

総務省消防庁 御中

特殊消火設備の設置基準等に係る検討のための  
消火性能の検証実験報告書

能美防災株式会社

## 1 背景

消防庁様により、泡消火設備等の特殊消火設備に求められる性能を整理するとともに、特殊消火設備に係る新たな設置基準等を検討されている。

その特殊消火設備の設置基準等に係る検討のための実験を能美防災が受託し、実施した。

## 2 本実験の目的

消防庁様の検討で自動車の燃焼性状把握のために自由燃焼の実験を実施し、その結果を基に、クリブ・ヘプタン・鉄板などでモデル化を行っている。この簡易モデルと呼ばれる火災モデルに対し、従来の泡消火設備が有する燃焼抑制性能や延焼拡大防止性能を確認するために実験を行った。

## 3 実験場所

能美防災株式会社 A 研究棟 第 1 実験場

住所 埼玉県熊谷市妻沼 5058 番地

## 4 実験日

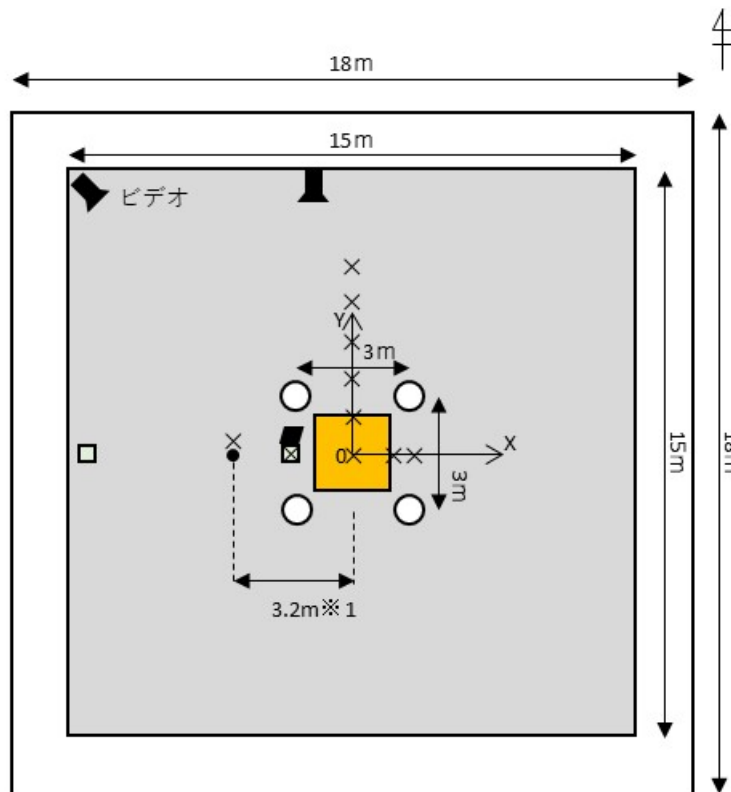
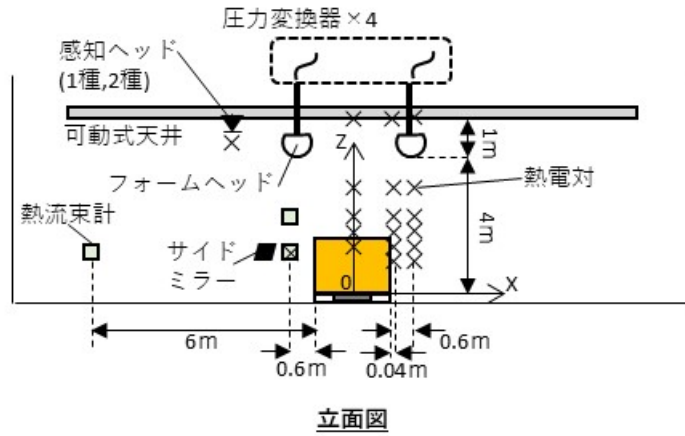
2022 年 2 月 25 日(金), 3 月 1 日(火), 3 日(木) 本実験

## 5 実験条件

表 1 に各実験条件、図 1-1、図 1-2、図 1-3 に各実験レイアウト、図 2 に簡易モデル外装を示す。

表 1 実験条件

項目	条件	備考
フォームヘッド	性能評定品	
フォームヘッド高さ	4.0m(2/25), 3.0m(3/1, 3/3)	火災模型想定床面 ～フォームヘッドの離間距離
放射圧	0.25MPa	放射圧力下限値
総流量	140L/min ※35L/(min・個)×4 個	放射量下限値
消火薬剤	検定品	3%型
放射開始時間	ノルマルヘプタンへ点火後 120sec	消防庁様指定
放射時間	10min	消防庁様指定 実験中止の場合は、その時点まで
感知ヘッド	感度種別 1 種 標示温度 66℃ 感度種別 2 種 標示温度 68℃ 感度種別 1 種 標示温度 72℃ 感度種別 2 種 標示温度 72℃	
天井高さ	5m	火災模型想定床面～天井の離間距離 ※火災模型想定床面高さは実験場床から 0.28m
実験レイアウト	図 1-1(2/25), 図 1-2(3/1), 図 1-3(3/3)	消防庁様指定
簡易モデル	自動車 A 火災想定模型 外装:幅 2m、奥行 2m, その他は図 2 に示す 内部クリブ:杉材 4cm×4cm×150cm 含水率:10～15% 13 本/段×20 段 クリブ間隙間:8cm 段の両端は 1cm 空け	消防庁様指定
助燃剤	φ 1m 火皿内の n-ヘプタン 1.5L 燃焼	
換気量	約 320m <sup>3</sup> /min(2/25, 3/3, 3/5 点火後 90sec まで), 約 800m <sup>3</sup> /min(3/5 点火後 90sec 以降)	実験場外への煙流出や天井裏温度上昇を 抑えるため

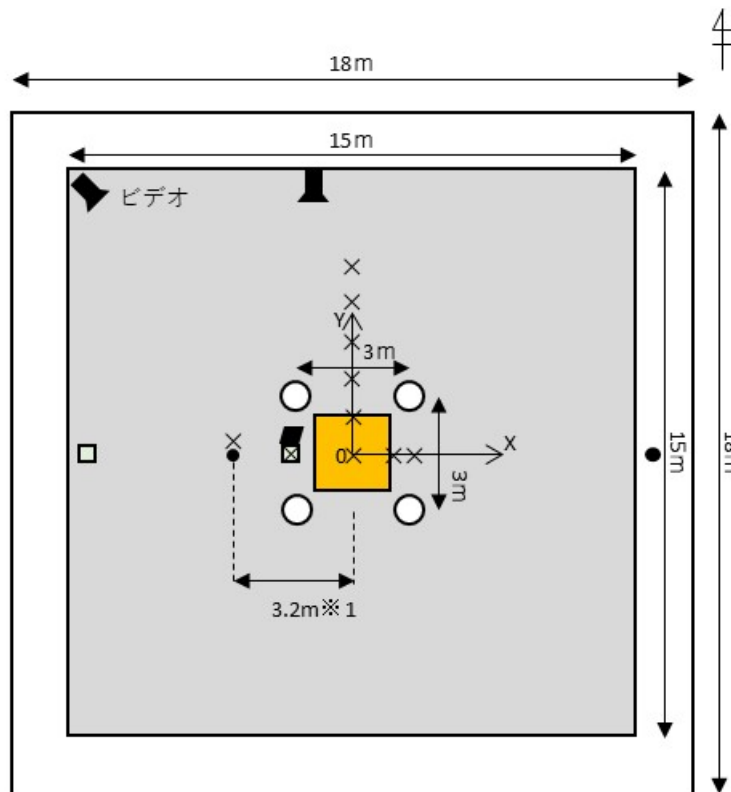
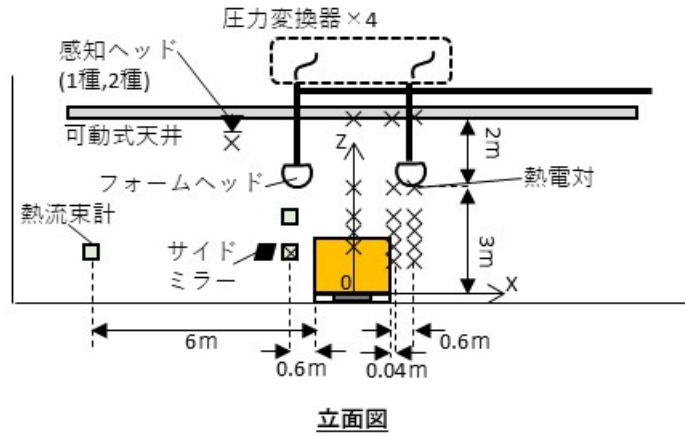


**熱電対位置(X,Y,Z):** ※ 泡の付着がありそうな高さでは傘付  
 (0m,0m,1.4m) (0m,0m,1.8m) (0m,0m,2.2m) (0m,0m,3.0m)  
 (0m,0m,5.0m) (1.04m,0m,1.0m) (1.04m,0m,1.4m) (1.04m,0m,1.8m)  
 (1.04m,0m,2.2m) (1.04m,0m,3.0m) (1.04m,0m,5.0m)  
 (1.6m,0m,1.0m) (1.6m,0m,1.4m) (1.6m,0m,1.8m) (1.6m,0m,2.2m)  
 (1.6m,0m,3.0m) (1.6m,0m,5.0m) (-1.6m,0m,1.2m) (-3.2m,0m,5.0m)  
 (0m,1.0m,5.0m) (0m,2.0m,5.0m) (0m,3.0m,5.0m) (0m,4.0m,5.0m)  
 (0m,5.0m,5.0m)

