

地域廃木材の有効活用に関する試験・研究開発

Research and development of local waste wood utilization

赤平 亮、小笠原 麻希*、音道 泰紀*
(*オトミチ硝子株式会社)

2050年におけるカーボンニュートラルの実現を目指して、環境負荷の低減に関する取組が必要な状況となっている。県内企業が廃木材を活用した断熱パネルの開発に取り組んでいるが、助成を受けている補助事業においてもCO₂削減効果の明確化が求められているように、商品開発の段階からCO₂排出量を把握することが不可欠な状況となっている。

バイオマス資源を活用した断熱材は、既存の化石資源由来の断熱材に比べて断熱性能が低いということが課題の一つとなっていることから、性能改善に取り組み商品化を果たすことにより、断熱性能の向上による空調負荷の低減と建材利用によるCO₂固定化を通じて環境負荷の低減に貢献することを目指す。

本研究で扱う断熱材はチップ状の剪定枝などをプレスしてパネル形状に成形したものであり、アルミフラッシュパネルの内部に組み込むことを想定したものである。チップサイズや密度などの成形条件が断熱性能に与える影響を明らかにしたのちに、断熱性能を向上させる構造やもみ殻などのバイオマス資源との複合化について検討した。前者では金網などに使われている市販のエキスパンドメタルをプレス時に挟んで成形することによりパネルの内部や表面に溝を作り(図1)、空気層を内包することにより断熱性能が改善されることを確認し、考案した構造に関して特許出願を行った。また、後者ではバイオマス資源(もみ殻)の混合割合を増やすほど断熱性能が向上することを確認した(図2)。

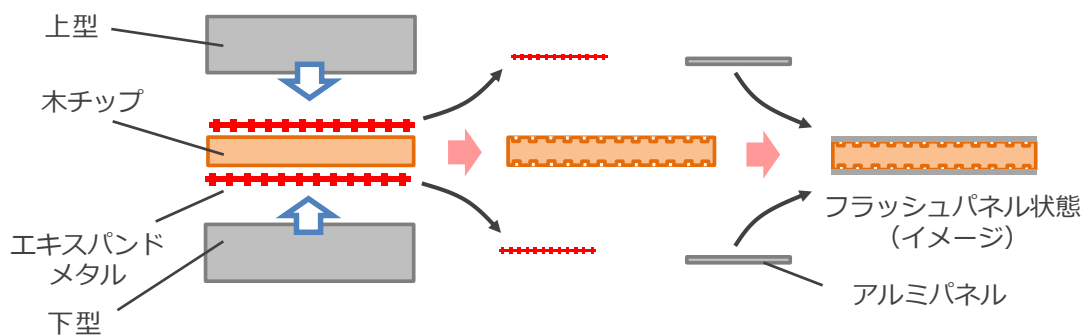


図1 エキスパンドメタルを活用したプレス成型法

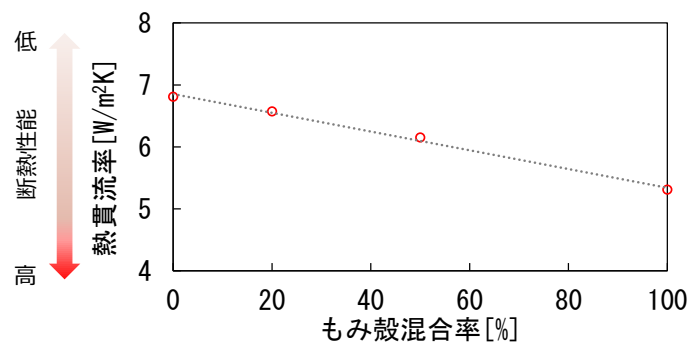


図2 断熱性能に与えるもみ殻混合割合の影響

1. はじめに

脱炭素社会の実現を目指して、2020年12月に公表された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」¹⁾により国としての見通しが示され、電力部門では再生可能エネルギーの導入や高効率な火力石炭発電の導入促進、非電力部門では電化や燃焼の際にCO₂を発生しない水素などへの転換などの必要性が示された。さらに2024年には第六次環境基本計画²⁾が閣議決定され、循環型共生社会として資源の循環や環境負荷の削減といったビジョンが示された。

