

## 研究課題別事後評価結果（1年延長課題）

1. 研究課題名： ナノ空間材料に内包された水の吸着・移動の熱制御

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名

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）

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 部門付）

千足 昇平（東京大学大学院工学系研究科 准教授）

平出 翔太郎（京都大学大学院工学研究科 助教）

松田 亮太郎（名古屋大学大学院工学研究科 教授）

3. 事後評価結果

○評点：

A+ 非常に優れている

○総合評価コメント：

熱を利用した吸湿、吸着・脱離を利用した熱制御に向けて、ナノ空間材料における水などの吸着・移動に関する研究が、基礎研究から応用に近い機器の提案まで広範囲で実施された。基礎研究としてはSWCNT（単層カーボンナノチューブ）に閉じ込められた水の相転移に関する実験・理論両面の理解が進み、柔軟な構造を有するMOF（ナノポーラス金属錯体）の構造変化と吸着、吸熱、発熱などの関係の理解が進んだ。水とCO<sub>2</sub>では吸着の強さにより異なる結果が得られることや疎水部分と親水部分の適度な分布が水の速い凝集を促すことなど、詳細な点も明確になった。ナノ空間材料による水などの吸着・移動現象の計測技術が開発され、分子動力学法などの解析手法が進歩したことも重要な成果である。実用に近い部分では、ナノ空間材料を冷媒として用いるヒートポンプが提案され、吸湿機能も期待されるMOFがコーティングされた熱交換器を試作した。多くの優れた論文が定評のあるジャーナルに出版されており、水分移動機構を用いた除湿などに関するレビュー論文が出版されていることも評価できる。また、MOFを用いた圧縮・吸着ハイブリッドヒートポンプの特許が2件出願されている。今後のさらなる展開が期待される。

（2024年2月追記）

「ナノ空間材料における水などの吸着・移動」に関する研究に関して、多孔性配位錯体MIL-101の水吸着挙動の解明に関する研究を深め、構造変化による吸着熱の抑制効果についての検討を行った。同型の結晶構造と組成を有しながら、構造の柔軟・堅牢性が異なる場合、水吸着熱が構造に依存することが測定により明らかになった。また、単層CNTに内包した水分子の吸着・移動現象の計測に関し、スリットなどの間に転写・架橋させる新たな架橋単層CNT作製技術の開発に成功した。従来得ることが難しかった架橋構造の作製が可能になり、単層CNT研究を飛躍的に促進することが期待できる。

「圧縮-吸着ハイブリッドヒートポンプサイクル」に関して、バッチ式運転の実験装置を用いて、MOF-CO<sub>2</sub>の吸着・脱着、CO<sub>2</sub>の圧縮・膨張の緩和時間を計測、輸送特性についての考察を進め、より実機に近いバッチ式運転装置の設計の指針を得た。また、最終ゴールである「(MOF粒子とCO<sub>2</sub>を一緒に冷媒配管内を循環させる) 循環式の圧縮-吸着ハイブリッドヒートポンプサイクル」の設計開発にも着手し、3件の特許を出願するなど、実用化に向けた研究開発を着実に進めている。