**熱流束計位置(X,Y,Z):**  
 (-1.6m,0m,1.2m) (-1.6m,0m,2.2m) (-7m,0m,1.2m)

※ 1: 1種ヘッドで7m高さ以下、2種ヘッドで5m高さ以下だと  
 最大20㎡に1個。(予防事務審査・検査基準(東京消防庁監修)より)  
 正方形だと4.47m四方になり、その中心にヘッドとすると、  
 最遠が3.16m < 3.2m

図 1-1 実験レイアウト (2/25 実験)

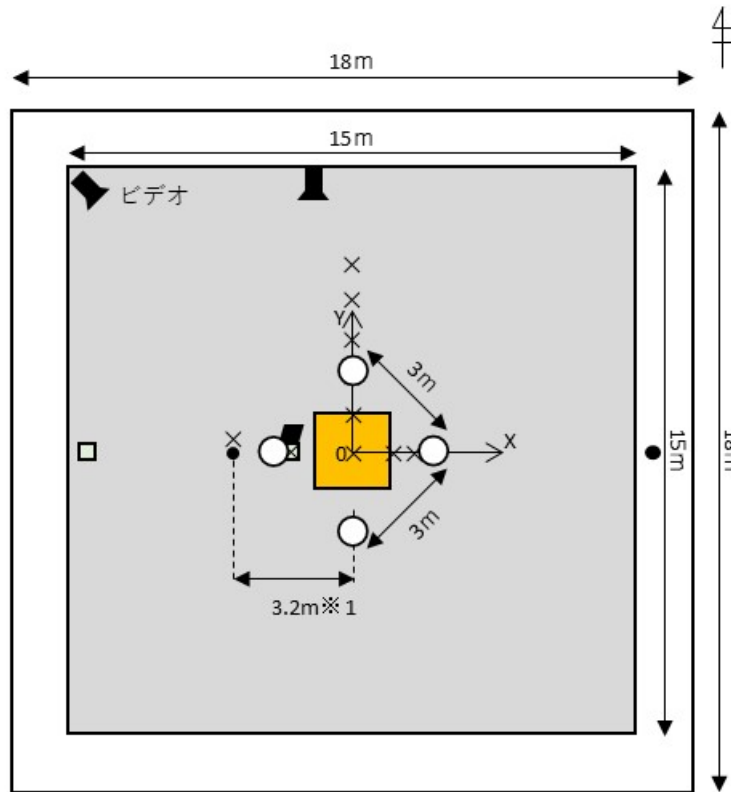
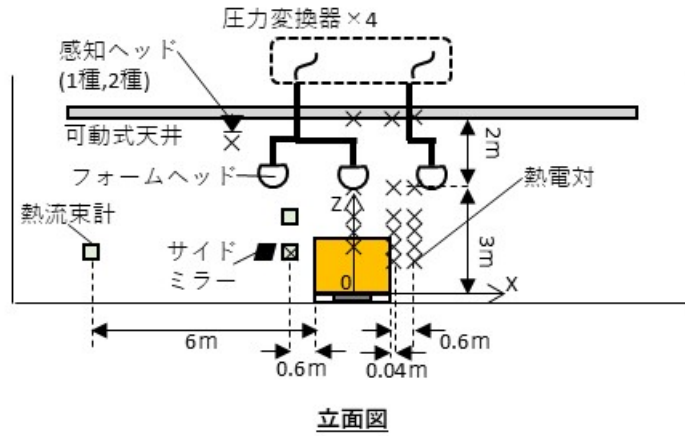


**熱電対位置(X,Y,Z):** ※ 泡の付着がありそうな高さでは傘付  
 (0m,0m,1.4m) (0m,0m,1.8m) (0m,0m,2.2m) (0m,0m,3.0m)  
 (0m,0m,5.0m) (1.04m,0m,1.0m) (1.04m,0m,1.4m) (1.04m,0m,1.8m)  
 (1.04m,0m,2.2m) (1.04m,0m,3.0m) (1.04m,0m,5.0m)  
 (1.6m,0m,1.0m) (1.6m,0m,1.4m) (1.6m,0m,1.8m) (1.6m,0m,2.2m)  
 (1.6m,0m,3.0m) (1.6m,0m,5.0m) (-1.6m,0m,1.2m) (-3.2m,0m,5.0m)  
 (0m,1.0m,5.0m) (0m,2.0m,5.0m) (0m,3.0m,5.0m) (0m,4.0m,5.0m)  
 (0m,5.0m,5.0m)

**熱流束計位置(X,Y,Z):**  
 (-1.6m,0m,1.2m) (-1.6m,0m,2.2m) (-7m,0m,1.2m)

※ 1: 1種ヘッドで7m高さ以下、2種ヘッドで5m高さ以下だと  
 最大20㎡に1個。(予防事務審査・検査基準(東京消防庁監修)より)  
 正方形だと4.47m四方になり、その中心にヘッドとすると、  
 最遠が3.16m < 3.2m

図 1-2 実験レイアウト (3/1 実験)



**熱電対位置(X,Y,Z):** ※ 泡の付着がありそうな高さでは傘付  
 (0m,0m,1.4m) (0m,0m,1.8m) (0m,0m,2.2m) (0m,0m,3.0m)  
 (0m,0m,5.0m) (1.04m,0m,1.0m) (1.04m,0m,1.4m) (1.04m,0m,1.8m)  
 (1.04m,0m,2.2m) (1.04m,0m,3.0m) (1.04m,0m,5.0m)  
 (1.6m,0m,1.0m) (1.6m,0m,1.4m) (1.6m,0m,1.8m) (1.6m,0m,2.2m)  
 (1.6m,0m,3.0m) (1.6m,0m,5.0m) (-1.6m,0m,1.2m) (-3.2m,0m,5.0m)  
 (0m,1.0m,5.0m) (0m,2.0m,5.0m) (0m,3.0m,5.0m) (0m,4.0m,5.0m)  
 (0m,5.0m,5.0m)

**熱流束計位置(X,Y,Z):**  
 (-1.6m,0m,1.2m) (-1.6m,0m,2.2m) (-7m,0m,1.2m)

※ 1: 1種ヘッドで7m高さ以下、2種ヘッドで5m高さ以下だと  
 最大20㎡に1個。(予防事務審査・検査基準(東京消防庁監修)より)  
 正方形だと4.47m四方になり、その中心にヘッドとすると、  
 最遠が3.16m < 3.2m

図 1-3 実験レイアウト (3/3 実験)

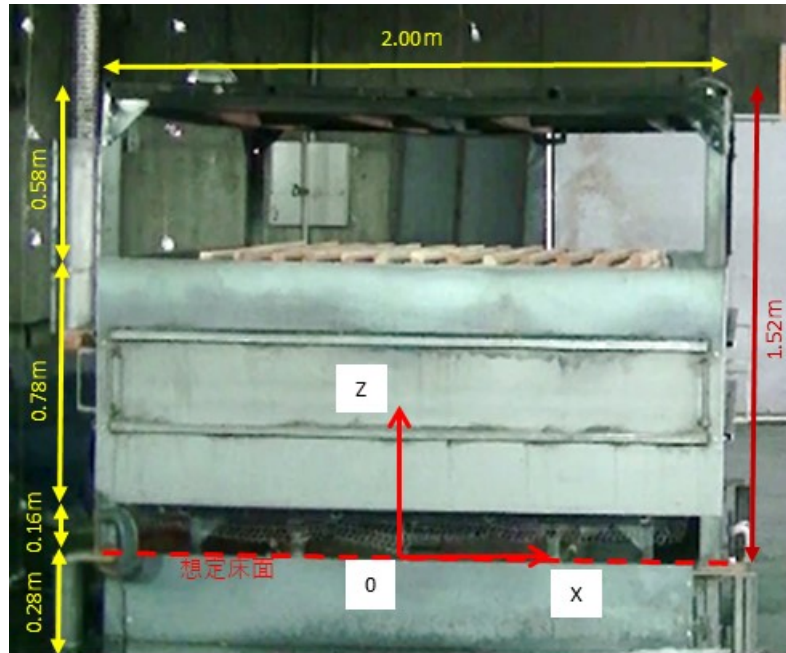


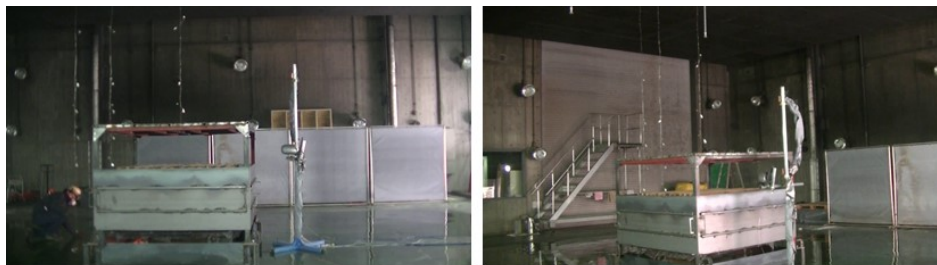
図2 簡易モデル外装写真

## 6 実験結果

### 6.1 2/25 実験結果 ※実験レイアウト:図 1-1 参照

(ヘッド配置: (1.5m, 1.5m, 4.0m), (1.5m, -1.5m, 4.0m), (-1.5m, 1.5m, 4.0m), (-1.5m, -1.5m, 4.0m))

