軽自動車クラスのＢＥＶ向けデシカント空調装置

Y－HUT（横浜熱利用技術研究所）渡邊 裕
yutaka@y-hut,com

1. はじめに

我が国での電気自動車（BEV）普及には低価格化と使い勝手の改善が必要と考えます。

BEV が高価格となる理由は連続走行可能距離を延長するための大容量バッテリー搭載ですがその結果から充電時間が長いという使い勝手の問題が発生しています。

また価格に見合う高級車のイメージ設定から車体寸法も大型化する傾向にあります。

BEV メリットは蓄電機能による非常時の家庭電力確保や電気料金に影響する基本契約ワット数の低下や高騰するガソリン価格の影響を受けにくいことなどがあります。

我が国の自動車ニーズの大半が軽自動車や大衆車などの小型車ですので BEV 普及はこのクラスから始まるべきと考えています。

特にチョイ乗りが主体の軽自動車であれば自宅での夜間充電が当たり前になりますから電力負荷の平準化にも貢献します。

BEV を利用した経験者の多くは「静粛性」と「加速性」が魅力としつつも寒冷時の電費悪化や暖房能力の不足を感じています。

筆者はこれまで業務用空調装置の開発に従事してきた経験から寒冷時であっても電力消費の少ないデシカント除湿装置が BEV 空調と相性が良いと考えています。

デシカント除湿機能を採用する空調は自動車分野では馴染みが無いのですが業務用空調分野では快適性と省エネルギー性を両立させる空調技術として一般化しています。特に最近ではゼオライトやシリカゲルなどに替わり高分子収着剤の活用が進んでいます。

自動車は安全性や快適性などの機能要求が高いうえ空調対象となる車内容積が小さい割に負荷が大きい点などから高分子収着剤を使用する通風ブロックが BEV 空調と相性が良いといえます。

2. デシカントとは

デシカント（吸放湿材）には活性炭やシリカゲル、ゼオライトなどの多孔質材が使用されてきました。

約 20 年前に岡山大学と日本エクスラン工業が世界に先駆けて開発した高分子収着剤（樹脂系吸放湿材）は従来の多孔質材とは全く異なるメカニズムで高い吸湿率ならびに軽量かつ低温での速乾性という特徴を持っています。

図 1 は日本エクスラン工業が製品化している高分子収着剤を担持した通風ブロックの一例です。

これは紙状シートに高分子収着剤を均一に担持した後にダンボール状の片段シートとし、これを積層することでハニカム状の通風路を有する通風ブロックです。この通風ブロックでは空気流が均等化され良好な物質伝達特性と単位体積当たりの伝達面積が大きいという優れた特徴を有しています。

