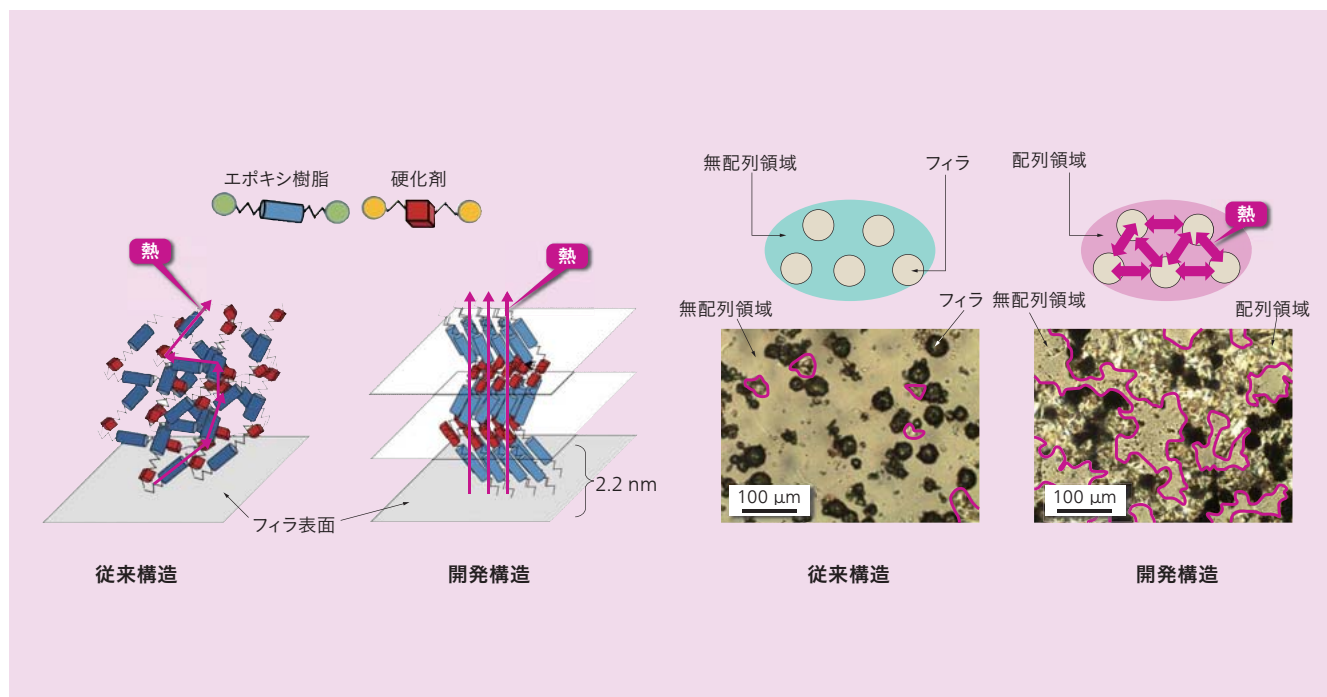




1 開発したコンポジットのフィラと樹脂界面の構造 (左), フィラ周囲の構造 (右)

1 フィラと樹脂界面の熱抵抗を低減した絶縁性の高熱伝導コンポジット

高熱伝導コンポジットは、エポキシ樹脂とセラミック粉末（フィラ）で構成され、電子・電気機器の絶縁部材である絶縁接着シートや成型材として利用される。電子・電気機器の小型・高出力密度化に伴い、絶縁接着シートや成型材には高い熱伝導率が要求されている。

日立グループは、硬化に伴って分子レベルで自己配列することで高熱伝導性を発現するエポキシ樹脂と、セラミック粉末との複合化を検討してきた。この自己配列性樹脂を窒化物フィラと複合化する場合、フィラ界面で樹脂の配列が乱れることで熱抵抗となり、十分な熱伝導性が発現できていなかった。

今回、フィラ表面処理によって界面での樹脂配列を規則化する技術を開発した。フィラ表面に酸化処理を施すことで、表面自由エネルギーを制御し、フィラ界面で硬化した樹脂に、界面に対してほぼ垂直方向の2.2 nm周期の規則的な配列構造を付与した。さらに、配列構造はフィラ間をつなぐように広範囲に形成した。これにより、フィラと樹脂界面の熱抵抗を低減させ、高熱伝導コンポジットの熱伝導率を向上することができた。

