

# 第1回 物性分科会レポート

第1回物性分科会が昨年11月7日 東京工業大学(大岡山)南8号館6F623号室にて開催されました。

スーパーコンポジット研究会では、自然界の機能と構造に学びながら材料を考える場として「物性分科会」を設けました。自然界の材料が知能材料特性を發揮する要因に関連するキーワードとして、“自己組織化”、“階層構造”、“自己修復”、“環境適応”、“界面相互作用”、“水素結合”、“水”などが挙げられます。これらのキーワードに関係するポリマーコンポジットの研究や調査の結果について、講演と発表を行う場として、発展させていきたいと考えています。

## <プログラム>

講演

「導電性ナノ粒子の自己組織化による導電性回路の形成」

東京工業大学大学院 住田 雅夫 氏

「ナノ粒子分散による電気絶縁材料の高性能化」

(株)東芝 電力・社会システム開発センター 今井 隆浩 氏

発表

「ナノカーボンテクノロジーのCNTについて」

ナノカーボンテクノロジー(株) 開発部 塚田 高行氏

「カーボン粒子複合材料におけるダイナミックパーコレーションと超臨界CO<sub>2</sub>の応用」

東京工業大学大学院 ヨス・ファハミ・ベイス 氏

「炭素系フィラー充填高分子複合材料の超臨界CO<sub>2</sub>下での抵抗率の異方性」

東京工業大学大学院 加納 翼 氏

話題提供

「PP/HDPE/CB コンポジットのモルフォロジーと導電性」

早稲田大学 由井 浩 氏

## <講演>

最初は、住田先生より「導電性ナノ粒子の自己組織化に関する話題」が紹介されました。導電性のナノカーボンを高分子材料に分散させ、高分子に導電性を持たせるためには、カーボンブラックがどのような形で高分子の中で存在していなければならないか。住田先生は、すでに1995年に高分子の中で形成されるカーボンのネットワークの温度依存性、時間依存性についていわゆるダイナミックパーコレーションの理論を提唱され、その後、先生のもとで研究された呉国章(Guozhang Wu)さん(現・華東理工大学材料学院教授)がそれを発展させました。

高分子材料中で分散させたカーボンブラックは、自己組織化によりネットワークを形成するわけですが、それが分子レベルの特性に影響を与えています。ダイナミックパーコレーションを測定することは、ナノ材料、ナノマトリックスの繊維近傍の分子運動を測定できる新しいレオメータの原理としても期待されます。

カーボンブラックと高分子材料というコンポジット材料では、カーボンと高分子の間に働く相互作用

により、微妙な相構造の変化が起こり、それによりダイナミックパーコレーションというユニークな機構が見られることは非常に興味深いことです。後半の研究発表では、このダイナミックパーコレーションをさらに展開した研究が、住田先生の研究室の大学院生によって発表されました。

2 番目の講演は、東芝の今井隆浩先生による、「**ナノ粒子分散による電気絶縁材料の高性能化**」です。ナノコンポジットの高性能化というと、導電性などの機能付与がすぐ頭に浮かびますが、これに対して絶縁特性の向上という視点からの取り組みは実際に進んでいるのですが、あまり知られていません。

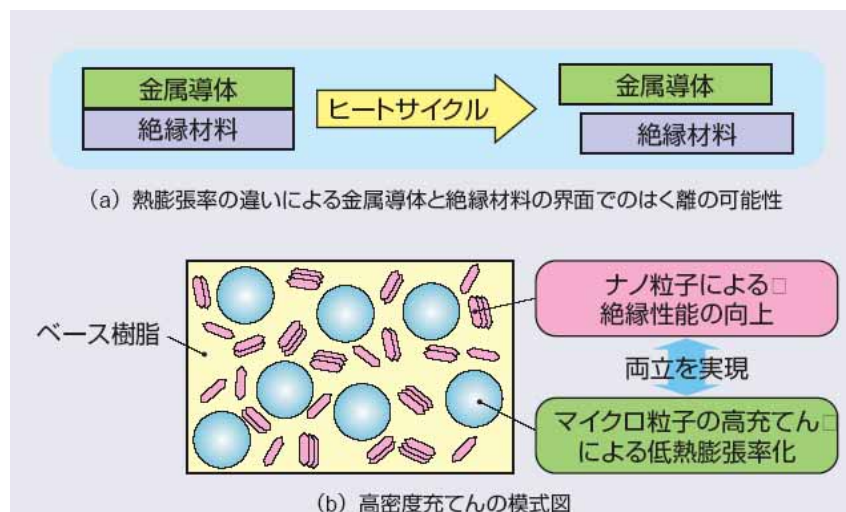
電気エネルギーの供給には、長大な送電経路の各所に、変圧機や開閉装置などが使われますが、ここで重要になるのが絶縁材料です。絶縁材料としては、6 フッ化硫黄 ( $\text{SF}_6$ ) ガスが使われていましたが、このガスは温暖化寄与率が非常に高いガスで、1997 年の京都国際会議 (COP3) で、排出削減目標の対象となっています。こうしたことを背景に、 $\text{SF}_6$  ガスに代る絶縁材料の開発が強く求められています。また、電線ケーブルの絶縁材料としては架橋ポリエチレンが用いられていますが、高電圧の場合は内部の不純物の影響が問題となることがあります。

