

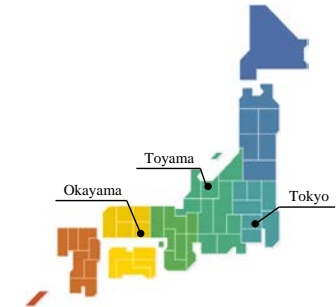
## 二酸化バナジウム含有マイクロカプセルによる放射冷却の機能的制御

岡山大学 学術研究院 環境生命自然科学学域  
伝熱工学研究室  
磯部 和真

## 自己紹介

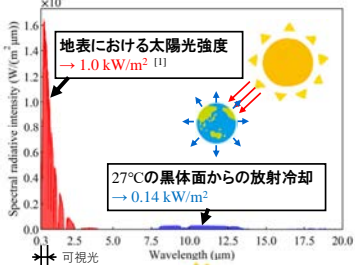


- 1992年5月: 富山県にて産まれる
- 2011年4月: 東京工業大学 工学部(4類)入学
- 2020年3月: 東京工業大学 工学院 機械系 機械コース修了, 博士(工学)の学位を取得
- 2020年4月: 岡山大学 大学院自然科学研究科(現 学術研究院環境生命自然科学学域), 伝熱工学研究室 助教に就任, 現在に至る

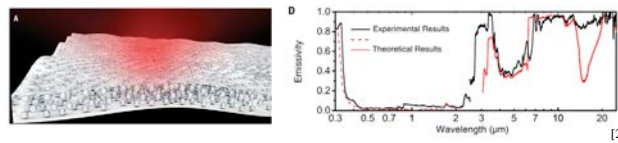


## 研究背景

### 放射冷却を利用した無動力空調



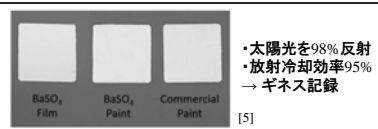
### シリカ粒子による放射冷却



### 多層膜構造による放射冷却



### 硫酸バリウムを用いた超白色塗料による放射冷却



### 放射冷却材料の難点

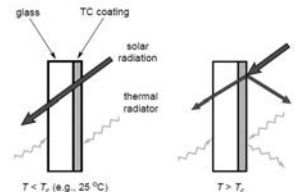
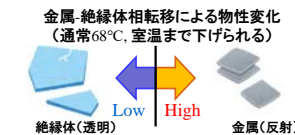
夏季:  
冷却を促進, 空調負荷低減

冬季:  
冷却を促進, 空調負荷増大

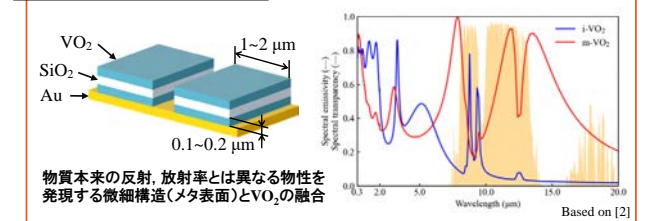
## 研究背景

### VO<sub>2</sub>を用いた放射率制御

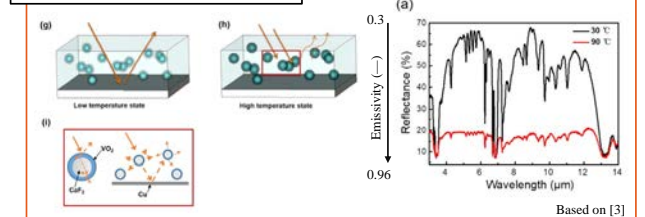
#### 二酸化バナジウム (VO<sub>2</sub>)



### メタ表面による放射率制御



### マイクロ粒子による放射率制御

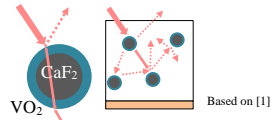


[1] U.S. Department of Energy, the American Society for Testing and Materials G-173 spectra, 1976. [2] Zhai et al., Science, 355, 1062 (2017). [3] SPACECOOL株式会社 <https://spacecool.jp/technology/> [4] TECTURE MAG <https://mag.lecture.jp/culture/20250709-131559/> [5] Li et al., ACS Appl. Mat. Interfaces, 13(18), 21733 (2021).

[1] Parkin and Manning, J. Chemical Education, 83 (3), 393 (2006). [2] Isoke et al., Int. J. Thermophys., 43, 44 (2022). [3] Wu et al., Nano Letters, 21 (9), 3908 (2021).

