

弾力性を有する木片炭化マットの製造と断熱材への 適用に関する基礎的研究 (第1報) — 製造条件と熱伝導率の関係 —

山口晃輔*・関野 登**

Carbonizing binder-less wood shaving insulation panels
for better insulation capacity and durability (Part 1)

— Relationships between manufacturing condition and thermal conductivity —

Kosuke YAMAGUCHI* and Noboru SEKINO**

1. はじめに

我が国では2009年9月、国連気候変動サミットで温室効果ガスの排出量を2020年までに1990年比で25%削減すると明言するなど、低炭素社会の実現に向けた動きが大きくなりつつある。そのためには、あらゆる分野でCO₂排出削減が必要であり、建築分野については住宅の高断熱化による省エネルギー化に加え、製造エネルギーの小さい建材を用いた住宅設計が求められる¹⁾。そのような流れの中、米国ではセルローズファイバー断熱材が約35%のシェアを占め²⁾、欧州においては木質系マット断熱材のシェアが急速に拡大している³⁾。一方、我が国での使用状況は、グラスウールやロックウールといった無機繊維系が65%、ポリスチレンフォームやフェノールフォームなどの発砲プラスチック系が32%と占め、天然素材系断熱材（主にセルローズファイバー）のシェアはわずか3%程度に過ぎない⁴⁾。

このような社会背景を受け、国内では低密度の厚物ファイバーボード⁵⁾やスギ樹皮ボード⁶⁾といった新しい天然素材系断熱材の研究開発が行われている。一方、関野らはプレカット工場

Received January 19, 2010

Accepted April 12, 2010

* 岩手大学環境学系

** 岩手大学大学院農学研究科共生環境専攻

本研究は平成21年度文部科学省科学研究費補助金（基盤研究(C) 課題番号21580199, 研究代表者：関野登）の一部として行った。また、本研究の概要は、日本木材加工技術協会第27回年次大会（2009年10月、熊本）において発表した。

や集成材工場から排出される乾燥プレーナー屑に着目し、これらを原料とする木質小片断熱材を開発した⁷⁾。この断熱材は気乾状態の木質小片を型枠中に詰め、接着剤を使用せずに常温圧縮し、圧縮された小片マットを薄物MDFで挟み、これら全体を防湿フィルムで被覆することで製造される⁸⁾。木質小片断熱材の商品化に向け、これまで実大試作品による保温効果の検証、遮音性の測定、燃焼挙動の把握などが行われてきた⁹⁾。

そして、平成19年度には木質小片断熱材を用いたモデル壁体による耐火試験が行われた¹⁰⁾。その際の断熱材の密度は 100kg/m^3 であり、試験後は非常に脆い状態になっていたがそれでも崩壊せずに炭化されて壁内に留まっていた。さらに、炭化による断熱材の外観上の収縮変形がほとんど確認されなかった。すなわち、弾性圧縮状態にあるマットを炭化しても、見かけ上は炭化収縮が生じないケースがあると推測された。また、マット密度が高ければ、炭化後も脆弱になりにくいと推測された。これを確認するため、密度 200kg/m^3 の圧縮小片マットを炭化させたところ、炭化収縮をほとんど生じず、周囲被覆なしで形状が保持された。また、成形圧縮方向に弾力性を有することが確認された。木質小片断熱材を炭化したものが断熱材に適用できれば、従来品で懸念される生物劣化のリスク回避に加え、吸着性能の向上等、機能面の向上も期待できる。

そこで本研究では、このような特性を活かした住宅用断熱材の開発に向けて、最適な製造条件を明らかにすることを目標とする。本報では、木片炭化マットの製造条件と成形性および熱伝導率との関係を明らかにすると共に、その断熱性を他材料と比較した。

II. 実験方法

1. 木片炭化マットの製造方法

原料となる木片にはプレカット工場のプレーナー屑（目開き3mmの篩で微粉を除去、嵩密度： 40kg/m^3 、含水率：約12%）を用いた。所要重量の原料を図1（b）に示す成型型枠内に接着剤無添加で水平堆積し、万能試験機により常温圧縮した。圧縮されたマットの密度（以下、初期マット密度）は150, 200, 250, 300kg/m^3 の4水準とした。なお、型枠は厚さ3mmのステンレス製の筒状容器で、原料投入型枠（a）と、それと分離可能な成型型枠（内寸法：200mm×200mm×50mm）により構成されている。成型型枠内に充填された圧縮マットはそのまま上下を金属板で挟み、ボルトによる仮固定を行った（図1右写真）。その後、成型型枠を原料投入型枠から分離し、酸素の供給を断つためアルミホイル（厚さ：20 μm ）で4重に被覆した。

炭化には電気炉（ヤマト科学・FO510型）を用い、図2に示す6箇所の温度を熱電対により測定した。図3に炭化中の温度履歴の一例を示す。炭化温度は昇温の遅いマット厚さ中央の温度（T3とT6の平均）の最高到達点とし、炭化温度条件は300, 400, 500, 600, 700 $^{\circ}\text{C}$ の5

