

# 自動車部品を想定した断熱性能評価方法の検討 (第8報)

## 1.1 サーモパイルを用いた断熱性能評価手法の開発

長谷川浩治, 筒本隆博

Development of the method to evaluate the heat insulation performance using thermopile

HASEGAWA Koji and TSUTSUMOTO Takahiro

In automobile development, utilizations of heat are attracting attention as a method for improving the fuel consumption of internal combustion engine. Development of a high-performance heat insulator keeps the interior of the vehicle comfortable and has an effect on improving fuel economy. However, evaluation method of thermal transmission properties for auto parts isn't established. Therefore we proposed the garded hot box method for steady-state to evaluate the heat insulation performance using thermopile, and we measured the heat insulation performance of car tailgate.

キーワード：断熱材, 熱貫流率, 温度測定

### 1 緒言

自動車製造業において、環境に配慮した自動車づくりは急務の課題である。車体の軽量化や熱効率の良いエンジン開発が進む中で、熱の有効利用に注目が集まりつつある。そこで、当センターでは、簡易的に材料の断熱性能を評価する方法について各種方法を提案<sup>1)~3)</sup>してきた。その一つに JIS 規格 (A 1420)<sup>4)</sup> の保護熱箱法を応用した方法がある。この方法は定常法で、加熱箱の隔壁での熱移動がないように箱内外の温度を同一温度に制御する必要がある。そのため、温度の観測点も多数必要で測定が煩雑になる。

そこで、本研究では、サーモパイルを利用して加熱箱の隔壁全体における熱収支をゼロに制御する加熱袋を開発した。加熱袋の素材に可撓性のある材料を用いることで、様々なサンプル形状の測定に対しても利用できる利点を持つ。本報では自動車バックドアの熱貫流率測定事例を報告する。

体の熱収支がゼロとなる。よって、加熱袋内で発生したエネルギーは、加熱袋内から測定試料を通過する熱エネルギーと等価になる。加熱袋内のヒーター及びファンの消費電力  $E$  を測定し、加熱袋内温度  $T_s$  と外気温度  $T_m$  の差と、熱通過面積  $S$  で除することで、測定試料の熱貫流率  $\kappa$  ( $W/(m^2 \cdot K)$ ) を式(1)のように求めることができる。

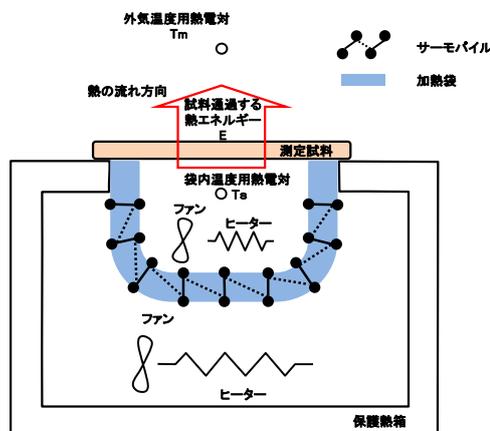


図1 断熱性能測定装置の構成 (断面図)

$$\kappa = \frac{E}{S(T_s - T_m)} \quad (1)$$

### 2 断熱性能評価方法

#### 2.1 定常法による断熱性能評価方法

提案する断熱性能測定装置の構成を図1に示す。加熱袋と保護熱箱の内部にファンとヒーターを設置し、空気を加熱循環させつつ加熱袋と保護熱箱内を目標温度に制御する。加熱袋の内側表面と外側表面の間に等面積間隔でK熱電対の素線から成るサーモパイルの接点を配置した。このサーモパイルの電圧出力がゼロになるように、加熱袋内部のヒーター出力を制御することで、加熱袋全

