

各種木材の示差熱分析による熱分解性状に関する検討

木質材料	木材	発熱量	正会員	杉田 敬太郎* ¹	同	高橋 拓・山本 正人* ¹
TG-DTA	示差熱分析	熱分析	同	大橋 宏和 ¹	同	長岡 勉・永盛 洋樹 ¹
			同	遊佐 秀逸 ²	同	大宮 喜文 ³
			同	山田 誠 ⁴	同	齋藤 潔 ⁵

1. はじめに

近年「燃え止まり性能を有する木質構造部材」に関する研究が報告されている^{1),2)}。この部材の特徴の一つは、荷重支持部の外周を、燃えしる層として木材等で覆う点である。火災時においては、この層が荷重支持部への熱伝達を抑制することで、耐火性能が確保される。このようなメカニズムから、燃焼時の発熱量が低い木材種類(樹種)を燃えしる層に使用する場合、耐火性能が有利になると考えられる。

示差熱分析は、発熱性状を評価する分析手法の一つであり、試験体を完全燃焼させる場合の発熱量評価に適している。また、粉体での分析が可能である。そのため、木材を粉体として分析することで、塊状では比較的影響が大きい比重・空隙率の影響が低減され、より化学組成に依存した発熱量を評価することが可能である。

本報告では、4種類の樹種について、集成材からラミナを採取・粉体化した試験体を示差熱分析し、発熱量を比較した結果を報告する。

2. 試験体

樹種は、表1に示す4種類を評価する。

表1 試験に供する樹種

樹種	略号	密度(kg/m ³)
スギ(密度大)	JC_H	451 - 494
スギ(密度小)	JC_L	359 - 386
カラマツ	KA	510 - 522
ヒノキ	HI	444 - 477

試験体調製は、次の手順に従う。

(1) 木材の粉体化

電動糸鋸でラミナの広範囲を研削し、生じた木粉を回収する。回収した木粉を、メノウの乳棒と乳鉢ですり潰してさらに微細化する。

(2) 木粉の分級

木粉をふるいに掛け、目開き 90 μ m のふるいを通し、46 μ m のふるいを通さない木粉を回収する。

(3) 木粉の含水量安定化

木粉を温度 20、湿度 60% RH の環境に 24 時間以上静置して、含水量を安定化させる。

(4) 木粉の秤量・採取

木粉重量が 5.0 \pm 0.5mg になるように秤量・採取して、

専用の試料容器へ移す。

3. 試験方法

示差熱分析装置を使用して、調製した試験体を分析する。分析条件は、表2に示す条件に従う。試験体数は、樹種ごとに、すべて異なるラミナから3体調製する。試験の順序は無作為に実施する。また、ブランク測定として、試料容器に何も入れず分析を実施する。その時期は、初回および試験体を3回分析するごとに1回とする。

4. 評価方法

評価項目は、示差熱曲線(DTA曲線)および質量保持率曲線の形状と、相対発熱量とする。

相対発熱量は、ここでは(1)式で定義する。この値は、試験体のDTA値($DTA_{\text{試験体}}(t)$)から直前に測定したブランクのDTA値($DTA_{\text{ブランク}}(t)$)を引いた値を、50に到達した時間(t_{50})から、520に到達した時間(t_{520})までの時間で積分し、試料重量で割った値である。DTA曲線上では、図1のDTA曲線例に示す発熱面積から吸熱面積を引いた面積を、試料重量で割った値と表すことができる。

