

模擬家屋燃焼実験における360度カメラを用いた 撮影方法について

岡山市消防局（岡山県） 中村 淳
岡崎 圭
中山 裕司

1 はじめに

当局では、令和元年度及び令和2年度に模擬家屋を燃焼させる実験（以下「燃焼実験」とする。）を行った。これは、全国の消防学校などで行われているものである。火災件数が減少傾向の中で火災調査体験の「場」として非常に効果的であると考えられている。

その一方で、燃焼実験は模擬家屋の設定や撤収などを含め非常に負担となり、その効果は研修に参加した職員に限定されている。

そこで、この燃焼実験を内部教育のためだけではなく、市民への広報にも活用できるようにと考え、当局では、360度カメラを用いて広報に活用できるような撮影方法を検証した。また熱電対を使いどの箇所（位置）がどの程度温度があるのかを計測し、今後のカメラの位置などの検証に役立てることとした。

2 問題点の整理について

まず、燃焼実験の映像を市民に対して発信するため、撮影に当たり問題点を下記の5点とした。

(1) 問題点1・・・室内の撮影時間

撮影動画を効果的に活用するには、室外からの映像では市民に対し火災の怖さを伝える訴求力が弱いため、室内からの撮影が必要であるものの、輻射熱を受けることから、室内にカメラを置ける撮影時間に限界がある。

(2) 問題点2・・・限られた機会

燃焼実験の「場」が年に1回程度と限られており、何度も実験はできない。また、想定したとおりに火災をコントロールすることは難しい。

(3) 問題点3・・・カメラ脱出のタイミング

カメラを焼損させるわけにはいかず、限界まで撮影するにはかなり慎重になる必要がある。脱出のために室内の状況をリアルタイムで知る必要がある。

(4) 問題点4・・・カメラの仕様

カメラが焼損するリスクを避けるためには、カメラ1台で室内全体を撮影できること。また、輻射熱を受けることから一般的なビデオカメラよりも小型である必要がある。

(5) 問題点5・・・輻射熱のリスク回避

輻射熱が視覚的に確認できないことや、熱電対にも影響を及ぼさないため、目に見える合図（一次溶融）が必要である。

これらを解決する方法として、令和元年度に実施した燃焼実験の結果を基に対策を設定した。（ここでの対策は、問題を解決するための方法のことである。）

3 問題解決のための対策設定について

令和元年度に実施した燃焼実験の平面図は図1のとおりである。

まず、熱電対の結果（グラフ1）を見ると、床上10cm及び床上50cmの部分であれば温度の上昇が相対的に遅いことが分かった。

熱電対は、床上10cm、床上50cm、天井下10cmの3か所を記録した。その結果は歴然としており、天井下10cmが800℃程度である地点で、床上10cmは80℃程度であった。時間では、着火から180秒程度経ってもまだ50℃程度であった。床上10cmは、床上50cmと比較しても、相対的に温度が低いことが分かった。低い位置ほど、温度上昇が低いことが確認できた。

次に、VR映像業者の協力を得ることができたため、試験的に360度カメラを用いた燃焼実験が撮影可能となった。その映像は写真1のとおりである。

映像分析をすると、360度カメラという特性のため、1台で室内をくまなく撮影ができていることが分かる。また、撮影している状況はスマートフ

オンを使用してリアルタイムに確認できるため、カメラの脱出のタイミングを目で見て確認することが可能となった。別に設置した、開口部(上部)の固定カメラなどは20秒ほどで土台が溶けてしまい脱出することとなった。当然ではあるが、室内に置いていた一般的なビデオカメラも着火から10秒程度で脱出することとなった。結果として、業者から提供された360度カメラは焼損してしまったが、映像データは取り出すことに成功した。

そのカメラは写真2のとおりである。上部が溶けていることが分かる。実際に設置するのに、三脚を置いていたため、床上20cm程度の場所に360度カメラは位置していた。リアルタイムにスマートフォンで確認していたにも関わらず、輻射熱は目に見えないため、非常にリスクがあることが分かった。