#### 2.2 実験装置の概要

試作した加熱袋の外観を写真1に示す。加熱袋は、エプトシーラ (厚さ 10mm) を用いて、900mm 角の測定試料を塞ぐことが出来る袋形状とした。加熱袋表面に取り付けるサーモパイルの接点は、等面積間隔 (195cm<sup>2</sup>) で配置した。加熱袋の内部は、熱電対、空気循環用のファン及びニクロム線を用いたヒーターを設置した。そのヒーター及びファンの消費電力を測定して、試料を通過する

熱エネルギーとした。熱電対は、加熱袋の内部温度と外気温度の測定用に1箇所ずつ取り付けました。保護熱箱の外観を**写真2**に示す。保護熱箱は、上板を厚さ30mmの断熱材（ネオマフォーム：旭化成建材）、下箱を厚さ50mmの発泡スチロールにより製作した。測定試料は、加熱袋の開口部を塞ぐことのできる一辺が900mm、厚さ30mmの正方形の平板で上板と同じ断熱材とした（**写真3**）。



写真1 加熱袋の外観（左：全体 右：サーモパイル部）

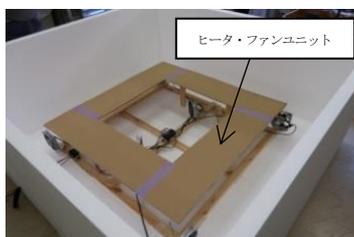


写真2 保護熱箱の外観

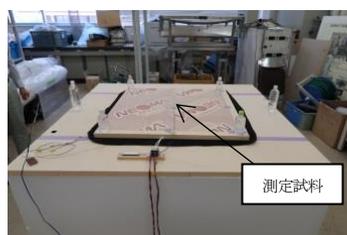


写真3 断熱評価装置の外観（試料設置時）

## 2.3 実験条件

断熱性能測定時の温度条件は、加熱袋内部を約40℃とした。外気温度は、恒温槽を使用し30℃、20℃及び10℃に制御した。サンプリング間隔は1秒とした。測定開始から熱的な定常状態になり熱貫流率の値が安定した後、安定時の熱貫流率の値を平均化（100秒間）し、熱貫流率の代表値とした。測定状況を**写真4**に示す。



写真4 断熱性能の測定状況

## 3 断熱性能測定結果

加熱袋の内部温度を40℃として、外気温度を30℃、20℃、10℃と変化させた場合の熱貫流率の時間推移を**図2**に示し、平均した熱貫流率の代表値と熱伝導率を**表1**に示す。熱伝導率は、別途測定した試料表面の温度差と試料の厚み及び消費エネルギーから算出した。

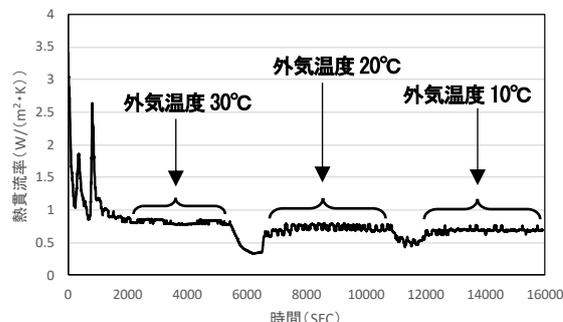


図2 断熱材の熱貫流率の時間推移

表1 断熱材の平均熱貫流率と平均熱伝導率

外気温度 (°C)	熱貫流率 (W/(m²・K))	熱伝導率 (W/(m・K))
30	0.822	0.026
20	0.704	0.023
10	0.681	0.022

※加熱袋の内部温度40℃

外気温度が低くなれば熱貫流率は若干小さくなる傾向となった。外気温度が10℃から30℃の時の断熱材の平均熱伝導率は、0.024W/(m・K)となり、カタログ値の0.02W/(m・K)に近い値であった。

