

導電性高分子を併用した温度応答調光ガラス

熊本大学 熊本創生推進機構

客員教授 永岡昭二

(熊本県産業技術センター 材料・地域資源室 研究主幹兼室長)



令和2年9月24日



熊本大学
Kumamoto University

遮熱(調光)ガラスとは

従来の技術

熱線吸収材料

近赤外吸収材料

アンチモン-錫酸化物 (ATO)

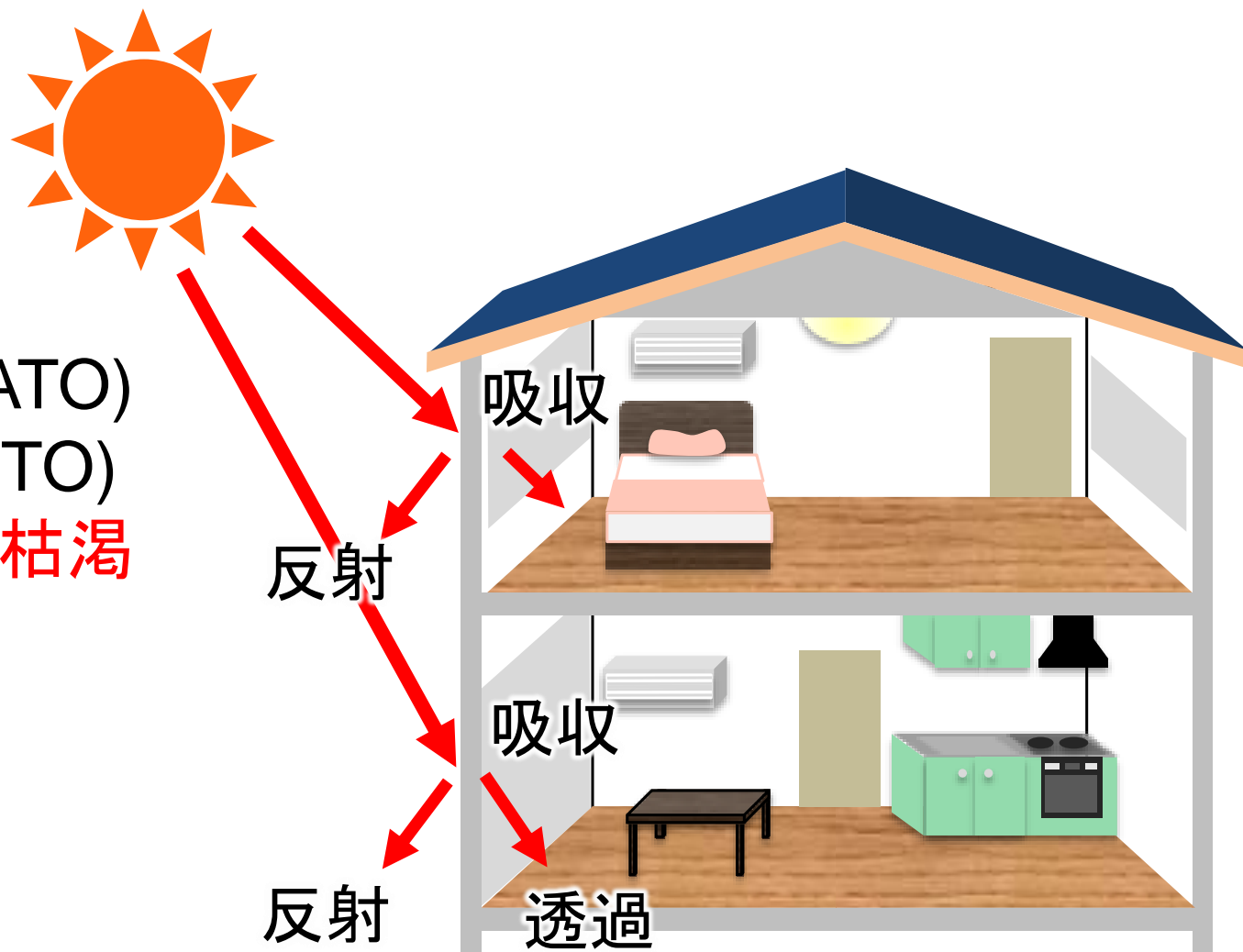
インジウム-錫酸化物 (ITO)

～人体への影響、資源枯渇

熱線反射材料

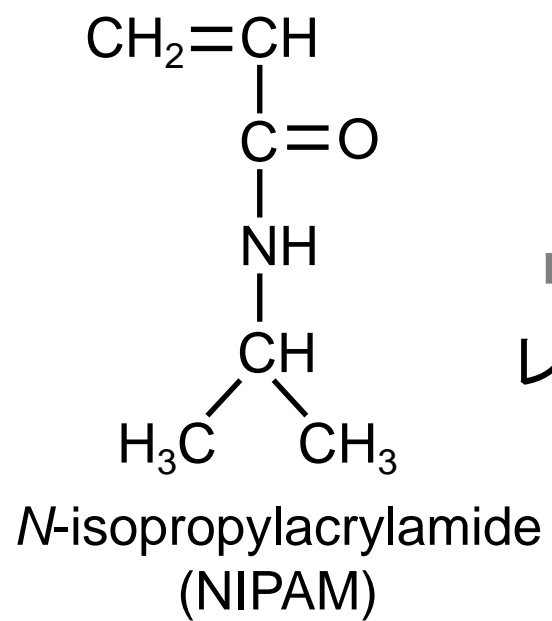
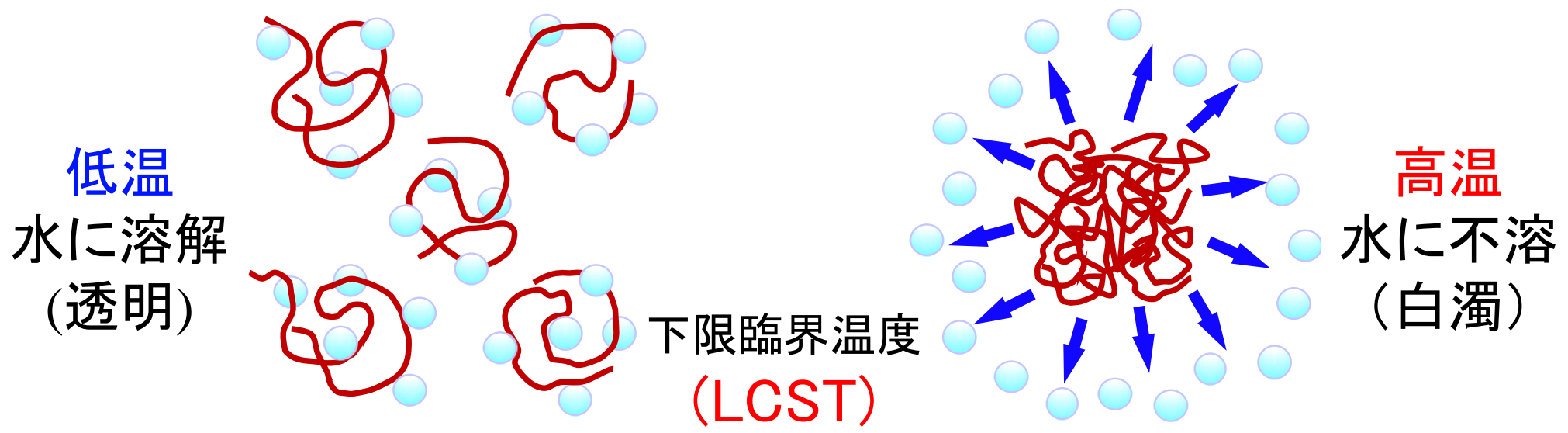
近赤外反射材料

銀ナノ粒子～コスト高

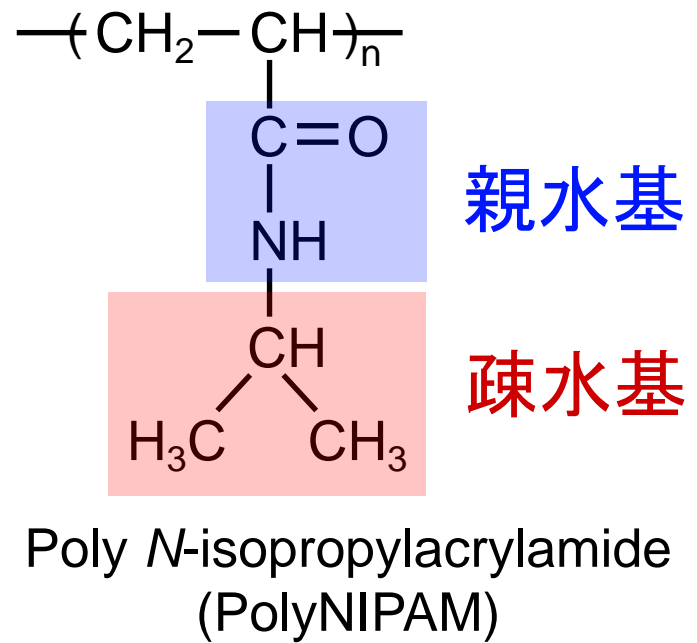


感温性高分子からの遮熱(調光)ガラスができないか？

感温性高分子を活用



APS, TMED
レドックス重合 (at 5 °C)



