



令和3年10月19日

報道機関 各位

熊本大学

## 酸化グラフェンによる新型コロナウイルスの抑制 -炭素材料からなる抗ウイルス製品開発に期待-

### (ポイント)

- 新型コロナウイルスに対する酸化グラフェンの高い吸着力と抗ウイルス効果を発見
- 酸化グラフェンによる新型コロナウイルス不活性化のメカニズムを解明
- With/Postコロナ時代を見据えた、酸化グラフェンを用いた抗ウイルス製品開発に期待

### (記者発表について)

本研究成果について、Zoomを利用して詳細を説明する機会を以下のとおり設けます。参加を希望される場合は、熊本大学総務部総務課広報戦略室まで、メール（[sos-koho@jimu.kumamoto-u.ac.jp](mailto:sos-koho@jimu.kumamoto-u.ac.jp)）でご所属とお名前をご連絡ください。折り返し詳細をご連絡いたします。

〈日時〉 令和3年10月26日（火）13:00～14:00

※恐れ入りますが、準備の都合上、10月25日（月）17:00までにご連絡願います。

### (概要説明)

熊本大学大学院先端科学研究部の速水真也教授、同大学院自然科学教育部博士後期課程2年の福田将大大学院生、同ヒトレトロウイルス学共同研究センターの池田輝政准教授、同大学院生命科学研究部の福田孝一教授、同産業ナノマテリアル研究所のMd. Saidul Islam特任助教らの研究グループは、新型コロナウイルスに対する酸化グラフェン<sup>\*1</sup>の高い吸着力と抗ウイルス効果を発見し、ウイルス不活性化のメカニズムを実験的に明らかにしました。

研究グループはまず、プラークアッセイ法<sup>\*2</sup>およびリアルタイムRT-PCR法<sup>\*3</sup>により、酸化グラフェンが、新型コロナウイルスの感染性を98%減少させることを見出しました。また、透過電子顕微鏡(TEM)を用いた観察および、新型コロナウイルス構成タンパク質の定量解析により、酸化グラフェンによるウイルス不活性化のメカニズムを初めて明らかにしました。さらに酸化グラフェンを塗布したフィルターへのウイルス活性評価を行ったところ有意性が確認されました。したがって、酸化グラフェンを使用した不織布マスクやフィルター、塗布材等の抗ウイルス製品の開発は、With/Postコロナ社会<sup>\*4</sup>基盤の確立へ貢献することが期待されます。

本研究結果は、令和 3 年 10 月 14 日に学術雑誌「ACS Applied Nano Materials」にオンライン公開され、本学術論文は Supplementary Cover に選出されました。なお、本研究は文部科学省科学研究費補助金、日本学術振興会 卓越研究員事業、科学技術振興機構 (JST) 研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP、JPMJTM20SL)、熊本大学 COVID-19 研究プロジェクト(アマビエ研究推進事業)などの支援を受けて行われました。

## (説明)

### [背景]

新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) は、2021年10月現在、全世界で約2億人以上の感染者、約500万人の死者を出しており、我々人類の脅威となっています。新型コロナウイルス感染拡大を防止または緩和するための戦略として、例えば、日常生活で使用するフェイスマスクなどの新型コロナウイルス対策製品の開発は、ウイルス感染拡大を抑制するために重要な役割を果たすことが期待されており、ウイルス不活性化機構の解明や優れた抗ウイルス材料の開発が求められていました。

### [研究の内容]

抗ウイルス材料研究の中でナノマテリアル<sup>\*5</sup>は、その高い表面積とユニークな化学的・物理的特性により注目されています。その中でも酸化グラフェンは、容易かつ安価に製造することができ、人体への毒性が低いため、次世代の生物活性材料として有望視されています。本研究では、新型コロナウイルスに対する酸化グラフェンの抑制活性の評価と、その作用の仕組みを解明しました。

