

木材の長期低温加熱による出火危険性について

Fire Hazards of Wooden Materials Heated for a Long Time at a Low Temperature

櫻 井 和 敏*
熊 澤 将 夫**
古 河 大 直*

According to the experiment of wooden materials heated for a long time at a low temperature, we could obtain the following results.

- (1) Wooden materials ignited with internal exothermic by heated for 72 hours at 170°C.
- (2) The temperature at the around of kitchen range goes up to 120°C easily.
- (3) The temperature of the interior lighting equipment upper showed 195°C maximum.

1. はじめに

壁裏や天井など隠れた部分から出火した火災は、発見がしにくく、発見しても、その時は、火炎が壁裏や天井裏に延焼して、既に一般の人が初期消火する時期を過ぎており、全焼火災になることが多い。

この壁裏や天井裏などからの出火の場所で最も多いのは、ガスこんろ、ガスレンジ、風呂釜などの火気使用設備器具や照明用電気器具を使用している場所である。

これらの出火原因は、火気使用設備器具の場合は、壁の表面に張られた金属板やモルタル、タイルなどが加熱され、伝熱、特に省エネ対策によって断熱材を挿入した場合は蓄熱によって壁裏の合板や木ずりが炭化して出火に至ると考えられ、照明器具の場合は、ダウンライトなど天井埋め込み型白熱灯器具と断熱材との因果関係によって、出火に至るものと考えられる。そして、これらの特徴は、木材の出火危険温度とされている260°Cよりも低い温度であっても長時間加熱されたために出火したということである。

低温度で加熱された木材が出火に至るには、雰囲気温度、熱の保温性、加熱期間などの条件が必要であり、複雑な木材の分解過程を経て出火に至るとされている。そこで、木材の長期低温加熱による出火危険性について実験を行い検討したので

報告する。

2. 実験目的

木材の通常の出火温度は、大体400°Cから450°Cであるが、この出火温度よりも低い温度であっても、加熱時間が長くなると木材が出火すると報告されている。そこで、木材の長期低温加熱による出火機構の究明と火気使用設備器具及び照明用電



