

壁 —建築環境工学、特に熱湿気の視点から—

Wall

小椋 大輔

—From a viewpoint of architectural environmental engineering, especially heat and moisture control—

—— 建築環境と壁 ——主に熱湿気環境——

室内の物理環境を調整するといった建築環境工学分野の視点から、壁を考えると主に壁は、物理量を通し易くするのか、通しにくくするのが興味の対象になる。

また、私の研究領域に入ってくるが、材料が蓄えることができる熱や湿気を室内に供給あるいは吸収するといった機能をどう持たせるのかも気になる所である。

音環境分野では遮断性に加え、音エネルギーを吸収しやすくするか、反射しやすくするかといった機能も関係するし、光環境も吸収性、反射性は重要な要素である。

環境系では壁というのを、壁体と総称することで、壁だけでなく、天井、床といったものも含めて表現することが多い。これら壁体の材料構成が室内環境調整特に温熱環境調整にどう効くのかといったことである。

室内温熱環境調整を目的とした場合、最も必要な壁の機能は断熱性である。これは建築に関わる方々なら誰でも知っている非常にシンプルな機能であるが、これが建築空間に求められる人の健康で快適な環境をつくる上で、非常に重要な機能を果たしている。

この機能を有する材料は、室内熱環境を一定温度に保ち、エネルギー消費をできるだけ抑えるためには、一般的には、ある程度厚みが必要である。そのことが壁体の厚みを増大させ、室内空間を狭めてしまうため、建築空間をつくる上では大きな制約になってくる。

—— 断熱の機能を高める ——真空断熱材——

最近では、室内熱環境維持と省エネルギーを前提としながら、いかに空間の大きさを確保できるのかという課題に対して、壁の厚みを小さくても機能が発揮できる材料として、真空断熱材 (Vacuum Insulation Panel) が注目されつつある。

最近の冷蔵庫は、見た目は従来と変わらず、容量が大きくなったものが増えてきているが、これは真空断熱材の使用の効果が大きい。

写真1の左がよく使われる断熱材の一つであるグラスウール、右が真空断熱材であり、両者の断熱性は等しい。

さて真空断熱材とはどういった材料なのかというと、読んで字の如く材料内部を真空に保つことで断熱性を維持する材料である。

従来、断熱材は、材料の熱伝導性を抑えるため、その内部に多くの空隙をつくり、空気の断熱性 (0.024W/mK) をうまく利用した材料である。空気の断熱性を利用する材料の空気を抜くとなぜさらに断熱性向上が図れるのか。



