



木炭の断熱性 ～最適な炭化温度とその理由～

岩手大学農学部 森林科学科 木質資源工学研究室
関野 登・姜 卓秋・豊間根美桜

<研究目的>

住宅の床下に木炭を敷き詰めると、調湿効果が発揮されます。木炭の吸放湿能自体は木材よりも低いため、床下調湿の要因には、吸放湿に加えて木炭の断熱性による温度変化が抑制が挙げられます。では、断熱性の良い木炭はどのように製造すれば良いのでしょうか？ 木炭の断熱性に関する実験データは意外と少ないため、本研究では木材を様々な温度で炭化し、断熱性の指標である熱伝導率を炭化の前後で比較しました。本研究の**目的は、熱伝導率を最も低下させる最適な炭化温度と見出すこと、そして、なぜ熱伝導率が低下するか、そのメカニズムを解明**することです。

<実験方法 図1>

比重0.3～0.8の木材(スギ, ペイマツ, ベイヒ, アカマツ, ミズナラ)を4水準の温度(300, 450, 600, 750℃)で炭化し、**質量損失・比重低下率**を測定するとともに、**接線方向(年輪に沿った方向)の熱伝導率**を炭化の前後で測定しました(材温25℃)。また、熱伝導のモデル解析や考察のために、水置換・浮力法による木炭実質の比重(**真比重**)の測定と精練度(**電気抵抗**)の測定を行いました。

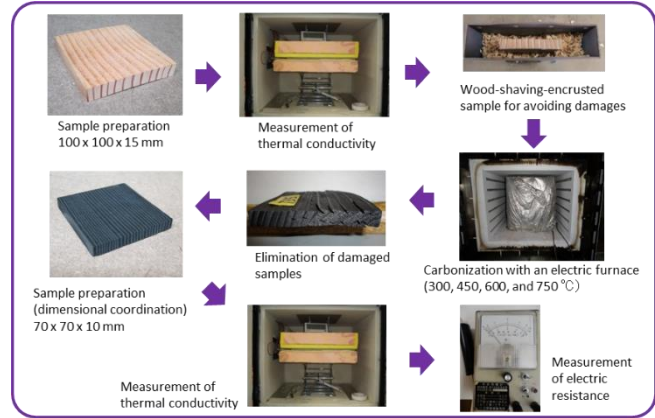


図1 実験の手順 —木材の炭化前後での熱伝導率の測定—

<結果 図2～図4>

図2は炭化前と炭化後の熱伝導率の関係です。炭化されると熱伝導率は低下し、低下の程度は炭化温度に依存しました。図3は炭化前の比重・熱伝導率の関係と炭化後のそれを概観したものです。炭化による熱伝導率低下の主要因は比重低下と考えられます。そこで、炭化温度ごとに比重低下率と熱伝導率低下率の関係を示したのが図4です。300℃炭化(質量損失28%)と450℃炭化(質量損失63%)では比重低下率よりも熱伝導率低下率の方が大きく、600℃炭化(質量損失70%)では両者が同程度の低下、そして700℃炭化(質量損失71%)では比重低下に比べて熱伝導率低下が小さくなりました。**これらの結果より、450℃程度で炭化させると最も断熱性の良い木炭ができる**ことが分かりました。

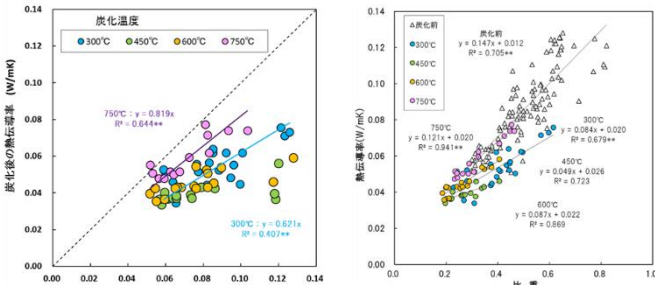


図2 炭化前後の熱伝導率比較

図3 比重と熱伝導率の関係

<考察 ～熱伝導率低下のメカニズム～ 図5～図9>

木材や木炭は多孔質材料ですので、その熱伝導率は見かけの熱伝導率になります。実際の伝熱は、①固体である木材・木炭実質の熱伝導、②空隙(細胞内孔)の対流伝熱、③内孔表面からの輻射伝熱、という3者の混合です。ただし、細胞内孔は対流が生じない程度に十分に小さいため、木材、木炭ともに静止空気(熱伝導率:0.026W/mK; 25℃)と扱えます。また、炭化による内孔表面の輻射特性の変化は未知のため、本研究では木材・木炭実質の熱伝導における質的な変化を検討します。