その上シリカゲルやゼオライトなどに比べ再生（水蒸気放湿）での高温条件が不要です。高分子収着剤

Y－HUT（横浜熱利用技術研究所）渡邊 裕
yutaka@y-hut,com

の再生では周囲空気の相対湿度が吸湿時より低ければ放湿が生じます。

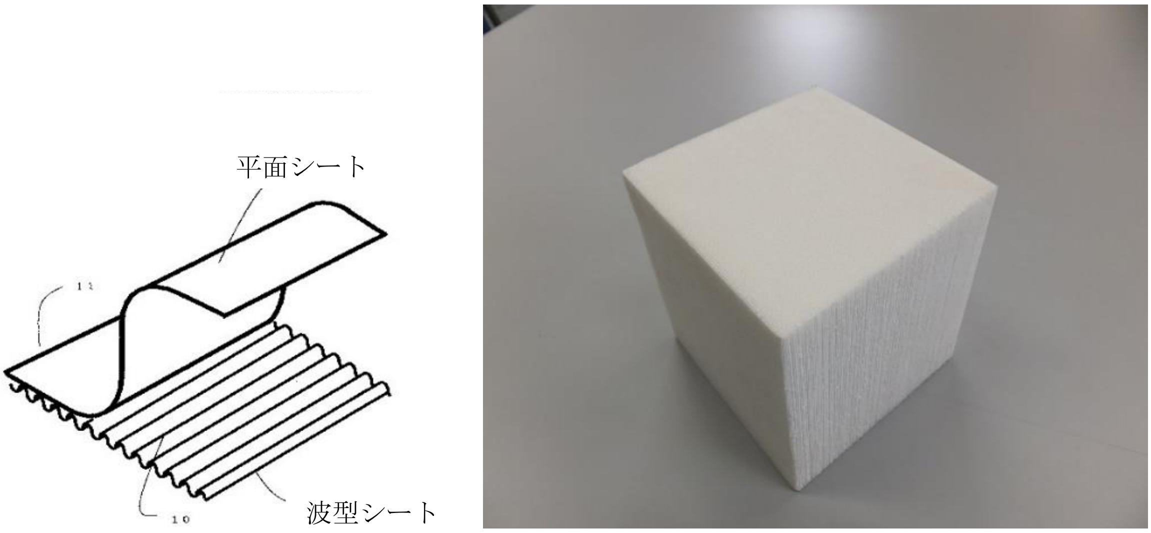


図１　高分子収着剤を担持した片段シートを積層した通風ブロック例

３．高分子収着剤の吸放湿メカニズム

図２は岡山大学の堀部教授が作成した高分子収着剤の吸放湿機能の原理図です。

高分子収着剤は表面に親水性の高分子鎖を有する樹脂です。

周囲空気の相対湿度が高いと親水性収着サイトは大気中の水蒸気を捕獲して樹脂内へ水分子として吸い込みます。逆に周囲空気の相対湿度が低いと樹脂内に捕獲した水分子を大気中へ放出します。このように外気との水蒸気分子の遣り取りは外気の相対湿度の履歴に依存することが特徴です。

高分子収着剤と外気中の水蒸気の遣り取りは水分子の相変化を伴いますので放熱あるいは吸熱による自身および通過空気の温度が変化します。

図３は高分子収着剤を製造する日本エクスラン工業のパンフレットに示されている高分子収着剤の収着等温線（相対湿度に対する平衡吸湿率）をシリカゲルとの対比で示したものです。

