示温材を活用した輻射熱の可視化について

さいたま市消防局（埼玉県）　　吉田　和生

1　はじめに

皆さんは火災現場に到った時、どれくらいの輻射熱を受けているのか考えたことがあるだろうか。火災炎上中の建物を目で見て温度を把握することは極めて困難であることから、今回はサーモテープという一定温度で変色するテープ状の示温材を活用し、輻射熱の可視化について研究していく。

近年、住宅用火災警報器の普及や電気及びガス製品の防火安全性能の向上により火災発生件数は減少傾向にある。当市内の火災発生状況を見ると平成２０年が４０５件､令和元年が２５２件と大幅に減少していることが分かる。火災予防の成果が顕著に表れている一方で、火災現場での経験を積む機会が減っているとも言い換えられる。

また、防火装備の性能が向上しているにも関わらず、防火装備の上からの輻射熱によって受傷する事案が発生していることから、今回は輻射熱の可視化という点に着眼した。

2　現状と課題

１０年ほど前から、いわゆる団塊の世代の大量退職に伴い若年層の消防吏員数が増加している。加えて、フラッシュオーバーによる受傷事例の増加、耐火造建築物と同様に高気密の木造建築物の増加など、消防を取り巻く環境が変化しているのが現状である。

消防隊の使用する防火服の要求特性は、アプローチＡ（欧州法）を基に消防庁が定める「消防隊員用個人防火装備に係るガイドライン」に準ずるものであり、防火服以外にも防火長靴や防火フードにも同様に設けられている。基本的安全性要求特性の中でも代表的なものは下記⑴～⑶のとおりである。

⑴　炎に対する抵抗（表面着火）

・　残炎、残じん時間が２秒以下。

⑵　熱伝達（炎にさらす）ＩＳＯ９５９１試験

・　防火服内部が２４℃上昇するまで１３秒以上必要。

・　１２℃上昇してから２４℃上昇するまで４秒以上必要。

⑶　熱伝達（放射熱暴露）ＩＳＯ６９４２試験

・　防火服内部が２４℃上昇するまでに２２秒以上必要。

・　１２℃上昇してから２４℃上昇するまで６秒以上必要。

このように、ガイドラインは防火装備内部が一定温度以上に上がらないことを定めるものではなく、内部温度が上昇するまでに要する時間の基準であるため内部温度は上がり続けてしまう。

また、人体は４４℃以上で熱傷を受傷する可能性が発生するが、更に高温の７２℃を超える温度の物体に触れると瞬間的皮膚崩壊を起こすまでに至る。

以上のことから、防火服等を装備した状態では輻射熱を直接的には感じにくいが、時間の経過とともに熱が浸透し内部は簡単に受傷する温度まで達するということがデータ上では容易に推測できる。

過去には消火活動中に受傷した事例も発生しており、輻射熱に気付かないうちに受傷してしまうケースが多く、皮膚で熱さを感じてしまったときにはすでに手遅れであることから、周囲の温度を可視化することが有益であり重要であると私は考える。

３　問題解決に向けて

消火活動中の輻射熱及び周囲の温度を活動隊員と局面指揮者が把握することで、消火活動中の隊員が受熱により受傷してしまうことを未然に防ぐことができ、屋内進入時の隊員がフラッシュオーバーの兆候等を事前に捉えることにつながるのではないだろうか。

さらには、活動隊員が示温材の着装により周囲の温度変化に対し繊細な意識を持つことで、隊員自らが安全管理の醸成を図ることにつながると私は考えた。

当消防本部において実施された実火災体験型訓練の時間経過による内部温度の変化（図１）を見ると、ロールオーバー発生時間は点火から２１分後でその直前の２０分後の下部温度は７６℃である。ロールオーバーはフラッシュオーバー発生の前兆であり、ロールオーバーの発生時は即緊急脱出しなけ

ればならない。そして、防火服等の装備内側温度が７０℃に達した場合、約１秒でⅢ度熱傷を受傷することとなる。

以上のことから、屋内進入時は低姿勢であることを考慮し、今回使用する示温材の変色温度は７０℃と設定した。

示温材の設置位置は、局面指揮者及び他の隊員から見やすい防火ヘルメットと空気呼吸器、自身で確認できる手元の３か所とした。耐熱性能が高い金属製であること、見えやすいこと、３か所に設置することが可能な互換性を考慮し作成したものが、写真１、２である。変色時の示温材は写真３のとおりである。

スチールプレートにテープ状の示温材を貼り付け、クリップで資機材等に設置するもので、スチールプレートとクリップをボルトで固定して脱落防止措置を施した。さらに、腕等には巻きつけて対応できるよう、慣性のあるスチールプレートを使用した。示温材については可逆性のもので反復使用が可能であるためコストパフォーマンスが高いのも特徴の一つである。

