

低放射材をもつ中空層の伝熱特性に関する研究

中空層	低放射材	伝熱
室内実験	遮熱	断熱

正会員	○駒野清治*
同	荏原幸久*

1. はじめに

地球温暖化防止やエネルギー問題から建物の高断熱化が勧められている。近年は増改築に対しても次世代省エネルギー基準¹⁾を勧める動きが具体化している。目標とするべき断熱仕様は温暖地においても外張り+充填の併用断熱に至っていると考えられる。壁厚みやコストの増加のため、次世代省エネルギー基準の普及がなかなか加速しない現状にあって、より高性能な断熱材や開口部の開発・低コスト化が求められる。

遮熱・断熱の効果を期待される低放射材が増えている。防風透湿シート、防湿シート、透湿ルーフィングなど、多様な材料形態で存在するが、その説明は定性的な内容に止まる現状と思われる。その物性値が取り扱いやすい中空層の熱抵抗値で整備されていないためであろう。そのような資料は、まだ断熱材が流通していない1970年以前に遡る^{2) 3)}。その熱流の向きを考慮した中空層の伝熱特性は厚さ10cmに限定されながらも、一定に汎用性ある資料と思われる。その後の研究が少ないこと、設計資料の簡単化のため、中空層の熱抵抗は一定値として取り扱われている現状である。透湿抵抗の大きい低放射材は防露に留意すべき材料でもあり、その熱抵抗値について実用的な資料で整備する意義は小さくないであろう。

そこで、低放射材の伝熱特性について、一般に取り扱いやすい中空層の熱抵抗値で設計資料を整備することを目的に室内実験を始めた。本報では、実験の妥当性、低放射材の熱的効果の程度について報告する。

2. 室内実験概要

2-1) 実験装置 図1および写真1に中空層伝熱特性実験装置を示す。実験対象となる上の中空層の厚さを30mm、下の中空層の厚さを15mmとした。その中間には厚さ3mmの合板でサンドイッチした熱流測定用断熱材。その断熱材の熱伝導率は $0.0297 [W/(m \cdot K)]$ (同一の断熱板から切り取った試験片をJIS平板比較法で測定)。屋外側を想定する加熱箱は電気ヒーターと循環ファンにより接する鉄板を最高80℃まで加温できる。室内空間では加熱箱から伝わる熱と放熱とのバランスで室温が形成される。試験体(低放射材)の大きさは約900×900mm。中空層を含む層構成部の外周はテープ貼りで気密をとり、断熱材で補強し、層構成部と加熱箱と一緒に低放射シートでカ

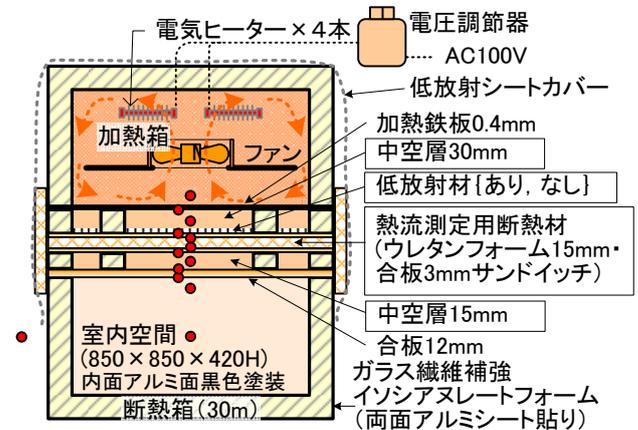


図1. 中空層伝熱特性実験装置



写真1. 中空層伝熱特性実験装置



写真2. 熱流測定用サンドイッチ板に張った低放射シート (空気を追い出すように密にタッカー止め)

バーして横方向への放熱を最小限にするよう配慮した。さらに、ふたつの中空層には、内寸法670×670mmで保温材の仕切りを設けた。この仕切りの内側外側はともに上下と同じ温度に接することで、仕切りの内側の中空層が受ける放熱の影響をより小さくなるよう配慮した。

2-2) 実験対象の低放射材 写真2は低放射材の外観で、ポリエチレンシートの表面にアルミ(純度99.3%以上)を積層した低放射シートである。常温域の長波長まで測定できる分光放射計による放射率は0.03である。測定誤差を見込んで放射率を0.05としている。放射率測定値0.03は積層するアルミ箔単体を平滑な状態で測定したもの。参考として、当シートは補強用のポリエチレンメ

ッシュが裏打ちされ、平滑でない表面のため放射率測定値は0.1程度。表面の散乱分が増えて受光部で反射成分を拾いきれないため値が大きいにずれ。多様な製品について小さなサンプルの放射率測定値で比較する難しさが示唆される。

2-3) 実験パターン 参考資料²⁾には、アルミ箔を用いた中空層(厚さ10cm)の熱コンダクタンスについて、温度差・放射率・熱流の向き45°別のグラフで示している。本研究では、条件に中空層の厚さなどを加えて実験パターンを構成する。

3. 中空層の伝熱特性実験結果

3-1) 中空層の伝熱特性図 図2は中空層の伝熱特性を内面の温度差と熱抵抗の関係により表す。中空層の放射成分は、内面の絶対温度が間接的に温度差と対応し、右図で右上がりの特性をもつ。中空層内面相互の放射熱伝達率は、放射絶対温度の4乗に比例し、両面25°Cから片側75°Cになるとおよそ30%大きい計算値になる。対流伝熱は内面の温度差が大きいほど対流が盛んになり、右下がりの特性をもつ。この放射成分と対流成分を総合した特性を表す図2を用いて、実験結果を考察していく。