図から判るように高分子収着剤は相対湿度の高い領域でシリカゲルに比して圧倒的に高い平衡吸湿率を示します。

Y―HUT（横浜熱利用技術研究所）渡邊 裕
yutaka@y-hut,com

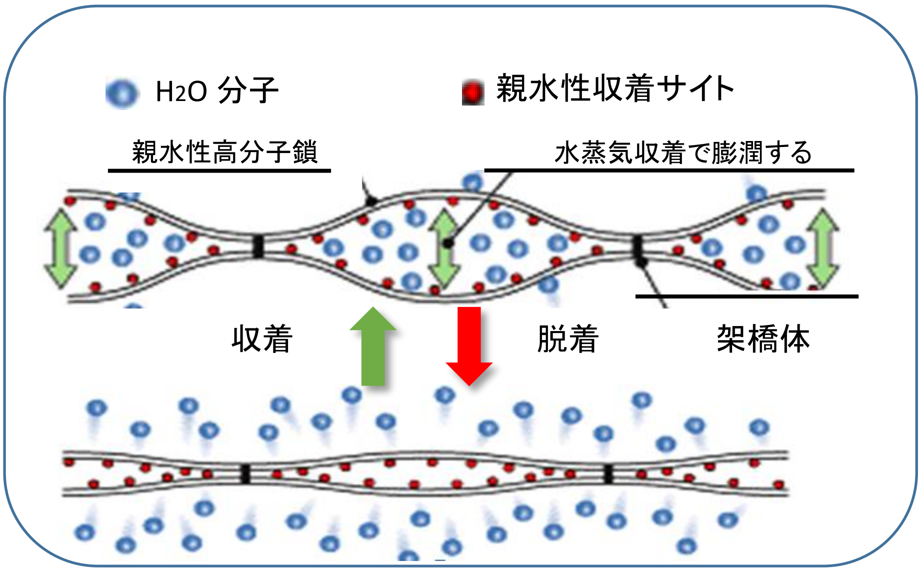


図２　高分子収着剤の水蒸気吸放湿メカニズムの概略図

（出典　：　岡山大学 堀部教授講演資料）

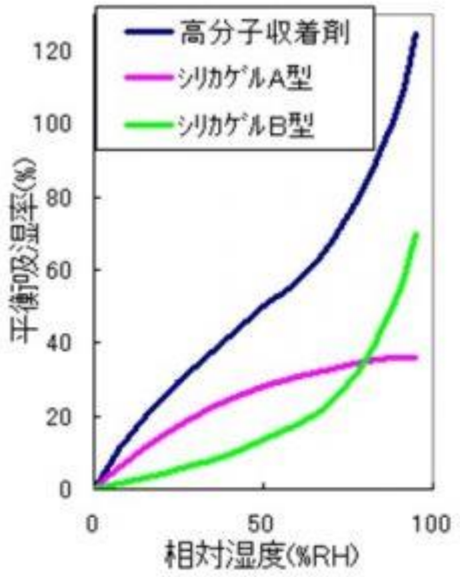


図３　高分子収着剤とシリカゲルの収着（吸着）等温線比較

（出典：日本エクスラン工業パンフレットより）

Y－HUT（横浜熱利用技術研究所）渡邊 裕
yutaka@y-hut,com

４．高分子収着剤を担持した通風ブロックの吸放湿特性

筆者はこれまでに高分子収着剤を用いた通風ブロックによる通過空気の温度と湿度の時間変化を実験的に確認すると共に解析もしているので一例を紹介します。

図４、図５は高分子収着剤を用いた通風ブロック（断面積 100cm^2、通風方向の長さ 30cm、容積３リットル、担持される乾燥時高分子収着剤重量 720ｇ）による吸湿工程と再生工程の結果です。通風ブロックを通過する空気量は 18m^3/h（面風速 共に 0.5m/sec）です。

