

多様な用途が期待できる 木質系炭素材料を開発

木質系炭素材料は、さまざまな分野でデバイスとして活用されている。水野 潤氏は木の仮導管構造を維持したまま、用途に合わせた形状に炭化するプロセス技術を駆使して新しい木質系炭素材料を開発。電極や炭素ガス無害化素子などへの展開を試みている。それらの中には実用化の段階を迎えているものも少なくない。民間企業で働いた経験があり、実用化の難しさを知っているからこそ、その手腕には国内外から期待が寄せられている。

早稲田大学
ナノ・ライフ 創新研究機構
教授

水野 潤

[みずの・じゅん] 1960年、福島県出身。東北大学工学部卒業。工学博士。大学卒業後、外資系企業に就職。その後、別の外資系企業に転じたとき、その企業から東北大学に派遣され、ナノ・マイクロ加工技術を習得した。2002年ナノテクノロジー研究所（現在のナノ・ライフ 創新研究機構）が創設され研究者が公募されたときに応募。2014年4月から現職。2度目に入った企業で管理業務が多くなったときは、ストレスから体調が悪化。早稲田大学に転じたときは給料が大幅に下がったが、「生き生きと仕事をしていると妻は喜んでいました」という。九州大学の客員教授も務めている。「第32回松籟科学技術振興財団研究助成受賞」



仮導管構造を維持して炭化する

—木材に関わる研究をされているそうですね。

間伐材の処理が日本中で問題になっていると聞いて、木材の活用について研究しようと考えたのがきっかけでした。セラミックスや活性炭など多孔質材は産業分野で広く使われています。活性炭をデバイスに適した形に加工できれば、用途が広がるのではないかと考えたのです。木には仮導管があります。その仮導管自体にも小さな孔があり、管の間を水や栄養分が行き来しています。この仮導管の構造を維持したまま炭化することができれば、安価な多孔質材が形成できることになります。

—構造を維持したまま炭化するところがポイントですか？

そこがプロセスノウハウで、一番難しいところでした。詳しくはお話しできませんが、まず一定の温度まで上げて炭化し、そのあとまた温度を上げるという方法を取っています。最初から一気に炭化する温度まで上げると燃えてしまって形も崩れてしまいます。陶器も一気に高温で焼く

と割れてしまうそうですが、同じようなイメージですね。

—その材料はすでにできているのですか？

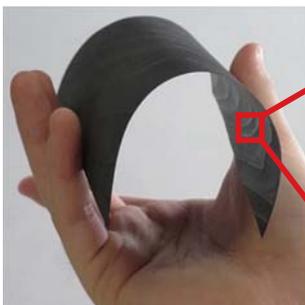
極めて細かい貫通孔を持ち、薄板化、フレキシブル化が可能な木質炭素材の開発を実現しています。私たちはこの機能性木質材料を「Film of Lignocellulosic Carbon Material」(FLCM) と命名しています。

シート状に加工できるのが特徴

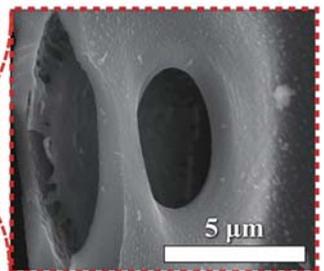
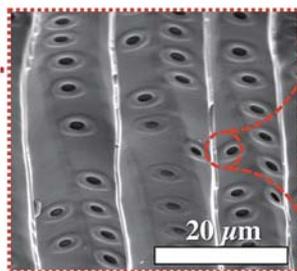
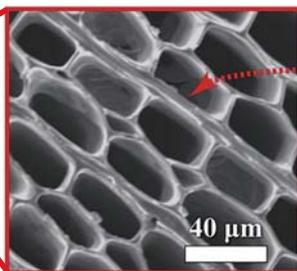
—その「FLCM」はどのような特徴があるのでしょうか？

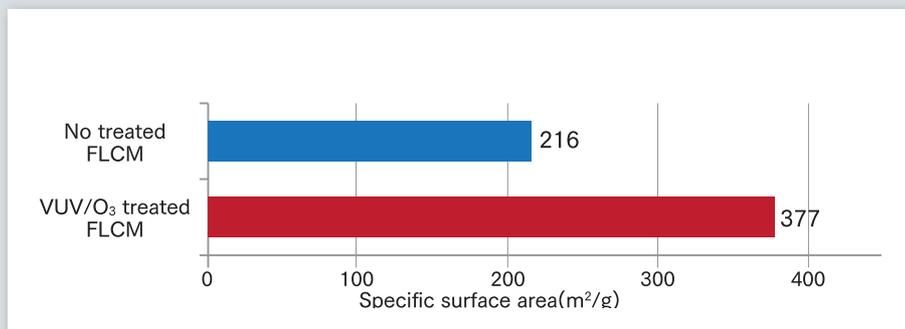
仮導管由来の貫通孔が維持されているため、バインダーを加えなくてもシート状に加工できるのが最大の特徴です。活性炭はバインダーを使わないとシート状にできません。しかし、バインダーによる封孔が起きてしまうという課題があります。FLCMはその課題をクリアしています。しかも真空紫外光 (VUV) とオゾンを組み合わせたVUV/O₃処理がFLCMの有効表面積を増大させることも発見しました。VUVで励起された酸素やオゾンが炭素表面を

FLCMの弾性変形例



シート状に加工した木質系炭素材料は加工後も階層上の仮導管構造が維持される。写真は40μmから5μmの貫通孔が無数に広がっている様子を電子顕微鏡で撮影したもの。(μm=マイクロメートル。1ミリメートルの1000分の1)





