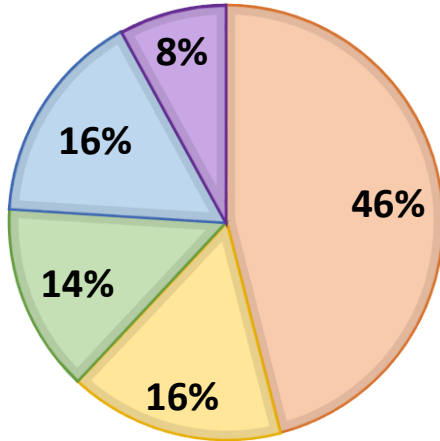


令和4年11月29日 新技術説明会

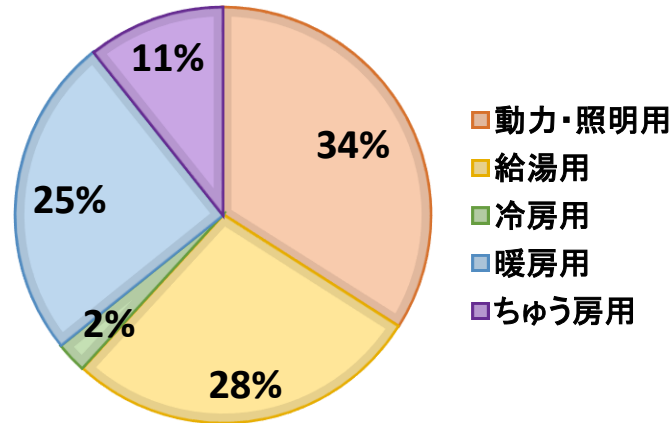
外気温の変化に応答して遮熱するゲル

**秋田大学大学院理工学研究科物質科学専攻
中村彩乃**

業務他部門



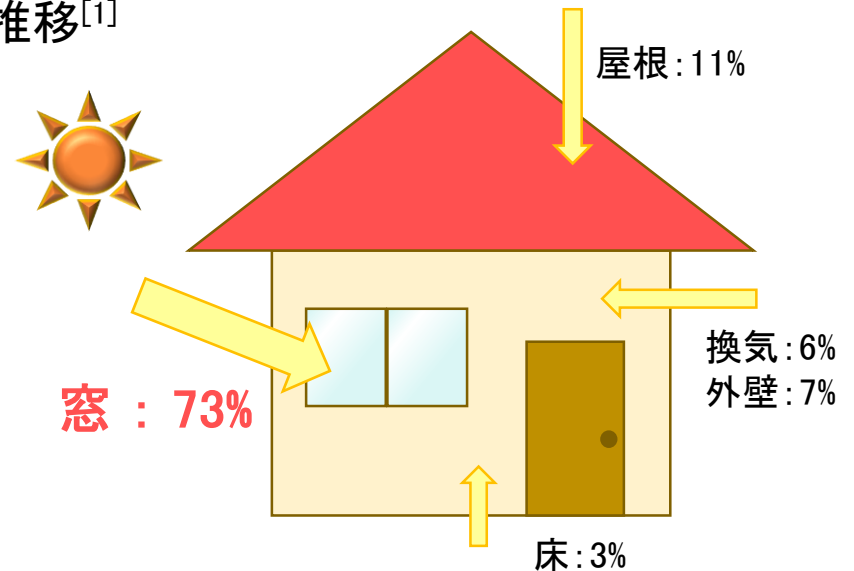
世帯当たり



総消費電力の約30%が
冷暖房に使用

Fig.1 2020年度の用途別エネルギー消費の推移^[1]

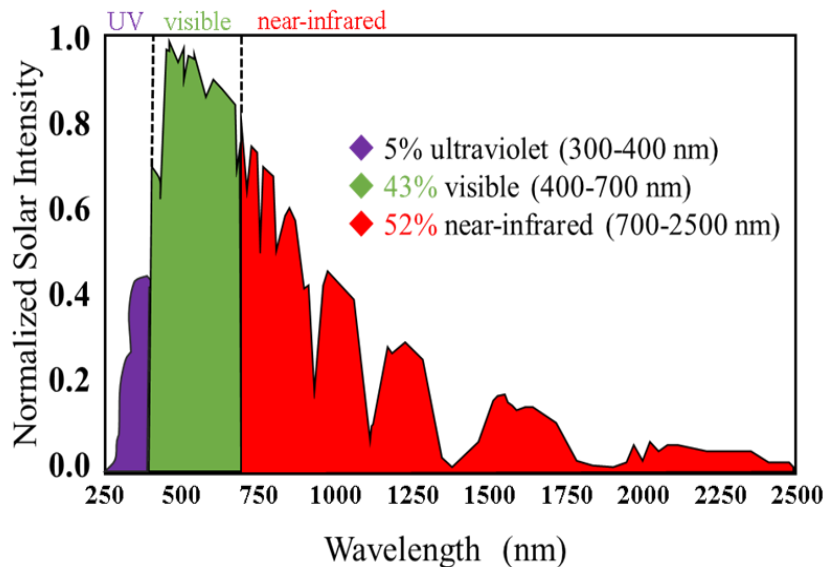
→ : 夏場に外から入ってくる熱^[2]
窓から入る日光により室内の温度が上昇



[1] 「国内エネルギー動向」、エネルギー白書2022、<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2022/pdf/>

