

F-2 高性能断熱材料について

CSTB研究・開発業務担当理事 エルベ・シャリュ

私からは、建物の高性能断熱材について少しお話しさせていただきます。

F-2資料スライド2

世界中の国々におけるエネルギー消費を見た場合、特にフランスの場合は暖房と給湯、日本の場合は冷房になりますが、そうしたものにエネルギーが大いに使われていることがよくわかります。

スライド3

こうした給湯や暖房にしろ、低炭素化という意味ではどういう方法があつて、それがどのように効果があるのか、費用対効果ということはよく世の中で使われている指標でもあります。建物の断熱をして、暖房や照明を削っていったとしても、給湯という問題はどうしても残ります。

スライド4

ヨーロッパにおいて、建設というものがどんな分野になるかということを見てみると、約6割が住居、約4割がほかの施設になります。フランスでは、そこがもう少し変わってきて、70～75%が住居、残りの30～25%がほかの建物という形になります。フランスにおいては住宅が全体の75%を占め、その半分が、今や改修時に来ていることになります。

スライド5

そうしたフランスの既存建築物を考えた場合、こちらの数字を見てわかるように、既存の改築後の実際的なレベルは、年間の平米当たりで150kWhですが、京都議定書の2050年目標は、それを150から50のレベルまで落とさなければいけません。そうすると、こうした建物のエネルギー消費という意味で一番効率的な取組が断熱であることがわかってきます。

スライド6

同時に、これから改修していかなければいけない、つまり断熱をより進めていかなければいけない既存建物がものすごく多く、マーケットが膨大であることがわかります。私どものグルネルの2050年目標を掲げますと、そちらは2050年に50kWh.平米/年ですので、そうした目標値に到達するためには、屋根の部分も、床の部分も、外皮も取り組んでいかなければいけません。

そして、グラスウールということでも膨大な投資をしていたわけですが、それに代わるものとなると、今度は、投資コストがまたものすごくかかることになります。そうしたレギュレーションをクリアしていくためには、断熱材を設置していかなければいけない。ただ、断熱材は分厚いもので、200mmの厚さがあります。それは、建物内部に断熱材を張るということ、または、外部に張ることも可能ですが、フランスでは、そのほうが設置しやすいということで内部に張る例が多いです。

また、新しいソリューションということを考えて場合、そうしたものを作製する人間がいなければなりません。そして、それを設置できる人々を育成していかなければいけないということで、グラスウールに比べて、一つ一つのもののコストがより高くなることになります。

スライド7

現在、建築業界にはいろいろな部材・素材がありますけれども、それを、縦方向に熱伝導率、

横方向に比重を設定して考えると、このようになります。例えば従来製品として、グラスウールや発泡ポリスチレンはこのあたりです。

そこで、今日、こうしたマーケットに入ってきているものが、例えば真空断熱パネル、ナノ多孔性材料というもので、それについてもお話ししていきたいと思います。

スライド8

例えば等価熱伝導率を考えた場合、その中にどういったガスを封じ込めるかということと、また、繊維のものを使った場合にどうなるかということを見てみたいと思います。

例えば、熱伝導率の5%は固体の熱伝導率ということで、繊維にかかわるものであることがわかります。また、放射熱伝導率を考えた場合、その比重が高いか低いかで、この放射熱伝導率に変わってくるのがわかります。

スライド9

こちらがトータルの熱伝導率になります。このあたりが少し複雑な部分になってきます。

スライド10

そうすると、等価熱伝導率をどのようにして低くすることができるか。一種のイクステンションデートというものを上げていく。つまり、そこを通る光を少なくしていくことになります。

そうなりますと、今度は、そうした放出を低めるためのバリアを実際に設置するというので、例えばフィルムや粉末であるものが考えられます。現在使われているグラスウールの中に内包されているような気体とはまた違う気体が考えられていくわけで、多孔性となると、もっと違った、密度の高い気体が考えられます。そしてまた、その素材内部における粒子の自由な移動を制限する形にすることによって、熱伝導率をより低めていくことができる。その場合、圧力を下げることによって、熱伝導率をより下げていくことができます。

スライド11

そうすると、空気、ほかの気体ということになりまして、フロンガスなど、今では禁止されているガスを使っていたこともあるわけで、アルゴンガスやクリプトンガスなど、ペアガラスなどでも使われているようなガスが考えられます。

スライド12

こうした放射熱伝導低減のためには、ナノ単位のセルを使うことになり、例えばカーボンパウダーやアルミパウダーなどもそこに使っていくことになります。このような発泡スチレンという形で、既に市場に出回っているものがあります。

スライド13

こうした粒子のサイズを下げていく、つまりはセルのサイズを下げていき、圧力をどんどん下げていくことによって、こちらの紫色のカーブでご覧いただく形での、いわゆる凝結シリカの低圧のものという形の性能が出てまいります。粒子のサイズを下げ、圧力を下げることによって熱伝導率が下がることが、こちらの数式でご覧いただけます。

スライド14

そしてまた、真空のナノ粒子が入ったパネルが、実際にまた大気圧まで戻っていくような趨勢にはかなり時間がかかることがわかります。ですから、なかなか膨らむことはないということになります。ですから、実際にこうしたものを建物で使った場合、それが長く使えるという意味でも重要になってまいります。

