

ナノスケール・サーマルマネジメント基盤技術の創出  
2017年度採択研究代表者

2018年度 実績報告書
-----------------

大宮司 啓文

東京大学大学院工学系研究科  
教授

ナノ空間材料に内包された水の吸着・移動の熱制御

## § 1. 研究成果の概要

本研究では、ナノ空間材料に内包された水がバルクとは異なる相、運動特性を示すことを利用し、空気中の湿分制御を高効率に行う技術の確立を目標とする。この目標を達成するために、珪素系多孔質材料、炭素系多孔質材料、ナノポーラス金属錯体の3種類のナノ空間材料を対象とし、ナノ空間材料の合成、機能化、およびナノ空間材料に内包された物質の吸着・移動現象の計測技術、解析技術の開発を行い、ナノ空間材料に内包された水の吸着・移動の熱制御、および水の吸着・移動に伴うナノ空間材料の熱輸送について、ナノスケールで現象を理解することに取り組む。この研究成果は革新的な吸湿材の創製に繋がる。また、複合材料の合成、水分移動機構の提案、デバイスの開発を行い、ナノスケールからマクロスケールまでシームレスに物質輸送、熱輸送現象を捉えるマルチフィジックスの学理を構築することに取り組む。この研究成果は新規調湿デバイスの開発に繋がる。研究項目は以下の4項目にまとめられる。

1. ナノ空間材料の合成、機能化技術の開発
2. ナノ空間材料に内包された物質の吸着・移動現象の計測技術の開発
3. ナノ空間材料に内包された物質の吸着・移動現象の解析技術の開発
4. 複合材料の合成、水分移動機構の提案、デバイス応用

本年度は、材料合成、実験計測、理論解析について、新しい装置を導入し、本格的に研究に着手した。**1**については、材料の特徴を把握するための様々な計測系に適した材料を合成した。**2**については、高温水蒸気吸着測定装置、吸着量・吸着熱同時計測装置、吸着量・赤外分光同時計測装置など計測機器の開発を進めた。また、幾つかの研究成果を挙げる事ができた。例えば、ナノサイズのカーボンナノチューブ細孔内における水の相転移を実験的に詳細に分析し、チューブ直径と相転移温度の関係を明らかにした(原著論文1)。また、金属有機構造体 MIL-101 を対象に、重量法により吸着の緩和曲線を計測し、特徴的な緩和曲線を見出す事ができた(原著論文2)。**3**については、各種ソフトウェアの開発を進めた。例えば、マクロスケールの多層型除湿装置を対象に、水分、熱の移動を解析するソフトウェアを開発した。解析結果を実験結果と比較検討するとともに、ソフトウェアにより様々な条件における除湿性能を予測した(原著論文3)。**4**については、流動床型、分離膜型、熱交換器表面塗布型など既存の水分移動機構を評価した。

### 【代表的な原著論文】

- [1] Shohei Chiashi et al., “Confinement Effect of Sub-Nanometer Difference on Melting Point of Ice-Nanotubes Measured by Photoluminescence Spectroscopy,” ACS Nano 19, 1177-1182, 2019.
- [2] Kosuke Yanagita et al., “Kinetics of water vapor adsorption and desorption in MIL-101 metal-organic frameworks,” J. Phys. Chem. C 123, 387-398, 2019.
- [3] J. A. Shamim et al., “Theoretical analysis of transient heat and mass transfer during regeneration in multilayer fixed-bed desiccant dehumidifier: Model validation and parametric study,” Int. J. Heat Mass Transfer 134, 1024-1040, 2019

## § 2. 研究実施体制

### (1) 大宮司グループ

- ① 研究代表者: 大宮司 啓文 (東京大学大学院工学系研究科 教授)
- ② 研究項目
  1. ナノ空間材料に内包された物質の吸着・移動現象の計測技術の開発  
水吸着・移動評価、熱輸送の分光計測
  2. ナノ空間材料に内包された物質の吸着・移動現象の解析技術の開発  
分子シミュレーションソフト、マルチスケールシミュレーションソフトの開発
  3. 複合材料の合成、水分移動機構の提案、デバイス応用  
水分移動機構の提案、デバイス応用

### (2) 遠藤グループ

- ① 主たる共同研究者: 遠藤 明 (産業技術総合研究所化学プロセス研究部門 研究部門付)
- ② 研究項目
  1. ナノ空間材料の合成、機能化技術の開発  
珪素系ナノ空間材料
  2. ナノ空間材料に内包された物質の吸着・移動現象の計測技術の開発  
珪素系ナノ空間材料
  3. 複合材料の合成、水分移動機構の提案、デバイス応用  
水分移動機構の提案、デバイス応用、複合材料の合成

### (3) 千足グループ

- ① 主たる共同研究者: 千足 昇平 (東京大学大学院工学系研究科 准教授)
- ② 研究項目
  1. ナノ空間材料の合成、機能化技術の開発  
炭素系ナノ空間材料
  2. ナノ空間材料に内包された物質の吸着・移動現象の計測技術の開発  
炭素系ナノ空間材料、熱輸送の分光計測

### (4) 松田グループ

- ① 主たる共同研究者: 松田 亮太郎 (名古屋大学大学院工学研究科 教授)
- ② 研究項目
  1. ナノ空間材料の合成、機能化技術の開発  
ナノポーラス金属錯体
  2. ナノ空間材料に内包された物質の吸着・移動現象の計測技術の開発  
ナノポーラス金属錯体