設置状況は写真４～８のとおりで、個人の防火装備以外の例としてガンタイプノズル及びとび口にも装着可能とし、汎用性の高いものとした。

今回は試作品であるため、視認性向上や活動に支障のないサイズの考慮、設定した際に脱落しないような材料の工夫等、今後の課題は多分に存在すると考える。

４　費用及び作成方法

⑴　材料

ア　サーモテープ×１　１６２円

イ　連結クリップ×１　８８円

ウ　スチールバンド×１　５５円

⑵　作成方法

示温材を貼り付けたスチールプレートと両端クリップにボルト固定用の穴を開け固定する。（写真９、１０）

5　おわりに

建築技術の向上やプラスチック製品の増加から火災発生時には可燃性ガスがより多く発生するため火災性状も変化しており、フラッシュオーバー発生時期は火災発生から約５～１０分の間に多く見られる。また、自動火災報知設備や住宅用火災警報器の普及により火災発生から消火活動を開始するまでの時間も短縮傾向にあるため、消防隊が消火活動を開始する時間と重複することが避けられない。火災発生から消防隊到着までの時間が短縮されたことで、フラッシュオーバーの発生直前に消防隊が現場到着するという状況が作り出されてしまっているのが現状だ。

年々、個人防火装備の性能は向上しているものの、輻射熱は可視できないうえに身体で感じにくいとなれば､経験の乏しい職員が緊迫感のある現場で、迫りくる危険要因を取り除くことが困難なことは言うまでもない。

このような環境下においても、誰しもが共通の認識で輻射熱を視認することができれば、経験値や知識の至らない部分を補うことができ、受傷事故を減少させることになると私は考える。

参考文献

総務省消防庁（令和３年）　消防白書
総務省消防庁（令和２年）　消防白書
総務省消防庁（令和元年）　消防白書

図１　Ｓ市消防本部実火災体験型訓練における温度変化

訓練中の温度変化

実施隊	第1大隊	日時	5月9日	天候	晴	気温	22.6℃	湿度	33%
パレット枚数	7枚	右側	1枚	左側	1枚	正面	2枚	天面	2枚
床面	1枚								

閉鎖型訓練

訓練参加者	12名	体験者	12名	見取者	10名		
バーナー点火時間	10:41	バーナー600℃（訓練可能時間）	10:44	パレット着火時間	10:46	ロールオーバー発生時間	11:02
面体着装時間	10:41	進入時間	10:44	退出予定時間	:	退出時間	11:06
扉閉鎖	有・無（有に丸）	扉閉鎖時間	10:57	扉開放時間	10:59		

時間経過	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
上部温度	31	41	67	102	130	148	151	172	191	202	226	264	289	300	328	335	360	372	447	420
中段温度	26	27	31	45	55	58	64	68	73	84	105	131	151	162	176	185	193	206	221	232
下部温度	26	24	25	26	27	28	29	29	30	31	33	36	38	41	45	50	52	60	69	78

前のみ

開放型訓練

訓練参加者	12名	体験者	12名	見取者	10名		
面体着装時間	1:14	進入時間	11:17	退出予定時間	:	退出時間	11:22

時間経過	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
上部温度	488	488	474	462	450	432				
中段温度	313	312	319	314	308	302				
下部温度	101	106	109	112	111	111				