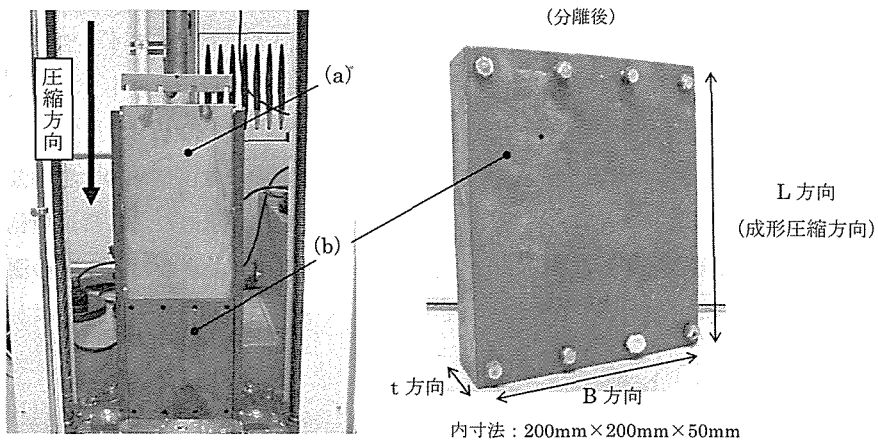


図1 原料投入型枠(a)と成型型枠(b)

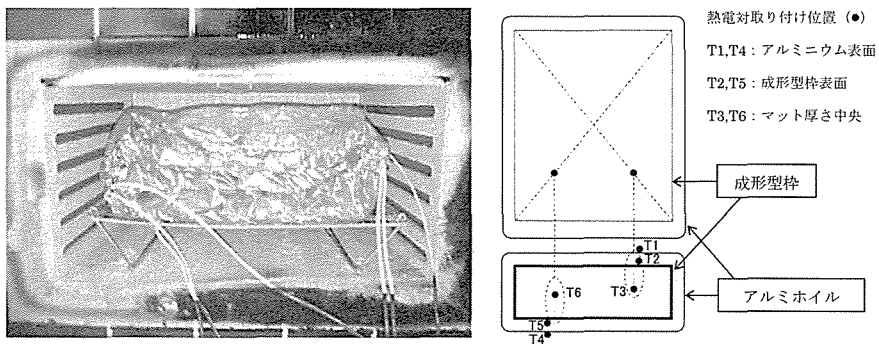


図2 電気炉内の様子と熱電対取り付け位置

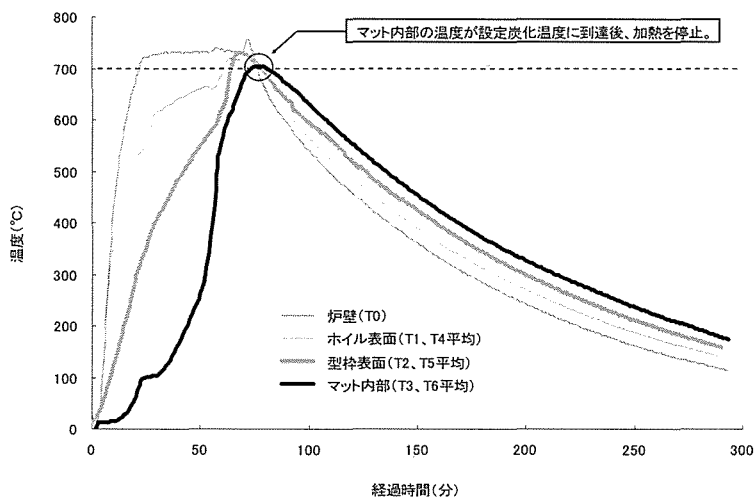


図3 炭化中の温度履歴の一例

水準とした。なお、炉内の昇温速度は一定とし、目標の炭化温度に到達後、加熱を停止し、その後は常温になるまで電気炉内にて自然冷却した。

2. 測定項目と試験方法

炭化後の木片炭化マットは成型型枠から取り出した後、重量と寸法（図1の3方向）をそれぞれg、mm単位で測定し、炭化後の密度（以下、マット密度）を求めた。また、炭化前の初期値を100%とする重量残存率、体積収縮率、密度残存率を算出した。なお、下記の測定において、1)～3)には炭化後のマット形状のまま、4)～5)については分割して供した。

1) 成形性の評価

木片炭化マットの形状を観察して成形性の良否を4段階で評価した。図4に示すように目立った形状不良（割れ、崩れ、湾曲など）がなく、片手でハンドリングできるものを◎、両手ならばハンドリングできるものを○、形状不良が確認されたものを△、型枠から押し出す際に崩壊したものを×とした。

2) 圧縮弾性率

木質小片断熱材は成形圧縮方向に弾力性を有し、施工の際はその方向に押し縮め、柱間にはめ込む方法が採用されている。圧縮弾性率は、はめ込む際の力加減や反発力による気密性の確保を検討するための指標となる。そこで、成形圧縮方向に弾力性を有する木片炭化マットの圧縮弾性率を測定し、木質小片断熱材と比較することで施工性の検討を行った。圧縮弾性率は図5(a)に示す万能試験機により、成形圧縮方向に荷重速度10mm/分で5mmの変形を与えて求めた。なお、測定数は1条件につき4回（2試験体×上下反転2回）とした。

3) 熱伝導率

熱伝導率の測定にはASTM C 518に準拠した1試料2熱流計方式を用いた。図5(b)のように、試験体の両面を熱板（上板30℃、下板20℃）と熱流計シート（熱流計+T熱電対）で挟み、平均材温25℃における熱伝導率を測定した。試験体は一次元熱流の確保のためにガラスウールにより側面断熱を行った。なお、測定数は1条件につき4回（2試験体×表裏反転2回）とし、試験体は測定直前まで20℃、65%RHの雰囲気下で養生された。

