

令和3年5月10日

報道機関 各位

東北大学 材料科学高等研究所
東北大学 多元物質科学研究所

電池性能をUPさせるカーボン新素材 「グラフェンメソスポンジ」のサンプル提供を開始

【研究成果のポイント】

- ・多孔性と耐久性を両立したカーボン新素材「グラフェンメソスポンジ (GMS)」(注1)のサンプル提供を開始します。
- ・スーパーキャパシタ、リチウムイオン電池、燃料電池、リチウム硫黄電池、全固体二次電池、空気電池などの各種電池において、活物質や導電助剤として利用することで、性能UPが期待できます。
- ・電池以外にも、大容量の吸着材、応力で吸脱着可能な吸着材、酸化耐性と細孔容量に優れる電極担体など、様々な用途展開が期待できます。

【概要】

カーボン材料は電池の必須構成要素であり、活物質や導電助剤として広く利用されています。しかし、従来のカーボン材料においては、多孔性（電気を貯める量に関係）と耐久性はトレードオフの関係にあり、これが電池の高性能化や次世代電池の実現の大きな障害となっていました。東北大学が開発したカーボン新素材 GMS は、緻密に設計されたナノ構造により、従来のカーボン材料を大幅に上回る優れた多孔性と酸化耐性（化学的な耐久性）の両立を実現しています。また、この材料は柔軟であり、可逆的に圧縮・復元が可能です。したがって、充放電に伴い激しく構造変化をする活物質の動きに追従することができ、機械的な耐久性にも優れています。

2021年度の東北大学発ベンチャー起業支援プログラムに採択され、GMSの工業化を目指すことになりました。そこで2021年5月より、MTA契約に基づく一般へのサンプル提供（有償）を開始いたします。

【詳細な説明】

(背景)

カーボン材料は電池の必須構成要素として広く使用されています。従来の材料には、黒鉛、カーボンブラック、活性炭、カーボンナノファイバー、カーボンナノチューブなどがありますが、これらの材料において、多孔性（電気を貯める量に関係）と耐久性の両立は困難でした。

東北大学ではカーボン材料におけるこれらの問題を解決できる新素材として、GMSの開発を2016年に発表しました。GMSの構造模型を図1に示します。GMSは欠陥の無い1枚のグラフェンシート（注2）が泡状の構造となったものであり、1つの泡（細孔）の大きさはおよそ3~8 nmです。



図1 GMSの構造模型

GMSの構造（図1）は電池用カーボン材料として緻密に設計したものであり、そのユニークな構造によって以下に示す特徴を持たせています（図2）。

- 特徴① 細孔壁がグラフェンシート1層であるため、比表面積が2000 m²/g程度と活性炭並みに大きい。
- 特徴② 直径3~8 nmの泡状構造により、細孔容積が3~4 cm³/gと非常に大きい（活性炭の2~3倍以上）。活物質を大量に担持可能。
- 特徴③ 細孔壁のグラフェンシートに欠陥が無いいため、酸化耐性（空気酸化、薬品酸化、電気化学酸化含む）が非常に高い（活性炭、多孔性カーボンブラック、カーボンナノチューブを上回る）。
- 特徴④ 高品質なグラフェンから成るため、カーボンブラック並みに導電率が高い。
- 特徴⑤ 引張強度が高く柔軟なグラフェンシート1層で構成されるため、伸縮性に優れる。ナノ細孔が可逆的に圧縮・復元するため、激しく構造変化する活物質にも追従可能。



図2 GMSの特徴

従来のカーボン材料に対する GMS の優位性を図 3 に纏めます。GMS では、従来は困難であった多孔性と耐久性を両立しています。さらに、柔軟に変形できる多孔性カーボンは GMS だけの特徴です。

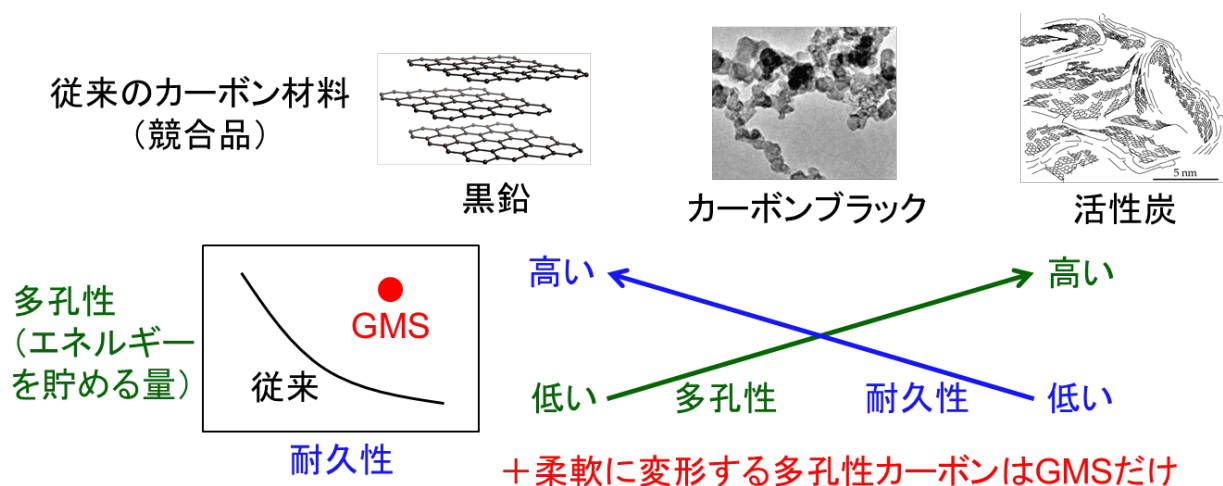


図 3 従来の材料に対する利点

GMS は電池の性能を向上させるカーボン新素材として、色々な場面での利用が期待できます。以下に、いくつかの例を示します。

例1) スーパーキャパシタ

従来の材料である活性炭に対し、比表面積は同程度であるが、導電率が高く、耐電圧が高い。典型的な有機電解液を使った対称セルでの比較では、従来材料の活性炭の耐電圧は 2.8 V、これまで最高の材料であったカーボンナノチューブの耐電圧は 4.0 V であるのに対し、GMS は最大で 4.4 V を達成。高電圧モジュール作製において、単セル積層数を従来の 6~7 割程度に削減可能。