はじめに、プラークアッセイ法およびリアルタイムRT-PCR法により、新型コロナウイルスに対する酸化グラフェンの抗ウイルス活性を評価しました。酸化グラフェン分散液にウイルスを混ぜて60分間培養すると、ウイルスの感染性を98%にまで減少させることが分かりました (図1)。

続いて、酸化グラフェンによる抗ウイルス活性の作用の仕組みの解明を試みました。透過電子顕微鏡 (TEM) による観察を行ったところ、新型コロナウイルスの特徴的なスパイクタンパク質の存在を観察することができました (模式図: 図2a、TEM像: 図2b)、酸化グラフェン存在下では、スパイクタンパク質が消失した状態の新型コロナウイルスが酸化グラフェンに吸着していました (図2c)。また、酸化グラフェン存在下では、時間依存的にスパイクタンパク質およびヌクレオカプシドタンパク質<sup>\*6</sup>の量が減少しました (図2d, e)。これらの結果から、酸化グラフェンの抗ウイルス活性は、酸化グラフェンが新型コロナウイルスを吸着した後、ウイルスタンパク質を分解しているためであることが分かりました (図3)。

抗ウイルス活性をもち、炭素材料でもある酸化グラフェンは、ポリマー材料との混合や材料への表面塗布などによる抗ウイルス製品の開発が期待されます。酸化グラフェン分散液を塗布したフィルターについてウイルス活性評価を行ったところ、酸化グラフェンを含まないものに比べて不活性化が高いことが分かりました。

## [展開]

本研究では、酸化グラフェン分散液を用いて新型コロナウイルスの不活性化の検証を行い、そのウイルス不活性のメカニズムを実験的に明らかにしました。酸化グラフェンは、コーティングされたマスクやフィルターへの応用など、さまざまな製品に抗ウイルス性を付与することが望めます。今後は、酸化グラフェンを用いた不織布やフィルターを開発し、**With/Post**コロナ社会の基盤となる抗ウイルス製品への展開が期待されます。

## [用語解説]

### \*1：酸化グラフェン

酸化グラフェンとは、黒鉛を酸化させることにより得られ、厚さはおよそ 1 nm、サイズは 1~20 μm のシート状の素材です。そのため、高い表面積を有し、表面に存在する酸素官能基により親水性や電気絶縁性を示します。

### \*2：プラークアッセイ法

被験物質中のウイルスの感染能を測定するのに用いる定量法の 1 つです。ウイルスが標的細胞に感染すると細胞が壊死しますが、寒天などでウイルスが広がらないようにして培養すると点状に細胞変性が起こります。この点（プラーク）を数えることにより、ウイルスの量を定量することができます。

### \*3：リアルタイム RT-PCR 法

PCR 法は、DNA 配列上の特定の領域（目的領域）を、耐熱性 DNA ポリメラーゼを用いて数百万から数十億倍に増幅させる方法です。RT-PCR 法は、RNA に対して PCR を行う手法です。リアルタイム PCR は、DNA 増幅産物を定量できる方法で、感染性病原体（ウイルス）の定量などが可能です。

### \*4：With/Post コロナ社会

新型コロナウイルス感染症の影響により、様々な産業の動向や日々の生活が急遽大きく変化しました。「With コロナ社会」は当面の間ウイルスとの共存を求められる社会、「Post コロナ社会」は、ある程度収束し社会全体が変化する社会を指しています。

### \*5：ナノマテリアル

ナノマテリアルはサイズがナノメートルオーダー（1 ナノメートル：10 億分の 1 メートル）の材料です。ナノマテリアルには、二次元への広がるナノシート、一次元への広がるナノロッド、粒状の形状をとるナノ粒子が含まれています。ナノマテリアルは高い表面積を有し、また特異な反応性や電氣的、磁氣的性質など示すことから、様々な分野で次世代の材料として注目されています。

### \*6：ヌクレオカプシドタンパク質

ウイルスのゲノムと複合体を形成するタンパク質。

(論文情報)

