

7 自動車部品を想定した断熱性能評価方法の検討（第4報）

長谷川浩治, 羽原雄太, 筒本隆博

Study on evaluation method of thermal transmission properties for automotive parts (4th report)

HASEGAWA Koji, HABARA Yuta and TSUTSUMOTO Takahiro

In automobile development, utilizations of heat are attracting attention as 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 hot box method for steady-state to evaluate the heat insulation performance, and it is confirmed that the apparatus is applicable to the evaluation of the heat insulator.

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。例えば、夏場でのエアコンの使用は、自動車の燃費を悪化させるため、車内の断熱性能を向上させることで、燃費改善の可能性がある。それが達成されれば、自動車メーカーに大きなインパクトを与えることができる。また、各サプライヤー企業においてこの改善の価値は極めて高く、今後、高性能断熱材の開発を推進することが、ますます重要になる。

これらの断熱材の開発では、部材の断熱性能の評価が必要となるが、自動車部材に合った断熱性の評価方法は確立されていない。

そこで、第1報¹⁾では自動車部材を対象に、断熱性能を簡易かつ迅速に評価する方法として、自然冷却法（非定常法）及び加熱電力法（定常法）の2つの評価方法について提案した。第2報²⁾では、実用的な観点から、自然冷却法（非定常法）の測定時間の更なる短縮と測定精度の向上に取り組んだ。しかしながら、これまでの提案手法では、平板形状の試験体を測定対象としており、実際の部品の断熱評価には使えない。そこで、様々な形状を持つ部品の断熱性能を評価できる装置開発を最終目標とし、まずは、建材用構成材の断熱性能評価方法であるJIS A 1420³⁾の保護熱箱法を参考にして小型の評価装置を試作し基礎検討を行ったので報告する。

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。内箱と外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箱内を目標温度に制御する。内箱内部と外箱内部を同一温度にすることで、内箱と外箱の間は仮想的に断熱の状態となり、内箱内で発生した熱は、すべて測定試料を通して外に逃げることになる。よって、内箱のヒーター及びファンの消費電力Eを測定し、内箱温度 T_s と外気温度 T_m の差と熱通過面積S（本報では内箱の開口部の面積とした）で除することで、測定試料の熱貫流率 κ ($W/(m^2K)$)を式(1)のように求めることができる。