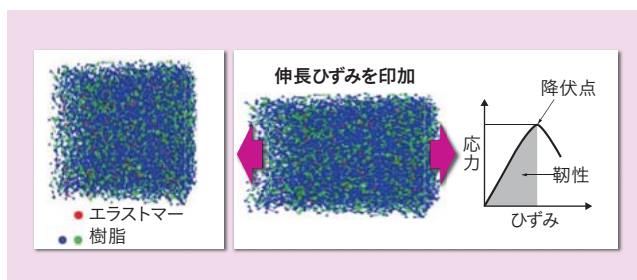
2 モールド機器用高靱性ナノコンポジット樹脂とその設計解析方法

モールド機器向けに、耐クラック性の指標である破壊靱（じん）性に優れたナノコンポジット樹脂を開発した。

樹脂の強靱化材には、微細なエラストマー粒子を選択した。また、開発の過程においては、計算科学的手法を最大限に活用しており、その手法は次のようなものである。

- (1) ナノ粒子と樹脂間に働く相互作用を分子軌道法で導出
- (2) 得られた相互作用を粗視化分子動力学法に適用
- (3) (2) を用い、伸長ひずみをかけて応力－ひずみ特性を求め、破壊靱性を予測

この計算により、エラストマーのサイズを約100 nmと



2 粗視化分子動力学法での計算モデル (左), 靱性の計算方法 (右)

すると、破壊韧性が無添加樹脂に比較して50%増大することが分かった。実験では、エポキシ樹脂内に100 nmのエラストマー種を分散させた試験片の破壊試験を実施し、計算で予測した効果が発揮されることを確認した。

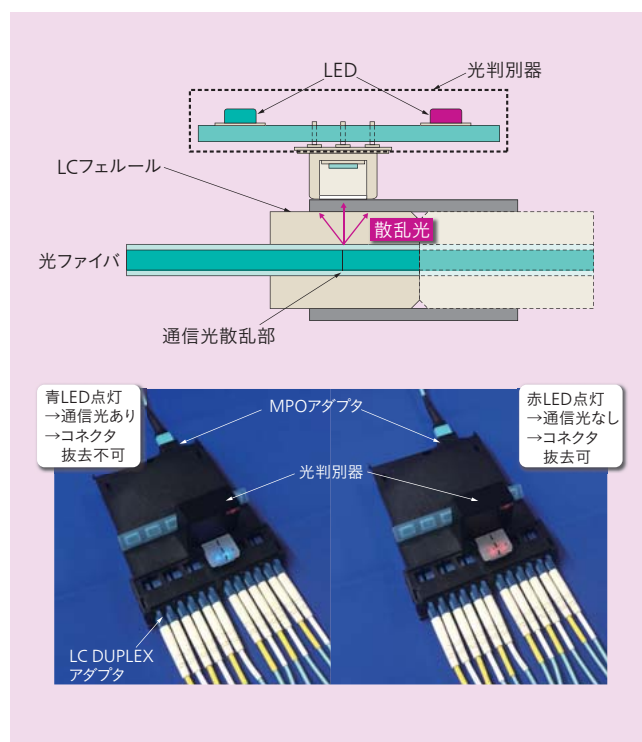
開発した技術は、モールド機器高度化に向け、マイクロマクロ連成の計算科学的検討と材料実験を融合した取り組みである。なお、分子軌道法は自社で開発し、粗視化分子動力学法の計算には高機能材料設計プラットフォームOCTAを利用した。

3 LC DUPLEX型対応通信光可視化モジュール

伝送容量の急速な増大に伴い、光配線には効率的な運用が求められている。

通信回線の変更や廃止作業の際、誤って大容量通信中の光コネクタが抜かれると、多大な被害が発生するリスクがある。通信光可視化モジュールは、光ファイバーの通信状態を簡易に目視で判別可能な製品であり、安全にコネクタの抜去作業ができることで高い評価を得ている。これまで、光コネクタ種類としてSC(Square Connector)型、LC(Local Connector) SIMPLEX型の通信光可視化モジュールを製品化している。

今回、主に海外での使用が多い光コネクタ種類LC DUPLEX型に対応したモジュールを開発した。コンパクトなケースに収納し、前部にLC DUPLEX型アダプタ6個(12心)、後部に12心MPO (Multiple-fiber Push-on/pull-off)



3 LC DUPLEX型対応通信光可視化モジュールの原理と製品

アダプタ1個を備えている。LCフェルル内で発生させた通信光の微小な散乱光を光判別器で受光し、LED (Light-emitting Diode) によって通信光のあり (青LED点灯) / なし (赤LED点灯) を目視で簡単に判別可能である。また、光判別器は2つの受光部を有し、2心同時の判別を可能としている。

今後は、さらにラインアップを拡充し、国内外へ広く展開する予定である。

(日立金属株式会社)

4 炭素熱還元法による希土類磁石のリサイクル技術

Nd (ネオジム) Fe (鉄) B (ホウ素) 系希土類焼結磁石 (NEOMAX) を製造する際、加工粉 (スラッジ) が発生する。このスラッジは有価物である希土類元素を含んでいるため、捨てずに再利用することは、資源の有効活用の観点から重要な課題である。スラッジから希土類元素を抽出する方法としては、酸溶解と沈殿処理の併用が一般的であるが、多量の酸化鉄が残渣 (さ) として発生することから自然環境への負荷が大きい。