実験結果では相対湿度 10%の乾燥空気で再生した通風ブロックによる相対湿度 60%の空気からの吸湿量は１リットルあたり約 50ｇでした。

図４に示す数値は入口空気 15℃、60%RH（絶対湿度 6.35g/kg）の湿り空気からの最大吸湿量です。

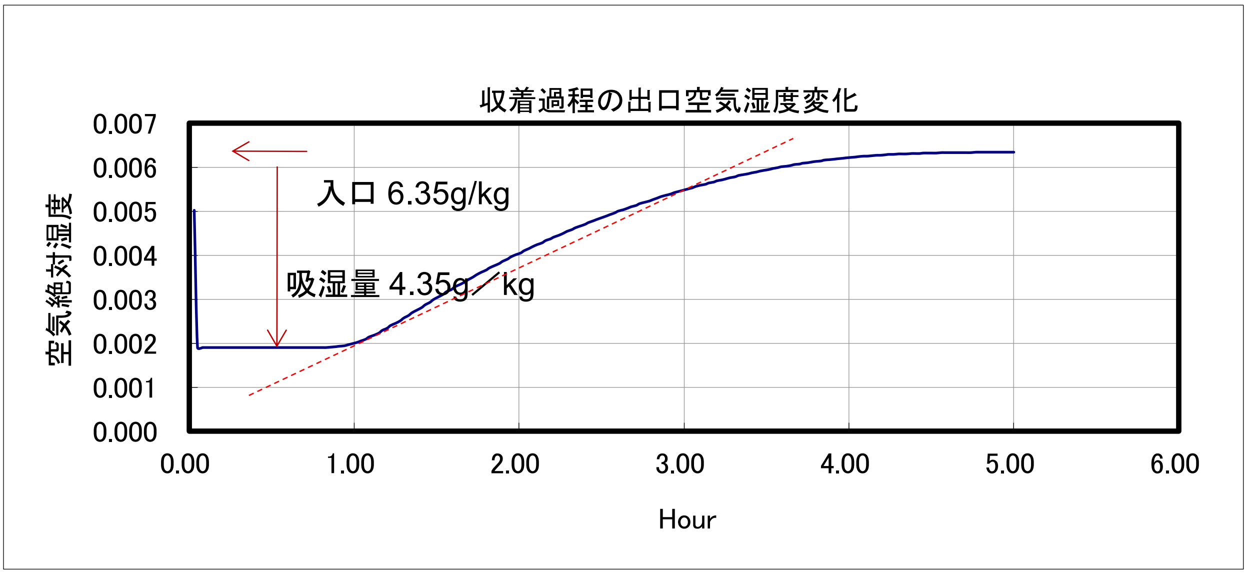
吸湿初期の通過空気 1kg あたり吸湿量は 4.35ｇですがその後ゆっくりと減少しています。初期の通過空気温度は入口温度 15℃から約 26℃へ上昇しています。これは通過空気 1kg から 1g の水蒸気を吸湿すると空気温度が 2.5℃上昇する理論値から算出される（4.35×2.5＝）10.8℃にほぼ合致しています（再生工程も同様で通風ブロックから 1g の水蒸気を通過空気 1kg 中に放湿すると空気温度が 2.5℃低下します)。

図５は通風ブロック入口空気条件（温度 50℃、相対湿度 10%RH＝絶対湿度 7.68g/kg）での再生工程です。通風ブロック出口温度が 30℃、通過空気 1kg が取り去る放湿量は 8.0ｇ程度の状態が約 1.1 時間継続した後に急速にストンと入口空気状態となります。

