

令和元年 5 月 23 日

魅力的な元素“炭素”に化学+αの異分野融合で挑む

◆発表のポイント

- ・資源枯渇が懸念される金属の代替として、炭素を利用した新素材の開発が求められています。
- ・注目の炭素材料である酸化グラフェンをはじめとした、炭素を含む分子や材料を合成・製造し、触媒・電池・ゴム・薬剤など、幅広い用途へ適用することを目指しています。
- ・将来的に、企業や海外の研究者と交流しつつ、従来の金属材料を代替する炭素材料を開発することを目標としています。

資源枯渇の懸念がなく、金属の代替として期待されている炭素。大学院自然科学研究科（工）の仁科勇太研究教授の研究室では、この炭素に着目して、従来の材料を超える性能をもつ材料や、金属を代替する材料の開発を目指しています。これまでに酸化グラフェンの効率的な製造法などを開発し、また研究機関や企業などに試料提供をスムーズに行えるよう、製造・販売を行うための企業を設立しました。

優れた材料を開発するためには、我が国の産業を牽引してきた化学の知識と技術を応用し、“原子・分子レベルで考える”ということが欠かせません。日本の強みである分子化学を基盤とし、周辺分野を横断することにより、炭素の基礎から応用に至る一貫通貫型の研究を目指しています。

■発表内容

<導入>

金属資源の枯渇問題を解決するために、平成 19 年から文部科学省・経済産業省が主導してきた“元素戦略”は、化学研究の基盤思想として多くの研究者に認知されています。現在、周期表には 118 番目までの元素が掲載されていますが、その中でも注目されている元素は、資源枯渇の心配がほとんどない炭素（原子番号：6）です。

仁科研究教授が属する岡山大学自然科学研究科応用化学専攻機能分子工学研究室では、合成化学を研究の基盤とし、この知識や技術を炭素材料の研究に適用した新たな研究領域を展開しています。

<背景>

炭素材料は、我々の身の回りのさまざまなところに存在しています。高価なダイヤモンドからバーベキュー用の炭、鉛筆の芯、さらにはタイヤの添加剤にいたるまで、同じ元素とは思えないほど多様な用途（および価格）に富んでいます。加えて最先端の研究においては、炭素の用途をさらに広げるべく、多面的な検討がなされています。

その中でも、炭素材料の新たな製法を開発することは、材料のコストや性能に大きな影響を与えるため、最も重要な研究課題の一つです。炭素材料は、原子や分子を組み上げて作る“ボトムアッ

PRESS RELEASE

ブ法”と、石炭や黒鉛など大きな塊を粉碎や剥離して加工する“トップダウン法”により製造できます。ボトムアップ法では、ブロックを組み上げるように炭素を有機化学的に合成していくことができ、その構造を原子・分子レベルで制御できるという利点がある一方で、量産化が困難という課題があります。そのため、ボトムアップ法により製造される実用的な炭素材料は、タイヤなどに添加されるカーボンブラック類に限定されており、その製法はいわゆる不完全燃焼で煤を得るようなもので、ボトムアップ法に期待されている構造の精密制御には至っていません。一方、トップダウン法は粉碎などの簡単な操作で大量に炭素材料を得ることができるため、実用化に適していますが、先端材料に求められる精密な構造制御が困難という欠点があります。つまり、量産が可能かつ構造が精密に制御できるという2つの点を満たすことが、現在の炭素材料の研究課題といえます。

<研究内容>

この課題を解決すべく検討した結果、合成化学の手法を用い、塊状の炭素原料（黒鉛）を精密加工することにより、酸化グラフェンという炭素材料を量産することに成功しました。酸化グラフェンは、厚みは1 nm、面方向のサイズは100 nm～100 μm 程度のナノシート状物質です。また酸化グラフェンは、グラフェン（2004年にノーベル物理学賞の対象、2030年にはその関連製品が1000億円の市場予測）の素となる物質として注目されています。2013年に100 gスケールでの製造に成功し、それ以後、NEDO「低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト」で500 g、環境省「CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」で10 kgスケールでの製造を企業と連携して成し遂げました。こうしたスケールアップは、単に反応容器を大きくすればよいだけでなく、反応中に起きている現象を分子レベルで理解しなければ爆発などの危険を伴います。反応メカニズムを解明するために、大型放射光施設 SPring-8などで、高輝度 X 線を使った反応中間体の構造決定を実施しました。経験や勘に頼るのではなく、科学的に安全性を証明しながら、徐々にスケールアップを進めてきました。

実用化に辿り着くためには、スケールアップだけでは不十分です。狙いの用途に合わせて、炭素の構造を自在に操る必要があります。塊状の黒鉛から酸化グラフェンを作製する際に、酸化剤の種類や量、反応条件を精査することにより、炭素の酸化度（酸素の量）を自在に調節する手法を確立しました。これにより、電池・触媒・分離膜・潤滑添加剤・ゴム添加剤・医薬品など、幅広い用途に最適な酸化グラフェンを提供でき