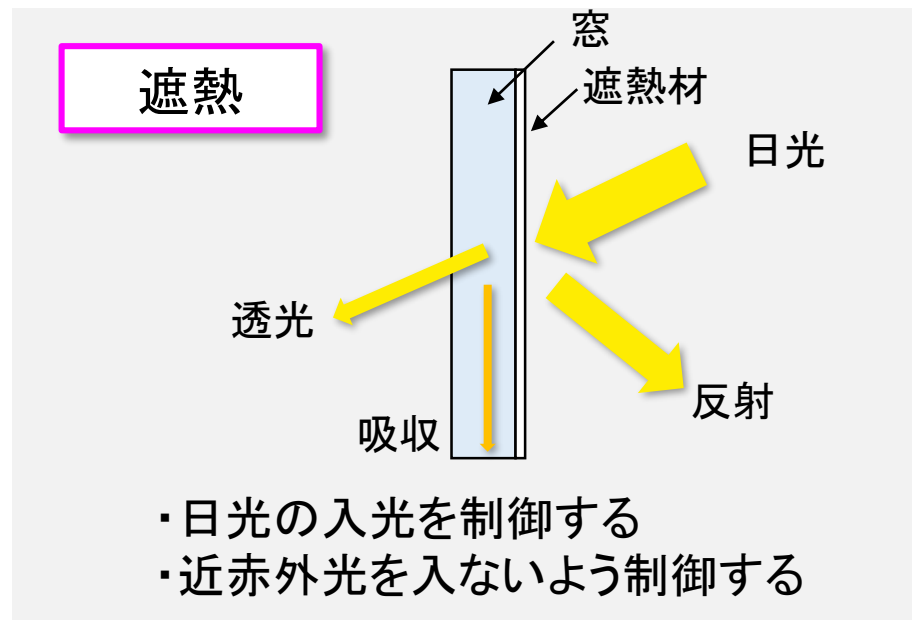
[2] 「効果的な窓の遮熱対策とは？厚さや日差し対策は窓ガラスから」、窓リフォーム研究所、<https://shinku-glass.jp/contents/knowledge/solarcontrol/>

窓から入る日光により室内の温度が上昇



近赤外光～(700 nm～)の波長は
空気を暖める性質がある。

窓から入ってくる近赤外光を
制御する(反射させる)必要がある。



市販されている遮熱材は、
室内の温度に関わらず遮熱する。
(切り替え、調節が不可能)

目的の室内温度に合わせて
透光・遮熱可能な遮熱材が必要である。

- 市販されている遮熱材は、調光機能がないため温度に関係なく遮熱する。
- 調光可能な材料として、二酸化バナジウムにタングステンをドーブした遮熱材が報告されている。
 - ⇒材料が高価であること
 - ⇒低温時の透過率が低い。

- ① 安価な材料を用い、簡易的な方法で作製
- ② 目的の温度で透光および遮熱が可能
- ③ 低温時の透過率が高く、高温時の透過率が低い

*このような遮熱材を検討する必要がある。

解決手段

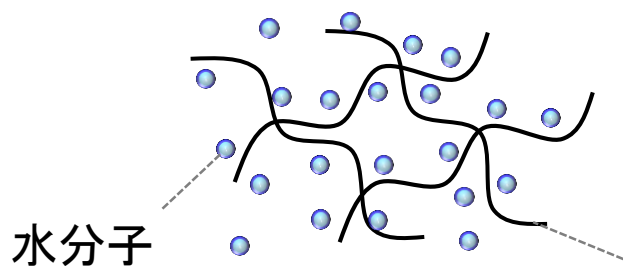
温度応答性高分子を用いたゲル

→合成方法が非常に容易で、使用材料も比較的安価

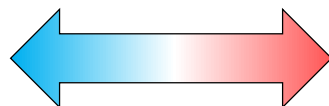
→室温付近の温度で、透光および遮熱が可能

⇒ ある温度を境に、水に対する溶解性を変化させる高分子

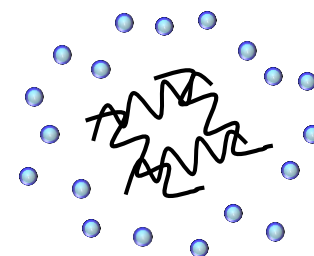
LCST以下



下限臨界溶液温度
(LCST)



LCST以上



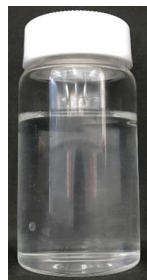
水和して水に溶解

脱水しながら収縮
水に不溶

透明



光を透過



下限臨界溶液温度
(LCST)



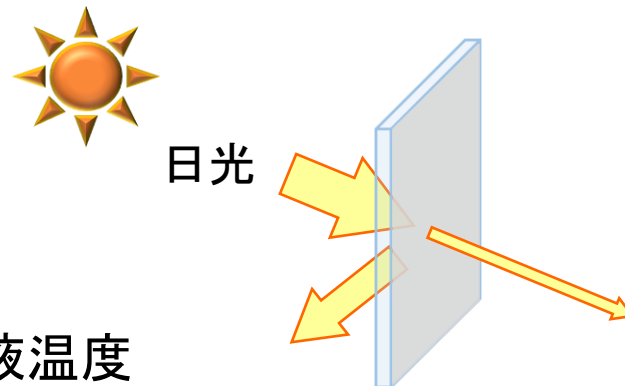
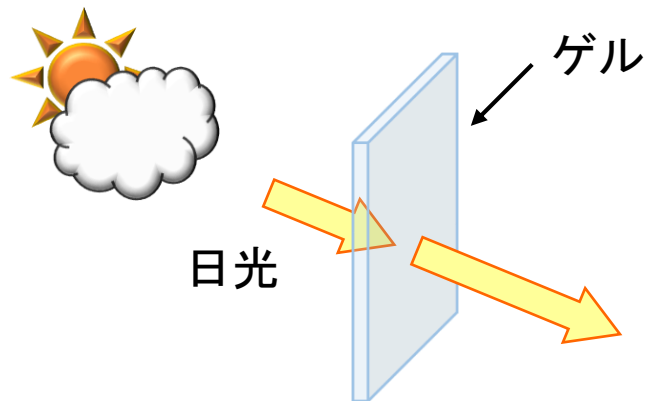
白濁



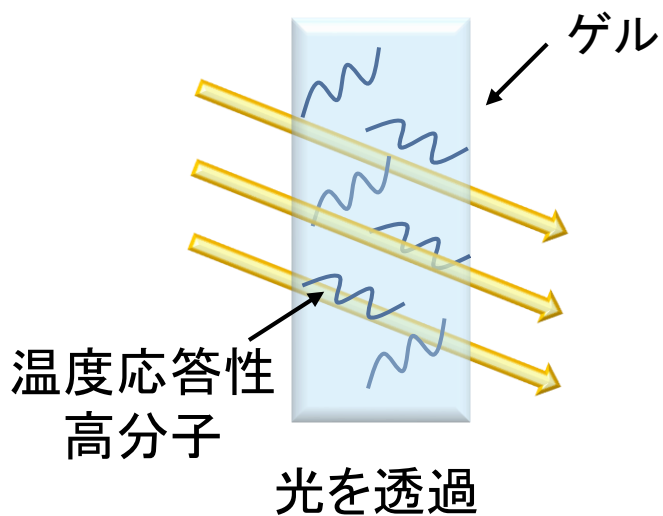
光を散乱

曇った寒い日 (LCST以下)

