

補助事業番号 2025M-447

補助事業名 2025年度 外気温の変化で近赤外光透過率を制御する遮熱ゲルの開発 補助事業

補助事業者名 中村 彩乃

1 研究の概要

本研究では、下限臨界溶液温度(LCST)を有する温度応答性高分子を用い、LCSTを境に低温では太陽光を取り入れ、高温では自動的に遮光することで室内温度の上昇を抑制する遮熱ゲルの開発を行った。さらに、アルコールまたは界面活性剤を添加し、溶液とゲル間の界面張力を下げることによってゲル内部の網目構造を調整し、光の透過率に与える影響について評価した。

2 研究の目的と背景

近年、気温上昇に伴い真夏日の日数が増加しており、冷房使用による消費電力量やCO₂排出量の増加が問題となっている。しかし、夏場の冷房使用を単純に減らすだけでは、室内環境の快適性や安全性を保つことが難しい。そのため、太陽光による室温上昇そのものを抑える技術の開発が求められている。太陽光エネルギー中には約50%を占める近赤外光(800-2500 nm)が含まれており、これらの光は物質に吸収されることで熱へ変換され、室温が上昇する原因となる。このため、夏場の室温上昇を抑えるために太陽光の特に近赤外光の透光・遮光を自動的に制御する必要がある。ここで、外部の温度刺激により高温時に自動的に太陽光の入射を制御できるスマートウィンドウの開発は、省エネルギー化に有効であると考えられる。そこで、LCST型の温度応答性高分子に注目した。この温度応答性高分子は、LCST以下では透明で光を通すが、LCSTを超えると疎水性相互作用により凝集し、光を散乱させるため遮光することができる。本研究では、LCST型温度応答性高分子を用い、室温上昇を抑える遮熱ゲルの開発を行った。さらに、ゲル内部の網目構造によって光の散乱挙動が変化すると考え、ゲルの網目構造と透過率との関係を調査した。

3 研究内容

(1) 遮熱ゲルの透過率と網目構造の関係(URL)

本研究では、温度応答性高分子としてヒドロキシプロピルセルロース(HPC)を用いて遮熱ゲルを作製し、アルコールとしてメタノール、エタノール、イソプロパノール、界面活性剤としてドデシル硫酸ナトリウム(SDS)を添加した時の近赤外光透過率(800-2500 nm)に与える影響を調査した。アルコールを添加した遮熱ゲルではイソプロパノール 3 vol%を用いた場合に最も近赤外光透過率が低下した。界面活性剤であるSDSを用いた場合では、0.25 wt%で最も低い値を示した(Fig.1(a))。この時の乾燥ゲルの断面構造を走査型電子顕微鏡で観察したところ、SDS 0.25 wt%までは小さな孔(網目)が確認されるが、1 wt%まで増加すると網目が大きくなる傾向が見られた(Fig.1(b))。このため、ゲル内部に微細な網目構造を形成させることが光の散乱を促進し、結果として透過率が低下したと考えられる。

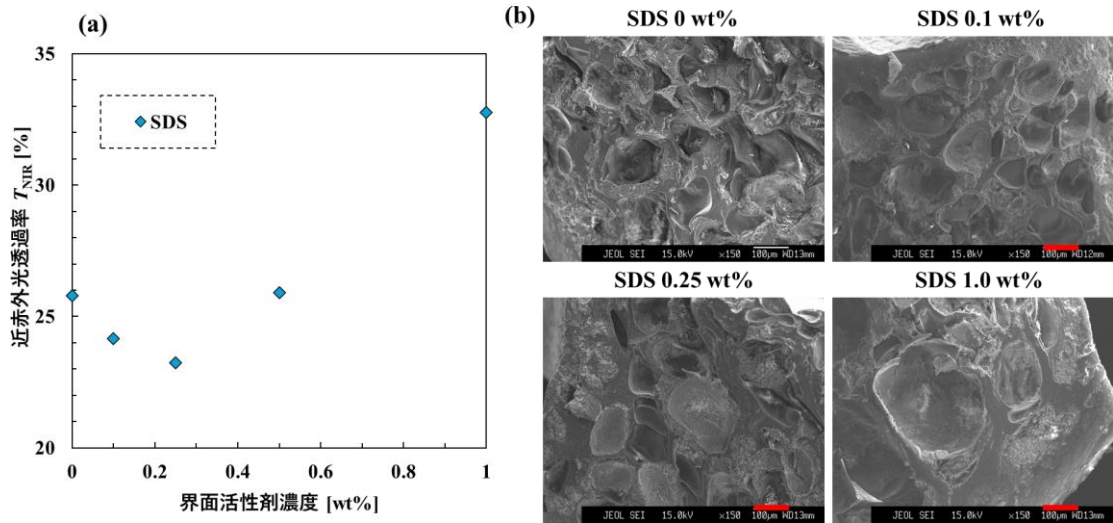


Fig.1 (a) SDS濃度を変えた時の遮熱ゲルの近赤外光透過率, (b) 乾燥させた遮熱ゲル断面の画像 (赤スケールバー: 150 μm)