APS: 過硫酸アンモニウム, TMED: *N,N,N',N'*-テトラメチルエチレンジアミン

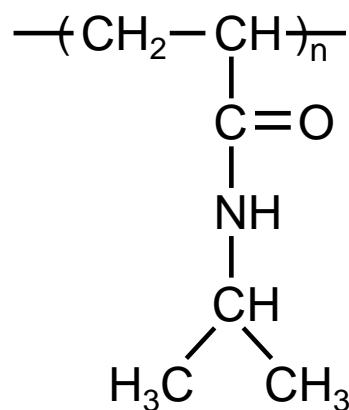
感温性高分子を活用

ポリイソプロピルアクリルアミド(PolyNIPAM)およびその共重合体

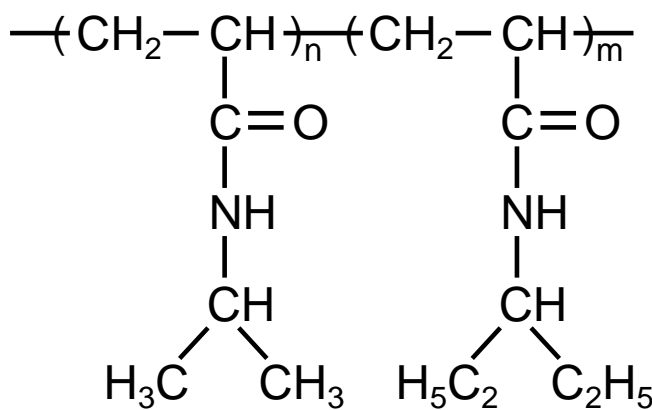
水中で白濁する温度、**下限臨界温度(LCST)**を有する

✓ PolyNIPAM, 下限臨界温度、LCST: **34°C**

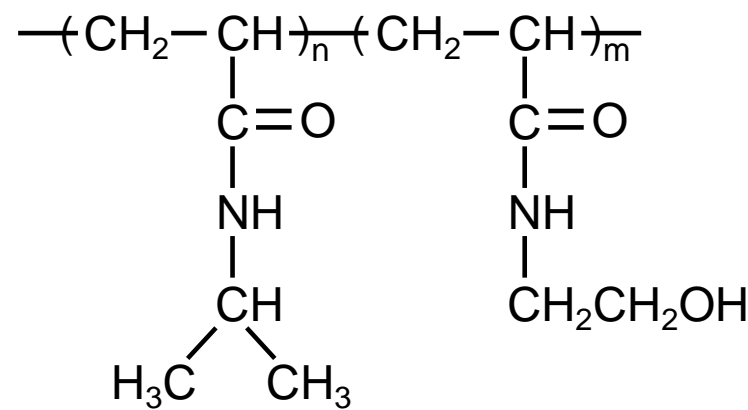
✓ 共重合することにより、LCSTを制御



PolyNIPAM



Poly(NIPAM-co-N,N-Diethyl acrylamide)
Poly(NIPAM-co-DEAA)



Poly(NIPAM-co-N-2-Hydroxyethyl acrylamide)
Poly(NIPAM-co-HEAA)

疎水性モノマーと共重合
LCSTを下げる。

親水性モノマーと共重合
LCSTを上げる。

コンセプト～調光ガラスのイメージ 感温性高分子を用いた調光ガラス

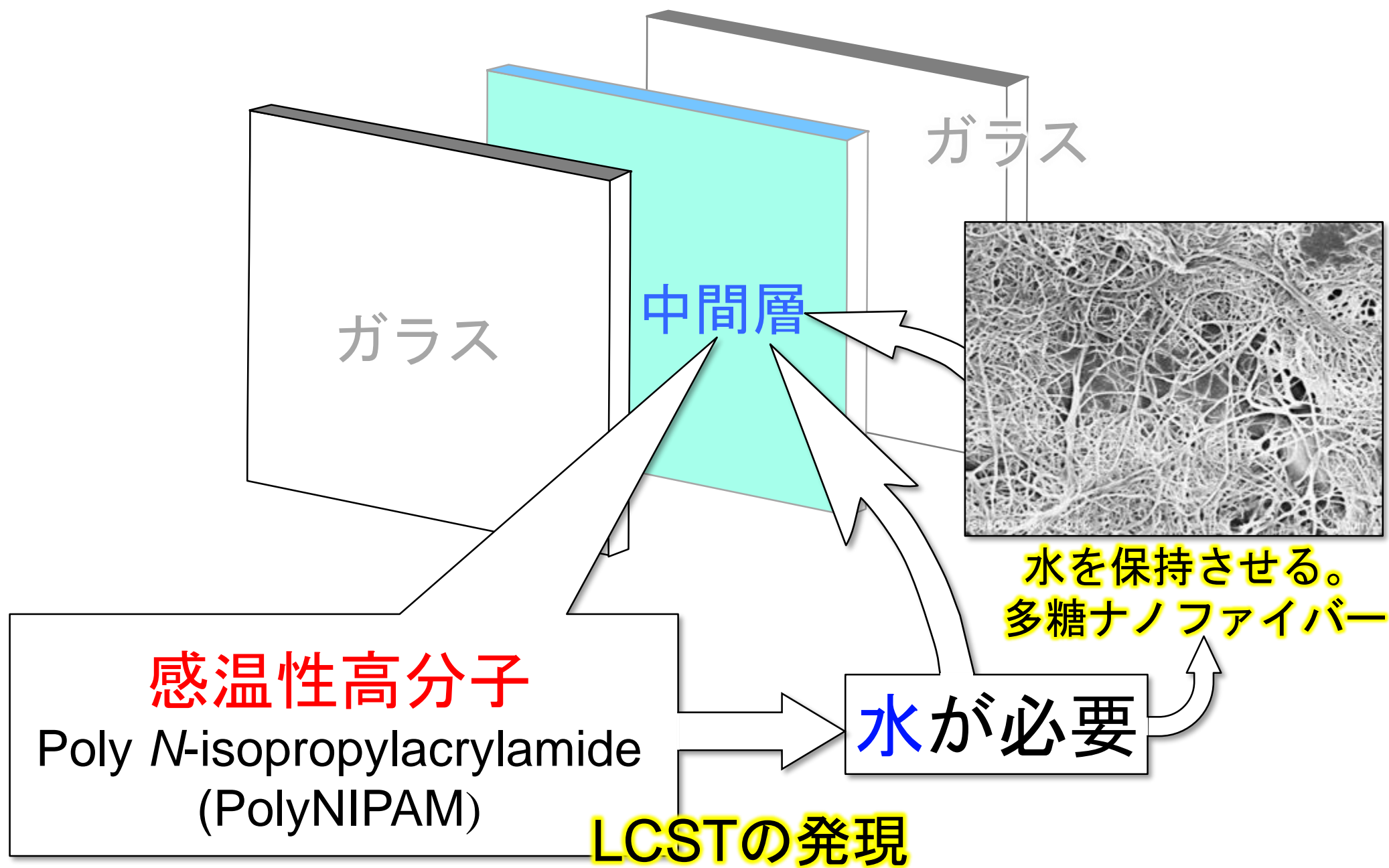


低温になると透明

高温になると曇る

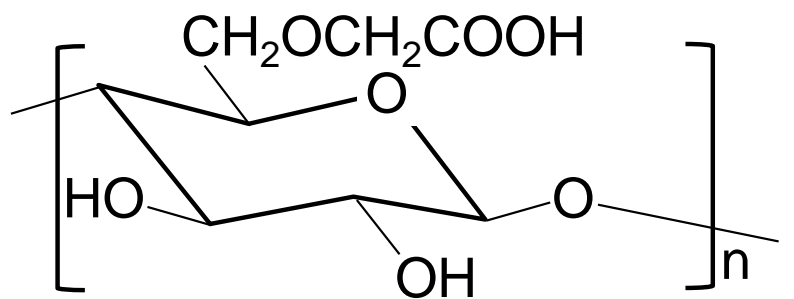
電源を必要とせず、
自律的に日射透過率を制御する。

ガラス中間層に感温性高分子と多糖ナノファイバー

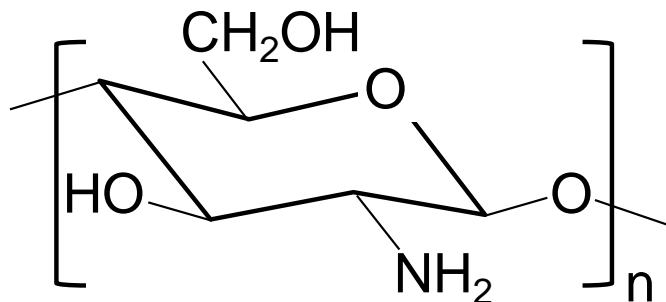


水の保持のために、多糖ナノファイバーを活用

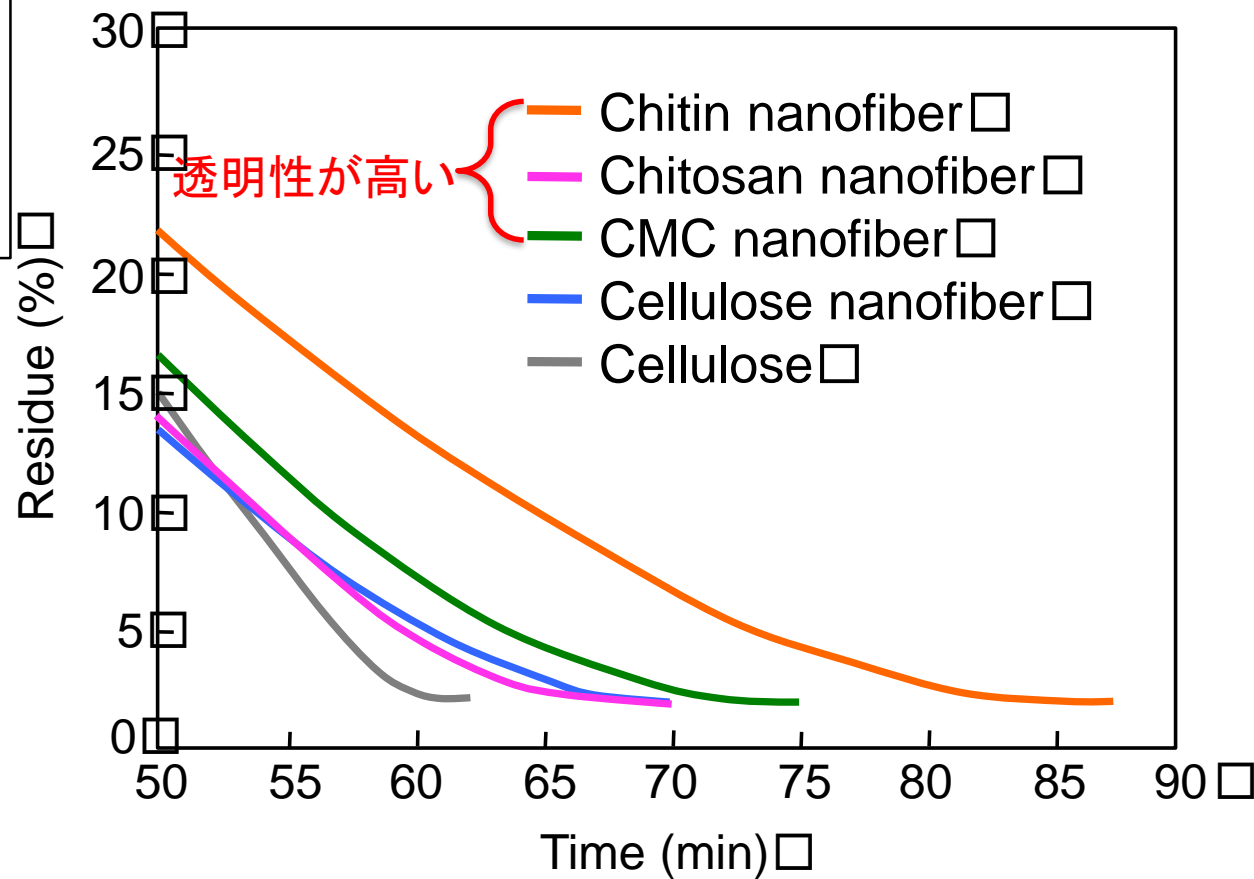
- ✓ 透明性が高い。ガラス用途。
- ✓ 粘性が高い。塗布に適応。
- ✓ 保水性が高い。LCST発現。
- ✓ 三次元網目構造、フィラー効果



