

全ての光を吸収する究極の暗黒シート  
ー世界初！高い光吸収率と耐久性を併せ持つ黒色素材ー

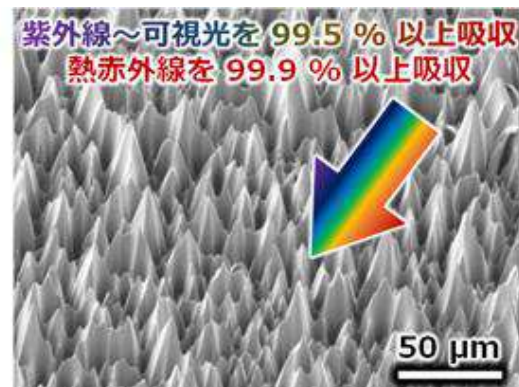
国立研究開発法人 産業技術総合研究所と、国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構は、微細な表面構造であらゆる光を吸収する、究極の暗黒シートを開発した。

表面を黒色化した材料は、装飾や映像分野などの幅広い用途があり、特に乱反射防止用には、100%に近い光吸収率の材料が求められている。しかし、99%以上の光を吸収する従来の材料は耐久性に乏しく、一般環境での利用が困難だった。

今回、シリコーンゴムなどの表面に、あらゆる光をとらえて逃がさない光閉じ込め構造を形成することで、柔軟で耐久性にも優れた究極の暗黒シートを製造する技術の開発に成功した。ポイントとなる光閉じ込め構造は、サイクロトロン加速器からのイオンビームの照射と化学エッチングにより、ポリマー表面に微細な円錐状の空洞構造を多数形成することで実現した。

これを原盤としてシリコーンゴムに転写作製した暗黒シートは、紫外線～可視光～赤外線全域で99.5%以上の光を吸収し、特に熱赤外線に対しては99.9%以上という世界最高レベルの光吸収率を達成した。これまでにない美しい黒が映える新素材としての活用や、映像のコントラスト向上のほか、サーモグラフィーなどでの熱赤外線の乱反射防止といった応用も期待される。

この技術の詳細は、英国王立化学会の学術誌 Journal of Materials Chemistry C に2019年4月23日付でオンライン掲載された。



(左) 今回開発した暗黒シート (右) その表面の微細な円錐状空洞構造の電子顕微鏡画像

図 1 左に素材表面の微細な円錐状空洞構造に光が閉じ込められる原理を示す。微細な空洞に光が入射すると、壁面で何度も反射を繰り返して、最終的に正味の反射率がゼロ近くまで低減するので光吸収率は 100 % 近くになる。この原理は、いわゆる空洞黒体と同じである。微細空洞構造により、100 % 近い光吸収率を達成するには、空洞壁面の傾斜を急峻にしつつ、その表面はナノメートルレベルで滑らかにし、円錐状空洞構造のエッジは十分に鋭くする必要がある。また、紫外線～可視光～赤外線の全てを吸収させるには、空洞の深さは最大波長以上の数十マイクロメートル程度にする必要もある。