その後、県消防学校の燃焼実験でも同様に、開口部側で熱電対を使い床上10cm、床上50cm、床上160cm、天井下10cmの4か所を温度測定した。結果は、グラフ2のとおりである。ここからも、床上10cmは床上50cm以上と比べても大きな温度上昇が少ないという差があった。今回は、床上10cmと床上50cmを比べても大きく差が出た。床上10cmは比較的温度が低い場所であることが分かった。

これらの令和元年度に実施した燃焼実験のエビデンスに基づいた対策は以下のとおりである。

(1) 対策1

内部に1台の360度カメラを設置する。

(2) 対策2

360度カメラからデータを転送しスマートフォンで随時状況を確認する。

(3) 対策3

令和元年度に行った燃焼実験の熱電対データを基礎情報として、カメラの位置を低く、開口部側とする。

(4) 対策4

カメラの小型化にこだわり、横に倒した状態の360度カメラで床上10cm以内を確保する。

(5) 対策5

当該カメラに水中用のプラスチックケースをセットし、1次溶融（カバーが溶ける）の様子が見えるようにする。

4 エビデンスを基にした燃焼実験の実施について

令和2年度に模擬家屋の規模を少し大きくした上で燃焼実験を行った。平面図は図2のとおりである。

令和元年度のエビデンスを生かし、5点の対策を基に、小型仕様の360度カメラを使用し、床上10cm以下になるように設置、かつ火元から110cm離しながらも、全体が撮影できる場所にセットした。また、脱出を素早く行うため、開口部に近づけた。最後に、リアルタイムに状況が分かるようにスマートフォンへデータを転送するようにした。

令和元年度と同様に、熱電対の状況を計測しながら実験を行った。

今回の実験は、当局で購入した360度カメラで実施した。その360度カメラには、水中用のプラスチックケースをセットし、プラスチックの溶融状況（一次溶融）によって脱出のタイミングを図ることとした。

結果は下記のとおりである。

まず、熱電対の結果はグラフ3のとおりである。地点2は、火元近くであったため、今回は床上10cmの温度が急激に上昇した。ただし、火元と対角に設置した熱電対は、他の熱電対が100℃を超えている状況で、20℃程度であった。どちらの地点の熱電対も注視しながら、カメラ脱出のタイミングを図った。

360度カメラの位置については、昨年度よりも更に10cm低く、床上10cm以下にカメラをセットしたことによって、ある程度安全な状態で部屋全体を撮影することができた。またリアルタイムの映像があるため、脱出のタイミングも図ることができた。プラスチックケースに多少溶融があった段階で、カメラを脱出した。すでに、着火から240秒程度経過していた。カメラは正常な状態で動作し室内の火災の撮影に成功した。（写真3）当日の燃焼実験の様子は写真4のとおりである。360度カメラの特性として、レンズがある程度、撮影面に出ていれば、全面を撮影することが分かる。また、

開口部側で、内部を確認しながら、カメラの脱出を図ることができた。

結論としては、燃焼実験において、床上10cmの位置は火元の影響を極端に受けない限り、輻射熱も含め、ある程度安全であることが分かった。また、室内の火災の映像を360度カメラで撮影することで、火災が延焼拡大する映像を撮影することができた。(写真5)

先に挙げた5つの問題点に対し、5つの対策を講じることである程度の問題は解決された。ただし、問題2で挙げているとおり、燃焼実験の機会が少ないことから、繰り返し同様の結果が導かれるかの信ぴょう性はまだ低いと言わざるを得ない。

5 燃焼実験映像の活用について

これらの燃焼実験によって、以下の3つの成果物を得ることができた。

(1) YouTubeによる外部への展開

360度カメラで撮影した映像を公式YouTubeチャンネルに投稿したところ、動画へのアクセス数が約2万件となった(2本の動画の合計)。また、テレビ局から、当該動画の使用についての提供依頼が複数あった。