Carboxymethyl cellulose (CMC) nanofiber



Chitin/Chitosan nanofiber

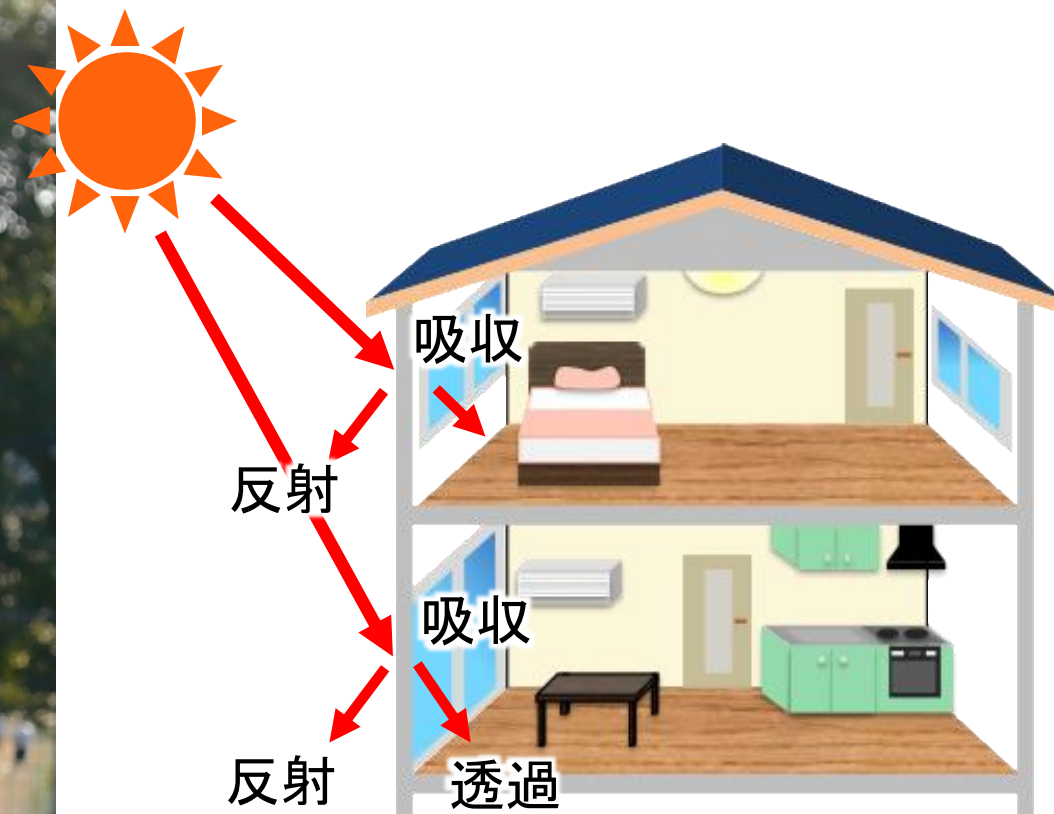
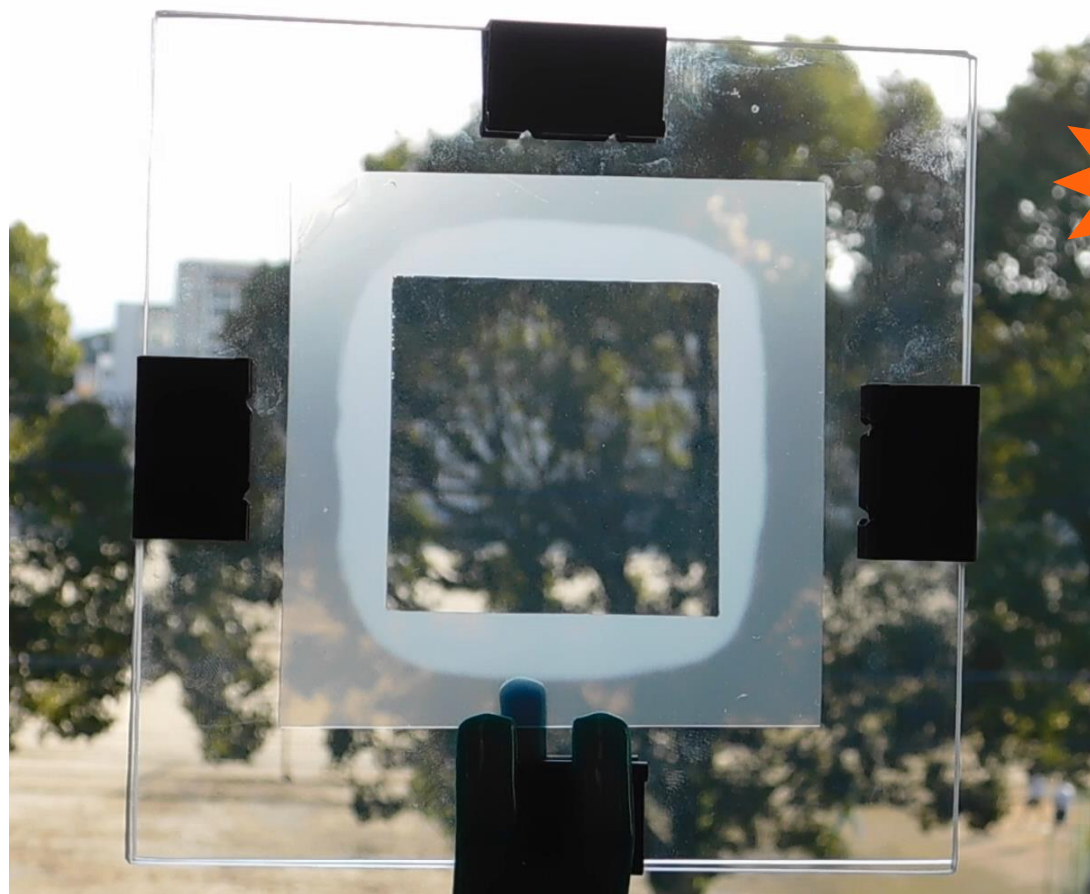


105°Cにおける多糖ナノファイバーの水の蒸発速度

参考文献: 技術情報協会セミナーテキスト “セルロースナノファイバーの解繊、樹脂への分散性向上と複合材料の開発”