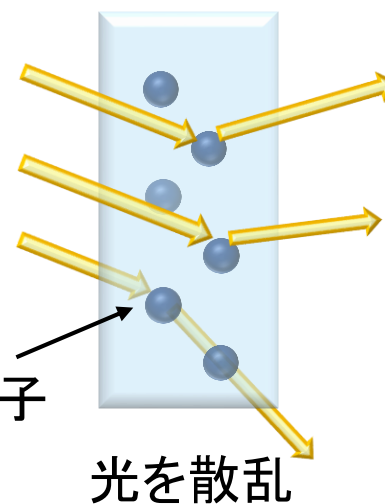
晴れた暑い日 (LCST以上)



下限臨界溶液温度
(LCST)

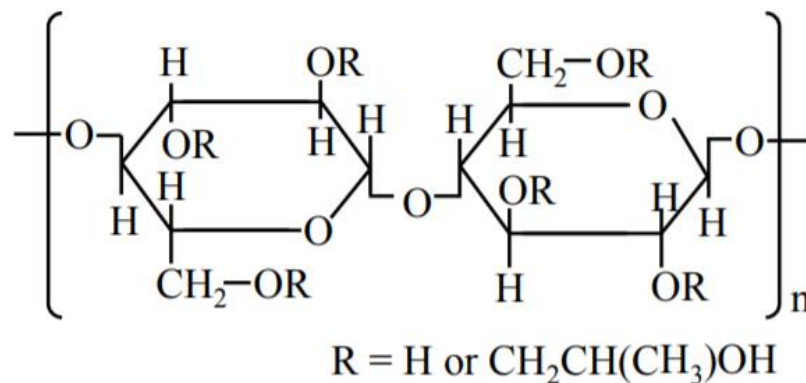


収縮した
温度応答性高分子



本発明で使用した温度応答性高分子

温度応答性高分子:セルロース系 ⇒ ヒドロキシプロピルセルロース (HPC)
下限臨界溶液温度 (LCST): 46°C



ヒドロキシプロピルセルロース (HPC)

温度応答性ヒドロゲルを作製し、透過率の変化および遮熱特性を評価

ゲルシート製造方法

スクリー管瓶

← 蒸留水 20 mL

← AAm

← BIS

↓ 攪拌して溶解

← CaCl₂

← HPC

↓ 攪拌(室温)



↓ 静置(室温)



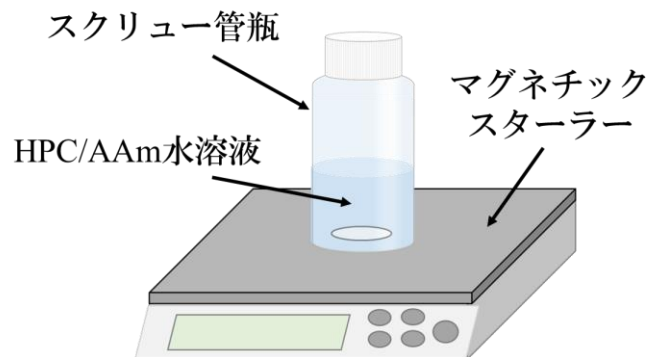
↓ 冷却

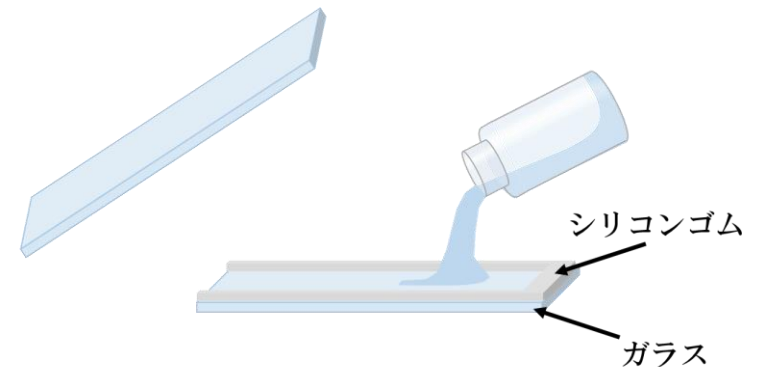
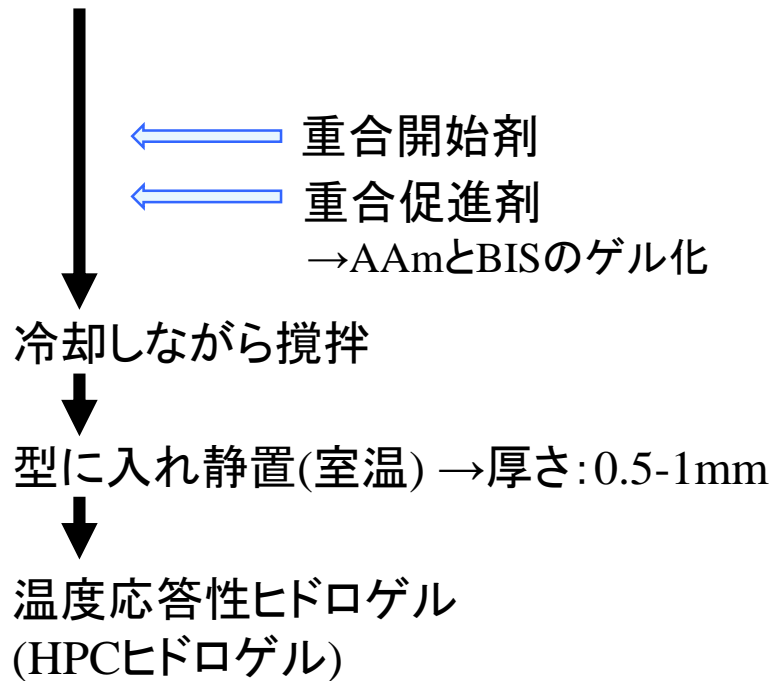


AAm: アクリルアミド
BIS: *N,N'*-メチレンビスアクリルアミド
(架橋剤)

