

研 究 成 果

<p>サブテーマ名： 1-1-2 廃熱の高度利用技術の研究開発 小テーマ名： 1-1-2③ 水蒸気系高性能吸着ヒートポンプの開発</p>
<p>サブテーマリーダー：名古屋大学 小林敬幸 研究従事者：名古屋大学 架谷昌信、小林敬幸、出口清一、渡辺藤雄、小林 潤、窪田光宏 トヨタ自動車㈱ 近藤元博、中垣友樹</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>② 研究の概要</p> <p>吸着ヒートポンプは低温（80℃程度以下）熱エネルギー回収・変換機能を有する熱機器であるが、装置容積の大きいことが汎用的な実用化を遅らせている。本研究では、そのコンパクト・高性能化の課題に関して、新たな高速吸・脱着吸着材モジュールの吸着器装填による熱出力の向上を目指した開発研究を行った。具体的には、シリカゲル充填のフィン付き熱交換モジュール（FTモジュール）を提案し、その水蒸気系吸着ヒートポンプに関して以下の4研究項目の検討を行った。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) モジュールへの吸着材の最適充填の検討 2) 試作FTモジュール装填吸着器で構成される吸着ヒートポンプのリン酸型燃料電池排熱利用実稼動試験によるモジュール構造の有効性の評価 3) シミュレーションによるFTモジュール構造の最適化の検討 4) 最適化されたFTモジュール装填吸着器で構成される2kW級-吸着ヒートポンプの熱出力評価 <p>②研究の独自性・新規性</p> <p>吸着ヒートポンプの汎用実用化の課題に対して、吸着器のコンパクト高性能化に着目し、これを可能とする新たな高速吸・脱着吸着材モジュールを提案しその解決を図ろうとするところに研究の独自性がある。また、この吸着材モジュールの開発に当たって、吸着材充填層および吸着材モジュールにおける熱・物質移動の詳細な把握を行い、その結果に基づいてモジュール設計を行うこと、ならびにこのモジュール使用の吸着ヒートポンプをその標準機として作動させ、標準性能を示すことに本研究の新規性がある。</p> <p>③研究の目標（各フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）</p> <p>フェーズⅠ：</p> <p>本フェーズでは上記研究項目1）、2）の検討を行う。1）では、吸着材モジュールの設計の基本になる利用吸着材の粒子径と充填層高の関係を明らかにする。2）では、提案のFTモジュールについてこれを装填した吸着器で構成される吸着ヒートポンプについてリン酸型燃料電池の実排熱を利用条件下の熱出力試験を行い、その有効性を検証する。</p> <p>フェーズⅡ：</p> <p>本フェーズでは上記研究項目3）、4）の検討を行う。3）ではFTモジュールの最適構造を検討し、4）で最適構造のFTモジュール使用の吸着ヒートポンプの熱出力を指標とする性能評価を行い、コンパクト化の達成度を明らかにする。</p> <p>研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）</p> <p>研究項目1）：</p> <p>シリカゲル充填層における吸着状態下の水蒸気の透過係数の測定を行った。ついで、この結果を用いた吸着器における熱と物質移動のシミュレーション結果と充填層型吸着器で構成される吸着ヒートポンプの吸着器内温度の経時変化の実測値の結果との比較による利用吸着材の粒子径と充填層高の関係を明らかにした。</p> <p>研究項目2）：</p> <p>研究項目1）で決定された吸着材充填のFTモジュール装填吸着器で構成されるリン酸型燃料電池の排熱利用吸着ヒートポンプを試作、その実稼動試験を実施し、熱出力を指標とする性能評価、ならびに提案FTモジュールの有効性の評価を行った。</p> <p>研究項目3）：</p> <p>FTモジュールの吸・脱着過程の熱・物質移動をモデル化しそのシミュレーションの妥当性を検証した。さらに、そのシミュレーション結果に基づいてFTモジュールの最適構造を明らかにした。</p> <p>研究項目4）：</p> <p>最適構造のシリカゲル充填FTモジュールを装填した吸着器で構成される2kW級-水蒸気系吸着ヒートポンプを試作し、模擬熱源による熱出力評価を行った。</p>

主な成果

具体的な成果内容：

研究項目 1)：

吸着材充填層の吸着状態下の蒸気透過はBlake-Kozeny式に従うことが分かった。シリカゲル/水蒸気系充填層型吸着ヒートポンプにおける平均熱出力基準の吸・脱着速度は粒子径、充填層高に対して極大値をとり、系に応じて適当な粒子径と充填層高を選択することが重要であることを明らかにした。

研究項目 2)：

試作FTモジュール装填吸着器で構成されるシリカゲル/水蒸気系吸着ヒートポンプはリン酸型燃料電池の排熱(90~60℃)を利用して稼働でき、その熱出力は伝熱管一体型熱交換モジュールの最大10倍になることを明らかにした。

研究項目 3)：

FTモジュールの吸・脱着過程の熱・物質移動におけるシミュレーションの妥当性が研究項目 2) の結果との比較により検証された。その結果、本モジュールを用いた場合、シリカゲル粒子径100~400μm の範囲でFTモジュールの最適なフィンピッチが1~2mm、フィン長さが12~14mmにおいて熱出力が最大となることが分かった。

研究項目 4)：

研究項目 3) の最適FTモジュールに最も近い市販のモジュール(フィンピッチ2.32、フィン長さが11mm) 装填吸着器で構成される2kW級-吸着ヒートポンプ試作機を試作した。装填モジュール数、シリカゲル充填量は吸着器1器あたりでそれぞれ36本および5.5kgである。試作機の試験運転により計画熱出力が得られることが明らかになった。

特許件数： 1 論文数： 8 口頭発表件数： 1 1

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

開発された吸着ヒートポンプの吸着器容積基準の比出力は107kW/m³になり、世界で市販されている吸着ヒートポンプ(世界ではA社、B社の2社)の最高水準の2.2倍となり、本研究成果の価値は十分に評価される。

2 実用化に向けた波及効果

本研究で開発されたFTモジュール使用の吸着ヒートポンプは従来の性能を十分上回ることが期待できる。したがって、本形式の吸着ヒートポンプの汎用的実用化がより一層促進されると考えられ、このことが新しい産業の創生をもたらすこと、さらにはこの導入による省エネルギー・資源、ひいては炭酸ガス排出削減に大きな効果をもたらすと考えられる。

残された課題と対応方針について

本研究で提案した高速吸・脱着を可能とするFTモジュールは吸着材粒子の高密度充填、充填のハンドリングなどにやや問題がある。この改良型としてプレート型などがさらに提案でき、今後この形式の吸着器開発の研究を展開する。

	JST負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合計
	H11	H12	H13	H14	H15	H16	小計	H11	H12	H13	H14	H15	H16	小計	
人件費								1000	4725	4850	3000	5000	1000	19,575	19,575
設備費								2760	1500	0	2500	0	0	6,760	6,760
その他研究費								400	4000	2500	2500	2500	850	12,750	12,750
旅費								0	0	200	200	200	200	800	800
その他								0	0	0	0	0	0	0	0
小計								4160	10225	7550	8200	7700	2050	39,885	39,885

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

JST負担による設備：

地域負担による設備：ピクノメータシステム・カンタクローム社UPM-1000

※ 複数の研究課題に共通した経費については按分する。