

国立研究開発法人

量子科学技術研究開発機構

高崎量子応用研究所

第63号

高崎研だより



役立つ科学

酸化グラフェンの官能基制御

My favorite

弓道警察

日本/世界見聞録

私の故郷 吉林市

研究装置紹介

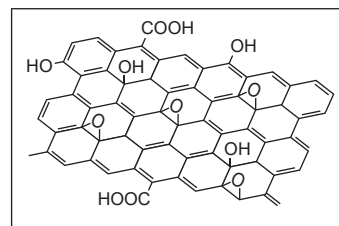
レーザー解析式粒子径分布測定装置



Q1. 酸化グラフェンとは、どのような物質ですか？

グラフェンは黒鉛（グラファイト）を原子1層の厚さまで薄くした物質で、六角形のハチの巣のような構造を持つ究極的に薄いシート状の物質です。半導体としての優れた性質を持っていることから次世代のナノエレクトロニクス材料として注目されています。

グラフェンにヒドロキシ基 (-OH) やカルボキシル基 (-COOH)、カルボニル基 (>C=O) など酸素を含む種々の官能基（酸素官能基）を付与したものが酸化グラフェンです。官能基は有機化合物の特徴や性質を左右することから、酸化グラフェンはグラフェンと異なる性質を有しています。例えば、その親水性や絶縁性から、水の浄化などに使用される吸着材料、水質モニタリング用のセンシング材料、発光材料や蓄電器など幅広い応用が期待されています。

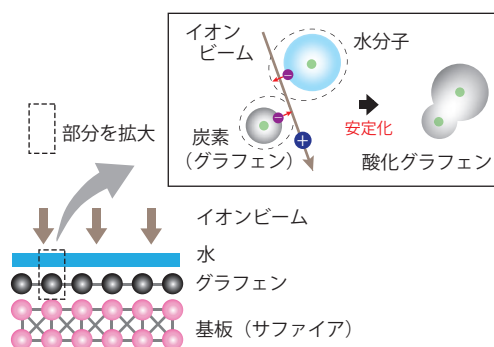


酸化グラフェンの構造例

Q2. 酸化グラフェンの製造法について教えてください

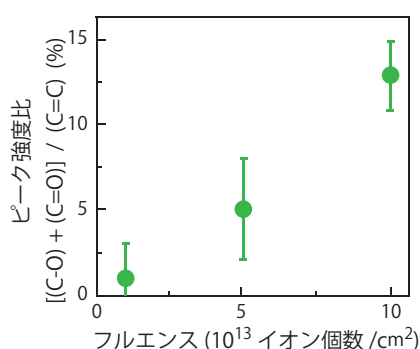
通常の酸化グラフェンは黒鉛を強酸の溶液中で酸化することで作られるため、様々な酸素官能基が混在してしまう他、数μm程度の乱雑なサイズしか得られないといった問題があります。

そこで、私たちは水の膜を形成させたグラフェンの表面に高速のイオンビームを照射することで、グラフェンの狙った位置に酸素官能基を付与できる、新たな酸化グラフェン製造法を開発しました。この製造法では、イオンビーム照射により水分子と炭素の化学結合をそれぞれ切断させて、不安定な状態をつくります。この不安定な水分子と炭素は、再び安定な状態へと戻っていく過程で化学結合の組み換えが起き、酸化グラフェンを生成させることができます。



酸化グラフェンの製造方法

Q3. イオンビーム照射による官能基付与について、もう少し詳しく教えてください。



イオンビーム照射量と付与された酸素官能基の割合との関係

左図はイオンビームの照射量（フルエンス）と酸化グラフェン中の官能基の割合を示したものです。照射量が増えるにしたがって官能基のピーク強度比が高くなっていることから、イオンビームによって官能基の量の制御が可能であることが分かります。また、イオンビームは新たに形成された酸化グラフェンの化学結合も切断することから、照射後には化学的に最も安定な官能基であるカルボニル基 (>C=O) が優先的に残ります。