4) 小片間空隙の断面積

断熱性に関わる小片間空隙の基礎資料として、CCDカメラ付き実体顕微鏡を用いて小片間空隙の観察と画像撮影を行った。観察用試験体は図6のように40mm×30mm×50mmのサイズに切り出し、マット構造が壊れないよう木枠にはめ込む形で供した。表面観察後、厚さ方向に2.5mmずつ5回スライスし、それぞれの断面を撮影（1断面につき12mm×12mmの画像を4箇所、計20箇所撮影）した。撮影画像の小片間空隙を目視により判別し、画像解析ソフト（Scion Image）を用いて、面積を測定した。

5) 水分吸着等温線

木片炭化マットの吸湿性および断熱性との関係を検討するため、炭化温度400℃および700℃の木片炭化マットの水分吸着等温線（20℃）を求めた。図5（c）のように飽和塩で調湿されたデシケーター（RH: 23, 33, 43, 54, 65, 75, 85, 93%）に全乾試料（秤量瓶中に約10g）を入れ、恒量に達するまで約3週間調湿した。ただし、木片炭化マットは小片状に崩して供した。また、対照材料として、炭化前のプレーナー屑を用いた。

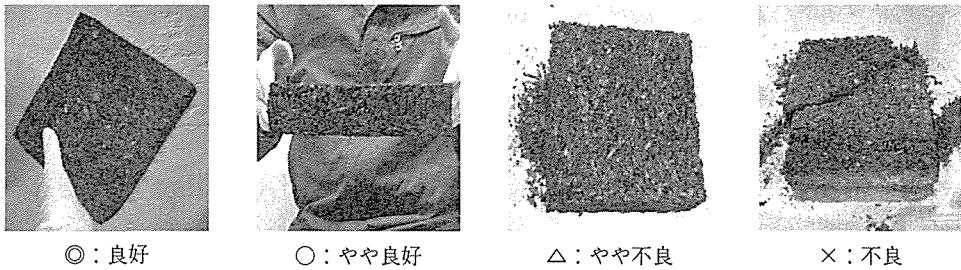


図4 成形性の評価

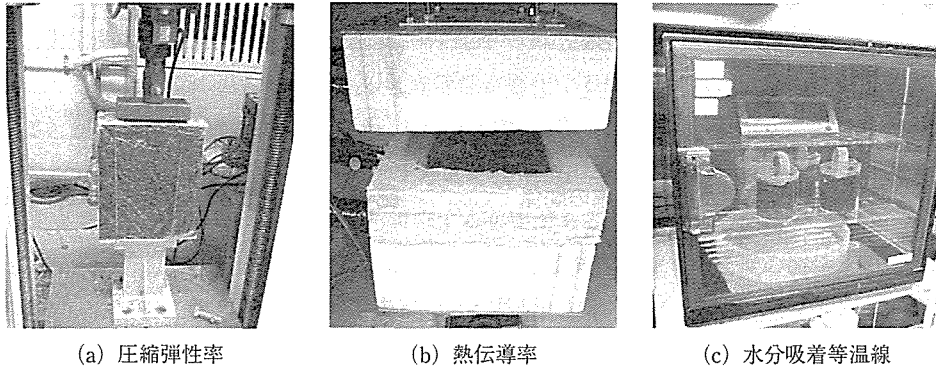


図5 各種測定装置

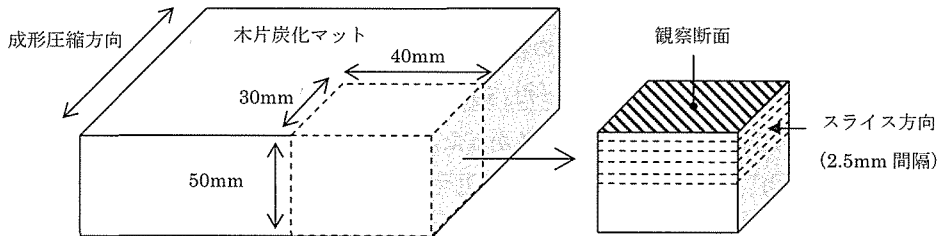


図6 観察試験体の加工方法

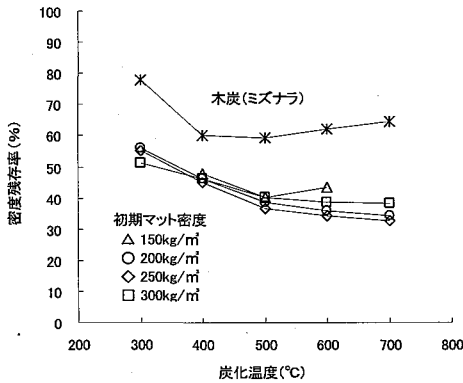


図7 炭化温度と密度残存率の関係

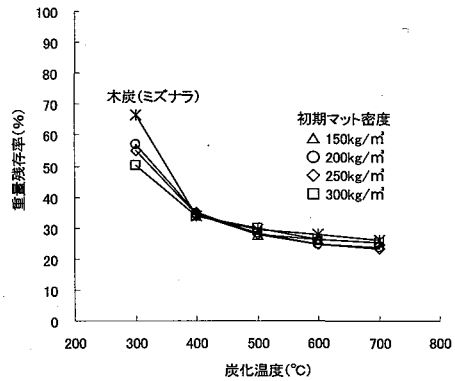


図8 炭化温度と重量残存率の関係

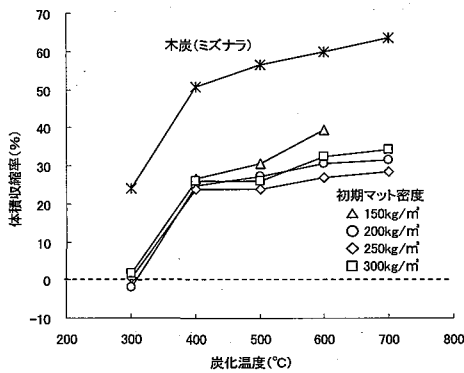


図9 炭化温度と体積収縮率の関係

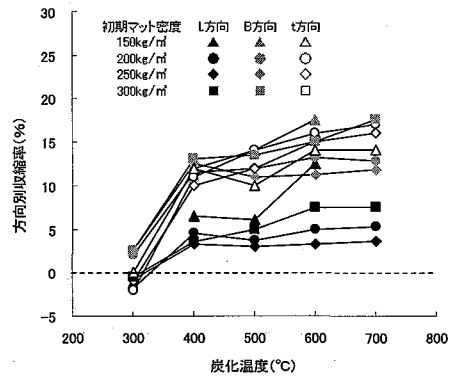


図10 炭化温度と方向別収縮率の関係

III. 結果および考察

1. 製造条件と密度残存率の関係

図7に炭化温度と密度残存率の関係を示す。なお、初期マット密度 150kg/m^3 、炭化温度 300°C と 700°C のマットについては成形不可のため除外した。木片炭化マットの密度残存率は炭化温度 300°C で $50\sim 56\%$ となり、いずれの初期マット密度でも 500°C までは直線的に低下した。また、 500°C 以上での変化は緩やかであった。通常の木炭(ミズナラ、 $10\text{mm}\times 10\text{mm}\times 70\text{mm}$)¹¹⁾と比較すると、密度残存率は $2\sim 3$ 割小さかった。ところで、木炭では 500°C で密度残存率の低下が緩やかになり、 600°C 以上では上昇に転じている。これは $500\sim 600^\circ\text{C}$ までは留出による重量減少が収縮による体積の減少よりも大きいため密度残存率は大きく低下するが、それ以後においては体積収縮の影響が増大することによる¹¹⁾。しかし、木片炭化マットでは初期マット密度 150kg/m^3 を除き、このような傾向は見られなかった。そこで、木片炭化マットの密度変