点火直前の外観を図 3-1 に示す。



a)北側カメラから

b)北西側カメラから



c)北側カメラアップ

図 3-1 点火直前の外観

実験のイベント表を表2に示す。

表2 2/25 実験イベント表

時間[sec]	イベント	備考
0	点火開始	
44	感知ヘッド(感度種別1種)作動	
49	感知ヘッド(感度種別1種)作動	
62	感知ヘッド(感度種別2種)作動	
75	感知ヘッド(感度種別2種)作動	
120	放射開始	
350	実験終了	(-7.0m, 0m, 1.2m)の熱流束計が $0.7\text{kW/m}^2$ (自動車研究所様において実施した本模型の自由燃焼実験より算出した発熱速度4MW相当の熱流束で、実験実施に当たって消防庁様と合意した実験中止条件)を継続的に超え、各部天井温度も高温となり、天井裏の計測器等の保護のため、実験を終了。



続いて、実験時の燃焼の様子を図 3-2 に示す。泡放射による火勢の抑制は確認できなかった。



図 3-2 2/25 実験時の燃焼の様子

続いて、実験時の熱流束を図 3-3 に示す。60sec 付近で各測定点において熱流束が降下しているが、助燃剤のヘプタンがほぼ燃え尽きたためと推定する。また、120sec 以降、各測定点で熱流束の激しい変動が起きているが、泡の放射によるダウンフローで火炎形状が変化しやすくなったためと推定する。なお、(-1.6, 0, 1.2), (-1.6, 0, 2.2) の変動が(-7.0, 0, 1.2) と比べて大きくなっているのは、センサー自体への泡の付着やその剥れ・乾燥が繰り返されたためと推定する。

泡の付着なくセンサー表面の冷却の影響を受けない(-7.0, 0, 1.2) は放射直後を除き、熱流束は上昇もしくは停滞しているように見えることから、泡の付着により直接センサーを濡らす効果以外の熱流束遮断効果はほぼないものと考えられる。

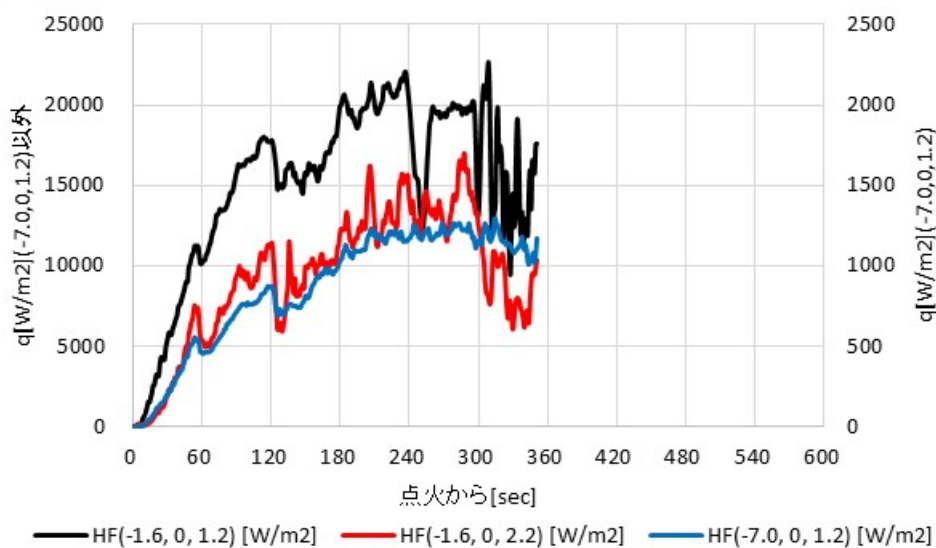


図 3-3 2/25 実験時の熱流束

続いて、実験時の各温度を図 3-4~9 に示す。なお、特に図 3-4 について、(0, 0, 1.4)は簡易モデル外装内部であり泡放射の影響を受けないため火炎温度となっている、(0, 0, 3.0)は泡のしぶきが上昇気流で不定期に付着し温度が変動しているものと推定する。図 3-5 について、(1.04, 0, 1.4)と(1.04, 0, 1.8)は簡易モデル外装の開口付近であるため噴出火炎温度測定しているものと推定する。

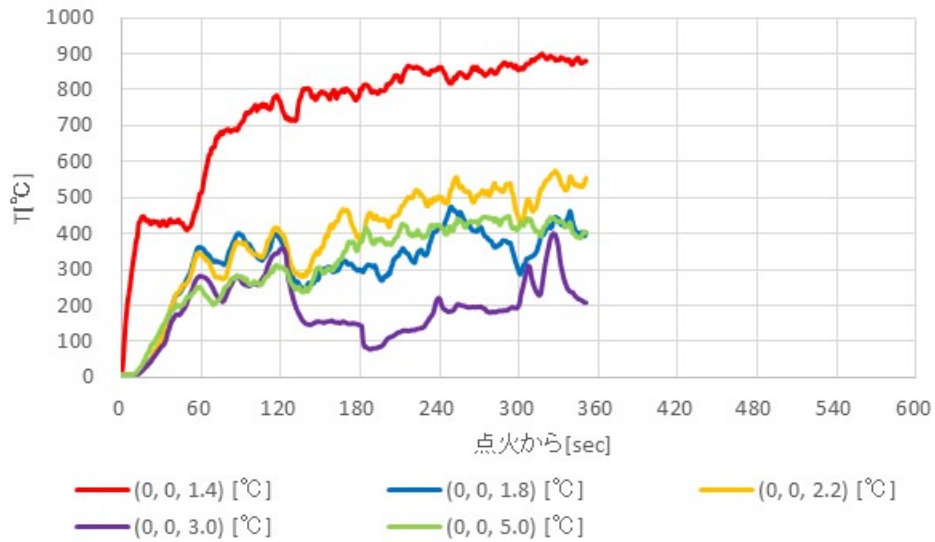


図 3-4 2/25 実験時の温度 ( $x=0, y=0$ )

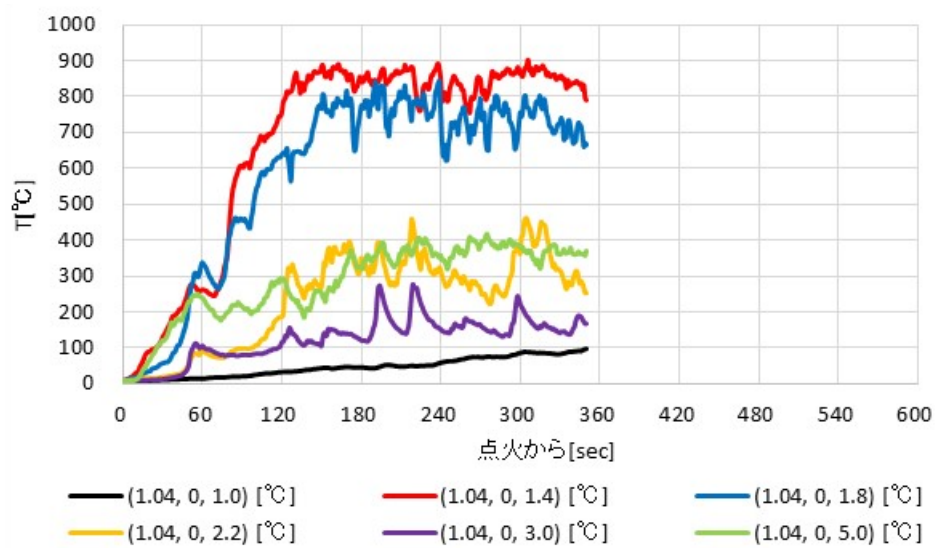


図 3-5 2/25 実験時の温度 ( $x=1.04, y=0$ )

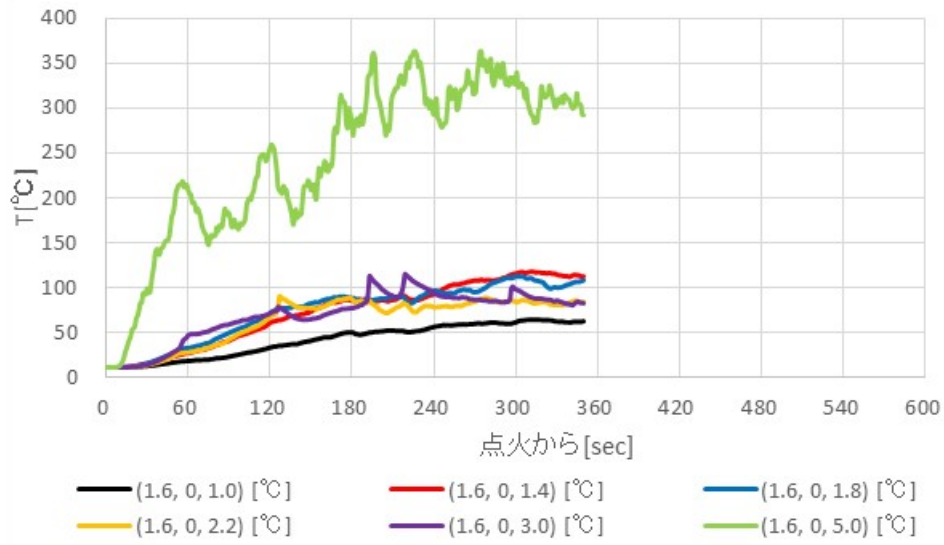


図 3-6 2/25 実験時の温度 ( $x=1.6, y=0$ )