1~2 M (mol/L)
CaCl₂: LCSTを下げる

- 150~400 cP → H-HPC
- 6~10 cP → L-HPC

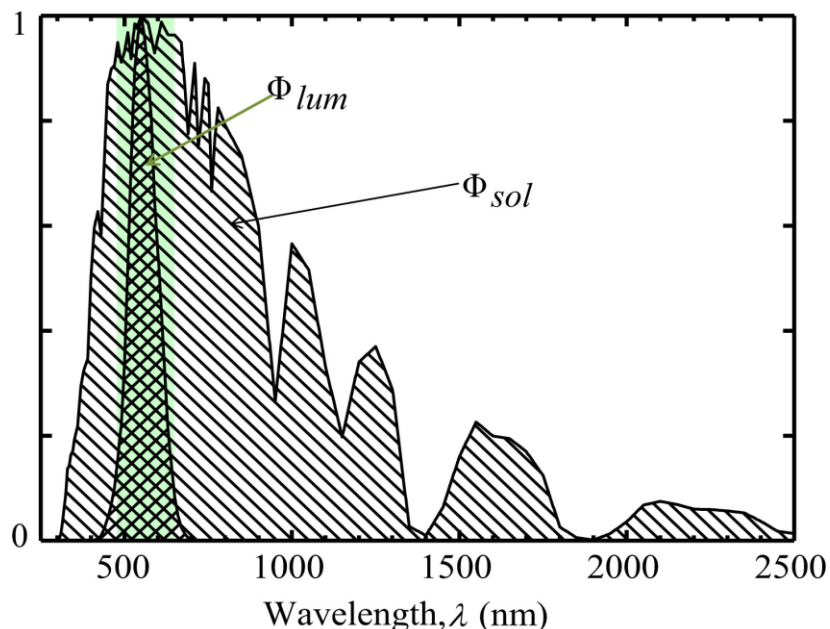




透過率測定

UV-vis-NIR (300~2500 nm)
全光透過率・拡散反射率の測定

全光透過率および拡散反射率の結果から日射透過率、反射率を計算



日射透過率(%)

$$T_{sol} = \frac{\int_{300}^{2500} T(\lambda) \phi_{sol}(\lambda) d\lambda}{\int_{300}^{2500} \phi_{sol}(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

日射反射率(%)

$$R_{sol} = \frac{\int_{300}^{2500} R(\lambda) \phi_{sol}(\lambda) d\lambda}{\int_{300}^{2500} \phi_{sol}(\lambda) d\lambda} \quad (2)$$

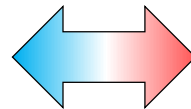
$T(\lambda)$. . . 分光透過率(%)

$R(\lambda)$. . . 分光反射率(%)

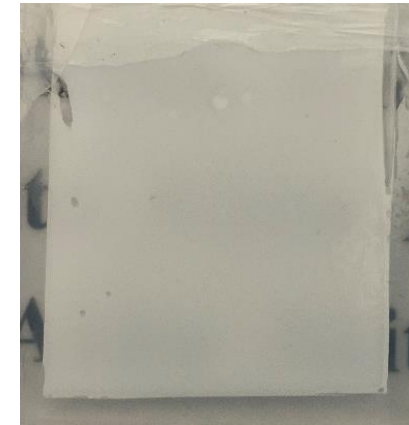
$\Phi_{sol}(\lambda)$. . . 日射に対する重係数

遮熱材：日射透過率は低いほど、日射反射率は高いほど効果がある。

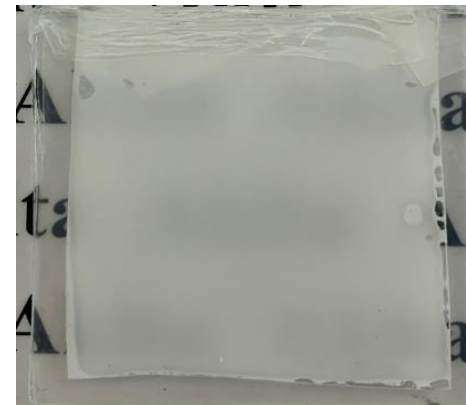
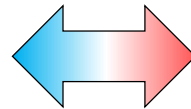
室温 (LCST以下)



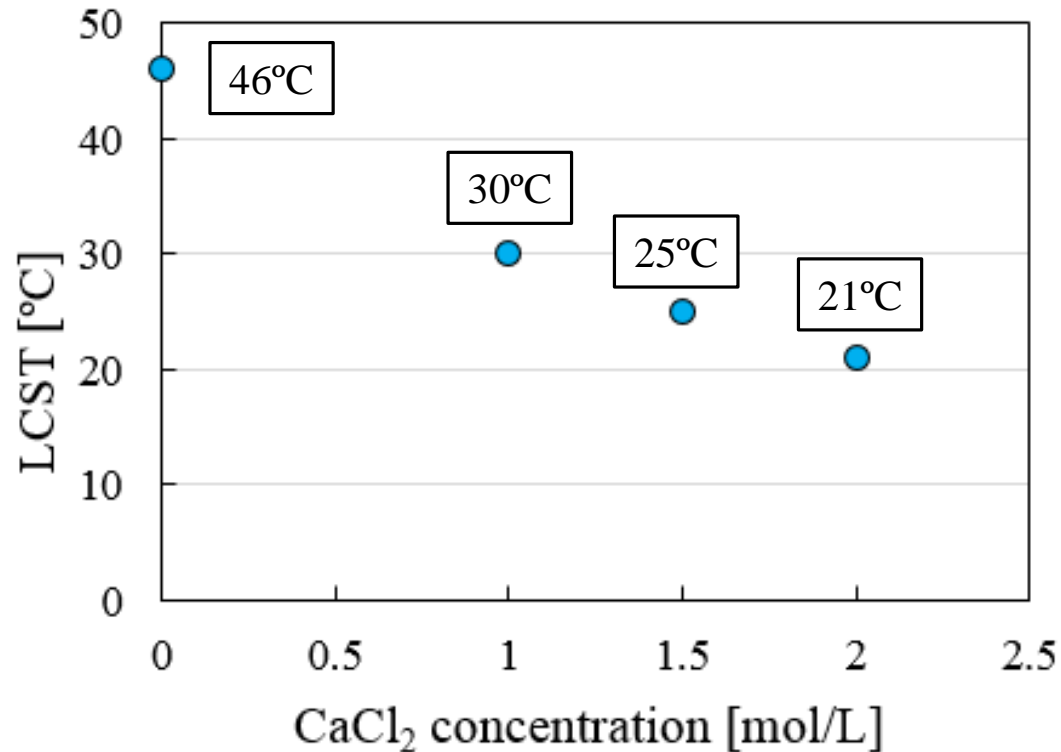
40°C (LCST以上)



