

…研究紹介…

ポリエステル不織布とその リサイクル材を用いた吸音・断熱材

九州大学 大学院人間環境学研究院
都市・建築学部門 教授 工学博士

藤本 一壽

1. グラスウールとポリエステル不織布

グラスウール（以下、GWと略記）は優れた吸音・断熱性能を有しており、さまざまな用途に用いられているが、施工時におけるガラス繊維の飛散、結露などの水分吸収時の繊維破壊（壁からの脱落）、それに伴う壁面断熱（吸音）性能の著しい低下などの問題点も指摘されている¹⁾。

最近、GWと同じように細い繊維でできたポリエステル不織布（以下、PWと略記）の吸音・断熱性能が注目されている。PWは、繊維状にしたポリエステル（ベース）にバインダーと呼ばれる融解温度が比較的低いポリエステル繊維を加えて攪拌し、薄い膜状にしたものを何層にも重ね、それを加熱して適当な厚さのシート状に加工したものである。加熱によってバインダーが融解し繊維が自己結合されるため弾力性に富んでいる。ポリエステルの繊維は、太さ（重さ1gのポリエステルの9,000mに引き伸ばしたときの繊維の太さは1de（デニール）と定義され、PWの繊維太さの単位として使われる）、繊維断面形状（繊維の中が空洞で断面形状が○、△、□や、繊維の中が密で断面形状が●、▲、■など）、繊維形状（繊維が直線状のストレートや縮れた繊維のクリンプなど）の異なるさまざまな種類があり、またバインダー混合率（PW全体に対するバインダーの重さの割合）を変えることで繊維結合の度合いの異なる（硬

さの異なる）PWを製作できる。PWは、繊維飛散やVOC発生心配もなく、通常の接触程度では繊維が破壊されることがないので表面仕上げなしで使用することも可能であり、弾力性に富むため水を吸っても乾燥すれば元の形に戻り、燃焼によって有害ガスが発生することもないなど、優れた特性を有する材料である。また、ポリエステル繊維をヒバ樹脂でコーティングする技術²⁾も開発されており、それによって防ダニ、防カビ、抗菌、防臭などの効果を付加することも可能である。さらに、原材料のポリエステルは、完全リサイクル可能な素材³⁾であるので、廃棄物の削減と資源の有効利用の観点からもPWへの期待は大きい。

このようなことから、ポリエステル不織布を用いた吸音（断熱）材も一部製品化されており、ポリエステル不織布を用いた吸音クサビの開発⁴⁾、それを用いた無響室の実例⁵⁾も報告されている。しかしながら、PWの吸音性能は一般的にはGWよりもやや劣る¹⁾と報告されている。

2. ポリエステル不織布の吸音・断熱性能

GWと同程度の吸音性能

筆者らは、PWの繊維構成を工夫することで吸音性能の向上が期待できるのではないかと考え、PWの繊維構成をどのようにすれば吸音性能がよくなるかについて実験的に検討した。すなわち、密度、繊維の太さ、バインダー混合率、繊維断面形状をさまざまに変化させたPWの垂

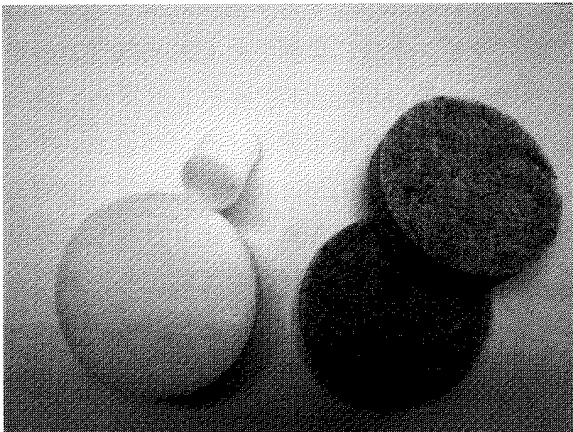


図1 PWとRPW

左がPW、右がRPW。通常は大きさが1m×2m程度のマット上のものであるが、この図は垂直入射吸音率測定用の円筒状試料を示している

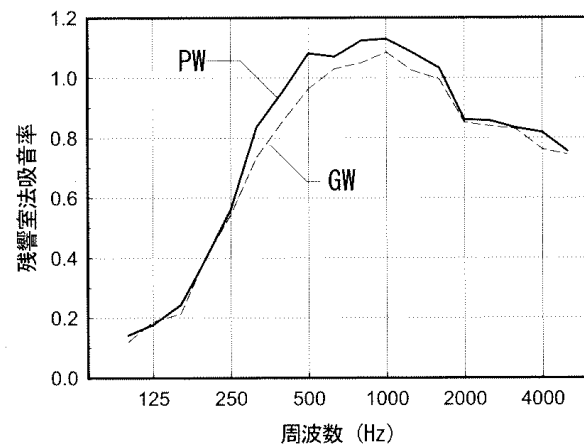


図2 PWの残響室法吸音率 (密度32kg/m³、厚さ50mm)
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門 残響室において測定