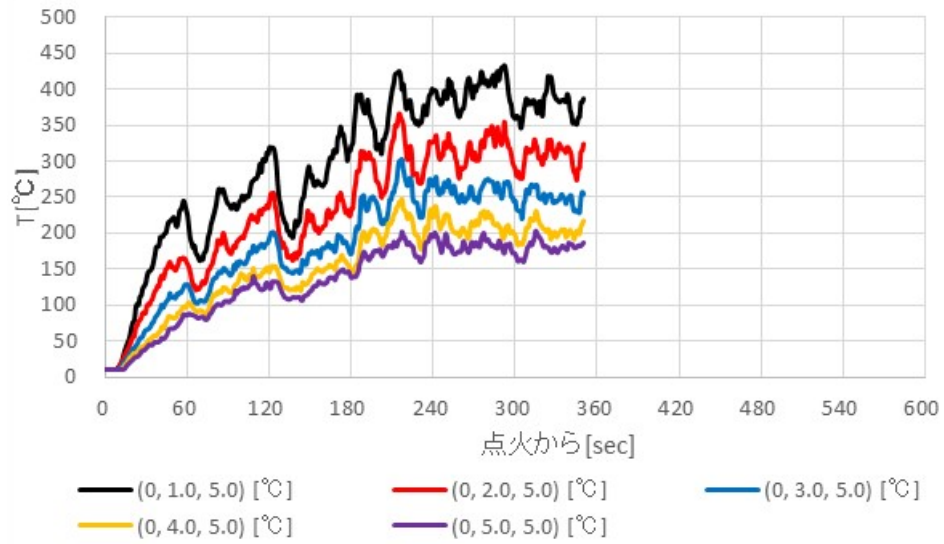


図 3-7 2/25 実験時の温度 ( $x=0, z=5.0$ )

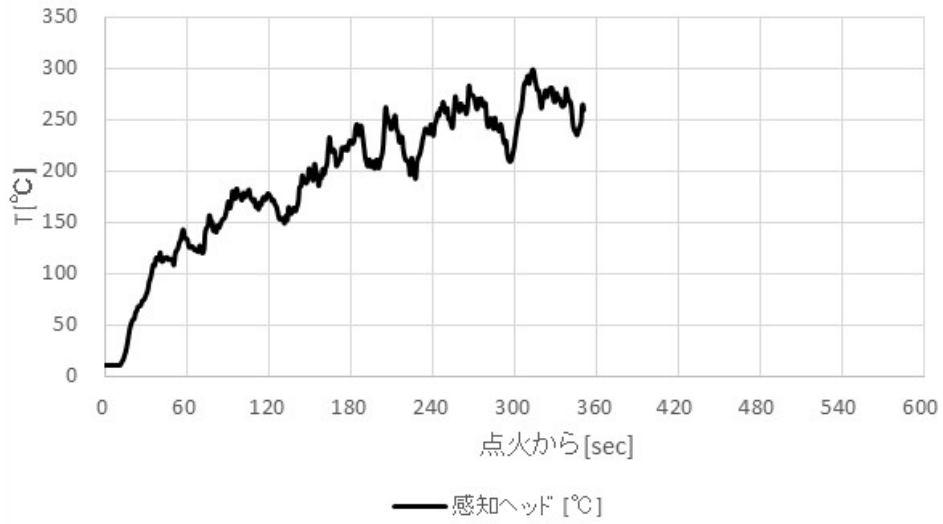


図 3-8 2/25 実験時の温度(感知ヘッド)

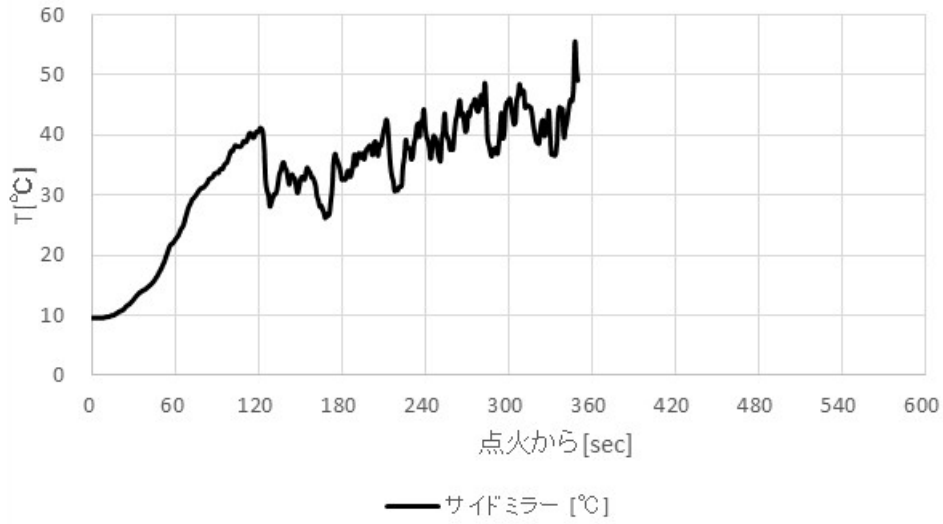


図 3-9 2/25 実験時の温度(サイドミラー)

続いて、実験時の放射圧力(圧力センサーの値)を図 3-11 に示す。圧力センサーの取り付け位置は、フォームヘッドの約 2m 上のため、放射圧を 0.25MPa とした場合、圧力センサーの値は水頭圧分の約 0.02MPa を差し引いた約 0.23MPa となるが、計測値は 0.23MPa より多少高い値となった。これについて、放射開始直後(120 秒付近)に水撃が確認されていることから配管内に多少のエアが残留していたことが推定され、エアの影響で圧力が水頭圧分減少しなかったものとする。ただし、流量計において総流量が 140L/min であることは確認していることから、ヘッドの放射圧力および総流量は所定条件を満たしていたものとする。

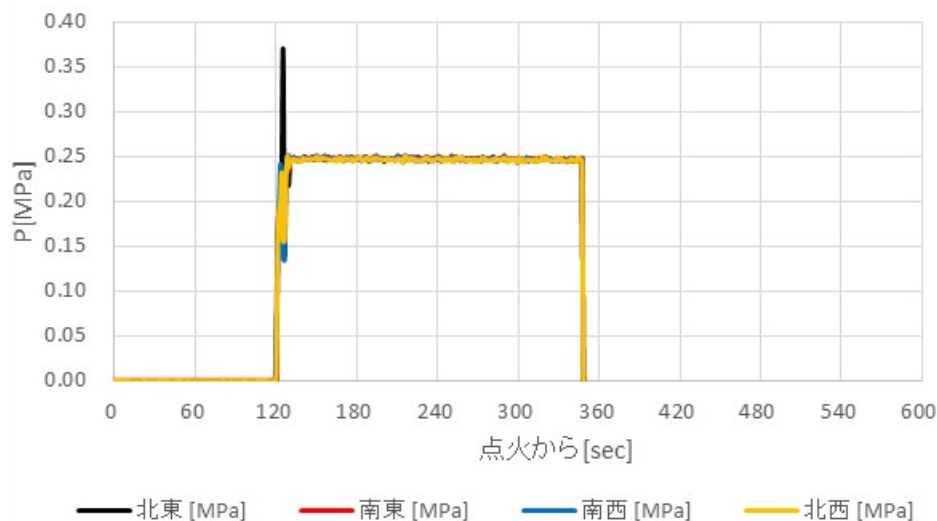


図 3-10 2/25 実験時の圧力

続いて、実験後の外観を図 3-12 に示す。簡易モデル外装の変形はほとんどない。また、サイドミラーは簡易モデル側先端がわずかに焦げる程度で著しい損傷は確認できなかった。



図 3-11 実験後の外観

6.2 3/1 実験結果 ※実験レイアウト:図 1-2 参照

(ヘッド配置: (1.5m, 1.5m, 3.0m), (1.5m, -1.5m, 3.0m), (-1.5m, 1.5m, 3.0m), (-1.5m, -1.5m, 3.0m))

2/25 の実験から、外装の影響を軽減しクリブへ泡をかかりやすくするために、ヘッドの高さを 3m 高さまで立下げよう消防庁様より指示を受け、実験を行った。

点火直前の外観を図 4-1 に示す。



図 4-1 点火直前の外観

実験のイベント表を表 3 に示す。

表 3 3/1 実験イベント表

時間[sec]	イベント	備考
0	点火開始	
54	感知ヘッド(感度種別 1 種)作動	
54	感知ヘッド(感度種別 1 種)作動	
70	感知ヘッド(感度種別 2 種)作動	
86	感知ヘッド(感度種別 2 種)作動	
120	放射開始	
395	実験終了	(-7.0m, 0m, 1.2m)の熱流束計が 0.7kW/m <sup>2</sup> (自動車研究所様において実施した本模型の自由燃焼実験より算出した発熱速度 4MW 相当の熱流束で、実験実施に当たって消防庁様と合意した実験中止条件)を継続的に超え、新たに設置した天井裏の熱電対の温度が継続して 50℃を超え、計測器保護のため実験を終了。