Energy Environ. Sci., **12**, 1542, 2019、特許第 6782950 号、特許第 6782951 号

例2) リチウムイオン電池

様々な活物質との相性に優れ、なおかつ耐酸化性に優れることから、電池の高容量化、長寿命化、高電圧化が期待できる。

出願準備中

例3) 燃料電池

Pt 等の触媒を大量に担持可能。耐酸化性に優れるため、触媒の長寿命化が可能。

Electrochim. Acta, **370**, 137705, 2021、特許第 6460448 号

例4) リチウム硫黄電池

硫黄を大量に担持可能。硫黄の体積変化に追従可能。また耐酸化性に優れるため、電池の長寿命化が可能。

特開 2020-140950

例5) 全固体電池

硫黄を大量に担持可能。硫黄の体積変化に追従可能。また耐酸化性に優れるため、電池の長寿命化が可能。高温での耐久性も良好。

特開 2020-140950

例6) 空気電池など

メソ細孔容積が大きく、耐酸化性に優れるため、電池の高容量化や長寿命化が期待できる。

【今回のサンプル提供の趣旨】

東北大学が開発したカーボン新素材 GMS は従来から利用されている電池の性能向上に利用でき、次世代電池の実現にも役に立つことが期待されています。電池の性能向上は、自然エネルギー発電用の蓄電システムの開発、低環境負荷な電気自動車や燃料電池自動車の利用拡大に必須の要素です。そこで東北大学材料科学高等研究所の西原洋知教授らの研究グループは、GMS を社会に供給し、SDGs 達成に貢献できるものと考えています。

西原 洋知教授らの研究グループは、2021 年度の東北大学発ベンチャー起業支援プログラムに採択されました。GMS の工業化を目指し、MTA 契約に基づき 2021 年 5 月より、有償でのサンプル提供を開始します。これまで研究室でのサンプル製造能力が限られていたため、サンプルの提供は限定的でした。本年度は GMS 製造量を数百 g ～ 数 kg 程度に引き上げ、数 g ～ 数十 g の単位で潜在的ユーザーに広く提供可能です。それぞれの用途における味見実験に利用頂き、そのフィードバックを得ることで、ユーザーのニーズ及び材料の改良・改善等の課題の収集を行います。ユーザーにとって、直ちに高性能化の達成に繋がる可能性や、今後有望な技術に発展するシーズの発掘、もしくは東北大学西原研究室との新材料開発の契機になる可能性が期待できます。

GMS は他のカーボン材料とは性状が異なり、用途に応じた適切な取り扱いが必要となるため、サンプル提供と同時に西原教授が専門的な助言を行います。新素材の探索や新技術の開発にご興味がある方は、是非ともお問い合わせ下さい。

【用語解説】

注 1) グラフェンメソスポンジ (GMS)

東北大学が 2016 年に発表したカーボン新素材。3～8 nm の泡状の細孔構造をしており、細孔壁は欠陥の無いグラフェンシート 1 層で構成されているため、多孔性と耐食性を両立している。詳細は下記の論文と特許を参照。

(論文) DOI: 10.1002/adfm.201602459

(特許) 特許第 6460448 号

注 2) グラフェンシート

炭素原子 1 個の厚さ (約 0.34 nm) のシート状物質。黒鉛 (グラファイト) や他のカーボン材料を形成する基本構造。1 枚のグラフェンシートは「グラフェン」と呼ばれる。1 枚のグラフェンシートの比表面積 (面積を重量で割った値) は $2627 \text{ m}^2/\text{g}$ と非常に大きい。従来のカーボン材料ではグラフェンシートが積層して比表面積が低下している。グラフェンシートの端 (エッジ) は水素原子や酸素原子で終端されている。このエッジは酸化されやすく、電池の正極ではカーボン材料が酸化劣化する。また、エッジは正極でも負極でも電解液の分解反応を促進する性質がある。このため、カーボン材料のエッジは電池を劣化させる原因の 1 つになっている。GMS はエッジが殆ど存在しない高品質な単層のグラフェンシートから構成されるため、耐久性が高くなおかつ比表面積が大きい。

【研究について】

本研究は、JST さきがけ「超空間制御と革新的機能創成」研究領域 (研究総括: 黒田一幸早稲田大学理工学術院教授) における研究課題「応力で自在に変形する超空間をもつグラフェン系柔軟多孔性材料の調製と機能開拓」(代表者: 西原洋知) の支援を受け萌芽的研究を開始し、科学研究費補助金 17H01042 の支援で更なる検討を重ねた結果得られた成果です。

【お問い合わせ先】

(サンプル提供、研究関連について)

東北大学 材料科学高等研究所 / 多元物質科学研究所

教授 西原 洋知 (にしはら ひろとも)

電話 : 022-217-5627

E-mail : hirotomo.nishihara.b1@tohoku.ac.jp

(報道関連)

東北大学 材料科学高等研究所 広報戦略室

電話 : 022-217-6146

E-mail : aimr-outreach@grp.tohoku.ac.jp