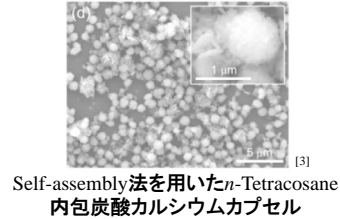
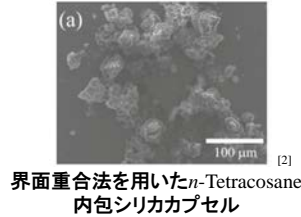
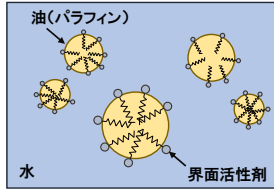
# マイクロカプセルの合成手法

## コア-シェル粒子の化学合成手法の確立



・高温高圧下で長時間の合成(水熱合成)  
→ 特殊な装置が必要, 難しい

## 無機材料によるパラフィンのカプセル化の先行事例

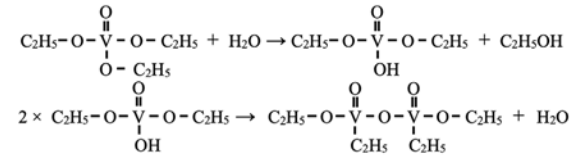


### 研究目的

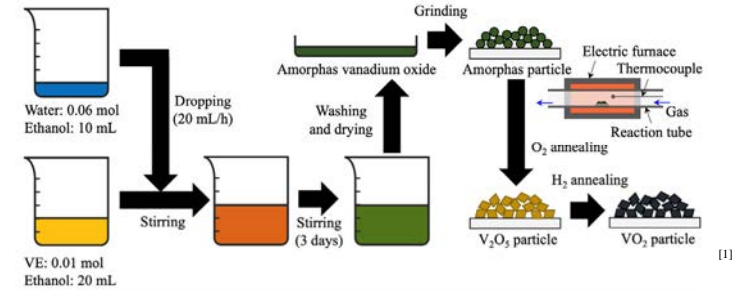
パラフィンを内包したVO<sub>2</sub>マイクロカプセルの合成手法を確立する

[1] Wu et al., *Nano Lett.*, **21** (9), 3908 (2021). [2] Okuno et al., *Int. J. Thermophys.*, **44** (5), 69 (2023). [3] Yamada et al., *Energy & Fuels*, **37** (4), 3152 (2023)

# VO<sub>2</sub>ナノ粒子の化学合成



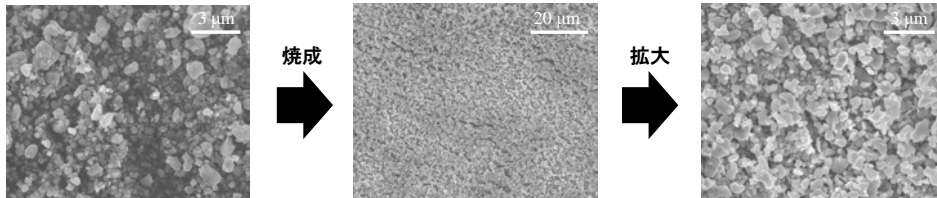
**ゾルゲル法:**  
金属アルコキシドから金属酸化物の高分子を合成



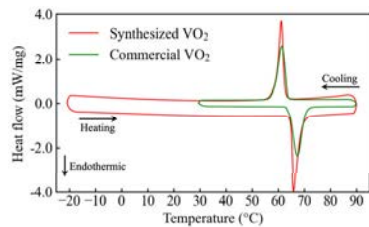
[1] Isobe et al., *ACS Appl. Energy Mater.*, **8** (13), 9595 (2025).