続いて、実験時の燃焼の様子を図 4-2 に示す。泡放射による火勢の抑制は確認できなかった。

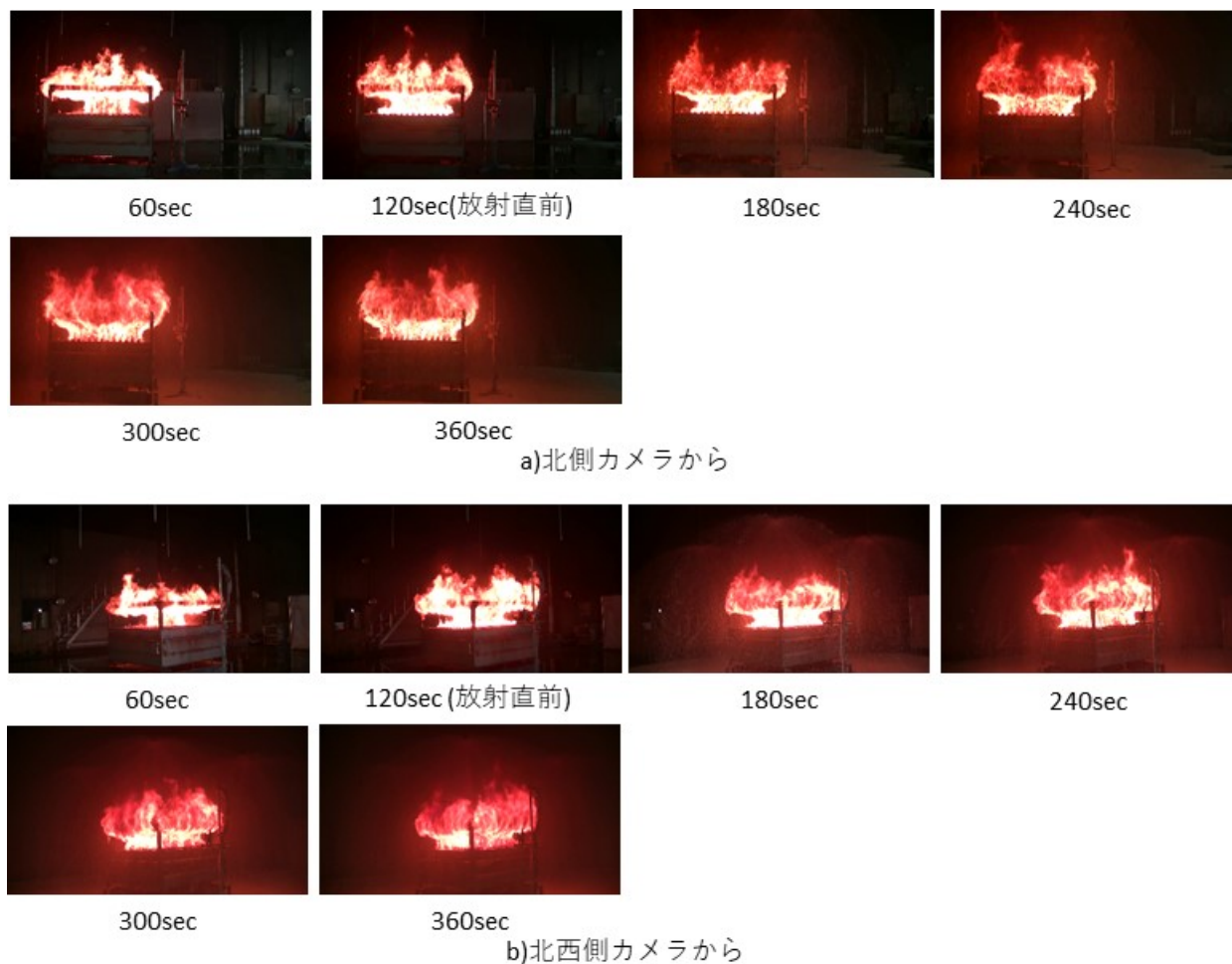


図 4-2 3/1 実験時の燃焼の様子



続いて、実験時の熱流束を図 4-3 に示す。2/25 実験同様、泡の付着により直接センサーを濡らす効果以外の熱流束遮断効果はほぼないものと考えられる。

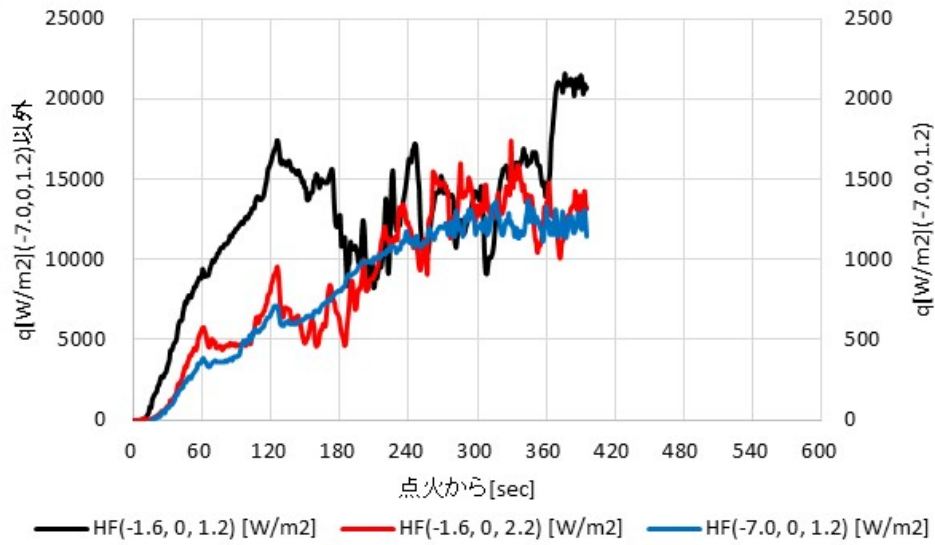


図 4-3 3/1 実験時の熱流束

続いて、実験時の各温度を図 4-4～9 に示す。2/25 実験と同様に、(0, 0, 1.4) は簡易モデル外装内部であり火炎温度で、(1.04, 0, 1.4) と (1.04, 0, 1.8) は噴出火炎温度測定しているものと推定する。

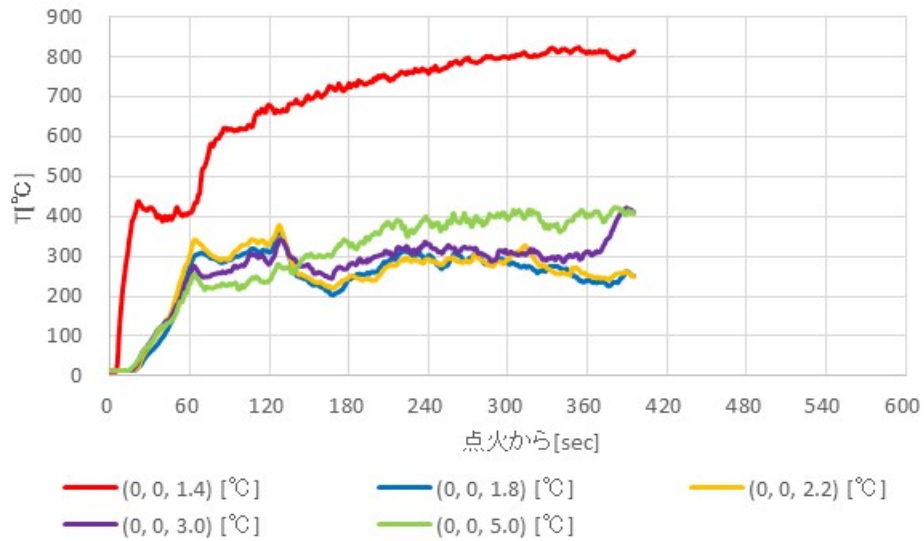
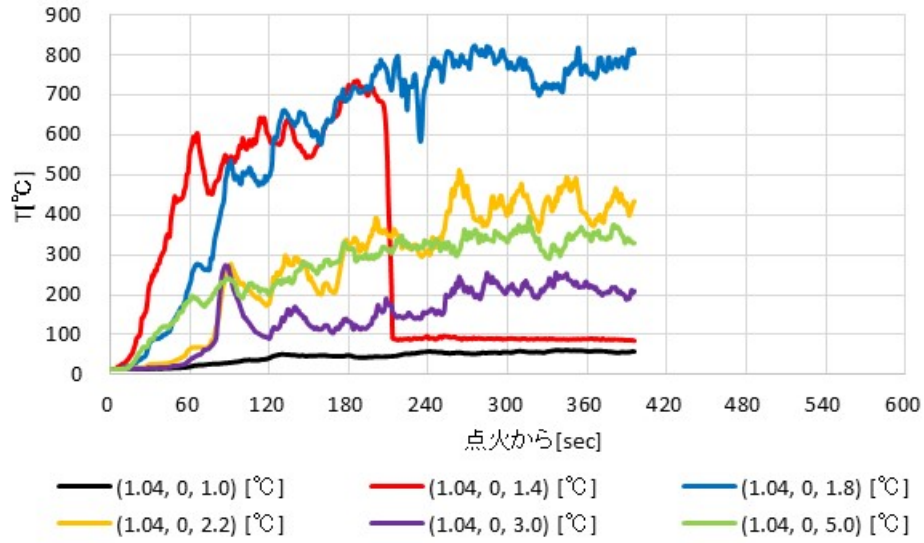


図 4-4 3/1 実験時の温度 (x=0, y=0)