写真1
グラスウールと真空断熱材¹⁾

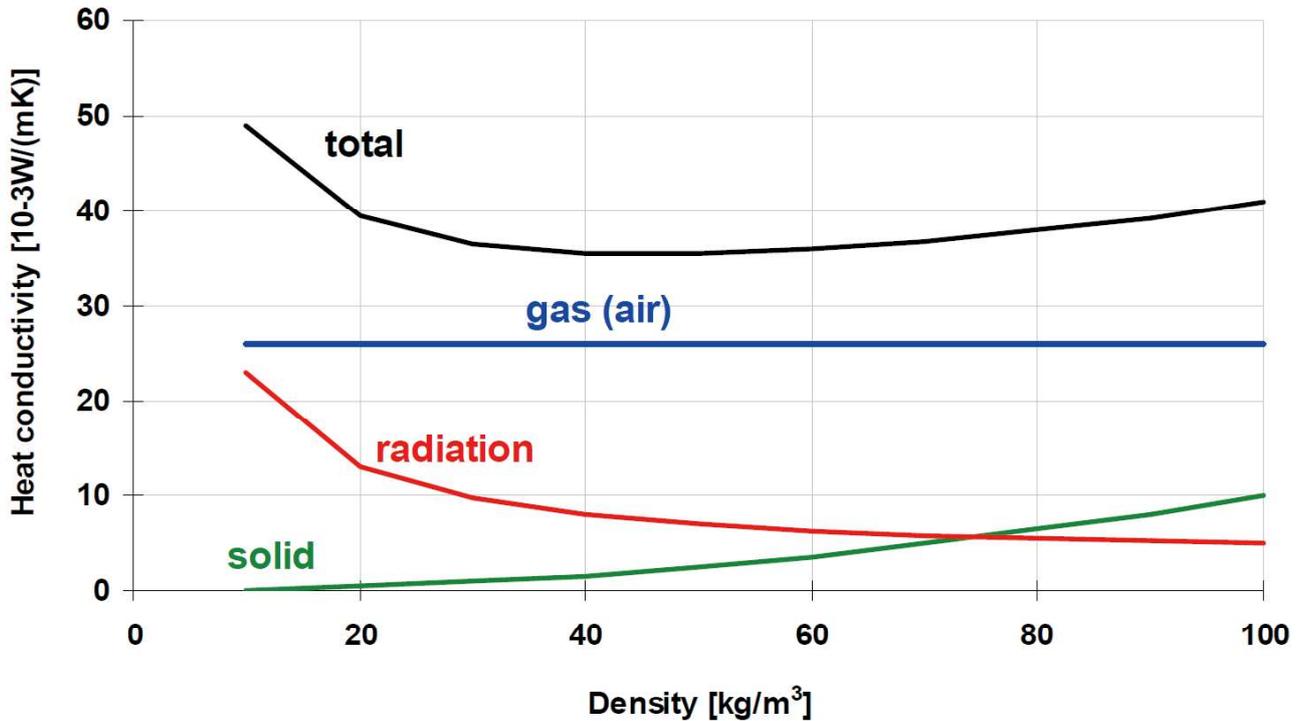


図1 一般的な断熱材における熱伝導率における各要素の寄与²⁾

これは図1から説明される。グラスウールなど一般的な材料の熱伝導率は、材料のみかけの密度に依存しているが、固体や気体部分の熱伝導、材料内部での放射 (radiation) といった各要素の内、気体の熱伝導性が最も大きな割合を占めている。つまり、気体が材料の熱伝導率に寄与する量を小さくする、つまり気体を限りなく減らしていくことで、熱伝導性が下げられるのである。

このことを実現するため、真空断熱材は、図2に示すように熱伝導性の低い芯材 (Core material) を、空気を遮断できるような気体透過性の非常に小さい被覆材 (Envelope) で覆い封をすることで、材料を構成している。芯材は、グラスウールやヒュームドシリカといった材料が用いられる。

これらの材料の内部気体の圧力と熱伝導率の関係は図3に示す通りである。例えばグラスウールの芯材では0.01mbar=1Paで約0.004W/mK以下の熱伝導率であり、一般的なグラスウールの熱伝導率0.04W/mKの1/10の熱伝導性、つまり熱伝導抵抗としては10倍、つまり断熱性は10倍あることが分かる。ただし、内部の圧力が上昇してくると熱伝導率は増加する。10mbar(=1000Pa)になると、先ほどのグラスウールは約0.02W/mKとなり、断熱性のメリットは失われる。ヒュームドシリカは、100mbar(=10000Pa)で約0.01W/mKと圧力上昇による熱伝導率の上昇が小さい材料である。芯材のヒュームドシリカは非常に高価な材料であるが、特にヨーロッパを中心に使用されており、日本はグラスウールを芯材として

