

東京大学横関准教授と当社取締役星島が対談をおこないました

自動車材料の
パラダイムシフト

Profile

星島 時太郎 (ほしじま ときたろう)
当社取締役 兼 執行役員
(ナノマテリアル事業・新規事業担当)

Profile

横関 智弘 (よこぜき とみひろ)
東京大学 准教授
大学院工学系研究科
航空宇宙工学専攻航空宇宙システム学講座

2019年10月に当社より、東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻の横関 智弘 准教授（以下「横関准教授」）に、当社製のカーボンナノ材料が複合材料特性に及ぼす影響を題目としたカーボンナノファイバー・グラフエンの複合材料への添加効果の検証を依頼いたしました。

その検証の中で、機械特性等に関し、非常に良好な数値が得られ、本年夏ごろに本検証結果を学会発表予定でありましたが、新型コロナウイルスの影響により学会自体が中止となり、この度、学術誌『Applied Nanoscience』での論文発表となりました。

その論文の概要や、ご検証いただいた当社製のカーボンナノ材料について、また今回の検証結果から、今後どのような用途、そして未来が考えられるかなど、横関准教授と当社取締役兼ナノマテリアル事業担当執行役員星島時太郎（以下「星島」）に語っていただきました。

◆論文において、曲げ強度と弾性率について書かれていますが、特筆すべき点について、ご説明いただけますでしょうか。

横関准教授 以前、うちの研究室においてもナノチューブなど扱ったことはありましたが、基本、分散がなかなかうまくいきませんでした。弾性率は上がるが強度が出ないとか、混ぜることは出来ても凝集があり、導電率は高いけれども力学特性が全然ダメだとか……

ほとんどの場合、トレードオフという相反するものが多かった中で、今回検証したものは、比較的、しかも高い充填率まで安定して、伝導率、電気特性の向上と同時に弾性率も強度も上がっている、という結果を得たということは非常に面白いと思っただ次第です。

私どもは、力学特性を気にしているのですが、例えば、普段使えない様な樹脂が機械特性が良いということ、色々な構造部材に使えることになりまして。また、高価な樹脂をも凌駕し、繊維複合材レベルの強度だったり弾性率というものが、もし汎用樹脂で出るのであれば、より用途が広がると思うのもあって、特に強度の向上、弾性率と強度の両方がアップするという技術は非常に魅力的だなと思っていました。

今回、それが思いの外、簡単にというか（笑）かなり安定して上がっているなど感じました。

特に今回、ポリプロピレン（PP）を評価させてもらいましたが、熱可塑性なので元々柔らかく強度も出ない。それが今回の検証では、倍以上、強度まで上がっている。非常に優れたものができているのではないかと思います。弾性率は、倍ではなく、それ以上。オーダーが上がるくらいで、10倍近くまで上がっているのと、強度も2倍以上まで上がっているというのは、私の経験上では初めてかなと思いい、今回、論文にまとめたかなと思っただ次第です。

星島 その、作用機構とどうか補強機構については、我々も単なる繊維本数の差ではなさそうだなと、相互作用とか、たまたまPが……とも思いましたが、結晶性ポリマーの中に微結晶があるものなので、そうなのかなとも思いました。が、実はポリエチレンでも似たような現象が起きたりして、まあ、カーボンナノファイバー（CNF）そのものの補強性能と見た方がいいのかなと。

横関准教授 そうですね。CNFが綺麗に分散しているという要因が大きいと思います。

特に強度は、CNFが凝集してしまった瞬間にそこが起点となつてすぐ壊れるというのが常ですが、そういった現象がなく、延性的にと言いますか、普通のポリマーは柔らかくてずっと伸びて、ナノをいれると固くなり、すぐにパキンと折れてしまいます。しかし、今回の検証用のものは強度もあって延びもあるということまでできているという意味では、綺麗に分散して、樹脂の延性も残っているというところが大きいかなと思います。

星島 そもそも論で、PPが使われる用途は、車のバンパーとか他のドアトリム（ドアの内張りパネル）とか延性が必要な部品です。よね。それを弾性率上げて、薄肉にして軽量化できるとか、そういう意味ではいいところかなと。