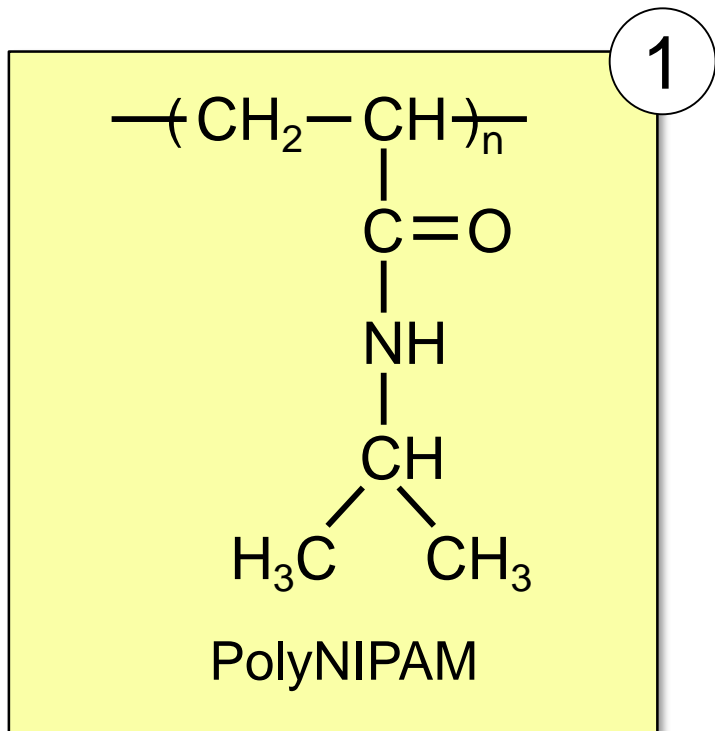
CNF添加による高付加価値複合材料の開発, 小倉孝太, 2019年11月14日

PolyNIPAM/CNFを用いた温度応答性遮光ガラス

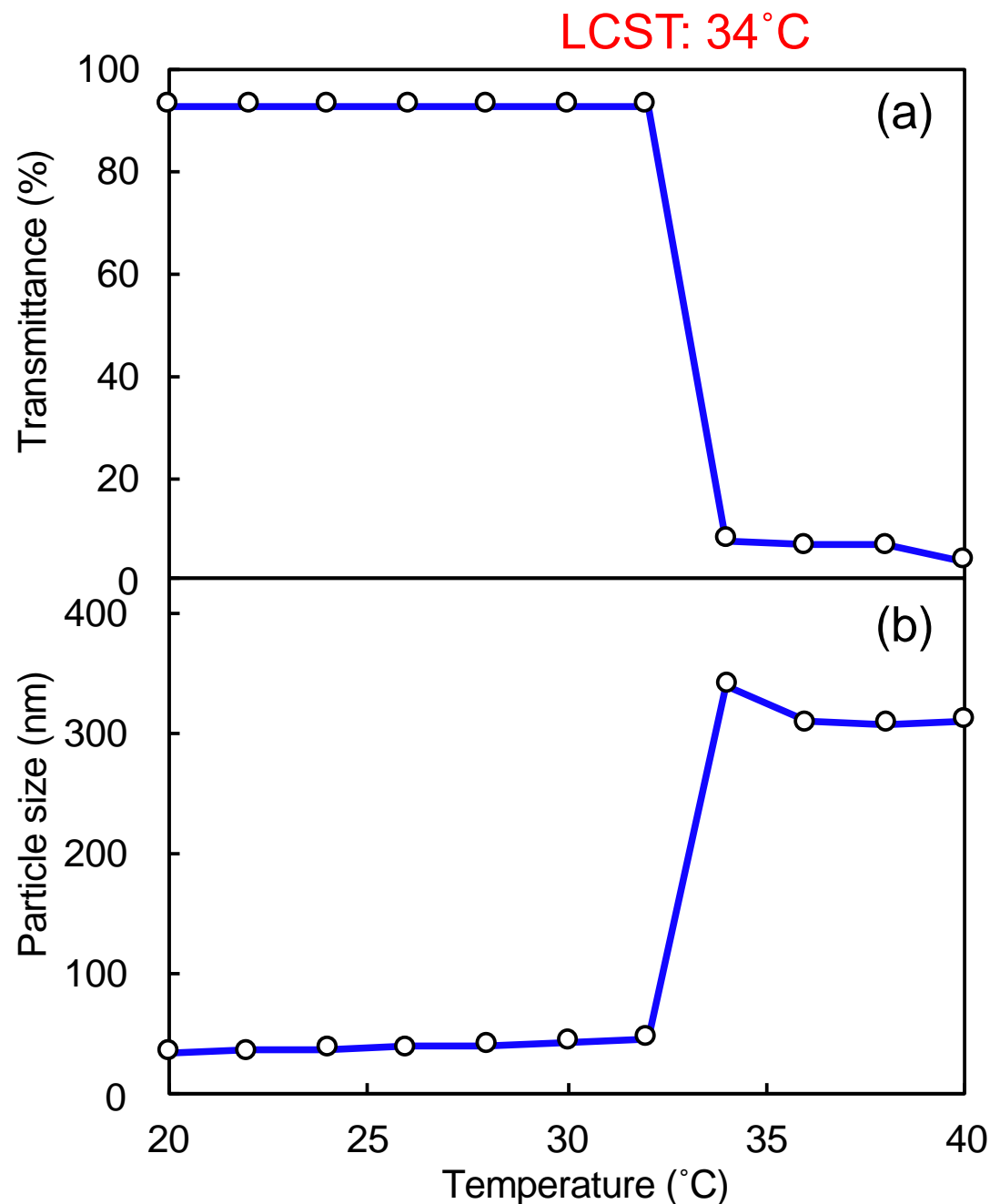


- ✓ 屋外温度の上昇→ガラスの白濁→屋内の日射抑制
- ✓ 電源を必要とせず、可逆的な温度スイッチングが可能 **エアコン等、消費電力の低減**

PolyNIPAMのLCST

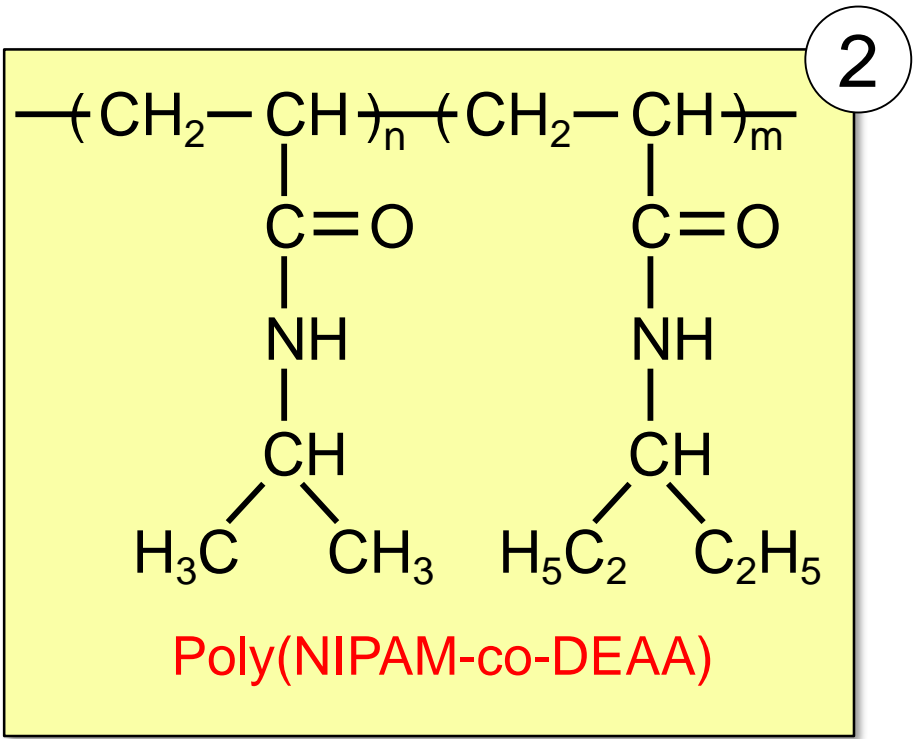


34°Cで白濁する。