一般家庭に目を向けると、照明や家電製品からのCO₂排出量が多く、冷暖房に起因するCO₂排出量は25.2%と全体の4分の1程度である³⁾。このうち、冷房は6%と比較的少ないものの、気候変動に伴う夏季高温化の影響で2023年度は前年度比で14.7%増加していることを踏まえると、今後さらに増加する可能性が高い。また、積雪寒冷地である青森県においては冬季の暖房需要が非常に大きく、かつ暖房機器として化石燃料の直接燃焼による方式が一般的に普及している状況を踏まえると特に暖房需要由来のCO₂を削減していく必要があり、そのためにも建物の断熱性能の向上が重要となってくる。

アルミ建具の製造を行っている県内企業では、オフィスの出入り口に多用されているアルミフラッシュドアに求められている断熱性能の向上に関して研究開発を行ってきた。一方、造園業では剪定枝や伐根材などが多量に発生し、その処理費用が大きな負担となっていたことから、これら廃木材の活用方法を模索していた。

そこで、造園業にて排出される廃木材を活用してアルミフラッシュドアに組み込む断熱材の開発が令和3年度から行われた県の事業である「新ビジネス創発ラボ」において実施された。本事業では、剪定枝をチップ状に破碎した後にパネル形状への成形を行い、断熱性能を有していることを確認した一方で、既存の化石資源由来の断熱材に比べて断熱性能が低いという課題が明らかになった。

以上のことを踏まえて本研究開発ではアルミ建具の製造を行っている県内企業との共同研究により、パネル成形条件の評価を行うと共に、断熱性能を向上させる手法として新たな構造の開発やもみ殻などのバイオマス資源との複合化に取り組んだ。

2. アルミフラッシュパネルと廃木材を活用した断熱材

2.1 アルミフラッシュパネル

アルミフラッシュパネルとはコアと呼ばれる強度確保用の部材をアルミ板で挟み太鼓状の構造にしたものである。既存の構造を図1に示す。

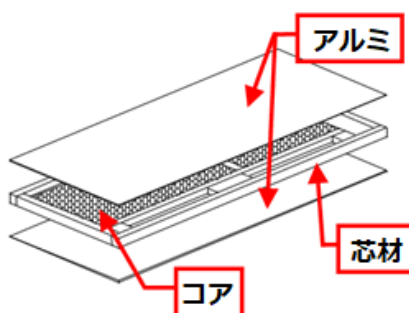


図1 既存のアルミフラッシュパネルの構造⁴⁾

コア部分の空気が両側にあるアルミ板の間を自由に移動できることから熱が伝わりやすく断熱性能が低いという課題があった。そこで、コアの代わりに断熱材を組み込むこととし、廃木材をパネル状に成形することとした(図2)。