この間の放湿量は通過空気量 18m^3/h（＝21.6kg/h）から（8.0×21.6×1.1=）約 190g です。

このように高分子収着剤を担持した通風ブロックでは吸湿時に比べて短時間で再生が完了するという特徴があります。

Y－HUT（横浜熱利用技術研究所）渡邊 裕
yutaka@y-hut,com



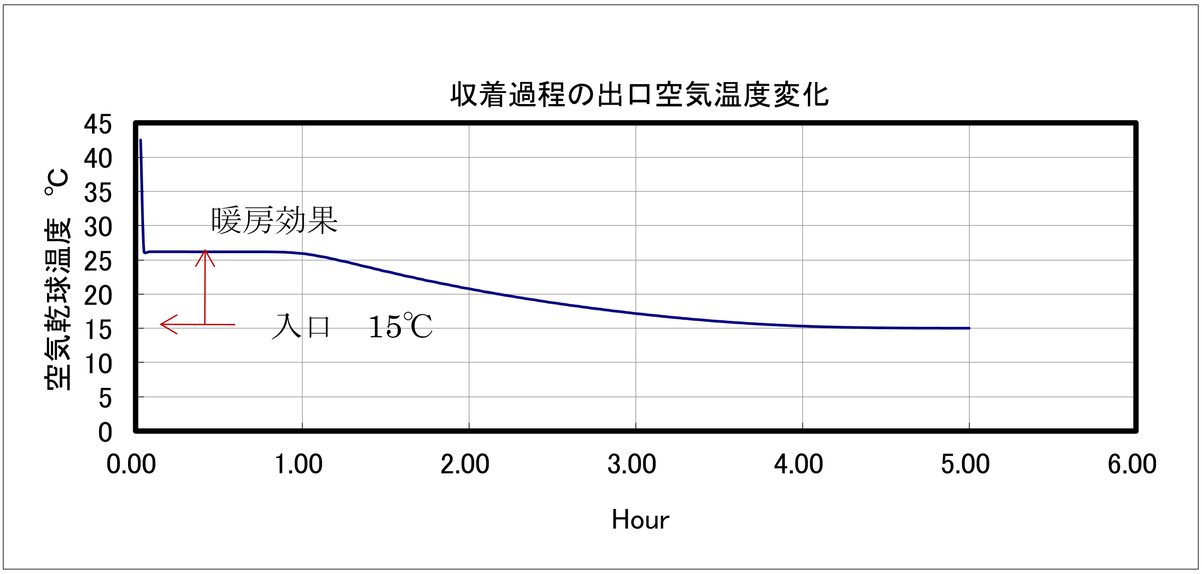
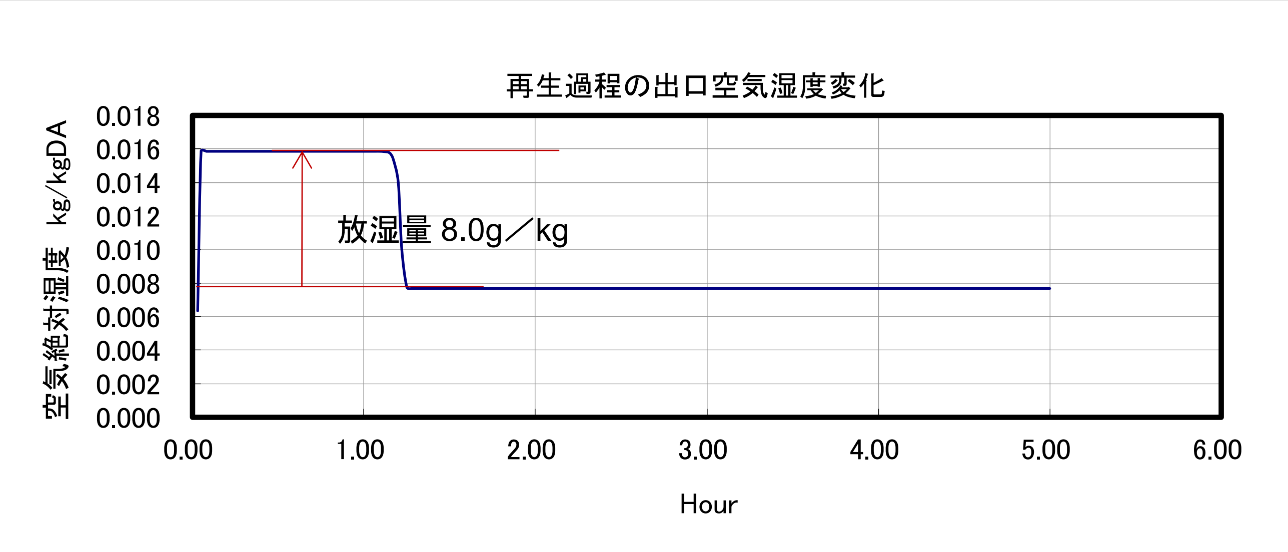


