

サーモ機能付き防火装備の開発について

東近江行政組合消防本部（滋賀県） 大橋 真
辻 健人

1 はじめに

火災現場において燃焼室内での火災救助活動は、一旦事故が起きると重大事故に繋がり、安全管理上最も危険が伴う活動です。特に近年の住宅構造は従来の木造住宅に比べ、気密性の高い防火構造であるため、換気支配型の火災となる傾向があります。そのため、現場到着した消防隊員の開口部開放によって燃焼と共に減少していた酸素が再び供給され、爆発的な燃焼が発生し隊員の受傷につながる危険があります。

消防職員は、要救助者の命を救うことが最大の責務ですが、同時に自らの命と仲間の命を守ることも重要な要素です。

この高い危険を伴う屋内進入及び進入後の活動時において、「誰もが一律に環境測定できる」資器材があれば、消防職員の安全管理が飛躍的に向上すると考え、今回の開発に至りました。

2 現状の課題

消防隊は、玄関扉などから屋内進入する際、屋内の燃焼状況を予測し、進入の可否を判断するため、扉の表面温度を確認しています。多くの場合、防火手袋を着装した状態で手の甲や手の平を扉に押し当てて確認していますが、このサイズアップの具体的な要領は特に定まっていません。個人の手技や感覚、経験値に委ねられており、人によって評価が変わる可能性を多分に含んでいます。

また、火災熱によって扉がどれほど熱を帯びるのか、あまり知られておらず、加えて耐熱性能が向上した防火手袋で本当に熱気確認ができているのか疑問も生じています。最悪の場合、熱気があるにも関わらず、「熱気なし」と評価するケースも考えられます。

さらに現在の防火衣は、屋内活動に重点を置いたモデルが主流となっており、防火性能が向上している反面、空間温度を感じにくいというデメリットがあり、人体に極めて危険な高温環境下であることに気付かず活動を継続してしまう可能性があります。

(写真N o . 1)

これらの問題は、熱画像直視装置を用いることで概ね解消できますが、財政上の問題もあり、全ての小隊に高額である熱画像直視装置を配備することは厳しいと考えます。

3 開発機器の概要

本開発機器は、既存の防火手袋及び防火ヘルメットにサーモラベルと呼ばれる示温材を貼り付けたものです。サーモラベルとは、工場などで製品管理に使用されており、異常発熱などを感知すると瞬時に変色して知らせる危機管理製品です。この変色反応の特徴を火災活動に応用したものがサーモ機能付き防火装備になります。

(写真N o . 2、3)

サーモラベルの性能として、成分は熔融性顔料であり、安定性のある融点を利用しているため、正確で高精度に温度を明示します。また、表面は耐熱性フィルムで密封されているため、水、薬品、油など環境雰囲気に対する耐久性に優れています。

(1) サーモ機能付き防火手袋について

既存の防火手袋に、40度と60度で変色反応するサーモラベルを貼り付けます。貼り付け位置は、これまでの屋内進入活動を大きく変えないように熱気確認を行っている防火手袋の甲側とします。

扉等で熱気確認をする際、扉表面温度が40度以上なら、40度サーモラベルが変色し、60度以上なら60度サーモラベルが変色します。文字通り、温度を「見える化」します。

(写真N o . 4、5、6)

(2) サーモ機能付き防火ヘルメットについて

既存の防火ヘルメットに、200度と250度で変色反応するサーモラベルを貼り付けます。こちらは屋内進入後の活動用であるため、空間温度の中でも高温になりやすい高い位置を測定する必要があります。したがって、貼り付け位置は、隊員の身体の中で最も高い位置にあり、隊員同士が視認しやすいように防火ヘルメットの後頭部側としました。屋内活動中、空間温度が200度以上になると、200度サーモラベルが変色、250度以上になると、250度サーモラベルが変色し、進入隊員に危険を知らせます。(写真No. 7、8)

4 開発機器の作製に必要な物品及び作製方法

作製に必要な物品は、①防火手袋と防火ヘルメット、②サーモラベル変色温度40度、60度、200度、250度各1枚、③耐熱性の接着剤1本です。

費用は隊員1名あたり、4種のサーモラベルで約1,000円です。サーモラベル裏面は強力な粘着テープであり、防火ヘルメットには直接貼り付け、防火手袋には耐熱性の接着剤を塗布し貼り付けます。

また、防火ヘルメット用サーモラベルは高温度計測のため不可逆性のものしか製造できませんが、防火手袋用サーモラベルは、変色反応後も時間経過とともに元の色に戻る可逆性のものを使用するため、再利用が可能です。

