



○はじめに

UV 硬化樹脂は、硬化時に反り返りが生じる。この反り返りを小さくする条件を見つけるため、温度、湿度、酸素濃度に着目して実験を行った。



図1 UV 硬化樹脂の反り返り

○実験方法

【道具】 UV 硬化樹脂 (PADICO UV-LED レジン 星の雫 [ハードタイプ])、UV ライト、型、シャーレ、エンボスヒーター、酸素濃度計

【方法】 1. 型に樹脂約 3g を量り取った。
2. エンボスヒーターを 10 秒間当てた。
↓実験①・② ↓実験③
3. 樹脂を入れた型にシャーレを被せた。 3. ジップロックの中で酸素ポンベと窒素ポンベを用いて酸素濃度を調整した。



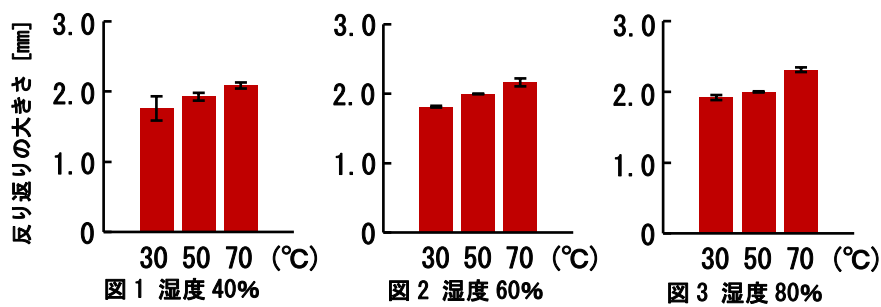
4. インキュベーターの中に入れた。
5. 波長 HV365nm の UV ライトを 4 分間照射した。

○実験① 温度・湿度

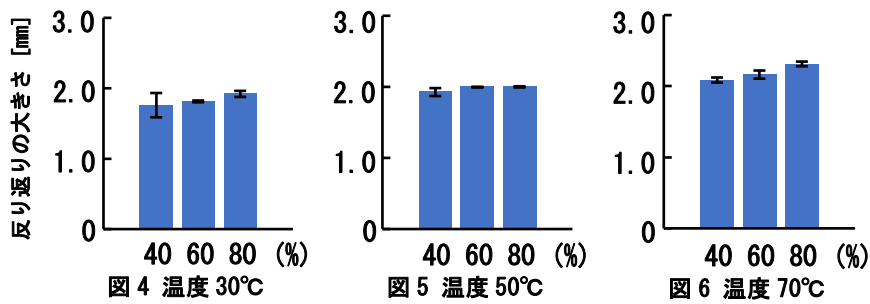
【方法】 温度 30℃・50℃・70℃、湿度 40%・60%・80%

【結果】

(i) 温度を変化させたとき



(ii) 湿度を変化させたとき



二元配置分散分析より、温度が強く影響

○実験② 低温

【方法】 温度 10℃・20℃、湿度 40%

【結果】

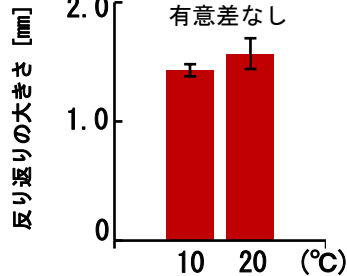


図7 実験②の結果

○実験③ 酸素濃度

【方法】 温度 30℃、湿度 40%、酸素濃度 5%・20%・35%

【結果】

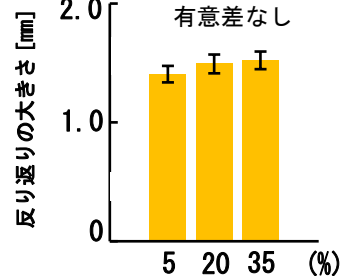


図8 実験③の結果

○ラジカル重合とは

- ・アクリル系 UV 硬化樹脂が硬化するとき起こる化学反応 (発熱)
- ・酸素によって反応阻害を受ける

○考察

温度 (湿度 40%での比較)