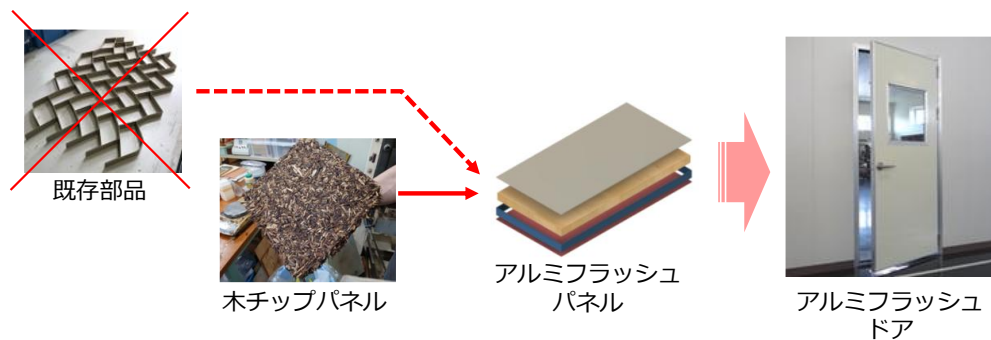


図 2 廃木材を活用したアルミフラッシュドアの概要

※出展：アルミフラッシュドアの画像はサンワイズ株式会社 WEB

2.2 木チップパネル

アルミフラッシュパネルに組み込む、剪定枝などの廃木材を原料とする断熱材を木チップパネルと称することとする。剪定枝や伐根材は収集後、チップパーによりチップ状に加工され、自動ふるい機にて特定のチップサイズに分別される。必要量の木チップを袋に投入した後、接着剤を塗布・攪拌を行う。その後、所定のサイズの枠に木チップを充填し、ホットプレス機でパネル状に成形する。これら一連の製造工程の概略を図3に示す。



図 3 木チップパネルの製造工程

パネル成形に際し、断熱性能に影響を与えると想定されるパラメータとして、成形温度やプレス時間のほかに、木チップの含水率やチップサイズ、接着剤の種類と配合量、木チップパネルの密度などがある。これらの条件が断熱性能に与える影響は共同研究企業において検証されていたが、チップサイズに関しては事前の予想と試験結果が一致しない状況となっていた。チップサイズを変えることによりパネル内部に存在する空気の占める割合（空隙率）が変化することが予想できることから、成形前のチップサイズではなく成形後の空隙率を明らかにすることにより、チップサイズと空隙率、断熱性能の 3 項目の関係性を検証することとした。

3. チップサイズの影響

造園業社から提供された木チップは3～25mmサイズで選別されており、これをさらに3～9.5mm、9.5～19mm、19～25mmの3種類に再度選別した後にパネルに成形した。選別したチップの状態を図4に示す。



図 4 選別後の木チップ

サンプルは造園業社から提供された3～25mmサイズのチップで作製したものも含めて計4種類を八戸工業研究所に持ち込み、マイクロフォーカスX線CTシステム（東芝ITコントロールシステムズ製TOSCANER-32300 μ HD）により断面の測定を行った。得られた画像データはアメリカ国立衛生研究所が開発した画像処理・解析ソフトウェアであるImageJを用いて二値化処理を行った。処理後の空隙相当の面積の割合の平均値を空隙率とみなすこととした（図5）。