360度カメラで撮影したため、思った場所に視点を動かせることから活用の幅が広がったと考えられる。

(2) VRソフトとしての使用

最近では安価な段ボール型のVRゴーグルが市販されている。スマートフォンを段ボール型ゴーグル内に入れ込むことで、簡単にVR体験が可能である。また、スタンドアロンタイプのVRゴーグルであれば、より臨場感のある体験をすることが可能となる。実際に予防広報時に使用した際の様子は写真6のとおりである。

また、この燃焼実験の映像をVRゴーグルで体験した市民のアンケート結果は資料1のとおりである。本物の火災映像であるため、CGと比較しても臨場感を最大限に発揮することができた。ほとんどの体験者が、臨場感があったと回答している。また、アンケートの結果としては、「怖かった」など実際に火災を体験したような気持ちになっていることが分かった。これらは広報行事などでも使用ができるソフトとなった。

(3) 熱電対の結果の蓄積

熱電対で、床上10cm、床上50cm、床上160cm、天井下10cmのデータを蓄積することができた。これは、火災が発生した室内の状況で、どの部分（位置）が温度という指標で比較的安全であるかを確認することができた。また、室外から撮影した動画と熱電対のデータを比較することで、開口部で吸気側と排気側が形成され、吸気側では、新鮮な空気が外部から入ることで、周辺が燃焼している状態であっても、温度がほとんど上がっていないという状況を確認することができた。これらは、貴重な情報となった。火災からの避難を広報する中でも、有害な煙を吸わないようにできるだけ低い姿勢になることを指導しているが、このエビデンスを基により、温度の観点からも姿勢を低くする必要性を職員側にも訴求することができた。

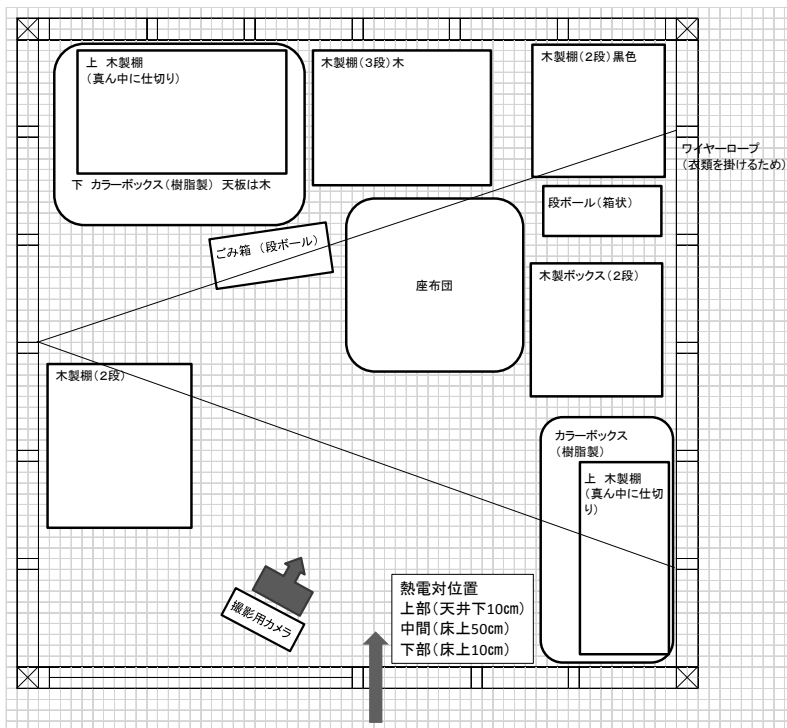
火災調査の教養としての実験目的は、360度カメラを用いて撮影することで、副次的に市民への広報につながった。