5 各種検証

検証1 燃焼室の温度上昇に伴う扉の表面温度の計測

火災熱によって、火点室の空間温度と扉の表面温度はいったい何度ぐらいになるのか検証するために以下の実験を行いました。

(1) 温度設定

木材は、概ね250度に達すると熱分解が始まり可燃性ガスが発生するため、木造建物等ではフラッシュオーバー等の危険性が

高まります。そのため、熱分解する前段階として200度を目安に空間温度を上昇させ、その時の木製扉と鉄製扉の温度上昇を計測しました。

(2) 計測方法

燃焼室の空間温度を計測するために燃焼室の床面から高さ10cm、50cm、100cm、150cmの位置に熱電対（温度センサー）を設置し、燃焼室に取り付けている木製扉（フラッシュ構造：厚さ3cm）と鉄製扉（フラッシュ構造：厚さ4.5cm）の外側を非接触型温度計で表面温度を計測しました。計測する位置は空間温度を計測する高さと同じ位置としました。

木製扉及び鉄製扉の中心から330cm離れた位置に木材を井桁状に組み、木材に着火後、経時的に変化する空間温度と扉の表面温度を計測しました。（写真No. 9、図面No. 1）

(3) 検証の結果

実験開始から概ね13分が経過し、室内温度が200度前後まで上昇した時、150cmの位置で木製扉と鉄製扉の表面温度は、どちらも約40度でした。

また、概ね25分以降、室内温度が250度付近まで上昇した時には、両扉の表面温度はどちらも60度付近でした。

（表No. 1）

検証2 扉の熱気を感じ取れるまでの時間を計測

厚手の防火手袋を装着したままで、扉の表面温度がある一定温度のとき、熱気を感じ取れるまで何秒を要するか検証するために実験を行いました。

なお、検証は総務省消防庁の消防隊員用個人防火装備に係るガイドライン2017に適合した防火手袋（株式会社トンボ製K-A175NV）を使用しています。

(1) 温度設定

検証1の結果から、60度とその前後の40度及び80度に温度設定しました。

(2) 計測方法

I Hコンロ上に鉄製フライパンを置いて表面温度を上昇させ、防火手袋を装着した状態で、手の甲及び手の平で熱気を感じ取れるまでの時間を計測しました。また、計測の対象者は計32人で平均年齢36.5歳の現場へ出動する消防隊員で行いました。

なお、60秒経過しても熱気を感知出来ない場合は計測超過としています。(写真No. 10)

(3) 検証の結果

扉表面温度を40度、60度、80度に設定した場合、熱気を感じ取れるまでに少なくとも10秒前後を要しました。また、温度によっては計測超過となる隊員もいれば、最短数秒で熱気を確認できる隊員もあり、個人差が顕著に現れる結果となりました。

(表No. 2)

検証1及び検証2の考察

出火室空間温度が200度付近となったとき、扉の表面温度の目安となる40度の測定と、出火室空間温度が250度付近となったとき、扉の表面温度の目安となる60度の測定をする必要があります。また、燃焼室内での活動中に200度を超えるようであれば、人体に影響を及ぼし始め、250度に達すると、フラッシュオーバー等の危険性も高まるため、どちらも温度の計測が必要となります。

これらのことを踏まえて、防火手袋には40度及び60度のサーモラベルを貼り付け、防火ヘルメットには200度及び250度のサーモラベルを貼り付けました。

6 開発の効果

本開発の特徴として、まず既製品のみで作製できるシンプルな構造であるため、ランニングコスト及びメンテナンスが不要という点が挙げられます。また、火災現場で誰もが装着している防火装備への貼り付けであること、安価で購入することが可能なので、全隊員が統一した装備を身に付けることができ、個人の携行資器材を増や

すこともなく活動障害にもなりません。

さらに、従来は熱気確認に10秒以上の時間を要していましたが、サーモラベルは温度に対し約1秒で反応するため進入可否判断が即時可能となります。加えて、各隊員の力量や感覚、経験値といった不安定要素に左右されることのない基準が備わります。