化の特徴を重量残存率と体積収縮率のそれぞれから検討する。

まず、図8に木片炭化マットおよび通常の木炭¹¹⁾の重量残存率を示す。木片炭化マットの重量残存率は、300℃では50～57%であるが、400℃では約35%となり、大きく低下した。また、500℃以上では25～30%であり、変化が小さかった。炭化温度と重量残存率の関係を木片炭化マットと木炭で比べると、300℃では若干異なるが400℃以上では類似していた。

一方、体積収縮率は木炭¹¹⁾と異なる傾向を示した(図9)。木片炭化マットの体積収縮率は300℃で±数%, 400℃で25%程度になり、500℃以上では30%前後であった。また、木炭よりも20～30%低く推移した。そこで、体積収縮が生じにくい要因を方向別の収縮率から検討してみる。図10に示すように、初期マット密度に関わらず、成形圧縮方向(L方向)の収縮率変化が他方向よりも際立って小さく、700℃においても5%程度の収縮であった。以上のことから、図7にみられた木片炭化マットと木炭の密度残存率の差は、木片炭化マットの体積収縮率が木炭よりも小さいためであり、それはさらに成形圧縮方向の収縮率が小さいことに起因していることが分かった。

2. 製造条件と成形性の関係

表1にマット形状の観察結果を示す。成形性は初期マット密度が高くなるにつれ向上した。一方、炭化温度の点では400～500℃で成形性良好(◎)となり、これらのマット密度は92～138 kg/m³であった。この温度域を外れると成形性が悪化する傾向がみられ、600℃では湾曲が生じることが多く、700℃では全てのマットで湾曲が生じた。以上のことから、良好な成形性のマットを得るには、400～500℃で炭化することが前提となり、なおかつマット密度が90kg/m³以上となるように初期マット密度を設定する必要がある。

ところで、適切な密度のマットを製造するには、製造条件とマット密度の関係を明らかにする必要がある。そこで、図11に初期マット密度とマット密度の関係を、炭化温度をパラメーターとして示す。適用した回帰式はy切片ゼロの直線であり、その勾配は図7で扱った密度残存率に相当する。図7では、初期マット密度が異なっても密度残存率はほぼ同様であったが、それ

表1 製造条件と成形性の良否

初期マット密度 (kg/m ³)	炭化温度(℃)				
	300	400	500	600	700
150	×	○	△	△	×
	(-)	(72, 19)	(60, 5)	(65, 12)	(-)
200	△	◎	○	△	△
	(112, 70)	(92, 72)	(77, 45)	(71, 56)	(68, 66)
250	△	◎	○	○	△
	(138, 107)	(113, 128)	(91, 57)	(85, 81)	(81, 101)
300	△	◎	◎	○	△
	(154, 102)	(138, 77)	(121, 50)	(116, 27)	(115, 40)

注) カッコ内の値はそれぞれマット密度(kg/m³)と圧縮弾性率(kPa)