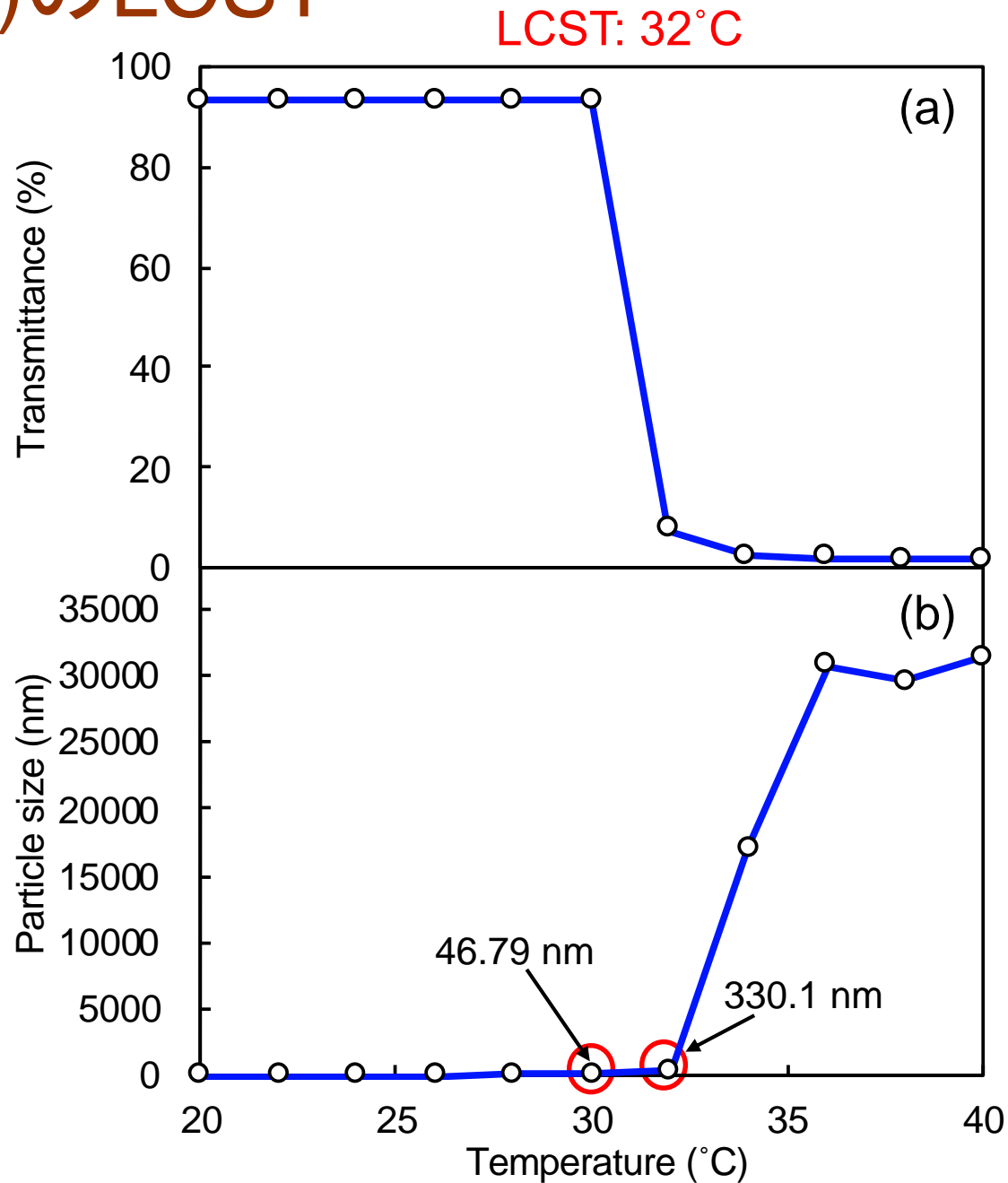


PolyNIPAM水溶液の透過率(a)およびDLSによる粒径分布(b)
水溶液の濃度: 0.5 wt%

Poly(NIPAM-co-DEAA)のLCST



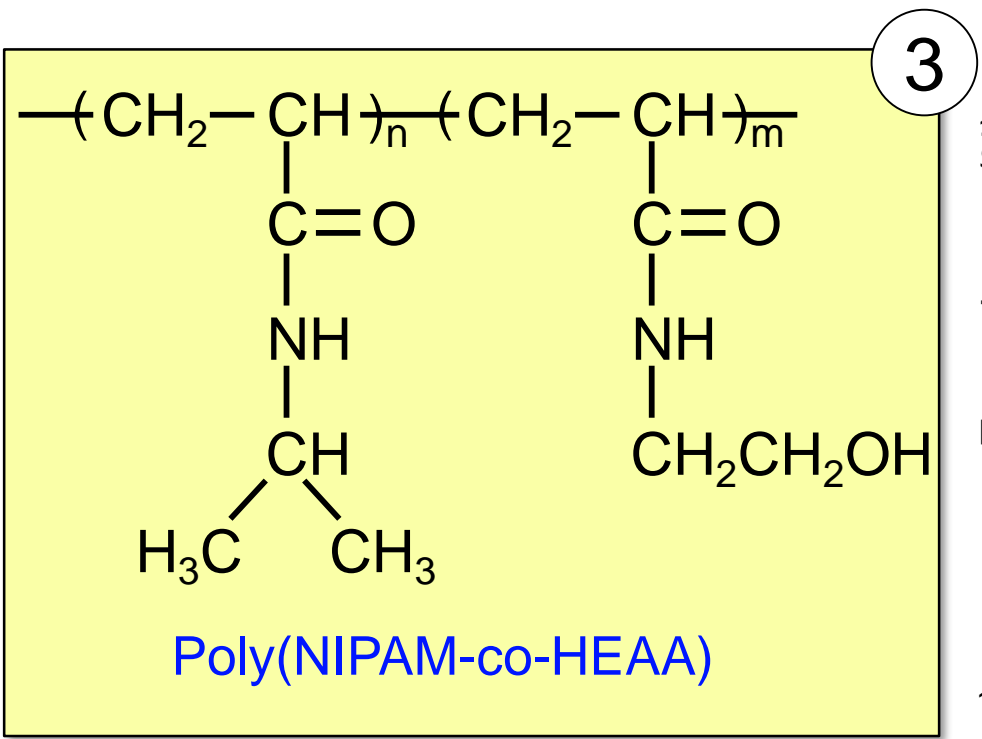
疎水モノマーと共重
合
LCSTの低下
32°Cで白濁する。



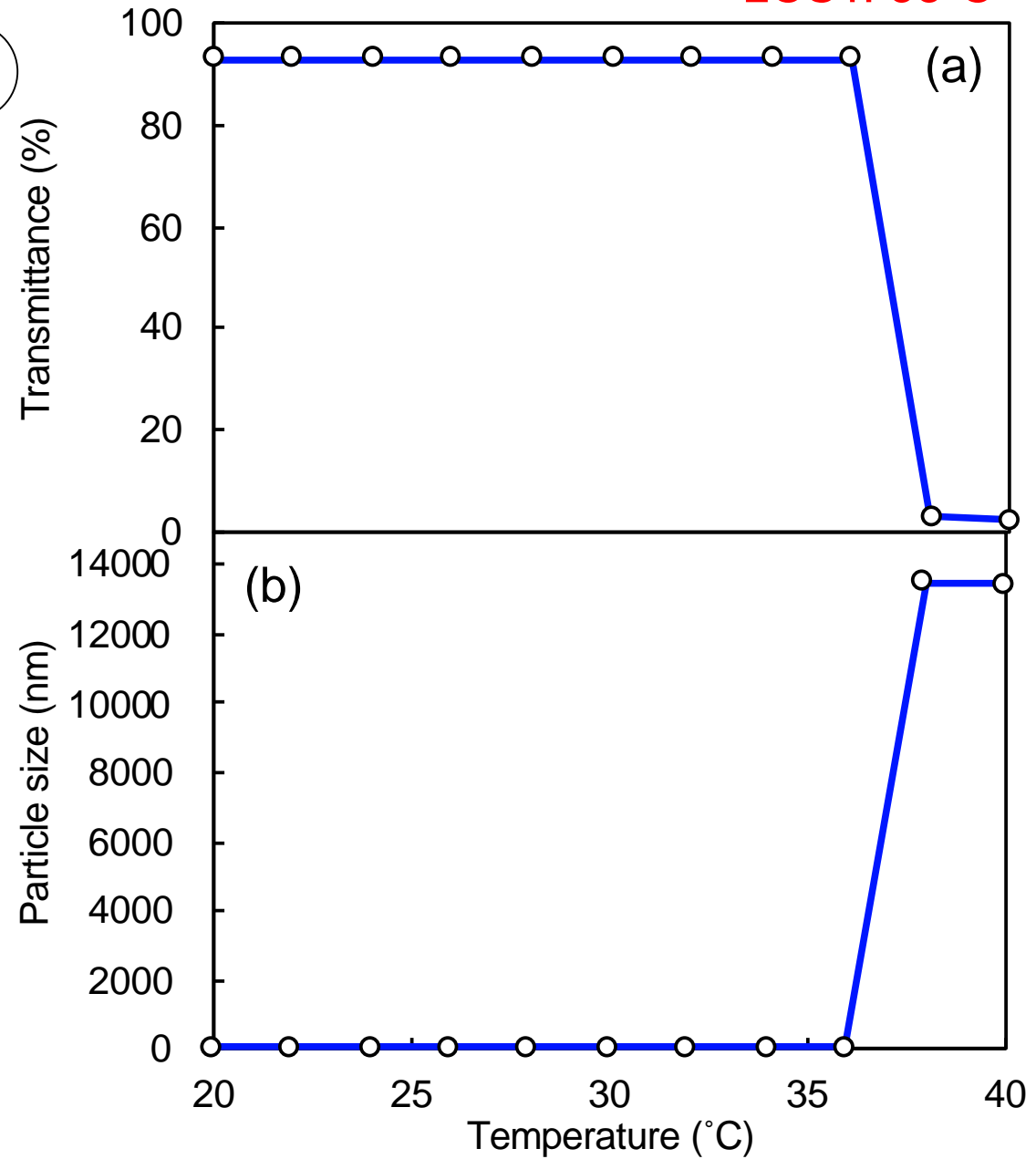
Poly (NIPAM-co-DEAA) 水溶液の透過率(a)およびDLSによる粒径分布(b)
水溶液の濃度: 0.5 wt%