こういったことから、 $\text{SF}_6$  に代るあるいは架橋ポリエチレンに代る絶縁材料、それも固体の材料の開発が急がれています。そこで、エポキシ樹脂をベースにナノコンポジットの技術を組み合わせた絶縁材料の開発を進めています。

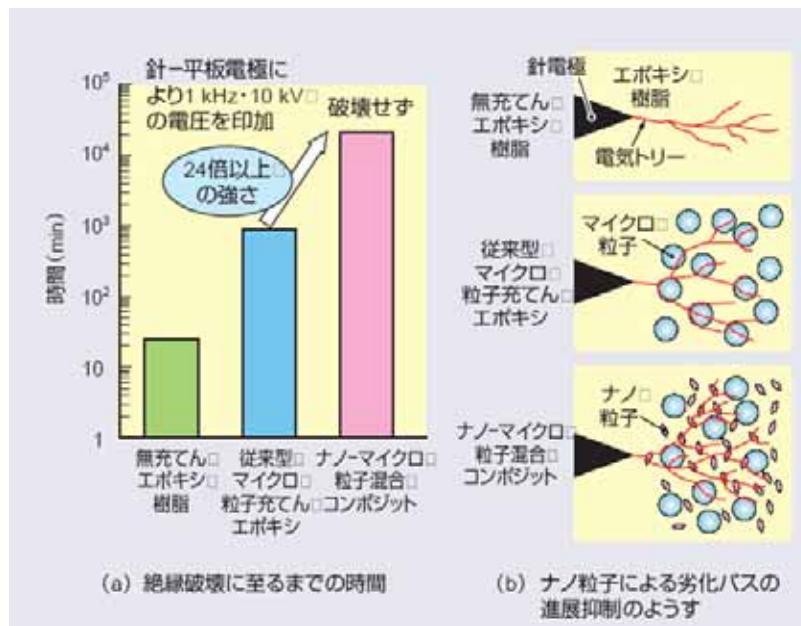
ナノ粒子としては、層状シリケート化合物を用います。ナノ粒子を数 wt% 添加するだけで、電気絶縁性は向上できるのですが、今度は充填量が少ないため、熱膨張率の問題が出てきます。絶縁材料金属と接して使われますが、金属との熱膨張率の差によって、界面剥離が生じ、絶縁性能が著しく低下する恐れがあります。

そこで、数 wt% のナノ粒子と、約 60wt% のマイクロ粒子(シリカ粒子)を混合してエポキシ樹脂に充填することで、低熱膨張率化を図りました。このナノ - ミクロ粒子混合コンポジットは、高い劣化耐性を示すことが確認されています。この理由としては、高密度に分散したナノ粒子とマイクロ粒子が劣化のパス(電気トリー)の進展を抑制するため、と考えられています。

ミクロとナノ粒子の分散構造を制御することで、絶縁性能の向上を図ったものとして注目されますし、ナノコンポジットの開発においては材料の持つ形状、構造の制御が機能発現に重要であることがわかります。