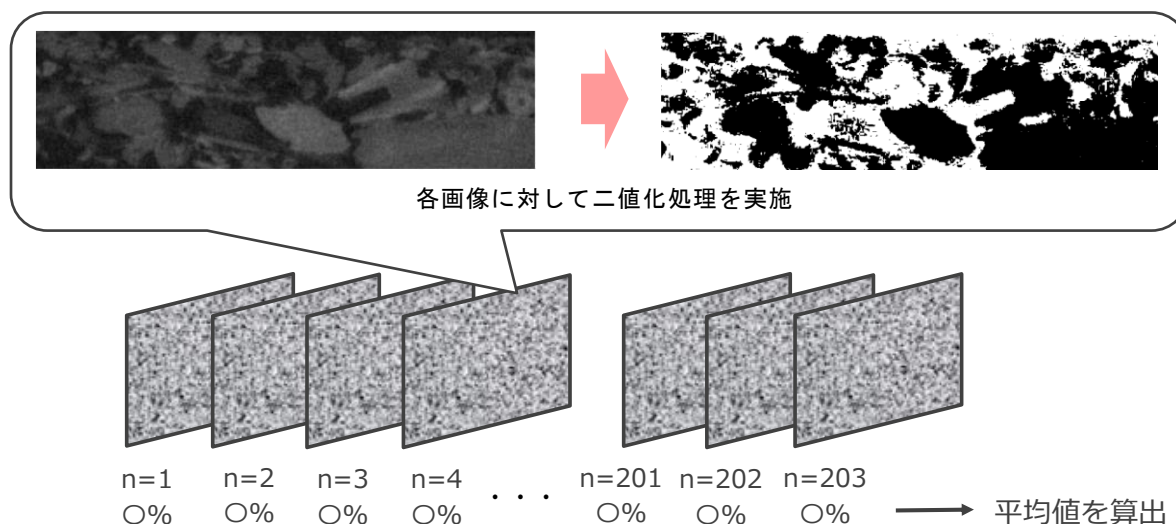


図5 空隙率の算出方法

各サンプルの空隙率と熱伝導率の関係性を図6に示す。チップサイズが小さくなるほど空隙率が小さくなるのがわかる。また空隙率が小さいほど熱伝導率も低くなる、すなわち断熱性能が向上していることも明らかになった。以上のことから、チップサイズが大きい場合は木チップパネルの対面間で空気が移動できる通り道が生じやすくなり、これが断熱性能の低下につながっていると予測できる。そのため、断熱性能を向上させるためには、よりサイズの小さい木チップを使用することが好ましいと言える。しかし、造園業社のチップ化処理では3～9.5 mmよりも大きいサイズの木チップがより多く発生しており、こちらを使用したいという要望もあった。

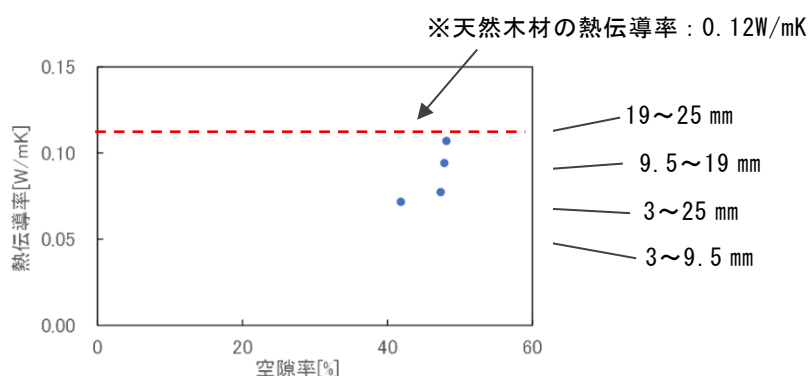
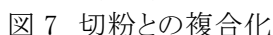


図6 チップサイズと空隙率、熱伝導率の関係

そこで、剪定枝などを裁断する際に発生する切粉を用いてサイズの大きい木チップを使用する際に発生しやすい空隙を埋めることができないかと考え、サイズの大きい木チップと切粉を混合したパネルも製作した。用いた切粉と実際に作製した切粉との複合化パネルの写真を図7に示す。なお、切粉との複合化に際しては混合割合を重量比で1:1の場合と1:2の場合の2通りのサンプルを作製した。

また、木チップの量に対して2倍の切粉を混合した際の熱伝導率は0.077W/mKとなり、こちらも19mmオーバーの木チップのみの場合に比べて大きく改善させることが可能であることが明らかになった。



パネルの成形条件により断熱性能(＝熱伝導率)を改善させることが可能であることは明らかとなったが、既存の化石資源由来製品と比べると2倍近く性能が低い。フラッシュパネルに組み込んだ状態での断熱性能の改善を目指して、フラッシュパネルの構造を検討した。

上型

木チップ

エキスパンドメタル

下型

フラッシュパネル状態 (イメージ)

アルミパネル

図8 考案したプレス方法の概略

この方法により成形した木チップパネルを「溝あり木チップ仕様」、従来のプレス方法で成形したパネ

ルを「通常木チップ仕様」として、既存のフラッシュ構造である空洞のものと3種類の構造に対して断熱性能試験を行った。なお、試験は木チップパネルをアルミ板で挟んだフラッシュ構造で行い、熱貫流率を算出した。従来構造(空洞)に対する改善率を図9に示す。従来構造に対して通常木チップ仕様で3割程度、通常木チップ仕様に対して溝をつけることでさらに1割程度断熱性能(熱貫流率)が改善することが明らかになったことから、本構造に関して特許出願を行った(特願2025-171578 フラッシュパネル用芯材、その製造方法およびフラッシュパネル)。