写真1 恒温槽

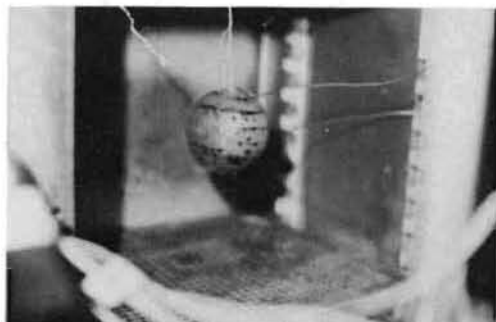


写真2 熱電対を取りつけた球型の木材

気器具が周囲の木材などに及ぼす影響との因果関係を究明する。

3. 実験内容

(1) 木材の低温発火実験

木材の材質として、ツガを選び、これを直径8 cmの球体に加工したものと一辺が9 cmの立方体に加工したものと2種類を供試体とした。

供試体の表面及び中心に熱電対を取り付けて、恒温槽に入れ、雰囲気温度を150°C～180°Cに設定して、供試体各部の温度測定を行った。

(2) モデルキッチンによる実験

金属板(トタン)、合板、木づり、断熱材で構成した壁体をコ字型に作り、図1のようにガス

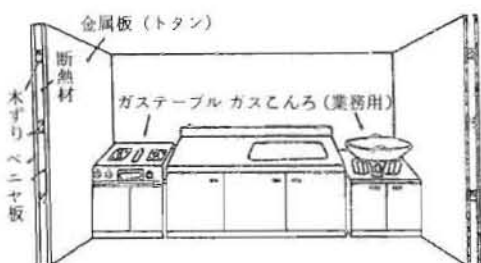


図1 実験用モデルキッチン



写真3 熱電対による壁体各部の温度測定

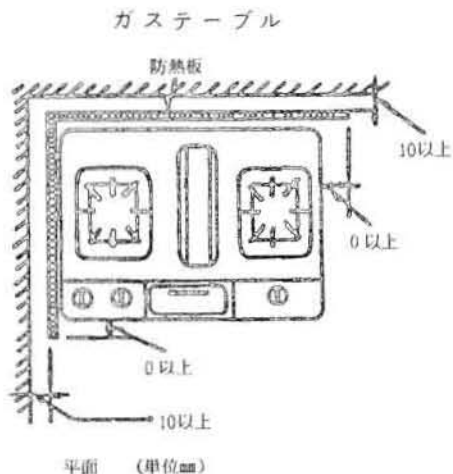


図2 防熱板を設置した場合



写真4 防熱板を設けた実験

テーブル及びガスこんろを配置し、金属板と壁体の間に熱電対を埋め込み温度測定を行った。

また、図2のようにこのモデルキッチンに市販されている防熱板(ステンレス製)を設置した場合の温度測定も行い、防熱板の遮熱効果を実験した。

(3) ダウンライトのモデル実験

天井内を想定した箱を製作し、これに埋め込み型白熱灯器具を写真5のように設置して、その上にグラスウール断熱材(JIS A9522住宅用グラスウール断熱材に適合したもので、呼称厚さ50mm、表面外被がJIS P3401に定めるクラフト紙及びポリエチレンフィルムを金属蒸着したもの)を隙間なく覆って各部(側部放熱孔、頂部放熱孔、電線接続部、器具最上部及び天井裏部分)に熱電対を取り付け、各部の温度変化を測定した。(図3参照)

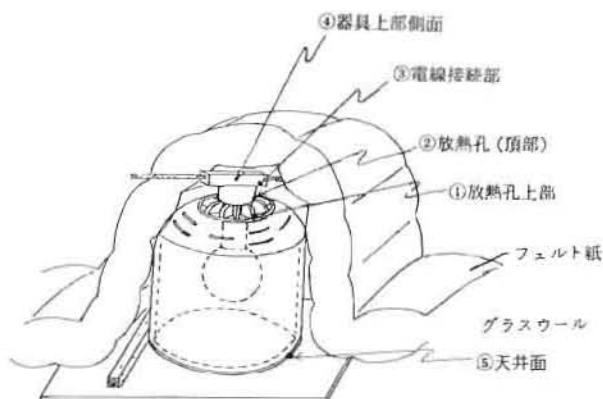


図3 ダウンライトの各部の測定点



写真5 角材の内部の炭化状況(断面)
(9cm角, 雰囲気170°C, 48時間加熱)

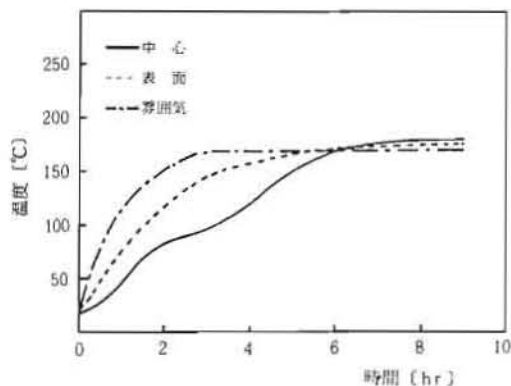


図4 木材(球状)の温度変化

4. 実験結果と考察

(1) 木材の発熱性

恒温槽内部の雰囲気温度を150°C~180°Cに設

定し実験した結果、球状供試体では、雰囲気温度180°Cで、約28時間後に発火に至り、雰囲気温度170°Cでは、約88時間後に発火に至った。

球状供試体の温度と時間経過の結果を図4及び図5に示す。

この場合、図4において、初期の内部温度の上昇が鈍りS字状になっているのは、木材内部の脱水による吸熱であり、温度上昇が一時鈍化したものと考えられる。また、雰囲気温度150°C、72時間加熱では発熱が認められなかった。

一方、恒温槽内部の雰囲気を170°Cに設定した場合の角状供試体の温度測定結果を図6及び図7に示す。また、加熱後の角状供試体を中心断面に切断し、内部の炭化状況を示したものを写真5に示す。さらに、同じ170°Cの雰囲気中で72時間加熱した場合の角状供試体の炭化状況を写真6に示す。この写真を見ると、木材の繊維方向に炭化が進行しており、木材の繊維方向による熱伝導の異方性の差が表われていることがわかる。すなわち、木材内部で発生し蓄積した熱は、外周部へと伝導していくが、この熱伝導は各方向に一定ではなく、木材の繊維に平行な方向が、繊維に垂直な方向に比べ、熱伝導度が大きく、熱が伝わりやすくなっている。