ナノ粒子とマイクロ粒子を組み合わせることで機能発現

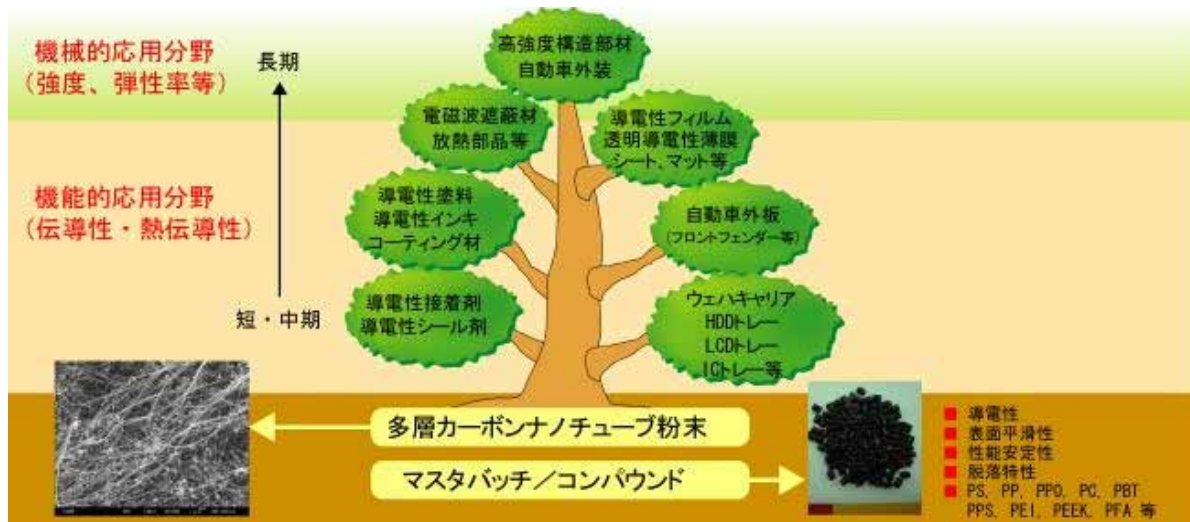


高電圧での電気ストレスに対する劣化耐性

< 発表 >

最初の発表は「**ナノカーボンテクノロジーのCNTについて**」。ナノカーボンテクノロジー(株)の塚田高行さんです。

CNT(カーボンナノチューブ)は、ナノテクの鍵を握る材料として注目されていますが、なかなかCNTを使った製品が大量に世の中に出回る、というわけにはまだ至っていません。同社のCNTは、信州大学遠藤教授の指導により、(株)物産ナノテク研究所にて量産化プロセスを開発したもので、次のような特徴があります。基本物性と、その用途展開の可能性などを紹介されました。



- ・ 時間当たり数kgの製造が可能(量産性)
- ・ 高純度(99.5%以上)のCNTの製造が可能(高品位)
- ・ 化学プロセスのため品位のバラツキが少ない(安定品位)
- ・ 任意のチューブ径に制御可能(柔軟性)

用途展開としては、半導体の静電気対策部品(ICトレイ)をはじめとし、図に示すような多様なものがありますが、中でも樹脂関係では、マスタバッチ、コンパウンドとして幅広い用途が期待されます。

## < 研究発表 >

次は、最初の講演で住田先生が紹介した、カーボン系複合材料のダイナミック・パーコレーションの応用展開にかかわるものです。最初は、ヨス・ファハミ・ベイスさん(東京工業大学大学院)による「**カーボン粒子複合材料におけるダイナミックパーコレーションと超臨界 CO<sub>2</sub> の応用**」。

超臨界とは液体状態でも気体状態でもない状態で、圧力、温度が臨界点を越えた状態を一般的に超臨界流体と呼びます。小さな隙間にも浸入できる拡散性、物質を溶かし出す溶解性に優れており、各方面への応用が進んでいます。超臨界状態では、高分子とフィラーの相互作用にどのような影響があるか、それをダイナミックパーコレーションの変化としてみたものです。超臨界状態でフィラーと高分子の相互作用を高め、導電性を向上できれば、新たな展開へつながりますし、さらにダイナミックパーコレーションが、こうしたフィラーと高分子の相互作用を評価する指標としても利用できることを示しています。

続いての発表は、加納翼さん(東京工業大学大学院)の「**炭素系フィラー充填高分子複合材料の超臨界 CO<sub>2</sub> 下での抵抗率の異方性**」。

超臨界下で、さらに高電場をかけると少ない充填量でも抵抗率が減少することが観察されます。通常は、電場をかけるのをやめると抵抗率は元に戻りますが、なんらかの方法で高電場をかけた状態を維持することができれば、抵抗率が減少したままの状態を保つことができるようになるはずですが。カーボンブラックのような微粒子ではそれは難しいかもしれませんが、たとえばカーボン短繊維のような異方性のある材料を用いれば、異方性をコントロールできるのではないかと、という研究です。カーボンに限らず、超臨界下での異方性のコントロールは興味深いテーマですし、ここでもダイナミックパーコレーションが、その指標として使えることが期待されます。

## < 話題提供 >

由井先生から、「PP/HDPE/カーボンブラック コンポジットのモルフォロジーと導電性」に関する話題が提供されました。この系では導電性ネットワークの形成されやすさはカーボンブラックの種類によって異なります。比表面積の大きいカーボンブラックはHDPEを上手に利用しながら自己組織化によって導電性ネットワークを形成しますが、比表面積の小さいカーボンブラックは粒子が凝集しやすく、導電性ネットワークは形成されにくい傾向があります。この両者の違いが何に起因するかは興味深いポイントなので、今後の研究によって明らかにされることが期待されます

日ごろの研究などでこれは面白いな、不思議だなと思ったことで、学会などで発表するのは大変でそのままになっていることは多いはずですが。分科会では、こうしたテーマを会員の皆様とともに、自由な雰囲気です話し合うことができます。第1回の物性分科会では、そのきっかけを作ることができました。現在、分科会は物性分科会がスタートしたばかりですが、本四季報に案内しますように、この3月には「バイオマス分科会」が開催されます。物性分科会、バイオマス分科会にぜひ参加ください。そこから、スーパーコンポジットの芽を広げましょう。