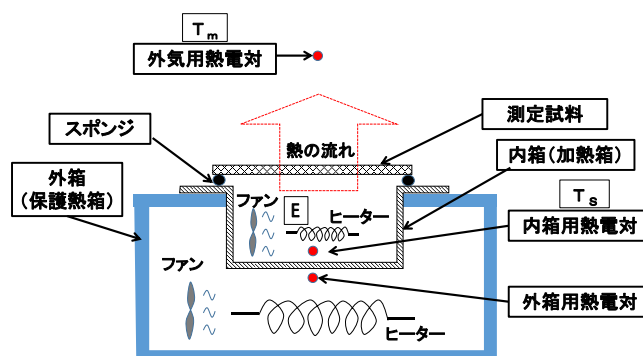


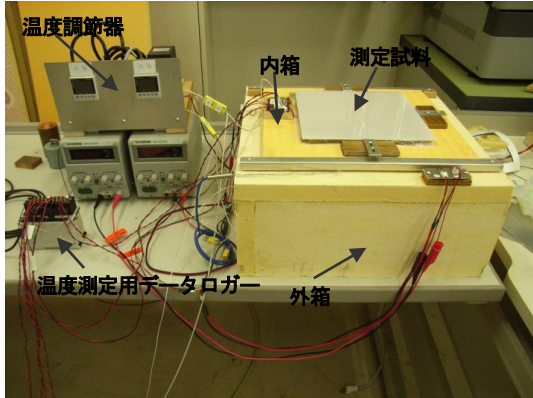
図1 断熱性能測定装置の構成（断面図）

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

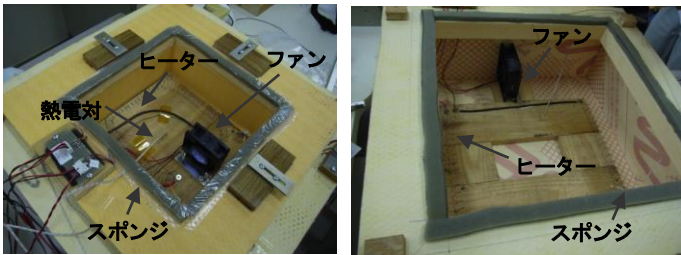
2.2 実験装置の概要

試作した断熱性能測定装置の外観を写真1に示す。内箱は厚さ12mm、外箱は厚さ30mmの断熱材（ネオマフォ

ーム：旭化成建材）により製作した。箱の内部は、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ている。内箱ではヒーター及びファンの消費電力を測定した。熱電対は、内箱の底面中央部の内壁面と外壁面に1箇所ずつ取り付けた。測定試料は、内箱の開口部（200mm×200mm）を塞ぐことのできる一辺が210mm～220mmの正方形の平板とした。試料と内箱の接触部は、スポンジを介して密着させた。



(全体構成)



(内箱：加熱箱)

(外箱：保護熱箱)

写真1 断熱性能測定装置の外観

自動車部品の測定を想定しているため、内箱と外箱の温度を40℃、外気温度は装置を設置した部屋の温度とした。測定開始からの熱貫流率 κ の推移の例を図2に示す。

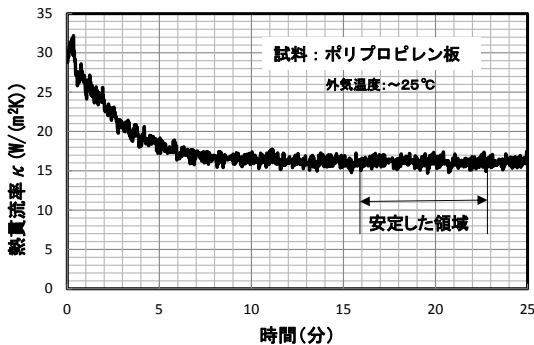


図2 測定開始からの熱貫流率 κ の推移

測定開始から熱的な定常状態になり熱貫流率の値が安

定するまで10～20分程度必要であることがわかる。安定時の熱貫流率の値を平均化し、熱貫流率の代表値とした。

2.3 実験条件

測定精度の向上には、測定試料のみに熱を通過させ、その時の電力と温度を正確に測定することが重要である。

試料に当たる風や試料以外の部分の熱漏れが熱貫流率の測定値に影響を及ぼす恐れがある。そのため、風の影響を調べる実験では、厚さ5mmのガラス板を試料として用いて、試料に当たる風量を変えた測定を行った。また、シール部のスポンジの熱漏れを調べる実験では、厚さ12mmの断熱材を試料として用い、試料表面の界面抵抗を減少させ、よりスポンジ部分の熱漏れの影響が顕著に現れるように風量は「強」とした。各測定試料を写真2に、風の影響に関する実験条件を図3に示す。

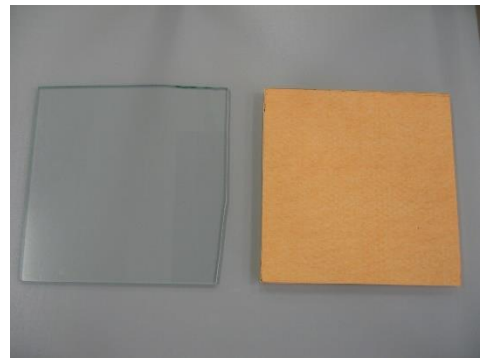


写真2 測定試料（ガラス板（左）、断熱材（右））

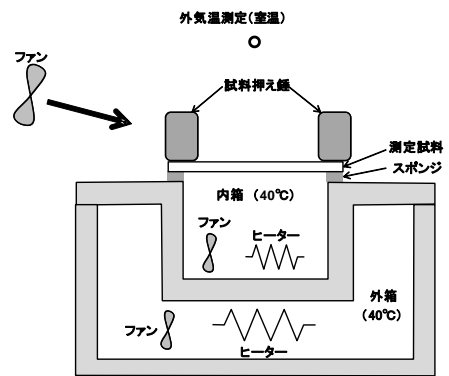


図3 測定試料に当たる風の影響に関する実験条件

3 実験結果と考察

3.1 試料に対する風の影響

測定試料に対する風の影響を調べるため、無風、ファ

ンの風量 (弱, 中, 強) の条件で行った。その時の熱線式風速計 (WS-03SD) で測定したファンの風量と熱貫流率 κ を表 1 に, 内箱の温度変化, 熱貫流率 κ の変化を図 4 に示す。