(2) 遮熱効果 (URL)

Fig.2(a)と(b)に遮熱性能を評価するための装置概略図と、ハロゲンランプを点灯した時の箱内中央温度の変化を示す。遮熱ゲルをガラスに挟まなかった場合、ランプ点灯 3600秒後には25°Cから36.1°Cまで上昇した。一方、SDS無添加のHPC遮熱ゲルを挟み込んだ場合、32.1°Cまでの上昇に抑えられた。さらに、SDS 0.25 wt%を使用したHPC遮熱ゲルでは31.2°Cとなった。この結果から、HPC遮熱ゲルを用いることで箱内温度を下げることに成功した。

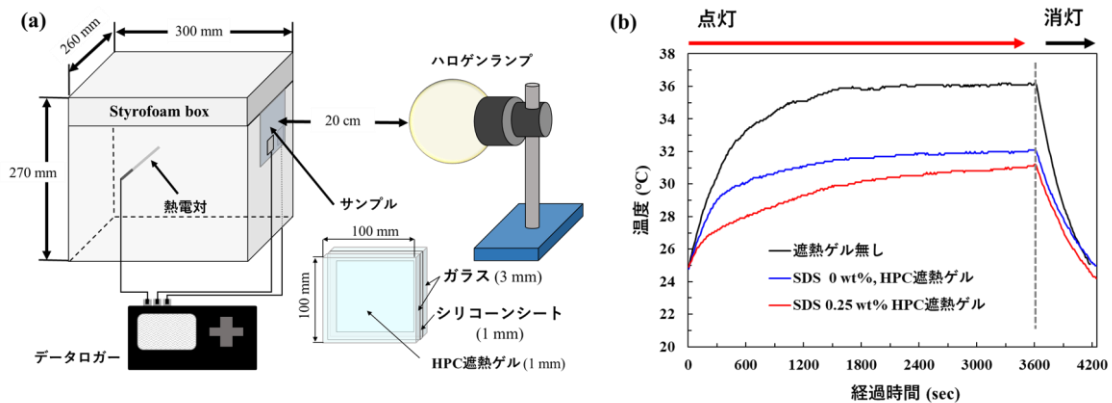


Fig.2 (a)遮熱評価装置概略図, (b) SDSを用い遮熱ゲルの遮熱性能評価

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究では、遮熱ゲル内部の構造が透過率の低下に影響を与えることが明らかになった。今後、高温時の透過率をさらに下げするため、小さな網目構造を形成できる添加剤について検討していく。また、最終目標として、家庭やビルなどの窓材、農業用ビニールハウスでの利用を検討している。実際に利用するためには、遮熱ゲルの使用期間や、耐候性試験(光や熱の影響)を評価する必要がある。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者は、これまで温度応答性高分子の種類や分子量、濃度を変えて遮熱ゲルを作製し、透過率とゲルの網目構造との関係を調査してきた。これまでの研究より、LCST以上におけるゲル構造の緻密性が透過率を下げることに起因していると推測した。そこで、ゲル構造中の網目サイズを小さくするため、アルコールや界面活性剤を用いて溶液とゲルとの界面張力を下げ、LCST以上における透過率の更なる低下を目指した。本研究では、種々のアルコールや界面活性剤の添加量を変えて遮熱ゲルを作製し、透過率とゲルの網目構造との関係性を調査した。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

(1) 大谷晃司, 中村彩乃, 村上賢治, “温度応答性遮熱ゲルの光学特性や網目構造に与える界面活性剤の影響”, 化学工学会八戸大会2025(3支部合同大会), D113 (2025/11/13).

(2) 小師大輝, 中村彩乃, 村上賢治, “アルコール濃度を変えて作製した遮熱ゲルの光学特性”, 2025年度 資源・素材学会東北支部 秋季大会 第18回若手の会(秋田県田沢湖), (2025/11/16).

*現在論文投稿準備中

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 秋田大学大学院理工学研究科

(アキタダイガクダイガクインリコウガクケンキュウカ)

住 所: 〒010-8502

秋田県秋田市手形学園町1-1

担 当 者 講師 中村 彩乃 (ナカムラ アヤノ)

担 当 部 署: 物質科学専攻(ブッシツカガクセンコウ)

E - m a i l: nakamuraay@gipc.akita-u.ac.jp

U R L: <https://www.gipc.akita-u.ac.jp/~physchem/>