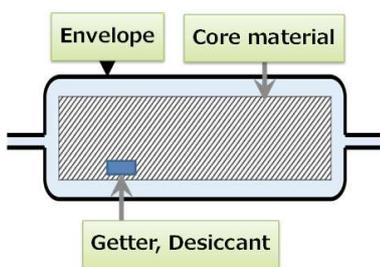


図2
真空断熱材の構成

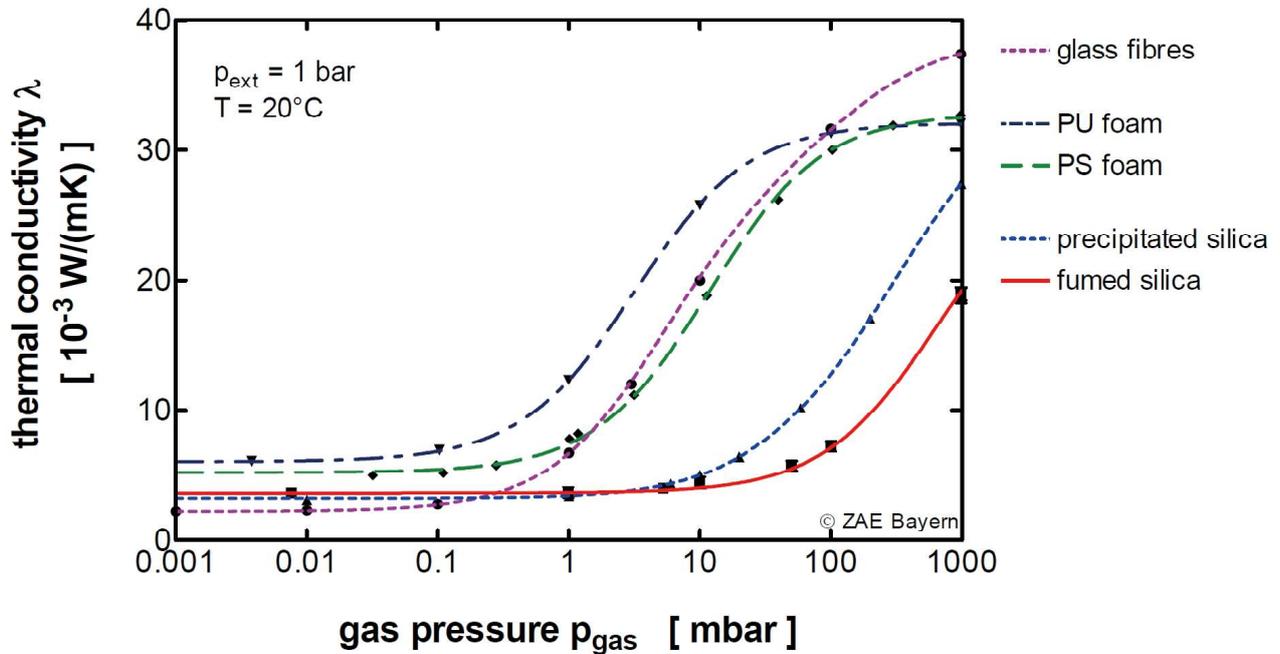


図3 異なる芯材における内圧と熱伝導率の関係²⁾

いる会社が多い。

この様に、真空度を保つことの重要性から真空断熱材内部の空気の侵入を遮断することが大変重要であり、最も性能のよい被覆材は、アルミフィルムである。

空気遮断性のいいアルミは、一方で非常に熱伝導性の高い材料であるため、芯材そのものの断熱性はよいが、アルミ被覆材の表面を熱が伝わりやすい（この熱を伝えやすい部位を熱橋という）ため、断熱性が阻害される。大きいサイズになるほど、見付面積あたりに、表から裏に伝わる長さが短くなるので、その影響は小さくなるが、小さいサイズだと、熱橋の影響が大きくなる。熱伝導性を小さくするということを担保するために、熱伝導性のよい材料で覆ってしまうという矛盾をこの材料は特性として持っている。

被覆材の空気の透過性を確保しつつ熱伝導性を下げる目的で、アルミ蒸着フィルムもよく用いられる。ただし、この蒸着フィルムはアルミフィルムより気体透過性がよくなる。

芯材がグラスウールの場合、透過した気体が材料の熱伝導性に与える影響が大きいため、透過した気体が材料の空隙中に残ることを避ける目的で、水蒸気の吸着剤としてデシカント (desiccant) が、そのほかの気体成分の吸着剤としてゲッター剤 (getter) が用いられる。

建築は、冷蔵庫など家電と比べると遙かに長い使用期間が必要となる。そのため、そこで用いられる材料は、この長期的な性能がいかに担保されるのかが大変重要

なポイントである。

現在、真空断熱材の長期耐用性などに関する国際規格 ISO, 国内規格 JIS の策定が急がれており、上記を考慮した長期性能の予測検証が国内外で進められている。

—— 室内の湿度を調整する壁 ——調湿建材——

室温の維持という機能に加え、近年は湿度に対する要求も高まってきている。冬季は、低湿化抑制についてインフルエンザウィルスの生存率が高まる点に加え、乾燥感、静電気防止などの点から、夏季は、高湿化抑制について、カビなど微生物の繁殖によるアレルゲン物質の発生抑制に加え、衣類等の汚損を抑制の点から考えられている。また、未だになくなる冬季の結露問題についても、この材料を用いた湿度安定性の機能が期待されている。

表面結露は目視が可能であり、人々に最も身近な結露現象である。この結露は建材の腐朽、カビ、汚れ、内装の剥離といった被害の原因となる。これを抑えるための一般的な対策としては、壁の断熱性の向上が考えられるが、例えば窓面の結露のような断熱性が弱くなる部位での結露発生を完全に防ぐことは困難である。調湿材を用いることで表面結露を防ぐ事が可能であれば、非常に有効と考えられる。ここでは調湿材が表面結露防止に対して有効に働くのかどうかについて、調湿材の持つ、室内湿度安定化の能力とその持続時間を簡単な例題を挙げて考えてみる。

計算条件	
初期条件	: 20℃、50% RH 同様
外気温湿度	: 20℃、50% RH 一定
水分発生	: 200g/h (0~6時)
換気回数	: 0.5回/h 一定 (換気なしの場合は、水分発生時間以外で0回/h)
壁体構成	: 壁4面及び天井: 厚さ12mmの軟質繊維板1層、外気表面断湿 (調湿なしの場合は、室内表面にビニルクロス) 床面: 完全断熱、断湿
解析方法	: 熱水分同時移動方程式を使用

表1³⁾

室内空気の相対湿度の安定化について調湿材がどう働き、どの程度持続性があるのか、簡単な計算結果を用いて説明する。床面積13㎡、天井高3mの室を考え、表1の様な使用条件を考える。図4、5にそれぞれ1日目と30日目の室内相対湿度変動を示している。1日目の結果から、調湿がある場合の相対湿度が、60%