横関准教授 そう思いますね。延性もあるまま、薄くできるといったところはいいと思います。

◆電気伝導性について

星島 あとは、電気伝導性についてもお書きになられていて、1μmジーマンスメートル（S/m）（※1）とか0.5μmとか、結構なレベルですね。PPがオームメートル（Ωm）（※2）でいうと14乗とか15乗いくところが、1乗×2乗くらいのところといけるという感じになると電磁干渉シールドで言えば、反射と吸収の両方に使える可能性があります。

横関准教授 恐らくその1ジーマンスセンチメートル（S/cm）のオーダーを発現できるという意味では、静電気の除去のレベルの線をはるかに越えてきたと思います。本当に導電材料として、シールド材含め、電磁シールドですね、反射含めてシールドのレンジにきていると思われまして。

かなり魅力的かなと。軽量体でそれが実現できるというのは、例えば後から金属を貼らなくてもいいですし、加工性も上がる訳ですね。なので、そういった意味で拡がりが見えるかなと思いますね。

この1ジーマンスセンチメートルは相当いいところですね。

星島 PPの炭素繊維補強の力テゴリーで言いますと、なかなか無かった領域だと思います。

星島 また、自動車を取り巻く電波環境についてもご教授頂きたいのですが、CNFをある程度、20%くらい入れたところから、急に導電性が

上がるということはコンタクトポイントなのかと。単純なイオン導電体という見方じゃないとすると、コンタクトポイントをどう制御するか。例えば10%前後の場合は適当な距離を保つて、要するに誘電率を向上してくれると電波吸収性能が、20%以上の添加量で繊維間距離が縮まりコンタクトしだすと、導電性が発現し電磁波シールドが可能となります。

例えば、自動運転でいうとギガヘルツ（GHz）帯を多く使っているの、反射したものが道路に反射して裏から入ると偽の像をみて運転の精度が悪くなると言うのも聞くので、そこに吸収材とシールド材、両方使用しているらしいですね。特にレーダーの76GHzとか26GHzのところにいきますと、メインの波とサイドロープが出るらしいのですが、それを吸収するとかいうことに使っているらしいですね、そういうものにもPPだけで出来るというものが、多分メリットかなという風に思っています。

横関准教授 そうですね。先ほど言った様にPPとか割と衝撃吸収とかそういったものに期待されて使っていたりする所も多いと思います。

星島 特にアンダーフロアーはPPじゃないと、石が飛んだりとかがついたりとかいう心配がありますね。

横関准教授 それだけでプラスチックの機能がもう入っているというのが魅力だと思えます。自動車だけではなく、割と樹脂製品で出来なかったものが、CNF含めて機能性を持つた樹脂が出来ている。しかも、射出とか、今までの製法と同じでできるという意味では非常に大きいと思います。

星島 射出したものの表面が非常に綺麗にできていますので、敢えて表面塗装しなくても良いとか、そういった点もメリットになるのかなと思います。

横関准教授

本当にそうですね。今までと大きく製法が変わるとか、大量生産ができないとか、ナノ材料には結構ネックがあったんです。ただ、もうそういった事はなくて、コンセプト的にはそこはもう狙わなくてよい。従来のもので出来る。だけど、綺麗に分散して多機能性を保持するという観点から開発されていると思いますので、その観点からすると非常に大きいですね。だから、他は変えなくていいままで、機能材料がうまく混ざることのできるっていう世界を開いたという意味では大きいのかなと思います。

星島 あるものによっては、これだけのヤング率(※3)が上がりますと金属部品を代えてもいいかなと：もちろん断面の二次モーメントを上げていかなくてはならないですが、金属とほぼ同じような剛性のものが、インジェクションでできるというのが大きいかなと思います。