何よりも、温度「見える化」により、全隊員の視覚に共通認識を持たすことが可能となり、安全管理が飛躍的に向上します。

7 おわりに

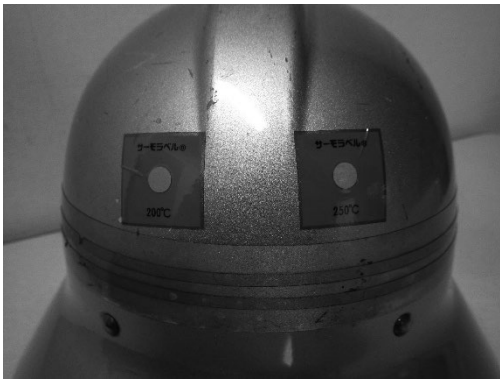
本開発作品は、火災現場での温度を「見える化」し、安心安全を後押しするものではありませんが、消防隊員の五感を最大限に活用し、危険因子を察知することが最重要であることを忘れてはならないことを本稿の結びとさせていただきます。



写真No. 1 屋内進入要領



写真No. 2 防火手袋



写真No. 3 防火ヘルメット



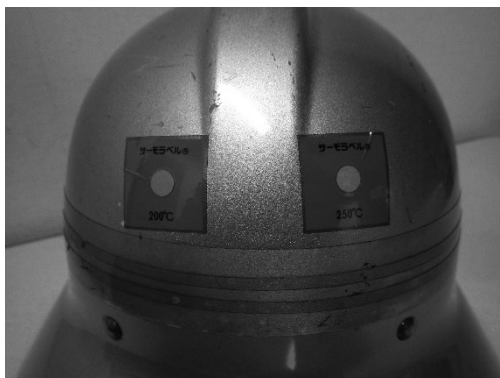
写真No. 4 変色前



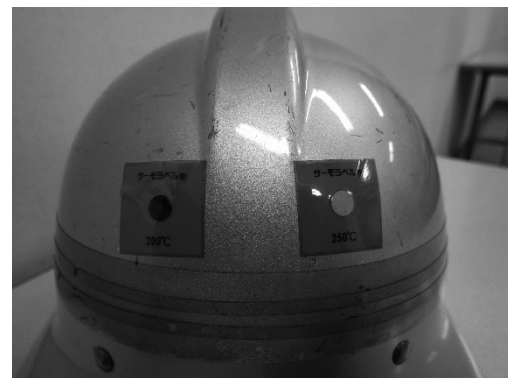
写真No. 5 40度変色後



写真No. 6 60度変色後



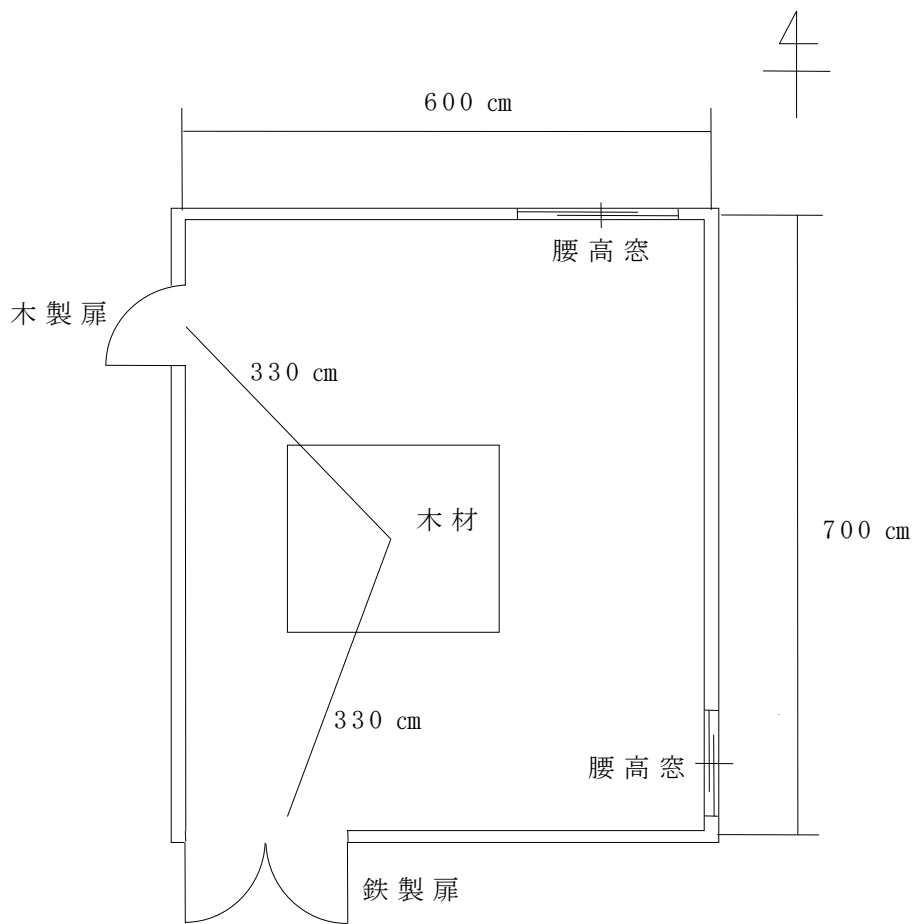
写真No. 7 変色前



写真No. 8 200度変色後

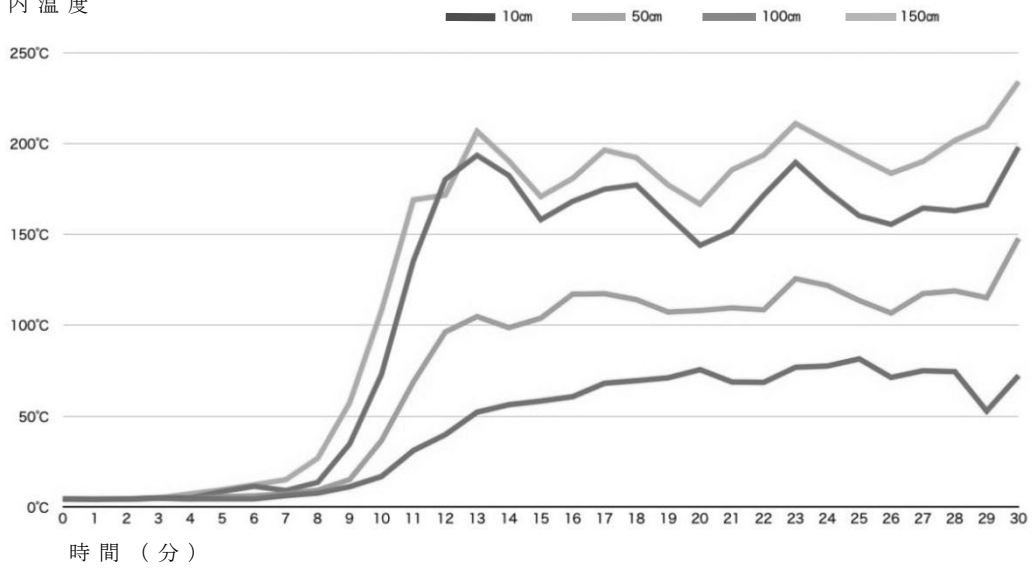


写真 N o . 9 検証 1 の様相

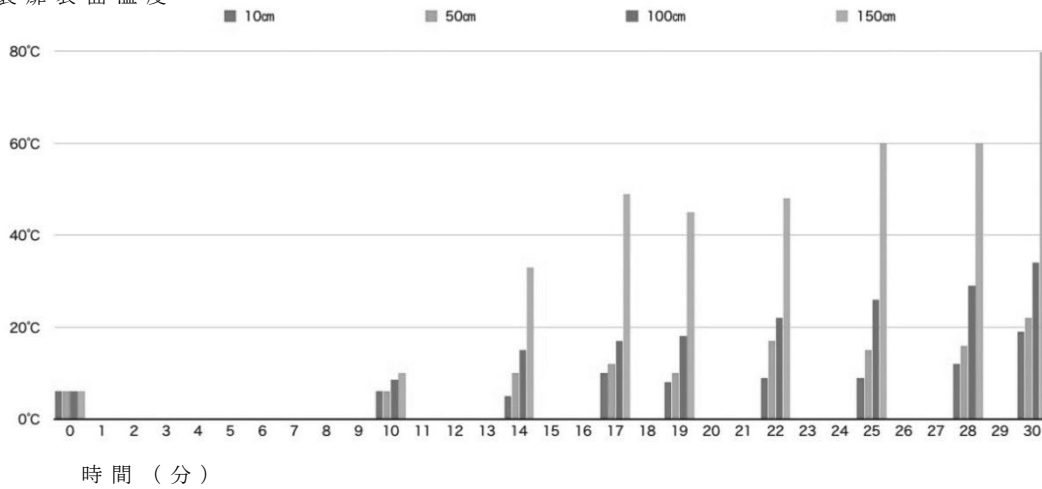