表 1 熱貫流率の値に及ぼす風の影響

風の影響	風速(m/s)	熱貫流率 κ (W/(m ² K))
無風	0~3.2	6.4
弱	5.2~5.8	13.61
中	5.6~6.6	15.85
強	6.1~7.1	16.56
無風	0~3.2	5.49

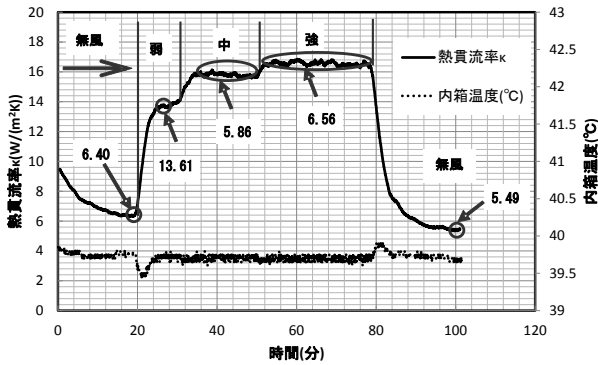


図 4 ファンの風量を変えた時の熱貫流率 κ の変化

無風から風を当てると熱貫流率は約 6 W/(m²K) から 13 ~ 17 W/(m²K) へと急激に上昇しており, 風量が熱貫流率に強く影響していることがわかる。風を当てた直後は, 試料表面が冷やされるため, 内箱の温度は若干 (0.2 ~ 0.3°C) 低下するが, 5 分程度で元の制御温度に回復することが, 図 4 から読み取れる。それに伴い熱貫流率も変化する。

このように熱貫流率の変化が明確に表れたのは, 内箱の温度を精密に自動制御にしたためである。また, この測定ではガラス板を測定試料にしたので, ガラスの熱伝導率⁴⁾ 0.76W/(mK) と試料厚さ 5 mm から算出した熱抵抗の逆数 (熱貫流率の換算値) は 152W/(m²K) となり, 熱貫流率の測定値である 6 ~ 17 W/(m²K) よりかなり大きい値となる。これは試料のガラス板の熱抵抗が全熱抵抗に対して小さく, 測定値はそれ以外の空間の熱抵抗, すなわち空気層の熱抵抗に大きく影響を受けることを意味している。

3.2 試料の押さえ荷重の影響

測定試料をスポンジに密着させるために, 試料である

断熱材の上に載せた図 3 に示す試料押さえ錘の重量を変えて熱貫流率を測定した。試料を押える荷重と熱貫流率の関係を図 5 に示す。押える荷重が大きくなるにつれて, 熱貫流率の値は下がった。試料との接触部分であるスポンジがつぶれ通気性が低下したためと考えられる。

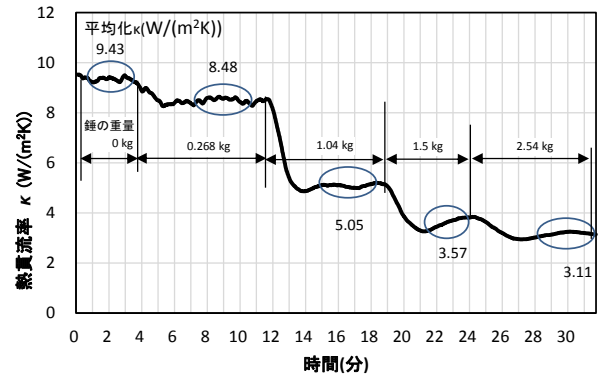


図 5 錘の重さを変えた時の熱貫流率 κ の変化

3.3 接触部の通気性の影響

スポンジ部分の通気性は, 熱の漏れに影響すると考えられる。そこで, 図 6 のように通気性のない樹脂フィルムでスポンジを覆った場合と覆わない場合で, 熱貫流率を測定した。その結果を図 7 に示す。