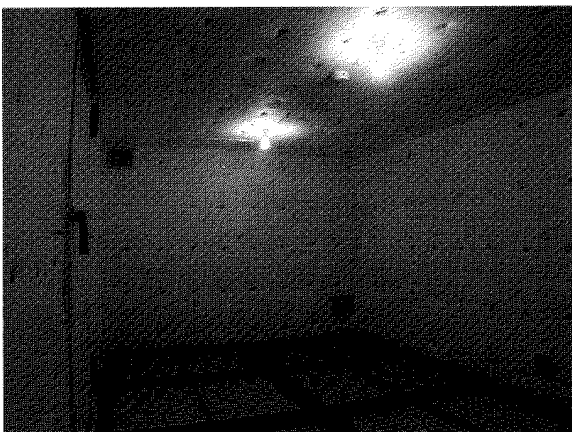


図3 PWを内装吸音材に用いた無響室の例
北九州市立大学国際環境工学部 簡易無響室



図4 PWを外壁2重壁の中空層に断熱材として施工した例

直入射吸音率を測定し、どのような繊維構成のPWが高い吸音性能を示すかについて検討した。その結果、PWは、GWと同様に密度が大きいほど吸音性能が向上すること、密度と厚さを一定（ 32kg/m^3 、 50mm ）とした場合、繊維太さ 2de 、バインダー混合率 30% 、繊維断面形状●、繊維形状クリンプとすると、同じ密度、同じ厚さのGWとほぼ同程度の吸音性能となることが分かった⁶⁾。PWの写真を図1に示す（後述のRPWも併せて示している）。

繊維構成を工夫して吸音性能を向上させたPWの残響室法吸音率の測定結果を、GWと比較して図2に示す。PWは、乱入射の条件においてもGWとほとんど同じ吸音性能を有している。

上記のPWを実際の建築に施工した例を示

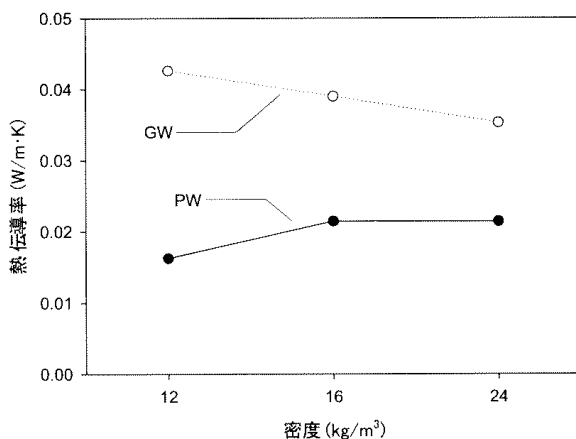


図5 PWの熱伝導率測定結果
GWの熱伝導率はカタログから引用

す。図3は北九州市立大学国際環境工学部環境空間デザイン学科に設置された簡易無響室の室内表面に、厚さ 50mm のPWを2枚重ねて施工した例である。音源をオクターブバンドノイズとした場合には、 315Hz 以上の周波数帯域で良好な逆2乗特性が得られた。図4は医院の外壁2重壁の中空層に断熱材として施工した例である。

GWよりも優れた断熱性能

上記の繊維構成PWの熱伝導率の測定結果を図5に示す。GWの場合、吸音材としては密度 24kg/m^3 や 32kg/m^3 のものが、断熱材としては密度 16kg/m^3 や 24kg/m^3 のものが用いられることが多いが、断熱材としてよく用いられる密度（ 16kg/m^3 や 24kg/m^3 ）の場合、PWはGWよりもかなり熱伝導率が小さい（断熱性能が大きい）ので、例えばPWを住宅の外壁の二重壁中空層に挿入した場合、GWよりもかなり大きな省エネ効果が期待できる。