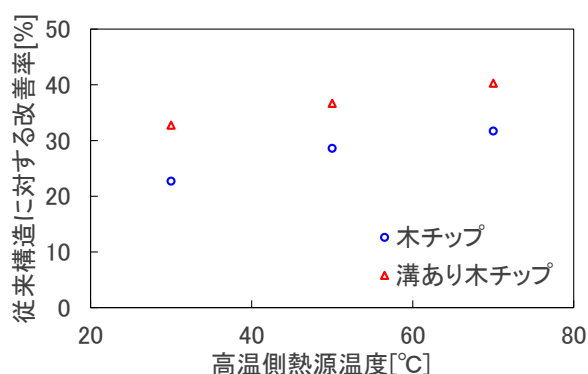
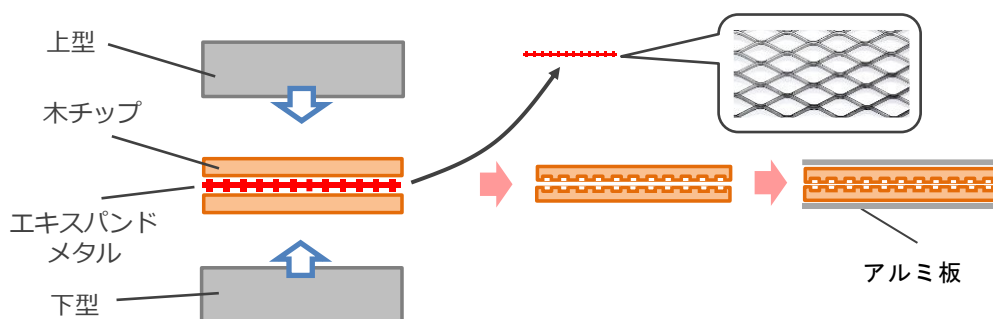


図9 従来構造に対するそれぞれの木チップパネルの断熱性能の改善率

エキスパンドメタルを用いて溝(空洞)を成形することにより断熱性能の向上が可能であることが明らかになったことから、同じような手法を用いてパネル内部にも空気層が作れないかと考え、図10(a)に示すようにエキスパンドメタルを木チップ内部にも1枚挟んで成形することとし、この場合を「二層構造」、3枚使用し表面にも溝を形成する場合は「二層構造+溝あり表面」と称することとした(図10(b))。



(a) 二層構造のプレス方法概略



(b) 各構造のイメージ

図10 二層構造について

各サンプルを3~25mmサイズの木チップで成形し断熱性能試験を行った結果を図11に示す。従来の木チップパネル(単層構造)に対して二層構造とすることで熱貫流率が1割程度少なくなっており、断熱性能が改善されていることが分かる。なお、熱貫流率とは1℃の温度差を付けた場合の単位面積あたりに流れる熱量を示すことから小さいほうが断熱性能は高いということになる。