このことを利用することで、ほぼカルボニル基のみを有する、すなわち官能基の種類が制御された酸化グラフェンを作製することができます。

Q4. 今後、この研究はどのように展開していくのでしょうか？

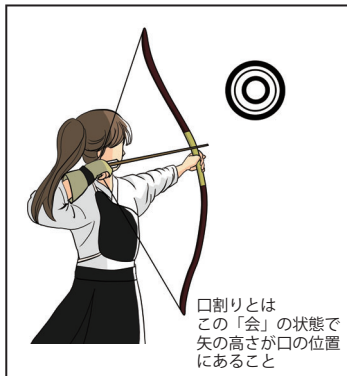
本研究で開発したイオンビームによる官能基の種類制御と任意の微細な領域のみに酸化グラフェンをつくる技術は、素子の開発に有効です。この特長を活かして、現在特定のイオンを選択的かつ高速・高感度に検出可能な超小型の化学センサーの開発を進めています。体内や周囲のわずかな環境の変化をモニターすることで、生活や医療の向上のほか、防災への貢献が期待できます。

昨今のコロナ禍ではマスクをしない人を激しく罵倒する「マスク警察」と呼ばれる迷惑な人たちが話題になっていました。人に迷惑をかけてはいけないのは大前提として、自分が信じていることと真逆のことをする人を見かければ、誰だって言いたいことの一つや二つ出てくるものだと思います。それでいうと私は自称「弓道警察」です。

警察を名乗っておいてなんですが、私が弓道に関わっていたのは中学3年間のみで、それも週4日の弓道部に所属していたというだけです。中学3年間で修めることのできる弓の道などたかが知れており、四射の内一射でも的に当たればいいほうで、現在弓道着は実家で埃を被っています。しかし、3年間繰り返し学んだことは今でも覚えています。時代劇で弓を射るシーンがあれば「口割りが低すぎでは」、学園ものの漫画で弓道部の描写



マスク警察官は再就職難



弓道警察は今も健在!?

があれば「そんな手の内じゃ顔と腕がズタズタになるがいいのか」、とあくまで心の中だけで思って鼻で笑っています。

世の中には他にも、着物の着方がおかしいからと、他人の着物の帯や襟を勝手に直してくる「着物警察」と呼ばれる迷惑な人たちがいます。そういった人たちがいる一方で、形式なんてものは時代とともに変わっていくのだから、今の作法をガチガチに守る必要はないのでは、という意見もあるようです。

いやそれは分かるけど、でもあれはケガするんだよなあ・・・と弓道歴3年は心の中で思います。

菅沼 瑠里 (イオン加速器管理課)

日本/世界見聞録

私の故郷 吉林市

WHOによるCOVID-19のパンデミック終息を受け、いつも気に掛けていた年配の母親をGW期間中3年ぶりに訪ねました。成田空港から長春龍嘉空港まで飛行機で3時間、その後車を1時間走らせると、私の故郷吉林市に到着します。

吉林市は、中国東北部の吉林省にある山と水で有名な都市です。東に龍潭山(りゅうたんざん)、西に小白山、南に修羅山、北に大北山などの山々があり、市内には松花江が流れています。丰满(ふえんまん)、白山、紅石(ほんし)の3つの水力発電所の建設により、一江三湖の美しい景色が形成されています。



山々に囲まれた松花湖

吉林市は温帯季節風気候で、四季がはっきりしています。夏は高温多雨で、冬は寒く乾燥しています。特に注目すべきは冬です。松花江は真冬でも凍結しないため、川面付近の水蒸気が氷点下20~25℃



霧氷、樹氷、そして青空

の空気で冷やされ、松花江沿いは霧氷で覆われます。この霧氷と雪を被って煙や霧のように見える柳の木々が青空と相まって、天と地の境界が分からなくなり、仙境に入ったような気分になります。吉林霧氷は、桂林山水、雲南石林、長江三峡と並んで中国四大奇観として知られています。

吉林の独特な気候は、高品質の人参、靈芝(れいし:きのこの一種)、鹿茸(ろくじょう:生え始めた鹿の角)などの貴重な薬材の他、タンパク質が豊富で栄養価の高いヘーゼルナッツや松の実も育みます。吉林を訪れる機会がありましたら、自然の脅威を体験し、お土産に特産品をお求めいただければと思います。忘れられない旅となること間違いなしです!