Poly(NIPAM-co-HEAA)のLCST

LCST: 38°C

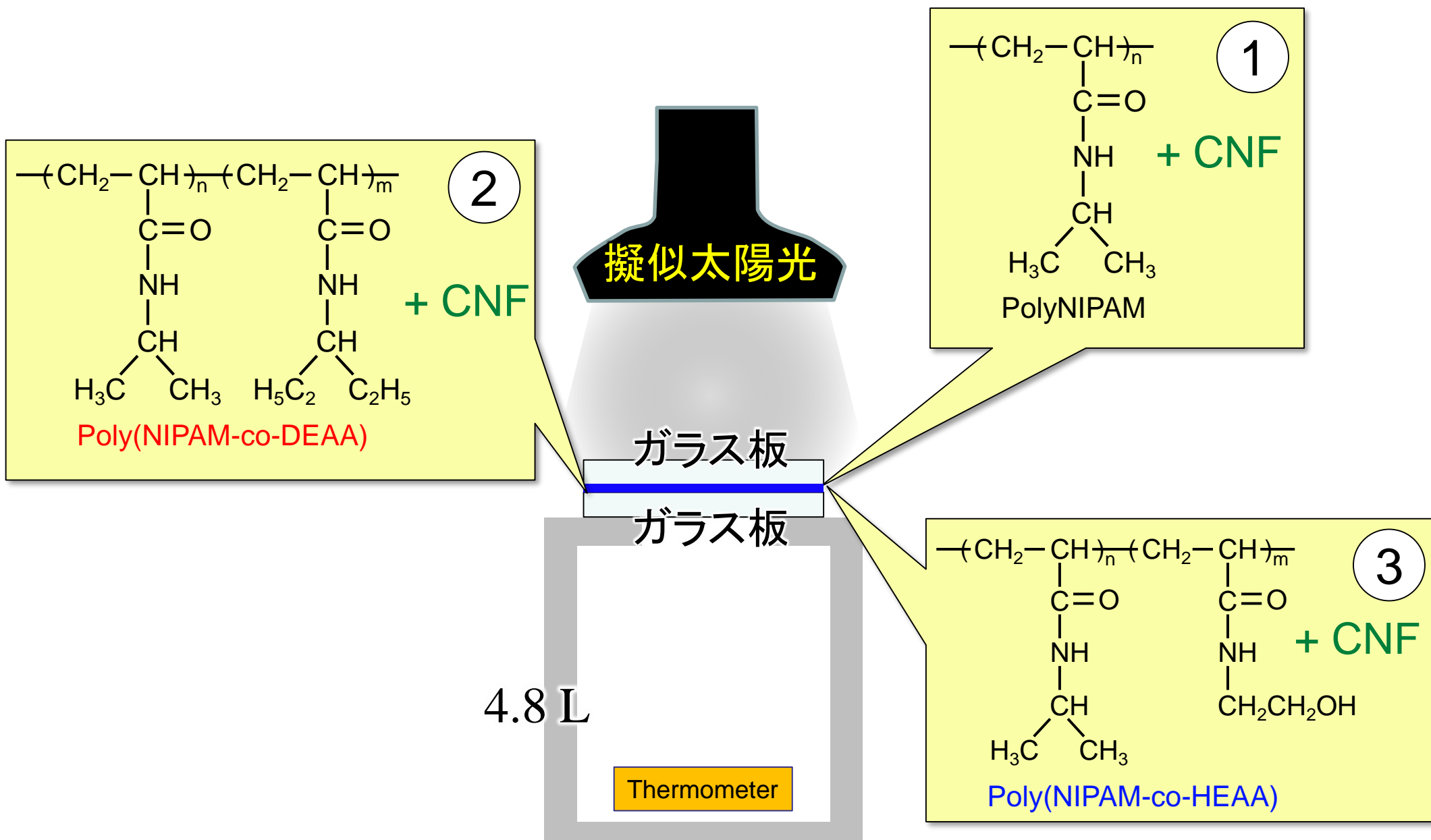


親水モノマーと共重
合
LCSTの上昇
38°Cで白濁する。

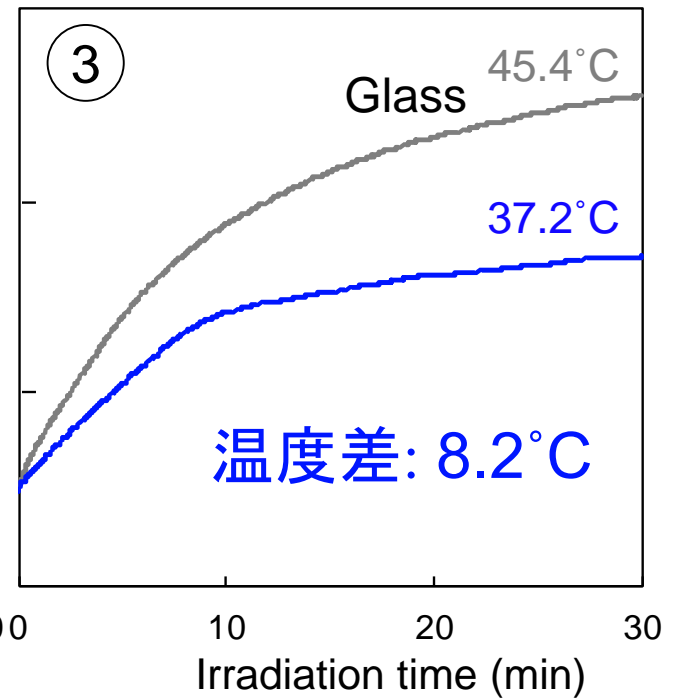
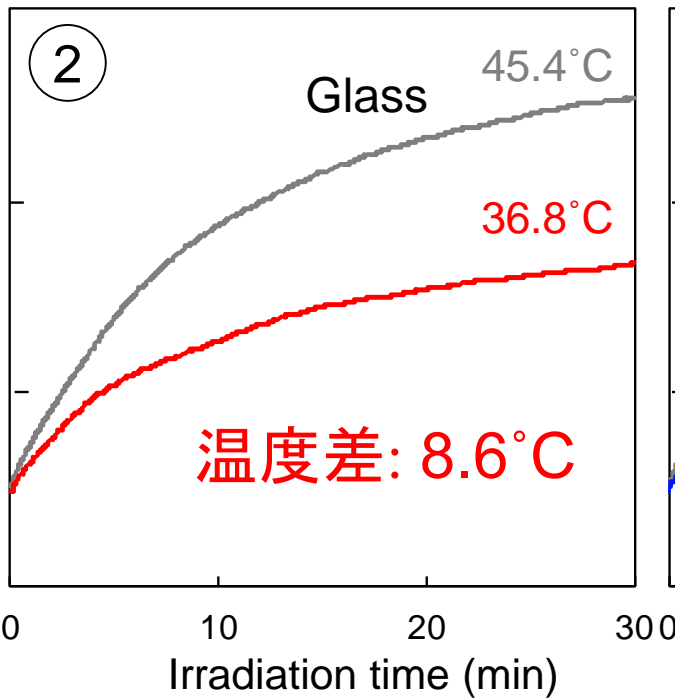
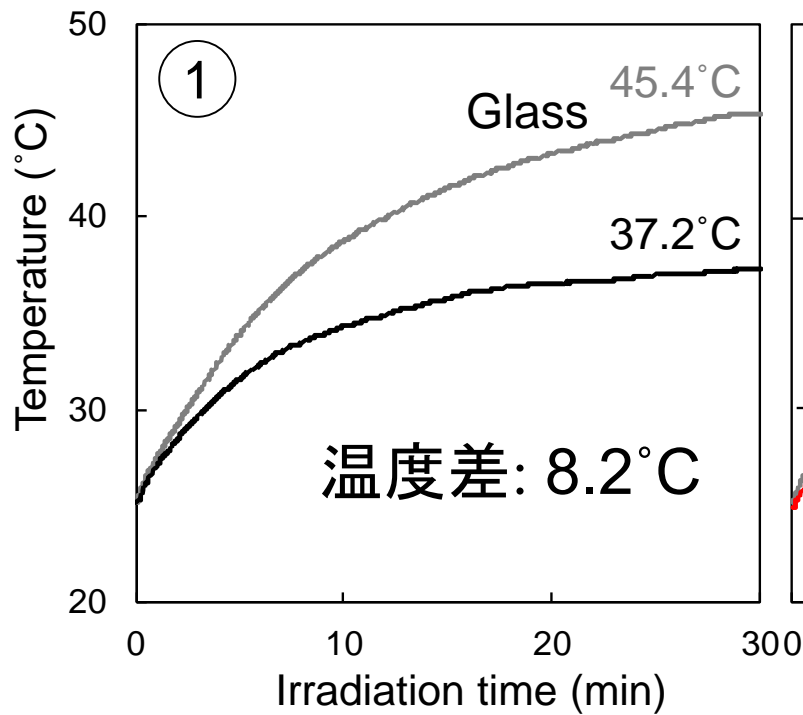
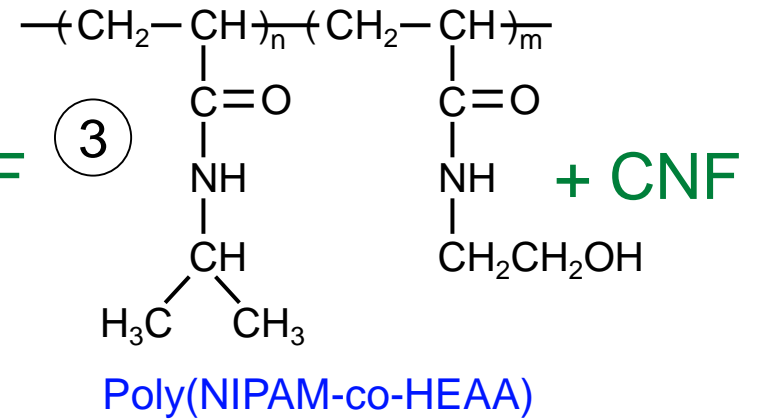
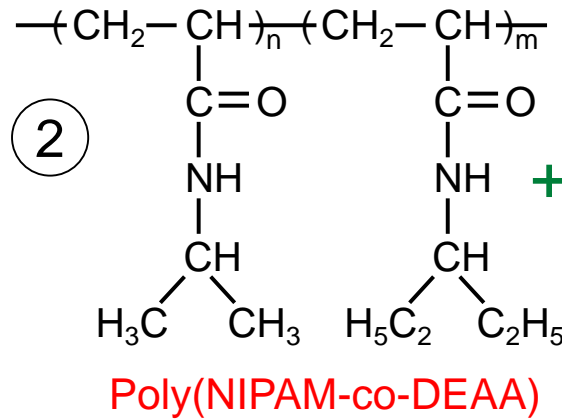
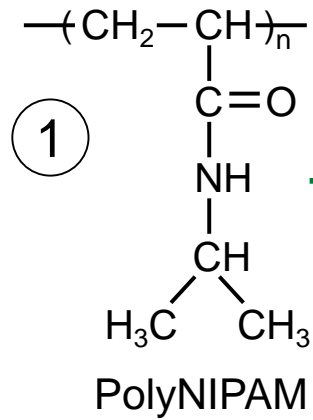