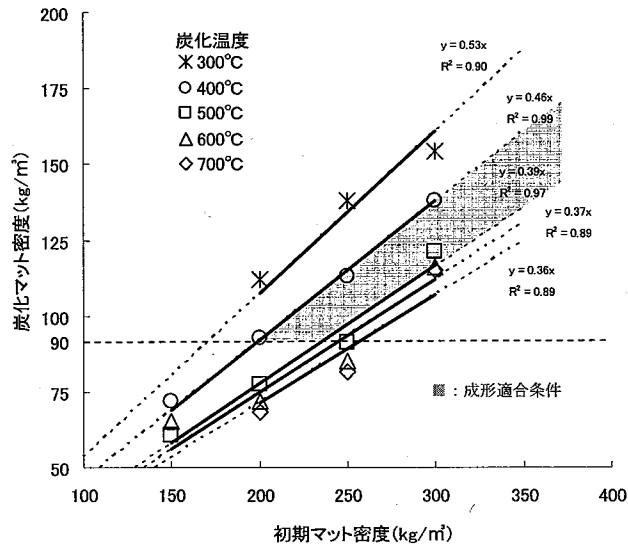


図11 初期マット密度と炭化マット密度の関係

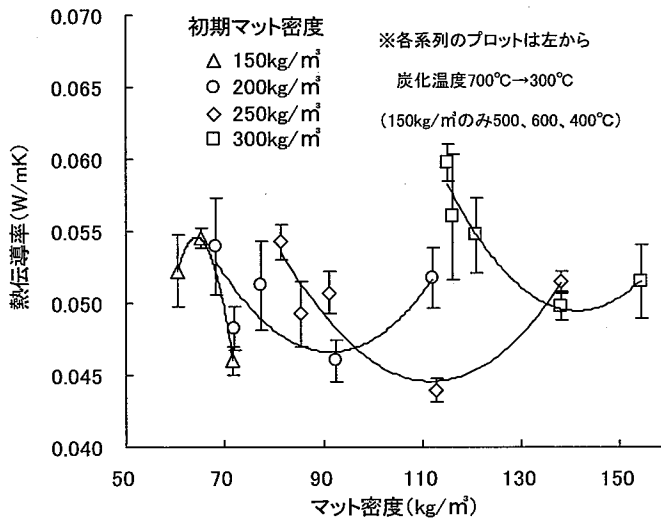


図12 マット密度と熱伝導率の関係

は図11で初期マット密度とマット密度の間の高い正の相関関係として現れている。また、図7では300～500℃までは密度残存率が直線的に低下し、500℃以上では変化が緩やかとなったが、それは図11の直線勾配の漸減の様子からも読み取れる (300℃；53%，400℃；46%，500℃；39%，600℃；37%，700℃；36%)。

一方、図7とは異なり、図11では適切なマット密度を達成するための製造条件の組み合わせを読み取ることができる。すなわち、図11の■部の領域を満たす製造条件 (以下、成形適合条

件)を採用する必要がある。

なお、木片炭化マットの圧縮弾性率は5～128kPaであった(表1)。圧縮弾性率が最大(128kPa)となった製造条件は、初期マット密度 250kg/m^3 、炭化温度 400°C であり、成形性も良好であった。また、この値は木質小片断熱材(密度: 100kg/m^3 、圧縮弾性率:約 450kPa)の3割程度であった。これより木質小片断熱材と同様の施工方法を採用した場合、押し縮める力は木質小片断熱材よりもわずかで済む反面、反発力が不十分で柱との密着力不足が生じる可能性がある。

3. 製造条件と熱伝導率の関係

図12に木片炭化マットの密度と熱伝導率の関係を示す。各系列(初期マット密度)のプロットは左から炭化温度 $700, 600, 500, 400, 300^\circ\text{C}$ となっている(150kg/m^3 のみ左から $500, 600, 400^\circ\text{C}$)。木片炭化マットの熱伝導率は $0.044\sim 0.060\text{W/mK}$ の範囲にあり、いずれの初期マット密度においても、炭化温度 400°C で最小となった。また、全製造条件中で最小の熱伝導率を示した製造条件は、初期マット密度 250kg/m^3 、炭化温度 400°C であった。

一般に密度と熱伝導率には正の相関が認められる。しかし、木片炭化マットでは図12に示すように極小値を持つ傾向があり、同一のマット密度でも製造条件により熱伝導率は異なった。例えばマット密度 $110\sim 120\text{kg/m}^3$ では、熱伝導率は 0.044W/mK から 0.060W/mK まで分布した。これより、マットの空隙構造や吸湿性などが製造条件によって異なることが推察される。

なお、得られた熱伝導率で最も低い部類(0.045W/mK 程度)となった製造条件は、初期マット密度 $150\sim 250\text{kg/m}^3$ 、炭化温度 400°C であった。このときのマット密度は $70\sim 110\text{kg/m}^3$ であるが、前述したように成形性の点ではマット密度 90kg/m^3 以上で製造することが前提となる。ちなみに、これらの要件を満たす製造条件は初期マット密度 $200\sim 250\text{kg/m}^3$ 、炭化温度 400°C となる。

4. 小片間空隙と吸湿性が断熱性に及ぼす影響の検討

熱の移動は伝導、対流、輻射の三形態で生じるが、断熱の基本は熱伝導率の小さな気体を材料内の空隙に閉じ込めることにある¹⁾。木片炭化マットの場合、前項で推察したようにマット密度が同じでも空隙構造の違い(空隙内対流の差異)が熱伝導率に影響する可能性がある。そこで、本項では小片間空隙を製造条件の異なるマットで比較した。また、測定した水分吸着等温線を用いて熱伝導率の含水率補正を行い、製造条件による吸湿性の差異の影響を調べた。