6 今後の展望

今後としては、これらの火災映像及び熱電対のデータを更に蓄積し、どの部分（位置）にカメラを置いたら安全であるかを検証していきたい。

カメラを焼損させないことが、火災発生時の安全な場所の検証になればと期待する。今回行った検証が、全国の消防本部の一助となれば幸いである。

図1 令和元年度局内燃焼実験時の模擬家屋平面図



グラフ1 令和元年度局内燃焼実験時の熱電対結果

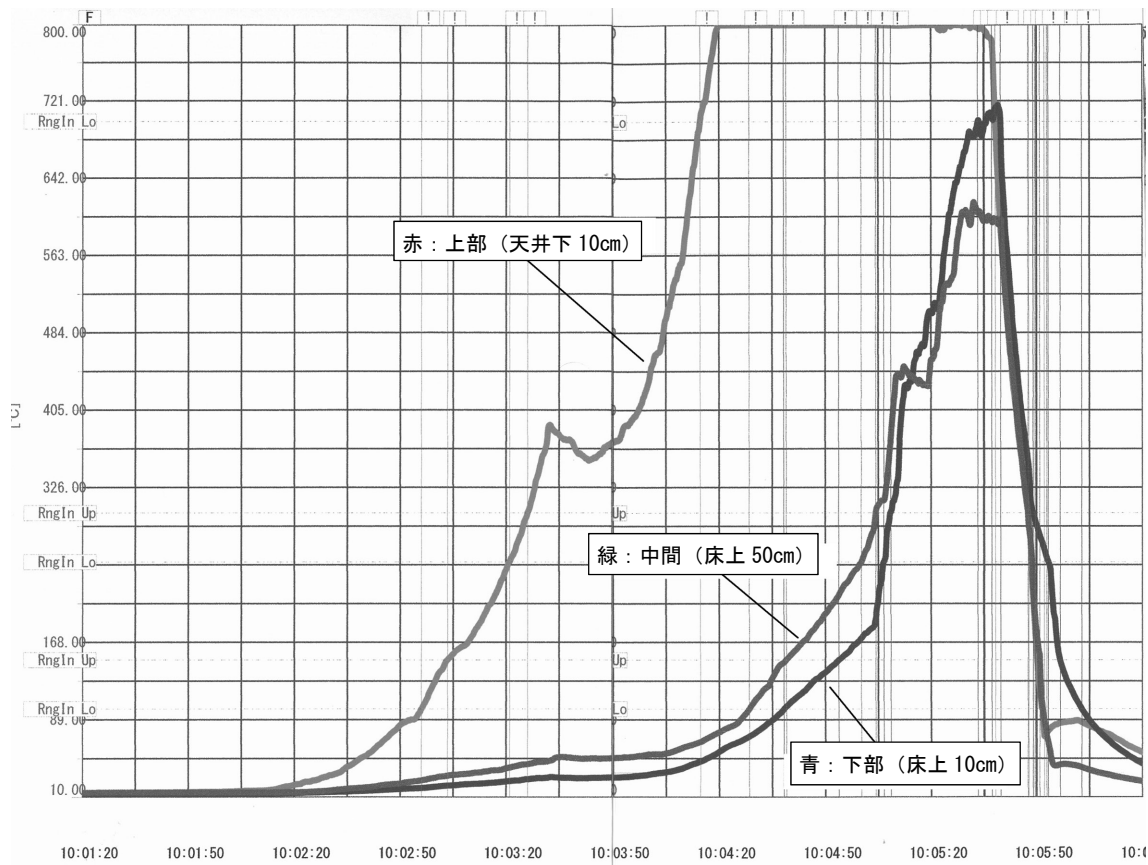


写真1 燃焼実験の360度映像

写真2 上部を焼損した360度カメラ (VR映像業者所有)



グラフ2 令和元年度県消防学校燃焼実験時の熱電対結果
(床上10cm、床上50cm、床上160cm、天井下10cm)