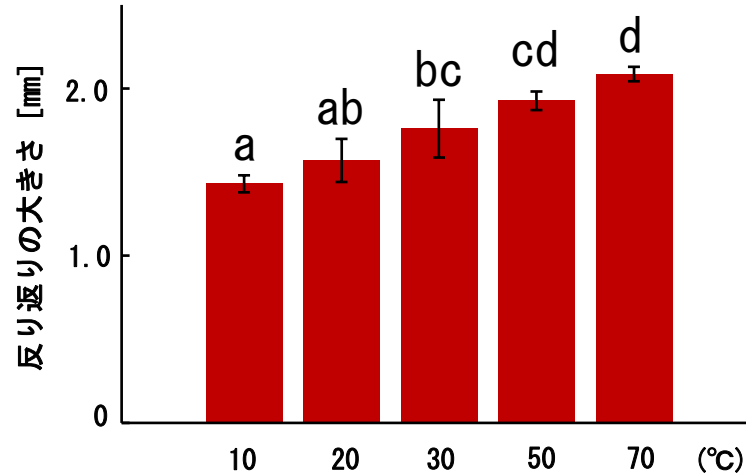


図9 温度を変化させたときの反り返りの変化

異なるシンボル間で有意差あり (p<0.05, 分散分析)

- ・重合熱が低温の環境に
よって冷却される
→熱応力の発生が抑制される
→反り返りが小さくなる

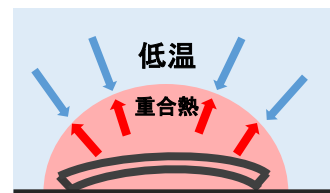


図10 重合熱が冷却される様子

- ・低温の環境
→反応速度が遅くなる
→ゲル状態の時間が長くなる
→応力が緩和される時間が長くなる
→応力が小さくなる
→反り返りが小さくなる

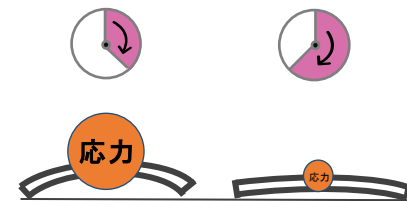
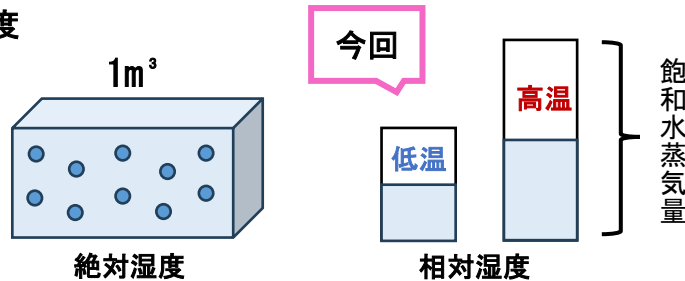


図11 ゲル状態の時間と応力の関係

湿度



酸素濃度

- ・濃度の変化量が小さく、反り返りに影響を及ぼさなかった。
- ・酸素による反応阻害は樹脂の表面にしか生じず、反応速度が変化しなかった。

○今後の課題

- ・反応熱の周囲の温度による変化と、硬化後の UV 硬化樹脂の温度変化について、サーモグラフィーを用いて実験を行う。
- ・絶対湿度を変化させて実験を行う。

○参考文献

(1) 沢田秀雄. 重合度の温度依存性について. 高分子化学. 1963, vol. 20, no. 221, p. 561-566
 (2) 佐藤雄河, 菊谷義治. 有限要素法を用いた紫外線硬化性接着剤の硬化収縮解析の検討. 計算力学講演会講演論文集. 2019, vol. 32
 (3) 小栗巧, 菊谷義治, 山本晃司. 硬化収縮応力シミュレーションによる紫外線硬化性接着剤の硬化過程における緩和挙動予測. 2024, vol. 37
 (4) 古市浩朗. 紫外線硬化型接着剤の硬化状態と収縮の実験的評価方法. 2021, vol. 87, no. 897, p. 20-00344
 (5) 栗本健二, 中村正明, 藤本和秀, 染宮昭義. エポキシ/アクリル混合系樹脂の硬化反応解析と材料物性. 1989, vol. 46, no. 12, p. 809-818