※210sec以降で(1.04, 0, 1.4)の熱電対は傘を付けているが、傘が脱落し泡が付着し続けたものと推定する。

図 4-5 3/1 実験時の温度 (x=1.04, y=0)

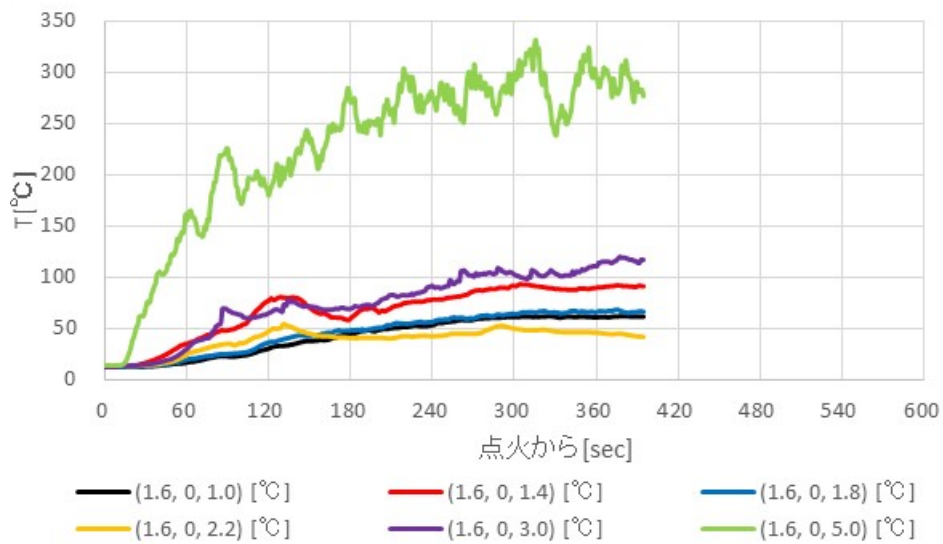


図 4-6 3/1 実験時の温度 (x=1.6, y=0)

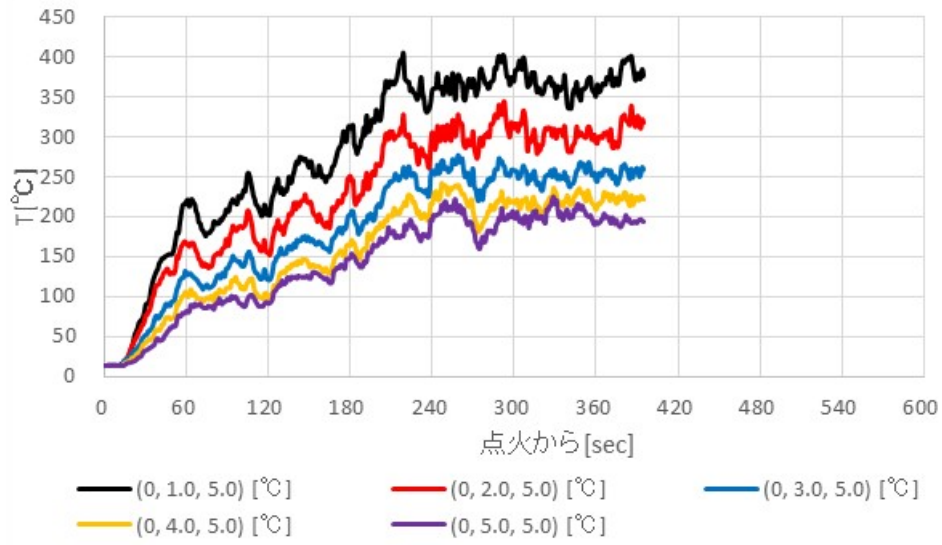


図 4-7 3/1 実験時の温度 ( $x=0, z=5.0$ )

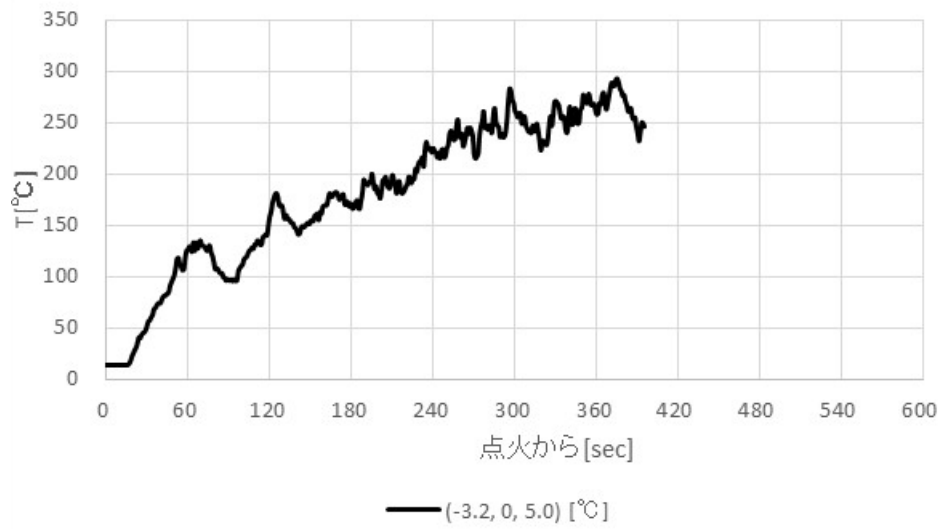


図 4-8 3/1 実験時の温度 (感知ヘッド)

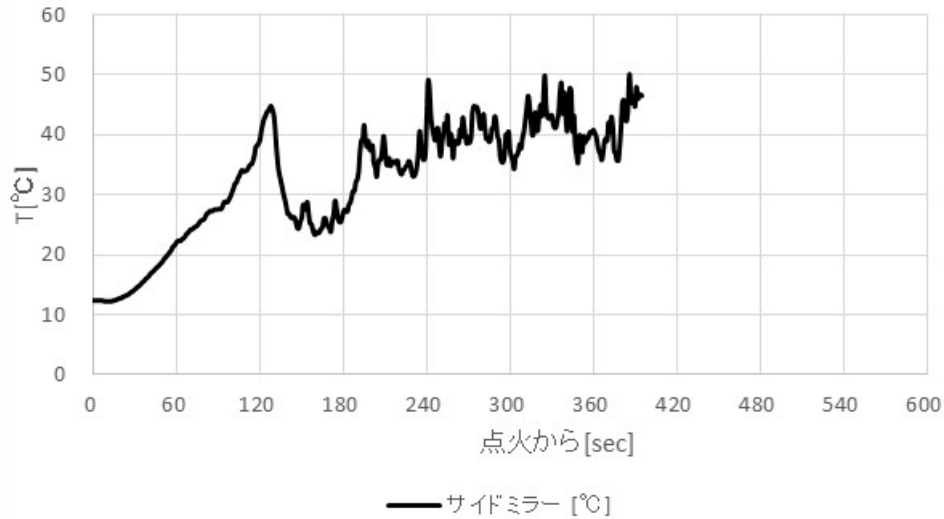


図 4-9 3/1 実験時の温度(サイドミラー)

続いて、実験時の放射圧を図 4-10 に示す。圧力センサーの取り付け位置は、フォームヘッドの約 3m 上のため、放射圧を 0.25MPa とした場合、圧力センサーの値は水頭圧分の約 0.03MPa を差し引いた約 0.22MPa となるが、放射中の大半で約 0.21MPa と近い値になっている。なお、放射開始直後、結果に支配的な影響を及ぼすとは考えにくいですが総流量が最大 5~6L/min ほど過剰であったため 120 秒~180 秒の間で調整をかけており、それ以降は総流量が 140L/min であることは確認しているため実験としては問題なく遂行できているものとする。

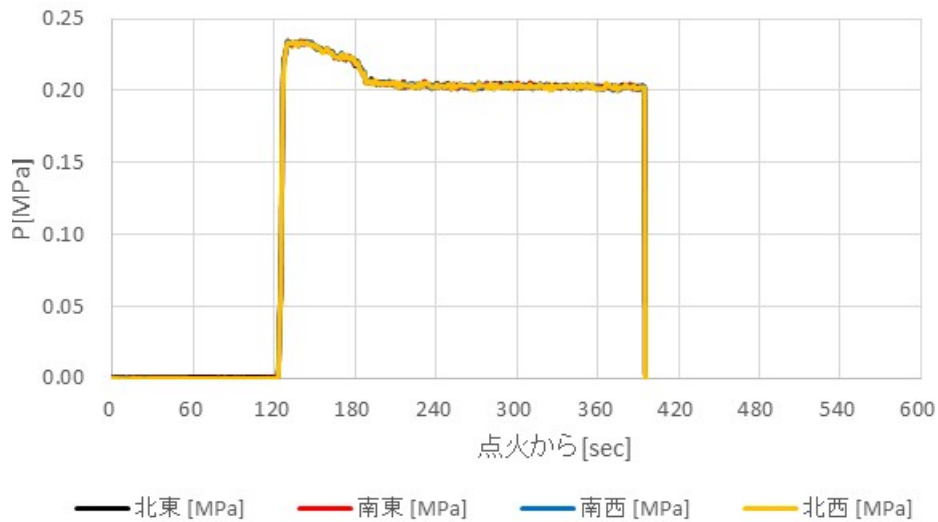


図 4-10 3/1 実験時の放射圧

続いて、実験後の外観を図 4-11 に示す。簡易モデル外装の変形はほとんどない。また、サイドミラーは簡易モデル側先端がわずかに焦げる程度で著しい損傷は確認できなかった。