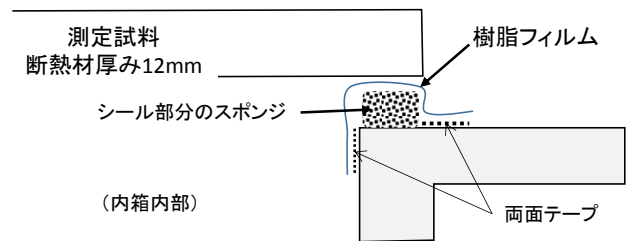


図 6 スポンジを樹脂フィルムで覆う様子

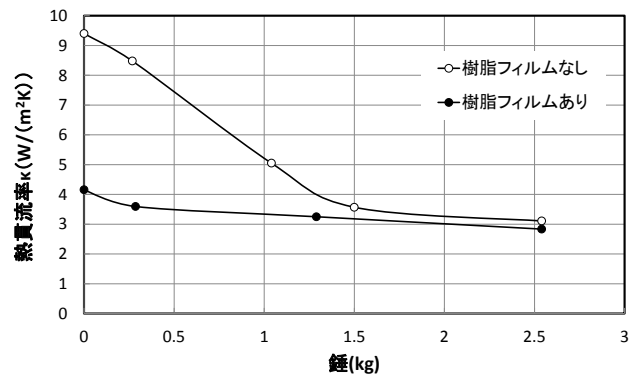


図 7 通気性と錘が熱貫流率 κ の値に与える影響

樹脂フィルムにより通気性をなくすことで, 熱貫流率が全体的に低下するとともに, 錘の重さによる変化が緩

やかになる。次に、試料接触部分に通気性のないゴム発泡体（エプトシーラ）とスポンジを使用した場合の熱貫流率の一例を図8に示す。ここで錘は2.54kgとした。熱伝達の影響を無視すれば、使用した断熱材の熱伝導率から換算した素材のみの熱抵抗の逆数は $1.67\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ であるので、測定した熱貫流率から、この値を差し引いたものが、シール部の熱漏れに関する値であると推測できる。これより、通気性のない素材の方がシール部の熱漏れを少なくできることがわかる。シール部に通気性のない素材を用いることが試料自体の測定としては望ましい。

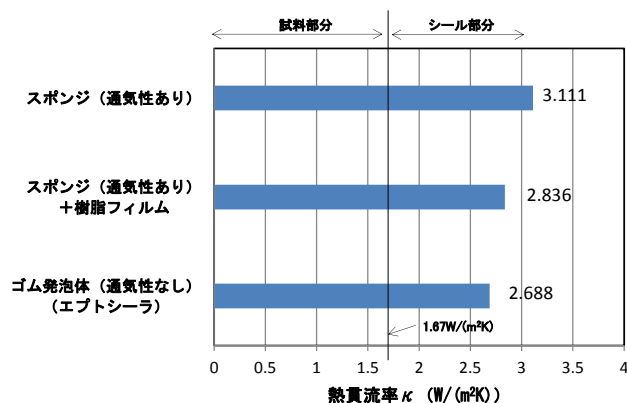


図8 各スポンジによる熱貫流率

4 結 言

定常法により熱貫流率を測定する装置を試作した。測定試料に当たる風及び測定試料を取り付ける部分の通気性に対する熱貫流率への影響を調べ、装置の改良を行った。測定の過程で、以下のことがわかった。

- (1) 試料がガラス板の場合、風を試料表面に当てることで、熱貫流率は無風状態の(約 $6\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$)から2倍以上($16\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$)に増加し、風の影響が大きく現れる。
- (2) 測定試料の設置部に錘を載せて荷重を加え密着させることで、シール部の熱漏れは少なくなり、熱貫流率は低下する。
- (3) シール部は、通気性のない材料で密着させる方が熱漏れを更に少なくすることができる。

本測定方法は、比較的小さなサイズの試料の断熱性評価に利用できることがわかった。今後、実部品の測定に取り組む予定である。

文 献

- 1) 羽原他：広島県西部工技研究報告，59 (2016)，17
- 2) 羽原他：広島県西部工技研究報告，60 (2017)，8
- 3) 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
- 4) <http://www.hakko.co.jp/qa/qakit/html/h01010.htm>