Poly (NIPAM-co-HEAA) 水溶液の透過率(a)およびDLSによる粒径分布(b)
水溶液の濃度: 0.5 wt%

擬似太陽光照射実験～温度上昇低減効果の検証

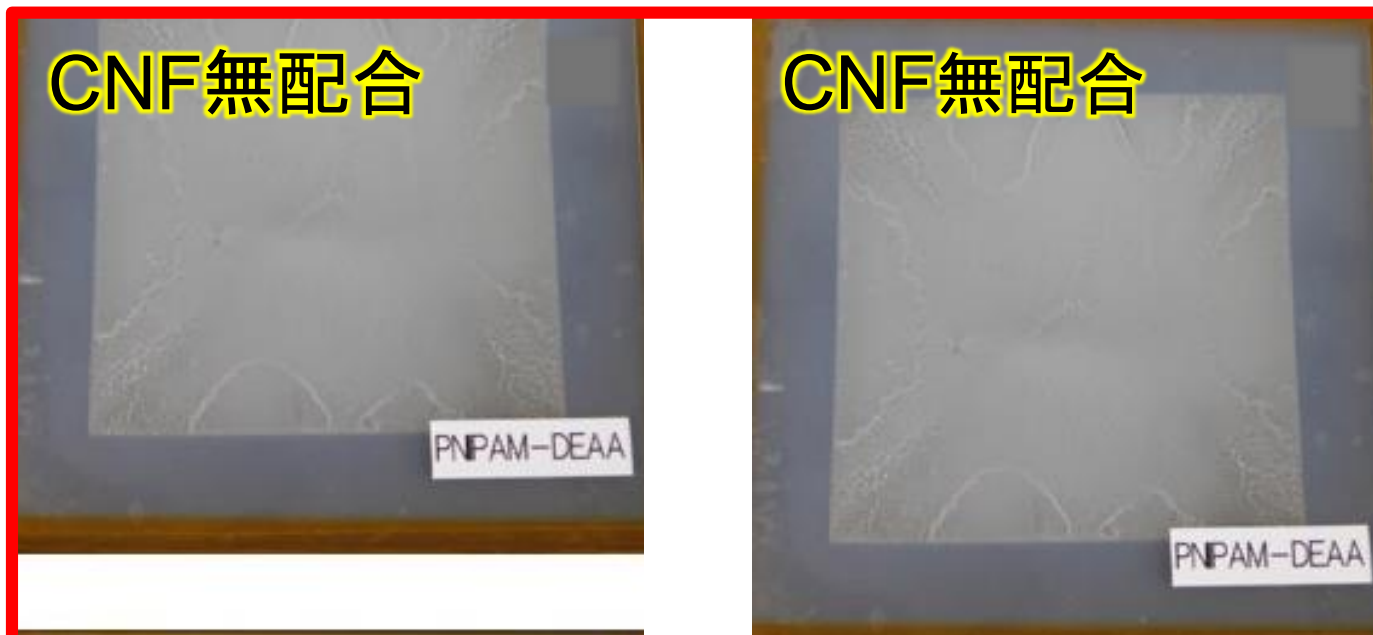


感温性高分子/CNF調光ガラスの温度上昇低減効果

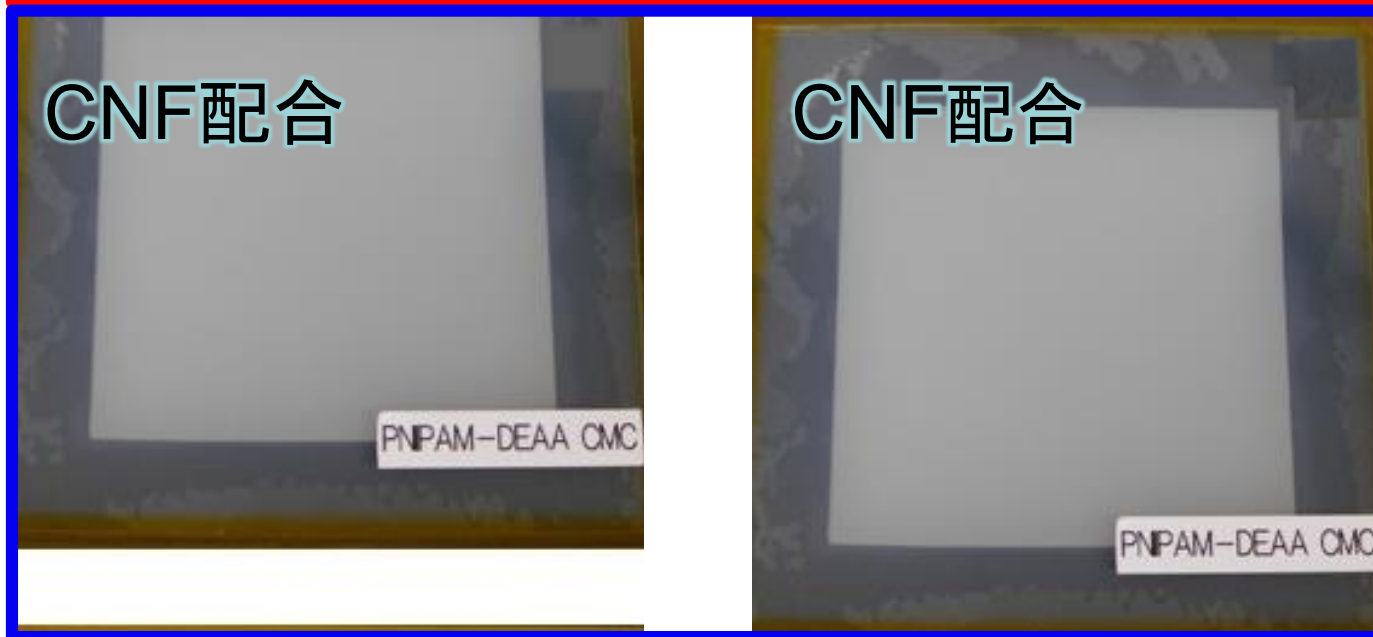


温度応答性調光ガラスを用いた温度上昇低減効果

フィラー効果～温度変動に対して中間層が安定化



CNF無配合
温度変動で
クラック出現
不安定・不均質

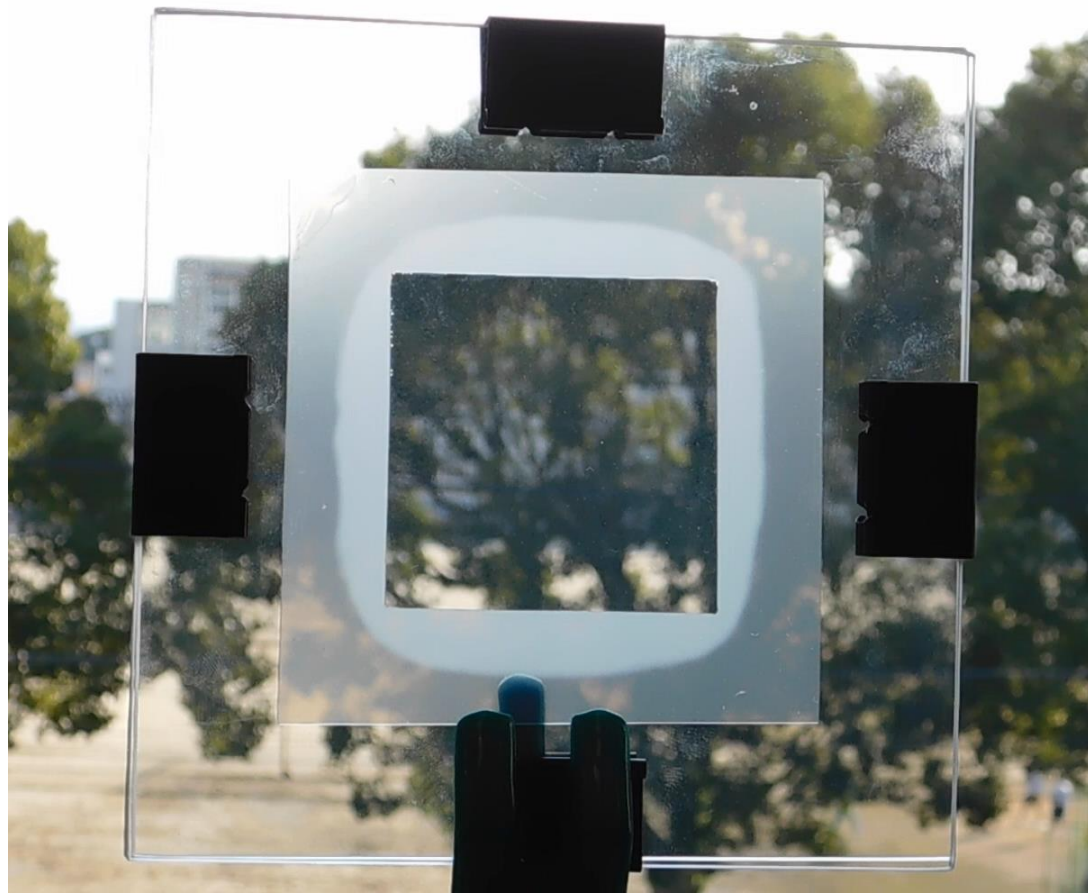


CNF配合
温度変動で
クラック生じない
安定・均質

Poly(NIPAM-co-DEAA)Glass

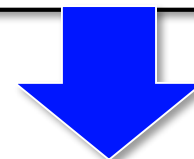
Poly(NIPAM-co-DEAA)Glass

白濁の迅速化



白濁速度の検討

熱の伝搬をもっと
迅速にできないか？



導電性高分子等の熱伝導が
良好な水性材料を添加する。

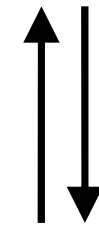
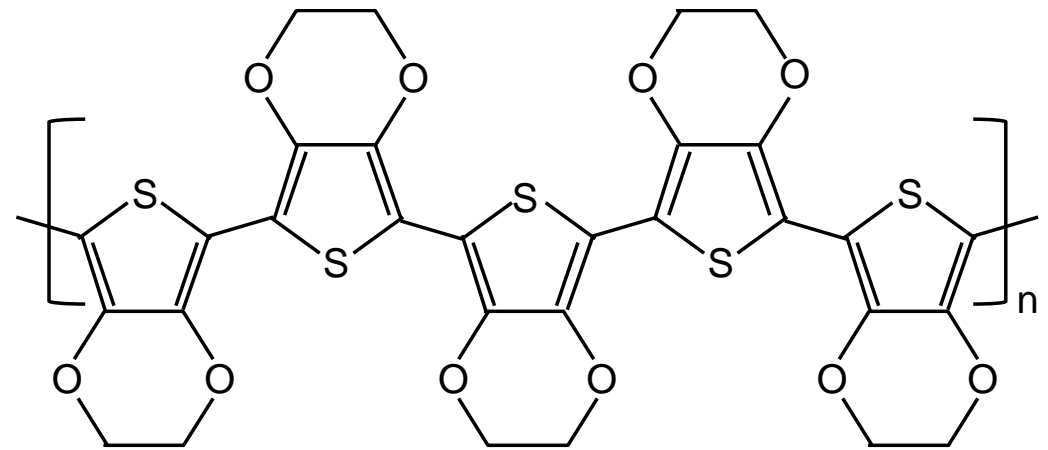


PEDOT?

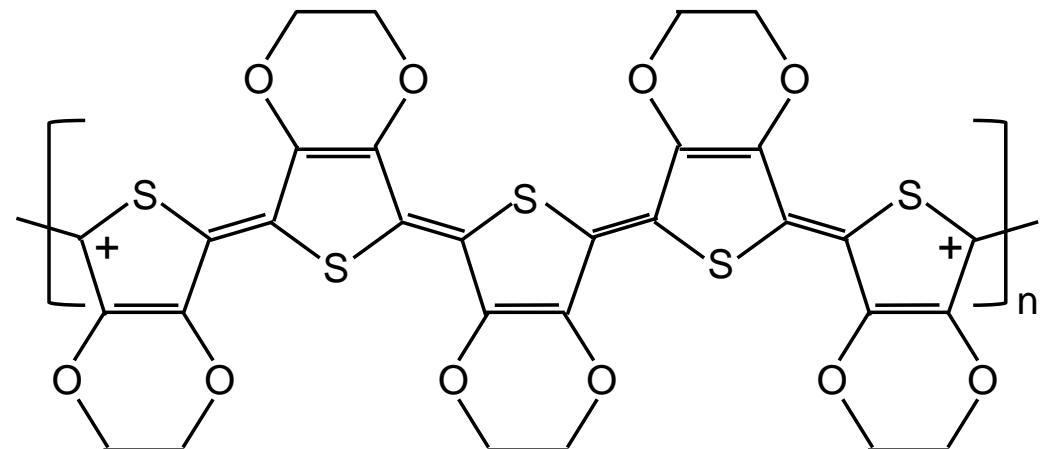
導電性高分子, PEDOTを活用

PEDOTの特長

- ✓ 高い導電性
- ✓ 透明導電膜の形成
- ✓ 熱伝導性
- ✓ 近赤外(熱線)吸収性
- ✓ 遮光性

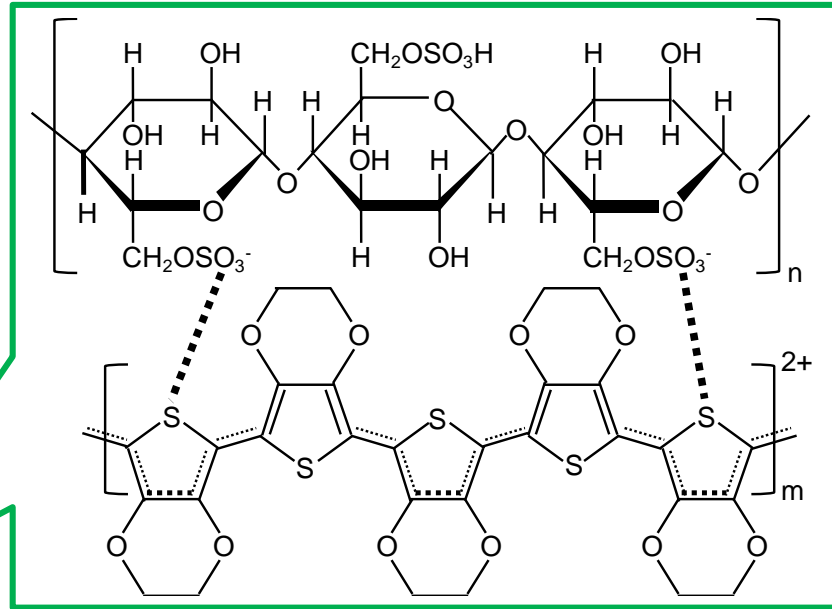


Doping by dopant



我々はドーパントとして
硫酸化CNF用いた。

硫酸化CNF(s-CNF)を用いたPEDOT遮熱中間膜



代替インジウム錫酸化物(ITO)
代替アンチモン錫酸化物(ATO)