# 分析結果(VO<sub>2</sub>粒子)

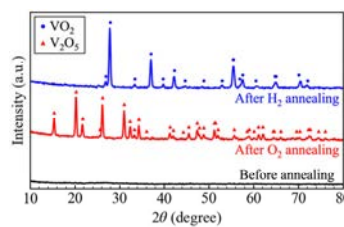
## SEM観察



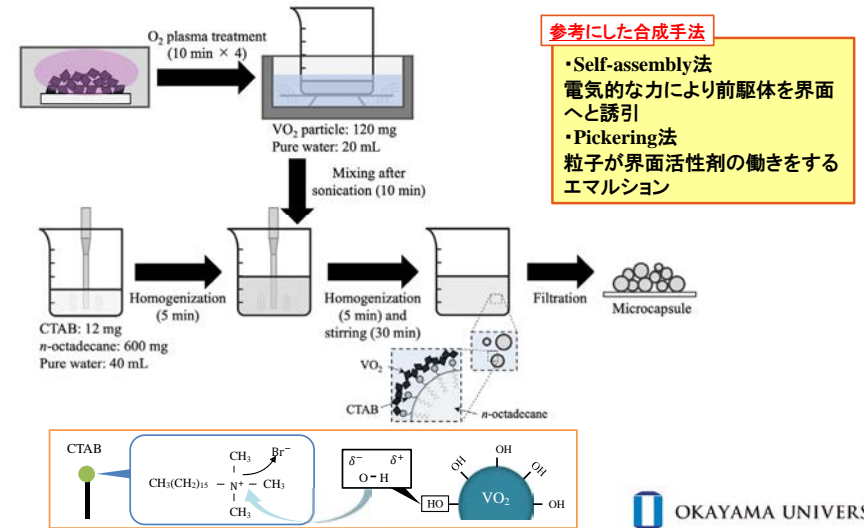
## DSC分析



## XRD分析



# VO<sub>2</sub>マイクロカプセルの化学合成

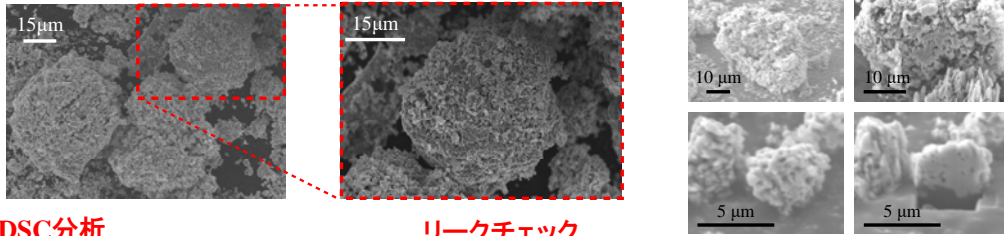


**参考にした合成手法**

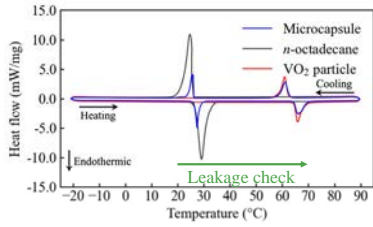
- ・Self-assembly法  
電力的な力により前駆体を界面へと誘引
- ・Pickering法  
粒子が界面活性剤の動きをするエマルション

# 分析結果(VO<sub>2</sub>マイクロカプセル)

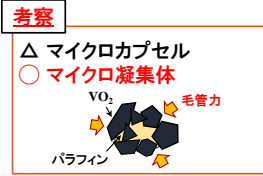
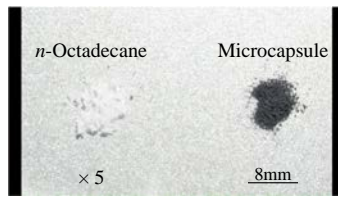
## SEM観察



## DSC分析



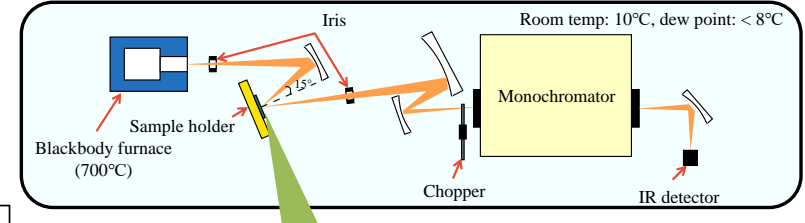
## リークチェック



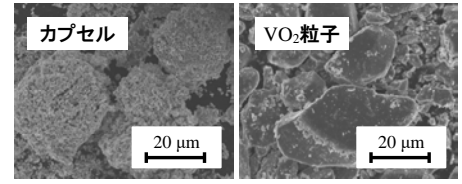
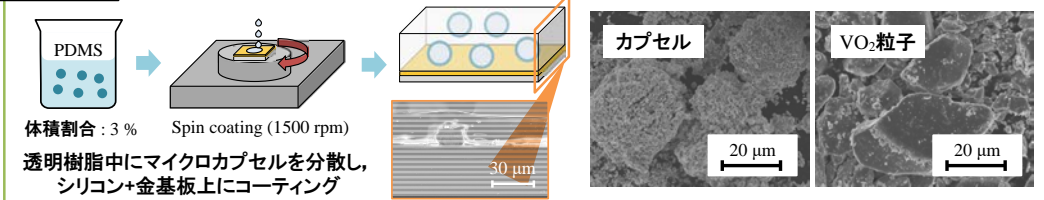
OKAYAMA UNIVERSITY