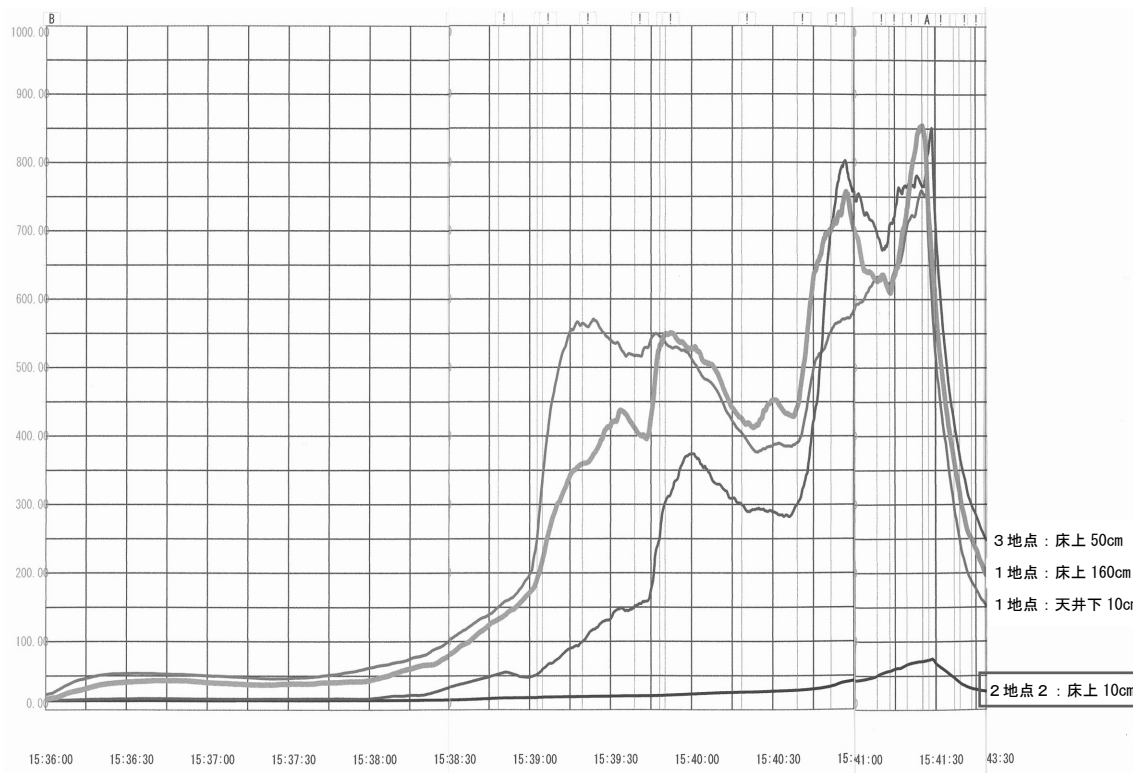