L-HPC 15 wt% : AAm 5wt% : BIS 0.125wt% 厚さ 1mm, CaCl₂ 1.5M



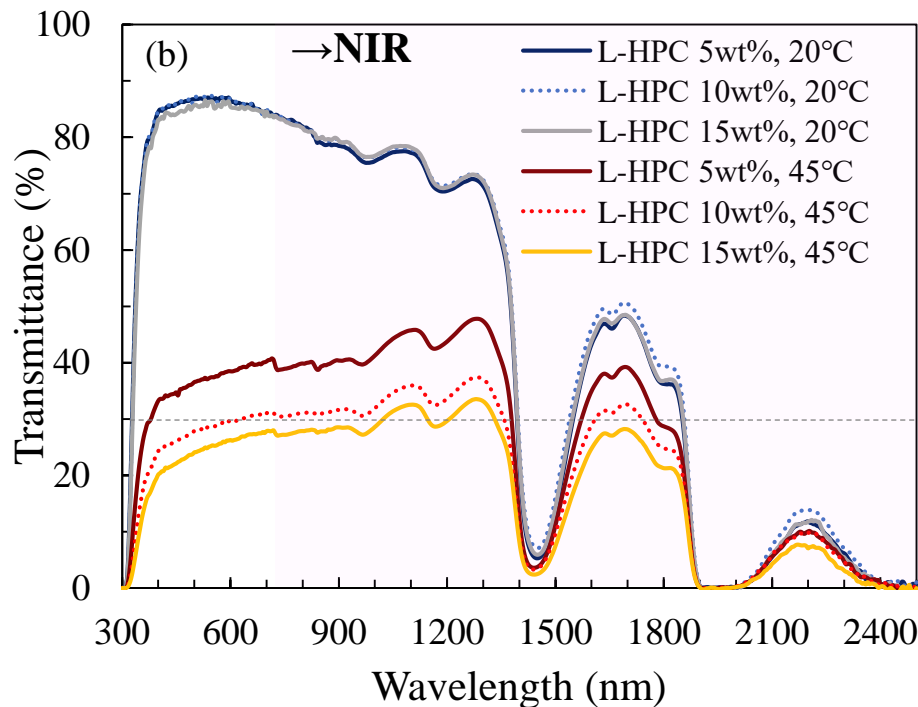
L-HPC 15 wt% : AAm 5wt% : BIS 0.125wt% 厚さ 0.5 mm, CaCl₂ 1.5M



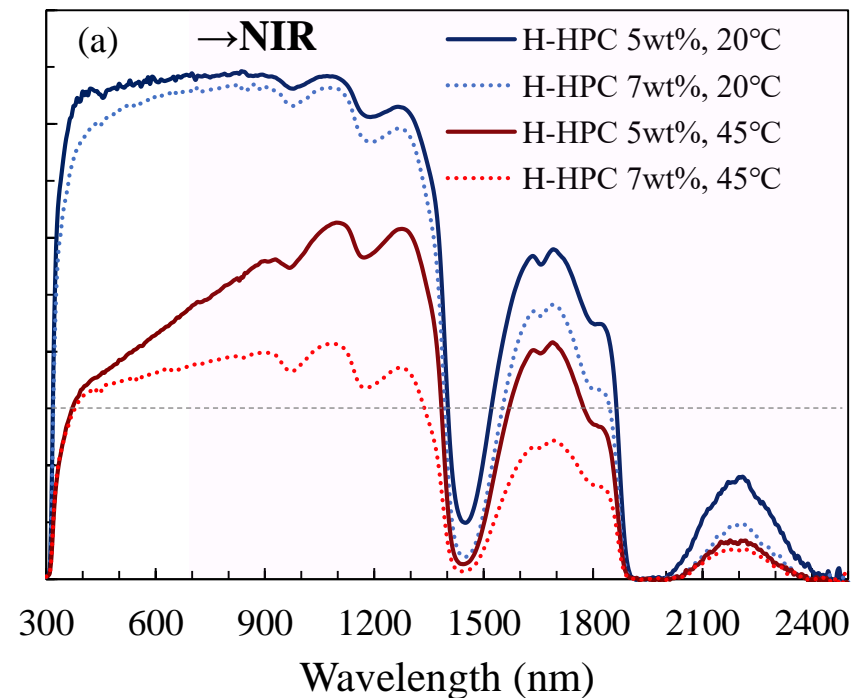
H-HPC 7 wt% : **AAm** 3wt% : **BIS** : 0.075 wt%, 厚さ1mm
(HPC, AAm, BISの条件が変化しても上記の結果が得られた。)