3. ポリエステル不織布端材のリサイクル材の吸音・断熱性能

現在、PWは製造・加工過程で約 20% の端材が発生しており、それは廃棄物として処分されている。これは貴重な資源の浪費であり地球環境の視点からも大きな問題である。そこで、筆者らは、独自のPW端材のリサイクル技術を考案した（特許申請中）。これは、大手メーカーが開発しているような、使用済み材料を原材料

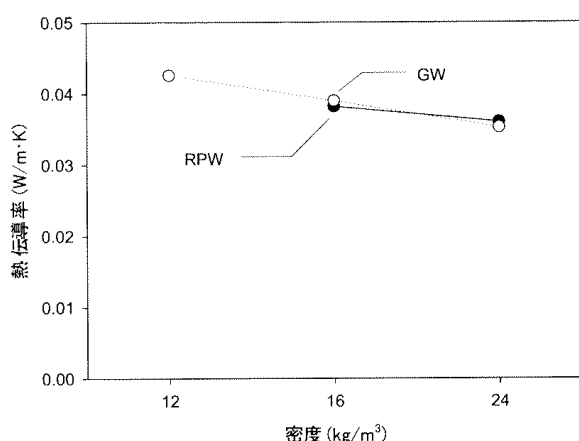


図6 RPWの熱伝導率測定結果
GWの熱伝導率はカタログから引用

に還す技術（ケミカルリサイクル）ではなく、1) 端材の粉碎・裁断、2) バインダー添加、3) 熱処理・プレス、4) スパンボンド仕上げ、の4つの工程からなる簡単なマテリアルリサイクルである。かなり安価にリサイクル可能であるという利点を有する反面、リサイクルによって繊維構造が変化するため、リサイクル材（以下、RPWと略記）の吸音・断熱性能はバージン材（PW）とは異なる。

筆者らは、現在、RPWの吸音・断熱性能を向上させるための研究を行っているところである。これまでの研究の結果、RPWの吸音性能は、同じ密度、同じ厚さのPWよりやや劣ること、主に端材の繊維太さに依存する（細い繊維の方が吸音性能がよい）こと、リサイクル工程で添加するバインダーは適度に少ない方がよい

こと、リサイクル工程においてバージン材用の原料を添加してもRPWの吸音率はあまり改善しないこと、などの知見を得ている⁷⁾。また、RPWの断熱性能は同密度のGWとほぼ同程度であること（図6）も把握している。

以上のように、現時点では、RPWの吸音性能はPWにやや劣るものの断熱性能ではほぼ同程度の性能を有し、価格面では圧倒的に優位であり、既に自動車用マットレスへの実用化に成功している。今後、建築用への実用化に向けてさらなる研究を進めていきたいと考えている。

4. おわりに

筆者らの開発したポリエステル不織布（PW）の吸音・断熱性能、及び、その製造・加工過程で発生する端材のリサイクル材（RPW）の吸音・断熱材としての実用化に向けての研究を紹介した。PW、RPWは、耐火性がないのが唯一の弱点といえるが、吸音・断熱材として優れた材料であると考えている。PWは、原料である石油の高騰の影響もあってGWよりもやや高価であるが、RPWは、簡単なリサイクル技術によって安価に生産できるため、今後さまざまな用途に使用されると期待している。

参考文献

- 1) 嶋田泰, 安岡博人: 人に優しい吸音材料, 騒音制御 24, 33-35, 2000
- 2) 特許第3443256号 (所有者 株式会社フコク)

- 3) 帝人株式会社 : http://www.teijin-eco.com/ecoproducts/tec_01.html
- 4) 島田秀彦, 中井克己, 齋藤文孝, 鈴木陽一 : ポリエステル繊維不織布を用いた吸音クサビの試作とその音響性能, 日本音響学会講演論文集 2003年秋, 951-952, 2003
- 5) 中井克己, 島田秀彦, 齋藤文孝, 鈴木陽一 : ポリエステル繊維不織布を用いた無響室の試作とその音響性能, 日本音響学会講演論文集 2004年春, 803-804, 2004
- 6) 藤本一寿, 穴井謙, 古賀慎一 : ポリエステル不織布の吸音率に関する実験的検討, 日本音響学会建築音響研究会資料 AA2004-33, 1-8, 2004
- 7) 中野達成, 穴井謙, 藤本一寿 : ポリエステル不織布端材のリサイクル材の吸音率に関する実験的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 43-44, 2006