表2 分析条件

温度範囲	40 ~ 1000
昇温速度	5 /min
試料重量	5.0 \pm 0.5mg
試料容器	アルミナ製
基準試料	アルミナ
雰囲気	空気

高圧ガスボンベの空気を流量 50ml/min でフロー。

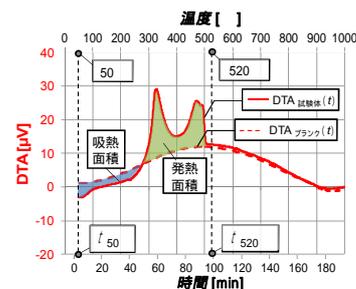


図1 DTA曲線例

$$\text{相対発熱量} = \int_{t_{50}}^{t_{520}} \frac{DTA_{\text{試験体}}(t) - DTA_{\text{ブランク}}(t)}{\text{試料重量}} dt$$

$$= \frac{\text{発熱面積} - \text{吸熱面積}}{\text{試料重量}} [\mu\text{V}\cdot\text{min}/\text{mg}] \cdots (1)\text{式}$$

5. 試験結果

TG-DTA曲線を図2に示す。DTA曲線の470付近のピークにおいて、カラマツ全とヒノキ-Bの試験体は、他の試験体と比較して、ピーク高さが低い結果であった。それ以外には、顕著な差異は認められなかった。

相対発熱量を表 3 に示す。平均値は、スギ(密度大) 68.6、スギ(密度小) 69.3、カラマツ 48.1、ヒノキ 54.1 であった。樹種の因子による要因効果図を図 3 に示す。エラーバーは、一元配置実験の区間推定方法より 95%信頼区間を算出したものであり、その範囲は±8.4 である。図 3 は、スギ(密度大) やスギ(密度小) の相対発熱量は、カラマツやヒノキに比べて、有意に高いことを示している。

表 3 相対発熱量

試験体	相対発熱量 μV・min/mg	
スギ (密度大)	A	77.3
	B	68.9
	C	59.7
	平均	68.6
スギ (密度小)	A	72.9
	B	66.9
	C	68.1
	平均	69.3
カラマツ	A	51.9
	B	39.1
	C	53.4
	平均	48.1
ヒノキ	A	57.6
	B	50.8
	C	53.8
	平均	54.1

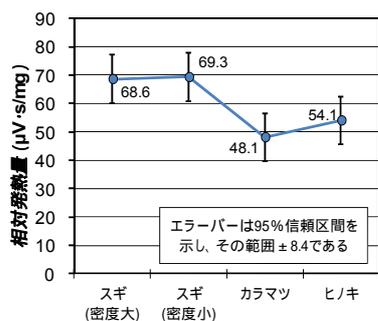


図 3 樹種の因子による要因効果図

6. 考察

(1) 耐火性能に有利となる燃えしる層の樹種

スギ(密度大) やスギ(密度小) の発熱量は、カラマツやヒノキに比べて高かった。したがって、発熱量の観点からは、カラマツやヒノキが有利であり、スギ(密度大) やスギ(密度小) が不利であると考えられる。ただし、樹種を選定するには、発熱量以外の物性、たとえば熱伝導率・発熱速度・酸素遮断性能などを考慮し、総合的に判断する必要がある。

(2) 木材の化学成分組成と発熱量の関係

木材の化学成分組成を分析した事例が報告されている³⁾。主要成分である、全セルロース、リグニンの重量百分率を抜粋し表 4 に示す。表 4 は、リグニン量に大きな差があり、スギが最も多く、カラマツが最も少ないことを示している。示差熱分析結果と併せると、リグニン含有量が多い木材ほど、発熱量が高くなる可能性が示唆される。

表 4 主要な化学成分の重量百分率分析値

樹種	重量百分率分析値(%)	
	全セルロース	リグニン
スギ	49.0-56.6	28.0-34.8
カラマツ	47.2-58.3	20.3-31.8
ヒノキ	50.8-58.1	25.7-32.2

7. まとめ

粉体化した木材の示差熱分析を実施し、スギ(密度大) やスギ(密度小) の発熱量は、カラマツやヒノキに比べて有意に高い結果であった。したがって、燃えしる層として使用する場合、発熱量の観点からはカラマツやヒノキが有利であり、スギ(密度大) やスギ(密度小) が不利であることが把握された。