目的のLCSTに調整することが可能である

L-HPC: 6~10 cP



H-HPC: 150~400 cP



AAm 5wt% : BIS 0.125wt%, 厚さ 1mm, CaCl₂ 1M

LCST以下

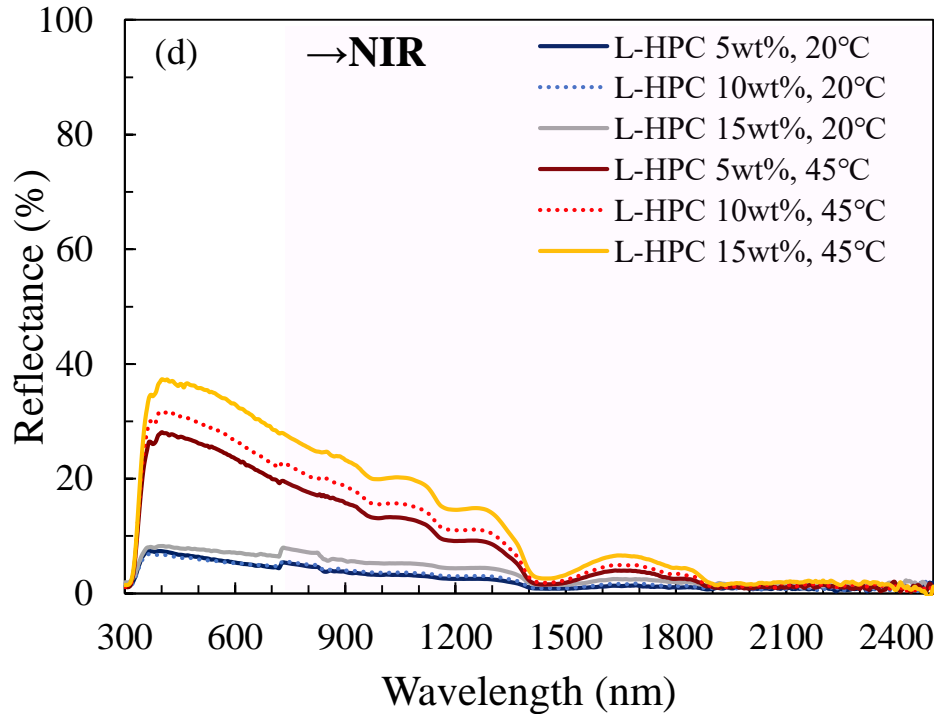
✓ 可視光領域の透過率は80%以上

LCST以上

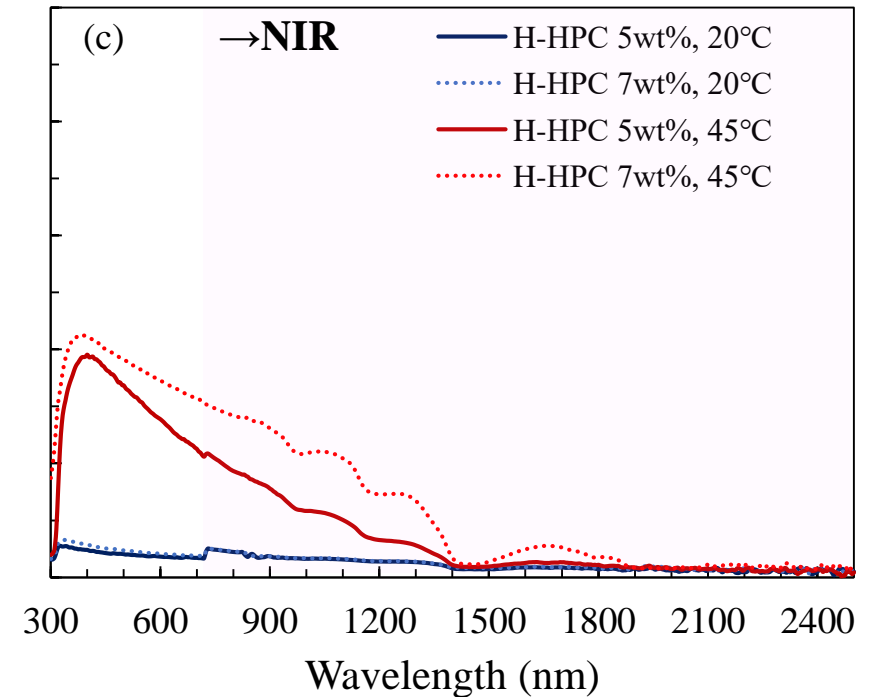
✓ HPC濃度の増加に伴い、透過率は低下した。

✓ L-HPCの透過率はH-HPCより低下した。

L-HPC: 6~10 cP



H-HPC: 150~400 cP



AAm 5wt% : BIS 0.125wt%, 厚さ 1mm, CaCl₂ 1M

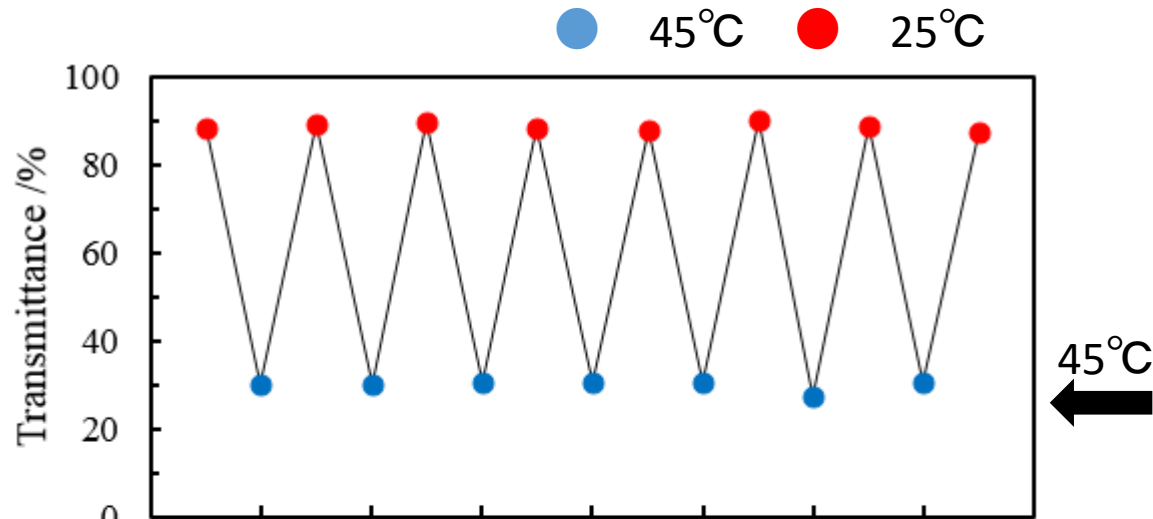
LCST以上

- ✓ LCST以下よりも、HPC分子量や濃度に関わらず反射率が増加した。
- ✓ 近赤外光領域でも反射していることが分かった。