木材の発火の過程は、

ア 木材が長期間加熱されると、低温で緩慢な熱分解が起こり、内部の組織が多孔質に変化する。



写真6 角材の炭化状況
(9cm角, 雰囲気170°C, 72時間加熱)

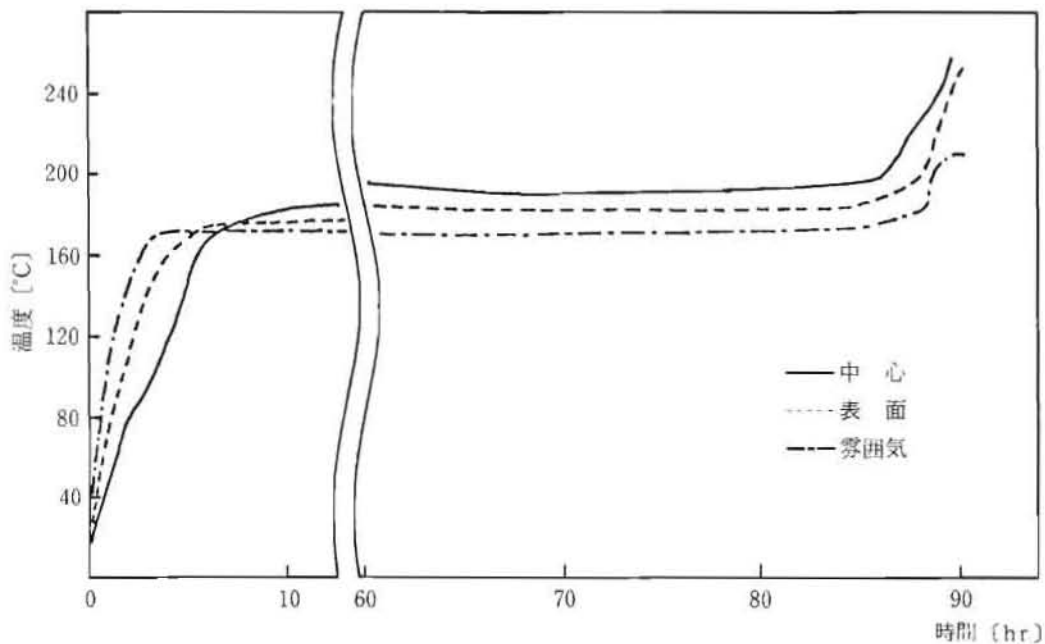


図5 木材(球状)の温度変化

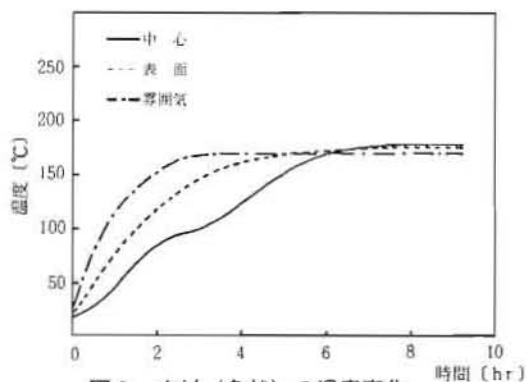


図6 木材(角状)の温度変化

イ 多孔質になると、木材内部で酸化が促進される一方、木材の熱伝導が小さくなる。熱分解が起こり、内部の組織が多孔質に変化する。

ウ 木材内部で酸化により発生した熱が蓄積され、内部が高温となり、さらに一層分解が加速され、発火に至る。

と考えられる。

木材内部の熱分解による酸化発熱は、木材の分子中の不飽和の炭素2重結合 ($>C=C<$)、カルボニル基 ($>C=O$)、カルボキシル基 ($\begin{matrix} -C=O \\ | \\ OH \end{matrix}$) が生成され、この熱分解によって酸化発熱したものが、内部の蓄熱効果に起因すると考えられる。