# 反射率スペクトル測定

## 正反射率測定

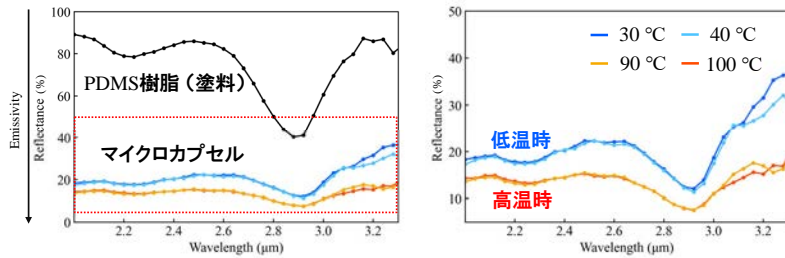


## 試験体作製



OKAYAMA UNIVERSITY

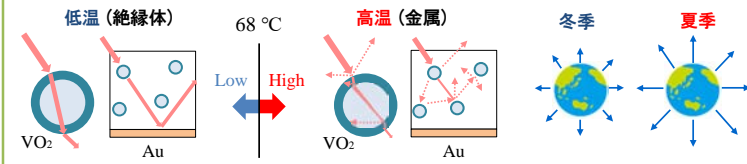
# 反射率スペクトル測定結果(マイクロ凝集体)



## 測定結果

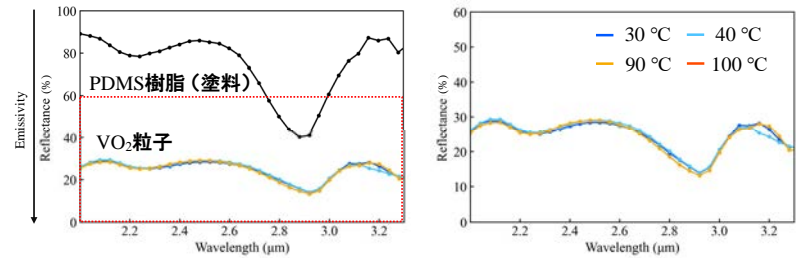
反射率の差: 7.05 %  
 (放射率) = 1 - (反射率)  
 低温時: 放射率低  
 高温時: 放射率高

## 考察



OKAYAMA UNIVERSITY

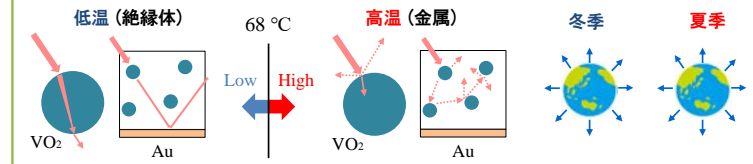
# 反射率スペクトル測定結果(VO<sub>2</sub>粒子)



## 測定結果

反射率の差: 0.26 %  
 (放射率) = 1 - (反射率)  
 低温時: 放射率高  
 高温時: 放射率高

## 考察



OKAYAMA UNIVERSITY

## おわりに

### まとめと今後の展望

- ・パラフィンとVO<sub>2</sub>粒子からなるマイクロ凝集体の合成方法を確立した。
- ・マイクロ凝集体の高い熱的安定性を確認した。
- ・マイクロ凝集体を分散させた薄膜は高/低温環境下にて高/低放射率を示した。
- ・高/低温環境下における放射率の変化幅を大きくするため、粒径や分散濃度などに関する最適化を進める必要がある。
- ・タングステンなどのドーピングによりVO<sub>2</sub>粒子の相転移温度を制御することで、機能性建材としての応用可能性を検証していく必要がある。

### 謝辞

本研究の遂行に当たり、岡山大学大学院環境生命自然科学研究科の山内翔斗君、河野聡真君に実験協力を頂きました。また、堀部教授、山田講師に助言を頂きました。