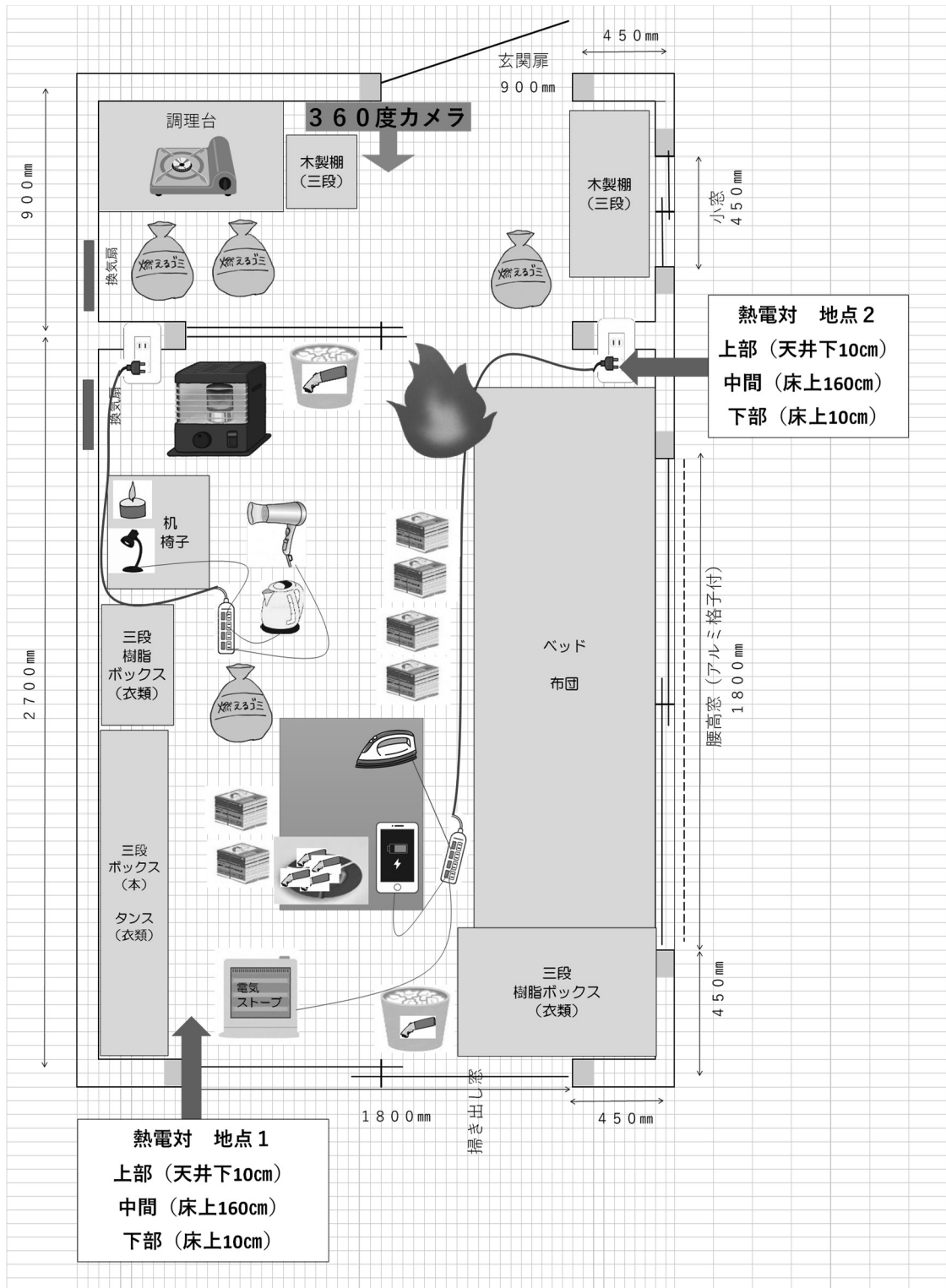