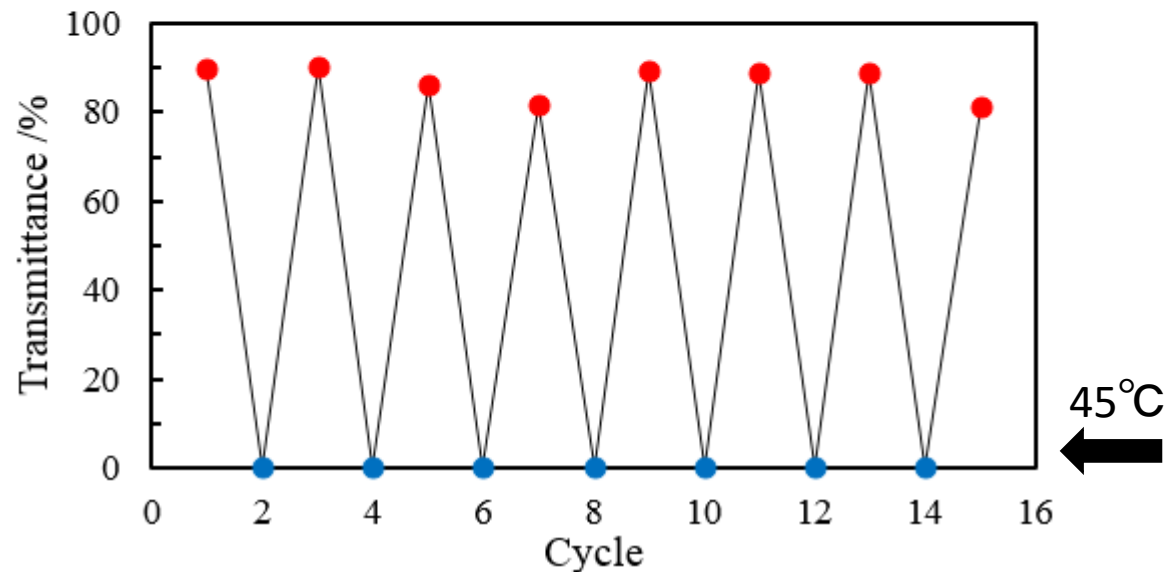
日射透過率および日射反射率
(AAm 5% : BIS 0.125, CaCl₂ 1 M, 厚さ 1 mm)

	H-HPC ヒドロゲル			L-HPC ヒドロゲル	
	HPC (%)	T_{sol} (%)	R_{sol} (%)	T_{sol} (%)	R_{sol} (%)
Below LCST	5	75	3	76	5
	7	75	3	76	5
	10			76	5
	15			76	6
Above LCST	5	44	20	37	18
	7	36	20	31	18
	10			28	21
	15			25	26

近赤外領域(1100nm)
の透過率



可視光領域(550nm)
の透過率



HPC 7 wt% : AAm 3wt% : BIS : 0.075 (AAm : BIS=40:1), 厚さ 1mm, CaCl₂ 1.5M

測定条件

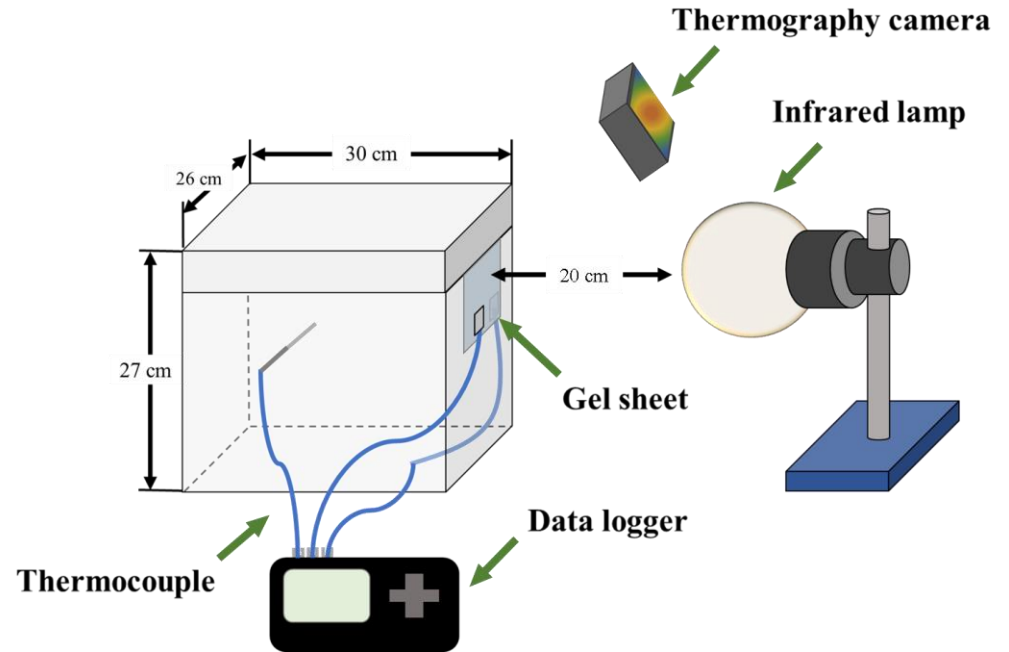
- 温度測定 4点
- 時間 2 h(ランプ点灯 1 h)