図 4-11 実験後の外観

6.3 3/3 実験結果 ※実験レイアウト:図 1-3 参照

(ヘッド配置:(2.1m, 1.5m, 3.0m), (0m, -2.1m, 3.0m), (-2.1m, 0m, 3.0m), (0m, 2.1m, 3.0m))

3/1の実験から、消防庁様より指示を受け、さらに外装の影響を軽減しクリブへ泡をかかりやすくするために、ヘッドから外装までの距離がとれるよう3m間隔で正方配置していたヘッドの取り付けを、その正方形を45°回転して同様に配置し、実験を行った。なお、実験時間延長のため、2/25および3/1の実験より感知ヘッドの作動に影響がないと考える点火90sec後以降は天井裏温度の上昇防止のため、換気量を増やす処置を行った。

点火直前の外観を図5-1に示す。

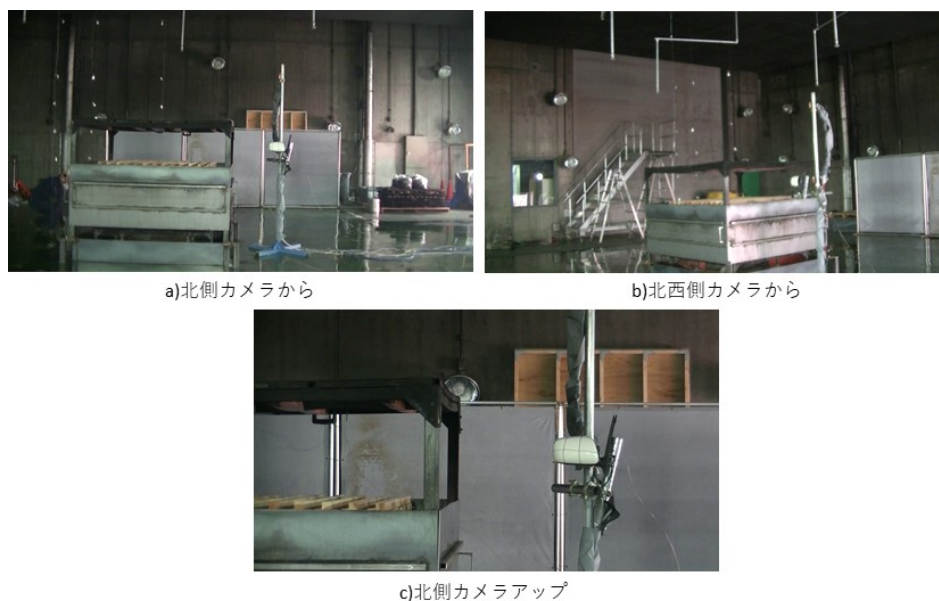


図 5-1 点火直前の外観

実験のイベント表を表4に示す。

表4 3/3 実験イベント表

時間[sec]	イベント	備考
0	点火開始	
52	感知ヘッド(感度種別1種)作動	
55	感知ヘッド(感度種別1種)作動	
74	感知ヘッド(感度種別2種)作動	
87	感知ヘッド(感度種別2種)作動	
90	換気量変更	320m <sup>3</sup> /min→800 m <sup>3</sup> /min
120	放射開始	
490	実験終了	(-7.0m, 0m, 1.2m)の熱流束計が 0.7kW/m <sup>2</sup> (自動車研究所様において実施した本模型の自由燃焼実験より算出した発熱速度 4MW 相当の熱流束で、実験実施に当たって消防庁様と合意した実験中止条件)を継続的に超え、天井裏の熱電対の温度が継続して 50℃を超え、計測器保護のため実験を終了。

続いて、実験時の燃焼の様子を図 5-2 に示す。泡放射による火勢の抑制は確認できなかった。



図 5-2 3/3 実験時の燃焼の様子



続いて、実験時の熱流束を図 5-3 に示す。2/25, 3/1 実験と同様に、泡の付着により直接センサーを濡らす効果以外の熱流束遮断効果はほぼないものと考えられる。

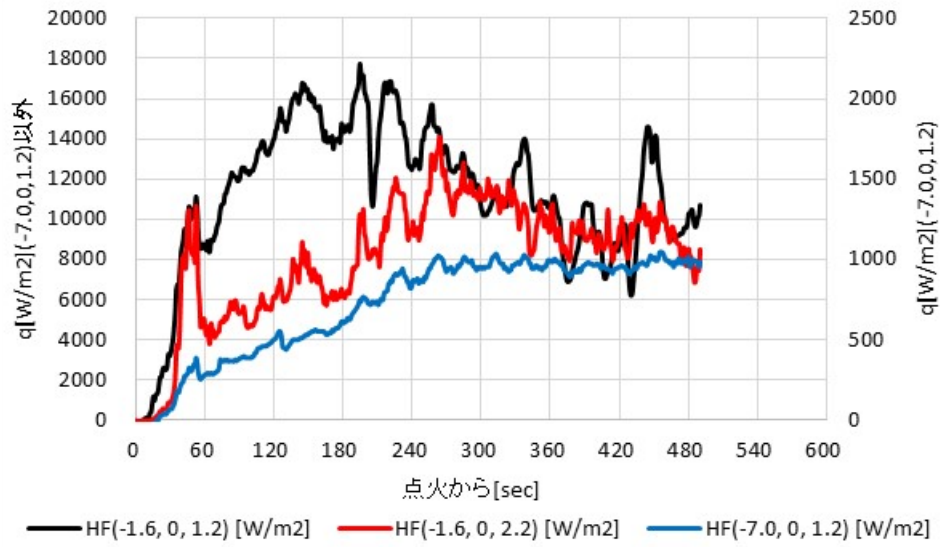


図 5-3 3/3 実験時の熱流束

続いて、実験時の各温度を図5-4～9に示す。 続いて、実験時の各温度を図4-4～9に示す。2/25, 3/1  
 実験と同様に、(0, 0, 1.4)は簡易モデル外装内部であり火炎温度で、(1.04, 0, 1.4)と(1.04, 0, 1.8)は  
 噴出火炎温度測定しているものと推定する。

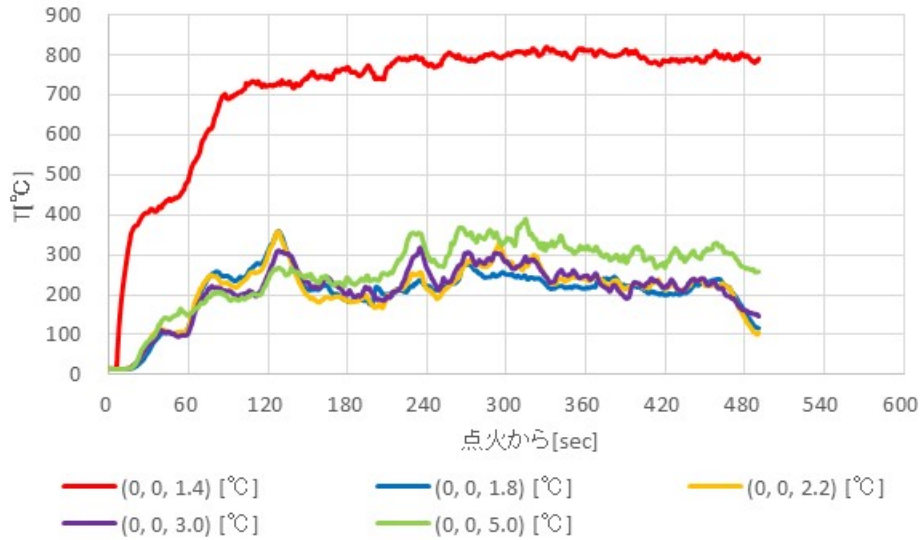
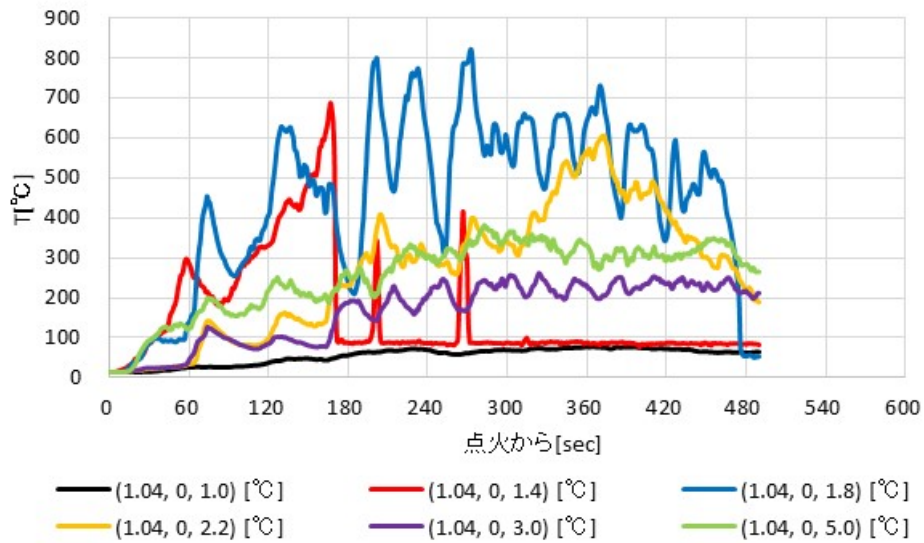


図 5-4 3/3 実験時の温度 (x=0, y=0)



