

# 木質系膨軟化断熱材の開発

工藤建設株式会社 花澤 淳

はじめに

昨今の省エネ意識の高まりから、住宅の断熱の重要性は年々高まってきている。現在、日本国内において住宅用断熱に利用される断熱材のシェアの大部分を占めているのは無機繊維系及び発泡プラスチック系の断熱材であり、有機天然系の断熱材はわずか 4%に過ぎない(2004 年)。しかしながら、ドイツのような環境先進国ではわずか 9 年で有機天然系断熱材のシェアが 4 倍(約 20%) にまで増加してきており、昨今の天然志向の高まりを考慮すると、今後は日本でも有機天然系の断熱材のシェアが増加していくことが予想される。

現在、有機天然系断熱材の大部分を占めているのは新聞古紙由来のセルロースファイバーである。このセルロースファイバーは、断熱性の指標である熱伝導率が  $0.04 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  と繊維系のなかでは最高クラスの性能を有している。しかし、紙の電子化が進む昨今においては、セルロースファイバーの原料古紙の市場価格が近い将来上昇して入手が困難になることも予想され、国産の未利用バイオマス資源である間伐材等の木材を原料とした断熱材の開発が期待されているが、木材由来の断熱材は発砲プラスチック系断熱材と比較して断熱性能が低く、性能の指標となる熱伝導率が  $0.045 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  を下回るものはほとんどないのが現状である(紙パルプ由来のセルロースファイバーを除く)。

一方、薬品を使用せずに木材の繊維を破壊する技術の一つとして膨軟化(爆砕)処理技術がある。膨軟化処理とは、木材を高温で加圧したのちに急激に減圧することで木材繊維を膨張・破壊させる処理法であり、得られる膨軟化材は繊維を残した綿状構造を有する。膨軟化材はこれまで、法面緑化の基盤材や木材飼料、リグニン抽出など、様々な分野で研究が行われてきた。この膨軟化材は、その性状から断熱性能の高い木質系断熱材となると考えられるが、これまで膨軟化材を断熱材として利用を試みた研究はない。

そこで本研究では、膨軟化処理により得られた膨軟化材から新たな断熱材を開発することを目的とし、膨軟化材の断熱性能を評価した。

## 1. 研究方法

原料にはスギ材を用いた。スギを用いたのは、日本ではスギが間伐材の中で最も多く、木材の中でも比較的乾重量が小さく、断熱材に向く軽量の繊維が得られるためである。

スギ材を、膨軟化処理しやすい大きさ(長さ約 5 cm) にチップ化して膨軟化処理機(エクストルーダ B-30, MORI-LEHMANN)(図 1) に投入し、得られた膨軟化材を乾燥させて熱伝導率測定用試料とした(図 2)。なお、乾燥チップを膨軟化処理させると微粉状の膨



図 1. 膨軟化処理機

軟化材になってしまうため、チップは処理前に一晩浸水させた。

膨軟化材は、約 20 日間風乾させた後に 100℃の乾燥器で一晩乾燥させ、断熱性（熱伝導率）の測定前に通常室内の温湿度で十分に養生した。

膨軟化材で試験マットを作成し、1 試料 2 熱流計方式で熱伝導率を測定して、セルロースファイバー及びプレーナー層の熱伝導率と比較した。また、膨軟化材を篩（目開き 2.8、4.0、5.6 mm）で分級し、6 区分（<2.8、<4.0、<5.6、>2.8、>4.0、>5.6 mm）の試験マットを作成して粒度による熱伝導率の差異を検討した。

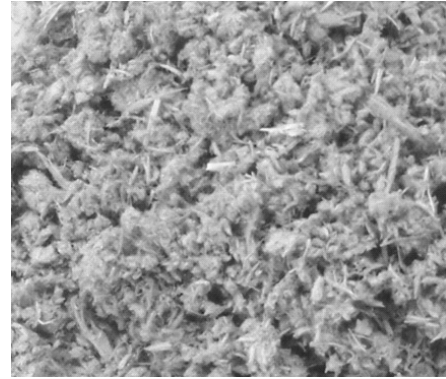


図 2. 膨軟化材の形状

## 2. 結果及び考察

熱伝導率の測定結果を図 3 に示す。膨軟化材の熱伝導率は  $0.035 \sim 0.045 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  の範囲に分布した。膨軟化材がセルロースファイバーとプレーナー層の中間の断熱性能を有していることが明らかとなり、試験マットの密度が高くなるほど熱伝導率が高くなることが確認された。

旧住宅金融公庫のランク付けでは、熱伝導率が高い（断熱性能が低い）ほうから A～F までランク付けされており、それぞれ  $0.052 \sim 0.051 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  (A-1)、 $0.050 \sim 0.046 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  (A-2)、 $0.045 \sim 0.041$  (B)、 $0.040 \sim 0.035$  (C)、 $0.034 \sim 0.029$  (D)、 $0.028 \sim 0.023$  (E)、 $\leq 0.022$  (F)となっている。天然系（木質系）では C ランクが最高位となっているが、本試験で得られた膨軟化材の断熱性能は B～C ランクであり、比較的高性能であることが確認された。ただし、粒径や密度によって性能が大幅に変化することから、熱伝導率  $0.040 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  以下の高い断熱性能を維持するためには更なる検討が必要である。