図４　通風ブロックを通過した空気の出口絶対湿度と温度の変化（吸湿工程）
（入口空気の状態：15℃、60%RH（絶対湿度 6.35g/kg））

Y－HUT（横浜熱利用技術研究所）渡邊 裕
yutaka@y-hut,com



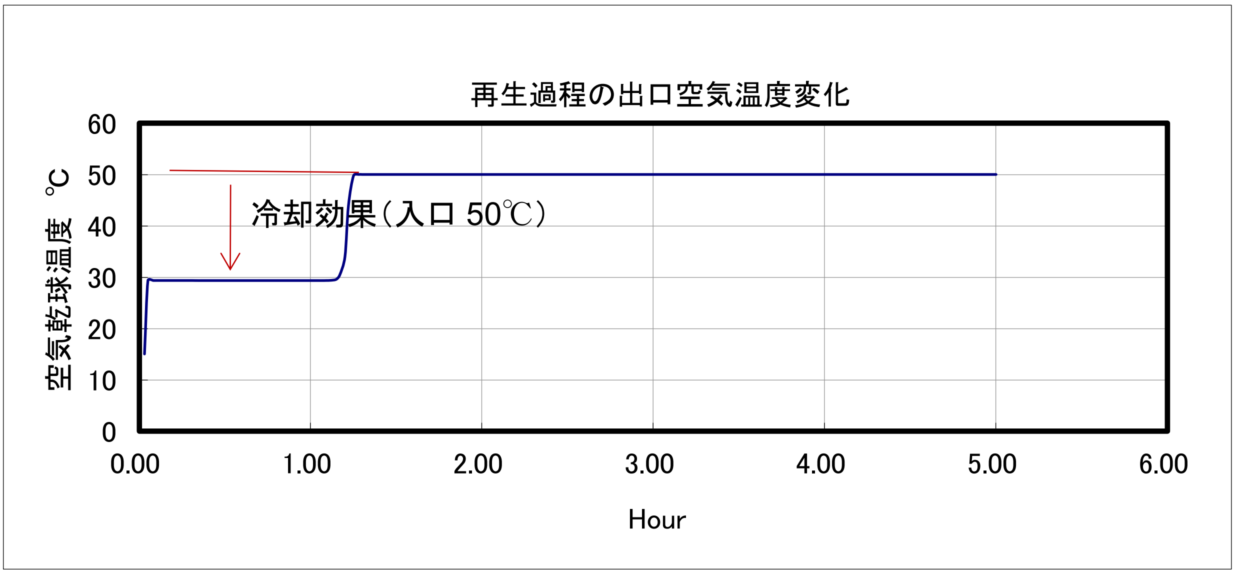


図５　通風ブロックを通過した空気の出口絶対湿度と温度の変化（再生工程）

（入口空気の状態：50℃、10%RH（絶対湿度 7.68g/kg））

軽自動車クラスのＢＥＶ向けデシカント空調装置

Y－HUT（横浜熱利用技術研究所）渡邊 裕
yutaka@y-hut,com

５．デシカント利用の小型 BEV 向けデフォッグ装置（その１）

従来のエンジン搭載車では窓の曇り除去（デフォッグ）にエアコを用いたる冷却除湿（空気を露点温度以下まで冷却して結露による水分除去）を行っています。冷却後にエンジン排熱によるヒーターで乾燥温風を作ります。

一方 BEV では十分な排熱が無いので暖房やデフォッグに使用する熱源が大きな課題となります。

対策としてヒートポンプ利用がありますが冬季は低温外気からの採熱ゆえに採熱器の凍結、機器構成や制御などの課題が発生します。

ここではヒートポンプによる暖房とデシカントによる除湿の組み合わせにより冷却除湿を不要とした上で、更に高分子収着剤を用いた通風ブロックを通過した空気の吸湿時発熱を暖房に利用するメリットに付いて説明します。