木材の球直径と臨界の発火温度との関係は、半径 r の球状木材を加熱した場合、半径 r の大きさによって、発火する温度が違ってくる。

この球状木材の場合、発火温度は理論的に次式で表わされる⁽¹⁾

$$\delta = A/K \cdot r^2 (E/RT_a^2) \exp(-E/RT_a) \dots\dots(1)$$

ここで

A : 高温において材料の単位体積が単位時間に燃焼する時の発熱量 ($1.46 \times 10^6 \text{kcal/cm}^2 \cdot \text{sec}$)

E : 木材の活性化エネルギー (26.1kcal/mol)

r : 木材球の半径 (cm)

R : 気体定数 (2.0cal/K)

K : 熱伝導率 ($1.4 \times 10^{-4} \text{cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot \text{deg}$)

Ta : 臨界外周温度 (加熱温度)

である。

この式(1)によれば、球の場合は δ の値が 3.32 より大きい場合は発火し、3.32 より小さい場合は発火しない。(図8参照)

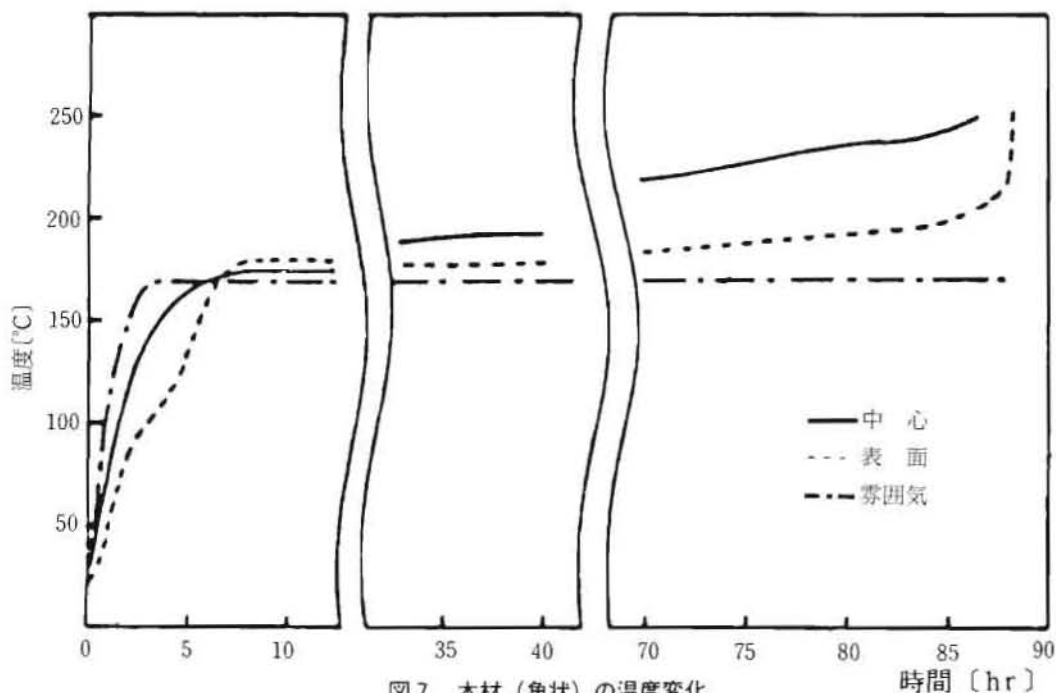


図7 木材(角状)の温度変化

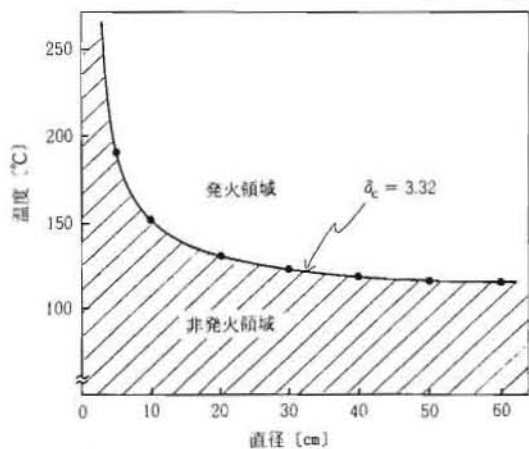


図8 球の直径(鋸屑)と臨界発火温度

(2) モデルキッチンでの温度測定結果と考察
ガスこんろ周囲の壁体における時間経過に伴

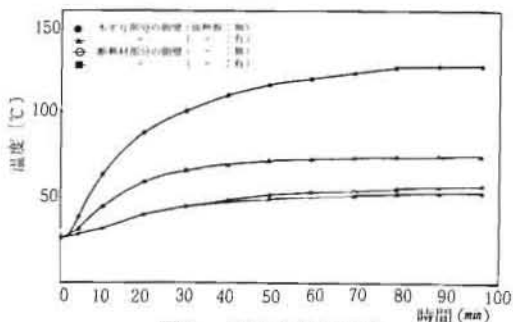


図9 壁体の温度変化

う温度変化の測定結果を図9に示す。この結果、各壁体とも点火後約1時間30分経過すると、木ずりの部分は120°Cを超えていることがわかる。そして、このままの状態が続けば、炭化し出火する危険性があることが判明した。

しかし、防熱板を使用すれば、設置しない場

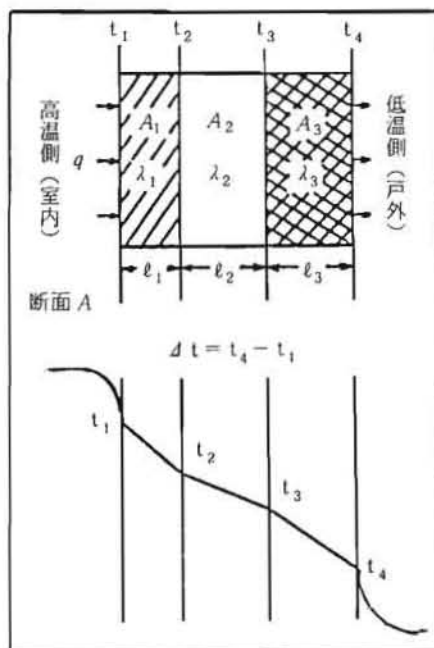


図10 壁体の温度分布(多層平板とした場合)