サンプル

- ガラス 3 mm
- シリコンゴム 1 mm

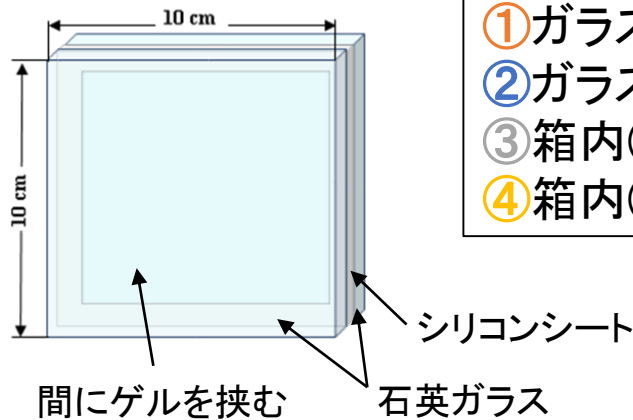
電球

- ランプ電力 125 W
- 全放射束 80 W以上
- 色温度 2300 K



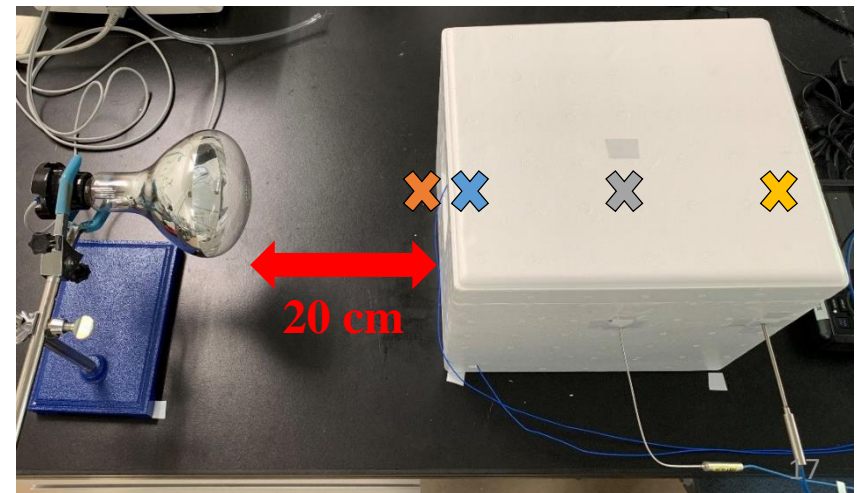
実験装置図

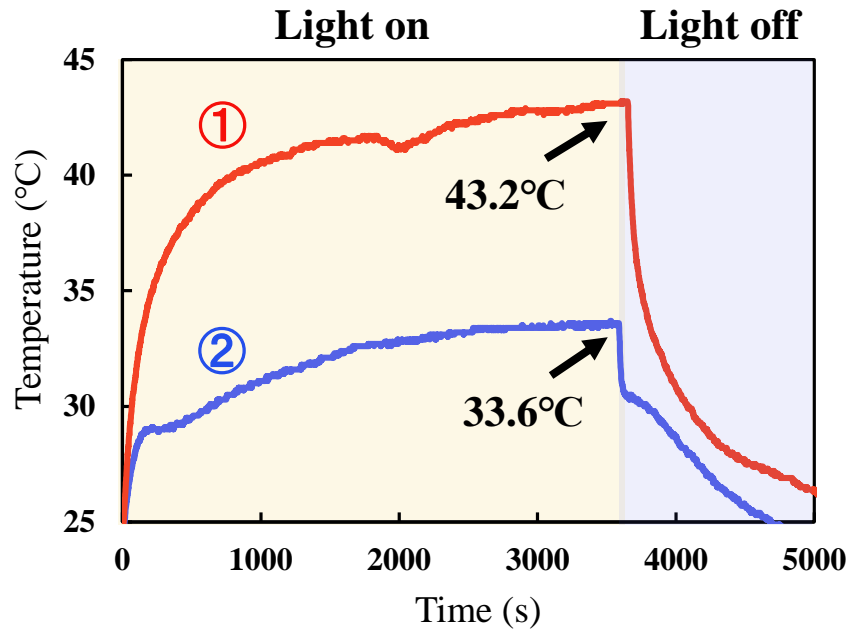
測定サンプル



温度測定箇所

- ① ガラス外側
- ② ガラス内側
- ③ 箱内(中央)
- ④ 箱内(外側)

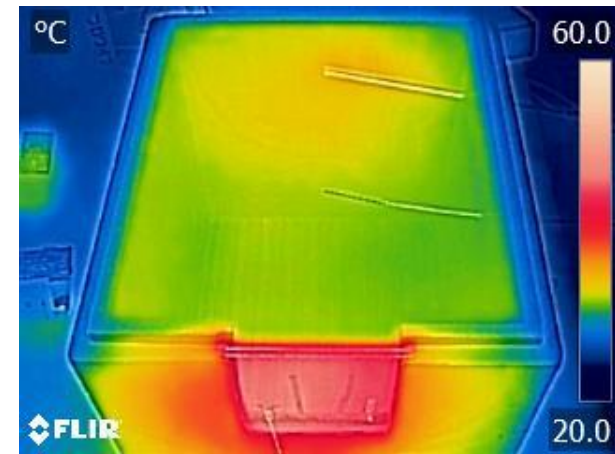




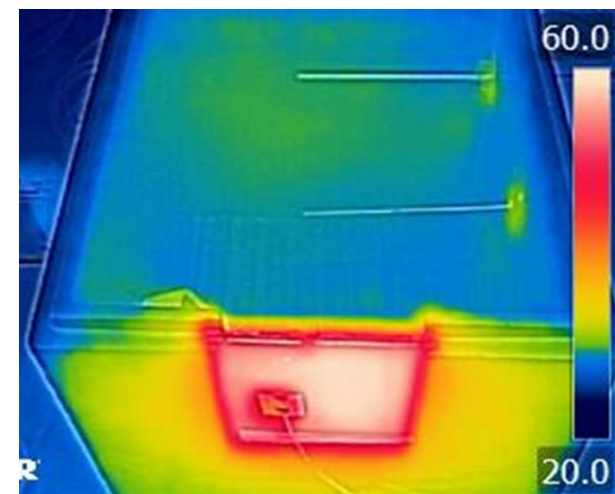
ランプ照射による箱内↑ 温度変化とサーモ画像→

HPCゲルを使用することで温度上昇を抑えることが出来た。
→遮熱材としての利用が期待される。

ハロゲンランプ照射 1時間後



① ガラスのみ



② ガラス+HPCゲル
(L-HPC 15%, AAm 5 %, CaCl₂ 1 M)
18

従来技術

- 市販されている遮熱材は、調光機能がないため温度に関係なく遮熱する。
- 調光可能な材料として、二酸化バナジウムにタングステンをドーピングした遮熱材が報告されている。
 - ⇒材料が高価であること
 - ⇒低温時の透過率が低下してしまう。



- ① 安価な材料を用いて、混合および冷却など非常に簡単な手法で温度応答性ヒドロゲル遮熱材を作製できた。
- ② 室温付近での透光および遮熱ができ、LCSTを下げる事も可能である。
- ③ LCST以下での可視光領域の透過率は80%以上を達成
- ④ LCST以上において、L-HPCはH-HPCよりも日射透過率が低下し、日射反射率は高くなり、箱内温度が抑えられた。
 - ⇒ 遮熱効果が期待される。

想定される用途

遮熱材

⇒家屋、ビル、(電車?)の窓にゲルシートを貼り付けることで外部温度に応じて自動的に室温制御が可能となる。

温度検知材

⇒20-45°Cで温度変化を知らせることが可能

実用化に向けた課題

- ある程度の厚さが無いと効果が低減してしまう。
⇒ 薄膜化の検討が必要
- 密閉する容器やフィルム材が必要
- 耐熱性の評価が必要
⇒ データを取得していく予定

企業への期待

- 遮熱材の作製や類似技術に興味のある企業との共同研究を希望する。

本技術に関する知的財産権

発明の名称	温度応答性遮熱材
発明者	村上賢治、中村彩乃、小粥涼平
出願人	国立大学法人秋田大学
出願番号	特願2020-081208
公開番号	特開2021-175991

問い合わせ先

秋田大学 産学連携推進機構

特任助教：高橋 朗人（タカハシ アキト）

E-mail : staff@crc.akita-u.ac.jp

Tel. : 018-889-2712

Fax : 018-837-5356