図６に BEV 向けデシカント装置の構成例を示します。

高分子収着剤を用いる通風ブロックは通過する空気の相対湿度の差で吸湿あるいは放湿が発生しますので単に相対湿度の低い空気を通過させるだけで再生が可能となります。

図は筆者が岡山大学在籍時に岡山大学から出願し権利化した特許（出願日：2019 年 5 月 29 日、特許番号：第 6621098 号）の説明図です。

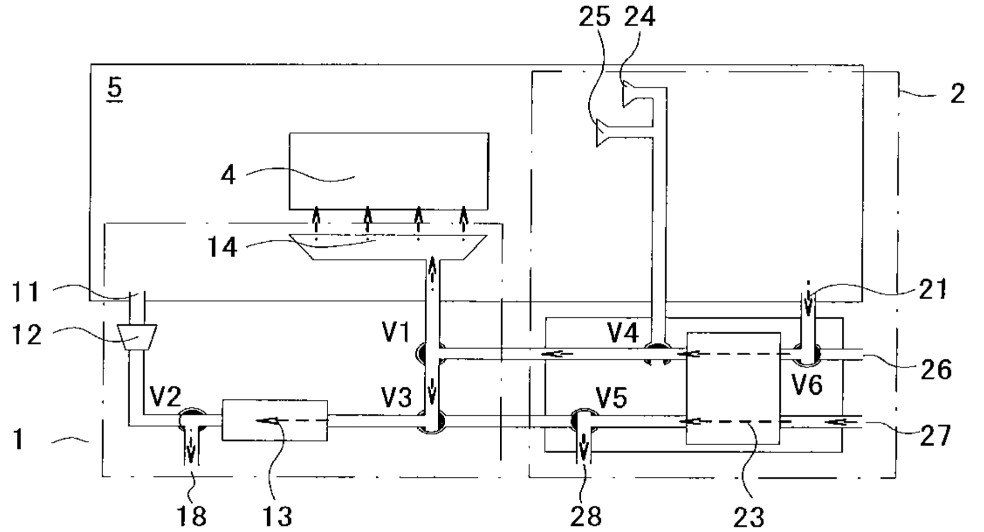


図６　通風ブロック再生に車載ＨＰの温風を用いるデフォッグ装置例
（図は通風ブロック 13 の再生運転時を示している）

この特許は高分子収着剤を用いる通風ブロック（図中番号 13）へ湿った車内空気を導き除湿し、除湿後の乾燥空気を暖房やデフォッグに利用する吸湿運転と、車載ヒートポンプ（図中番号 23）からの温風

Y－HUT（横浜熱利用技術研究所）渡邉 裕
yutaka@y-hut,com

を通風ブロックへ導き短時間再生を行う再生運転を交互に実施することで暖房・デフォッグ運転を行います。

図は再生運転の際に通風ブロックを通過した後の湿り空気を車外へ排気管（図中番号 18）から排出する状況を示しています（ヒートポンプからの温風の一部あるいは全量を通風ブロック 13 へ送り短時間再生を行います)。

通風ブロックによる乾燥空気製造（吸湿運転）時に発生する空気温度上昇は僅かではありますが車内暖房に貢献するので一石二鳥の効果を有します。

６．デシカント利用の軽自動車 BEV 向けデフォッグ装置（その２）

ここで日本独特の軽自動車市場に眼を向けてみます。

軽自動車は自宅周辺の移動がメインで連続走行距離も 100km 以下という特徴があります。この条件であればＢＥＶ搭載バッテリー容量も小さく、かつ夜間電力による通常充電が使えますので充電時間を気にする必要はなく経済性も良好です。

そのうえ小容量バッテリーによる低価格化や軽量化が可能となり BEV 本来のシンプルな構成、静粛性、加速性が成立するので商品価値も高まると考えています。

図７は軽自動車向けの BEV デフォッグ装置の構成例です。

デフォッグ運転時にファン（図中番号 4）により車内空気を取り込み高分子収着剤を用いた通風ブロック（図中番号 2）へ導き除湿します。除湿後の乾燥空気はノズル（図中番号 6）からフロントウインドウなどへ供給することで車内暖房とデッフォグ効果を得ることが可能です。この場合、ノズルからの吹き出し方法や車内の空気循環に工夫することで効果的な窓の曇り防止が見込めますので空調技術者の腕の見せ所となります。

通風ブロックの再生は充電時などの停車中に外部電源を利用して実施します。

流路切り替え装置（図中番号 8）で排気流路を形成したのち加熱装置（図中番号 3）とファン（図中番号 4）を駆動して通風ブロックへ高温空気を送り発生する湿り空気は排気管（図中番号 7）を介して外部へ放出します。

外部電源による通風ブロックの再生ですので大きめの通風ブロックであっても十分に再生できますので長時間の除湿運転に対応することも可能です（通風ブロックの設置場所は座席下やボンネット、天井など自由度が高いと思われます)。