一方、粒度別に測定した結果を図 4 に示す。2.8、4.0、5.6 mm のいずれのメッシュを通過した膨軟化材も熱伝導率は  $0.035 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  で同じであったが、2.8 mm メッシュ未満の微細フラクシオンを取り除くと熱伝導率は  $0.045 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  と大きくなった。この結果から、2.8 mm メッシュよりも小さなフラクシオンが存在していれば大きなフラクシオンの

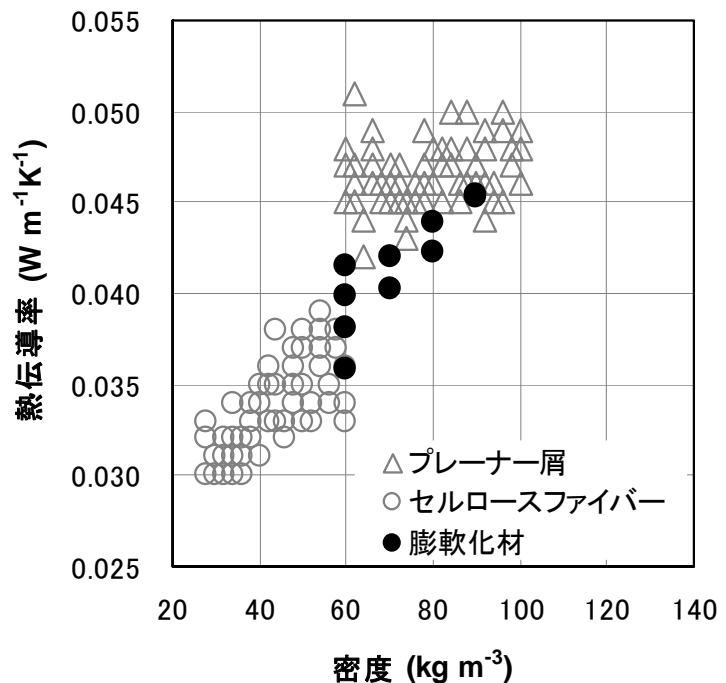


図 3. 膨軟化材の密度別熱伝導率

※セルロースファイバー及びプレーナー層の熱伝導率データは岩手大学関野登教授提供

有無にかかわらず断熱性能が高くなることが明らかとなった。これは、膨軟化材の微細な粒子が、熱橋といマイナス要因以上に静止空気層の形成というプラス因子として寄与することを示唆している。逆に、微細粒子の含まれていないフラクションで熱伝導率が高くなったのは、粒子間もしくは粒子内で対流伝熱が発生したためであると考えられる。

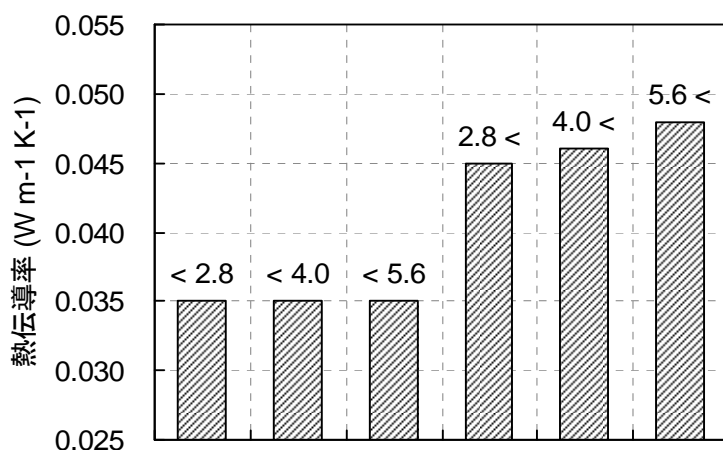


図 4. 膨軟化材の粒径別熱伝導率

### 3. 今後の展開

スギの膨軟化材が比較的優れた断熱性能を有することが確認されたが、これを住宅用断熱材として製品化するにあたっては、難燃性や防虫・防カビ性、安全性や自重による沈降性等の基本特性や調湿性、防音性等の応用性能を評価しなければならない。そのため、これらの性能評価を引き続き行っていく。

また、今回の試料は小型試験機で作成したものであるが、処理能力が遅く量産化には向かないため、大型機を用いて試料作成を行うとともに、その膨軟化処理から製品化までのプロセスの確立を目指す。最終的には、原料供給から販売までのプロセスを考慮してコスト設定を行っていく。

### 4. おわりに

住宅における断熱は、ヒートショックの緩和や体感温度の改善等で重要な役割を果たしている。日本国内ではこれまで、施主が断熱に拘って断熱材を選択することはほとんどなかった。しかし、地球環境保全が叫ばれる昨今では、断熱材に限らず自然に優しい製品を求める声も少なくない。省エネ住宅の建築において、木質系断熱材を自ら選択し取り入れる施主が増えるようになれば、原料となる木材の消費が進み、日本の木材産業にも貢献できると考えられる。今、原子力発電所の問題からエネルギー不足が深刻になりつつあり、太陽光や風力等の自然エネルギーによる大規模な創エネ事業が求められているが、我々がまず行わなければならないのは身近なエネルギー消費を抑えることである。断熱は、快適性を損なわず大幅なエネルギー削減ができる手段である。本研究が住宅の断熱の見直しのきっかけになれば幸いである。

### 謝辞

この研究は、環境省の地球温暖化対策技術開発等事業（競争的資金）の助成を受け、膨軟化処理については日本基礎技術株式会社の協力により、岩手大学関野登教授のご指導のもとで行われたものである。