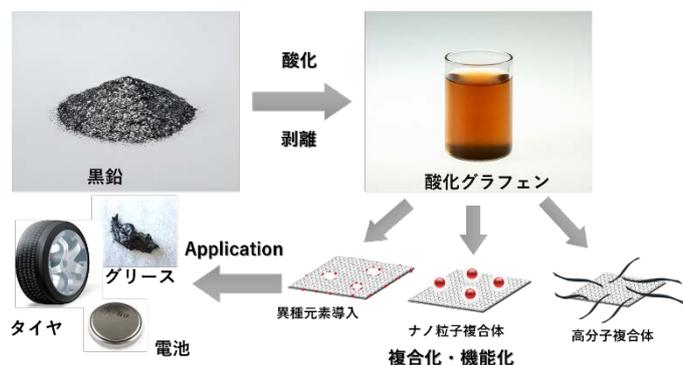


図1. 酸化グラフェンの作製と応用

るようになりました（図1）。そして、この技術を基に、基礎研究を行っている国内外の大学や研究機関と強固な協力体制を構築することができました。JST「国際科学技術共同研究推進事業」では、フランスの研究者とバイオ燃料電池に用いる炭素材料を開発したり、農水省「革新的技術創造促進事業」および「木材のマテリアル利用技術開発事業」では、木材を熱処理して得られる炭素材料の

PRESS RELEASE

構造を制御して潤滑添加剤やゴム添加剤に応用したほか、参画している JST「CREST（代表：京都大 生越友樹 教授）」では、結晶性の 3 次元カーボン構造体を電池や触媒に応用することに成功しています（図 2）。その他にも、科学研究費補助金など、基盤的研究においても多くの研究者に炭素材料を提供し、共同研究を進めています。

しかし、最先端の材料であるが故、企業には簡単に試料提供ができないという難しさも経験しています。なぜなら、企業が研究開発の目的や得られるデータを秘密にしておきたいという場合が多かったためです。また、大学から企業に試料を提供するためには秘密保持や共同研究の契約などが必要で、大学教員・企業ともに時間が取られ、モチベーションが上がりにくい状況となっていました。しかし、世界の研究者は待ってくれません。どんどん新規炭素材料を開発して、特許や論文を報告しており、その流れに日本は完全に乗り遅れていました。こうした状況を少しでも打破したいと考え、自ら企業を設立し、そこから試料提供をスムーズに行える環境を整えました。設立して 6 期が経ち、これまでに国内の多くの化学メーカーや電機メーカーに試料を届け、炭素材料の研究開発に貢献できたと考えています。こうした取り組みは、米国雑誌 C&E News において、日本におけるオープンイノベーションの成功例として取り上げられました。

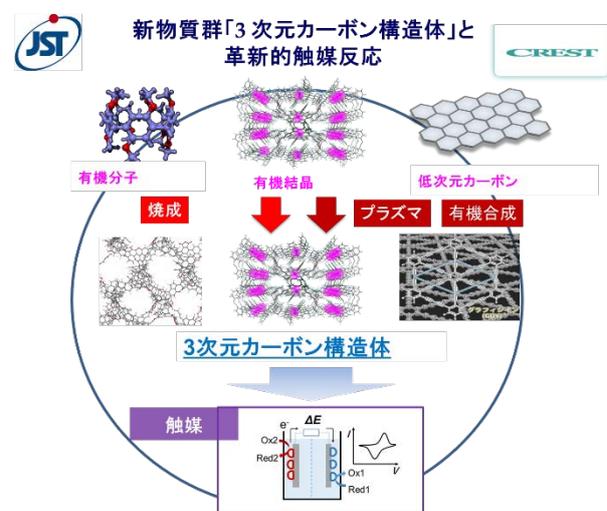


図 2. 3 次元カーボン構造体の研究

<展望>

本研究室で作り出される炭素材料は、「2030 年に花開く十大材料」として雑誌に取り上げられるなど、新素材として大変注目されています。そのため、早く成果を出さなければ、と焦る気持ちもありますが、着実に一つ一つ課題を克服していこうと心を落ち着かせています。現在研究室には、主宰者の仁科研究教授に加え、特任准教授 1 人、特任助教 4 人、研究員 8 人の“大人の研究者”と、学生 14 人が研究に励んでいます。また多くの外国人が在籍しており、2019 年 5 月現在は 9 人がアジアやヨーロッパから来ています。このように、普通の研究室とは一風変わった構成となっていますが、日本人学生や研究者はこの状況をうまく活用し、社会性や国際性を身に着け、将来は世界に羽ばたいてもらいたいと思っています。

<略歴>

1984 年生まれ。岡山大学中退、岡山大学大学院自然科学研究科修了、博士（工学）。専門は有機化学、材料化学。2010 年、岡山大学異分野融合先端研究コアに着任し、現在に至る。2018 年に研究教授の称号を付与。

<お問い合わせ>

岡山大学大学院自然科学研究科（工）

研究教授 仁科 勇太

（電話番号）086-251-8718

（FAX）086-251-8718



岡山大学は、国連の「持続可能な開発目標（SDGs）」を支援しています。