

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： 1-1-2② 吸着ヒートポンプ用高性能吸着材の開発</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>① 研究の概要 吸着材の高性能は吸着ヒートポンプの高性能化の課題に共通する最大の重要課題である。本研究では水蒸気系吸着ヒートポンプを対象とし、その高性能化に関する実験的検討を行った。具体的には、活性炭に着目し、吸着ヒートポンプの操作相対圧範囲 ($\phi = 0.1 \sim 0.35$) の水蒸気吸着容量の増大を図るために以下の3項目の検討を行った。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 活性炭細孔内シリカゲル添着法による高性能化の検討 2) プラスチックを原料とする低温精密薬品賦活法による高性能化の検討 3) 2)の活性炭の酸処理による高性能化の検討 <p>②研究の独自性・新規性 水蒸気系吸着ヒートポンプ用の吸着材にはこれまで主としてシリカゲル、ゼオライトが対象とされてきた。これに対して、活性炭は水蒸気大吸着容量性を示すが ϕ の範囲の吸着性に乏しく有効視されてこなかった。本研究では、上記の活性炭の吸着性の着目し、1)では新たに活性炭細孔内シリカ添着を行うことで細孔の狭小化と細孔表面の親水性を付与し ϕ の範囲の吸着性の増大を図ろうとすること、2)では比較的均一な小孔径の細孔からなるプラスチック原料の活性炭を新たな低温精密薬品賦活法を適用することにより ϕ の範囲の吸着性の増大を図ろうとすること、の2項目は本研究者が国内外を通してはじめて提案するもので、ここに研究の独自性、新規性がある。3)の酸処理による高性能化の検討は数多く行われているが2)の活性炭を対象とする検討はほとんど見当たらない。</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) フェーズⅠ：研究項目1)の課題に関して、活性炭細孔内へのシリカゲルの添着の確認、ならびにこの活性炭の水蒸気吸着等温線における $\phi = 0.1 \sim 0.35$ の範囲の吸着量差 Δq [kg/kg] 値をシリカゲルと同等以上とすることを目標とする。 フェーズⅡ：研究項目2)に関して、プラスチックの低温精密薬品賦活法による活性炭製造の有効性の検証、ならびに $\phi = 0.1 \sim 0.35$ の範囲の吸着量差 Δq 値をシリカゲルの2倍以上とすることを目標とする。また、3)の酸処理により Δq 値をシリカゲルの3倍以上とすることを目標とする。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況 (目標と対比して)</p> <p><u>研究項目1)</u> 活性炭細孔内シリカゲル添着法は、活性炭の細孔内でシリカゲル合成を行わせるものであり、ここでは3種の細孔構造の異なる活性炭にを原料活性炭とし、珪酸ソーダを原料とするシリカゲル合成法に準拠して、珪酸ソーダ水溶液濃度、珪酸ソーダの含浸時間、珪酸ソーダの繰り返し含浸回数を変化させたシリカゲル添着活性炭を試作し、そのシリカ含浸量、細孔分布および水蒸気吸着等温線の測定結果に基づく性能評価を行った。</p> <p><u>研究項目2)</u> 8種の熱可塑性樹脂、3種の熱硬化性樹脂について熱分解残留炭素が認められた5種の熱可塑性樹脂、3種の熱硬化性樹脂を活性炭原料として選択した。これらを所定量の苛性カリもしくは苛性ソーダと混合し、500℃程度の低温精密賦活法による活性炭製造を行い、その水蒸気吸着等温線による吸着性能評価を行った。この中でも原料として優れていると考えられるフェニル基由来のプラスチックについてさらに賦活条件を種々変化した活性炭を得、その水蒸気吸着等温線の測定結果に基づく性能評価を行った。</p> <p><u>研究項目3)</u> 研究項目2) で得られた活性炭について、種々の酸化剤による細孔表面の酸化処理を行った。得られた酸処理活性炭について水蒸気吸着等温線の測定結果に基づく性能評価を行った。</p>

主な成果
 具体的な成果内容：
 研究項目1)
 本法は比較的細孔径の大きい活性炭に対して有効である。市販のヤシ殻活性炭、フェノールホルムアルデヒド樹脂を原料とする活性炭において本法の適用による吸着等温線の有意な低相対圧側へのシフトが確認された。その結果、シリカゲルと同程度の吸着性が確保できた。
 研究項目2)
 低温薬品賦活法は熱可塑性樹脂に対しても有効であることが分かった。熱可塑性樹脂のポリエステル、ポリカーボネート、熱硬化性樹脂のフェノール樹脂、ポリイミドの活性炭はシリカゲルの1.5～2.1倍の吸着性能を示す。なかでもその吸着性能はポリカーボネートにおいて最大である。また、吸着性能は薬品添加量、賦活温度に依存し、薬品量が原料重量の3～4倍、賦活温度500℃で最大となる。
 研究項目3)
 活性炭の酸化処理による吸着性能の向上が確認された。酸化剤として硝酸が最適であること、濃硝酸による常温、24hの酸化処理によりシリカゲルの3.0倍の吸着性能を有する活性炭が製造できることを明らかにした。

特許件数： 3 論文数： 4（主要論文は別途提出ください） 口頭発表件数： 6

研究成果に関する評価
 1 国内外における水準との対比
 吸着ヒートポンプ用吸着材の高性能化開発はシリカゲル、メソポーラスシリカ、ゼオライトなどを対象として盛んに行われている。なかでもメソポーラスシリカはその性能の指標となる Δq [kg/kg] 値がシリカゲルの2.5倍に達している。また、ゼオライトの中には吸着等温線の温度依存性を発現させた材料が開発されているが、その Δq 値はシリカゲルの1.8程度にとどまっている。
 本研究で開発した活性炭の Δq 値はシリカゲルの3.0倍であり、現下では細孔性能を有すると考えられる。なお、本研究では、上記3項目の発明成果をそれぞれ特許出願し、学術論文にも一部掲載している。

2 実用化に向けた波及効果
 吸着ヒートポンプの高性能化開発における最大課題のひとつはそのコンパクト化にある。吸着材の高性能化はこの課題に直接寄与するものであり、本研究の成果は吸着ヒートポンプの汎用的実用化に大きな弾みをつけるものと思われる。

残された課題と対応方針について
 吸着ヒートポンプでは吸着材を熱交換器と一体にしたいいわゆる吸着材モジュールの形で吸着器に装填することになるが、そのためには吸着材をモジュールに高密度充填することが要求される。このため、ここで開発された活性炭に関するモジュール高密度充填法の確立が課題として残る。この課題に関して、吸着材の圧蜜充填、吸着材粒子の高密度化の手法の確立を今後検討して行く。

	J S T 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	4000	1000	18,575	18,575
設備費								0	0	0	8000	0	0	8,000	8,000
その他 研究費								700	2000	500	500	700	700	5,100	5,100
旅費								0	0	150	250	150	600	1,150	1,150
その他								0	0	120	0	0	80	200	200
小 計								1700	6725	5620	11750	4850	2380	33,025	33,025

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]
 J S T 負担による設備：
 地域負担による設備：高性能多検体全自動ガス吸着量測定装置・ユアサイオニクス1MP/NU

※ 複数の研究課題に共通した経費については按分する。