参考文献

- 1) 上原茂男ら, 燃え止まり性能を有する木質構造部材に関する研究: その1~8, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (2004~2008)
 - 2) 大橋宏和ら, 耐火木造部材の耐火性能に関する研究 その1~5 日本建築学会大会学術講演梗概集, (2012~2013)
 - 3) 城代進ら, 木材科学講座 4 化学, 海青社, p.29(1993)
- 【注】本研究は林野庁「平成 25 年度 地域材供給倍増事業のうち木造住宅・木造公共建築物等の構造部材開発等支援事業」の助成を受けて実施した。

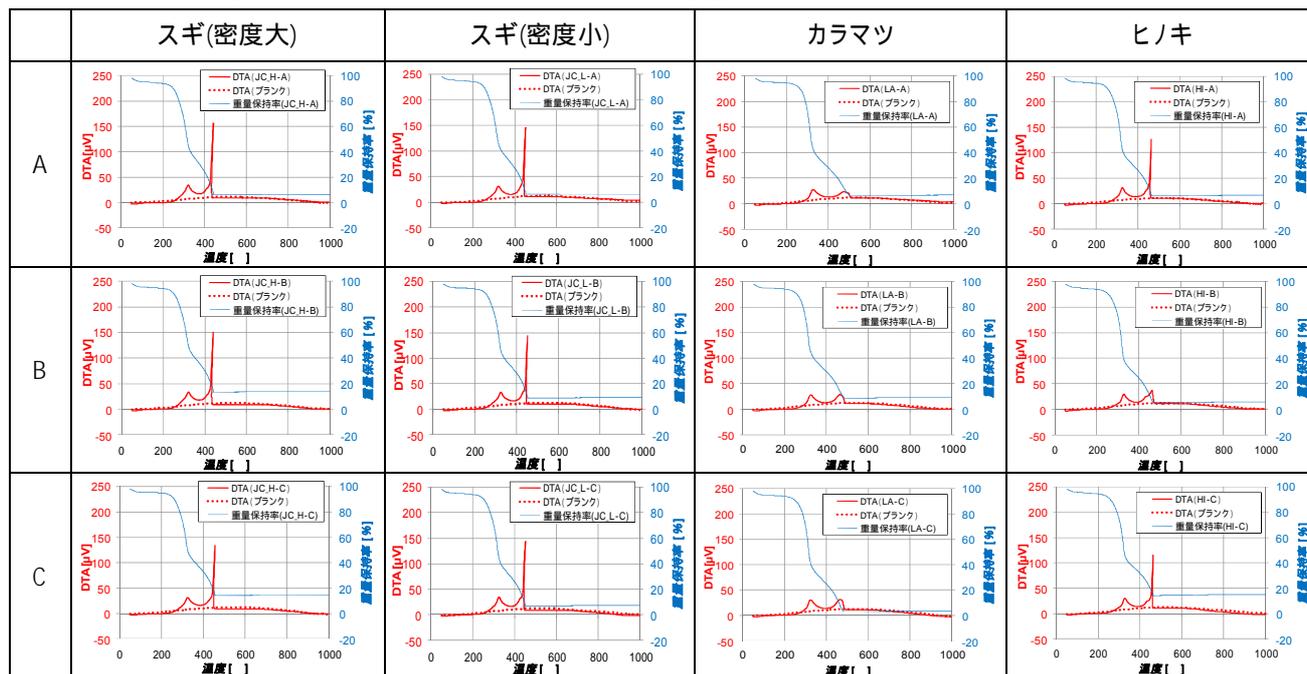


図 2 TG-DTA 曲線

*1 中工務店 技術研究所 *2 ベターリビング
*3 東京理科大学 *4 日本住宅・木材技術センター
*5 齋藤木材工業

*1 Takenaka Corporation Research & Development Institute
*2 Center for Better Living *3 Tokyo University of Science
*4 Japan Housing & Wood Technology Center *5 Saito Wood Industry