※170sec 以降で (1.04, 0, 1.4) の熱電対は傘を付けているが、傘が脱落し泡が付着続けたものと推定する。

図 5-5 3/3 実験時の温度 (x=1.04, y=0)

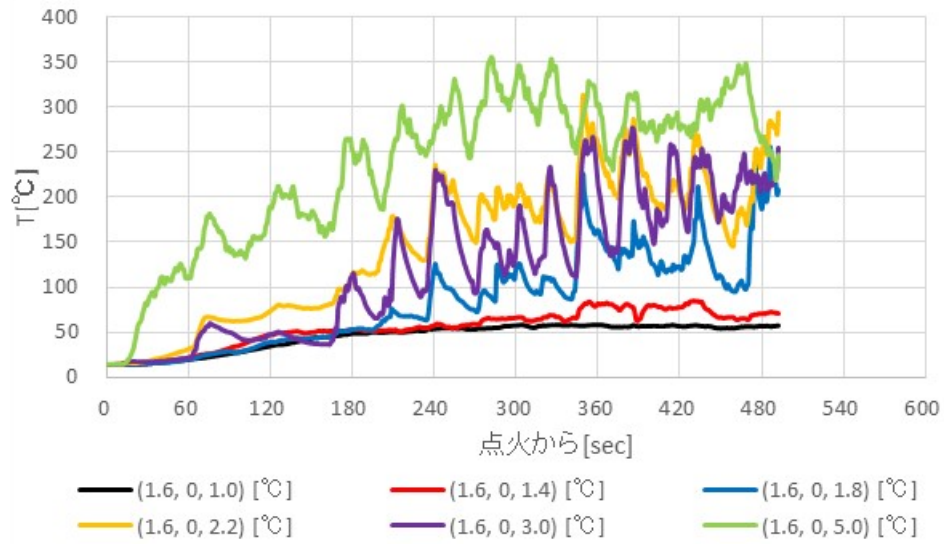


図 5-6 3/3 実験時の温度 ( $x=1.6, y=0$ )

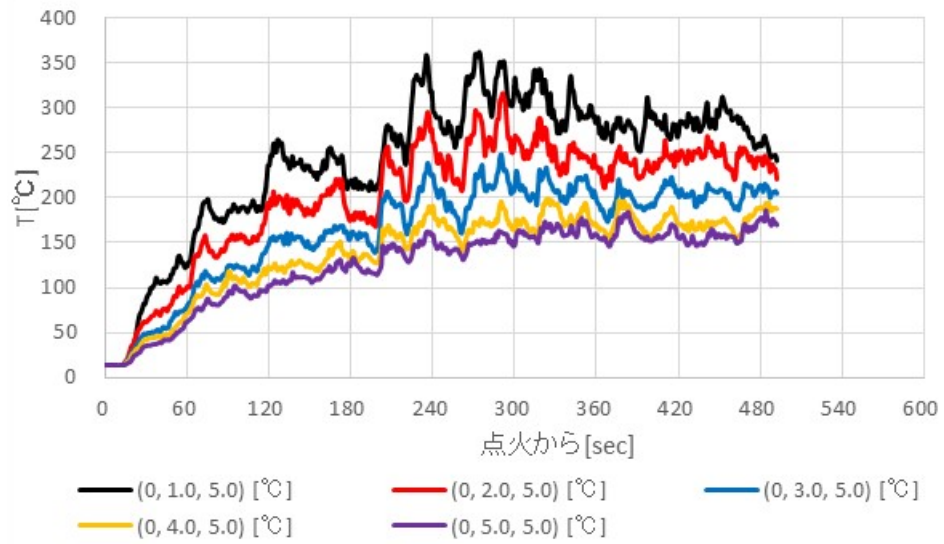


図 5-7 3/3 実験時の温度 ( $x=0, z=5.0$ )

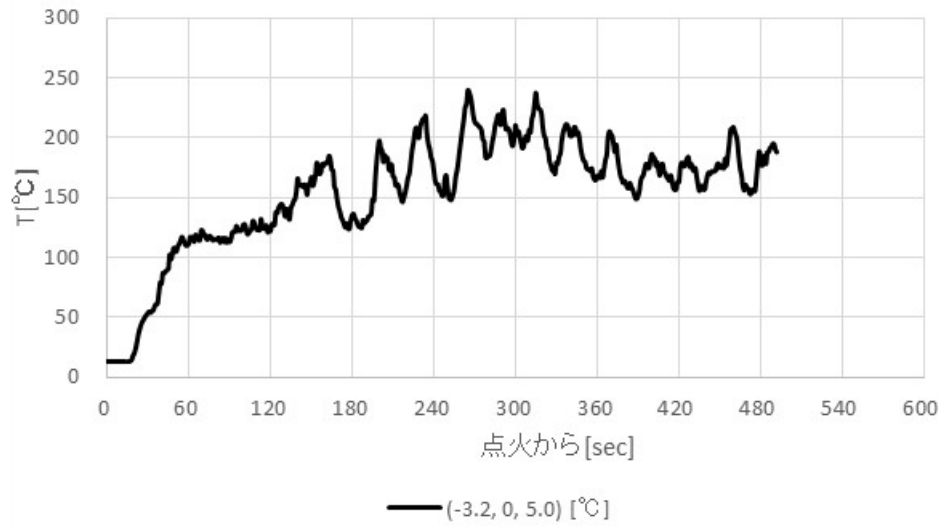


図 5-8 3/3 実験時の温度(感知ヘッド)

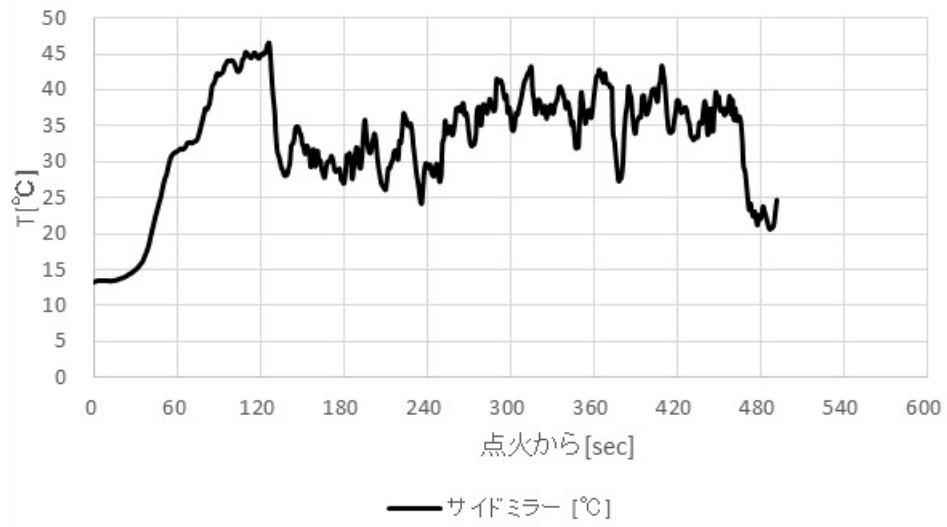


図 5-9 3/3 実験時の温度(サイドミラー)

続いて、実験時の放射圧を図 5-10 に示す。圧力センサーの取り付け位置は、フォームヘッドの約 3m 上のため、放射圧を 0.25MPa とした場合、圧力センサーの値は水頭圧分の約 0.03MPa を差し引いた約 0.22MPa となるが、放射中の大半で約 0.21MPa と近い値になっている。なお、総流量が 140L/min であることは確認しているため実験としては問題なく遂行できているものと考ええる。

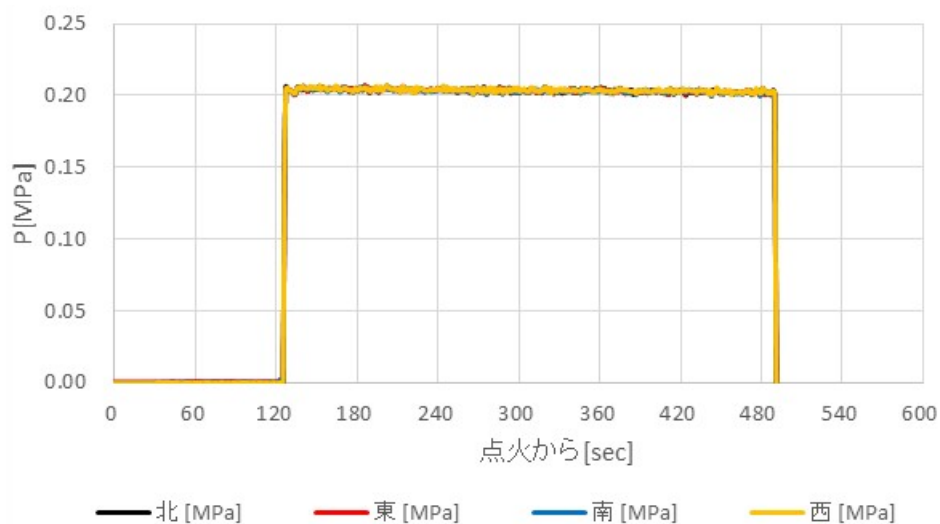


図 5-10 3/3 実験時の放射圧

続いて、実験後の外観を図 5-11 に示す。簡易モデル外装の変形はほとんどない。また、サイドミラーは簡易モデル側先端がわずかに焦げる程度で著しい損傷は確認できなかった。



図 5-11 実験後の外観

以上