なお、各インデックスの ϵ_{12} は中空層の両内面の放射率を掛け合わせた数値。本実験のデータは、十分な定常状態の30分平均値、個体表面温度の変動幅はほぼ0.2°C以内、周囲温度は12~18°C。

3-2) 一般材料 $\epsilon_{12}=0.83$ 中空層30Hは熱抵抗0.15~0.19[m²K/W]、中空層15Hは0.13~0.15と既存資料²⁾に近い結果が得られ、本実験の妥当性が確認できた。ただし、熱流測定用断熱材の上流側でも中空層15Hを構成し、再検証する予定。

3-3) 低放射材料 $\epsilon_{12}=0.05$ 水平下向きは、中空層高さ30H・100Hともに0.8~1.0[m²K/W] (GW16K・40mm相当)と熱抵抗が比較的大きく、太陽の高い夏の遮熱に用いられる要因と思われる。垂直横向きは、0.45~0.69[m²K/W] (GW16K・25mm相当)、既存資料²⁾の垂直より大きい熱抵抗であり、中空層の厚さの違いが現れたと考えられる。水平上向きも同様の傾向である。一方、既存資料¹⁾は $\epsilon_{12}=0.09$ で熱抵抗0.42[m²K/W]。省エネルギー基準で安全側の設定と思われる。既存資料³⁾の放射と対流を別計算し合算する方法は本実験の半分程度の熱抵抗値に算出される。対流成分で熱流方向係数を準備するが、設備的に安全側の設定と思われる。このように、既存資料による断熱防露設計では、低放射材が過小評価されることが考えられる。

4. まとめ

本実験および既存資料から、低放射材をもつ中空層について過小評価しやすい現状であることを述べた。

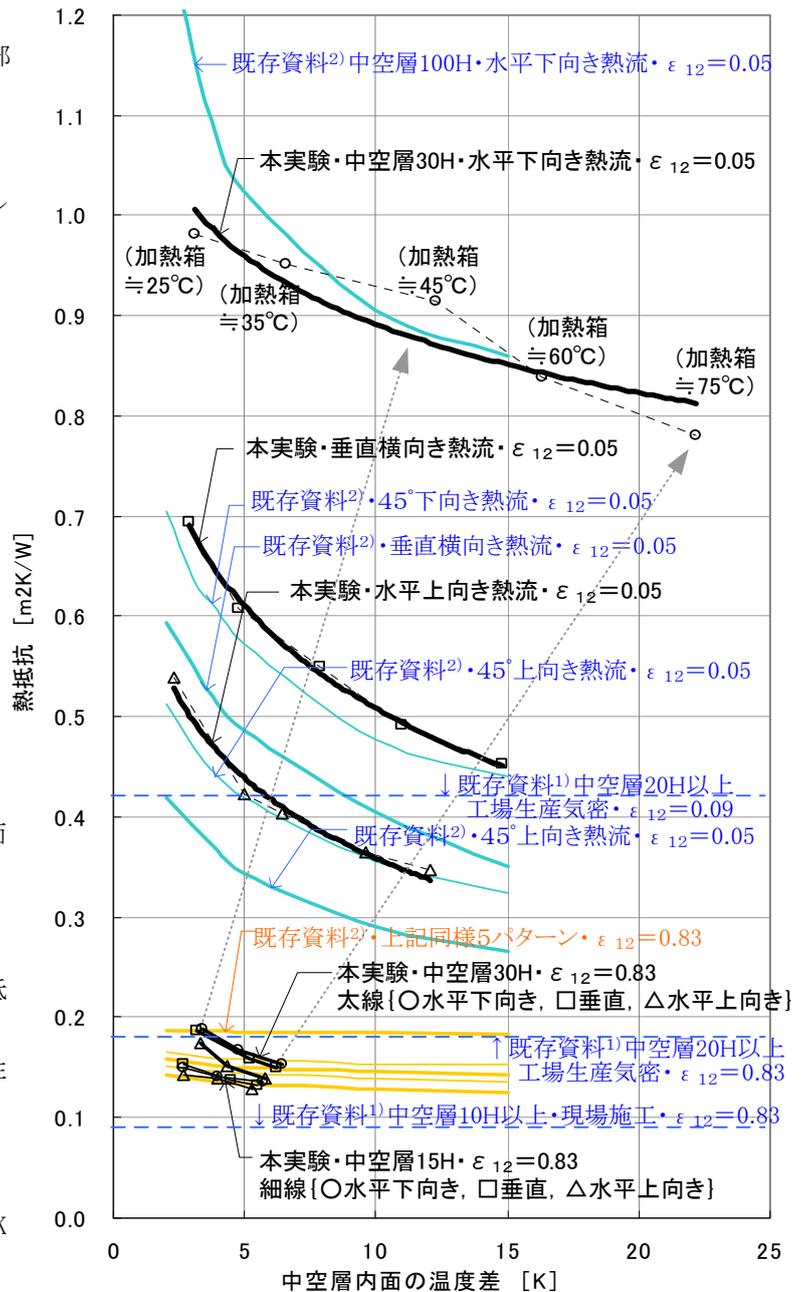


図2. 低放射材をもつ中空層の伝熱特性

低放射材について適切な伝熱特性を設計資料化することは、今求められている高断熱化に貢献できることである。今後も実験を進めて、低放射材に関する設計資料を整備していく予定である。

【謝辞】

アルミ製低放射シートの放射率測定は矢崎総業環境システム開発センターの浅井氏・相曾氏・高橋氏の協力によります。熱流測定用断熱材の熱伝導率測定はダウ化工機技術開発本部の笹平氏・田中氏の協力によります。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 住宅の次世代省エネルギー基準と指針、1999年
- 2) 渡辺要：建築計画原論II、1965年
- 3) 木村建一：建築設備基礎理論演習、1970年