論文名 : Lethal Interactions of SARS-CoV-2 with Graphene Oxide: Implications for COVID-19 Treatment

著者 : Masahiro Fukuda#, M. Saidul Islam#, Ryo Shimizu, Hesham Nassar, Nurun Nahar Rabin, Yukie Takahashi, Yoshihiro Sekine, Leonard F. Lindoy, Takaichi Fukuda\*, Terumasa Ikeda\*, and Shinya Hayami\*

(#: equal contribution, \*: equal correspondence)

掲載誌 : ACS APPLIED NANO MATERIALS

doi : doi.org/10.1021/acsanm.1c02446

URL : https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsanm.1c02446

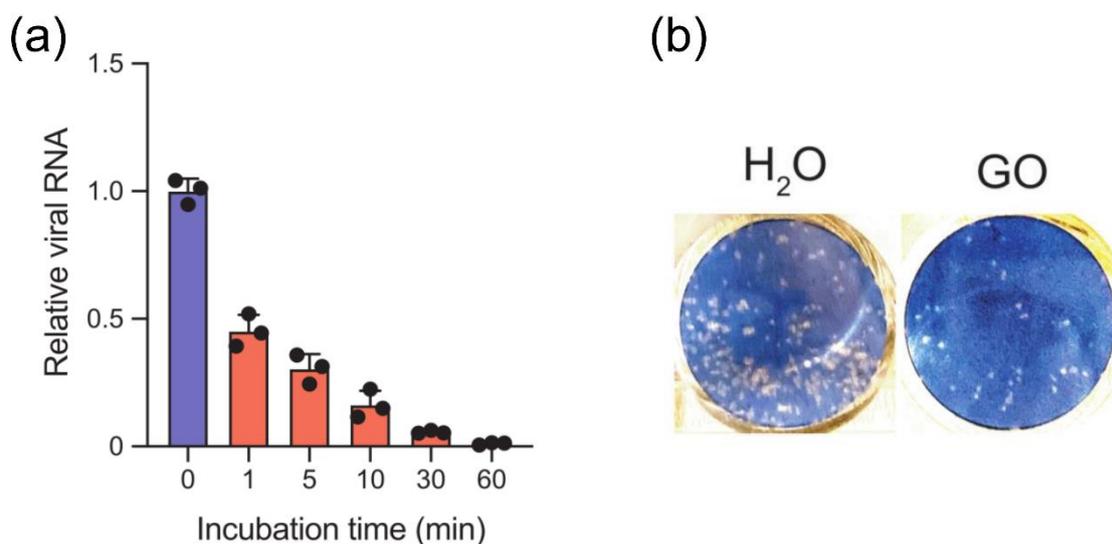


図1. (a)リアルタイムRT-PCR法によるウイルス存在量の測定. 酸化グラフェンの存在下では、新型コロナウイルスが時間経過と共に減少する. (b)プラークアッセイ試験結果. 新型コロナウイルス感染により、感染細胞が壊死し、白い点（プラーク）が生じる（左図）. 酸化グラフェン（GO）と60分間培養することで、新型コロナウイルスは不活性化され、プラークが減少する（右図）.