合の温度上昇に比べ、40°C～60°Cと温度が低く、最高温度でも65°Cにしか上がっていない。これは、防熱板を設置することによって、壁体と防熱板の間に空気対流層を作り、この空気層が防熱板から壁体への熱伝導を防いでいると考えられる。

台所の壁体のような多層の異種材料からなる均質の平板の熱伝導を考えると、伝熱速度が一定の場合、図10に示したような温度変化になり、次式が成立する。

$$q = Q/\theta = \lambda A \cdot \Delta t / \ell$$

ここで

q : 単位時間に流れる熱量 (kcal/h)

Q : θ 時間に流れる熱量 (kcal)

A : 断面積 (m²)

ℓ : 物質の厚さ (m)

Δt : 温度差 (°C)

λ : 熱伝導率 (kcal/m·h·°C)

熱伝導率は、物質により異なり、その値を表1に掲げた。

このように、熱伝導率は固体、液体、気体の順に低くなり、20°C、1気圧の空気の熱伝導率は、ステンレスの約60分の1である。

(3) ダウンライト周辺の温度測定結果と考察

図3に示した位置でのダウンライト各部の温度変化を図11に示す。この結果、最高温度は器具上部放熱孔で195°Cにもなり、電線の接続部でも180°Cを超えていた。

器具各部の温度上昇限界は、JIS C8113(白熱電球用投光器)で灯体外面金属部分は100°C以下と定めており、また、日本照明器具工業会技術委員会の技術資料121号でも、外被で人が容易に触れる恐れのない部分の温度上昇が70°C以下、造営材に接する部分で60°C以下(基準温度30°C)となっており、各メーカーは自主的にこの基準に準じて器具を製作している。

器具自体の温度が、これらの基準を上回る条件としては次に掲げるものがある。

ア メーカーが指定した使用電球又は指定したワット数を超過して使用した場合

イ 前述の断熱材を天井内に敷き詰めた場所に器具を設置した場合

アについては、ほとんどが使用者側の不適正によるものであることは論外として、イについ

表1 主な物質の熱伝導度

(20°Cの値)(kcal/m·hr·°C)