ザオ ユエ (先端機能材料研究部)

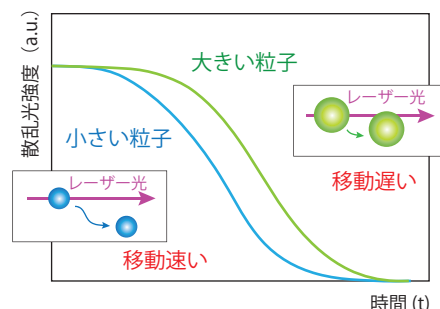
【原理と特徴】

溶液や懸濁液中でブラウン運動をしている粒子にレーザー光を照射すると、粒子の大きさに応じた散乱光が生じます。小さな粒子は激しくブラウン運動しているため、急激に散乱光強度が減少します。一方で、大きな粒子の場合はブラウン運動が緩慢のため、時間経過とともに緩やかに散乱光強度が減少します（右図参照）。

この散乱光強度の時間的な変化を解析する手法である動的散乱法により、粒子の動きやすさ（拡散係数：D）を見積もることができます。さらに、次式により粒子の大きさを決定することが可能です。

$$d = \frac{kT}{3\pi\eta D}$$

dは粒子径、kはボルツマン定数、Tは絶対温度、ηは溶媒の粘度です。



動的散乱法による粒径測定

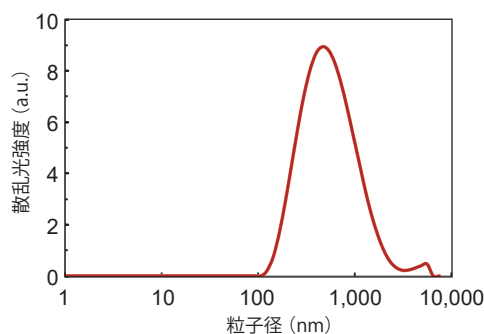
高崎量子応用研究所の所有するレーザー解析式粒子径分布測定装置は、粒子を含む溶液にレーザー光を照射し、試料の後方173°に設置した検出器で散乱光を捉える後方散乱検出法を採用しています。後方散乱検出法の優位点として、①入射光がサンプル内を短距離しか通過しないため、高濃度サンプルを測定できる、②粒子の散乱光が別の粒子によって再度散乱される多重散乱を抑制できる、③前方に散乱光を発生する塵などの大きな混入物の影響を軽減できる、などがあります。

また、粒子表面の電荷の大きさを表す表面電位（ゼータ電位）も測定可能です。すべての粒子が正または負の大きなゼータ電位の場合粒子同士は凝集しませんが、ゼロまたは小さい場合は凝集します。

【実際の分析例】

牛乳の成分は「カゼイン」と呼ばれるリンタンパク質が集合した球状の塊（コロイド）で、その大きさにより食感が異なると言われていています。一般的な市販牛乳を超純水で0.1 wt%に希釈して、レーザー解析式粒子径分布測定装置で粒径分布を測定しました。その結果、下図のように、その粒径が50～6,000 nmであることが分かりました。市販牛乳は、可視光の波長(400～600 nm)と同程度の大きさの粒子を含んでいるため、太陽光の下では可視光を散乱し、あの白い、濁った色に見えます。

研究では、正常な細胞と異なり、がん細胞は血管と組織を隔てる壁に穴(100 nm)が開いていることを利用して、ゼラチンに放射線を照射して小さなゼラチンナノ粒子を製作し、これにがん診断薬や抗がん剤を担持してがん細胞のみに侵入する治療薬の開発を行っています。このゼラチンナノ粒子の粒径測定にも、当該装置を利用しています。



市販牛乳の粒子径分布測定

Qメッセージ

高崎量子応用研究所は今年生誕60周年を迎えます。人だちと還暦、長寿のお祝いです。その時代の期待を一身に背負い、活力最高で誕生した高崎研は、設立当時の斬新さが衰えぬよう、何世代もの研究者が社会還元につながる先駆的研究を推進し、研究所の活気ある、進歩的寿命を継続させてきました。QST第2期中長期計画の開始と重なった節目の年、良いスタートを切れるよう、先見性と創造的発想を磨き、知の発信拠点に向けて邁進いたします。
(量子バイオ基盤研究部長 石岡 典子)