また、二層構造と二層構造+溝あり表面を比べるとその差は2%程度であり、成形に要する手間を

考慮すると優位性があるとは言えず、二層構造で十分であると考える。

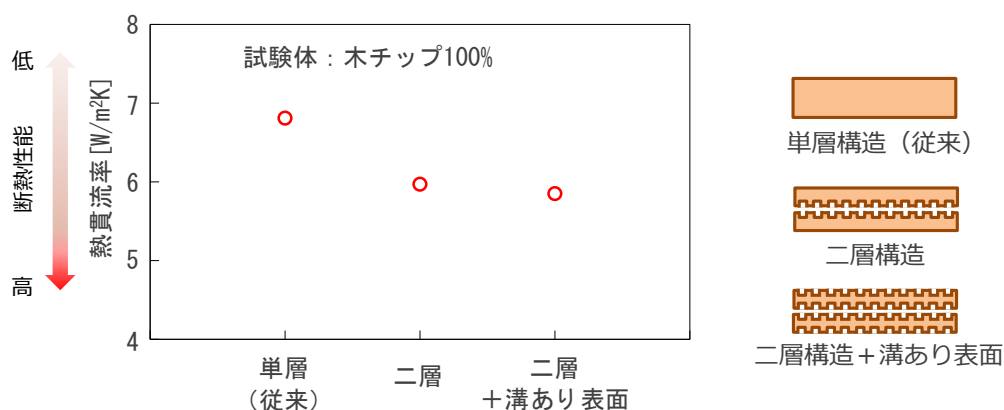


図 11 二層構造と断熱性能の関係

5. バイオマス資源との複合化

造園業において剪定枝や伐根材が排出されているように、青森県内には多種多様なバイオマス資源が未活用な状況にあり、活用方法が模索されている。そこで未利用バイオマス資源の一つであるもみ殻を活用し、断熱性能の向上ができないか、その可能性を検証した。もみ殻を選んだ理由として、もみ殻そのものに断熱性能があり実際に断熱材として使用された事例⁵⁾があること、柔らかく変形しやすいことから木チップになじんで空隙を埋める可能性が期待できることなどが挙げられる。

そこでもみ殻の混合率を20%、50%、100% (=もみ殻のみ)としてサンプルを作製して断熱性能試験を行った結果を図12に示す。なお、断熱性能試験は木チップパネルをアルミ板で挟んだフラッシュ構造にて実施した。図12より、もみ殻の混合割合が増えるほど熱貫流率が減少、すなわち断熱性能が向上しており、もみ殻混合率と熱貫流率は比例関係にあることが分かる。

以上のことからもみ殻との複合化により断熱性能の向上が可能であることが明らかになったが、その一方でもみ殻の入手ルートを確立させる必要があること、季節性があることから通年での入手に不安があるといった技術的な課題以外についても検討していく必要がある。

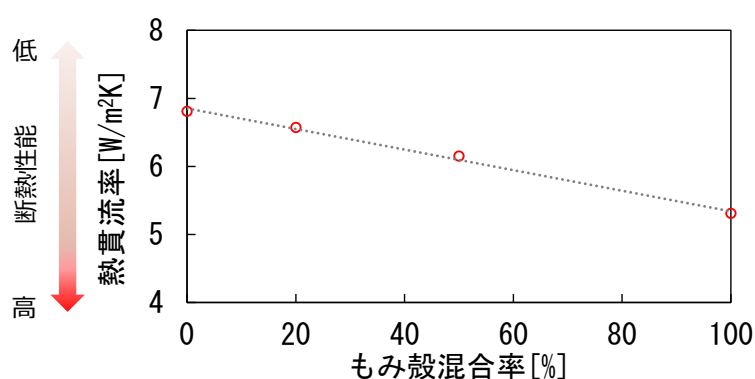


図 12 もみ殻が断熱性能に与える影響

6. まとめ

造園業において排出されている剪定枝や伐根材を活用した断熱性能有するパネルの開発に取り組んだ。共同研究企業と共に、木チップサイズや密度、接着剤の種類などパネルの成形条件について検証すると共に、断熱性能を向上させる構造を考案して試験により有効性を確認したことから特許出願を行った。また、地域に存在する未活用バイオマス資源としてもみ殻を選び、木チップと混合するこ

とによる影響について検証した結果、もみ殻の混合割合が増えるほど断熱性能が良くなることも確認した。一方で耐火性に関して課題が残っていることから、引き続き技術的な支援を行っていく予定である。

7. 参考文献

- 1) 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略、経済産業省、2020
- 2) 第六次環境基本計画、環境省、2024
- 3) 令和 5 年度家庭部門の CO₂ 排出実態統計調査、環境省
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/kateico2tokei/co2/detail/01/>
- 4) よくあるご質問 (FAQ)、Panasonic
https://jpn.faq.panasonic.com/app/answers/detail/a_id/82530/p/4382
- 5) 例えば籾殻断熱、吉田住建
<http://yjuken.jp/2009/03/post-74.html>