バーナー消火時間（自動停止）	11:45

進入から5分30秒

パレット追加 1110 上 600

写真１

写真２

写真３　変色後の示温材

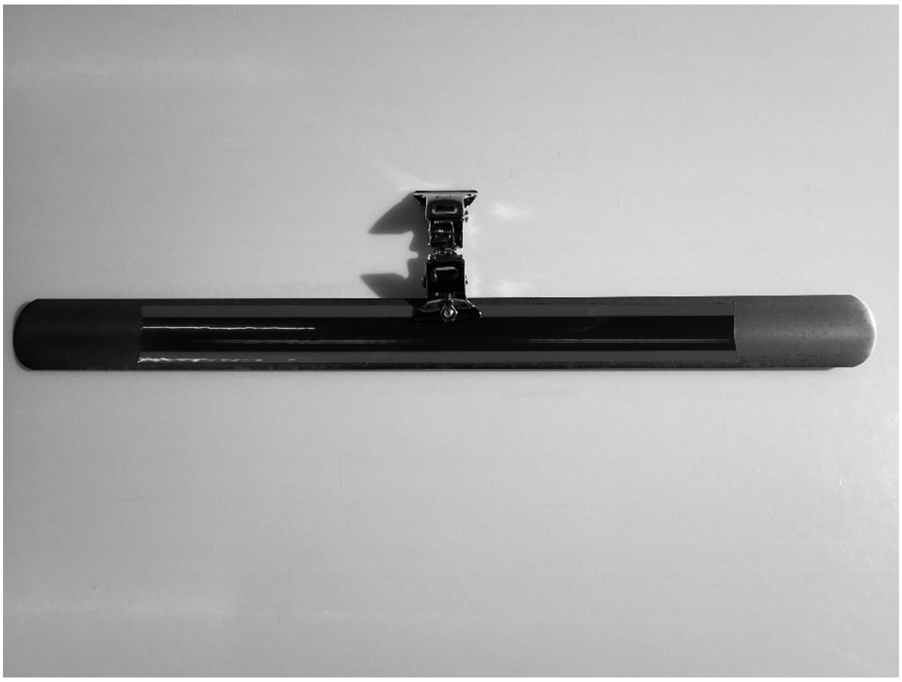

写真４　防火帽の設置状況

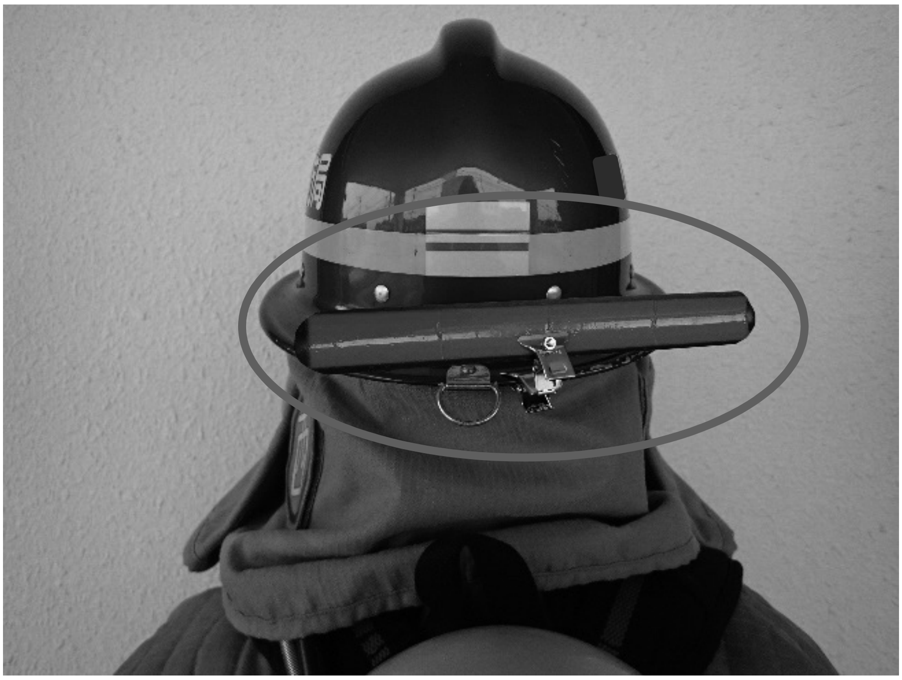

写真５
空気呼吸器の設置状況