1) 小片間空隙の断面積分分布

前述した木片炭化マットの製造条件と熱伝導率の関係を検討するため、マット密度がほぼ同等で熱伝導率が異なる木片炭化マットを用いて、小片間空隙の断面積分分布を比較した(図13)。供した木片炭化マットは以下の2条件(A, B)である。

	初期マット密度	炭化温度	マット密度	熱伝導率
A :	200kg/m ³	400℃	92kg/m ³	0.046W/mK
B :	250kg/m ³	500℃	91kg/m ³	0.051W/mK

空隙面積は0.1mm²以下, 0.1~0.9mm², 1.0~1.9mm², 2.0~2.9mm², 3.0~3.9mm², 4.0~4.9mm², 5.0~9.9mm², 10mm²以上の8段階に分け, 総断面積に対する比率を算出し, 小片間空隙の断面積分布を求めた。なお, 0.1mm²以下の小さい空隙については目視での判別が困難であった。そこで, その小片間空隙率Csについては, 木片炭化マットの理論上の小片間空隙率Cを(1)式より試算し, (2)式にその値(条件A, BともにC=54%)を代入することで求めた。

$$C = \left[1 - \frac{d_1}{(d_0 \times r)} \right] \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

$$C_s = C - C_L \dots\dots\dots(2)$$

ここで, C:理論上の小片間空隙率(%), d₀:プレーナー層の平均密度(330kg/m²), d₁:マット密度(A:92kg/m³, B:91kg/m³), r:木炭の密度残存割合(A:0.603, B:0.594)¹¹⁾, C_S:0.1mm²以下の小片間空隙率(%), C_L:0.1mm²以上の小片間空隙率(%)とする。ただし, 小片間空隙率はそれぞれ総断面積に対する割合である。

図13に示すように, 条件Bの方が小片間に大きな空隙を有していた。すなわち条件Bは, 2.9mm²以下の空隙は条件Aより少なく, 3.0mm²以上の空隙(特に5mm²以上)は条件Aより多く存在した。この要因として, 400℃から500℃への炭化温度の上昇により小片の体積が収縮

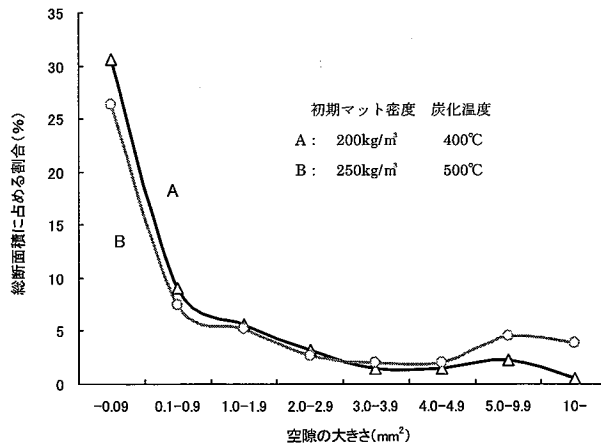
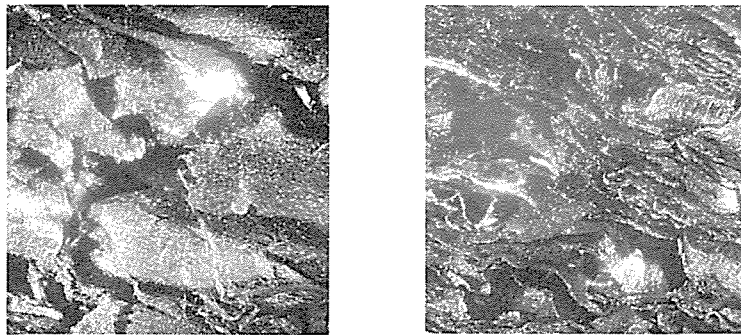


図13 小片間空隙の断面積分布



(a) マット表面

(b) 内部断面

図14 観察断面におけるマット構造の違い

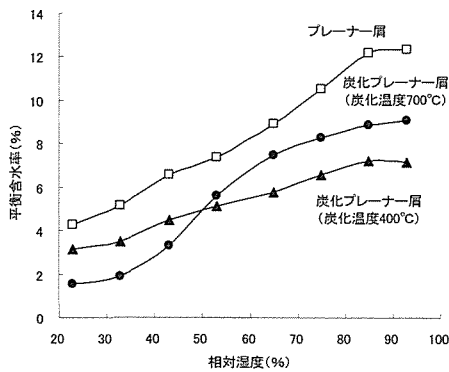


図15 水分吸着等温線（20℃）

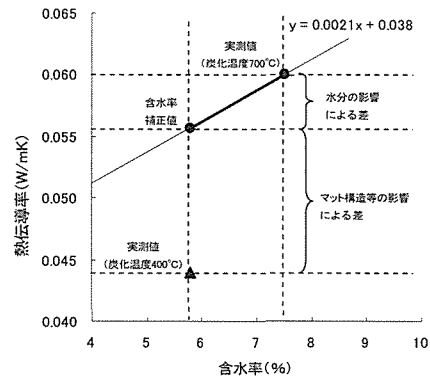


図16 熱伝導率の含水率補正と実測値との比較

し、小片間の空隙が広がったことが考えられる。こうした空隙構造の違いは、条件Bが条件Aより空気の対流を生じやすいことを意味し、それが熱伝導率の上昇につながったと考えられる。