星島 CNFが多少コスト面で不利な面はありますが、全体設計コストとかでみますと、大体イーブンになるのかなと思っています。

横関准教授 そうですね。製法が変わらないという意味では、すごく大きいと思っています。

◆熱安定性について

星島 熱的な安定度が上がりましたという点もありましたが、どういう測定でしょうか。

横関准教授 あれはTGA(熱重量分析)(※4)でして、熱分解の温度が上がるという意味では耐えられる温度が上がっているという意味です。

星島 フィラーで上がるというのは非常にいいかもしれませんね。

横関准教授 フィラーは燃えないですが、結局、樹脂が分解する温度が樹脂自体も上がっていますので、恐らく何かしら作用があるのだと思いますけれども、その辺りが上がっている意味では熱安定性も上がると。



星島 砂漠の駐車場に放置していると、下手すると100度くらいまで上がるそうですね。あの意味で耐熱性材料はみんなPPを使っているが、あれは80度位からちよつと軟化するという話を聞いたことがあります。

横関准教授 そのポイントですね。80度でも弾性率が高いというのが大きいですよ。まあ、極限的な使用かもしれないですけども、割と必要だと思っています。

星島 エンプラ(※5)を使うほどコストをかけられないので、PPを使いたいというのはよく耳にします。

横関准教授 ですの、PP系でいけるのだったら、それがいいと思います。

星島 論文の中で、当社のCNFをマルチファンクショナルと書かれていました。

横関准教授 本当に1つで色々な機能を持って発現できて、全てに性能を出すというのがほぼ無いんですね、なかなか。マルチファンクショナルの特性をいかに発現・拡大するかということに、研究、苦心してやっているのですが。

星島 我々も早速、マルチファンクショナルというワードで営業活動をさせていただいております(笑)



◆リサイクルについて

星島 あとはリサイクルのことと考えますと、チョップドファイバーだと6ミリ、3ミリですと、表面も荒れていますし、酸化しているものも多いです。

けど、ナノになりますと表面の酸化層というものはいずれにしても溶かせば浮いてくるのですけど、そのままもう1回インジェクションできるとというのが利点かと思うのですが、そういった事でよろしいでしょうか。

横関准教授 それが出来るのがいいと思います。ナノでそのままベレット化してもう1度出せば。勿論、何回リサイクルすると特性がどう変わるかおさえなくてはいいけないですが、そこがおさえられて、特性が担保できれば。是非、それも評価検証させて下さい(笑)。

本当に、何回リサイクルして強度がどうなったとか、そういったデータがなかなか無いのです。リサイクルできると言うのですが、数値が下がるのか、保持できるのか、そういったデータがないのです。これから必要になると思います。

星島 しかも、自動車部品に使われている樹脂材料はPPがメジャーです。そこをリサイクルできるようなものだと思います。

炭素繊維メーカーがSMC (sheet molding compound) でやられているが、あれがリサイクルできないのですよ。

そういう意味では炭素繊維業界において、リサイクルできた方がいいと思います。それでは、リサイクルにつきましても、先生にぜひ評価いただいて(笑)、アルミと鉄並みのリサイクル性が担保できれば、と思います。

横関准教授

勿論、多少性能が下がっても構わないですよ。設計のトレランス(許容値)をデータを基に設定すればいいので。それがどれくらいかというのが示せていないですね、今まで。なので、そういったデータが示すことが重要だと思います。

星島 また、自動車業界においては、駐車中の充電においてプラグはあまり使用したくないということで、地上コイルと車載コイルを使用する訳ですけども、その時にアンダーカバ(車載コイル)に鉄もアルミも使用できません。結局CFRP(炭素繊維強化プラスチック)でやるのか、他でやるのかという議論の中で、PPだったら、延性もあって、金属並みに防御力があって、且つ透磁率が1ですよ。要するに85キロヘルツ(※6)だと殆どロスがなくそのままコイルのやり取りができるのではないかなと思っています。いずれにしても、そういう機能を持っていると考えています。

また、導電性と電磁波のコントロールを別軸で考えています。導電性だとそのまま通電して発熱させるとか、あるいは完全にインストルメントパネル(助手席側も含めたメーター類が設置されるパネル全体)でシールドしたいとなると金属を使用しなくてはなりません。