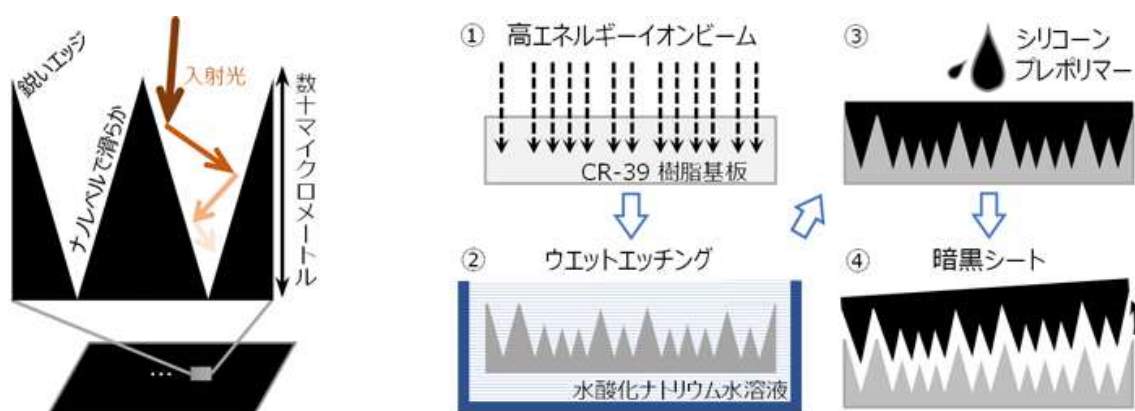


図 1 (左) 表面の微細な円錐状空洞構造に光が閉じ込められる原理 (右) 暗黒シートの作成方法

こうした超精密な空洞構造は、通常の微細加工技術では作製できない。今回は、サイクロトロン加速器からのイオンビームを用いて、この難しい構造を作製した。これは、樹脂材料基板にイオンビームを照射して、高分子切断の痕跡を生じさせ、続く化学エッチングでその痕跡を円錐孔に拡大形成する技術である。エッチング処理後でも極めて表面粗さの小さい加工面が得られる、均質で非晶質性の樹脂 (CR-39 樹脂) を基板に用いることで、設計通りの精巧な微細空洞構造を実現できた。しかし CR-39 樹脂素材は元々無色透明であり、そのままでは黒色素材とはならない。また、別の素材に同じ加工を直接高精度に施すのは難しい。

そこで、別の黒色材料に拡張して暗黒シートを作成するために、微細空洞構造を転写する方法を開発した (図 1 右)。今回、微細空洞構造を作製した CR-39 樹脂基板を原盤として利用し、カーボンブラックを混練したシリコーンゴムの表面に微細構造を転写することで、紫外線～可視光～赤外線のあらゆる光を 99.5 % 以上も吸収することが確認でき、“究極の暗黒シート”を作成できることが示せた (図 2)。特に熱赤外線の波長域では、世界最高水準となる 99.9 % 以上の光吸収率が得られた。

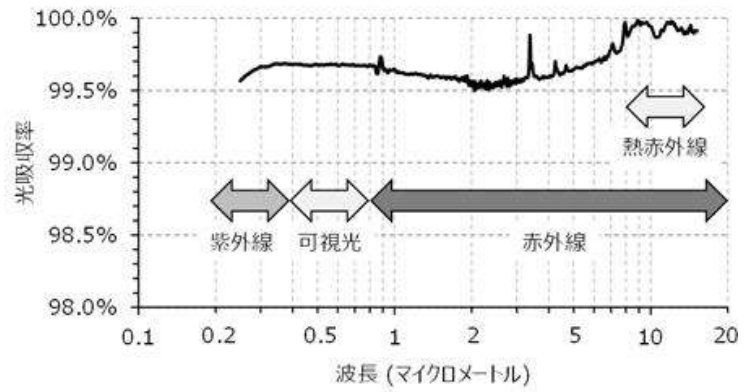
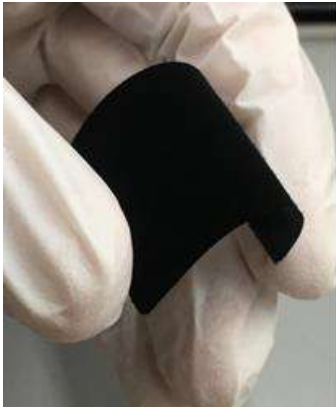


図2 (左) 作成した暗黒シート (右) 暗黒シートの光吸収率の波長特性

この暗黒シートはシリコーンゴムの柔軟性を保っており、曲げても触っても、粘着テープを貼りつけて剥がしても、性能が劣化せず、高い光吸収率を維持できる。このように、耐久性と、極めて高い光吸収率を併せ持つ黒色素材は世界初である。

( 日 文 発 布 全 文 )

[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2019/pr20190424/pr20190424.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20190424/pr20190424.html) )

文 JST 客观日本编辑部