このように通風構成が簡単なのでチョイ乗り用の Small BEV 向けのアフターマーケット製品にも活用できると考えています。

軽自動車クラスのＢＥＶ向けデシカント空調装置

Y－HUT（横浜熱利用技術研究所）渡邊 裕
yutaka@y-hut,com

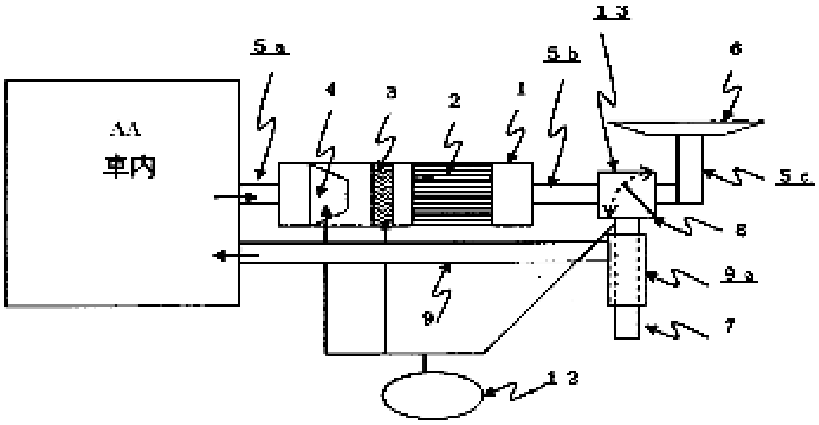


図７　軽自動車クラス BEV 向けデフォッグ装置の構成例

７．まとめ

現在のエンジン搭載自動車は技術的にも完成領域にあり我が国産業の基盤をなしています。その空調装置もエンジン排熱を巧みに活用する経済性の高いシステムです。一方、十分な排熱を持たない BEV では空調ならびにバッテリーをはじめとする電気系統の温度制御など高度熱管理技術は未だ完成されておらず今後の対応が必要です

この分野でのデシカント技術の応用もこれからですので従来技術に捕らわれない大胆な発想による国際競争力の育成が重要と考えます。

高分子収着剤は日本エクスラン工業と岡山大学が共同で開発したもので、既に衣類や寝具など広く使用され安全性の高い素材ですので軽自動車クラスの BEV 普及に貢献できると考えます。

筆者が所属する（株）横浜熱利用技術研究所ではデシカントを応用した空調・除湿装置による BEV の防曇・空調装置などの技術情報の提供に応じていますのでご相談頂ければ幸いです。

世界的な潮流として BEV は自動運転や SDV（Software Defined Vehicle）などの最新技術を取り込みつつありますが先ずは安価で使い勝手の良い BEV 普及が重要と思えます。

特に軽自動車や小型大衆車クラスなどのチョイ乗り BEV は我が国の国情に合致しています。

チョイ乗りであればバッテリー容量も少量で良く冬季視認性も電力消費の少ないデシカントにより改善されるうえ暖房機能も提供されますので期待しています。

余談ですがデシカント除湿技術は東南アジアのような高温多湿地域での空調に効果を発揮します。

高温多湿地域では冷房設定温度に達する前に空気中の水分が大量に結露しますので冷房負荷の大半は除湿負荷となります。この除湿負荷をデシカントにて代替することで大幅な省電力・省エネが可能となります。

それに空調装置から大量の温排熱（50℃程度）が排出しますのでデシカントの再生に使用できます。

軽自動車クラスのＢＥＶ向けデシカント空調装置

Y－HUT（横浜熱利用技術研究所）渡邊 裕
yutaka@y-hut,com

高温多湿地域で使用される BEV ではデシカント装置による高効率冷房運転が可能となる上、過度に冷却された（相対湿度 100％近い）冷風による乗員の不快感も解消される効果もあります。

以上