図2 令和2年度局内燃焼実験時の模擬家屋平面図



グラフ3 令和2年度局内燃焼実験時の熱電対結果

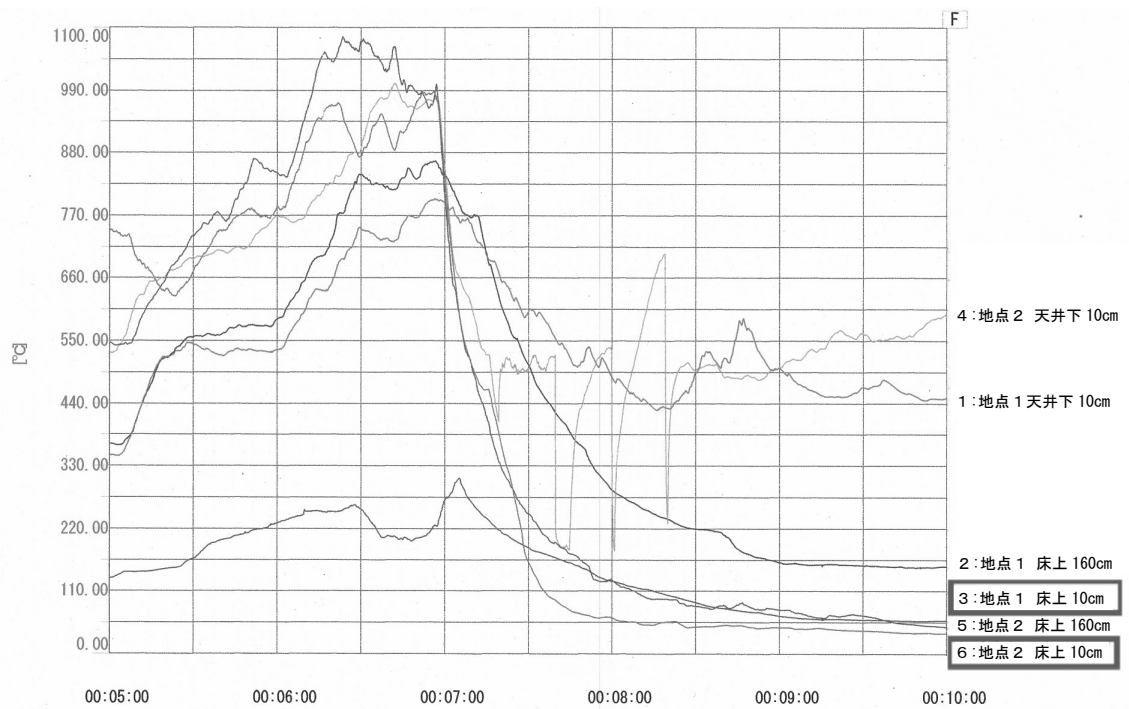
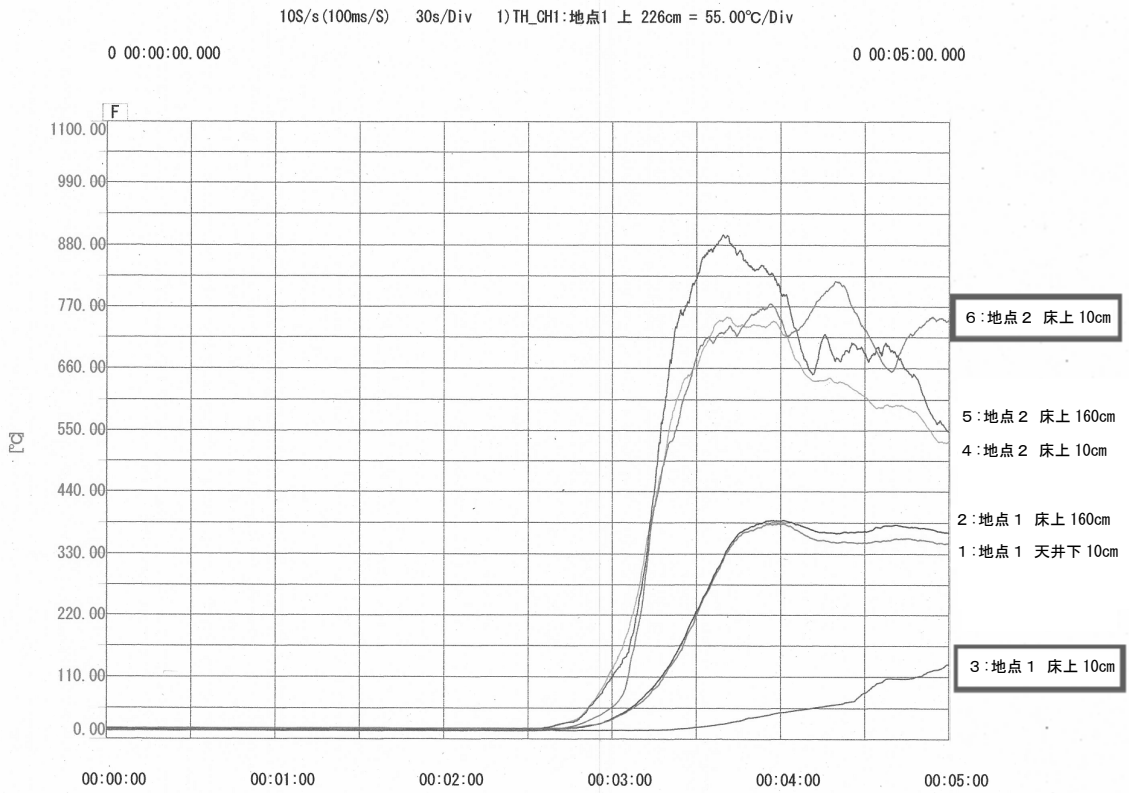