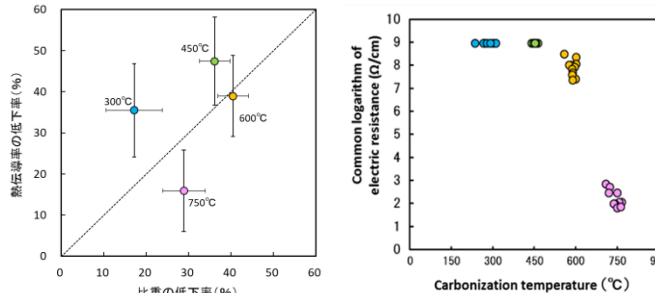


図4 比重低下率と熱伝導率低下率の関係

図5 炭化温度と電気抵抗の関係

まずは、熱伝導に貢献する自由電子の多寡です。図5に電気抵抗の測定結果と炭化温度の関係を示しますが、600℃で若干の低下、750℃では著しく低下しました。つまり**600℃では若干の自由電子が、750℃ではより多くの自由電子が存在し、450℃以下に比べて熱伝導が生じやすい**と言えます。これは図4において600℃、750℃炭化で比重低下の割には熱伝導率が低下しなかった理由となります。

次に、実質の比重(真比重)に着目します。測定結果と文献値を併記したものが図5です。**炭化前の真比重は1.52ですが、300℃では1.49で約2%の低下、450℃、600℃ともに1.36で約11%の低下、750℃では1.62で約7%の増加**でした。炭化による真比重の変化は、実質の熱伝導率を変化させている可能性があります。そこで、図7の熱伝導モデル(直列・並列モデル)を用いて実質の熱伝導率を推定しました。図8に示すように、実質の熱伝導率は炭化前を基準とすると、300℃炭化で40%減、450℃炭化で57%減、600℃炭化で37%減、750℃炭化では炭化前とほぼ同等と推定されました。

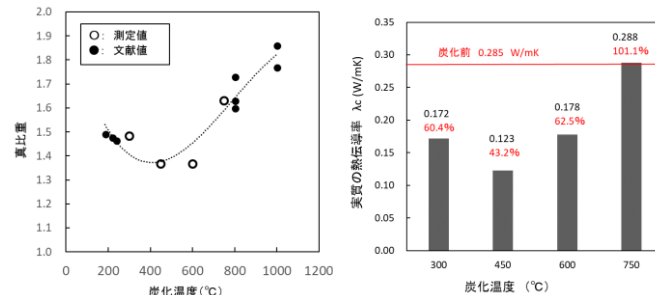


図6 炭化温度と真比重の関係

図8 炭化温度と真熱伝導率の関係

<まとめ>

炭化前後の熱伝導率の変化を300, 450, 600, 750℃炭化の4水準で比較した結果、熱伝導率の低下率は450℃炭化で最大でした(48%)。**熱伝導率低下の主因は炭化による比重低下ですが、実質の比重低下(真比重の低下)とそれに起因する実質の熱伝導率低下が作用**することが分かりました。炭化で生じた細胞壁中のクラック(メソ孔: 図9)が熱伝導の分断効果を発揮したと考えられます。

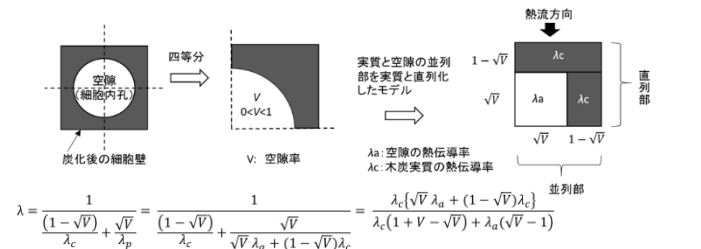


図7 木材および木炭の繊維直交方向の熱伝導に適用した熱伝導モデルと熱伝導率の算出式

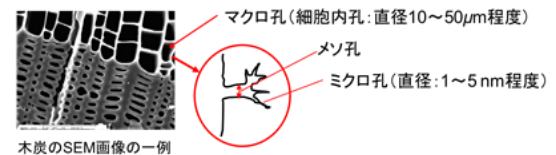


図9 木炭のマイクロ構造から見た熱橋分断の考察