</sub>発生量低減の観点からも注目され、電子機器の内部に使う部品や筐体への利用、或いは自動車部品への適用が広がっています。

PLA材料の電気特性については多くの報告があり、その特性から電線への適用をしようとする十分な樹脂材料だと考えられています。しかし一方で、機械特性は硬くて伸びがなく、もろく曲がりにくかったですが、可塑剤や添加剤を加えたり、他樹脂などとのアロイ化により、柔軟性・耐熱性を向上させており、電線へ加工が可能となってきています<sup>2)</sup>。当社では電線の試作を行い、環境試験も開始しています<sup>3), 4)</sup>。

環境試験の一環として絶縁特性の温度依存性を調べたところ、図6のようにPLA電線は90℃でも高い電気

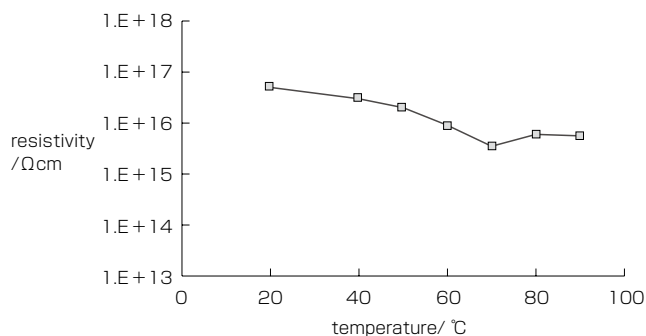


図6 電気特性の温度依存性

Fig. 6. Relationship between temperature and resistivity.

絶縁性を有することを確認しました。加えて、90℃での加熱変形試験を行った結果、変形量は10%以下で、2800時間にわたり90℃耐熱性があることを確認しました。PLAの電線への適用においてはまだ、柔軟性、耐湿熱劣化特性などの面で課題が残されており、今後評価を進めながら特性向上を行っていきます。また、カーボンニュートラルの考えに立って行われている数多くのPLAの適用検討と同じように、生分解性にこだわらず石油由来の樹脂と混ぜ合わせて使用することも十分可能性があり、研究を進めています。

## 4. むすび

今回は環境に配慮したケーブル材料について紹介しました。当社では材料そのものだけでなく、材料の加工プロセスについても注目しており、例えば加工温度の低下や、加工工程数の減少、有害薬品を使用しない加工工程などの研究も行っています。これからも環境にやさしいケーブルの研究・開発を行い、社会への貢献を目指します。

## 参考文献

- 1) 日本ゴム協会：ゴムの基礎，pp.131～133
- 2) 中司：ポリ乳酸を用いた電線，フジクラ技報 第113号
- 3) 中司：ポリ乳酸被覆電線の電気特性の温度依存性，平成20年電気学会全国大会，2-029
- 4) 中司，宮田：ポリ乳酸被覆電線の熱老化特性，平成21年電気学会全国大会，2-033