写真3 令和2年度撮影時に使用した360度カメラとプラスチックケース

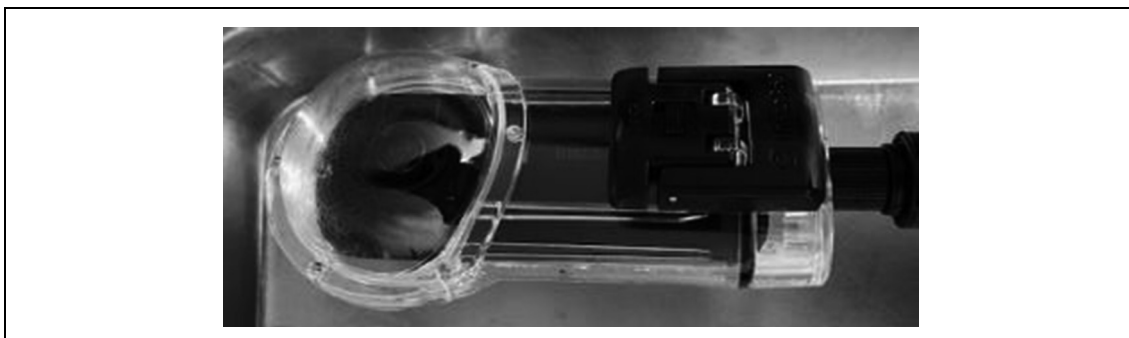


写真4 令和2年度局内燃焼実験時の撮影の様子



写真5 令和2年度の燃焼実験の映像

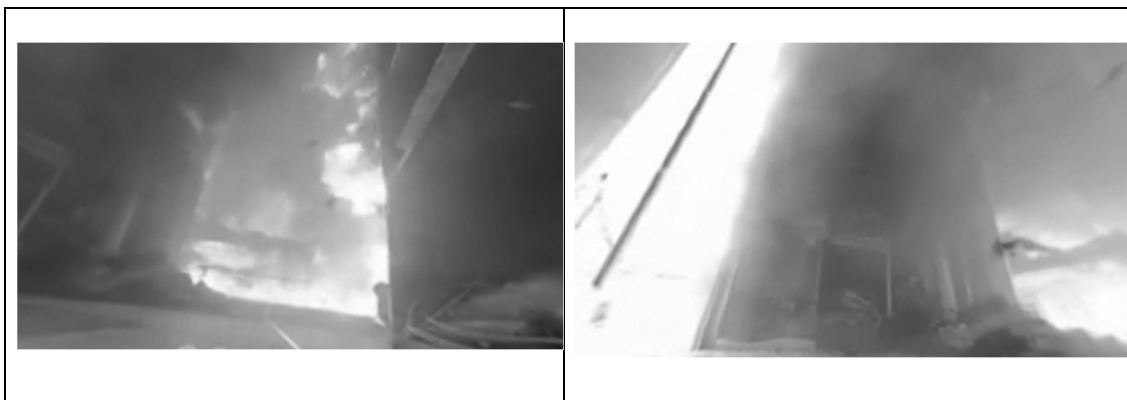


写真6 VRゴーグルで火災を体験している様子



資料1 燃焼実験の映像をVRゴーグルで体験した市民の感想

おもしろかったです。
すごく燃えていてなかなかできない体験ができた。
どのような火災かわかった。
リアルで怖かったです。
リアルな体験ができました。
火に囲まれたらひとたまりもないことが分かりました。
火の広がり方などがわかり良かったです。
火事に気をつけたい。
子供が集中して見ていました。
初めてVRを体験したが臨場感があり火事を体験したような気がした。
臨場感があって、本当にそこにいるような感じだった。