図面 N o . 1 検証 1 燃焼実験室

室内温度



鉄製扉表面温度



木製扉表面温度

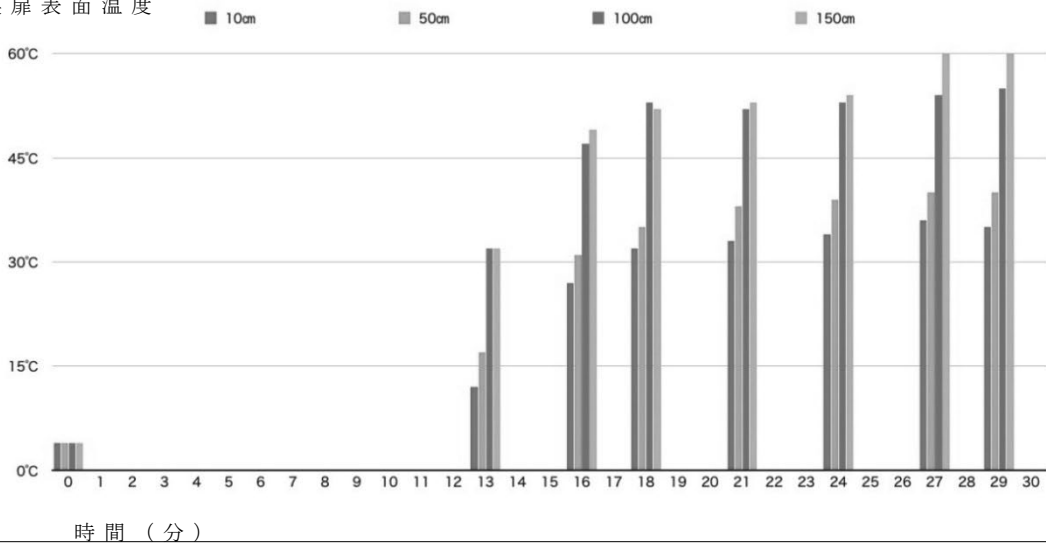


表 No. 1 検証 1 の時間経過とともに温度上昇する燃焼室内と扉の表面温度の変化

※実験開始時点、鉄製扉及び木製扉ともに 5 度を観測する。



写真 N o . 1 0 検証 2 の様相

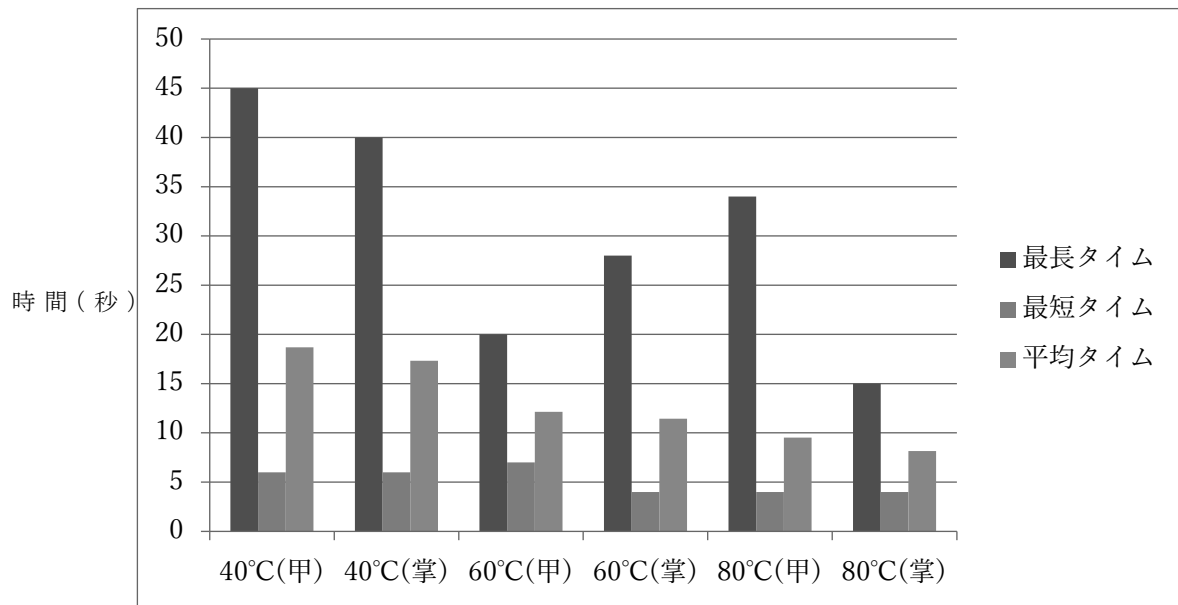


表 N o . 2 検証 2 の熱気確認計測結果