銀	360
銅	333
アルミニウム	196
鉄	58
炭素鋼(1.5%C)	31
18-8 ステンレス	14
ガラス(板)	0.65
アスベスト	0.15
コンクリート	0.4~0.5
ゴム	0.2
グラスウール	0.03
木材(スギ)	0.09
水	0.514
空気	0.0221

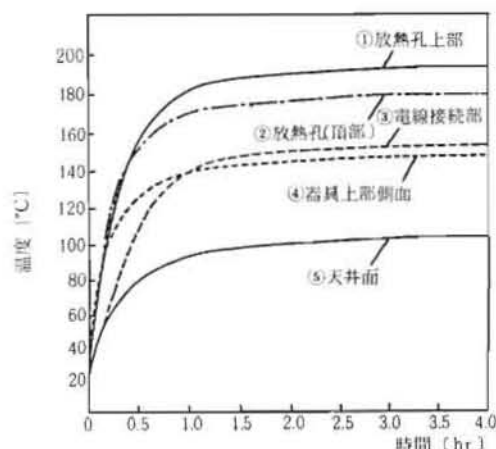


図11 ダウンライトの各部の温度変化

ては、施工者の不注意になることが当然予想される。

天井板は、化粧合板や張り木を使用することが多く、照明器具を埋め込む場合には補強のため支持枠を使うことが多い。この支持枠に木材などの可燃物を使用し、天井内に断熱材を敷き詰めると、断熱材のすべてが不燃材料で造られていても、器具表面温度曲線では、支持枠が接触する部分が、140°Cを超えてしまい、支持枠の温度も当然上昇する。

また、断熱材にはグラスウール、ロックウール、発泡スチロールなど種々のものがあり、断熱材自体は不燃性であっても、これを覆う防湿

材などが可燃性のものもあり、電源電線等が軟化し、短絡等を起こす原因となる可能性がある。

特に施工の容易さ、軽さ、経済的理由などによりグラスウール断熱材が一般的に多く使用されているが、この断熱材の表面には防湿のため可燃性のものが使用されている。これらの材料の長期加熱の影響も考慮しなければならない。

5. ま と め

球状及び角状の木材を用いた低温加熱実験では、雰囲気温度が170°Cで約72時間加熱した場合、木材内部からの発熱により発火する現象が表われた。

また、モデルキッチンを作成し、ガス器具周辺の壁体温度を測定したところ壁体内部が120°Cを超える温度が記録された。防熱板を用いた場合は、壁体内部温度は平均で約50°C低下した。

さらに、ダウンライトを用いた実験では、放熱孔上部が195°Cと最高温度を示した。このところに木材が接触している場合は、長期低温加熱発火の危険性が十分であると判明できた。

6. おわりに

今回の実験では、連続加熱した場合で、一般家庭や飲食店などのガス器具や照明器具の使用状態

と異なるので、断続的に使用した場合は、発火に至るまでの時間をどう推定するか、また、木材の表面や内部に油脂などが含まれている場合には、発火時間がどう変化するかなどの問題は、今後検討していく余地がある。

7. 参 考 文 献

- (1) 齊藤平蔵：“低温加熱による木材の出火現象”，火災，Vol. 4, No 4, P.14, 1955
- (2) 秋田一雄：“木材の発火機構に関する研究”，消防研究所報告，Vol. 9, No 1～No 2, 1959
- (3) 金原寿朗，川崎昭：“木材の低温加熱発火について”，日本火災学会論文集，Vol.16, No 2, P. 9, 1967
- (4) 大谷杉郎：“木材の低温発火に関連して”，*ibid.*, Vol.18, No 1, P. 6, 1968
- (5) 半田隆，鈴木弘昭他：“木材の低温加熱による火災発生の可能性の検討(I)” *ibid.*, Vol.20, No 1, P.11, 1970
- (6) 齊藤洋他：“ガスこんろ周囲の温度分布について”，消防科学研究所報，No17, P.12, 1980

注1) D.A. Frank - Kamenskii: Diffusion and Heat Transfer in Chemical Kinetics, (1969) Plenum Press.