なお、マットの観察断面における小片間空隙の構造は表面と内部で異なっていた（図14）。前者では小片が観察断面を覆うように配列しているのに対し、後者では小片が成形圧縮方向に緻密に重なり合う構造であった。こうした表面構造は、空気の透過を妨げ、断熱において有利に働くと考えられる。

2) 吸湿性の差異と断熱性への影響の検討

図15に木片炭化マットの水分吸着等温線の測定結果を示す。炭化後のプレーナー層は炭化前に比べて平衡含水率が低くなった。また、相対湿度約50%を境に、炭化温度400℃と700℃で平衡含水率が逆転しており、400℃の方が中高湿度域での吸湿性は低かった。すなわち、熱伝導率測定時のマット含水率が両条件で異なり、それが熱伝導率の差異に影響したと言える。そこで以下に、熱伝導率の含水率補正を行った。なお、熱伝導率を比較するのは400℃と700℃で炭化された密度約 114kg/m^3 のマットとした。

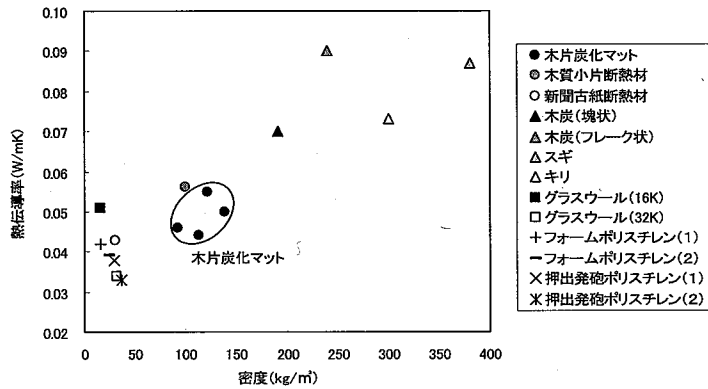


図17 各種材料の密度と熱伝導率の関係

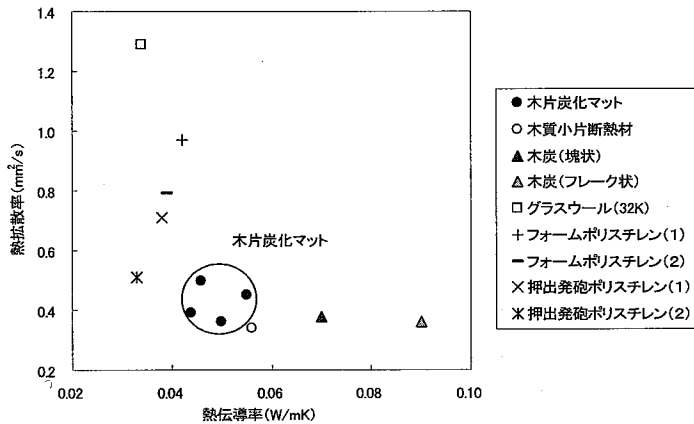


図18 各種材料の熱伝導率と熱拡散率の関係

まず、熱伝導率測定時の含水率（20%，65%RH）を図15より求めると、炭化温度400℃で5.8%，700℃で7.5%となる。次に、熱伝導率の含水率依存性を木片炭化マットと木質小片断熱材で同一と仮定し、含水率補正を行う。すなわち、図16に示す直線勾配¹²⁾を用いて、含水率5.8%時の熱伝導率を試算した。その値は0.056W/mKであり、炭化温度400℃の実測値0.044W/mKよりも大きかった。この差は水分以外の要因、すなわち前述のようなマット構造の差異の影響といえる。

5. 断熱材としての木片炭化マットの位置づけ

図17で木片炭化マットの密度と熱伝導率の関係を他材料¹³⁾と比較した。ただし、成形適合条件の木片炭化マットのみプロットしてある。図17を概観すると、密度が小さいほど熱伝導率が小さい傾向が伺える。密度低下と共に材料内の熱橋（熱伝導の経路）が減少する一方で、空隙

の占める割合が増大することが要因と考えられる¹⁴⁾。ここで木片炭化マットを木質小片断熱材と比較すると、密度は同域にありながら熱伝導率は最大2割低かった。これは前述したような炭化による小片間空隙の変化や吸湿性の低下に起因していると考えられる。なお、熱伝導率による断熱材ランク¹⁵⁾で評価すると木片炭化マットはBランクに相当し、32Kグラスウール(Cランク)等には及ばなかった。

ところで、断熱性の基本となる指標は熱伝導率であるが、現実の温度非定常状態では熱拡散率による評価も重要である¹⁾。熱拡散率 α は熱伝導率 λ を比熱 C と密度 ρ の積で除して得られる($\alpha = \lambda / (C \cdot \rho)$)。すなわち、 λ が小さいほど、また C や ρ が大きいほど、 α が小さくなり蓄熱性が活かされて外気温変動に対する室温変動は小さくなる。そこで、木炭(塊状, 293K)の比熱(1.0kJ/kgK)¹³⁾を用いて木片炭化マット(成形適合条件)の α を試算した。試算結果を λ との関係で図18に示し、他材料¹³⁾と比較した。得られた α は0.34~0.50mm²/sであり、木質小片断熱材(0.35~0.54mm²/s)⁷⁾とほぼ同等であった。また、32Kグラスウール(1.3mm²/s)やフォームポリスチレン(0.79mm²/s)よりも小さい値となった。特に32Kグラスウールと比較すると1/2~1/4程度の値であり、より蓄熱性に優れると考えられる。