スライド15

同時に、こちらは、この製品の中における圧力に対して、この製品がどのように機能するかということがご覧いただけます。このようにいろいろと材料を変えてみた場合、特に、先ほどお話しした凝結シリカのカーブがなかなか興味深いものであることがわかります。約4ミリ気圧から12ミリ気圧で使えるということで、これはドイツで開発されたものです。

このように、今、いろいろな材料をこのカーブの中にプロットして見ているわけで、例えば繊維系のもの、発泡系のものもここで比較しています。そして、ナノ多孔性材料で、大気圧におけるものと、真空にした場合とで比較しています。これになると、熱伝導率が8分の1になることがわかります。グラウウールと同じ断熱性能を出すためには、実際にこうした材料を使えば厚さが軽減できることがこれでよくわかります。そうすると、床面積をあまり犠牲にすることなく改修工事ができることとなります。

スライド16

その中でも、具体例ということでポリカーボネートにナノジェルが入っているものがありまして、ブランド名としてはCABOT社のものです。断熱性能があると同時に、均質に光を吸収する。つまりライトマネジメントもしっかりしている製品ということで、かなり古くからあるもので、今から10年くらい前からある製品です。

スライド17

そして、自動車業界から出てきたものとして、ガス充填パネルがあります。また、熱伝導性が10ミリワット以下になるもので、エアロジェルを内蔵したものがあります。

スライド18

例えば、グラスウールのマットの中にエアロジェルを充填した一例ということで、ある程度の量を入れないと光が通ってしまう、つまり熱が通ってしまうこととなりますが、12ミリワット/mKということで、そのあたりのものが手に入ります。

スライド19

こちらもうやはりエアロジェルを繊維の中に充填したもので、マーケットに出ているものになります。NANO GEL社のものです。ナノジェルが入っていないものに比べると、熱放射率その半分になることがこちらでわかります。

スライド20

また、BASF社のものとしては、赤外線吸収材が入っている発泡ポリスチレンもの。それから、ポリウレタンのナノ単位のものが入ったナノフォームのものとして、「イジテクト (ISITECT)」という名前で発売されたばかりのものがあります。こちらは化学素材であることがわかるわけで、例えばグラスウールやポリスチレンとは異なるものになります。

スライド21

今度は、同じ化学でもグリーンケミカルの方になると、例えば乳性タンパクや粘土でつくられたものもあります。

スライド22

要するに、現在は、グラスウールで厚みが200mmもある上、その熱伝導率が35~40mW/mKというものを、今度は5~10mW/mKにまでどうやって落としていくか、それを35mmのものにしていくかということがあります。つまり、どのくらいもつのか、また、ライフサイクルとなると、現在の技術では最適化されていない状況ではあります。

スライド23

また、耐火性ということを考えますと、政策的にはそこに懸念があります。

健康面では、揮発性有機物質でナノ単位の粒子となると、今のところはまだ安心できない。

熱伝動性が8分の1になるということになると、エネルギー消費という意味では満足がいくものなのです。

エアロジェルについては水に対する脆弱性があるので、そうすると、環境面で、これがどのくらいサステナブルかどうかという問題があります。

そして、真空にすると、例えば、その真空が20年もつかどうか。

しかし、断熱材の厚みが減ることによって、室内に設置しても、室内の面積をそれほど取らないとなると、不動産価格に対するはね返りはそんなにないと思われます。ところが、不動産価格ではメリットがあるかもしれないけれども、現在、この製品は大変高いので、その分割りを食うこととなります。そうすると、社会が果たしてこれを受け入れてくれるのかどうかというところで、まだまだ面倒が残ることとなります。

こうした改修のニーズがマーケットの中にどのくらいあるのかということで、それによって、実際にそれを産業化していくかどうかということが天秤にかけられることとなります。

もう一つは、実際にそれが設置可能かどうかということになると、こうした真空パネルはもとも寸法が決まってしまうので、実際の現場の窓の大きさ、実際の壁の大きさにぴったりマッチングさせることができるかどうかという、施工性の面でそこはまた難しい面があります。

その他、メーカーサイドの問題もあります。今や、熱伝導率がこんなに高いものでもこれだけ投資して生産能力をたくさん持っているメーカー側として、果たして新しい製品をつくるために新たな投資がどれだけかけられるかということとなります。

スライド24

となると、技術的なソリューションとしてはほぼ成熟した形で今や手に入りますが、健康面に対する影響を考えると、まだ幾つかの研究課題が残ります。同時に、断熱材の市場は、今や従来品によってしっかり成熟したマーケットになっていて、かなり安価で手に入るとなると、今度のイノベーティブな新製品がものすごく高いとなると、果たしてそれが立ち行くかどうか。

同時に、現在は、環境面、エネルギー面で、世界各国においてどんどん新しい法律・規制が、フランスでも、日本でも課せられるようになっていく中において、こうしたものは今後必ず伸びていくであろうけれども、今、グラスウールの生産能力過剰という問題があるわけで、そんな中でこれがどのくらい実現できるかということとなります。

同時に、こうしたエアロジェルにして、ポリマーにしても、そうしたものを実際に内包していくための技術は化学的な方法に頼るわけですから、果たしてそうしたものが実現できる余裕があるのかどうかという問題にもなります。

ご静聴、ありがとうございました。