以内に抑えられているのに対して、調湿がない場合は、86%に達しており、調湿材の持つ効果は明らかである。また調湿ありで換気がない場合は24時に2%程度、換気がある場合と差が生じる程度である。一方、30日目の結果から、調湿があり、換気がある場合は、相対湿度は70%以内であるが、換気がない場合は、相対湿度が90%近傍を変動しており、水分発生がない時間帯では、調湿がない方の相対湿度が低い。換気がない場合、調湿材に水分が蓄積してしまい室内相対湿度を高湿化させている。この結果から、調湿材が室の相対湿度の適当な値で安定化に持続的に働くようにするためには、換気あるいは除湿を行う事で、材料からの放湿を行う事とセットで利用を考えることが重要である事が分かる。

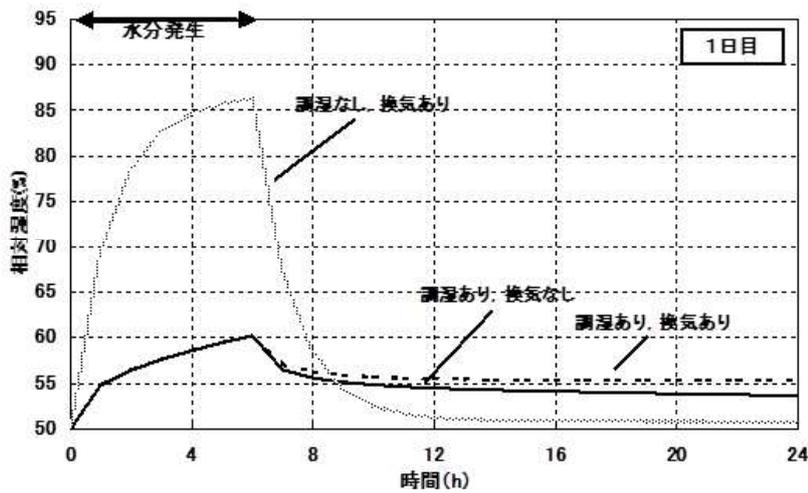


図4 室内の相対湿度変動（1日目）⁴⁾

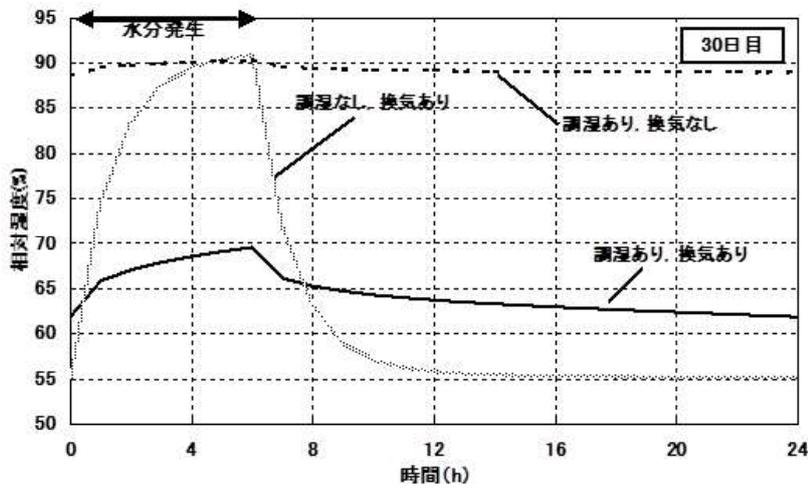


図5 室内の相対湿度変動（30日目）⁴⁾

—— 壁 ——物理環境調整機能の活用——

室内の物理環境を調整するという目的は、シェルター性能としての建築を考えれば、非常に古くから建築に求められているものである。一方で、ここで説明した例から分かるように、より高機能、高性能な壁に用いられる材料が開発され、利用されつつある。熱環境的には、これら以外にも開口部の利用が考えられる透明断熱材、室温の安定化を高める潜熱蓄熱剤を用いた壁など、紙面の都合上紹介できなかった多くの面白い材料が開発されてきている。

なお、ここでは説明を省いたが、これら壁の機能をしっかり働かせるためには建物の気密性が非常に重要な鍵を持つことを付け加えておく。

これらを使った壁を適切に用いて室内環境調整能力と省エネルギー性がより高い建築や住まいが益々増えることを祈念して、このコラムを終えたい。

<参考文献>

- 1).IEA Energy Conservation in Buildings & Community Systems, Annex 39 High Performance Thermal Insulation Systems,
URL: <http://www.ecbcs.org/annexes/annex39.htm>
- 2).IEA/ECBCS Annex39, 『Study on VIP-components and Panels for Service Life Prediction of VIP in Building Applications』,Subtask A, 2005, p.3.
- 3). 同上 pp.6
- 4). 小椋大輔, 銚井修一, 『調湿材で表面結露は防げるか』, 建築技術 No.660,2005,p.154-156.