IV. まとめ

本報では、断熱材利用を前提とした木片炭化マットの最適な製造条件の確立に向け、成形性および熱伝導率に及ぼす製造条件の影響を調べた。得られた知見は以下の通りである。

- 1) 密度残存率は木炭のそれと比較すると2~3割小さかった。それは木片炭化マットの体積収縮率が小さいためであり、さらにそれは成形圧縮方向の収縮率が小さいことに起因した。
- 2) 良好な成形性のマットを得るには、400~500℃で炭化することが前提となり、なおかつマット密度が90kg/m³以上となるように初期マット密度を設定する必要がある。また、圧縮弾性率の値は最大でも木質小片断熱材の3割程度であった。
- 3) 熱伝導率は0.044~0.060W/mKの範囲にあり、熱伝導率が最小となった製造条件は初期マット密度250kg/m³、炭化温度400℃で成形性も良好であった。また、いずれの初期マット密度でも炭化温度400℃で極小となる傾向が認められ、同一の炭化マット密度でも熱伝導率は異なった。こうした傾向を持つ要因としては、低温で炭化したマットが高温で炭化したものに比べ、小さい空隙を多く有することや、吸湿性が低いことが考えられた。
- 4) 木片炭化マットの断熱性は木質小片断熱材と比較すると最大2割向上しており、熱伝導率による断熱材ランク¹⁵⁾においては、Bランク(グラスウール16K等)に相当した。また、熱拡散率を試算した結果、その値は32Kグラスウールの1/2~1/4程度と小さく、蓄熱性に優れると考えられた。

今回、最小の熱伝導率を示した木片炭化マットは成形適合条件内にあり、成形性と断熱性

の両立が可能であることが分かった。今後はこれらの条件を中心に、熱伝導率の含水率依存性および温度依存性、ホルムアルデヒドやアンモニアに対する吸着性を検討していく。

引用文献

- 1) 関野 登 (2009) 木材工業 Vol.64, No.2, 2009, p52-57
- 2) 日本製紙木材株式会社 (2006) パンフレット “SUPER JET FIBER”
- 3) 小池洋平 (2007) 日本木材加工技術協会第16回木質ボード部会シンポジウム, p61-66.
- 4) 建築環境・省エネルギー機構 (IBEC) “断熱材出荷統計 (2003)”
- 5) T.Kawasaki, M.Zhang, S.Kawai (2006) J Wood Sci 52, p75-83.
- 6) 山内秀文・馬霊飛・O.R.Pulido・佐々木 光・桜庭 司 (2002) 第52回日本木材学会大会研究発表要旨集,p576
- 7) 関野 登・河村義大・山内 剛 (2005) 木材学会誌 Vol.51, No.6, p380-386
- 8) 関野 登 (2004) 特許第3607254号
- 9) 関野 登・谷内博規・山内 剛 (2006) 日本木材加工技術協会第24回年次大会講演要旨集, p33-34
- 10) 谷内博規・関野 登・山内 剛 (2008) 木材保存Vol.34-2, p60-68
- 11) 里中聖一 (1963) 北海道大学農学部演習林研究報告, 第22巻第2号, p614-619
- 12) 河村義大・関野 登・山内英彦 (2004) 木材学会誌Vol.50, No.6, p397-403
- 13) 日本機械学会 (1993) 伝熱ハンドブック p375-377
- 14) 小島武男・中村 洋 (1983) 現代建築環境計画 p121-127
- 15) 建築環境・省エネルギー機構, 日本建材産業協会 (2004) 住宅の省エネルギー基準早わかりガイド p29

Summary

The insulation panels developed in our previous study are composed of wood shavings cold-pressed into a mat with a density of around 100 kg/m³ without any binder. This elastic mat is lapped with plastic film that works as a damp proof course and is installed between studs or joists of timber frame houses. In the fireproof test of this insulation panel, it was observed that our insulation panels remained unbroken between studs after they burned, which suggests that a wood shaving elastic mat can hardly shrink in its compressive direction. This led to the present research work, carbonizing our insulation panels for better insulation capacity and durability since changes of macro and micro-

pores caused by carbonization may provide our panels with better insulation capacity and carbonization itself can remove a risk of decay.

In this paper, thermal conductivities of the panels are discussed in relation to their manufacturing factors such as initial panel density and carbonizing temperature. Panels with an initial density of 150, 200, 250 and 300kg/m³ and with a size of 200 by 200 by 50 mm were manufactured and then, they were carbonized at five different temperatures of 300, 400, 500, 600 and 700°C. A good panel formability was obtained at a combination of 200–300kg/m³ and 400–500°C. The smallest thermal conductivity was 0.044W/mK and it was obtained at a combination of 250kg/m³ and 400°C that satisfied above mentioned manufacturing conditions with good panel formability. This thermal conductivity was 20 % less than that of our previous wood shaving panels.

Macro-pore distributions of the panel sections were obtained by micrograph and image analysis. The results revealed that carbonizing at 400°C provides the panels with less macro-pore of 3 mm² and over which may cause air convection resulting in a higher thermal conductivity. Furthermore, water adsorption isotherm at 20°C was determined, and it was found that the hygroscopicity was lower than before carbonizing and was different between 400°C and 700°C. One reason for better insulation capacity of carbonized panels is thought to be less hygroscopic and much micro porous inside wood shavings than our previous panels.