写真６　防火手袋の設置状況

写真７　ガンタイプノズルの設置状況

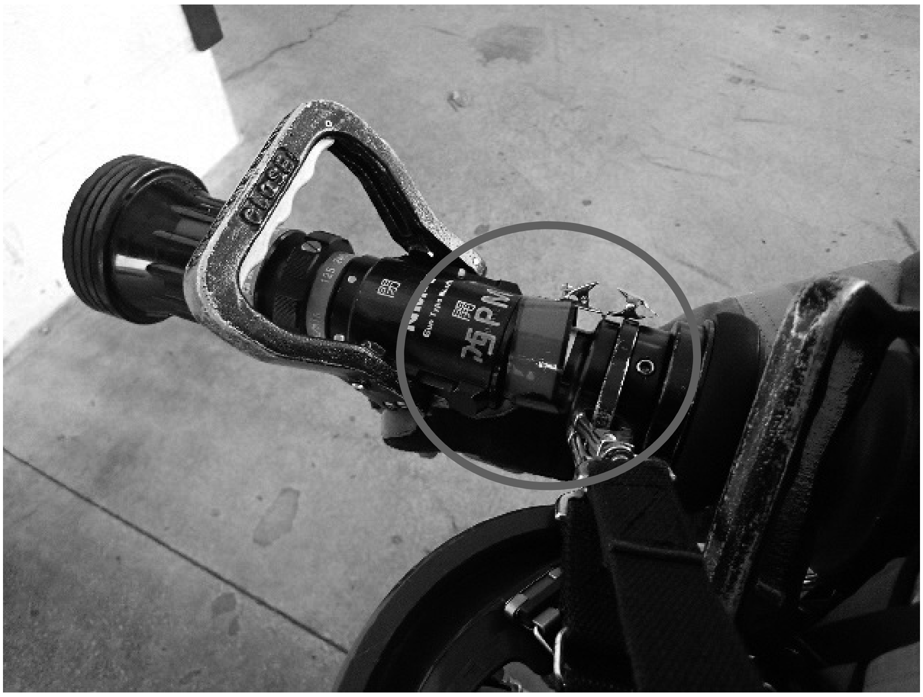

写真８　とび口の設置状況

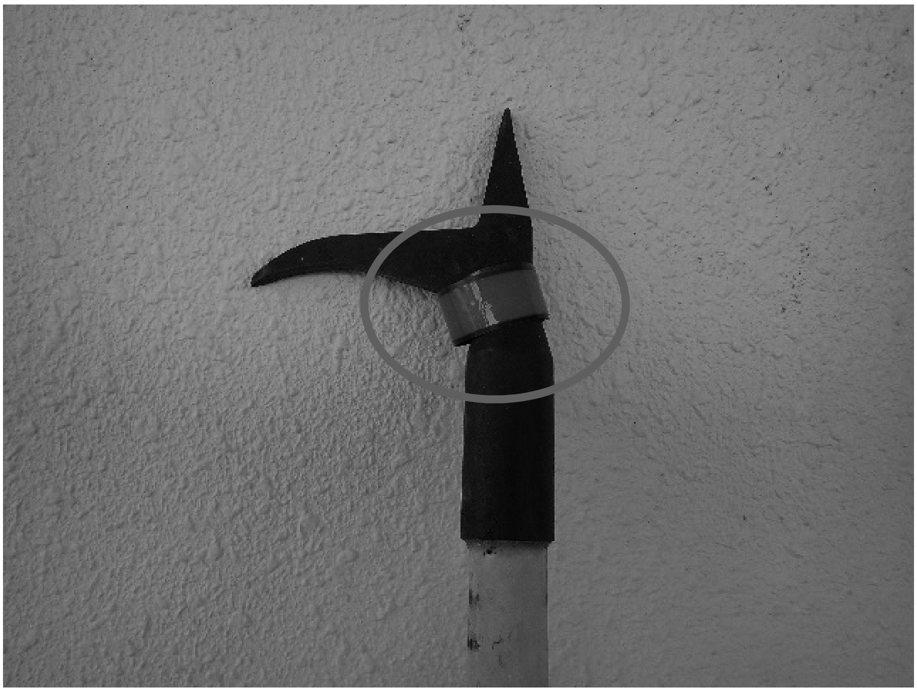

写真９

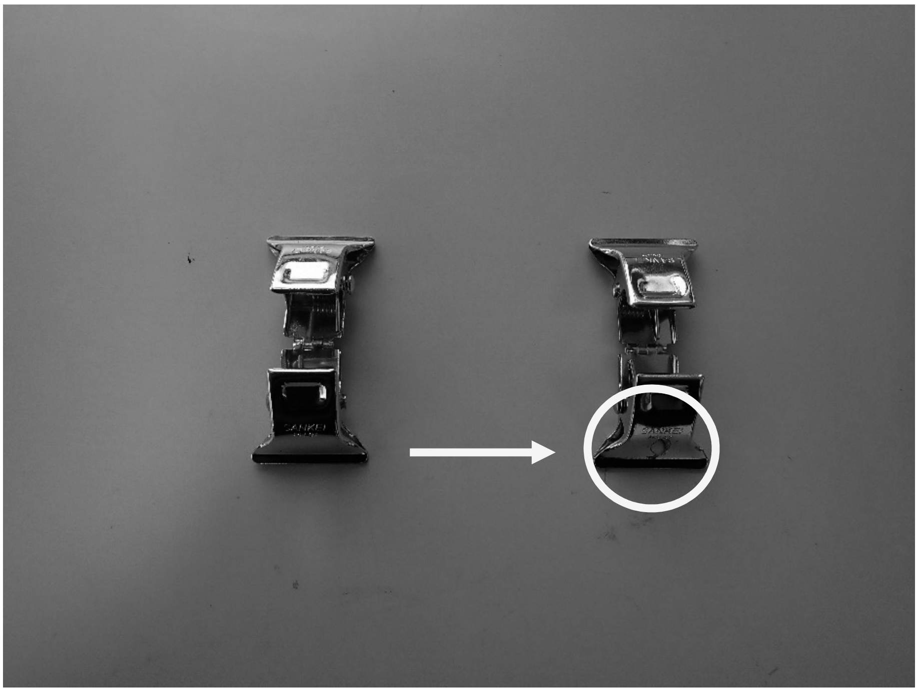

写真１０