今回、製鉄分野で行われている炭素熱還元法を焼成したスラッジに応用することにより、希土類元素をスラグとして回収する技術を開発した。これにより、鉄分を有価物である銑 (せん) 鉄として回収し、酸やアルカリの使用量を極力減らすことができるため、環境への負荷を低減できる。また、実験では従来法よりも高い収率で希土類元素を回収できることを確認している。

開発した技術は2015年4月より量産を開始する予定である。

(日立金属株式会社)



4 磁石加工粉を炭素熱還元処理してきた生成物の外観

6 黒鉛垂直配向熱伝導シート

電子機器分野では、半導体パッケージの小型高集積化に伴う発熱密度の増加により、機器の温度上昇を抑制する冷却技術が重要視されている。熱伝導シートは、発熱体と放熱材間における伝熱効率の向上を目的とした部材であり、板厚方向に高い熱伝導性、および部材間の反りや凹凸に追従可能な柔軟性が要求される。この2つの特性はトレードオフの関係にあり、単一材料で満足することは極めて困難であることから、材料のコンポジット化、構造制御によってこれらの特性の両立に取り組んできた。

今回、黒鉛材料と軟質樹脂および異方性粒子の配向技術を複合することで、板厚方向の高熱伝導性（90 W/mK）と柔軟性の両立を実現した。開発品を使用することで、電子機器の小型化、長寿命化、静音化、部品件数の縮減、省エネルギーが可能となり、放熱設計技術への貢献が期待できる。

開発品はリユースタイプ、高強度タイプ、高圧縮タイプなど、機能をさらに付与したラインアップを取りそろえており、今後は国内外への多用途展開を進めていく予定である。

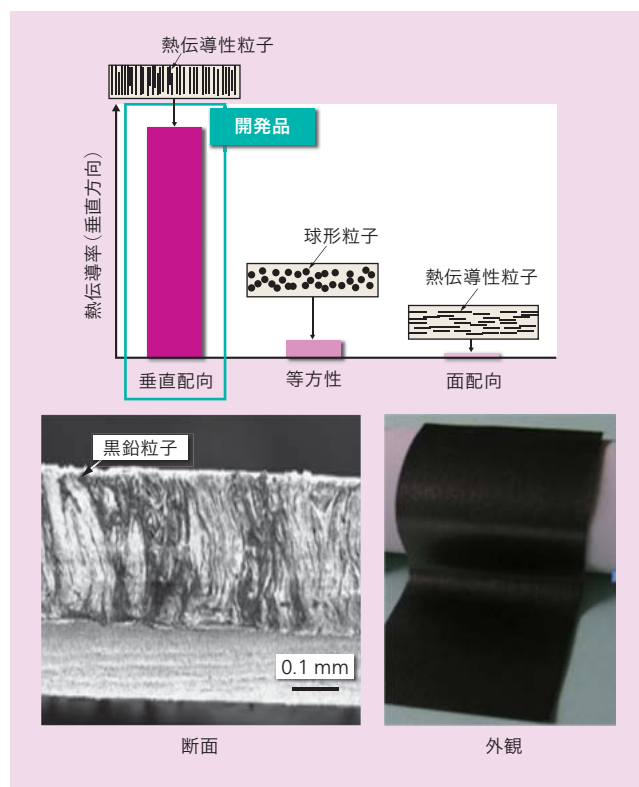
（日立化成株式会社）

5 高精度異形ピストンリング素材

ピストンリングは、自動車エンジンの重要部品であり、燃焼エネルギーを動力に変換するためのシールリングである。高温燃焼ガスに直接さらされ、常にシリンダーと摺（しゅう）動しているため、ピストンリング用材料には耐熱性や耐摩耗性などが要求される。また、環境問題や省資源化への対応の中で、自動車エンジンの低燃費化・高出力化を目的に、ダウンサイジングおよび直噴ターボ化への動きがある。そのため、ピストンリングに対する高強度化・高形状精度化のニーズが高まっている。

ASL800シリーズは、ピストンリング用の専用鋼種として8～17%Cr（クロム）のマルテンサイト系ステンレス鋼で開発されたものである。従来の鋳物と比較して格段に比強度が向上し、量産化されている。断面形状についてはさらなる複雑化、高精度化が要求されており、ニアネット線材としてミクロンオーダーの形状精度が求められる。これに対しては高精度異形圧延技術を駆使し、リングメーカーの加工工数低減に貢献している。

（日立金属株式会社）



6 黒鉛垂直配向シートの構造制御の考え方（上）、断面および外観（下）