もう1つの電磁波のコントロールの方は、若干そういうニュアンスが違つて、85MHzだったら透過します、レーダーのギガヘルツ(GHz)だったら吸収しますといったバンドパスフィルタ(必要な周波数帯のみを通し、他の周波数は通さない)というか、そういった機能が必要ではないかなと思っています。

理想は、そういうアンダーカバにPP使われているけど、コイルを入れてもそのまま使用できますよというのが理想ですね。

星島 当社製のCNFはロバスト性があるのですが、多少の誤差があっても、PPでもそうですけど、同じSI-Sカーブ(ひずみと応力のグラフ)になりますね。

横関准教授 それが重要ですね。

チャンピオンはいらなくて、変動が少ない、安定しているというのが大変重要になってきます。

星島 顧客からも、前回テスト時と全く同じカーブですねと、その点は評価いただいています。安定性という点は重要な性能の1つなので。

横関准教授 誰でも同じ機械を使って、何回やっても同じものができるというのが1番重要です。バラつきが多いと結局、設計は下振れで設計するので、あまり軽量化にもならないし、コストもかかるということになりますね。

◆最後に、今回の結果から、今後どのような用途、また未来が考えられるでしょうか。

横関准教授

今回はP P系で自動車分野のお話が多かったですけれども、基本的に樹脂材料は手軽で色々な所で使われています。さつきキーワードであったようにマルチファンクショナルというのは、今後、軽量化もそうですし、環境性だとか快適性だとか、また今回は出ていないですけど減衰効果とか乗り心地ですね、そういった色々なファクターの考え方があって、それを1つの材料に、今のところ総取りですね、全部うまくあがりますよという結果が出てきているので、その意味ではカーボンニュートラル(※6)であったり、SDGs (17の目標と169のターゲット)からなる持続可能な開発目標)だったり、色々な今のキーワードがあります。それらに根本から寄与する軽量化、多機能含めて軽量化できるという意味では非常に良い材料かなと思います。

インパクトが大きいのは自動車分野かもしれないですけど、それ以外に航空機もそうですし、色々な所に使って頂けたらと思う次第です。

今回の検証結果で、基礎的なデータとしては非常に良く、また製法としては非常に現実的な、射出ですとかですね、今の技術を使えるという意味では、大きな材料というのが私の認識で、いい未来があるのではないかなと思います。

星島

本日は、貴重なお時間を頂戴し、ありがとうございます。

今後とも、引き続きよろしくお願いしたいと思います。

横関准教授

ありがとうございます。

以上

◆注釈

※1…ジーマンス毎メートル(記号: $\frac{m}{m}$)
は、電気伝導率(電気伝導度・導電率)の単位。1ジーマンス毎メートルは、1メートルあたり1ジーマンスの電気伝導率と定義される。ジーマンス毎メートルは、電気抵抗率の単位オームメートル(Ωm)の逆数。

※2…試験物の単位体積($Unit$)当たりの体積抵抗値。

※3…フックの法則が成立する弾性範囲における、同軸方向のひずみと応力の比例定数。一般の材料では、一方方向の引張りまたは圧縮応力の方向に対するひずみの関係から求める。ヤング率は、縦軸に応力、横軸にひずみをとった応力-ひずみ曲線の直線部の傾きに相当する。

※4…材料の物理的および化学的性質の変化を熱的に分析する方法。

※5…エンジニアリング・プラスチック。特に強度に優れ、耐熱性のような特定の機能を強化してあるプラスチックの一群を指す分類上の名称。一般には、100℃以上の環境に長時間曝されても、0.5MPa以上以上の引っ張り強度と0.5%以上0.5MPa以上の曲げ弾性率を持ったものを指す。

※6…何かを生産したり、一連の人為的活動を行った際に、排出される二酸化炭素と吸収される二酸化炭素が同じ量である、という概念。

【リリースに関するお問い合わせ先】

株式会社アルメディオ

IR担当

E-Mail : ir@almedio.co.jp

【製品に関するお問い合わせ先】

株式会社アルメディオ

営業本部営業ナノマテリアル事業

E-Mail : carbon@almedio.co.jp