## 4 自動車バックドアの断熱性能測定

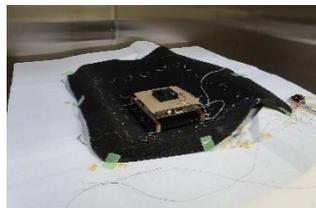
### 4.1 断熱性能の測定条件

本手法を用いて、バックドアの熱貫流率を測定した。測定対象物を**写真5**に示す。熱通過面積Sは、バックドアの表面積(1.138m²)とした。



写真5 自動車バックドア

加熱袋およびバックドアの取り付け状況を写真6に示す。加熱袋とバックドアとの取り付けは、実際の車両と同様にウェザーストリップにより密着させた。ドアの外周部と接触する保護熱箱の形状は、バックドア形状に合わせて製作した。



(加熱袋の取り付け状況)



(バックドア取り付け状況)



(恒温槽内での設置状況)

写真6 加熱袋とバックドアの取り付け状況

温度条件は、外気温度（恒温槽内の温度）を 20℃、加熱袋内部温度を 40℃とした。バックドアは、ガラス部分に断熱材を取り付けた状態（写真7）と取り外した状態（標準状態）で測定した。

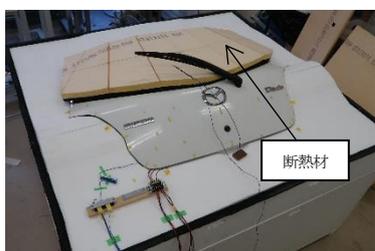


写真7 ガラス部分に断熱材を取り付けた状態

#### 4.2 バックドアの断熱性能測定結果

標準状態、及び、ガラス部に断熱材を取り付けた状態の熱貫流率の時間推移を図3に示し、平均熱貫流率を表2に示す。

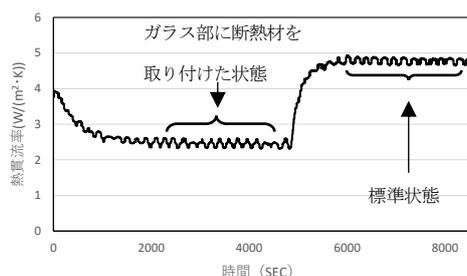


図3 バックドアの熱貫流率の時間推移

表2 バックドアの平均熱貫流率と通過熱エネルギー

バックドアの条件	熱貫流率 (W/(m²·K))	通過熱エネルギー (W)
ガラス部に断熱材を取り付けた状態	2.39	50.9
標準状態	4.83	106.3

標準状態に比べガラス部分に断熱材を取り付けると熱貫流率の値は約 1/2 に低下し、ガラス部分を通過するエネルギーは全体の約 50%であることがわかった。

## 5 結 言

サーモパイルを利用して保護熱箱法を改良した断熱性能評価装置を提案し、評価装置を試作した。市販の断熱材と自動車のバックドアについて熱貫流率の測定を行い、以下のことがわかった。

- (1) 熱伝導率既知の断熱材を用いて熱貫流率を測定し、熱伝導率に換算した結果、カタログ値に近い値であり、測定が適正にできることを確認した。
- (2) 自動車のバックドアの断熱性能を測定した結果、標準状態と比べて、ガラス部分を断熱材で覆うことで、熱貫流率は低下した。ガラス部分から通過する熱エネルギーはドア全体の約 50%であることがわかった。

本手法は、平板形状に捉われることなく測定対象物が複雑な製品形状でも断熱性能の測定が可能である。そのため、製品に組み込まれた各部品の断熱性の寄与度を把握する方法として有用であると思われる。

今後は、実車に加熱袋を取り付け、部品の断熱性能を測定する予定である。

## 文 献

- 1) 羽原他：広島県西部工技研究報告，59（2016），17
- 2) 長谷川他：広島県西部工技研究報告，62（2019），18
- 3) 松村他：自動車技術会秋季大会講演要旨集，（2018）
- 4) JIS A 1420(1999)，日本工業規格，建築用構成材の断熱性能測定方法—校正熱箱法及び保護熱箱法