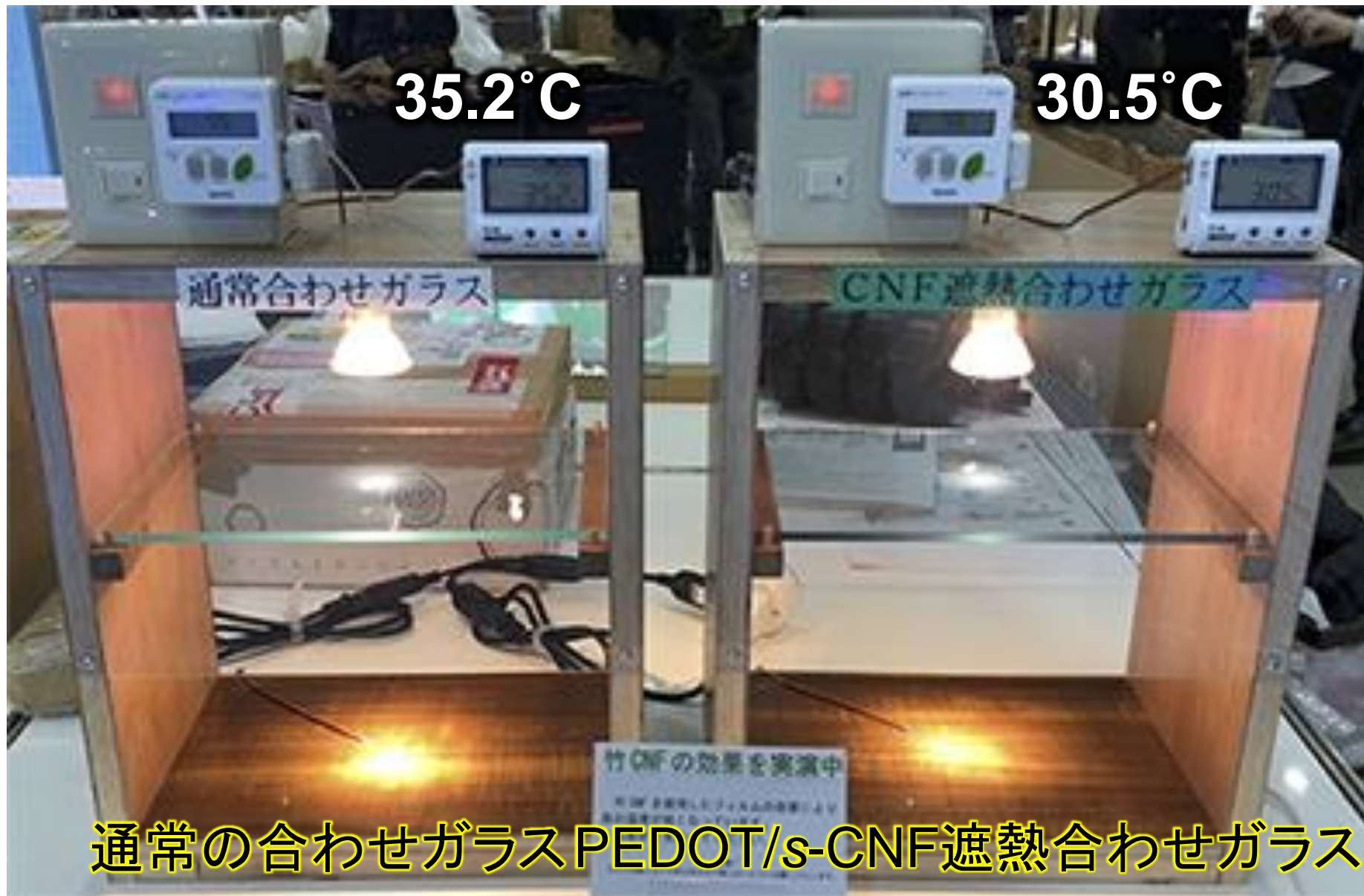
近赤外光(熱線)
を吸収

可視光を透過

合わせガラス

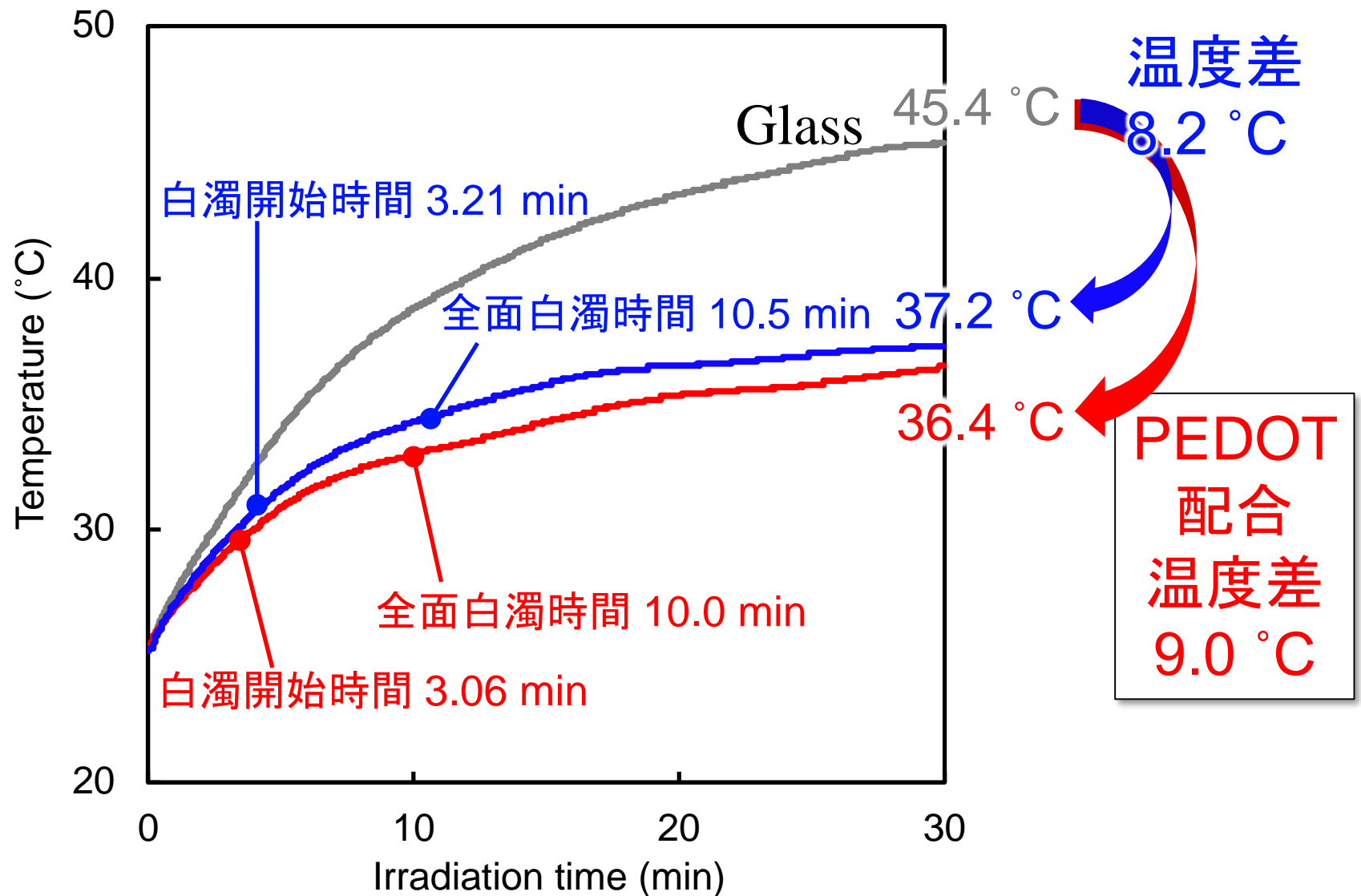


PEDOT/s-CNF遮熱合わせガラスを環境省事業で開発



※CNF遮熱合わせガラスの方が4.7°C低い

PEDOT配合PolyNIPAM/CNF遮光合わせガラス



PEDOTを添加したPolyNIPAM/CNF合わせガラスの温度上昇低減効果

- (—) PEDOT/s-CNF配合 PolyNIPAM/CNF 合わせガラス
- (—) PEDOT/s-CNF無配合 PolyNIPAM/CNF 合わせガラス

新技術の特徴

- ✓ PolyNIPAMおよびその共重合体と多糖ナノファイバーのコンポジットから**合わせガラス用遮光中間層**を構築した。
- ✓ **温度スイッチング機能をもつ遮光合わせガラス**を作製できた。
- ✓ 共重合体化により、**白濁温度が制御可能であることを確認した。**
- ✓ 導電性材料、PEDOTとの組み合わせにより、**白濁化時間の短縮化**の可能性を見出した。
- ✓ 温度上昇、低下に伴う亀裂や劣化がなく、白濁化できることが確認された。**ナノファイバーフィラー効果**。従来の技術では亀裂や劣化を生じた。
- ✓ 電源を必要とせず、自律的に日射透過率を制御できた。
- ✓ 最終的に**9.0°Cの温度上昇低減効果**を確認した。

想定される用途

- ✓ 建築用部材
- ✓ 住宅用サッシ、温室ガラス
- ✓ 遮光フィルム、車載用部材

実用化に向けた課題

- ✓ 導電性高分子、PEDOT/s-CNFの製造元
- ✓ 導電性高分子によるさらなる白濁の迅速化
- ✓ 中間層の薄膜化
- ✓ 住宅サッシへの組み込み、封止
- ✓ 省エネ効果の実証
- ✓ フレキシブルフィルム化

企業への期待

- 導電性高分子の基礎的研究は完了。
- ガラスへの組み込み企業。
- 省エネ効果の実証ため、外部資金への共同申請も検討。
- フィルムへの応用。フレキシブル化。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：温度応答性材料および
これをを用いた遮光材
- 出願番号：特願2020-083233
- 出願人：熊本県、熊本大学
- 発明者：堀川真希、永岡昭二、高藤誠、伊原博隆

産学連携の経歴

2019年-2021年 JST A-STEP: 産学共同フェーズ(シーズ育成タイプ) 分担推進中

2017年-2020年3月

環境省CNF: セルロースナノファイバー活用製品の性能評価委託事業 分担

2017年10月-2018年9月 JST: A-STEP 産学バリュープログラム 代表

2017年10月-2018年9月 JST: A-STEP マッチングプランナープログラム 代表

2011年度 JST: A-STEP 探索タイプ 代表

2007年10月～2009年3月 JST: 地域ニーズ即応型事業 代表

経済産業省関係

2011年度 中小企業等の研究開発力向上及び実用化推進のための事業 分担

2010年度 中小企業等の研究開発力向上及び実用化推進のための事業 代表

2006年度～2007年度 地域新生コンソーシアム事業 他府省連携枠 分担

2002年度～2003年度 経済産業省 地域新生コンソーシアム事業 中小枠 分担

お問い合わせ先

熊本大学

熊本創生推進機構 イノベーション推進部門

主任リサーチ・アドミニストレーター

松浦 佳子

Tel : 096-342-3145 Fax : 096-342-3300

E-mail: liaison@jimu.kumamoto-u.ac.jp