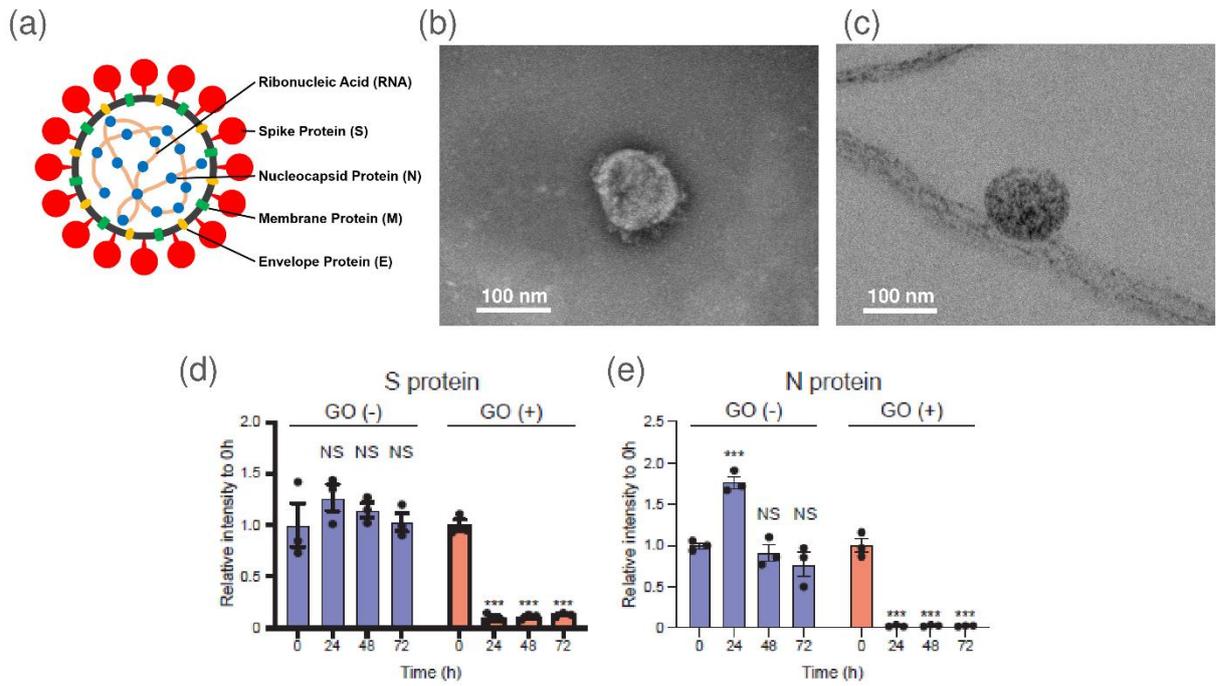


図2. (a) 新型コロナウイルスの構造模式図. (b) 新型コロナウイルスのTEM像. 表面にスパイク状構造が観察される. (c) 酸化グラフェン表面に付着した新型コロナウイルスのTEM像. スパイク構造が消失しているように見える. (d) 酸化グラフェンの有無によるスパイクタンパク質 (S protein) および、(e)ヌクレオカプシドタンパク質 (N protein) 相対量の時間依存的変化.

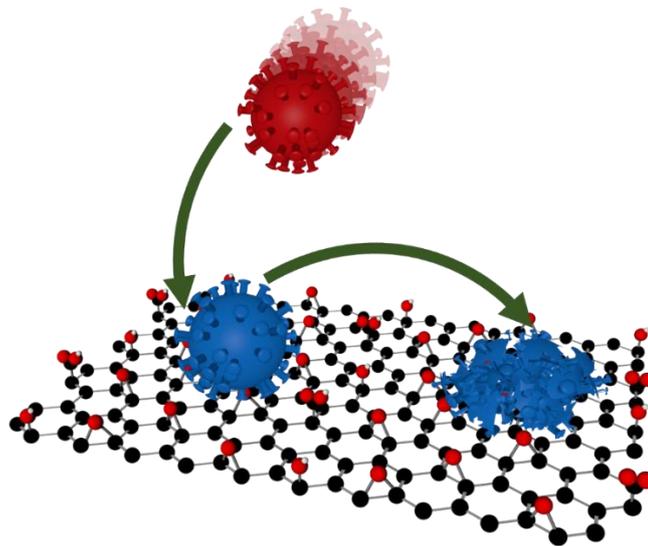


図3. 酸化グラフェンによる新型コロナウイルス不活性化のイメージ図.

【お問い合わせ先】

熊本大学大学院先端科学研究部

担当：速水真也

電話：096-342-3469

e-mail：hayami@kumamoto-u.ac.jp