エッチングするため有効表面積が増大するでしょう。表面積が増えればそれだけ反応場が大きくなります。

——どういう用途が考えられるのでしょうか。

最初は電気二重層キャパシタにしてみようと考えました。電極材にはセラミックスがよく使われますが、セラミックスは高価で加工もしにくい面があります。FLCMでは、活性炭で薄くつくった電極とほぼ同等の電気特性などが確認できています。ただ、特性が同等だと、コストがずっと安くなければ活性炭にとって代わるのは難しいかもしれません。

炭素ガス無害化素子にも

——電極以外では？

今年の7月、カーボン系の国際学会で学生がこの研究を発表したところ、米国の食品メーカーから食品用の乾燥剤として使えないかという問い合わせが来ました。実はこの材料、水の吸着率もいいんです。今使われている乾燥剤は子どもの誤飲が問題になっています。食品と同じ容器や袋に入っているの、間違えて食べてしまうこともあるようですが、体内に入るといい影響はありません。その点、FLCMは自然の植物由来ですから体内に入ってもリスクは低い、

価格も安いということで、このメーカーは目を付けたようです。それにしても海外の企業はフットワークが軽いですね。その他にもいくつか、海外から問い合わせや引き合いが来ています。

——それ以外にもいろいろな用途がありそうですね。

実は今、一酸化炭素が社会問題になっているそうです。高層ビルでは一酸化炭素を夜中に除いているところもあるといます。FLCMに貴金属を成膜させて、触媒反応機能を付加させることができると、そうしたガスのフィルタリングにも使えるのではないかと検討しています。最近、火山の噴火の被害が問題になっていますが、登山をしていて突然噴火しても防毒マスクを持っている人はあまりいませんし、持っていないとすぐに取り出せないかもしれません。そのときFLCMのシートを1枚持っていれば、一酸化炭素ガスの吸引を大幅に防げるかもしれません。

もうひとつ、これを身近なフィルターに使う面白いプランがあります。煙の出ないストーブです。

ストーブで電池を充電

——煙が出ない……。どういうことでしょうか？



ペレット状木質系炭素材料

FLCMをペレット状に加工して、そこに竹材を入れるのです。竹は脂分を含んでいるので、着火しやすくなるうえ、燃焼効率も高くなります。完全燃焼に近い状態になります。

——完全燃焼だから煙が出ないということですか？

それもありますが、ストーブも二次燃焼を起こせるような特殊な構造をしています。だから煙はほとんど出ません。マキを割ったり運んだりするのは大変ですが、ペレットは軽いので、高齢者でも容易に扱えます。煙が完全に排出されれば、たとえば被災地の避難所でも室内で使えるかもしれません。さらに、このストーブに熱電変換のチップをつけて、暖を取ると同時に携帯電話のバッテリーを充電できるようにしようというアイデアも出ています。“IoT”(Internet of Things)を取り入れることで暖を取ったり、バッテリー充電のみならず、このストーブが燃焼しているか、または燃料が足りないかも分かるようになります。被災地が停電していたら、情報を得るには携帯電話が頼りです。でも、電池の容量が少なくなってきたら不安ですよ。そのときにこれを使うというわけです。

——それは実用化できるのですか？

ストーブはすでに、共同研究先の方が商標登録を済ませ、販売するための会社も設立されています。登山用品メーカーなどから引き合いも来ているようです。私は経営に直接携わりませんが、アドバイザーとして商品化には関わっています。

難問に挑戦してこそその人生

——木質材料以外にもいろいろな研究テーマをお持ちのようですね。

エレクトロニクス実装、有機EL関係や圧力センサーなどの研究もしています。圧力センサーはすでに商品化されています。社会にインパクトを与えそうな研究としては、ウイルスを画像化してとらえようという研究を他の大学の先生と一緒にやっています。生体組織にウイルスがどういう状態で付いているか分かれば、それに対応した医薬品がつかれる可能性もあります。

——高校生の頃は歯科技工士になるつ

もりだったとか。

父が歯科技工士をしていたのですが、私が小学生のときに亡くなりました。それで家計のことを考え、高校を卒業したら歯科技工士になって母を助けようと思ったのです。でも、高校の先生から大学受験を勧められ、進路を変更しました。大学生のときは親からの仕送りが止まった時期もありましたが、家庭教師や塾講師、面白いところではオーディオづくりなどのアルバイトもしていました。周囲の方々の温かい応援があり、乗り切ることができました。

——大学卒業後は一度就職されていますね。

外資系の企業に入りました。その後、転職した会社から、東北大学に派遣され、MEMS（微小な電気機械システム）研究の第一人者である江刺正喜先生にずいぶん鍛えていただきました。ここでナノ・マイクロ加工の知見を習得したことが、私にとっては大きな意味を持ちました。



ナノレベルまで観察できる最新鋭の超高分解能走査型電子顕微鏡

今の研究でもそこでの経験や知見がバックボーンになっています。

——先生の研究室は、学生をあまり拘束しない方針を取られているとお聞きしました。

週に1回各自の研究報告会以外は拘束しないようにしています。研究テーマでもそうですが、学生と研究テーマについてよく話し合い、学生の考えを尊重しています。そうすれば自ずと学生が考えるようになってきます。興味のある学生には研究テーマの数を決めていません。3テーマ以上持っている学生もいますよ。

研究は難しいことがたくさんあります。学生には、「難しいのがないのは無難、難しいのが有るのは有難いと読みます。考えれば自ずと分かってきますよね」と言っています。難しいことを避けて積極的に挑戦してこそその人生ですよ。私にとって学生は非常に重要な戦友です。

